

---

# VEDENOTTAMON AUTOMATISOINTI



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski, kevät 2014

*Anssi Haanpää*

Anssi Haanpää



VALKEAKOSKI  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Anssi Haanpää	<b>Vuosi</b> 2014
<b>Työn nimi</b>	Vedenottamon automatisointi	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä pohjavedenottamolle suunniteltiin, rakennettiin, ohjelmoitiin ja käyttöönotettiin automaatio, joka pitää vedenpaineen vakiona putkistossa. Vedenottamo sisältää kolme pumppua, jotka pumppaavat vuorottelemalla pohjavettä yhteen putkeen. Pumppujen toiminta toteutettiin siten, että paine putkistossa pysyy vakiona.

Työn suunnitteluosuus sisälsi automaatiokeskuksen johdotus- ja piirikaaviot, kokoonpanopiirustuksen, I/O-luettelon, kaapeliluettelon ja automaation toimintaselostuksen. Suunnitteluvaiheessa oli tärkeää tietää automaatiokeskuksen toimiva rakenne ja ottaa huomioon käytettävyys, mahdolliset vikatilanteet sekä muutokset. Nämä tiedot pohjautuvat aikaisempaan työkokemukseen.

Työn rakennusosuudessa tilattiin automaatiokeskuksen rakentamiseen tarvittavat osat tavarantoimittajilta ja rakennettiin automaatiokeskus suunnitelmien mukaan. Rakennusvaiheessa tuli ottaa huomioon johdotuksien asentaminen kouruihin siten, että 24 V:n ja 230 V:n jännitteitä ei kulkisi samoissa kaapelikouruissa.

Työn ohjelmointiosuudessa ohjelmoitiin automaatiokeskuksessa käytettyyn Omronin logiikkaan ohjelma, jolla vedenottamon pumput toimivat ja pitävät painetta vakiona. Automaatiokeskuksen kosketuspaneeliin ohjelmoitiin käyttöliittymä, jonka avulla pystyttiin hallinnoimaan logiikan ominaisuuksia ja nähtiin tietoja verkoston paineesta, virtauksesta ja laitteiden toiminnoista. Lisäksi ohjelmoitiin logiikka ja gsm-jatkohälytysmodeemi kommunikoidaan keskenään siten, että vikatilanteessa modeemi lähettää tekstiviestin käyttäjän puhelimeen.

Työn keskeisin tavoite oli rakentaa järjestelmä sekä kehittää tekijän ohjelmointikokemusta ja yleistä tietoutta automaatiojärjestelmän kokonaisuudesta.

**Avainsanat** Automaatio, Ohjelmointi, Suunnittelu, Hälytykset

**Sivut** 36 s.

Valkeakoski  
Degree programme in Automation Engineering

---

<b>Author</b>	Anssi Haanpää	<b>Year</b> 2014
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Automation of water catchment system	

---

## ABSTRACT

In this bachelor's thesis automation was planned, constructed, programmed and implemented for a groundwater catchment system with the purpose of keeping the pressure in the pipeline constant. The water catchment system includes three pumps pumping the ground water by alternation into a pipe. The operation of the pumps was carried out in such a way that the pressure in the pipeline system remained constant.

The planning of the work included the wiring- and circuit diagrams, board layout, an I/O list, a cable list and of the automation a description operations of the automation board. At the planning stage it is very important to know the functional design of the automation board and to take into account usability and possible failure conditions. The author had internalised this knowledge through previous work experience in the field.

At the construction stage the parts for the automation board were ordered from the suppliers and the automation board was constructed according to a plan. At the construction stage it was important to take into account the wiring installations considering that the 24-volt and 230-volt voltages could met be directed into the same cable ducts.

At the programming stage of the work software was programmed into the Omron logic used in the automation board to keep the water catchment pumps working and to stabilize the pressure. An interface was programmed into the automation touch screen to manage the logic properties and to give information on the pressure in the pipeline system, the flow and the functions of the instruments. In addition the logic and a gsm-modem were programmed to communicate with each other to make the modem send a text message to the operator's mobile in case of a fault.

The main objective this project was to construct the system and to develop the author's programming experience and common knowledge of the automation system as a whole.

**Keywords** Automation, programming, planning, alarms

**Pages** 36 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TYÖKOHDDE.....	2
3	UUDEN JÄRJESTELMÄN TOIMINTA .....	3
4	SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOUUNNITTELU.....	5
4.1	Suunnitelmien toteutus.....	5
4.2	I/O-luettelo .....	5
4.3	Logiikan kokoonpano.....	6
4.4	Kokoonpanopiirustus .....	6
4.5	Piiri- ja johdotuskaavio .....	7
4.6	Osaluettelo.....	9
4.7	Kaapeliluettelo .....	9
4.8	Kytkenälistä.....	10
4.9	Automaation toimintaselostus .....	10
5	JÄRJESTELMÄN LAITTEISTO .....	11
5.1	Automaatiokeskus .....	11
5.1.1	Logiikka ja kosketuspaneeli .....	12
5.1.2	GSM-modeemi .....	12
5.2	Taajuusmuuttajat .....	13
5.3	Painelähtimet .....	13
5.4	Painekytkimet.....	14
5.5	Virtausmittaus .....	15
6	AUTOMAATIOKESKUKSEN RAKENTAMINEN .....	16
6.1	Tarvikkeiden kerääminen.....	16
6.2	Kokoaminen .....	16
6.3	Testaaminen .....	18
7	OHJELMAN RAKENTAMINEN .....	20
7.1	Tutustuminen ohjelmoitaviin logiikoihin.....	20
7.2	Toteutus.....	22
8	KÄYTTÖLIITTYMÄN RAKENTAMINEN .....	23
8.1	Tutustuminen käyttöliittymiin.....	23
8.2	Käyttöliittymän suunnittelu.....	23
8.3	Ohjelmaan tutustuminen .....	24
8.4	Ohjelman rakentaminen .....	24
9	OHJELMAN TESTAUS .....	26
9.1	Valmistelu .....	26
9.2	Testaus.....	27
10	TEKSTIVIESTITIHÄLYTYKSET .....	27

---

10.1 Ohjelman rakenne .....	28
10.2 Ongelmatilanteet .....	28
11 KÄYTTÖÖNOTTO .....	29
11.1 Valmistautuminen .....	29
11.2 Toteutus .....	29
11.2.1 Käsiäjo .....	30
11.2.2 Automaattiajo .....	30
11.3 Onnistuminen .....	31
12 KÄYTTÖOHJEEN RAKENTAMINEN .....	32
13 POHDINTA.....	33
LÄHTEET .....	35

## 1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on rakentaa asiakkaalle Jyllin vesiosuuskunnalle käytössä olevan vedenottamon automatisointi. Tavoitteena on yhdistää järjestelmään tekstiviestihälytysominaisuudet siten, että vikatilanteessa hälytys lähtee vedenottamon käyttäjälle. Työ toteutetaan Ikaalisissa sijaitsevalle vedenottamolle, jossa pumpataan kolmella pumpulla vettä pohjavesialueelle tehdyistä kaivoista. Vedenottamon vesi on niin puhdasta, että veden käsittelylle ei ole tarvetta, vaan vesi voidaan johtaa suoraan sellaisenaan verkostoon.

Vedenottamoita ovat julkisyhteisöjen, yritysten ja yksityisten kiinteistöjen sekä kansalaisten ottamat pumppaamoinen. Vedenottamoja ovat esimerkiksi pohjavesikaivot, rengaskaivot ja porakaivot sekä pintavesiottamat joesta, järvestä tai merestä. (Vedenottamo n.d.)

Jokaisella on oikeus muuten kuin pysyvästi ottaa vettä tai jäätä henkilökohtaista tarvetta varten vesistöistä. Muusta vedenotosta ei saa aiheutua vesilain 3:2 §:ssä tarkoitettuja haitallisia seurauksia. (Vedenottamo n.d.)

Pohjaveden ottamiseen kotitarpeisiin tai sitä vastaaviin tarkoituksiin omalta maalta ei pääsääntöisesti tarvita lupaa. Aluehallintoviraston lupa pohjaveden ottamiseen tai pohjaveden oton lisäämiseen tarvitaan kuitenkin mm. jos

- pohjavedenottamo on suunniteltu vähintään 250 m<sup>3</sup>/vrk käsittävän vesimäärän ottamiseen
- ottamisesta aiheutuu toisen pohjavettä ottavan laitoksen vedensaannin vaikeutuminen
- ottamisesta aiheutuu tärkeän tai muun vedenhankintakäyttöön soveltuvan pohjavesiesiintymän antoisuuden olennainen väheneminen, pohjavesiesiintymän muu huonontuminen tai toisen kiinteistöllä talousveden saannin vaikeutuminen
- pohjavettä on tarkoitus ottaa toisen maalle rakennettavasta ottamosta. (Vedenottamo n.d.)

Raakavesi otetaan yhdestä tai useammasta kaivosta. Kaivoja on erityyppisiä. Vesihuoltolaitoksilla yleisin kaivotyyppi on siiviläputkikaivo, yksityiset kaivot ovat yleensä kuilukaivoja tai kallioporakaivoja. (Vesilaitostekniikka ja hygienia 2012.)

Jyllin vedenottamo toimii tällä hetkellä kahdella pumpulla, ja pumppujen vuorottelua hoidetaan manuaalisesti taajuusmuuttajan perässä olevaa pistotulppaa vaihtamalla. Vedenottamolle on porattu uusi kaivo, johon on lisätty kolmas pumppu. Tarkoituksena on toteuttaa järjestelmä siten, että kaikki kolme pumppua ovat toiminnassa ja pumppujen toiminnan vuorottelu hoidetaan automaation avulla. Pumppujen vuorotteluaikaa voidaan säätää yksityiskohtaisesti ja toimintaa voidaan rajoittaa asettamalla pumput pois päältä. Pumppaamon hoitajien on tarkoitus käyttää uutta pumppua pidempiä aikoja kuin kahta vanhaa pumppua, jotta pumppujen käyttötunnit tasaantuvat.

Pumppujen pyörimisnopeutta säädetään Vaconin taajuusmuuttajien avulla siten, että putkistossa oleva paine pysyy asetusarvossa. Asetusarvo asetetaan järjestelmään tulevasta kosketuspaneelistä. Logiikkaohjauksen joutuessa vikatilaan voidaan pumppujen ohjaus kääntää käsikäytölle. Käsikäyttötilanteessa taajuusmuuttajan sisäinen PID-säädin pitää painetta putkistossa painemittauksen avulla asetusarvossa.

Opinnäytetyön teettäjänä toimi Insta Automation Oy. Yrityksellä on yli 50 vuoden työkokemus alan tekniikoista sekä kokemusta lähes kaikista Suomen prosessiteollisuuden laitoksista sekä lukuisista asennusprojekteista ympäri maailmaa. Insta Automation kuuluu osaksi Insta Group konsernia. Konserniin kuuluvat myös Insta DefSec Oy, Insta ILS Oy sekä Insta Innovation Oy. (Johtavaa automaatio-osaamista n.d.; Kokonaisvaltaista palvelua n.d.; Insta Group Oy n.d.)

Insta Automation on erikoistunut teollisuuden ja erilaisten prosessien sähköautomaation suunnitteluun, valmistukseen, asennukseen sekä ylläpitoon. Insta Automationin toiminta kattaa koko investoinnin elinkaaren esisuunnittelusta kunnossapitoon ja modernisointeihin sekä kokonaistoimituksina että erillispalveluina. (Palvelut n.d.)

## 2 TYÖKOHDDE

Opinnäytetyö tehtiin Jyllin vedenottamolle Ikaalisiin. Jyllin vedenottamo sijaitsee Koivistonharjulla. Alueella ei ole asutusta eikä liikennettä. (Pohjavesialueen suojelusuunnitelma 2001, 55–62.)

Jyllin vedenottamosta ottavat vettä useat eri vesiosuuskunnat. Vedenottomäärät vaihtelevat 170–230 m<sup>3</sup>/d välillä. Vedet johdetaan käsittelemättömänä verkostoon. Vedenottamo tuottaa vettä noin 6 barin paineella verkostoon. Osuuskunnat jakavat vettä yhteensä noin 777 vakitukselle asukkaalle ja lisäksi useille vapaa-ajan asukkaille. (Ikaalinen\_VHKS 2013, 17; Pohjavesialueen suojelusuunnitelma 2001, 55–62.)

Työ aloitettiin tutustumalla asiakkaan vanhaan järjestelmään. Kohteessa käytiin ottamassa useita valokuvia sähkökeskuksesta, toimilaitteista, moottoreiden arvokilvistä sekä tilasta, jossa laitteet sijaitsevat.

Sähkökeskuksesta ja tilasta otettiin kuvia siksi, että suunnitteluvaiheessa pystyttiin määrittelemään uuden automaatiokeskuksen koko, sijainti ja paikka. Toimilaitteiden valokuvauksen tarkoituksena oli, että suunnitteluvaiheessa voitiin selvittää, mitkä laitteet soveltuvat käytettäväksi uuden järjestelmän kanssa. Moottoreiden arvokilpien kuvauksen tarkoituksena oli se, että suunnittelu, ohjelmointi, ja testausvaiheessa parametrien asettelu onnistuu.

Asiakkaan kanssa käytiin läpi järjestelmän tämän hetkinen toiminta ja määriteltiin haluttu toiminta tulevaisuudessa. Lisäksi käytiin läpi tämän hetkiset laitteet kohteessa siksi, että suunnitteluvaiheessa pystytään selvittämään, mitkä laitteet soveltuvat käytettäväksi uuden järjestelmän kanssa.

