



Kunnallisen vedenhuoltojärjestelmän automaatioudissuunnitelma

Samu Löppönen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Automaatio- ja sähkötekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Automaatio- ja sähkötekniikka
Automaatiotekniikka

LÖPPÖNEN SAMU:

Kunnallisen vedenhuoltojärjestelmän automaatiouudistussuunnitelma

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2020

Tavoitteena oli luoda Etteplan Oyj:lle kunnallisen vedenhuoltojärjestelmän automaatiouudistussuunnitelma. Suunnitelma toimii mallipohjana kunnille tehtäville automaatiouudistustarjouksille. Suunnitelman toimivuus todennettiin tekemällä yksi sen mukainen vedenpumppaamon automaatiojärjestelmä. Automaatiojärjestelmä kasattiin paikallisesti Etteplan Oyj:n tiloissa ja testattiin käyttöönottamalla järjestelmä asiakkaan vedenhuoltoverkkoon.

Toteutuksessa käytettiin osittain lähdemateriaalina Etteplan Oyj:n Lappeenrannan toimistolla aikaisemmin tehtyä kartoitusta Lemmin kunnan automaatiojärjestelmästä. Lähteenä on suurimmaksi osaksi suomen- sekä englanninkielisiä verkkolähteitä. Varsinaisessa suunnittelussa ja toteutuksessa käytettiin pääosin laitevalmistajien ja etähallintajärjestelmiä tarjoavien yritysten teknistä dokumentaatiota.

Automaatiouudistussuunnitelma pitää sisällään määrittelyn yksittäisille pumppeille sekä kartoituksen mahdollisista etähallintajärjestelmistä. Pumpaamon määrittelyyn kuuluu ohjelmitava logiikka ja paikallispaneeli, joille tehtiin ohjelmisto mikä hallitsee pumpppaamoja sekä käyttöliittymä sen ohjaamiseksi. Lisäksi määrittelyyn kuuluu sähkösuunnittelu, joka koostuu kotelo layoutista, laitemäärittelystä ja piirikaaviosta.

Pilottihankkeena suunnitelman toimivuuden toteamiseksi kasattiin suunnitelman laitemäärittelyn mukainen automaatiojärjestelmä, joka käyttöönotettiin yhteen Lemmin kunnan jätevedenpumppaamon. Koteloon asennettu automaatiojärjestelmä tilattiin sähkö- ja automaatiolaitetoimittaja Auser Oy:ltä. Järjestelmä ohjelmoitiin sekä testattiin Etteplan Oyj:n Lappeenrannan toimistolla. Pilottipumppaamolle käyttöönotettiin sitä varten tehty etäkäyttöyhteys. Lisäksi Lemmin kunnan henkilöstölle tehtiin ohjeistus ja järjestettiin koulutus pumppaamon automaatiosta sekä etäkäytöstä.

Lopputuloksena tarkastellaan suunnitelman kannattavuutta, etuja sekä heikkouksia tavanomaisiin pakettiratkaisuihin verrattuna. Suunnitelmassa päätettyjä laitevalintoja pohditaan realistisena tuotteena, jolloin myös suunnittelutyön hinta täytyy huomioida. Lisäksi etävalvontajärjestelmän valinnan vaikutusta mietitään.

Asiasanat: vedenpumppaamo, automaatiouudistus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Automation Engineering

LÖPPÖNEN SAMU:
Municipal water supply system automation update design

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 3 pages
May 2020

The objective was to create a municipal water supply system automation update design for Etteplan Oyj. The design works as a template for automation update offers made for municipalities. Functionality of the design was validated by building an automation system for a water pumping station based on it. The system was put together locally at Etteplan Oyj premises and tested by commissioning the system into a customer's water supply network.

The source material used includes a survey previously conducted by the Etteplan Oyj Lappeenranta office investigating the state of the automation system used in the municipality of Lemi. Other sources of the theoretical background mainly consist of Finnish and English Internet sources. The planning of the actual design was based on technical documentation of device manufacturers and companies offering remote management systems.

The design includes a specification for individual water pumping stations and a survey of possible remote management systems. The pumping station specification contains a programmable logic and a local display. Software was made that manages the station and a graphical user interface to control it. Additionally, the design contains electrical design which consists of a case layout, a device specification and a circuit diagram.

A pilot project was conducted to validate the functionality and feasibility of the design. In the project an automation system was built according to the design and installed in a wastewater pumping station in the municipality of Lemi. An automation system built inside a case was ordered from electrical and automation device supplier Auser Oy. The system was programmed and tested at the Lappeenranta office of Etteplan Oyj. A remote management system was created and commissioned for the pilot pumping station. Instruction material and a training session of the automation and the remote management systems were provided for the staff of Lemi.

Ultimately the viability, benefits and weaknesses of the update concept are compared to traditional package deal systems. The device choices made in the design are pondered as a viable product where designing costs must be considered. Additionally, the impact of the chosen remote management system is argued.

Key words: water pumping station, automation update

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimusmenetelmä.....	7
1.2	Toimeksiantajan esittely	8
1.3	Pilottikohteen esittely	8
2	AUTOMAATION TIETOTURVA.....	9
2.1	Tietoturvan merkitys.....	9
3	PUMPPAAMON SUUNNITTELU	11
3.1	Toimintakuvaus.....	11
3.1.1	Pumppujen toiminta.....	11
3.1.2	Muut toiminnot.....	13
3.1.3	Hälytystiedot.....	13
3.2	Laitteisto.....	14
3.2.1	Logiikka ja paikallispaneeli	14
3.2.2	Tehonsyöttö.....	15
3.2.3	VPN-laitteet	16
3.2.4	Lisätarvikkeet.....	16
3.3	Etäkäyttö ja -valvonta.....	18
3.3.1	Topologia.....	18
3.3.2	Sm@rtServer.....	19
3.3.3	WinCC Runtime.....	20
4	PILOTTIPUMPPAAMON TOTEUTUS	21
4.1	Pumppaamon valinta	21
4.2	Lähtötietojen hankinta	22
4.3	Sähkösuunnittelu.....	23
4.3.1	Sähkökuvat.....	23
4.3.2	Hardware määrittely	23
4.4	Automaatiosuunnittelu.....	24
4.4.1	Sovellussuunnittelu.....	25
4.4.2	Paikalliskäyttöliittymä.....	25
4.4.3	Etäkäyttö	29
4.4.4	Hälytykset.....	29
4.5	Asennus ja käyttöönotto	31
4.5.1	Pumppaamon asennus ja käyttöönotto	32
4.5.2	Pintakytkimen asennus.....	36
5	SCADA JÄRJESTELMÄ	38
5.1	Järjestelmä vaihtoehdot	39

5.1.1 Flowrox.....	39
5.1.2 AdConSys	40
5.1.3 Lining.....	41
5.1.4 Siemens	42
5.2 Yhteenveto.....	42
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	44
LÄHTEET.....	46
LIITTEET	47
Liite 1. Kotelolayout.....	47
Liite 2. Osaluettelo 1 (2).....	48
Liite 2. Osaluettelo 2 (2).....	49

LYHENTEET JA TERMIT

PLC	Ohjelmoitava logiikka (Programmable Logic Controller)
CPU	Yleisesti prosessori, tässä yhteydessä käytetään kuvaamaan ohjelmoitavan logiikan keskusyksikköä (Central Processing Unit)
HMI	Ihmisen ja koneen välinen rajapinta (Human Machine Interface). Käytetään kuvaamaan Siemens paikallispaneelleja.
TIA-Portal	Siemensin ohjelmointityökalu, millä tehdään logiikan ohjelmakoodi ja paikallispanelin näytöt.
CADS	Kymdatan CAD-ohjelmisto
UPS	Akkuvarmennettu virtalähde (Uninterruptible power supply)
PSU	Tehonsyöttöyksikkö (Power supply unit)
VPN	Virtuaalinen erillisverkko (Virtual Private network)
SCADA	Tietokone pohjainen valvomo-ohjelmisto (Supervisory Control And Data Acquisition)
DCS	Hajautettu ohjausjärjestelmä (Distributed Control System)
IEC 61131-3	Automaatiojärjestelmien ohjelmointikielet määrittävä standardi

1 JOHDANTO

Etteplan Oyj:lle luotiin vedenhuoltojärjestelmän automaatiouudistussuunnitelma. Suunnitelmaan kuuluu yksittäisten vedenpumppaamojen laitteistomäärittely, ohjelmistomäärittely ja koko vedenhuoltojärjestelmän kattava etäkäyttökonsepti. Tavoitteena oli luoda avoimilla laitteilla kokonaisuus, joka on toimintavarma, helpokäyttöinen, skaalattava ja lisäksi kilpailukykyinen suljettujen pakettiratkaisujen kanssa.

Kunnallisissa vedenhuoltojärjestelmissä on käytössä paljon vanhoja automaatiojärjestelmiä, joille ei enää ole saatavilla tukea tai varaosia. Tällaiset järjestelmät ovat usein suljettuja järjestelmiä, jolloin PLC ja HMI -sovellukset ovat omisteisia ohjelmistoja (proprietary software) ja etäyhteydet on toteutettu yksinoikeudella valmistetulla salauksella.

Suljettuja järjestelmiä valmistavan yrityksen toimintasuunnitelma on saada yksinoikeus järjestelmän ylläpitoon ja uudistuksiin. Suljetuissa järjestelmissä on usein pienet hankintakulut, koska yritys tekee tuottonsa ylläpidosta ja varaosamyynnistä saatavilla jatkuvilla tuloilla. Riskinä asiakkaalle on, että palveluja tuottava yritys lopettaa joko kyseisten tuotteiden kehittämisen tai yritys menee konkurssiin.

Luotu automaatiojärjestelmäuudistussuunnitelma on tarkoitettu korvaamaan suljettuja järjestelmiä, erityisesti Grundfos:in ELSA-automaatiolla varustettuja järjestelmiä. Suunnitelman mukainen automaatio-ohjelmisto räätälöitiin käyttöön Lemmin kunnalle yhteen kahden pumpun jätevedenpumppaamon, johon asennettiin ja käyttöön otettiin laitteistokonseptin mukainen automaatiojärjestelmä.

1.1 Tutkimusmenetelmä

Työssä käytetään laadullista eli kvalitatiivista tutkimusmenetelmää tiedon keräämiseen. Työssä toteutettiin myös tapaustutkimus, jossa todennettiin suunnitelman toimivuus käyttöönottamalla pilottipumppaamo Lemmin kunnalle.

1.2 Toimeksiantajan esittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Etteplan Oyj. Etteplan on pohjoismaiden suurin konsultointi- ja suunnittelutoimisto. Etteplan työllistää yli 3 400 asiantuntijaa Suomessa, Ruotsissa, Alankomaissa, Saksassa, Puolassa ja Kiinassa. Etteplanin liikevaihto vuonna 2019 oli noin 263 miljoonaa euroa.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin Etteplanin Lappeenrannan toimiston tekemää alustavaa kartoitusta Lemin kunnan vedenhuoltojärjestelmästä.

1.3 Pilottikohteen esittely

Luodun automaatiouudistussuunnitelman todennus suoritettiin pilottihankkeena yhteistyössä Lemin kunnan kanssa. Lemi on pieni noin 3 000 asukkaan kunta, joka sijaitsee Etelä-Karjalan maakunnassa. Kun suunnittelu aloitettiin, Lemin kunnan vedenhuoltojärjestelmän automaatio oli toteutettu Grundfos:in ELSA-logiikoilla ja etävalvontaohjelmistona toimi Grundfos:in KAUKO 7 -ohjelmisto. Kyseisen järjestelmän etäyhteydet on muodostettu salatulla puhelinverkkoyhteydellä. Tämä tarkoittaa sitä, että jos jonkin yksittäisten pumppaamoiden ELSA-logiikka jouduttaisiin vaihtamaan tai uusimaan, täytyisi se korvata Grundfos:in toimittamalla laitteella. Järjestelmän kehittäminen ja päivittäminen on täysin Grundfos:in varassa. Jos järjestelmästä haluttaisiin eroon, täytyisi kaikki järjestelmän osat vaihtaa kerralla.