Vanhaan järjestelmään tutustuessa huomattiin, että kaivoissa on pintakytkimet. Pintakytkimet olivat sähkömekaanisesti toimivia ja kytkinten toiminta uudessa järjestelmässä osoittautui mahdolliseksi. Muut vanhassa järjestelmässä olevat laitteet jouduttiin vaihtamaan uusiin laitteisiin.

Vanhan järjestelmän toiminta on toteutettu kahdella pumpulla. Pumppujen ohjausta vaihdetaan taajuusmuuttajan perässä olevaa pistotulppaa vaihtamalla. Taajuusmuuttajan ohjaus hoidetaan ohjauskytkimellä. Ohjauskytkimen kanssa sarjaan on kytketty kaivossa oleva pintakytkin. Taajuusmuuttajan lähtötaajuutta säädetään taajuusmuuttajassa olevan säätimen avulla.

Lähtevän veden putkessa on painekytkin, joka antaa ulos jänniteviestiä. Paineen noustessa myös jännite nousee. Taajuusmuuttajassa oleva säädin säättää taajuusmuuttajan lähtötaajuutta sitä pienemmäksi, mitä suurempi jännite painekytkimeltä tulee.

Taajuusmuuttajan ohjatessa pumppua analoginen virtamittari keskuksen ovelta näyttää pumpun käyttämän virran. Lähtevän veden putkistossa on analoginen virtausmittaus, mistä luetaan veden virtaamaa.

### 3 UUDEN JÄRJESTELMÄN TOIMINTA

Vedenottamossa on kaksi vanhaa ja yksi uusi 5,5 kW:n uppopumppu. Yksi pumppu riittää pitämään järjestelmän paineen vakiona normaalitilanteessa. Pumppu 1 ja Pumppu 2 ovat kaivossa 1 ja Pumppu 3 on kaivossa 2. Kaivot ovat rengaskaivoja. Pumppuja ohjataan vuorottelemalla siten, että Pumppu 1 käy määritellyn ajan, jonka jälkeen pumppu pysähtyy ja Pumppu 2 alkaa pumppaamaan. Pumpun 2 käytyä määritellyn ajan pumppu pysähtyy ja Pumppu 3 alkaa pumppaamaan. Pumpun 3 pumpattua määritellyn ajan pumppu pysähtyy ja kierros alkaa alusta. Mikäli jokin pumpuista on kytketty pois käytöstä tai pumpussa on häiriö, ohjelma ohittaa pumpun ja siirtyy seuraavaksi vuorossa olevaan pumppuun.

Vesilinjan lähtöputkessa on kaksi painelähetintä, joista toinen on liitettyä logiikkaan ja toinen suoraan taajuusmuuttajiin. Logiikkaan liitetty painelähetin ohjaa logiikan PID-säätimen avulla verkoston painetta asetusarvoon käsikytkimen ollessa automaattiasennossa. Taajuusmuuttajiin liitetty painelähetin ohjaa taajuusmuuttajien PID-säätimen avulla verkostopainetta asetusarvoon käsikytkimen ollessa käsikäyttö asennossa. Jokaisella pumpulla on A - 0 - K -ohjauskytkin, josta voidaan valita pumpun ohjaus joko automaatile tai käsikäytölle.

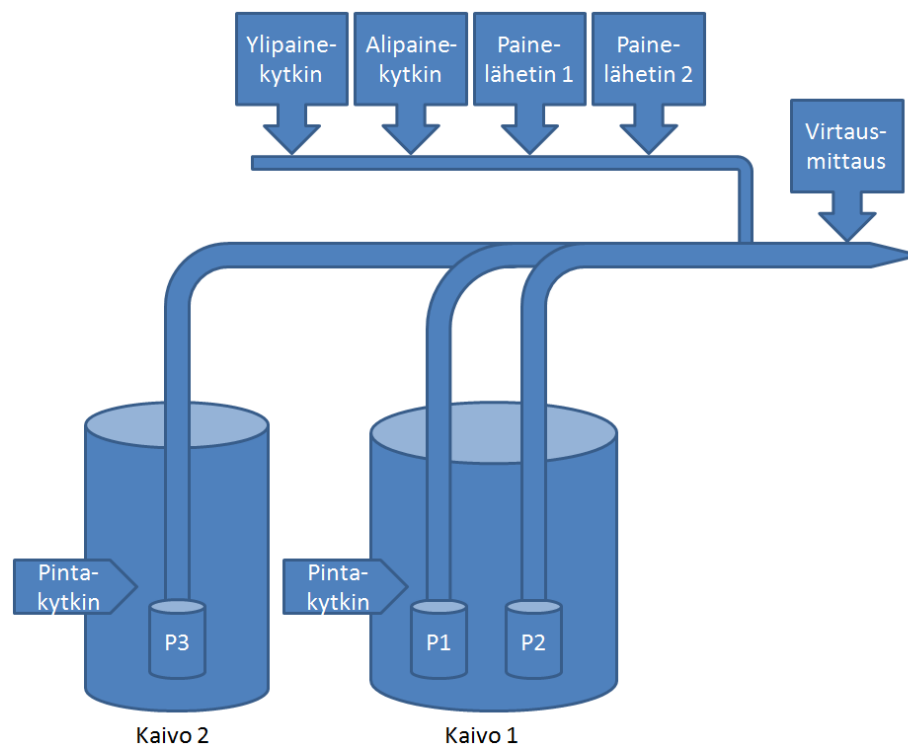
Vesilinjan lähtöputkessa on kaksi painekytkintä, ylipaine- ja alipainekytkin. Painekytkimet ohjaavat automaatiokeskuksessa olevia releitä. Mikäli putkiston lähtöpaine nousee yli asetellun arvon, ylipainekytkin toimii ja estää pumppujen käynnin kunnes paine laskee. Ylipainekytkin toimii käsikäyttö- ja automaattiasennoissa. Mikäli putkiston lähtöpaine laskee alle asetellun arvon, alipainekytkin toimii ja lähettää hälytyksen laitoksen hoitajille. Myös alipainekytkin toimii käsikäyttö- ja automaattiasennoissa.



Kummassakin vedenottamon kaivossa on pintakytkimet, jotka toimivat pohjaveden pinnankorkeuden laskiessa asetellun rajan alapuolelle. Pintakytkiminä toimivat sähkömekaaniset kytkimet. Vedenpinnan laskiessa asetellun rajan alapuolelle, kaivossa olevien pumppujen ohjaus katkaistaan sekä käsikäytöllä että automaatiolla.

Vesilinjan lähtöputkeen on asennettu virtausmittaus, jolla vedenottamon kokonaiskulutusta saadaan valvottua. Virtausmittauksen avulla pystytään järjestelmän vedenkulutuksesta keräämään tiedot hetkellisestä virtaamasta, kuluvan vuorokauden virtaamasta, edellisen vuorokauden virtaamasta sekä kokonaisvirtaamasta.

Kuviossa 1 on havainnollistettu järjestelmän rakenne. Kuvioon on sijoitettu alipaine- ja ylipaine-kytkimet, virtausmittaus sekä painelähettimet. Myös kaivoissa sijaitsevat pintakytkimet on havainnollistettu kuviossa.



Kuvio 1. Järjestelmän rakenne

Työ jakautui useisiin eri vaiheisiin ja työn tekeminen suoritettiin nopealla aikataululla. Keskeisimmät vaiheet olivat työn laajuuden määrittely, järjestelmän suunnittelu, keskuksen valmistus, ohjelman rakentaminen, järjestelmän testaaminen ja järjestelmän käyttöönotto. Suuritoisin osa-alue opinnäytetyötä tehdessä oli ohjelmiston rakentaminen.

Ohjelmiston rakentamisen aloittaminen vaati paljon opiskelua ohjelmointiohjelman käytöstä. Vaikka ohjelman perusrakenne oli työn teettäjän puolesta jo valmiiksi rakennettu, muutokset olivat suuria ohjelmassa.

Työn käyttöönotto oli työn viimeisin vaihe. Käyttöönoton yhteydessä varmistui järjestelmän toimivuus. Käyttöönottoon tuli valmistautua huolellisesti, että kaikkeen mahdolliseen oli varauduttu.

## 4 SÄHKÖ- JA AUTOMAATIO SUUNNITTELU

Suunnitelmien tarkoitus on suunnitella asiakkaan kohteesta juuri hänelle sopiva, toiveet ja tarpeet täyttävä kokonaisuus asiakkaan budjetin mukaisesti. Suunnittelulla pyritään välttämään sähkötöiden aikana tulevia lisätöitä. Suunnitelmat toteutetaan siten, että asiakkaan on helppo toteuttaa asennustyöt kohteessa. (Sähkösuunnittelu n.d.)

### 4.1 Suunnitelmien toteutus

Suunnitelmien toteutus aloitettiin selvittämällä kohteessa olevat tämänhetkiset laitteet. Suunnitelmien laajuudesta tehtiin lista, joka toimitettiin asiakkaalle siksi, että asiakas tietää, mitä dokumentteja hän tulee saamaan. Listan avulla oli myös helppo suunnitteluvaiheessa katsoa, että asiakkaalle luvatut dokumentit on tehty.

Keskuksen kokoonpanopiirustukset sekä piiri- ja johdotuskaavio suunniteltiin käyttämällä Cads-suunnitteluohjelmaa. Keskuksen luettelot suunniteltiin käyttämällä Excel-ohjelmaa.

### 4.2 I/O-luettelo

Suunnitelmien tekeminen aloitettiin määrittelemällä järjestelmän I/O-luettelo. (Taulukko 1 s. 6) I/O-luettelosta aloitettiin siksi, että tämän vaiheen jälkeen pystyttiin määrittelemään helposti logiikan koko, koska logiikan tulojen ja lähtöjen määrä on selvillä. I/O-luetteloon kerättiin tiedot logiikan kortin tiedoista, logiikkaan tulevasta symbolista sekä digitaalitulojen, digitaalilähtöjen, analogiatulojen ja analogialähtöjen osoitteista ja kuvauksista.

Taulukko 1. I/O-luettelon rakenne

Kortti 01 Symboli	ID211 Osoite	DIGITAALITULOT Seloste
P1_auto	00.00	Pumppu 1 automaattilla
P1_käy	00.01	Pumppu 1 käy
P1_häiriö	00.02	Pumppu 1 häiriö
P2_auto	00.03	Pumppu 2 automaattilla

Luettelon avulla ohjelmistosuunnitteluvaiheessa oli helppo tarkistaa liittymien numerointi ja varmistaa, että toimilaite on ohjelmallisesti rakennettu oikeaan logiikan lähtöön tai tuloon. Lisäksi I/O-luettelon avulla on helppo mahdollisten kenttälaitelisyösten yhteydessä tarkistaa vapaiden tulojen tai lähtöjen osoitteet.

### 4.3 Logiikan kokoonpano

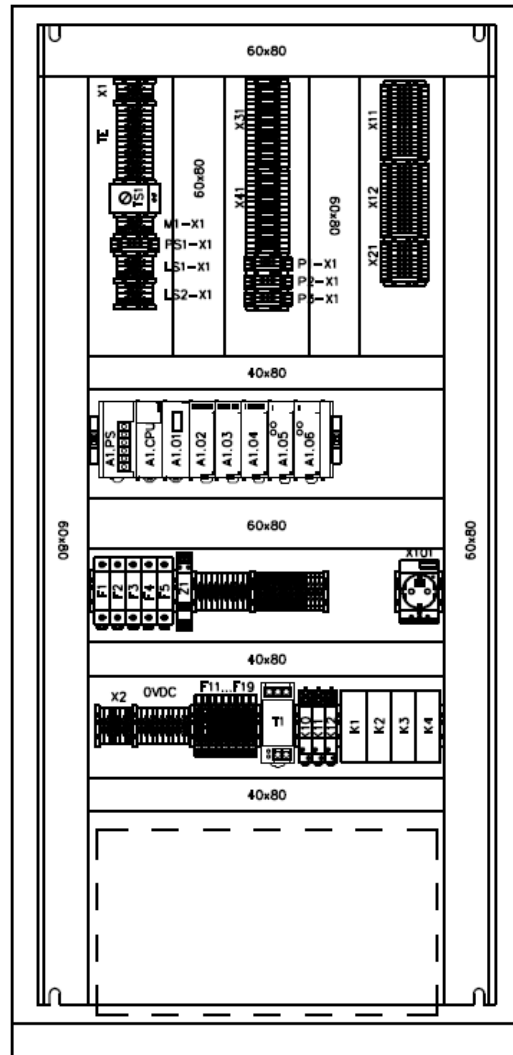
Logiikan kokoonpanon tarkoituksena on määrittellä valmistajan antamien tietojen perusteella logiikkaan tulevien komponenttien tiedot kuten numerointi, määrä ja koko. Piirustuksessa suunnitellaan logiikan kokoonpano kokonaisuutenaan siten, että pystytään näkemään, miltä logiikka tulee näyttämään.

Logiikan kokoonpano toteutettiin I/O-luettelon ja valmistajan käyttöohjeen avulla. Kokoonpanosta pystyy näkemään, paljonko eri kortteja logiikan kokoonpanossa on ja missä ne sijaitsevat.

### 4.4 Kokoonpanopiirustus

Kokoonpanopiirustuksen tarkoituksena on suunnitella mahdollisimman tarkka kuva automaatiokeskuksen rakenteesta. Piirustuksessa näkyvät keskukseen tulevat komponentit, kourut, riviliittimet sekä keskuksen mitat. Kokoonpanopiirustuksen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon mahdolliset tulevaisuudessa tulevat lisäykset järjestelmässä. Tästä syystä keskukseen on hyvä varata tyhjää tilaa reilusti.