2 AUTOMAATION TIETOTURVA

Historiassa eristetyt automaatiojärjestelmät ovat toimineet turvallisuuden illuusi-
ossa epämääräisyyden vuoksi. Järjestelmiä ei ole pystytty hyväksikäyttämään ai-
kaisemmin, sillä ne muodostavat oman suljetun verkkonsa, johon ei yhdisty sen
ulkopuolisia laitteita tai verkkoja. Nykypäivän automaatiojärjestelmät siirtyvät no-
peasti käyttämään yleisiä viestintäprotokollia kuten TCP/IP pohjaisia ratkaisuja
vanhojen Modbus-, Profibus tai vastaavien väyläratkaisujen sijaan. Samalla kun
tietoisuus kyseisten järjestelmien haavoittuvaisuuksista kasvaa, kasvaa myös nii-
den yhteen liitettävyys muiden järjestelmien välillä. Toisin kuin tavanomaisten tie-
tokonejärjestelmien päivitykset, automaatiojärjestelmien päivitykset keskittyvät
ensisijaisesti toiminnallisuuden ja vakauden lisäämiseen turvallisuuden sijasta.
Lisäksi automaatiojärjestelmiä, erityisesti vanhoja järjestelmiä, päivitetään myö-
hään tai ei lainkaan. (Tom, S. & Christiansen, D. & Berrett, D. 2008.).

Automaatiojärjestelmien tarkoitus on ohjata toimintakriittisiä prosesseja varmasti
ja keskeytyksettä. Lisäksi järjestelmät ovat päällä jatkuvasti ja myös niiden elin-
kaaret ovat huomattavasti pidempiä verrattuna tavanomaisiin tietokonejärjestel-
miin. Tästä johtuen automaatiojärjestelmillä ei usein ole yhtä luontevia päivitysik-
kunoita. (Tom, S. & Christiansen, D. & Berrett, D. 2008.).

Automaation yleisluonne on siirtynyt tavanomaisesta prosessiohjaimesta osaksi
suurempaa järjestelmää, usein SCADA tai DCS. Lisäksi järjestelmillä on laiteval-
mistajan ja/tai käyttöinsinöörien takaportteja huoltoyhteyksille ja ne ovat mahdol-
lisesti myös suoraan yhteydessä internettiin tai toimistoverkkoihin. Kaikki nämä
lisäävät järjestelmän hyökkäyspinta-alaa ja tekevät näin automaatiojärjestelmän
suojaamisesta hankalampaa. (Stefan Lüders. 2014.).

2.1 Tietoturvan merkitys

Kyberturvallisuuskeskus määrittelee tietoturvan näin: ”Tietoturvalla tarkoitetaan
hallinnollisia ja teknisiä toimia, joilla varmistetaan tiedon luottamuksellisuus eli se,
että tiedot ovat vain niiden käyttöön oikeutettujen saatavilla, eheys eli se, että
tietoja eivät voi muuttaa muut kuin siihen oikeutetut sekä käytettävyys eli se, että
tiedot ja tietojärjestelmät ovat niiden käyttöön oikeutettujen hyödynnettävissä.”

(Kyberturvallisuuskeskus. 2019.). Automaation näkökulmasta eheys nousee näistä osa-alueista tärkeimmäksi. Tarkennettuna siten, että vain automaatiojärjestelmä ja sen käyttäjät pystyvät hallitsemaan automaation ohjaamia prosesseja.

3 PUMPPAAMON SUUNNITTELU

Suunnitelman tarkoituksena on olla työkalu Etteplanille, jonka avulla kunnille pystytään tekemään kilpailukykyisiä tarjouksia vedenhuollon automaatiojärjestelmien uudistukseen. Suunnitelmaan kuuluu yksittäisen pumppaamon automaatiokotelo laitteineen, sähkösuunnittelu, logiikkaohjelma generiselle pumppaamolle ja paikalliskäyttöliittymä pumppaamon hallitsemiseksi.

Suunnitelman mukainen geneerinen pumppaamo on kahden pumpun pumppaamo, koska valtaosa kunnallisten vedenhuoltojärjestelmien pumppaamoista on kahden pumpun pumppaamoja.

3.1 Toimintakuvaus

Pumppaamo on yksinkertaisuudessaan kaivo, jossa on kaksi pumppua. Kaivoon kerääntyy hiljalleen vettä tai jätevettä, riippuen pumppaamosta. Vettä pumpataan kaivosta eteenpäin pumppukohtaisten määritysten mukaisesti.

3.1.1 Pumppujen toiminta

Pumppuja ohjataan toimintarajoilla, jotka määrittyvät kaivon pinnankorkeuden mukaan. Pintarajat, niistä käytetyt lyhenteet sekä niiden mukaan tapahtuvat toiminnot ovat esitettyinä taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Pumppaamon toimintarajat

Pintaraja	Lyhenne	Toiminta
Alaraja	ARH	Annetaan alarajahälytys ja pumppujen käyttö on estetty
Pysäytysraja	PR	Molemmat pumput pysäytetään
Ensimmäinen käynnistysraja	K1	Käynnistetään yksi pumpuista
Toinen käynnistysraja	K2	Käynnistetään myös toinen pumppu
Yläraja	YRH	Annetaan ylärajahälytys

Pumppaamoon on optiona lisätä pintakytkin (puhekielessä vippa). Pintakytkimessä on kelluke, joka liikkuu pinnankorkeuden mukana. Kallistuskulman mukaan se kytkee eri ohjaustoimintoja päälle tai pois. Suunnitelmaan valitun pintakytkimen KARI-Pintakytkin 3H -kytkimen toiminta on esitettyä kuvassa 1.



KUVA 1. Pintakytkin (Kari-Finn Oy 2018.)

Pintakytkimen toimintojen mukaan määritetyt pintarajat, niistä käytetyt lyhenteet sekä niiden mukaan tapahtuvat toiminnot ovat esitettyä taulukossa 2.

TAULUKKO 2. KARI-Pintakytkin 3H toimintarajat

Pintaraja	Lyhenne	Toiminta
Pysäytysraja	VP	Pintakytkimen pakko-ohjaus pysähtyy
Käynnistysraja	VK	Pintakytkin pakko-ohjaa pumpput päälle
Hälytysraja	VH	Annetaan hälytys

Pintarajalla K1 käynnistettävää pumppua vuorotellaan pumppujen käyntiaikojen ja käynnistyskertojen mukaan.

3.1.2 Muut toiminnot

Jos pumppaamossa ei ole virtausmittauksia, pumppujen käyntiajasta ja tuottokyvystä muodostetaan laskennallinen virtaama. Virtaama näytetään myös hetkellisenä virtaamana ja siitä on trendin keruu mahdollisuus.

Trendejä varten kerätään tai on mahdollista kerätä datapisteitä virtaaman lisäksi pinnankorkeudesta ja pumppujen virranmittauksista sekä käyntiajoista. Jos pumppaamolla on ylivuotoputki, tallennetaan ylivuototapahtuman alkamisajankohta, kesto sekä kumulatiivinen ylivuotoaika.

3.1.3 Hälytystiedot

Vikatilanteista tehdään hälytys näytölle ja lähetetään vikatilannetta vastaava tekstiviesti. Tekstiviesti voidaan lähettää kolmeen eri puhelinnumeroon. Puhelinnumeroita voidaan muokata tai ottaa pois käytöstä paikallispaneelin kalibrointi -sivuilta. Pumppukohtaisia hälytettäviä vikatilanteita ovat: pumpun sisäinen vika, käynnistysvika, ylivirta ja virranmittausvika. Yleisiä hälytettäviä vikatilanteita ovat: alaraja, yläraja, ylivuoto, pinnanmittausvika, vaihevahdin laukeaminen, UPS vika ja sähkökatkos. Optiona asennettavan pintakytkimen toiminnoista annetaan myös hälytykset. Lisäksi tekstiviesti ilmoitus lähetetään aina, kun vikatilanne on poistunut.

3.2 Laitteisto

Avoin järjestelmä on hankintakuluiltaan kalliimpi, kuin valmis pumppaamologiikka. Tämän vuoksi suunnitelman myyntivalttina on pitkäjänteinen toimintavarmuus, johon kuuluu laitteiden luotettavuus, saatavuus ja yhteensopivuus. Toisin sanottuna laitteiston mikään osa ei ole sidonnainen tiettyyn valmistajaan tai tuotteeseen. Vaihto-osina voidaan käyttää minkä tahansa valmistajan tuotteita, kunhan ne noudattavat yleisiä standardeja. Toimintavarmuuden takaamiseksi laitteina käytetään tunnettujen valmistajien yleisiä ja hyvin tuettuja tuotteita.

3.2.1 Logiikka ja paikallispaneeli

Valittu PLC koostuu Siemens S7-1200 -järjestelmästä. Siemensin 1200-sarjan ohjelmoitavat logiikat ovat tarkoitettu pienten ja keskisuurien laitteiden automaatioon. Kyseiset logiikat ovat hyvin yleisiä ja helposti saatavilla, joten niillä on luotettava elinkaari ja tuki. Paikallispaneeliksi valittiin SIMATIC HMI Basic -paneeli, mikä yhdistyy saumattomasti valitun PLC:n kanssa. Järjestelmä on modulaarinen, jolloin I/O määrää pystytään helposti lisäämään tarvittaessa. Täten valinta soveltuu erinomaisesti suunnitelman tarpeisiin. Siemens ilmoittaa yhdeksi S7-1200-logiikoiden käyttökohteeksi ”Kaukokäyttö ja valvonta vedenkäsittely järjestelmiin”.

Esimerkki kokoonpano S7-1200 -järjestelmästä on esitetty kuvassa 2. Vasemmalta oikealle kuvassa on CM 1241 -kommunikointimoduuli (A1.3), SIMATIC S7-1212C -CPU (A1.0), SM 1221 -digitaalitulokortti (A1.1) ja SM 1231 -analogiatulokortti (A1.2).



KUVA 2. S7-1200 PLC

3.2.2 Tehonsyöttö

Toimintavarmuuden kannalta luotettava tehonsyöttö on yksi tärkeimmistä osista. Tämän vuoksi tehonsyötön osat valittiin PHOENIX CONTACT:lta, mikä on tunnettu ja luotettava laitevalmistaja. Järjestelmän tehonsyöttönä on PHOENIX CONTACT TRIO-UPS. TRIO-UPS on UPS integroidulla PSU:lla ja energiavara-
tona käytetään sille tarkoitettua QUINT-BAT -akustoa. Muiden laitteiden suojaamiseen käytetään PHOENIX CONTACT CBMC E4 -sarjan nelikanavaista elektronista suojaa. Elektronisella suojalla voidaan määrittää virtarajat kanavakohtaisesti. Ensimmäisellä kanavalla syötetään PLC, toisella HMI ja VPN-laitteet, kolmannella pintakytkin ja neljännellä riviliittimet ja releet.

Esimerkkikokoonpano tehonsyötöstä on esitetty kuvassa 3. Vasemmalta oikealla kuvassa on elektroninen suoja (F14), 24 VDC tehonlähde (T14) ja akusto (C14).



KUVA 3. Tehonsyöttö

3.2.3 VPN-laitteet

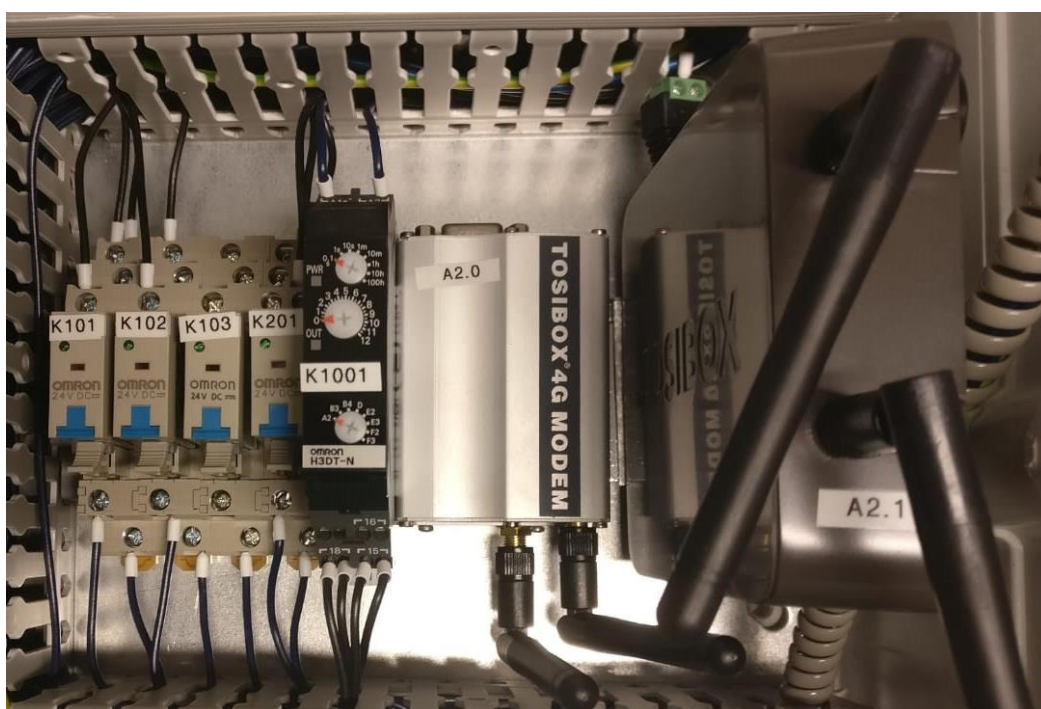
Pumppaamon logiikka on yhteydessä internettiin, joten tietoturvan huomioiminen on erityisen tärkeää. Tämän vuoksi Pumppaamon logiikan etäkäyttöyhteydet toteutetaan VPN-tunnelin läpi. VPN-yhteyden muodostamiseen käytetään kotimaisia TOSIBOX laitteita. VPN laitteistoon kuuluu 4G Modem -teollisuusmodeemi, Key 100 -salasavain, ja Lock 100 -etäyhteys- ja verkkolaite. Laitteet näkyvät seuraavan kappaleen kuvassa 4.

3.2.4 Lisätarvikkeet

Laitteet asennetaan DIN-kiskoille FIBOX-muovikoteloihin. Tehonsyötölle on oma erillinen kotelo ja loput laitteet ovat pääkotelossa. Pumppujen ohjaamiseen käytetään OMRON G2R -sarjan SND 24 VDC -releitä.

Toimintavarmuuden lisäämiseksi optiona pumppaamon kaivoon voidaan asentaa aiemmin esitelty 3H KARI-pintakytkin. Pintakytkintä käytettäessä toisen pumpun pakko-ohjaukseen käytetään OMRON H3DT-N1 -monitoimirelettä. Monitoimirelettä käytetään vetohidastettuna pumppujen samanaikaisien käynnistysvirtapiikkien välttämiseksi.

Releet ja VPN-laitteisto ovat esitettynä kuvassa 4. Vasemmalta oikealle kuvassa on neljä OMRON G2R-SND -sarjan relettä (K101-K201), OMRON H3DT-N1 monitoimirele, TOSIBOX 4G modeemi ja TOSIBOX Lock 100 -etäyhteys- ja verkko-laite.



KUVA 4. Releet ja VPN-laitteisto

Koteloon asennetaan käyttökohteen tarpeen mukaan PHOENIX CONTACT STTB 2,5 -sarjan riviliittimiä. Kuvassa 5 on esitettynä pilottipumppaamon koteloon asennetut riviliittimet.



KUVA 5. Riviliittimet

3.3 Etäkäyttö ja -valvonta

Vedenhuoltojärjestelmän etäyhteys muodostetaan VPN-verkolla, mihin voidaan liittyä mobiililaitteilla ja tietokoneilla.

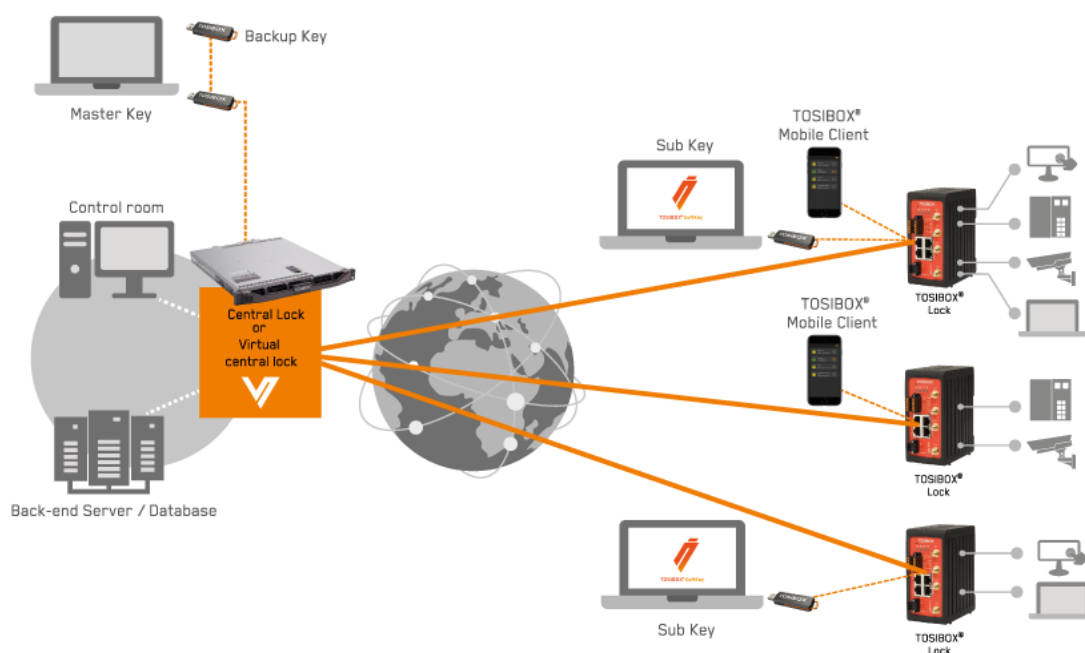
3.3.1 Topologia

Yksittäisen pumppaamon lukkoon muodostetaan VPN-yhteys salausavaimen avulla. Salausavainta pystytään käyttämään valvomotietokoneella tai mobiililaitteella. Kuvassa 6 on esitettyä yksittäinen VPN-tunneli, joka vastaa pilottipumppaamon etäyhteys topologiaa.



KUVA 6. VPN-tunneli (TOSIBOX 2018.)

Suunnitelman mukaisessa kokonaisvaltaisessa automaatiojärjestelmä uudistuksessa etäkäyttöä varten muodostetaan VPN-verkosto. Yksittäisien pumppaamojen osalta järjestelmä on samanlainen, kuin pilottipumppaamossa. Verkoston muodostamiseksi tarvitaan lisäksi keskitetty lukko, mihin pumppaamoiden lukot yhdistetään. Salausavaimella muodostetaan VPN-tunneli keskitettyyn lukkoon, jolloin voidaan hallinnoida kaikkia verkoston lukkoja ja niihin liitettyjä laitteita. Kuvassa 7 on esitettyä esimerkki kuva VPN-verkosta.



KUVA 7. VPN-verkosto (TOSIBOX 2018.)

3.3.2 Sm@rtServer

Pumppaamoiden paikallispaneelilla otetaan käyttöön Sm@rtServer -ominaisuus. Sm@rtServerin avulla paneelien näyttöjä pystytään etäkäyttämään Sm@rtClient -ohjelmistolla tietokoneella sekä vastaavalla applikaatiolla mobiililaitteilla. Kyseisellä teknologialla pystytään etäkäyttämään vain yhtä HMI:tä kerrallaan. Tästä syystä kokonaisen järjestelmän hallinnassa sitä käytetään vain mobiilapplikaatiolla. Pilottipumppaamon tapauksessa hallittavia pumppaamoita on vain yksi, joten sitä käytetään myös tietokoneella.

3.3.3 WinCC Runtime

Kokonaisen järjestelmän hallintaa varten suunnitelmassa käytetään tietokoneella WinCC Runtime -ohjelmaa (WinCC RT). WinCC RT -ohjelmalla voidaan tehdä tietokoneelle käyttöliittymä samalla tyylillä kuin HMI paneeleille. Koska pumppaamot ovat samassa VPN-verkostossa valvomotietokoneen kanssa (Control room kuvassa 7), näkee WinCC RT pumppaamot kuten ne olisivat samassa LAN-verkossa tietokoneen kanssa. Tällöin käyttöliittymän ohjelmistossa pystytään suoraan käyttämään yksittäisten pumppaamojen logiikkojen tietopisteitä tageina.

4 PILOTTIPUMPPAAMON TOTEUTUS

Lemin kunnan pyynnöstä pumppaamo, johon suunnitelman mukainen automaatiojärjestelmä käyttöön otettiin, ei nimetä. Pumppaamo käsittää geneerisenä kahden pumpun jätevedenpumppaamona.

4.1 Pumppaamon valinta

Kohdepumppaamoksi valittiin aluksi eri pumppaamo, kuin johon pilottipumppaamo lopulta käyttöön otettiin. Automaatiokotelo mitoitettiin aikaisemman pumppaamokohteen mukaan.

Pilottipumppaamo valittiin ensisijaisesti olemassa olevan logiikan vanhuuden mukaan ja toissijaisesti pumppaamolle tulevan virtaaman perusteella. Valittu kohde on ELSA-2000 -logiikalla ohjattu kahden pumpun jätevedenpumppaamo, jossa on pieni tulovirtaus. Pilottipumppaamon sähkökaappi alkuperäisessä kokoonpanossa on esitettyä kuvassa 8.



KUVA 8. Pilottipumppaamo lähtötilanne

Pilottipumppaamossa on molemmille pumpuille yksinapaiset A-0-K -nökkakytkimet. A-asennossa pumppua ohjataan logiikalla, 0-asennossa pumppu on pois käytöstä ja K-asennossa pumppu käy.

4.2 Lähtötietojen hankinta

Alkuperäisinä lähtötietoina käytettiin Etteplanin aikaisemmin tekemää selvitystä Lemminkäisen kunnan pumppaamoiden automaatiojärjestelmien tilanteesta. Lähtötietojen tarkentamiseksi molempia kohde pumppaamoja käytiin katsomassa tarkemmin paikan päällä.

Pilottipumppaamon olemassa olleet sähkökuvat olivat geneerisesti luotuja valmiskuvia, joissa oli joitakin poikkeamia todellisiin kytkentöihin verrattuna. Pumppaamon kaivosta ei ollut rakennekuvia tai mittatietoja saatavilla.

Aikaisemmin kohteeksi valittuna olleessa pumppaamossa oli ylivuotoputki, yhteinen virranmittaus molemmille pumpuille sekä kaksinapaiset nokkakytkimet. Pilottipumppaamossa puolestaan ei ole ylivuotoputkea ja siinä on erilliset virtamittaukset pumpuille sekä yksinapaiset nokkakytkimet.

4.3 Sähkösuunnittelu

Lähtötietojen puutteellisuudesta ja muuttumisesta johtuen automaatiouudistuksen sähkösuunnittelussa jouduttiin tekemään useita revisioita sekä päivittämään tiedostoja jälkikäteen.

4.3.1 Sähkökuvat

Automaatiouudistuksen toimituksen sähkökuviin kuuluu piirikaavio ja kotelolayout. Sähkösuunnittelun kuvat toteutettiin Kymdatán CADS Electric pro 17 -ohjelmistolla. Kotelolayout poistetuilla nimiötiedoilla on esitetty liitteenä 1. Piirikaavio sisältää yksinoikeudellisia tietoja, joten sitä ei esitetä.

4.3.2 Hardware määrittely

Pilottipumppaamon laitteisto valittiin suunnitelman mukaisesti. Pumppaamoa varten hankitut uudet osat ovat esitetty liitteenä 2 olevassa osaluettelossa. Tehonsyötölle on oma 280 mm x 280 mm x 180 mm kokoinen Fibox muovikotelo ja muille laitteille on 560 mm x 280 mm x 130 mm kokoinen Fibox muovikotelo. Kotelot laitteineen tilattiin kasattuna sähkö- ja automaatiolaitetoimittaja Auser Oy:ltä. Automaatiojärjestelmä on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Automaatiokotelot

4.4 Automaatiosuunnittelu

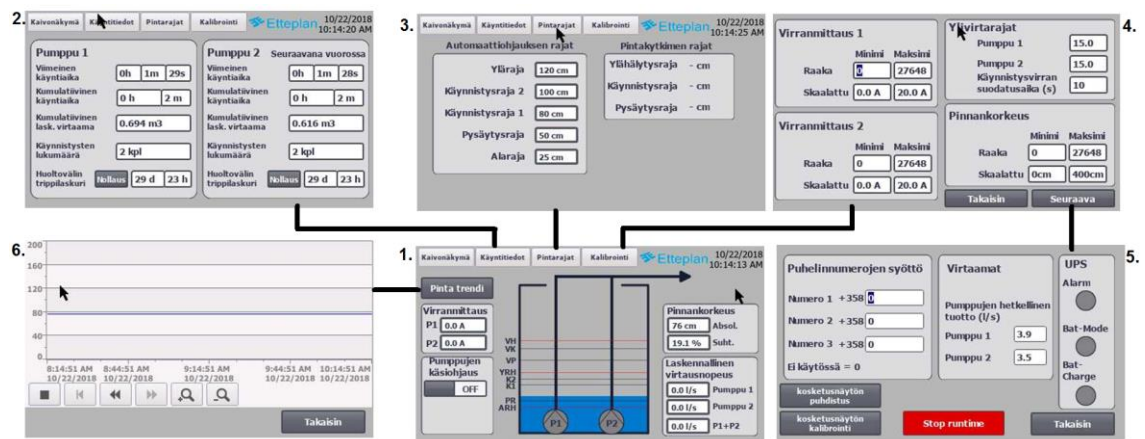
Pilottipumppaamoa varten räätälöitiin suunnitelman mukainen automaatio-ohjelmisto ja paikallispaneelin näytöt pumppaamon toiminnallisuuden mukaan. Paikallispaneelin näytöt hyväksyttiin erikseen Lemminkäisten kunnalla. Pilottipumppaamon tekstiviesteinä lähetettävät hälytykset ohjelmoitiin pumppaamokohtaisiksi.