Kuvassa 1 (s. 7) näkyy keskukseen varatut tilat. Keskuksen yläreunassa pystyyn suunniteltujen riviliittinten alle on varattu tilaa mahdollisille riviliittinlisäyksille. Riviliittinryhmien alapuolella sijaitsevan logiikan perään on jätetty laajennusvaraa mahdollisille lisäkorteille. Mikäli tulevaisuudessa tulee tarve aloittaa veden käsitteleminen ennen veden päästämistä verkostoon, logiikan I/O-määrä tulee kasvattaa kortteja lisäämällä. Logiikan alla olevaan riviin on jätetty tilaa mahdollisille sulakelisäyksille. Keskuksen alaosaan on jätetty 20 senttimetriä korkea tila, johon on varattu paikka UPS:lle. UPS:n taakse on mahdollista kuitenkin tarvittaessa asentaa tarvittavia komponentteja.



Kuva 1. Automaatiokeskuksen kokoonpano (Kuva A.Haanpää 2013)

Kokoonpanopiirustusten tekeminen aloitettiin logiikan kokoonpanosuunnittelun jälkeen, koska logiikan tarvittava kokoonpano oli tiedossa. Kokoonpanopiirustusten suunnittelussa oli tärkeää miettiä, mistä suunnasta keskuksen tuodaan kentältä tuleva johdotus. Lisäksi keskuksen sisäisten johtokourujen mitoitus oli mietittävä huolellisesti, että ulkoiset johdotukset mahtuvat tulemaan keskuksen sisälle hyvin. Olennaista oli ottaa huomioon myös keskuksen sijoitettavien komponenttien paikat siten, että erijännitteiset johdotukset saadaan kuljetettua eri kouruissa. Riviliitinten sijoittaminen oli mietittävä siten, että kytkentä on mahdollisimman käytännöllistä.

#### 4.5 Piiri- ja johdotuskaavio

Piiri- ja johdotuskaaviossa selvitetään, miten kytkennät kentällä ja automaatiokeskuksessa tulee toteuttaa. Piiri- ja johdotuskaaviot ovat yksi tärkeimpiä kuvia asennusvaiheessa. Mikäli kytkennät on piirretty väärin, tulee asentaja kytkemään ne myös kentällä todennäköisesti väärin. Piiri- ja johdotuskaavion yksityiskohtainen seuraaminen asennusvaiheessa on eh-

dottoman tärkeää. Mikäli kytkennät eivät ole kuvan mukaiset, ohjelman yhdistäminen sähköisten kytkentöjen kanssa on ongelmallista.

Piiri- ja johdotuskaavion suunnitteluvaiheessa oli tärkeää suunnitella järjestelmän toiminta siten, että pumppujen ohjaus onnistuu automaation sijasta myös käsikäyttöisesti. Käsikäyttöohjauksen suunnittelussa oli tärkeää ottaa huomioon järjestelmässä olevien turvalaitteiden toimivuus myös käsikäytöllä.

Järjestelmään haluttiin turvalaitteiksi paineakytkimet lähtevän veden putkeen sekä pintakytkimet kumpaankin vedenottamossa olevaan kaivoon. Paineakytkimet suunniteltiin siten, että paineen ollessa normaalien rajojen sisällä paineakytkimet ohjaavat releitä vetäneeksi. Mikäli järjestelmän paine menee normaalien rajojen ulkopuolelle, releen ohjaus katkeaa, ja järjestelmään tulee hälytys. Järjestelmään suunniteltujen pintakytkinten toiminta suunniteltiin siten, että vedenpinnan ollessa normaalilla korkeudella releet automaatiokeskuksessa vetävät. Jos vedenpinta laskee asetellun rajan alapuolelle, releiden ohjaus katkeaa ja kaivossa olevien pumppujen ohjaus katkeaa.

Käsikäyttöohjauksen yhteydessä toimiva painelähetin suunniteltiin kytkettäväksi suoraan taajuusmuuttajille. Kytkentä suunniteltiin siten, että ensimmäiselle taajuusmuuttajalle vietiin painelähtetimen milliampeeriviesti, josta kytkentä ketjutettiin sarjassa muille taajuusmuuttajille.

Piiri- ja johdotuskaaviota suunnitellessa oli otettava huomioon myös mahdolliset sähkökatkot. Suunnitteluvaiheessa päätettiin järjestelmään suunnitella UPS, jotta logiikka pysyy sähkökatkon tullessa käynnissä ja lähettää tiedon sähköjen katkeamisesta käyttäjälle. UPS:n nimellistehoksi valittiin 1 000 VA ja varakäyntiajaksi 7 minuuttia. UPS:lle tuli suunnitella keskukseseen myös valintakytkin, jolla pystytään katkaisemaan laitteelta lähtevä syöttö.

Koska keskukseseen sisään suunniteltu UPS sisälsi tuuletin, piti keskuksen oveen suunnitella termostaattilla ohjattava tuuletin. Termostaatti suunniteltiin keskuksen yläosaan ja tuuletin suunniteltiin keskuksen oven alareunaan. Lisäksi keskukseseen suunniteltiin yksi pistorasia, jotta ohjelman muokkauksen yhteydessä pystytään pitämään kannettavaa tietokonetta latauksessa.

Logiikkaan suunniteltiin kolme sarjaliikenneliityntää, joista yksi suunniteltiin varaukseksi mahdolliselle radioliikenneyhteydelle. Samassa yhteydessä suunniteltiin myös RS232C-johdotusten kytkennät jatkohälytysmodeemin ja logiikan välille, sekä määriteltiin logiikan päässä olevan portin numero johon liitin kytketään. Tärkeää oli suunnitella myös kosketuspaneelin ja logiikan väliin tulevan laitekaapelin portin numero logiikan päässä.

Taajuusmuuttajien ja kaivopumppujen väliin suunniteltiin EMC-suojatut turvakytkimet. Turvakytkimen ylimääräiseen sulkeutuvaan koskettimeen suunniteltiin johdotus taajuusmuuttajalle, jonka avulla suunniteltiin ohjattavan taajuusmuuttajan käynninestotuloa.

Piiri- ja johdotuskaavion suunnitteluvaihetta ennen oli tärkeää perehtyä tulevien kenttälaitteiden käyttöohjeisiin, jotta laitteiden ohjeenmukainen toiminta oli tiedossa.

#### 4.6 Osaluettelo

Osaluettelo sisältää keskuksen rakennuksessa käytettävät tarvikkeet. Osaluettelon avulla pystytään tarvikkeiden tilausvaiheessa tarkistamaan, keltä tavarantoimittajalta osat tilataan ja paljonko osia tarvitaan. Keskuksen rakennusvaiheen yhteydessä osaluettelosta pystytään tarkistamaan paljonko kuhunkin riviliitinryhmään tarvitaan riviliittäimiä. Taulukossa 2 näkyy riviliitinsulakkeiden tunnuksot, määrä, valmistaja sekä tyyppi. Lisäksi taulukossa 2 näkyy riviliitinsulakkeiden yhteydessä tarvittavat muut osat.

Taulukko 2. Osaluettelon rakenne

TUNNUS	MAARA	NIMITYS	VALMISTAJA	TYYPPI
T1	1	24VDC Teholähde	Omron	S8VS-06024
F11...F19	9	Riviliitinsulake	Phoenix	UK5-HESILED 24
	1	Yhdistyskisko	Phoenix	EBS10-8
	9	Lasiputkisulake	YE	2A

Osaluettelon toteutuksessa kerättiin keskuksen kokoonpanopiirustuksessa sekä piiri- ja johdotuskaaviossa suunnitellut tiedot yhteen siten, että kaikki rakentamiseen käytettävät tarvikkeet löytyivät yhdestä listasta. Osaluettelo suunniteltiin siten, että se on mahdollisimman helppolukuinen keskusta rakentaessa. Oli tärkeää ottaa myös huomioon, että kaikki keskuksen tulevat tarvikkeet ovat luettelossa ja niiden tarvittava lukumäärä on oikea.

#### 4.7 Kaapeliluettelo

Kaapeliluettelossa määritellään työssä käytettävät kaapelit. Kaapeliluettelo on yksinkertainen lista, jossa näkyy kaapelin tyyppi sekä se, mistä kaapeli tulee ja mihin se on menossa. Kaapeliluettelon avulla ennen asennusvaiheen aloittamista pystytään tilaamaan tarvittavia kaapeleita kohteeseen. Taulukossa 3 näkyy taajuusmuuttajien, turvakytkinten sekä pumppujen johdotukseen tarvittavat kaapelit.

Taulukko 3. Kaapeliluettelon rakenne

mistä	mihin	piirikaavio	tyyppi	pituus[m]	selite
PK	U1	238-413	MCCMK 3x6+6 S		Keskukselta taajuusmuuttajalle
U1	Q1	238-413	MCCMK 3x6+6 S		Taajuusmuuttajalta turvakytkimelle
Q1	P1	238-413	NYKYINEN		Turvakytkimeltä pumpulle
PK	U2	238-413	MCCMK 3x6+6 S		Keskukselta taajuusmuuttajalle
U2	Q2	238-413	MCCMK 3x6+6 S		Taajuusmuuttajalta turvakytkimelle
Q2	P2	238-413	NYKYINEN		Turvakytkimeltä pumpulle
PK	U3	238-413	MCCMK 3x6+6 S		Keskukselta taajuusmuuttajalle
U3	Q3	238-413	MCCMK 3x6+6 S		Taajuusmuuttajalta turvakytkimelle
Q3	P3	238-413	NYKYINEN		Turvakytkimeltä pumpulle

Kaapeliluettelon suunnitteluvaiheessa määriteltiin millaisilla kaapeilla johdotukset eri laitteille toteutetaan. Analogiamittalaitteiden kaapelointi häiriösuojatulla kaapelilla on ehdottoman tärkeää, jotta mittaustieto on mahdollisimman virheetön. Jokaiselle analogialaitteelle määriteltiin kaapeliksi Jamak, koska tässä kaapelissa on hyvät häiriösuojausominaisuudet. Digitaalitulojen ja lähtöjen kaapeliksi valittiin Nomak. Taajuusmuuttajalta lähtevät kaapelit suunniteltiin johdettavaksi MCCMK:lla, jotta häiriösuojaus on asianmukainen.

Taajuusmuuttajan ja moottorin välisen asianmukaisen kaapeloinnin häiriösuojatulla kaapelilla voi pilata väärällä muovikoteloidulla turvakytkinvalinnalla, josta häiriöt vuotavat ympäristöön. Vuotava asennus toimii radiolähtettimenä ja voi aiheuttaa ongelmia laajalla alueella. Virheet väärine laitevalintoineen ovat usein hankalia ja kalliita korjata. (Ajankohtaista sähköurakoitsijoille 2011.)

#### 4.8 Kytkentälista

Kytkentälistan avulla kerätään kaikki kytkentöihin liittyvät tiedot yhdelle dokumentille, jotta asennuksen kytkentävaihe voidaan toteuttaa listan avulla. Kytkentälistassa näkyy kentällä oleva laite sekä laitteen tuottama toiminta. Lisäksi listassa näkyy laitteen kytkettävät liittinumero, johdinten värit, johdon tunnus sekä keskuksen päässä olevien liittinten numerot.

Taulukossa 4 vasemmalla on logiikan kortin tyyppi sekä liittinumero. Ryhmä/Liitin sarakkeessa näkyy, mihin riviliitinryhmään sekä -numeroon johdotus kortin liittimiltä on toteutettu. Samasta sarakkeesta näkee mihin johdotus jatkuu. Oikeassa reunassa näkyy mikä laite on kentällä ja mitkä ovat kentällä olevan laitteen liittinumero. Lisäksi Taulukossa 4 näkyy johtimen tunnus, sekä johdinten värit sekä numerot millä kytkentä toteutetaan.

Taulukko 4. Kytkentälistan rakenne

Logiikka				Ketjutukset						Kaapeli			Kenttä		Toiminta
K-tyyppi	Paikka	Kan.	Liitin	24V	Lit.	Laitte	Lit.	Syöttö	Ryhmä/Liit.	Ketj.	Johdin	Tunnus/tyyppi	Liitin	Tunnus	
									X41						
DA041	06	1+	A3						1		1pu	JY-U1-W11	4	U1	Pumppu 1 ohjearvo
DA041	06	1-	A2						2		1si		5		
DA041	06	2+	B3						3		1pu	JY-U2-W11	4	U2	Pumppu 2 ohjearvo
DA041	06	2-	B2						4		1si		5		
DA041	06	3+	A6						5		1pu	JY-U3-W11	4	U3	Pumppu 3 ohjearvo
DA041	06	3-	A5						6		1si		5		
DA041	06	4+	B6						7						Varalla
DA041	06	4-	B5						8						

Kytkentälistaan kerättiin kaikki piiri- ja johdotuskaaviossa näkyvät laitteiden johdotukset ja kytkennät siten, että listaa on helppo lukea asennusvaiheessa.

#### 4.9 Automaation toimintaselostus

Viimeinen osuus suunnitteluvaiheessa oli automaation toimintaselostuksen tekeminen. Automaation toimintaselostuksen tarkoituksena on kertoa mahdollisimman yksityiskohtaisesti tulevan järjestelmän toiminta. Toi-

mintaselostuksen on tarkoitus antaa asiakkaalle tarkka selostus siitä, miten järjestelmä tulee toimimaan tulevaisuudessa. Automaation toimintaselostuksen pohjalta tehdään myös logiikkaan ohjelma ohjelmointivaiheessa.