4.4.1 Sovellussuunnittelu

Logiikkaohjelma tehtiin Siemens - TIA Portal (V14 SP1 Update 6) -ohjelmointityökalulla. Paikallispaneelin visualisointi tehtiin Simatic WinCC TIA (V14 SP1 Update 6) -ohjelmistolla. Ohjelmointikielenä koko ohjelmassa on käytetty IEC61131-3 -standardin mukaista ladder diagram -ohjelmointikieltä.

4.4.2 Paikalliskäyttöliittymä

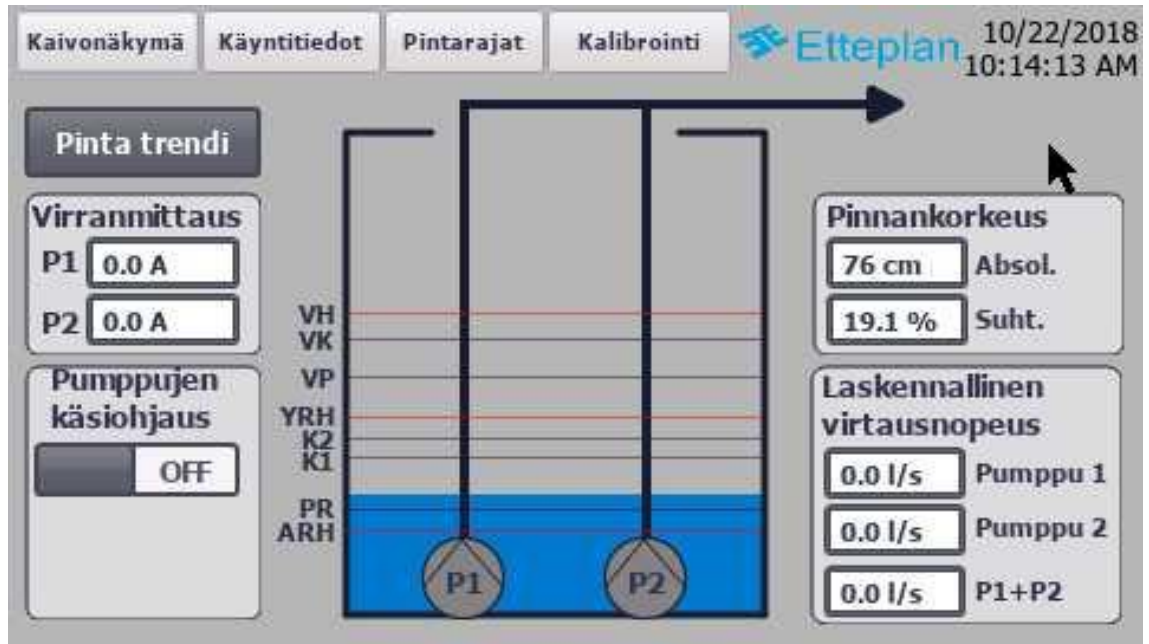
Paikallispaneelin käyttöliittymä tehtiin käyttämällä WinCC -ohjelmiston standardikirjasto toiminnallisuuksia. Näytöt räätälöitiin pumppaamon ominaisuuksien ja asiakkaan haluamien toiminnallisuuksien mukaan. Näyttöjen ylälaudassa vasemmalla on nimetyt painonäppäimet, joilla navigoidaan eri sivuille. Oikeassa yläkulmassa on Etteplanin logo, kellonaika sekä päivämäärä. Käyttöliittymässä on yhteensä kuusi näyttöä: kaivonäkymä (1.), käyntitiedot (2.), pintarajat (3), kaksi kalibrointisivua (10. ja 11.) ja trendinäkömökkuna (6.). Kaikki näytöt ja niiden välillä navigoiminen on esitettyinä kuvassa 10.



KUVA 10. Näyttöhierarkia

Käyttöliittymän oletusnäyttö on kaivonäkymä, josta nähdään kaikki tarpeellimmat tiedot ja pystytään käyttämään pumppaamon oleellisia toimintoja. Kaivon pinnankorkeus ja pumppujen tilat ovat esitettyinä graafisesti keskellä näyttöä. Vasemmassa laidassa on painike, jolla päästään pinnankorkeuden trendinäkömökkuna, virranmittauksien arvot pumppu kohtaisesti ja pumppujen käsiohjauksen

on/off -kytkin. Kun Käsihjauskytkin asetetaan on -tilaan, ilmestyy sen alapuolelle vastaavat kytkimet molemmille pumpuille. Kytkimillä voidaan ohjata pumput päälle tai pois päältä. Kuvakaappaus kaivonäkymästä on esitettyä kuvassa 11.



KUVA 11. Kaivonäkymä (oletusnäyttö)

Esimerkki trendinäkymästä on esitettyä kuvassa 12.



KUVA 12. Trendinäkymä

Käyntitiedot sivulta nähdään molempien pumppujen kumulatiiviset laskurit ja voidaan nollata huoltovälin trippilaskuri. Käyntitiedot sivun näkymä on esitettyä kuvassa 13.

Parameter	Pumppu 1	Pumppu 2
Viimeinen käyntiaika	0h 1m 29s	0h 1m 28s
Kumulatiivinen käyntiaika	0 h 2 m	0 h 2 m
Kumulatiivinen lask. virtaama	0.694 m ³	0.616 m ³
Käynnistysten lukumäärä	2 kpl	2 kpl
Huoltovälin trippilaskuri	Nollaus 29 d 23 h	Nollaus 29 d 23 h

KUVA 13. Käyntitiedot

Pumppujen ohjaamiseen käytettäviä toimintarajoja pystytään muokkaamaan pintarajat sivulta. Sivulla näkyy myös pumppaamo kohtaisesti asetetut pintakytkimen toimintarajat. Näkymä on esitettyä kuvassa 14.

Section	Parameter	Value
Automaattiohjauksen rajat	Yläraja	120 cm
	Käynnistysraja 2	100 cm
	Käynnistysraja 1	80 cm
	Pysäytysraja	50 cm
	Alaraja	25 cm
Pintakytkimen rajat	Ylähälytysraja	- cm
	Käynnistysraja	- cm
	Pysäytysraja	- cm

KUVA 14. Pintarajat

Analogisien antureiden skaalaus ja pumppujen virtarajat pystytään määrittämään kalibrointisivulla 1. Kalibrointisivu 1 on esitettyä kuvassa 15.

Virranmittaus 1		
	Minimi	Maksimi
Raaka	0	27648
Skaalattu	0.0 A	20.0 A

Virranmittaus 2		
	Minimi	Maksimi
Raaka	0	27648
Skaalattu	0.0 A	20.0 A

Ylivirtarajat	
Pumppu 1	15.0
Pumppu 2	15.0
Käynnistysvirran suodatusaika (s)	10

Pinnankorkeus		
	Minimi	Maksimi
Raaka	0	27648
Skaalattu	0cm	400cm

Takaisin Seuraava

KUVA 15. Kalibrointisivu 1

Käytetyt puhelinnumerot ja pumppujen nimellinen virtaama voidaan määrittää kalibrointisivulla 2. Lisäksi sivulla voidaan hallita näytön omia toimintoja sekä nähdään tehonlähteen diagnostiikkavalot. Kalibrointisivu 2 on esitettyä kuvassa 16.

Puhelinnumeroiden syöttö	
Número 1 +358	0
Número 2 +358	0
Número 3 +358	0
Ei käytössä = 0	

Virtaamat	
Pumppujen hetkellinen tuotto (l/s)	
Pumppu 1	3.9
Pumppu 2	3.5

UPS	
Alarm	<input type="radio"/>
Bat-Mode	<input type="radio"/>
Bat-Charge	<input type="radio"/>

kosketusnäytön puhdistus kosketusnäytön kalibrointi Stop runtime Takaisin

KUVA 16. Kalibrointisivu 2

4.4.3 Etäkäyttö

Pilottipumppaamon tapauksessa täysimittaista etävalvontajärjestelmää ei pystytty toteuttamaan, koska kyseessä on vain yksittäinen pumppaamo. Pumppaamon paikallispaneelilla otettiin käyttöön Sm@rtServer -ominaisuus ja vastaavat Sm@rtClient -ohjelmistot asennettiin Lemminkäisen kunnan valvomotietokoneelle sekä huollon päivystyksen puhelimeen.

4.4.4 Hälytykset

Etähälytykset lähetetään tekstiviesteinä modeemilta. Tätä varten modeemissa täytyy olla SIM-kortti ja sille välitetään viestin tiedot AT-komennoilla. AT-komennot siirretään RS-232 -sarjaliikenneportin välityksellä PLC:n kommunikointimoduulilta. AT-käskylista on komentosetti, jolla voidaan käyttää modeemin soitto- ja viestitoimintoja, muokata laitteen asetuksia sekä pyytää siltä dataa. Yleisesti AT-komennot jaetaan neljään eri ryhmään: peruskomentoihin, laajennettuihin komentoihin, yksinoikeudellavalmistettuihin komentoihin ja rekisterikomentoihin. (Techopedia. 2018.).

AT-komennot muodostetaan 3GPP TS 23.038 standardin mukaisia 7-bittisiä aakkosia vastaavina merkkeinä. Yksittäiset merkit muodostetaan hexadesimaali -koodattuina tavuina ja komento muodostetaan tekemällä merkeistä tavuvektori. Standardin mukainen merkkijoukko on esitetty kuvassa 17.

Basic Character Set ^[2]									Basic Character Set Extension ^[2]								
	0x00	0x10	0x20	0x30	0x40	0x50	0x60	0x70		0x00	0x10	0x20	0x30	0x40	0x50	0x60	0x70
0x00	@	Δ	SP	0	i	P	ı	p	0x00					|			
0x01	£	_	!	1	A	Q	a	q	0x01								
0x02	\$	Φ	"	2	B	R	b	r	0x02								
0x03	¥	Γ	#	3	C	S	c	s	0x03								
0x04	è	Λ	α	4	D	T	d	t	0x04		^						
0x05	é	Ω	%	5	E	U	e	u	0x05						€		
0x06	ù	Π	&	6	F	V	f	v	0x06								
0x07	ì	Ψ	'	7	G	W	g	w	0x07								
0x08	ò	Σ	(	8	H	X	h	x	0x08			{					
0x09	ç	Θ	)	9	I	Y	i	y	0x09			}					
0x0A	LF	≡	*	:	J	Z	j	z	0x0A	FF							
0x0B	Ø	ESC	+	;	K	Ä	k	ä	0x0B		SS2						
0x0C	ø	Æ	,	<	L	Ö	l	ö	0x0C				[
0x0D	CR	æ	-	=	M	Ñ	m	ñ	0x0D	CR2			~				
0x0E	Å	ß	.	>	N	Ü	n	ü	0x0E]				
0x0F	å	É	/	?	O	Ş	o	â	0x0F			\					

KUVA 17. GSM 03.38 merkkijoukko (Wikipedia).

Asiakkaan toiveesta hälytysviestit voidaan lähettää samanaikaisesti kolmeen eri numeroon, joita voidaan vaihtaa käyttöliittymästä. Tämän toiminnallisuuden toteuttamiseksi eri viestien sisällöistä muodostetaan omat vektorit ja viestiä lähetettäessä nämä yhdistetään numeron perään. Puhelinnumeroiden lisääminen dynaamisesti keskelle AT-komentoa osoittautui oletettua hankalammaksi, koska S7-1200 logiikalla ei voida syöttää lukuja suoraan hexadesimaali -koodatuiksi tavuiksi.

Puhelinnumeroiden +358 -etuliitteet oletettiin vakioksi, joten ne koodattiin vektoreihin. Numeroiden loppuosat syötetään yhdeksän merkkisinä lukuarvoina näytön numerokenttään. Syötetyt lukuarvot muunnetaan merkkijonoiksi S_CONV -funktiolla ja hajotetaan merkkivektoriksi. Saadusta merkkivektorista poistetaan merkityksettömät nollat edestä ja sen arvot kirjoitetaan parittomiksi arvoiksi toiseen merkkivektoriin, jonka parillisiksi arvoiksi on alustettu '3'. Tavuun mahtuu kaksi merkkiä ja kuten kuvasta 16 huomataan, numeroa vastaavan hexadesimaali -koodatun tavun arvo on '3' ja haluttu numero. Lisäksi normaalien merkkien, joihin numerot lukeutuvat, osalta GSM 03.38 merkkijoukon arvot vastaavat ASCII merkkijoukon arvoja. Kun yhdistetty merkkivektori syötetään ATH -funktiioon, joka muuntaa ASCII merkkijonon hexadesimaali luvuiksi, saadaan syötetty puhelinnumero muodostettua hexadesimaali -koodatuksi tavuvektoriksi. Lopullinen vektori kirjoitetaan osaksi haluttua AT-komento vektoria.

Dynaamista puhelinnumerovektoria käytetään osana AT-komentoa, joka lähettää halutun SMS -tekstiviestin haluttuun puhelinnumeroon. Käytetyn laajennetun AT-komennon syntaksi on esitettyä kaavassa 1.

$$+CMGS=address[, address_type]<CR>sms_message_body<Ctrl+z>, \quad (1)$$

jossa address on puhelinnumero, address_type on numeron tyyppi ja sms_message_body on viestin tekstisisältö. Vektorin alkuun tulee syöttää AT-komentojen huomio syntaksi 'AT' ja seuraavaksi komennon syntaksi.

Puhelinnumeroksi viestiin syötetään dynaaminen viittaus syötetystä numerosta, joka luotiin aiemmin. Osoitteen tyyppiä syötetään '145', mikä osoittaa modeemille, että puhelinnumero on ISDN- eli piirikytkentäisen puhelinverkkojärjestelmän mukaisesti formatoitu ja sisältää kansainvälisen suuntanumeron. Vektori lopetetaan <CR> -merkkiin ja viestin sisältö osoitetaan erillisellä vektorilla, mikä liitetään aktiivisena olevan hälytystilätiedon mukaan. Lopputuloksena saatu tekstiviestin alustus AT-komento on esitettyä taulukossa 3.

TAULUKKO 3. CMGS-komennon syntaksi

Array	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14-22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]	[28]
Arvo (16#)	0D	41	54	2B	43	4D	47	53	3D	22	2B	33	35	38	-	22	2C	31	34	35	0D
Merkki	<CR>	A	T	+	C	M	G	S	=	"	+	3	5	8	-	"	,	1	4	5	<CR>

4.5 Asennus ja käyttöönotto

Asennusta varten mukaan tarvittiin työkalut vanhojen automaatiokoteloiden purkamiseen sekä uusien kasaamiseen, antennin asentamiseen ja johtimien kytkemiseen. Lisäksi mukaan otettiin yleismittari jännitteettömyyden sekä kytkentöjen todentamiseen ja tietokone varmuudeksi, jos käyttöönoton yhteydessä ilmenee ongelmia, joita varten tarvitsee tehdä ohjelmistomuutoksia. Asennuksessa ja käyttöönotossa mukana olleet tarvikkeet ovat esitettyä kuvassa 18.

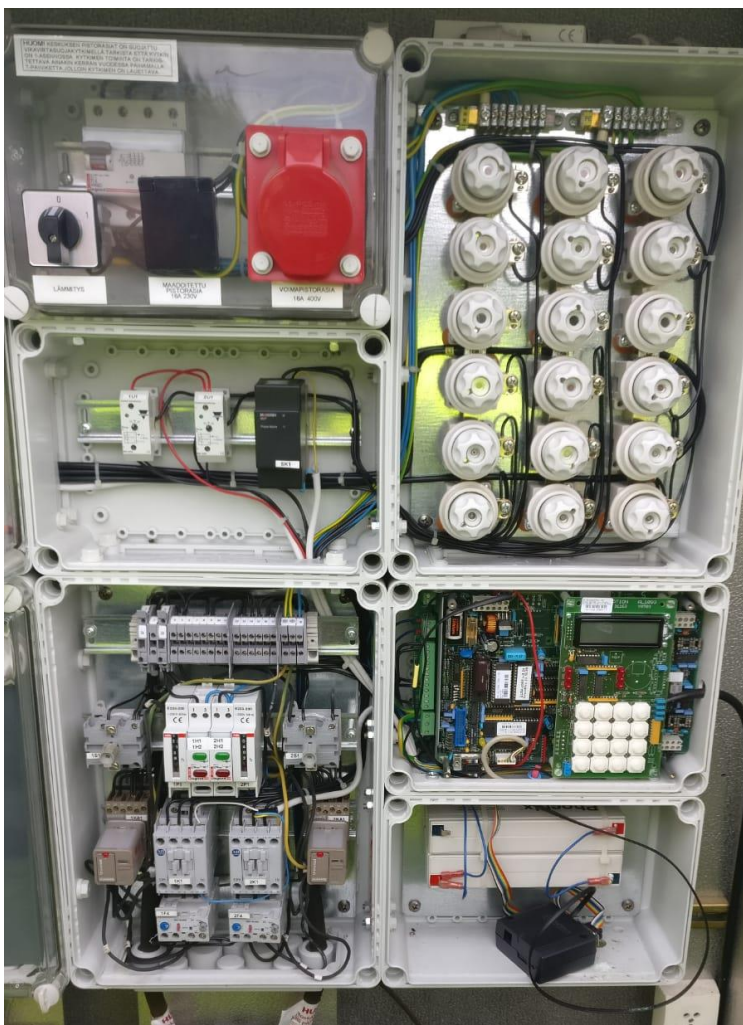


KUVA 18. Asennustarvikkeet

Ensimmäiseksi varmistettiin kaivon pinnan olevan riittävän matalalla, että kaivo ei ehdi täyttyä asennuksen ja käyttöönoton aikana. Ennen asennustoimenpiteiden aloittamista pumppaamon sähköt katkaistiin pääkytkimestä ja kytkettiin logiikan akku irti. Laitteiden jännitteettömyys varmennettiin mittaamalla jännite maakiskoa vasten.

4.5.1 Pumppaamon asennus ja käyttöönotto

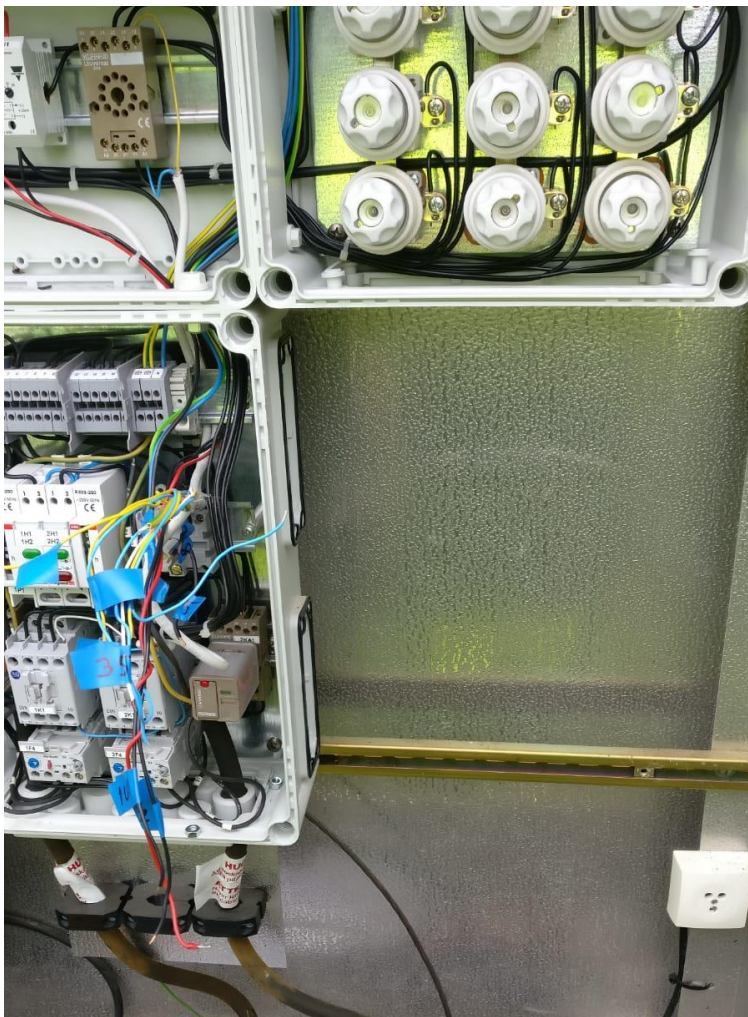
Asennuksen ensimmäinen vaihe oli poistaa vanha automaatiokotelo paikoiltaan. ELSA -logiikkakotelo oli kiinnitetty viereisiin koteloihin pulteilla, jotka olivat ulottumattomissa kotelon sisällä. Jotta pultit pystyttiin irrottamaan, täytyi logiikan kaikki piirilevyt irrottaa toisistaan ja purkaa pois kotelosta. Lähtötilanne purkamiselle, jolloin tarvittavien koteloiden kannet ja etulevyt on poistettu, on esitettyä kuvassa 19.



KUVA 19. ELSA avattuna

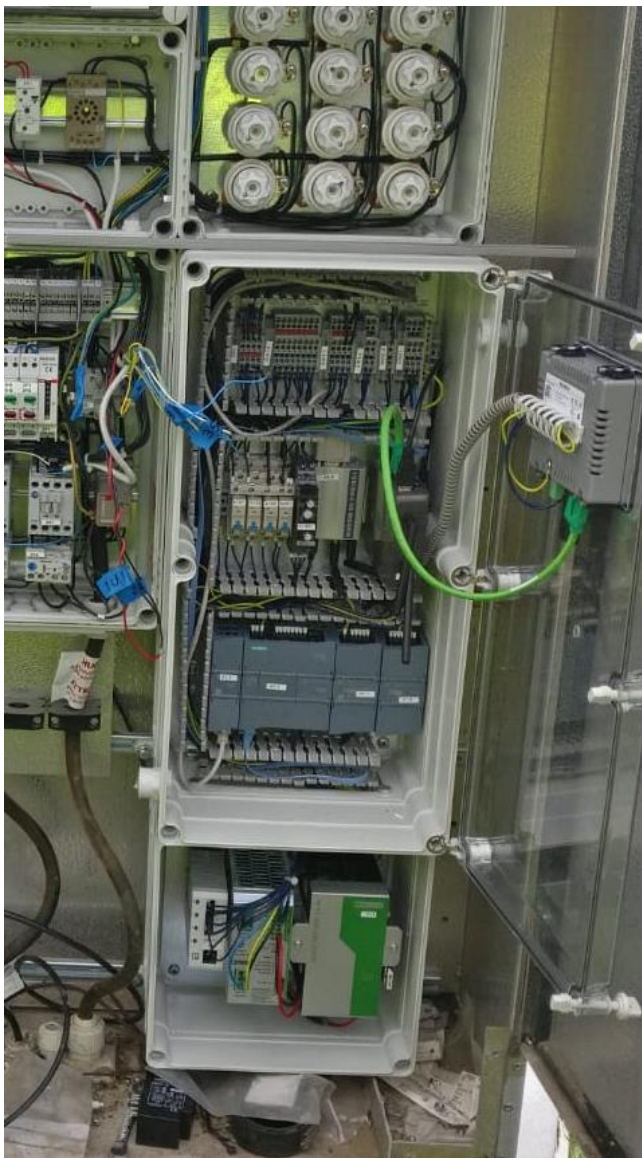
Ennen kuin ELSA -logiikka pystyttiin purkamaan osiksi, täytyi siihen kytketyt johtimet irrottaa. Johtimet irrotettiin yksitellen ja määritettiin, tarvitaanko niitä uudella kotelolla vai ei. Jos johtimia ei tarvittu ne poistettiin ja jos tarvittiin, ne merkittiin olemassa olevien sähkökuvien mukaisesti. Osa johtimista ei ollut merkittynä sähkökuviin, jolloin ne merkittiin sen mukaan, mihin niiden toinen pää oli kytketty, tai ELSA:n piirilevyllä olevien merkintöjen mukaan.