Automaation toimintaselostus toteutettiin asiakkaan toiveiden perusteella, ottaen huomioon pakolliset sähköiset turvatoimet. Toimintaselostuksessa kerrottiin laitteiston kokoonpano, sekä järjestelmän toiminta käsiäajolla sekä automaattiajolla. Automaation toimintaselostus sisälsi myös keskuksen oveissa olevan kosketuspaneelin toiminnot.

## 5 JÄRJESTELMÄN LAITTEISTO

Järjestelmän laitteiston valinnat tehtiin suunnitteluvaiheessa. Tärkeintä oli valita mahdollisimman luotettavat laitteet, ettei laitteiston toiminnallisten ongelmien takia prosessi keskeydy.

### 5.1 Automaatiokeskus

Automaatiokeskus on kokonaisuus, joka sisältää logiikan, kosketuspaneelin, pumppujen ohjauskytkimet, UPS:n sekä riviliittimet kenttälaitteille lähteviä johdotuksia varten.

Automaatiokeskus valmistettiin työn teettäjän toimipisteellä sähkösuunnitelmien mukaisesti. Automaatiokeskuksen riviliittimet, johtokourut ja johdot olivat työn teettäjän yleisesti käyttämiltä valmistajilta. Automaatiokeskuksen runkona päätettiin käyttää Rittalin valmistamaa AE-kytkentäkaappia, koska kaapit toimivat haastavissa olosuhteissa.

Automaatiokeskuksen oveen asennettiin Rittalin tuuletin alas, sekä ilman-suodatin ylös. Oveen tuli jokaiselle pumpulle oma ohjauskytkin, josta voidaan valita pumppujen toiminta joko automaatiolle, käsikäytölle tai pois käytöstä. Lisäksi oveen asennettiin pääkytkin sekä UPS:n valintakytkin ja paikalliskäyttöpaneeli. Jokainen kytkin merkattiin kyltillä, joka kertoo kytkimen toiminnan. (Kuva 2 s. 12)





Kuva 2. Automaatiokeskus. (Kuva A.Haanpää 2014.)

### 5.1.1 Logiikka ja kosketuspaneeli

Automaatiokeskukseen valittiin Omronin valmistama CJ2-sarjan logiikka, koska logiikkaan saa liitettyä tarpeeksi sarjaliikenneportteja. Omronin CJ2-sarjan logiikassa on tarpeeksi muistialueita käytettävissä, ja asiakas halusi myös jättää varauksen tulevaisuudessa liittyä Ikaalisten kaupungin veden verkkoon pienillä kustannuksilla. Omronin tuotteisiin päädyttiin, koska Ikaalisten veden automaatiojärjestelmä on toteutettu Omronilla.

Automaatiokeskuksen oveen sijoitettavaksi kosketuspaneeliksi varattiin Omronin CJ2-sarjan logiikan kanssa yhteensopiva NB5Q-sarjan kosketuspaneeli. Tämän paneelin käyttöliittymän rakentaminen on yksinkertaista ja paneelin resoluutio on sopivan tarkka kohteeseen nähden.

### 5.1.2 GSM-modeemi

GSM-modeemiksi valittiin Klinkmanin maahantuoma Clinterion TC35i-merkkinen modeemi. Tähän modeemiin päädyttiin koska laite kommunikoi hyvin Omronin logiikkaohjelmaan tehdyn ohjelman kanssa. Yhdistäminen Omronin logiikkaan onnistuu sarjaliikenneportin kautta. GSM-modeemi tarvitsee keskuksen katolle asennettavan antennin, joka tilattiin erikseen.

### 5.2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttaja on laite, joka säätelee portaattomasti moottorin pyörimisnopeutta ja momenttia. Taajuusmuuttajia käyttämällä säästetään runsaasti energiaa, koska niillä pystytään säätämään moottorinpyörimisnopeutta ja näin ohjata koneeseen syötettävää tehoa. (Mikä taajuusmuuttaja on? 2008.)

Taajuusmuuttajiksi valittiin Vaconin NXS-taajuusmuuttajat (Kuva 3) asiakkaan toivomuksesta, koska taajuusmuuttajien tekninen puhelintuki on suomenkielinen ja käyttöohjeet ovat yksinkertaiset. Työn teettäjällä oli valmiiksi runsaasti kokemusta myös Vaconin taajuusmuuttajien kanssa toimimisesta.



Kuva 3. Vacon NXS-taajuusmuuttaja. (Kuva A.Haanpää 2014.)

### 5.3 Painelähettimet

Painelähetintä käytetään painevaihtelujen mittaukseen. Anturissa paineen muutos aiheuttaa muutoksen verrannollisen siirtymän. Siirtymä mitataan resistanssin, induktanssin ja kapasitanssin muutoksena. (Yleistä painelähettimistä n.d.)

Painelähettimiksi valittiin Danfossin MBS-painelähettimet (Kuva 4 s. 14), jotka on tarkoitettu käytettäväksi yleislähettiminä. Painelähettimien mitta-alueeksi valittiin 0–10 baria, koska mitta-alue on riittävä tähän kohteeseen. Painelähettimiin valittiin lähtösignaalin tyypiksi 4–20 milliampeeria.

Lähtösignaalin tyyppin valintaan vaikutti se, että logiikan analogiatulokortti toimii tällä alueella.

Työ sisälsi kaksi painelähetintä, toinen käsikäyttöajoon ja toinen automaattiajoon. Painelähettimien avulla mitataan veden painetta verkostossa, josta tiedot lähetetään taajuusmuuttajille ja logiikkaan.



Kuva 4. Danfoss MBS painelähettimet. (Kuva A.Haanpää 2014)

### 5.4 Painekeytkimet

Painekeytkin on sähkömekaaninen säädin, joka säätelee ilman tai nesteen painetta annetun painealueen puitteissa. (Painekeytkintemme teknologia n.d.)

Painekeytkimiksi valittiin Danfossin valmistamat RT-painekeytkimet (Kuva 5 s. 15), jotka toimivat alueella 0–10 baria. Kytkimiin päädyttiin, koska kytkinten hinta oli työn tilaajan budjettiin sopiva, sekä laitteiden toiminta prosessissa on erinomaista.

Työ sisälsi kaksi painekeytkintä, toinen tarkoitettu alipainekeytkimeksi ja toinen ylipainekeytkimeksi. Käyttöäön yhteydessä kytkimet asetettiin toimimaan tietyssä paineessa. Kytkimet ohjaavat automaatiokeskukseen asennettuja releitä, joilta tiedot kerätään tarvittaviin paikkoihin.



Kuva 5. Danfoss painekytkimet. (Kuva A.Haanpää 2014)

### 5.5 Virtausmittaus

Magneettinen virtausmittaus soveltuu aineille, jotka johtavat sähköä. Mittaus tapahtuu siten, että putken ylä- ja alapuolelle asennetut sähkömagneetit synnyttävät väliinsä magneettikentän. Kun sähköä johtava aine virtaa putkessa leikatun syntyneen magneettikentän, syntyy jännite. Tämä jännite mitataan putken kummallekin puolelle asennetuilla elektrodeilla. Mitä suurempi tilavuusvirtaus, sitä suurempi jännite putkessa syntyy. Ilmiö, johon mittaus perustuu, on nimeltään sähkömagneettinen induktio. (Magneettinen tilavuusvirtausmittaus n.d.)

Virtausmittaukseksi valittiin Siemensin MAGFLO sähkömagneettinen virtausmittari. Tähän virtausmittauslaitteeseen päädyttiin, koska laitteen tiedetään toimivan hyvin vastaavissa prosesseissa. Lisäksi virtausmittauksen vahvistimesta oli käytännöllistä asetella parametrit siten, että asiakkaan tarpeet virtaustiedoista saadaan tuotua logiikkaan.

Virtausmittaus haluttiin prosessiin siksi, että vedenkulutusta saadaan mitattua. Tietojen kerääminen vedenottamoilla on lain määrittelemää. Lisäksi virtausmittauksella saadaan valvottua mahdollisia vuotoja putkistossa.

Kuvassa 6 (s. 16) näkyy virtausmittaus toimintakunnossa. Virtausmittaus aseteltiin näyttämään hetkellistä virtausta sekä virtauksen kokonaismäärää.



Kuva 6. Virtausmittaus (Kuva A.Haapää 2014)

## 6 AUTOMAATIOKESKUKSEN RAKENTAMINEN

Keskuksen rakentaminen aloitettiin, kun suunnitteluvaiheessa tilatut osat olivat saapuneet. Rakennusvaiheessa toteutettiin suunnitteluvaiheessa suunniteltu automaatiokeskus täysin kuvien mukaisesti.

### 6.1 Tarvikkeiden kerääminen

Rakentaminen aloitettiin tarkistamalla tilattujen tarvikkeiden täsmävyys lähetyslistaan siten, että jokainen tarvike laskettiin ja varmistettiin, että tarvikkeita on tullut sama määrä kuin on tilattu. Toimitettujen tarvikkeiden täsmävyys lähetyslistan kanssa on tärkeää tarkistaa, koska mikäli tavarantoimittaja on lähettänyt eri määrän tuotteita kuin lähetyslistassa on ilmoitettu, on asiasta reklamoitava välittömästi tavarantoimittajalle.

Keskukseen tarvittavat tarvikkeet kerättiin yhteen kohtaan siten, että rakennusvaiheessa on helppo ottaa tarvittavat tarvikkeet osalistan mukaisesti. Tarvikkeiden etukäteinen kerääminen tiettyyn paikkaan parantaa työn nopeaa toteutusta kootessa keskusta.

### 6.2 Kokoaminen

Kokoaminen pystyttiin aloittamaan tarvikkeiden keräämisen jälkeen. Rakennusvaihe aloitettiin asettamalla keskuksen pohjalevyyn johtokourut keskuksen kokoonpanokuvan mukaisesti. Tässä vaiheessa oli tärkeää varmistaa, että kokoonpanopiirustus on tehty oikeassa mittakaavassa ja mitat johtokourujen välillä ovat oikein.

Seuraava vaihe kokoamisessa oli kiinnittää johtokourujen väliin suunnitellut komponentit oikeille paikoille kokoonpanopiirustuksen mukaisesti. Tärkeää oli varmistaa, että jokaiselle komponentille ja riviliittimelle jää tarvittava kytkentätila.

Kun keskukseseen oli saatu kokoonpanopiirustuksen mukaiset komponentit ja riviliitimet paikoilleen, voitiin keskuksen riviliitinryhmien eteen asettaa ryhmämerkinnät. Ryhmämerkinnät asetettiin kokoonpanopiirustukseen tehtyjen merkintöjen perusteella. Ryhmämerkintöjen asettamisen jälkeen laitettiin jokaiselle riviliittimelle oma riviliitinmerkintä osaluettelon osoittamalla tavalla.

Kun kaikki riviliitinryhmät ja riviliitimet oli saatu merkattua, pystyttiin aloittamaan piiri- ja johdotuskaavion mukainen johdotus. Johdotus toteutettiin työn teettäjän määrittelemillä johdinväreillä ja johdinpaksuuksilla. Tärkeä osuus johdotusvaiheessa oli merkata jokainen vedetty johdin kuvaan, että jokainen johdotus tulee varmasti tehtyä kuvien mukaisesti.

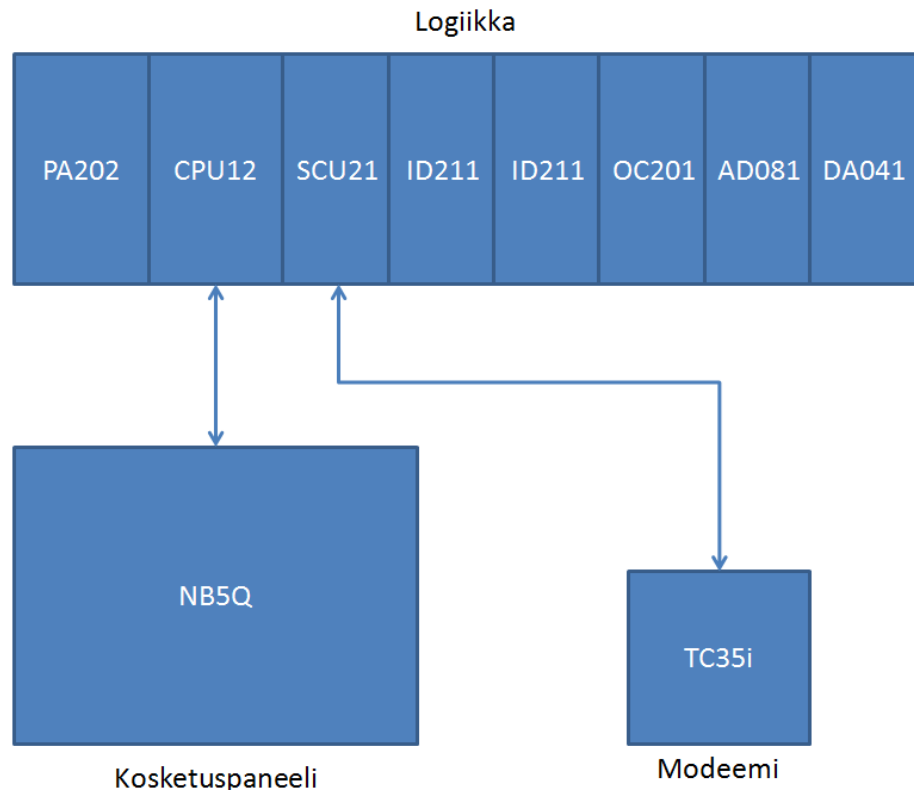
Keskuksesta poistettiin ovi hetkellisesti, jotta keskuksen oveen tuleville laitteille pystyttiin tekemään aukot. Oven aukottamisen jälkeen laitteet kiinnitettiin oveen ja johdotettiin pohjalevyyn. Kuvan 7 vasemmassa reunassa johdotukset ovat odottamassa kytkentää keskuksen oven laitteille.



Kuva 7. Automaatiokeskuksen johdotus. (Kuva A.Haanpää 2013.)

Kun oveen oli asennettu myös kosketuspaneeli, voitiin sarjaliikennekytkennät logiikan ja kosketuspaneelin välillä toteuttaa. Samassa yhteydessä yhdistettiin myös logiikka ja modeemi sarjaliikennekaapelilla yhteen. Yhdistäminen toteutettiin kuvion 2 (s. 18) mukaisella tavalla. Kuvioista 2 näkee, että kommunikointi sarjaliikenteen kautta tapahtuu kumpaankin suuntaan.





Kuvio 2. RS232 kytkennät

### 6.3 Testaaminen

Keskuksen kokoamisen jälkeen keskukselle tehtiin eristysresistanssimittaus sekä suojamaadoituksen jatkuvuusmittaus. Mittaukset suoritettiin Fluken asennustestausmittarilla.

Eristysresistanssimittauksen yhteydessä oli tärkeää ottaa huomioon, mitkä komponentit keskuksen sisällä kestävät eristysresistanssimittarin syöttävän jännitteen. Logiikka sekä 24 V:n laitteet kytkettiin irti mittauksen ajaksi. Eristysresistanssi mitattiin yhdistämällä keskuksen vaihe- ja nollajohdin, jonka jälkeen 500 voltin jännite syötettiin vaiheen ja suojamaan välille. Eristysresistanssin tulee olla yli 0,5 megaohmia, jotta mittaus on hyväksytty.

Suojamaadoituksen jatkuvuusmittauksessa yhdistettiin asennustestausmittarin toinen mittapäätä suojamaadoituskiskoon. Toisella mittapäällä kierrettiin kaikki keskuksen maadoitettuna olevat osat ja tarkistettiin, että suojamaadoituksen jatkuvuus on kunnossa ja vastus maadoituskiskon ja maadoitettujen osien välillä on tarpeeksi pieni.

Asennuksen eristysresistanssimittauksella varmistetaan, että jännitteiset osat ovat riittävästi eristettyjä maasta. Eristysresistanssi on mitattava kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä. Eristysresistanssimittaus tulisi tehdä ennen muita mittauksia, jotta esimerkiksi jatkuvuusmittauksia tehtäessä on selvillä, ettei nolla- ja suojajohtimia ole kytkettynä yhteen missään asennuksen osassa. (Harsia 2005)

Mittausten jälkeen keskus pystyttiin kytkemään turvallisesti sähköverkkoon. Kytkevävaiheessa ilmeni, että jokin laite keskuksen sisällä ennen sulakkeita on oikosulussa. Keskusta syöttävän johdon sulake testausalueella ei pysynyt ylhäällä. (Kuva 8)



Kuva 8. Automaatiokeskuksen testaaminen. (Kuva A.Haanpää 2013)

Vianetsinnän jälkeen ilmeni, että tavarantoimittaja oli toimittanut vahingossa väärällä jännitteellä toimivan ylijännitesuojan, joka ei kestänyt 230 V:n jännitettä. Ylijännitesuoja tuli vaihtaa uuteen, jonka jälkeen testausalueen sulake pysyi ylhäällä ja keskuksen sähköisten toimintojen testaus pystyttiin aloittamaan.

Sähköisessä toiminnantestauksessa testattiin, että kaikki keskuksessa olevat komponentit ovat ehjiä ja ne ovat johdotettu oikein. Keskukseseen tehtiin I/O-testi, jossa testattiin logiikalta johdotukset riviliittimille ja varmistettiin, että kaikki on kytketty kuvien mukaisesti.

Tarvittavien testausten jälkeen keskuksesta täytettiin tarkastuspöytäkirja, joka arkistoitettiin, ja kopio pöytäkirjasta toimitettiin asiakkaalle. Keskuksen oven sisäpuolelle asetettiin kilpi, josta näkyvät keskuksen tiedot. Tietojen avulla pystytään selvittämään, mistä keskuksesta on kyse ja koska testaukset on tehty.



## 7 OHJELMAN RAKENTAMINEN

Ennen ohjelman rakentamisen aloittamista oli tärkeää tutustua yleisesti ohjelmoitaviin logiikoihin. Ohjelmoitavien logiikoiden toiminnan sekä muistialueiden ymmärrys oli saatava hyväksi.

Ohjelmiston rakentamiseen käytettiin Omronin CX-Programmer-ohjelmaa. Ohjelman perehdytys annettiin työn teettäjän puolesta ja lisäksi ohjelman valmistajan yksityiskohtaiset ohjeet olivat keskeisessä osassa ohjelmaan perehtymisessä ja ohjelmakoodin rakentamisessa. Työn tekijällä ei ollut ohjelmasta aikaisempia kokemuksia, joten ohjelmaan perehtyminen piti tehdä huolellisesti.

Ohjelman itsenäinen opiskelu alkoi tutustumalla laitevalmistajan ohjelmoinnin peruskoulutusaineistoon. Kun ymmärrys logiikan toiminnoista oli selvillä, vanhaa logiikkaohjelmaa alettiin simuloimaan ja tutustuttiin kaikkiin vaihtoehtoihin ja lukituksiin, joita ohjelmassa oli.

### 7.1 Tutustuminen ohjelmoitaviin logiikoihin

Ohjelmoitavat logiikat ovat yhdellä tai useammalla mikroprosessorilla varustettuja elektronisia laitteita, jotka ohjaavat prosessin laitteita logiikoiden tulojen ja lähtöjen tai väylien kautta niiden muistissa olevien ohjelmien ja parametrien perusteella. Mikäli ohjauksia halutaan muuttaa, käy se helposti sovellusohjelmaa muuttamalla. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Erilaisten tulo-, lähtö- ja väyläyksiköiden kautta logiikat voidaan liittää erityyppisiin ja -suuruisiin prosessisignaaleihin. Signaalit ovat pääsääntöisesti binäärisiä kaksitilaohjauksia, mutta myös analogisia standardiviestejä ja pulssijonoja käytetään. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Ohjelmoitavan logiikan ideana on toteuttaa ohjaukset logiikan sovellusohjelmaan sekä prosessitietoihin perustuen. Tätä varten tarvitaan tuloliitännät prosessitietojen lukemiseen, lähtöliitännät prosessin ohjauksiin, sekä muisteja ohjelmaa ja muuttujia varten. Muistit jaotellaankin karkeasti ohjelmamuistiin ja muuttujamuisteihin. Sovellusohjelma käyttää muuttujamuu- tipaikkoja arvojen lukemista ja kirjoittamista varten. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Ohjelmoitavan logiikan sisäisiä toimintoja ohjaavat mikroprosessori sekä käyttöjärjestelmä. Ne huolehtivat myös viestiliikenteestä logiikan ja oheis- sekä ohjelmointilaitteiden välillä. Suurissa logiikoissa käytetään useampia prosessoreita, joiden kesken tehtävät on jaettu. Näin saadaan laajojenkin ohjausten toiminta nopeaksi. Käyttöjärjestelmä on logiikassa valmiina tallennettuna ROM-muistiin. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Sovellusohjelma määrää logiikan tehtävät prosessissa ja se talletetaan ohjelmamuistiin, joka yleensä on paristovarmennettua RAM-muistia. Sovel-

lusohjelman pituutta rajoittaa mm. käytössä olevan ohjelmamuistin koko. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Lisäksi logiikoissa on erilaisia muuttujamuistialueita. Muuttujamuistialueita ovat tulot ja lähdöt, ohjelmassa käytettävät apumuistit, mittaustietojen tallennusalueet sekä tiedonsiirtoalueet. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Binääristen tuloyksiköiden tehtävänä on sovittaa ulkoinen signaali logiikan sisäiseen signaalitasoon, joka usein on 5VDC. Lähtöyksiköt ohjaavat lähtöä vastaavan sisäisen muistipaikan tilan perusteella lähdössä olevaa kosketinta tai puolijohdekytkintä. Yleensä tulo- ja lähtöyksiköt sisältävät optoerottimen turvallisuuden parantamiseksi ja häiriövaikutusten pienentämiseksi. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Analogiset yksiköt sisältävät datamuuntimet analogisen signaalin muuntamiseksi digitaaliseksi tai päinvastoin. Tyypillinen datamuuntimen bittimäärä on 12, jolloin tietty standardiviesti, esim. 4–10 mA, voidaan jakaa logiikassa n. 4 000 tasoon. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Nykyiset ohjelmoitavat logiikat toimivat syklisellä ohjelmankäsittelyperiaatteella, jossa ohjelmakierto eli sykli koostuu tietyistä rutiineista. Tyypillisesti yhden syklin aikana tehdään seuraavat rutiinit. Tutkitaan CPU:n ja oheislaitteiden tilaa, suoritetaan sovellusohjelma rivi riviltä sekä päivitetään tulot ja lähdöt sekä sarjaliikenneportit. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Syklistä voidaan poiketa mm. keskeytystapahtumilla. Myös tulojen luku ja lähtöjen kirjoitus kesken sovellusohjelman suorituksen on mahdollista. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Ohjelmointi tehdään normaalisti tietokoneeseen asennettavalla ohjelmointiohjelmistolla. Ohjelmointiin on luotu standardi, IEC 1131-3, mutta vain harvat ohjelmistot sitä täydellisesti noudattavat. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

Tyypillisiä ohjelmointimuotoja ovat tikapuu- eli relekaavio, logiikkakaavio tai käskylista, toimilohko-ohjelmointi sekä lausemuotoinen strukturoitu teksti. CX-Programmer-ohjelmistolla ohjaukset tehdään tyypillisesti relekaaviomuodossa. Toimilohkoja voi luoda myös strukturoitu teksti -muodossa. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

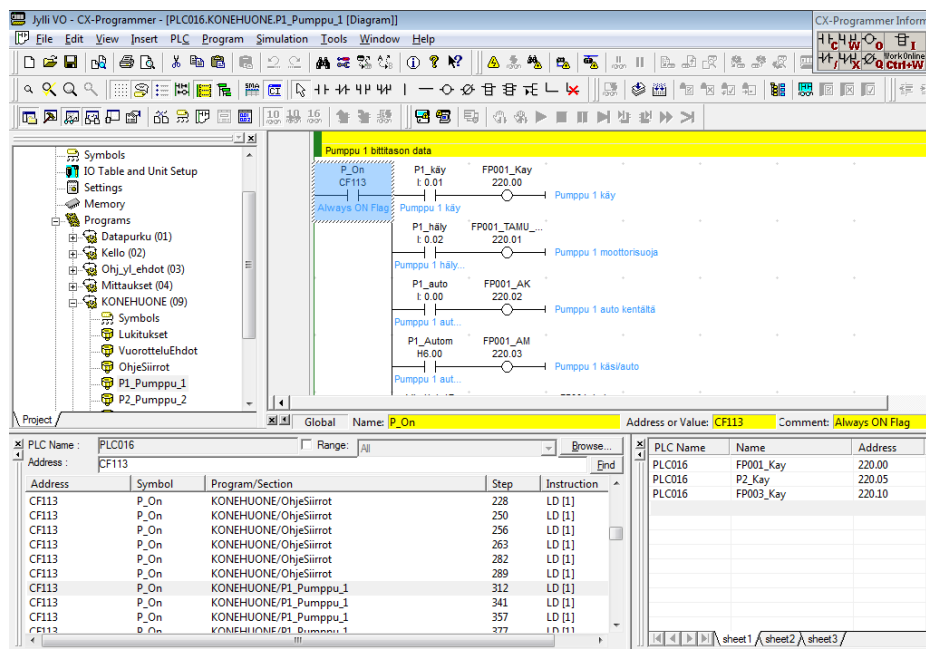
Ohjelma voidaan kirjoittaa ilman logiikkaa. Ohjelma luodaan ja talletetaan. Testausta varten tarvitaan yleensä ohjelmoitava logiikka, joka kytkeään ohjelmointiohjelmiston sisältävään tietokoneeseen esimerkiksi usb-liittymän kautta. Seuraavaksi muodostetaan yhteys logiikan ja tietokoneen välille, ja ladataan sovellusohjelma logiikkaan ja suoritetaan testaus. Ohjelmointiohjelmistoissa on erityyppisiä monitorointimahdollisuuksia logiikan muistien tilojen seuraamiseksi tai ohjaamiseksi. Vaihtoehtoisesti on myös mahdollista testata ohjelman toimintaa tietokoneessa pyörivässä simulointiohjelmistossa. (CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus n.d.)

## 7.2 Toteutus

Ohjelman tullessa tutuksi, aloitettiin pieni ohjelman muokkaaminen ja testaaminen. Kun tärkeimpien porttien, muistialueiden ja lohkojen ymmärrys oli hyvä, pystyttiin siirtymään varsinaisen ohjelman rakentamiseen.

Ohjelmiston rakentamisen alkuvaiheissa, poistettiin tarpeettomat tiedot vanhasta ohjelmasta, jotta uuden ohjelman rakentamisessa ei tulisi ongelmia. Ohjelman symbolitaulu muokattiin siten, että se vastasi suunnittelu-vaiheessa tehtyä I/O-taulukkoa logiikan tulojen ja lähtöjen suhteen.