Kun kaikki logiikalle tulevat johtimet olivat irrotettu, pystyttiin purkamaan logiikka osiksi ja irrottamaan kotelot. Kuvassa 20 on esitettyä tilanne, jolloin vanhat logiikkakotelot ovat poistettu ja tarvittavat johtimet ovat merkittynä sinisellä sähköteipillä.



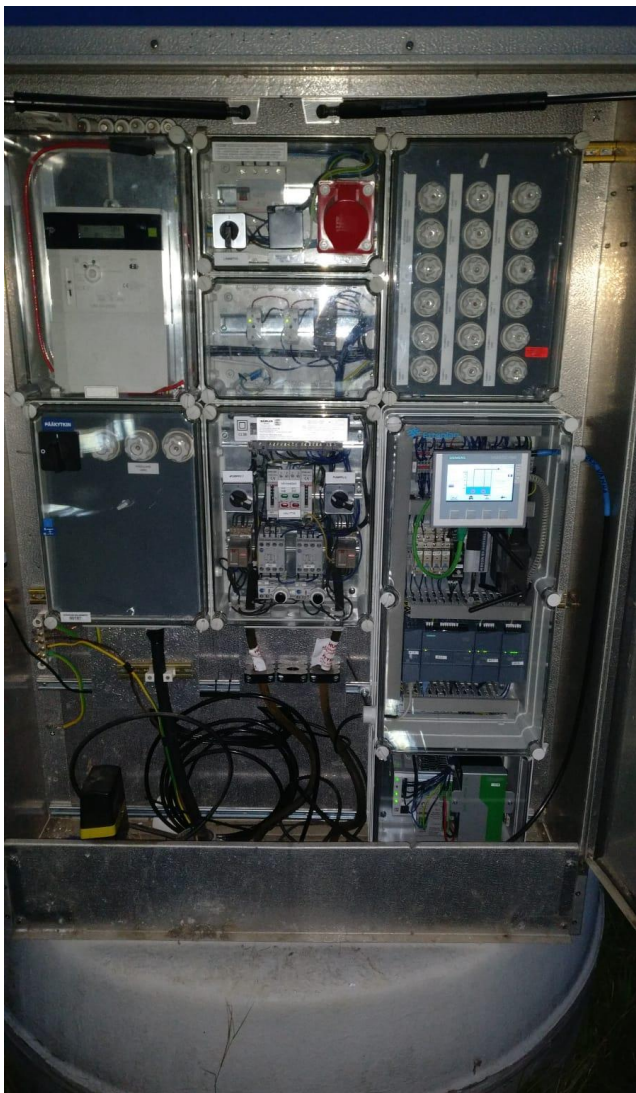
KUVA 20. Vanha automaatiokotelo poistettuna

Seuraava vaihe oli asentaa uudet automaatiokotelot vanhojen tilalle. Pumppaamon vaihtumisen takia kotelot eivät korkeuden puolesta mahtuneet sellaisenaan vanhojen paikalle. Jotta kotelot saatiin mahtumaan sähkökaappiin, täytyi ensin nostaa olemassa olevaa laitteistoa ylöspäin. Nostamisessa oli rajoittavana tekijänä syöttökaapelin pituus, mutta laitteistoa saatiin nostettua riittävästi ylöspäin, että uudet automaatiokotelot saatiin mahtumaan. Uusi kotelo tulee huomattavasti matalammalle, kuin muut kotelot, joten sen tukevasti kiinnittämistä varten asennettiin kaksi C-kiskoa. Kotelot kiinnitettiin kiskoihin sekä niiden yläpuolella olevaan koteloon, jolloin saatiin tiivis läpivienti niiden välille. Uudet kotelot asennettuna vanhojen tilalle on esitetty kuvassa 21.



KUVA 21. Uusi automaatiokotelo asennettuna

Seuraava vaihe oli kytkeä merkityt vanhat johtimet, tehdä uudet kytkennät ja asentaa antenni. Kun kaikki kytkennät olivat valmiit, asetettiin koteloiden kannet paikoilleen ja aloitettiin uuden laitteiston testaus. Testauksessa todettiin laitteiston ja mobiilietäyhteyden toimivuus. Pumppaamon tulovirtaus on hyvin pieni, joten kaikkia pintarajoja ei ollut mahdollista testata normaalilla toiminnalla. Pumppaamon pinnankorkeudenmittaus on toteutettu vapaasti roikkuvalla hydrostaattiseen paineeseen perustuvalla pinnankorkeusanturilla. Täten pinnankorkeuden muutosta pystyttiin simuloimaan nostamalla ja laskemalla anturia, jolloin pumppaamon toiminta pintarajoilla pystyttiin testaamaan todellisilla pintaraja- ja kalibrointi-arvoilla. Uusilla laitteilla varustettu pumppaamon sähkökaappi on esitettyinä kuvassa 22.



KUVA 22. Sähkökaappi jälkeen

Puutteellisista sähkökuvista, tarvituista rakenteellisista muutoksista ja rajallisesta asennuskokemuksesta johtuen asennus kesti odotettua pidempään. Lisäksi asennuspäivänä oli ajoittaisia sadekuuroja, joiden aikana ei pystytty tekemään kytkentöjä. Näin ollen, kuten kuvasta 22 voi huomata, kun edellä mainitut toimenpiteet saatiin suoritettua, oli jo tullut pimeä ja pintakytkimen asennus jouduttiin siirtämään myöhempään ajankohtaan.

4.5.2 Pintakytkimen asennus

Pumppaamon kaivo on suhteellisen esteinen, joten pintakytkin täytyi saada mahdollisimman keskelle kaivoa, missä sillä on mahdollisimman suuri tila kallistua. Kaivo ennen pintakytkimen asennusta on esitettyä kuvassa 23.



KUVA 23. Kaivo ennen

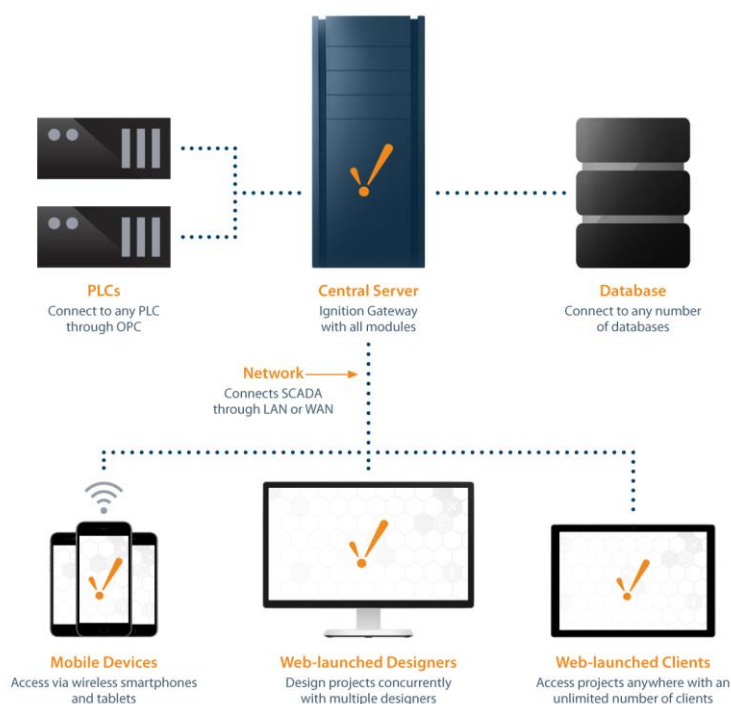
Lemin kunnan henkilöstö kävi esiasentamassa tukivarren tätä varten. Pintakytkimen asentamiseksi tarvitsi vain kiinnittää se roikkumaan varren varaan ja vetää loppu kaapeli sähkökaapin puolelle ja kytkeä se kiinni. Pintakytkimen funktio on toimia pakko-ohjauksena siltä varalta, että automaattiohjaus vikautuu. Täten kytkimen koho asetettiin roikkumaan normaalien pintarajojen yläpuolelle. Kytkimen differentiaaliksi asetettiin noin 20 cm, jolloin kytkin mahtuu kallistumaan kaikkiin kytkentäasentoihinsa ilman että se osuu tikapuihin tai pumppujen johdeputkiin. Pumppaamon kaivo pintakytkimen asennuksen jälkeen on esitettyä kuvassa 24.



KUVA 24. Kaivo jälkeen

5 SCADA JÄRJESTELMÄ

Automaatiouudistussuunnitelmaan kuuluu pumppaamoautomaation lisäksi myös koko systeemin hallitsevan järjestelmän eli SCADA:n kartoittaminen. SCADA on lyhenne sanoista Supervisory Control And Data Acquisition. Toisin sanottuna se on järjestelmä, jolla voidaan hallita prosessia paikallisesti tai etäyhteydellä, seurata ja kerätä dataa reaaliajassa, suoraan hallinnoida toimilaitteita käyttöliittymästä sekä tallentaa tapahtumia. SCADA-järjestelmät ovat menestyksen kannalta ratkaisevia, sillä niiden avulla pystytään ylläpitämään tehokkuutta, tekemään valistuneita päätöksiä dataan pohjautuen ja vähentämään seisakkiaikoja selvittämällä ongelmatilanteet nopeammin. SCADA-järjestelmän toiminta jakautuu kolmelle eri tasolle: valvontataso, ohjaustaso ja kenttätaso. Kenttätasoon kuuluu toimilaitteet, sensorit ja muut laitteet, jotka ovat suoraan yhteydessä prosessiin. Ohjaustasoon kuuluu ohjainlaitteet eli PLC:t, RTU:t ja vastaavat laitteet, joilla ohjataan prosessia ja hallitaan toimilaitteita. Valvontataso koostuu varsinaisesta SCADA-järjestelmästä, mihin kuuluu SCADA-ohjelmisto ja laitteet kuten serverit, valvomo-PC:t ja tietokanta. (Inductive automation. 2018.) Kuvassa 25 on esitettynä Inductive automationin Ignition SCADA arkkitehtuuri.



KUVA 25. SCADA arkkitehtuuri (Inductive automation. 2018)

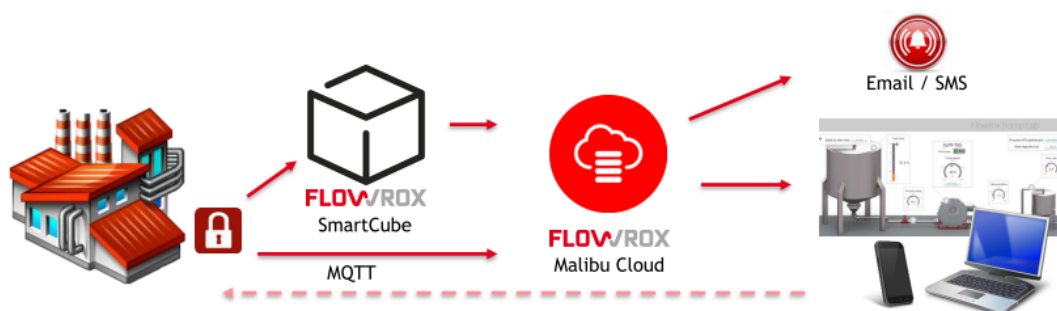
5.1 Järjestelmä vaihtoehdot

Uudistussuunnitelman valvontajärjestelmän valinnassa vertailtiin muutaman yrityksen valmiita valvomo pakettiratkaisuja. Lisäksi tutkittiin itse toteutettavaa ratkaisua Siemensin laitteilla ja ohjelmistoilla. Tässä kappaleessa käydään lyhyesti läpi jokainen vertailussa mukana ollut ratkaisuvaihtoehto.

5.1.1 Flowrox

Flowrox on sulk-, säätö- ja pumppaussovelluksiin erikoistunut Suomalainen perheomisteinen yritys, joka työllistää noin 150 työntekijää. Flowroxin SMART SOLUTIONS™ -tuotteet ovat älykkäitä laitteita, joilta kerätään prosessi- ja laitedataa. Kerättyä dataa hallinnoidaan Malibu™ -käyttöliittymällä, joka keskittyy ennakkoimaan vikoja ja vähentämään odottamattomia seisokkeja datan avulla.