Logiikkaohjelmaan rakennettiin jokaisen kolmen pumpun ohjaukselle oma sivu, jossa moottorien ohjauksia käsiteltiin. (Kuva 9) Jokaisesta sivusta tehtiin lähes identtinen, ottaen huomioon eri lukitukset pumppujen ohjauksissa. Pumppujen lukituksista tehtiin erilaiset, koska pumput sijaitsevat eri kaivoissa. Pumppujen lukituksia oli mm. pumppujen kuivakäynti, ylipainekeytkin, moottorinsuoja sekä muutamat ohjelman edellyttämät rajat.



Kuva 9. Logiikan ohjelmointi. (Kuva A.Haanpää 2013)

Logiikkaan tulevien analogiaviestien käsittely hoidettiin valmiilla toimilohkoilla, jotka löytyvät työn teettäjältä. Toimilohkojen tarkoituksena on käsitellä analogiaviesti yhden lohkon sisällä siten, että viestin arvot saadaan skaalattua haluttuun muotoon. Lisäksi samassa lohkoissa pystytään asettelemaan halutun analogiaviestin alarajahälytys, ylärajahälytys sekä hälytysviive.

Logiikan PID-säädin toteutettiin ohjelmaan vanhan ohjelmassa olevan säätimen pohjalta. Säätimeen tuli asettaa parametrit, jotta säädin toimii halutulla tavalla. P-termi määriteltiin siten, että säätimen ulostuloon saatiin haluttu ero suure. I-termi määriteltiin siten, että säätimen integrointiaika oli sopiva prosessiin nähden. Lisäksi ohjelma edellytti säätimen ala- ja ylärajan asetelut, joka rajoittaa aluetta, millä säädin toimii. Säätimeen oli tärkeää asettaa myös T-termi, joka määrää, kuinka usein ohjelmassa oleva

säädin ottaa näytteitä erosuureesta. Parametrien avulla säädin saatiin toimimaan siten, että säätimen ulostulo antoi suoraan halutun arvon taajuusmuuttajien säätämiseen tarvittavalla taajuudella.

Ohjelma saatiin PID-säätimen avulla säätämään taajuusmuuttajia reaaliaikaisesti oikealla taajuudella antamalla logiikan analogialähdöstä milliampeeri viestiä taajuusmuuttajalle. Ohjelma rakennettiin siten, että ohjelman ollessa automaattiajolla, taajuusmuuttajien taajuus säätyy itsenäisesti PID-säätimen avulla jatkuvasti siten, että paine pysyy asetusarvossa.

## 8 KÄYTTÖLIITTYMÄN RAKENTAMINEN

Automaatiokeskukseen haluttiin toteuttaa yksinkertainen kosketuspaneelista ohjattava graafinen käyttöliittymä, jonka avulla pystytään hallinnoimaan keskeisimpiä alueita logiikan ohjelmassa. Käyttöliittymän tarkoituksena oli myös näyttää mahdolliset hälytykset vikatilanteiden sattuessa.

### 8.1 Tutustuminen käyttöliittymiin

Käyttöliittymällä tarkoitetaan sitä käyttöjärjestelmän, ohjelman tai laitteen osaa, jonka avulla käyttäjä syöttää ja vastaanottaa tietoa. Merkkipohjainen käyttöliittymä näyttää tekstiä, ja siinä komennot annetaan useimmiten näppäimistöltä komentoriville. Graafisessa käyttöliittymässä toiminnot suoritetaan sen sijaan esimerkiksi hiirellä painikkeita, kuvakkeita ja valikoita painamalla ja siirtelemällä. (Käyttöjärjestelmä ja käyttöliittymä n.d.)

Useimpia käyttöjärjestelmiä voidaan halutessa käyttää myös merkkipohjaisen käyttöliittymän kautta. Tällöin komennot annetaan näppäimistön kautta joko käskyinä tai ohjaamalla käyttöliittymän valikkoja, vierityspalkkeja ym. rakenteita näppäimistöstä löytyvien nuolinäppäinten tms. avulla. Merkkipohjaisen käyttöliittymän käyttö ei eroa kovinkaan paljon esimerkiksi hiirellä ohjattavasta, graafisesta käyttöliittymästä. (Käyttöjärjestelmä ja käyttöliittymä n.d.)

Useimmissa käyttöjärjestelmissä pääasiallinen käyttöliittymä on graafinen, eli järjestelmän käyttö perustuu käskyjen kirjoittamisen sijaan graafisten objektien hallintaan esimerkiksi hiiren tai sormen avulla. Yleensä graafisten käyttöliittymien perusidea on varsin samanlainen, joten tuntemalla esimerkiksi Windowsin käyttöliittymän, voidaan todennäköisesti käyttää myös muita vastaavia käyttöliittymiä. (Käyttöjärjestelmä ja käyttöliittymä n.d.)

### 8.2 Käyttöliittymän suunnittelu

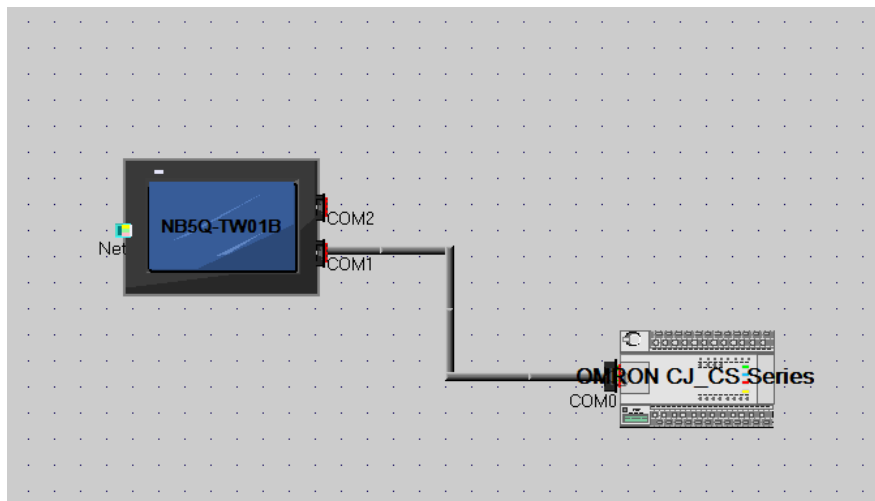
Käyttöliittymän rakentaminen aloitettiin suunnittelemalla tarvittavat toiminnot kosketuspaneeliin. Tarvittavista toiminnoista kerättiin lista, jonka jälkeen aloitettiin suunnittelemaan toimintojen sijoittamista kosketuspaneeliin. Kosketuspaneeliin päätettiin rakentaa isoja painonappeja, joista pääsee eri sivuille, mistä pystyy tekemään valintoja liittyen järjestelmän ohjaukseen.

### 8.3 Ohjelmaan tutustuminen

Kun käyttöliittymän rakenne oli saatu suunniteltua, aloitettiin käyttöliittymän rakennusohjelmaan tutustuminen. Tutustuminen suoritettiin tutkivalta aikaisempia vastaavia käyttöliittymiä. Ohjelma osoittautui yksinkertaiseksi, ja käyttöliittymän rakentaminen pystyttiin aloittamaan ohjelmaan tutustumisen jälkeen.

### 8.4 Ohjelman rakentaminen

Ohjelman rakentaminen aloitettiin määrittelemällä kosketuspaneelin sekä logiikan tiedot ohjelmaan. Lisäksi kosketuspaneelin ja logiikan välille aseteltiin yhteys, ja yhteystyypiksi valittiin RS232C. Tässä vaiheessa oli tärkeää kytkeä ohjelmallisesti kaapeli oikeisiin portteihin kosketuspaneelilla sekä logiikalla. (Kuva 10)



Kuva 10. Kosketuspaneelin ja logiikan määrittely. (Kuva A.Haapää 2013)

Kosketuspaneelin valinnan jälkeen voitiin aloittaa paneeliin sopivan ohjelman rakentaminen. Tärkeää oli aloittaa ohjelman graafinen toteutus määrittelemällä jokaiselle käyttöliittymän sivulle yhtenäinen ulkoasu. Ulkoasuksi valittiin sininen liukuväritausta valkoisilla palkeilla ylä- ja alareunassa. Jokaiselle sivulle haluttiin laittaa näkyviin päivämäärä ja kellon-aika, sekä pikavalintavalikko, josta on helppo siirtyä keskeisiin valintoihin.

Kosketuspaneelin oletusnäkyvään haluttiin asettaa napit joilla pääsee jokaisen pumpun hallinnointiin, asetuksiin sekä hälytystietoihin. Oletusnäkyvään rakennettiin suuret napit, joita painamalla aukeaa uusi sivu josta pystyy hallinnoimaan valittua kohdetta. Lisäksi kosketuspaneelin oletusnäkyvään haluttiin sijoittaa vielä painemittauksen sekä virtausmittauksen tiedot, jotta tietojen seuraaminen pysyy yksinkertaisena. (Kuva 11 s. 25)



Kuva 11. Kosketuspaneelin oletusnäkyvä. (Kuva A.Haanpää 2013)

Jokaisen pumpun ohjaussivusta tehtiin samanlainen. Tähän ratkaisuun päädyttiin, että käyttöliittymästä saatiin mahdollisimman helppokäyttöinen ja selkeä. Pumppujen ohjaussivulle laitettiin tieto pumpun käymisestä sekä tieto taajuusmuuttajan lähtötaajuudesta. Lisäksi pumpun ohjaussivulle haluttiin asettaa valinta, josta pystytään valitsemaan, ohjataanko pumppua käsiajolla vai automaattijolla. Käsiajolla ajettaessa myös taajuusohjeen valinta haluttiin lisätä pumpun ohjaussivulle. Pumpun vikailmoitus sekä vian kuittaus haluttiin vielä kerätä samalle sivulle. Näin ohjaussivusta saatiin toimiva kokonaisuus pumppujen hallinnassa. (Kuva 12)



Kuva 12. Pumpun ohjaus sivu. (Kuva A.Haanpää 2013)

Asetukset sivulle laitettiin valinta, josta lähteviä tekstiviestihälytyksiä pystyy valitsemaan. Tämä ominaisuus oli tärkeää laittoa, koska jos jokin laite lähettää jatkuvasti tekstiviestin, näistä valinnoista pystyy ottamaan sen pois. Samalle sivulle päätettiin asettaa hälytyksen vastaanottajan puhelinnumeron asettelu. (Kuva 13 s. 26)



Kuva 13. Tekstiviestihälytysten asetukset. (Kuva A.Haanpää 2013)

Lisäksi kosketuspaneelin käyttöliittymään rakennettiin vielä painemittaus-  
ten sekä virtausmittauksen rajojen asetukset. Tarvittaessa näistä asetuksista  
käyttäjä pystyy valitsemaan paineen ylä- ja alarajahälytyksen sekä virtauk-  
sen suurimman sallitun määrän vuorokaudessa. Samoihin asetuksiin sijoit-  
ettiin myös paineen asetusarvon määrittely.

Kosketuspaneeliin laitettiin vielä murtohälytysjärjestelmän asetusten hal-  
linnointi, sekä pumppujen käyntiaikojen tarkkailu. Myös pumppujen lisä-  
asetuksien, kuten vuorotteluajan hallinnointi lisättiin paneeliin.

Kun kosketuspaneelin käyttöliittymä oli saatu rakennettua toimivaksi, pys-  
tyttiin siirtymään testaamaan ohjelmaa käytännössä. Käyttöliittymään jou-  
duttiin tekemään testauksen yhteydessä vielä muutamia muutoksia, jotka  
helpottivat käytännössä järjestelmän hallinnointia.

## 9 OHJELMAN TESTAUS

Ohjelman testaus aloitettiin, kun logiikkaohjelma oli rakennettu tekstivies-  
tihälytyksiä vaille valmiiksi. Testaus suoritettiin siinä vaiheessa, koska  
asentajan tuli päästä asentamaan laitteistoa kohteeseen. Testausta varten  
taajuusmuuttajat tuli parametroida sekä kytkeä toimintaan.

### 9.1 Valmistelu

Testausvaihetta edelsi valmistelu, jossa kytkettiin automaatiokeskus toi-  
mintaan siten, että järjestelmä pystyi kommunikoimaan kolmen taajuus-  
muuttajan kanssa. Taajuusmuuttajiin kytkettiin kiinni moottorit, että testa-  
us pystytään toteuttamaan todenmukaisesti. Painemittauksen ja virtausmit-  
tauksen tilalle asetettiin milliampeerilähtimet, joilla pystyttiin simu-  
loiman analogiatuloja. Lisäksi keskukseen kytkettiin murtohälyttimen kyt-

kimet ja lattiavesivahti. Keskus valmisteltiin lähes samaan kuntoon kuin se kohteessa tulee olemaan.

### 9.2 Testaus

Kun valmisteluosuus oli saatu tehtyä, järjestelmä kytkettiin kokonaan sähköverkkoon. Taajuusmuuttajiin asetettiin parametrit vastaamaan todellista tilannetta. Käyttöönoton yhteydessä vältyttiin parametrien asettelulta, koska ne aseteltiin jo testausvaiheessa. Logiikkaan ja kosketuspaneeliin ladattiin ohjelma, ja ohjelmat määriteltiin kommunikoimaan keskenään sarjaliikenneportin välityksellä.

Taajuusmuuttajan PID-säätäjän parametreissa piti määritellä lähtöpaineen asetusarvo, integrointi-aika, vahvistus ja rajat, jolla säädin toimii. Lisäksi taajuusmuuttajaan piti asettaa pumppujen arvokilpien tiedot, moottorin nimellisjännite, nimellisvirta, pyörimisnopeus ja hyötysuhde. Parametrien asettelu Vaconin taajuusmuuttajalle oli tehty helpoksi selkeälukuisen ohjekirjan ansiosta.

Seuraavaksi alettiin testaamaan logiikkaan rakennetun ohjelman toimivuutta. Ennen testauksen aloittamista tuli kuitenkin kytkeä kaivoihin tarkoitettujen pintakytkinten tilalle ohitus, jotta järjestelmä luuli pintakytkinten toimivan oikein. Testaus aloitettiin ohjaamalla pumppuja käsikäyttöisesti kosketuspaneelin kautta. Pumppujen käsikäyttöisen ohjauksen jälkeen aloitettiin PID-säätimen parametrien virittäminen.

Milliampeerilähtimellä simuloitiin painetta ja tarkastettiin, säätääkö logiikan analogialähtö taajuusmuuttajan taajuutta paineen mukaan. Paineen noustessa yli asetusarvon, logiikan tulisi ohjata pumppuja pienemmällä taajuudella ja paineen pudotessa alle asetusarvon pumppujen tulisi pyöriä suuremmalla taajuudella.

Logiikan säätäessä paineen oikein pystyttiin aloittamaan vuorottelun testaaminen. Pumppujen vuorotteluajaksi asetettiin viisi minuuttia, jonka jälkeen vuorottelu asetettiin päälle. Pumppujen vuorottelun toimivuutta tarkkailtiin, kunnes todettiin vuorottelun toimivan.

Vuorottelun toimiessa oikein aloitettiin testaamaan mahdollisia vikatilanteita. Mikäli ensimmäinen pumppu pumppauksen yhteydessä vikaantuu, tulee ohjelman automaattisesti vaihtaa pumppausvuoro seuraavalle pumpulle. Ensimmäisen pumpun ollessa pumppausvuorossa, pumppu ajettiin ohjelman avulla vikatilaan, jolloin pumppausvuoro vaihtui tarkoituksen mukaisesti. Pumpun ajautuessa vikatilaan, myös kosketuspaneeliin ilmestyi hälytystieto pumpun vikaantumisesta.

## 10 TEKSTIVIESTITIHÄLYTYKSET

Tekstiviestihälytysten tarkoituksena on lähettää käyttäjälle tekstiviesti vikatilanteen sattuessa. Tekstiviestihälytykset toteutettiin Klinkmanin valmistamaa GSM-modeemia käyttämällä.



Tekstiviestihälytyksien yhdistäminen olemassa olevaan logiikkaohjelmaan tapahtui siten, että valmis GSM-modeemin kanssa kommunikoiava ohjelma siirrettiin logiikkaohjelmaan, ja muistialueille kirjoitettiin lähtevien tekstiviestien sisällöt. Tekstiviestihälytykset toteutettiin logiikan E0-muistialueella.

Tekstiviestihälytysten rakentamiseen toi lisähaastetta se, että logiikka ohjelman viittaukset muistialueille olivat epäsuoria, jonka takia järjestelmän toiminnan toteaminen oli haastavaa.

### 10.1 Ohjelman rakenne

Ohjelma sisältää eri prioriteettiluokan hälytyksiä, eli viestin lähetysjärjestys pystytään määrittelemään. Työssä kaikki hälytykset olivat prioriteetti-luokassa A. Prioriteettiluokkia ei haluttu näin pienessä prosessissa jaotella eri luokkiin.

Ohjelmassa pystytään määrittelemään myös työaika, vapaa-aika ja arkipyhät, joiden perusteella tekstiviestin vastaanottaja määräytyy. Työssä lukittiin ohjelma siten, että työaika on aina päällä, joten hälytyksen vastaanottajan numero ei muutu. Näin saatiin ohjattua tekstiviestit lähtemään jokaisena vuorokauden aikana päivästä riippumatta.

Vastaanottajan puhelinnumeron määrittely toteutettiin kosketuspaneelilta siten, että paneelille syötetty numero lähetetään logiikan muistialueelle, josta järjestelmä lukee numeron ja lähettää hälytyksen tähän numeroon.

### 10.2 Ongelmatilanteet

Viesti ei lähtenyt modeemilta ulos. Ohjelmassa oli lukittu työaika päälle, MOV-käskyllä, josta syystä yksi sana oli päällä. Sana sisälsi muitakin kommentoja kuin työajan päällä pitämisen, joten ohjelma meni sekaisin ja tekstiviesti ei lähtenyt. Vaihtamalla MOV-komennon tilalle SET-komennon, pystyttiin ohjaamaan vain yhtä bittiä kerrallaan. MOV-komennolla pystytään siirtämään logiikassa oleva sana muistialueelta toiselle. SET-komennolla pystytään ohjaamaan yksittäisiä bittejä päälle tai pois.

Ennen käyttöönottoa testattiin vielä kertaalleen ohjelman toimivuutta logiikan ja kosketuspaneelin kautta. Ilmeni, että tekstiviestien lähetys ei onnistu. Laajan vianetsinnän jälkeen selvisi, että gsm-modeemissa oleva antenni on kohdassa, missä kentän voimakkuus on huono. Antennin paikkaa vaihtamalla saatiin järjestelmä toimimaan. (Kuva 14 s. 29)



Kuva 14. Tekstiviestihälytysten testaus. (Kuva A.Haanpää 2014)

## 11 KÄYTTÖÖNOTTO

Automaatiojärjestelmän toteutusvaihe päättyy usein järjestelmän käyttöönottamiseen. Tarkoituksena on saattaa järjestelmä lopulliseen toimintakuntoon ja testata kaikki mahdolliset vikatilanteet, joita järjestelmän toiminnassa saattaa ilmetä. Käyttöönotossa on tärkeää saattaa järjestelmä siihen kuntoon, että se toimii varmasti.

Käyttöönotossa käyttöönotettiin vedenottamo, joka pitää verkoston painetta yllä. Käyttöönoton yhteydessä ei järjestelmää pystytty sammuttamaan missään vaiheessa, ettei alueen asukkaiden vedensaanti katkeaisi.

### 11.1 Valmistautuminen

Käyttöönottoon tuli valmistautua huolellisesti. Ajankohta sovittiin hyvissä ajoin etukäteen ja tarkat suunnitelmat käyttöönoton kulusta ilmoitettiin mukana olevalle asentajalle. Kaikkiin mahdollisiin vikatilanteisiin varauduttiin miettimällä etukäteen käyttöönotossa tulevat ongelmat.

Asentajan kanssa sovittiin, että yksi järjestelmän kolmesta pumpusta jätetään toimintaan vanhan järjestelmän kautta, ja kun kaksi uutta pumpua on saatu käännettyä uuteen järjestelmään, voidaan viimeinen pumpu ottaa irti vanhasta järjestelmästä ja kääntää uuteen järjestelmään.

### 11.2 Toteutus

Käyttöönoton toteutus aloitettiin asentamalla logiikka, kosketuspaneeli sekä gsm-modeemi kiinni automaatiokeskukseen. Seuraavaksi tarkastettiin, että taajuusmuuttajien parametrit ovat pysyneet siinä, mihin testausvaiheen yhteydessä ne oli asetettu.

### 11.2.1 Käsiäjo

Uusi järjestelmä käännettiin sähköihin ja vanha pumppu pumppasi samalla putkistoon painetta. Ensimmäinen pumppu käännettiin automaatiokeskukseen kytkimestä käsiäjoasentoon, jonka jälkeen vanha pumppu pysäytettiin hetkellisesti ja tarkistettiin pysykö verkoston paine asetusarvossa. Paine verkostossa nousi 0,4 baria, joka tarkoitti, että taajuusmuuttajan pidättimen asetusarvo oli hieman turhan korkea. Asetusarvon turhan korkea arvo johtui huolimattomasta asetusarvon asettelusta järjestelmään. Asetusarvon säätämisen jälkeen verkoston paine saatiin asetettua pysymään halutussa arvossa.

Seuraavaksi oli tärkeää testata järjestelmään suunniteltujen ylipaine- ja alipainekeytkinten toiminta. Järjestelmän ylipainekeytkin säädettiin toimimaan lähes samassa paineessa kuin verkoston paine. Verkoston painetta nostettiin hieman, jolloin ylipainekeytkin toimi, ja pumppujen toiminta pysähtyi hetkellisesti. Alipainekeytkin testattiin samalla tavalla, kytkin säädettiin lähes samaan kuin verkoston paine ja verkoston painetta laskettiin hetkellisesti hieman. Alipainekeytkimen tarkoituksena ei ole katkaista pumppujen pumppaamista, vaan antaa hälytystieto logiikkaan. Kummatkin kytkimet saatiin toimintaan, jonka jälkeen kytkimet aseteltiin arvoihin, joissa niiden tulee olla tulevaisuudessakin.

Kun järjestelmässä olevien kahden ensimmäisen taajuusmuuttajan käsiäjon toimivuus oli testattu, myös kolmas pumppu, joka toimi vanhalla järjestelmällä, pystyttiin kääntämään uuteen järjestelmään. Tässä vaiheessa oli tärkeää olla varma siitä, että uudet pumppujen ohjaukset toimivat varmasti oikein, koska vanhan toimivan pumpun kytkennät käännettäisiin uuteen järjestelmään. Mikäli uudet ohjaukset eivät olisi toimineet, ei järjestelmän painetta olisi saatu pidettyä millään vakiona.

### 11.2.2 Automaattiajo

Järjestelmän kaikkien pumppujen toimiessa käsiäjolla oikein, alettiin testaamaan järjestelmän toimintaa automaatiolla. Automaation toiminnan testaamisessa aloitettiin testaamalla toimiiko logiikan ohjelmaan rakennettu PID-säädin oikein.

Säätimen testauksen yhteydessä todettiin, että säätimeen tuleva painetieto on oikein ja säätimeen kosketuspaneelilta syötettävä paineen asetusarvo on oikein, mutta säädin ei laske paineen asetusarvon ja putkiston paineen eroa. Tästä syystä järjestelmä ei osannut säätää painetta oikeaksi automaatiolla.

Logiikkaohjelman tutkimisen jälkeen ilmeni, että logiikan muistialueelle syötetyt PID-säätimen parametrit olivat poistuneet. Muistialueelle täytyi syöttää parametrit uudelleen ja parametrien poistumisen estämiseksi, ohjelmaan tuli pakottaa MOV-käskyllä parametrit päälle.

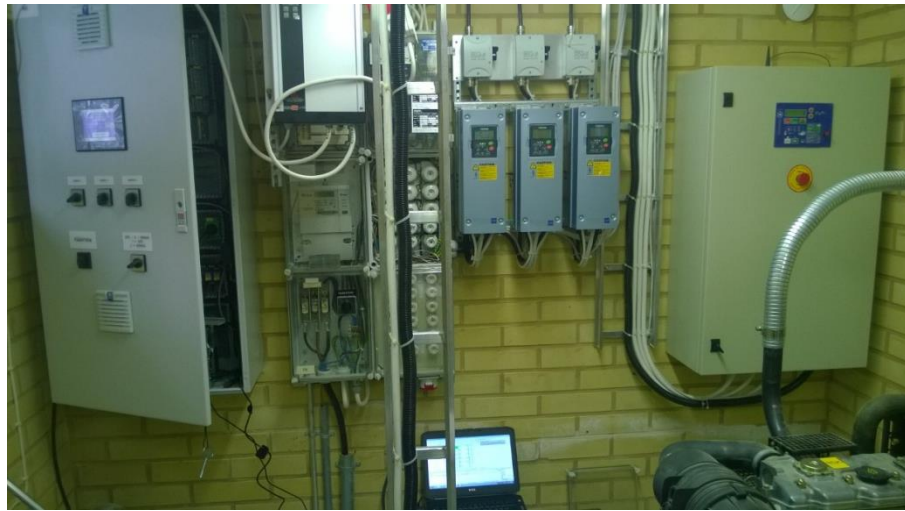
PID-säädin testattiin uudelleen, jonka jälkeen säädin toimi moitteettomasti. Ohjelma osasi laskea paine-eron asetusarvon ja putkiston paineen välillä siten, että pumppujen taajuusmuuttajia ohjattiin tietyllä taajuudella.

Painesäädön toiminta testattiin jokaisella pumpulla samassa yhteydessä kun pumppujen ohjauksen vuorottelua testattiin. Pumppujen vuorotteluajaksi asetettiin ohjelmasta viisi minuuttia, jotta pumppujen vuorottelun toimivuus tulisi varmasti testattua.

Automaatiokeskuksen ovesta olevasta kosketuspaneelistä tarkistettiin, että painemittauksen ja virtausmittauksen tiedot on skaalattu näytölle näyttämään todellista arvoa. Tietojen oikeellisuus on tärkeää, koska vedenottamon henkilökunta tarkkailee paneelista näitä arvoja.

Tietojen oikeellisuuden, vuorottelun ja painesäädön toimimisen jälkeen oli aika tarkistaa tekstiviestihälytysten toimivuus. Modeemin kentän voimakkuus tarkistettiin tietokoneen avulla. Tekstiviestihälytysten lähetys asetettiin kosketuspaneelistä päälle, jonka jälkeen ohjelmaan asetettiin vikoja tietokoneen avulla. Tekstiviestit lähtivät halutulla tavalla ja viestin kuittaaminen tekstiviestillä saatiin toimimaan hyvin.

Kuvassa 15 järjestelmä on saatu käyttöönotettua. Jokaisen pumpun ohjaus toimii käsiajolla sekä automaattiajolla



Kuva 15. Järjestelmän käyttöönotto. (Kuva A.Haanpää 2014.)

### 11.3 Onnistuminen

Automaatiojärjestelmän käyttöönotto oli toteutettu onnistuneesti ja järjestelmä toimii nyt täysin itsenäisesti. Vikatilanteen sattuessa vedenottamon henkilökunnalle tulevan tekstiviestin lähetys toimii, mikäli matkapuhelinoperaattorilla ei ole ongelmia.