Oletusarvoisesti Smart Solutions -järjestelmä toteutetaan Flowroxin Smart toimilaitteista ja SmartCube -laitteesta, joka hallinnoi datan keräämisen ja välittämisen. Prosessista ja sen laitteilta kerätään diagnostista ja hallinnollista dataa, jonka pohjalta voidaan tehdä valistuneita päätöksiä. Tarvittaessa järjestelmään saadaan myös kaksisuuntainen tiedonsiirto, jolloin sillä pystytään myös ohjaamaan toimilaitteita. Smart Solutions järjestelmän toimintakonsepti on esitettyä kuvassa 26.



KUVA 26. Smart Solutions järjestelmäkaavio (Flowrox Oy. 2018.)

Smart Solutions järjestelmän käyttöliittymänä toimii Malibu -portaali, jota voidaan käyttää kaikilla tietokoneilla tai mobiiliälylaitteilla. Portaali on asiakaskohtaisesti

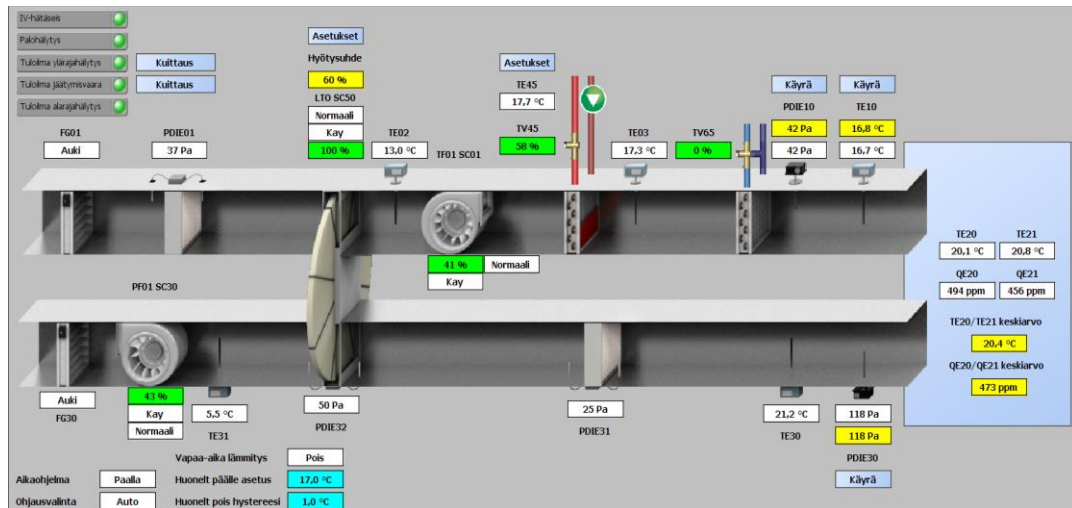
prosessin näköiseksi räätälöity käyttöliittymä. Käyttöliittymä koostuu 3D-mallinnetuista osaprosesseista, esimerkkinä kuvassa 27 on esitetty Flowroxin referenssinä käyttämä 3D-mallinnettu ympäristö Etelä-Karjalan jätehuollon pumppaamo.



KUVA 27. Flowrox Malibu™ -portaali (Flowrox Oy. 2018.)

5.1.2 AdConSys

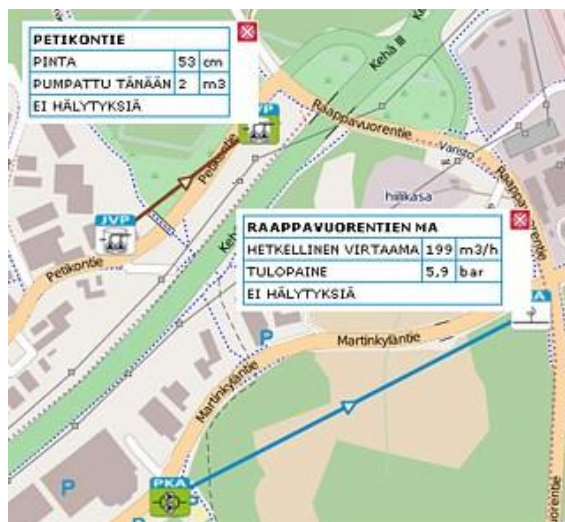
AdConSys nimi tulee sanoista Advanced Control Systems. AdConSys Oy tarjoaa räätälöityjä valvomratkaisuja, pääosin rakennusautomaation tarpeisiin, mutta myös muihin ratkaisuihin. Yrityksen markkinoima valvomratkaisu on AdConSys ACE -pilvivalvomo. Kohteen alakeskukset liitetään pilvivalvomoon Bacnet/Ip -protokollan ja Tosibox liittymän kautta. Alakeskukselle tulee ohjelmoitava säädin, joka kerää I/O -tiedot PLC:ltä ja toteuttaa keskuksen ja valvomon välisen kommunikoinnin. Valvomossa on HTML5 sivuilla toteutettu graafinen käyttöliittymä. Esimerkkikuva käyttöliittymästä on esitetty kuvassa 28.



KUVA 28. AdConSys ACE pilvivalvomo näkymä (Kari Mäkelä. 2018.)

5.1.3 Lining

Oy Lining Ab on puhdas- ja jätevesilinjojen sekä laitosten teknisiin ratkaisuihin erikoistunut alansa markkinajohtaja yli 50%:n markkinaosuudella. Lining tarjoaa muun muassa pumppuja, pumppaamoja ja valvomoratkaisua. Yrityksen markkinoinima valvomoratkaisu on AqvaRex 2.0, joka on valvonta- ja etäohjausjärjestelmä vesilaitosten ja vesiosuuskuntien verkostojen kenttäkohteiden hallintaan. AqvaRex toimii yhdessä Liningin omien automaatioyksikköjen kanssa, joita käytetään alakeskuklien ohjausyksikköinä. Käyttöliittymänä on kohdealueesta tehty karttanäkymä, missä näkyy alakeskukset ja niiden oleellimmat tiedot. Esimerkikkuva käyttöliittymästä on esitettyä kuvassa 29.



KUVA 29. AqvaRex® 2.0 -valvomonäkymä (Lining Oy. 2018.)

5.1.4 Siemens

Etävalvonta ja -käyttö toteutetaan valvomo PC:llä, millä pyörii WinCC RT -ohjelmisto. Käyttöliittymään tehdään karttanäkymä, missä näkyy pumppaamot ja oleellisimmat tiedot niistä. Alakeskuksen symbolia painalla päästään alakeskus kohtaiseen näkymään, mikä on keskuksen paikalliskäyttöliittymä. Kuvassa 30 on esitettynä pumppaamon paikallispaneelin näytöllä tehty havainnollistava kuva käyttöliittymän tyylistä.



KUVA 30. Siemens käyttöliittymä

5.2 Yhteenveto

Flowrox:n ja AdConSys:n etäkäyttöratkaisut tarvitsevat ylimääräisiä tai kohdistettuja laitehankintoja. Laitehankinnat lisäävät kuluja ja kasvattavat automaatiojärjestelmän kokoa, mikä on yleisesti pumppaamoissa hyvin rajallinen ja suunnitelman mukaisella automaatiojärjestelmällä jo itsessään ääri rajoilla pilottipumppaamon tapauksessa.

Lining-etäkäyttöjärjestelmä on räätälöity yrityksen omille automaatioyksiköille. Se ei ole varsinaisesti itsenäinen järjestelmä, jota pystyttäisiin hyödyntämään avoimesti. Lining-ratkaisu vaatisi koko järjestelmän uusimisen. Tämä tarkoittaa että

se uusisi lähtökohtaisen ongelman eli sen, että koko järjestelmä olisi yhden valmistajan tuotteiden ja tuen varassa.

Suunnitelman mukaiselle Siemensin logiikalla toteutetulle pumppaamolle luonnollisin valvomovaihtoehto on räätälöity Siemens WinCC -valvomo. Kyseinen ratkaisu ei tarvitse ylimääräisiä laitehankintoja ja suunnitelman pumppaamon laitteistoon sisältyy jo vpn-etäyhteys, jolloin WinCC-valvomo on helppo yhdistää pumppaamoihin.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lopputuloksena Etteplan Oyj:lle tehtiin vedenhuoltojärjestelmän automaatiouudistussuunnitelma. Se pitää sisällään laitemäärittelyn piirikaaviolla ja layoutilla, automaatio-ohjelmiston yksittäisille pumppaamoille ja kuvauksen järjestelmän kattavasta valvontaratkaisusta. Pumppaamon automaatio-ohjelmistosta tehtiin räätälöity versio, joka käyttöön otettiin Lemillä. Suunnitelman mukainen geneerinen automaatio-ohjelmisto vaatii vielä sisäisesti jatkokehitystä. Tavoitteena on, että ohjelmistossa on parametrejä, joilla geneerinen ohjelmisto voidaan muokata käyttökohteen mukaan. Esimerkiksi käytössä olevien pumppujen ja antureiden määrä pystyttäisiin valitsemaan, jolloin järjestelmä olisi helpommin skaalattavissa. Laitteiston ja ohjelmiston toiminta todennettiin pilottipumppaamolla, mutta laajemman valvomoratkaisun toiminta vaatii testaamista. Lemin kunnalle käytöön otettu pilottipumppaamo todettiin toimivaksi.

Laitevalinnoilla pyrittiin saamaan mahdollisimman kustannustehokas kokonaisuus. Yksi iso hintaa alentava päätös oli olla käyttämättä älykästä LTE-kommunikointimoduulia, jonka avulla järjestelmällä olisi voitu lähettää tekstiviestejä valmisohjelmalla suoraan pelkkänä tekstinä. Sen sijaan päädyttiin hankkimaan kolmanneksen maksava passiivinen RS232-sarjaliikenneportilla varustettu kommunikointimoduuli. Tämän valinnan ohjelmallinen toteutus oli suunnittelun osuuden haastavin ja työllistävin osuus. Tavanomaisessa työelämän projektissa ratkaisun mahdollistaneet ohjelmointitunnit olisivat osoittautuneet liian kalliiksi perustelemaan kyseinen ratkaisu. Laitteisto todettiin toimivaksi, mutta jatkokehityksen kannalta suunnittelutyötuntien hinta täytyy huomioida ja ratkaisu voi osoittautua kyseenalaiseksi. Tekstiviestien käsittely ja viestien sisältö on pilottipumppaamon toteutuksessa suurilta osin kovakoodattua. Geneeristä ohjelmistoa varten sen täytyisi olla helposti muokattavissa, joka vaatii huomattavan suunnittelutyön.

Pilottipumppaamohankkeessa huomattiin, että suunnitelman mukainen laitteisto vaatii huomattavasti enemmän tilaa kuin tavanomaiset pakettiratkaisut. Lisäksi hankintakustannukset laitteille ovat suuremmat. Suunnitelman mukaisen avoimen järjestelmän edut eli valmistajariippumattomuus, mahdollisuus jatkokehitykseen ja tietoturvaominaisuudet on vaikea perustella myyntitarjouksessa. Näitä

ominaisuuksia ei voida suoraan muuttaa euroiksi. Asiakkaiden ollessa kuntia kyseiset ominaisuuden sivuutetaan usein ylimääräisinä lisäominaisuuksina, joihin tiukat budjetit eivät veny. Nämä ovat sellaisia ominaisuuksia, joiden taloudellinen etu ilmenee vasta kun järjestelmää joudutaan huoltamaan tai uusimaan.

SCADA-järjestelmien vertailussa tuli ilmi, että useiden valmistajien pakettiratkaisut vaativat valmistajien omia lisälaitteita. Suuri osa näiden laitteiden tuomista ominaisuuksista on jo olemassa suunnitelman oletuslaitteistossa, mutta pakettiratkaisut eivät pysty niitä hyödyntämään. Lisälaitteet luonnollisesti nostavat hankintakustannuksia ja tarvitsee enemmän tilaa. Suunnitelman mukaisessa kokonpanossa tila on jo muutenkin ongelmallinen, mitä lisälaitteet hankaloittaisivat ennestään. Siemens-ohjelmistolla toteutettava valvomoratkaisu toimii luontevasti järjestelmän laitteiden kanssa ja pystyy hyödyntämään laitteiston kaikkia ominaisuuksia. Suunnitellun ja pakettiratkaisun hankinta- ja ylläpitokuluja vertaillen pystyttäisiin perustelevaan suunnitelman laitevalinnat. Koska koko vedenhuoltojärjestelmän kattavassa valvontaratkaisussa voitaisiin säästää niiden ansiosta.