Kahdessa osassa hoidettu käyttöönotto oli loistava valinta kohteeseen. Tällä tavalla pystyttiin varmistamaan vedenjakelualueen vedensaanti käyttöönoton vikatilanteen sattuessa. Kahdessa osassa hoidettuna onnistuttiin käyttöönottamaan pumppaamo täysin päiväaikana, jolloin vedenkulutus

oli normaali. Alueen asukkaille ei aiheutunut tällä tavalla mitään ongelmia vedensaannin suhteen koko käyttöönoton aikana.

## 12 KÄYTTÖOHJEEN RAKENTAMINEN

Kun järjestelmä oli saatu käyttöönotettua, tuli järjestelmälle rakentaa käyttöohje. Käyttöohjeen tarkoituksena on helpottaa järjestelmän käyttäjää toimimaan järjestelmän kanssa.

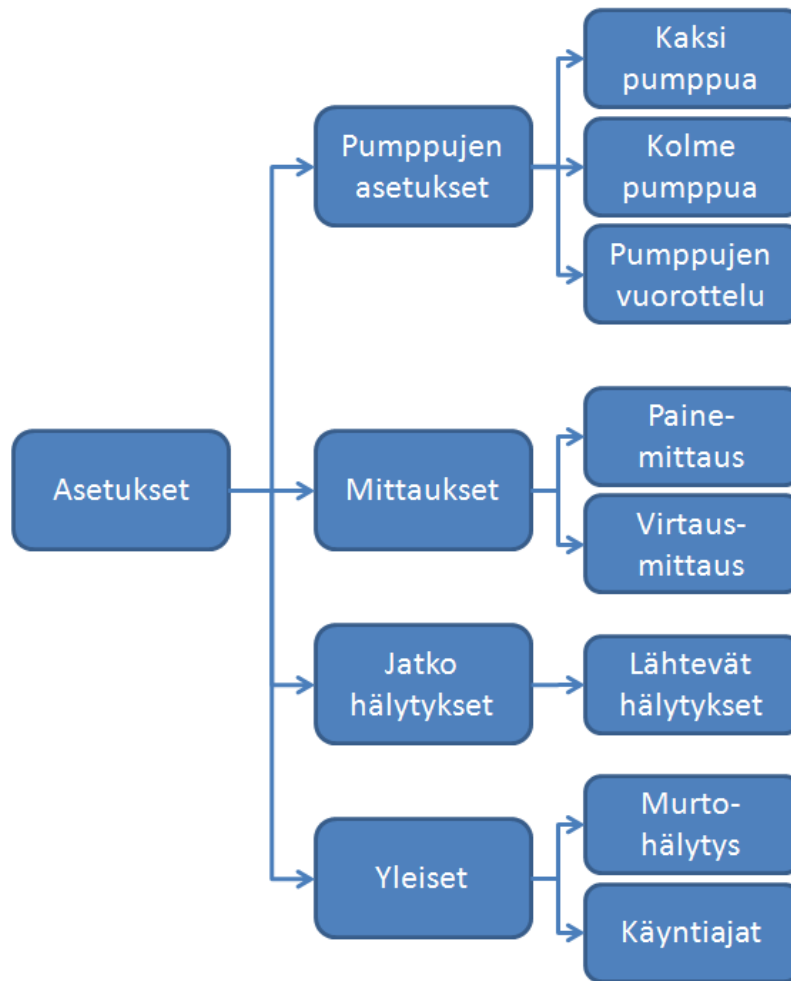
Käyttöohjeen sisältö keskitettiin käsittelemään automaatiokeskusta ja sen toimintojen ohjaamista kytkinten sekä kosketuspaneelin avulla. Käyttöohje rakennettiin työn teettäjän valmiille käyttöohjeeseen tarkoitettulle pohjalle. Käyttöohjeen liittäminen työn liitteisiin ei ollut mahdollista salassapitoon liittyvien syiden takia.

Käyttöohje jaettiin kolmeen pääotsikkoon. Otsikot olivat Yleistä, Keskuk-  
sen kytkimet sekä Kosketuspaneeli. Jokaisen pääotsikon alle tehtiin useita  
alaotsikoita, jotta tarvittavan tiedon etsiminen sisällysluettelon avulla on  
mahdollisimman yksinkertaista. Käyttöohjeen sisällöstä pyrittiin tekemään  
mahdollisimman informatiivinen sekä selkeästi luettava.

Käyttäjän tekemät mahdolliset virheet pyrittiin keräämään käyttöohjeeseen  
siten, että niiden löytäminen tekstin seasta on helppoa. Laitteen käyttöön  
liittyvät kokemattomuudesta johtuvat ongelmat merkattiin automaatiokes-  
kuksen käyttöohjeeseen lihavoidulla fontilla toimintoon liittyvän alaotsi-  
kon alapuolelle.

Tekstiviestihälytyksien asetusten muuttamisesta kosketuspaneelin kautta  
tuli tehdä tarkat ohjeet. Puhelinnumeron syöttäminen kosketuspaneelistä  
selostettiin kuvia apuna käyttäen. Lisäksi lähtevien hälytysten määrittelys-  
sä ilmoitettiin graafisten painikkeiden symbolien merkitys.

Jokaiseen toimintoon pääsemiselle tehtiin tarkat ohjeet. Joidenkin asetus-  
ten muokkaukseen pääsemiseen saattaa olla monen sivun takana, joten jo-  
kaiseen kohteeseen pääsemiseen tehtiin kartta. Kuviossa 3 (s. 33) näkyy  
kartta, jonka avulla näkee mihin Asetukset sivulta on mahdollista päästä.



Kuvio 3. Asetukset sivun kartta

## 13 POHDINTA

Työ onnistui kokonaisuutenaan hyvin ja aikataulun mukaisesti. Työn tekeminen koko projektin ajan oli järjestelmällistä ja suunnitellun aikataulun mukaista. Käyttöönoton ajankohtaa jouduttiin siirtämään myöhäisempään ajankohtaan, että aikataulut käyttöönotossa tarvittavien henkilöiden kanssa täsmäsivät.

Suunnitteluvaiheessa tehdyt kuvat onnistuivat hyvin, ja työn tilaajalta tuli kiitosta hyvin tehdyistä suunnitelmista. Käyttöönoton jälkeen sähkökuviin lisättiin vielä muutamia laitteiden liitinnumeroita, joita ei ollut tiedossa suunnitteluvaiheen yhteydessä.

Keskuksen kokoaminen onnistui hyvin, ja keskuksen kokoamiseen määriteltä aikataulu oli määritelty oikein. Kokoamisvaiheen yhteydessä olisi pitänyt tarkistaa tarkemmin keskuksen asennettavat komponentit, koska tavarantoimittajan oli toimittanut väärällä jännitteellä toimivan ylijännitesuojan.

Ohjelmointivaihe tuotti suurimmat haasteet työssä. Vähäiset ennakkokemukset logiikkaohjelmoinnista sekä ohjelmointityökaluista vaikeuttivat

vaiheen aloittamista. Kun ohjelmoinnin keskeisimpien piirien toiminnan alkoi ymmärtämään ohjelmointi muuttui mielenkiintoiseksi. Kymmenien työtuntien jälkeen ohjelman tekeminen oli vieläkin mukavan haastavaa ja inspiroivaa.

Tekstiviestiohjelman yhdistäminen valmiiksi tehtyyn logiikkaohjelmaan tuotti ongelmia, koska osa tekstiviestiohjelman muistialueista oli samaa, jota varsinaisessa logiikkaohjelmassa oli käytetty. Pienillä muutoksilla ohjelman muistialueet saatiin kuitenkin järjestettyä uudelleen.

Käyttöönoton yhteydessä ainoa ongelma ilmeni PID-säätimen parametrien tyhjentymisen suhteen. PID-säätimen parametrit kuitenkin oli kirjoitettu ylös, joten ei tarvinnut kuin syöttää parametrit uudelleen. Parametrien tyhjentymisen tulevaisuudessa estettiin logiikkaohjelman avulla.

Mikäli työ ei olisi ollut näin laaja, niin valmista tekstiviestihälytysten hallinnointiohjelmalla olisi ollut mielenkiintoista kehittää. Ohjelma vaikutti hieman kankealta hallinnoida, eikä tekstiviestien lähetys useaan eri numeroon onnistu samanaikaisesti.

Raportin tekeminen työstä onnistui hyvin, koska kuvia oli otettu työstä jatkuvasti. Myös työn tekemisen ohessa raporttia varten tehdyt muistiinpanot auttoivat huomattavasti raportin kirjoittamista.

Keskeisimmät riskit rajoittuivat aikataulun venymiseen sekä käyttöönottos-  
sa ilmeneviin ongelmiin. Käyttöönottoon liittyvät ongelmat olivat vakavia, koska ohjelmiston ollessa viallinen, voisi vedensaanti alueen asukkailta katketa.

Puhelinkentän voimakkuus vedenottamolla ei ollut varmuudella tiedossa, joten riskinä oli, että käyttöönoton yhteydessä tekstiviestejä ei saadakaan lähtemään käyttäjän puhelimeen. Puhelinkentän voimakkuus ilmeni kuitenkin hyväksi käyttöönnotossa tehdyssä testauksessa.

Käyttöönoton yhteydessä tulevat vakavat riskit pystyttiin estämään siten, että järjestelmä päätettiin ottaa käyttöön kaksivaiheisesti. Tällaisella menetelmällä eliminoitiin riski siitä, että vedenjakelualueen asukkaat ei saa vetä käyttöönoton epäonnistuessa.

Työssä oli tarkoituksena kehittää työn tekijän kokemusta projektin hoitamisesta kokonaisuutena, sekä parantaa ymmärrystä työn laajuudesta. Ohjelmointikokemuksen kehittäminen sekä ohjelman ymmärtäminen oli keskeisessä osassa opinnäytetyön tarkoitusta. Tarkoituksena oli myös, että työn tekijä hallitsee tulevaisuudessa logiikkaohjelman rakentamiseen tarvittavat taidot sekä osaa muokata olemassa olevaa ohjelmaa. Lisäksi työn tekijän tulee opinnäytetyön valmistumisen jälkeen hallita käyttöönottoon liittyvät toimenpiteet, sekä järjestelmän käytönopastus asiakkaalle.

## LÄHTEET

- Ajankohtaista sähköurakoitsijoille. 2011. Viitattu 27.2.2014.  
<http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Sahko-ja-hissit/Ajankohtaista-sahkourakoitsijoille2/>
- CX-Programmer-ohjelmointi peruskoulutus. n.d. pdf-tiedosto. Viitattu 3.3.2014.
- Harsia, P. 2005. Eristysresistanssimittaus. Viitattu 3.3.2014.  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133739307/1134133840901.html>
- Ikaalinen\_VHKS. 2013, 17. Viitattu 23.3.2014.  
[http://www.ikaalistenvesi.fi/infoliitteet/Ikaalinen\\_VHKS.pdf](http://www.ikaalistenvesi.fi/infoliitteet/Ikaalinen_VHKS.pdf)
- Insta Group Oy. n.d. Viitattu 11.3.2014. [www.insta.fi](http://www.insta.fi)
- Johtavaa automaatio-osaamista. n.d. Viitattu 11.3.2014.  
[www.insta.fi/automation](http://www.insta.fi/automation)
- Kokonaisvaltaista palvelua. n.d. Viitattu 11.3.2014.  
[www.insta.fi/automation](http://www.insta.fi/automation)
- Käyttöjärjestelmä ja käyttöliittymä. n.d. Viitattu 26.2.2014.  
<http://blogs.helsinki.fi/tvt-ajokortti/1-tietokoneen-kayton-perusteet/1-1-tietokoneen-toimintaperiaate/kayttojarjestelma-ja-kayttoliittyma/>
- Magneettinen tilavuusvirtausmittaus. n.d. Viitattu 25.2.2014.  
<http://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-lf/MITTAUS/MAGNEETTINEN/magnvirtausm.htm>
- Mikä taajuusmuuttaja on? 23.6.2008. Viitattu 24.2.2014.  
<http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx>
- Painekytintemme teknologia. n.d. Viitattu 25.2.2014.  
<http://www.danfoss.com/Finland/BusinessAreas/IndustrialControls/Tuuteinformaatio/Pressure+Switches.htm>
- Palvelut. n.d. Viitattu 11.3.2014. [www.insta.fi/automation/palvelut](http://www.insta.fi/automation/palvelut)
- Pohjavesialueen suojeleusuunnitelma. 2001, 55-62. Viitattu 23.3.2014.  
<http://ikaalinen-fi-bin.aldone.fi/@Bin/0ee74c989a4e1251b4872febe3ae0c28/1395583371/application/pdf/50482/Pohjavesialueiden%20suojeleusuunn%20%20sivut28-94.pdf>
- Sähkösuunnittelu. n.d. Viitattu 24.2.2014. <http://www.tk-sahkoteknikka.fi/sahkosuunnittelu/>



## Vedenottamon automatisointi

---

Vedenottamo. n.d. Viitattu 1.12.2013.  
<http://www.sakyla.fi/fi/ymparisto/ymparistonsuojelu/vesihuollon-valvonta/vedenottamo>

Vesilaitostekniikka ja hygienia. Helsinki: Vesilaitosyhdistys, 2012.

Yleistä painelähttimistä. n.d. Viitattu 25.2.2014.  
[http://util.oem.se/pdf/Yleista\\_painelahettimista.pdf](http://util.oem.se/pdf/Yleista_painelahettimista.pdf)