LÄHTEET

Tom, S. & Christiansen, D. & Berrett, D. 2008. Recommended Practice for Patch Management of Control Systems. Luettu 28.11.2018. https://ics-cert.us-cert.gov/sites/default/files/recommended_practices/RP_Patch_Management_S508C.pdf. U. S. Department of Homeland Security.

Stefan Lüders. 2014. Why Control System Cyber-Security Sucks. Asiantuntijaluento BlackHat 2014 tapahtumassa. <https://www.blackhat.com/docs/us-14/materials/us-14-Luders-Why-Control-System-Cyber-Security-Sucks.pdf>. CERN.

Kyberturvallisuuskeskus. 24.10.2019. Tietoturva. www-sivu. Luettu 25.11.2019. <https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/fi/toimintamme/saantely-ja-valvonta/tietoturva>

Kari-Finn Oy. Pintakytkin 3-sarja. www-sivu. Luettu 28.10.2018. <https://www.kari-finn.fi/index.php/tuotteet/pintakytkimet/3h-3l-3y-3a-3he-3le-3ye-3ae>

TOSIBOX Oy. Lock User Manual. www-sivu. Luettu 29.10.2018. https://www.tosibox.com/wp-content/uploads/2016/02/en_Tosibox_Lock_User_Manual_web_1-4.pdf

Techopedia. AT Command Set. www-sivu. Luettu 29.10.2018. <https://www.techopedia.com/definition/575/at-command-set>

Inductive automation. 12.9.2018. What is a SCADA?. www-sivu. Luettu 2.12.2018. <https://inductiveautomation.com/what-is-scada>.

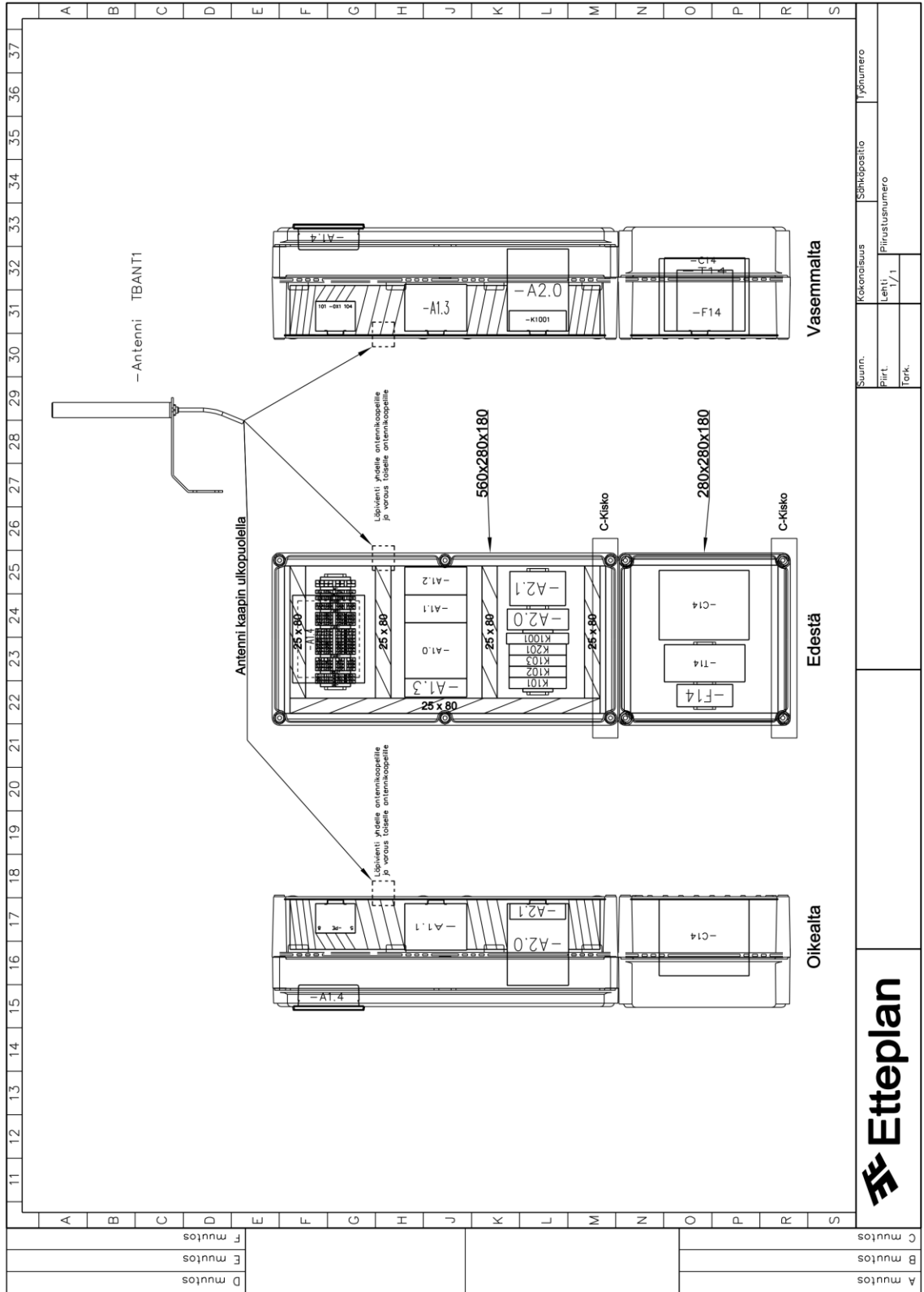
Flowrox Oy. 2018. Flowrox Smart Solutions for OEM. Tuote-esittely materiaali.

Kari Mäkelä. 14.6.2018. ACE-pilvivalvomo. Tuote-esittely materiaali.

Lining Oy. Lining AqvaRex® 2.0. www-sivu. Luettu 2.12.2018. <http://www.lining.fi/automaatio/aqvarext-20-valvontajarjestelma>.

LIITTEET

Liite 1. Kotelolayout



Suunn.	Kokonaisuus	Sähköposito	Yksinumero
Piirt.	Lehti	Piirustusnumero	
Tark.	1/1		

Liite 2. Osaluettelo 1 (2)

Lemin Kunta
Tekninen osastoDokumentin nimi:
Osaluettelo

Positio	Määrä	Nimike	Valmistaja	Malli	Sähkö/art. numero	Hankinta	HUOMI
Kotelo1	1	Muovikotelo 560x280x130mm kirjas kanssi	FIBOX	EKTH 130 T			
	1	Asennuslevy 518x238x1,5mm	FIBOX	EKTVT			
	1	Korotuskehys 50 mm	FIBOX	EKTZR			
	1	Saranasaria, PC sis. ruuvit ja porausohjaimen	FIBOX	MB 10622			
	1	Pelitulppa kannen saranoiduille sivuille	FIBOX	MB 10523			
Kotelo2	1	Muovikotelo 280x280x180mm	FIBOX	EKOE 180 T			
	1	Asennuslevy 238x238x1,5mm	FIBOX	EKOVT			
Kotelotarvikkeet	2VP	Seinäkinnitysaria 4kpl + ruuvit	FIBOX	MB 10674	3423106		1VP = 4kpl
	1	Kondenssivesitulpaa (IP 34), koko M12 x 1,5	FIBOX	MB 12189	3421043		
	3	Kiinnityssankapari + 4 kpl ruuveja koko 2	FIBOX	MB 10670	3420094		
-T14	1	24VDC teholähde+UPS 5A	PHOENIX CONTACT	TRIO-UPS/JAC/24DC/5	2866611		
-C14	1	UPS akkupaketti 24VDC/3,4Ah	PHOENIX CONTACT	QUINT-BAT/24DC/3,4Ah	2866349		
-F14	1	Elektroninen suoja	PHOENIX CONTACT	CBMC E4 24DC/1-4A	2906031		
-A1.0	1	CPU I212C (8 DI; 6 DO; 2 AI)	SIEMENS	6ES7212-1AE00-0XB0			
	1	Muistikortti	SIEMENS	6ES7954-8LC02-0AA0			
-A1.1	1	8xDI kortti	SIEMENS	6ES7211-1BF32-0XB0			
-A1.2	1	1xAI kortti SM 1231 4AI 13bit	SIEMENS	6ES7231-4HD32-0XB0			
-A1.3	1	RS-232 sarjaliitenne kommunikointi moduuli CM 1241	SIEMENS	6ES7241-1AH32-0XB0			
-A1.4	1	Paikallispaneeli KTP400 BASIC	SIEMENS	6AV2123-2DB03-0XX0			suojattu CAT6 liitin D9
	1	Profiinet valmiskaapeli 0,5m					
	1	RS-232 valmiskaapeli 0,5m					
-A2.0	1	TOSIBOX valmispaketti	TOSIBOX	Starter kit			
		VPN Luukko	TOSIBOX	TBLIEU			
-A2.1		VPN Avain	TOSIBOX	TBK2			Kuulua Starter kit -pakettiin
		4G Modemi	TOSIBOX	TB4GM2			Kuulua Starter kit -pakettiin
		CAT6 valmiskaapeli					Kuulua Starter kit -pakettiin
		USB 2.0 valmiskaapeli					Kuulua Starter kit -pakettiin
-A2.2...A2.3	1	Antenni 8m kaapeli	TOSIBOX	TBANT1			
RIVILIITINRYHMÄT							
0X1		24VDC minus-liitinyhmä					
101...112	3	Riviliittimet	PHOENIX CONTACT	STTB 2,5	3031270		
230X1		230VAC ohjaukset					
201...206	3	Riviliittimet	PHOENIX CONTACT	STTB 2,5	3031270		
PE	1	Riviliittimet	PHOENIX CONTACT	STTB-PE 2,5	3036026		
DIX1.0		Logikan digitaalitulot					
301...316	8	Riviliittimet	PHOENIX CONTACT	STTB 2,5	3031270		
DIX1.1		DI-karttin digitaalitulot					
401...408	4	Riviliittimet	PHOENIX CONTACT	STTB 2,5	3031270		
AIX1.2		Analogitulot					
501...504	2	Riviliittimet	PHOENIX CONTACT	STTB 2,5	3031270		

Päiväys ja tekijä: 18.4.2018/Slö
Tulostettu: 25.11.2019
Sivu 1/2Ohjauskeskus
OsaluetteloEtteplan Design Center Oy
Valkakatu 2
53600 LAPPEENRANTA

Liite 2. Osaluettelo 2 (2)



Dokumentin nimi:
Osaluettelo

Lemin Kurta
Tekninen osasto

DOX1.0								
601...602	1	Logiikan digitaali-ohjelmat Riviliittimet		PHOENIX CONTACT	STTB 2,5	3031270		
LSX1								
701...702	1	Pintakytkimen syöttö Riviliittimet		PHOENIX CONTACT	STTB 2,5	3031270		
PE								
1...8	2	Maadoitukset Riviliittimet		PHOENIX CONTACT	STTB-PE 2,5	3036026		
Riviliittimien lisätarvikkeet	12	Pistosilla		PHOENIX CONTACT	FBS 2-5	3030161		
	6	Pistosilla		PHOENIX CONTACT	FBS 2-5 BU	3030161		
	8	Kliverpidin		PHOENIX CONTACT	KLM 3	811969		
	9	Päättyösuoritimet		PHOENIX CONTACT	CLUPIX 35-5	3022276		
-K101...103	3	Releet 24VDC/10A		OMRON	GZR-1-SND 24 VDC (S)			
	3	Relekaninat		OMRON	P2RF-05S			
	4	Luiktusvipu		OMRON	P2CM-5			
-K201	1	Rele 24VDC/10A		OMRON	GZR-2-SND 24 VDC (S)			
	1	Relekaninta		OMRON	P2RF-08S			
-K1001	1	Verohidastettu rele 24VDC kela		OMRON	H3DT-N1			
TARVIKKEET								
		DIN kisko 35x7,5		PHOENIX CONTACT				Layoutin mukaan
		Kourut		PHOENIX CONTACT				Layoutin mukaan
		Ruuvit, kiltet jne.						
KENTTÄLAITTEET								
-LS1	1	KARI-Pintakytkin		KARI	3H			
HUOMAUTUKSET								