

Jukka Holmi

# RAAKA-AINEMITTAUSJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

2014

# RAAKA-AINEMITTAUSJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI

Holmi, Jukka  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2014  
Ohjaaja: Asmala, Hannu  
Sivumäärä: 52  
Liitteitä: 5

Asiasanat: saatettu mikroaaltotutka, pinnankorkeuden mittaus, ohjelmoitava logiikka, web-palvelin, käyttöliittymä

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli modernisoida SeaPack Oy -pakkaustarviketehtaan siilojen raaka-ainemittausjärjestelmä. Työn tilaajana toimiva SeaPack Oy valmistaa muovikasseja sekä erilaisia muovikalvotuotteita ja se on osa Pyroll konsernia.

Tavoitteena oli luoda selainpohjainen käyttöliittymä, joka mahdollistaisi raaka-ainekulutuksen seurannan tehtaan tietoliikenneverkkoon liitettyjen tietokoneiden avulla. Lisäksi työhön kuului saatetulla mikroaaltotekniikalla toimivan mittalaitteen käyttöönoton sekä liittäminen uuteen järjestelmään.

Raportissa käydään läpi mikroaaltotutkan käyttöönoton sekä ohjausjärjestelmän ja siinä ajettavan selainpohjaisen käyttöliittymän toteuttaminen siemensin S7-1200 -sarjan ohjelmoitavaa logiikkaa hyödyntäen.

Teoriaosassa esitetään lyhyesti sähkömekaanisen pinnankorkeuden mittalaitteen sekä saatetun mikroaaltotutkan toimintaperiaate. Ohjausjärjestelmään liittyen esitetään sen fyysinen ja ohjelmallinen rakenne sekä kerrotaan selainpohjaisen käyttöliittymän luomisprosessissa hyödynnetyistä web –teknologioista.

Käytännön tuloksena esitetään syntynyt web -käyttöliittymä ja kerrotaan sen ominaisuuksista, suorituskyvystä sekä siitä, kuinka hyvin se soveltuu etäkäytön tarpeisiin.

## MODERNIZATION OF SILO LEVEL MEASUREMENT SYSTEM

Holmi, Jukka

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Technology

May 2014

Supervisor: Asmala, Hannu

Number of pages: 52

Appendices: 5

Keywords: guided wave radar, level measurement, programmable logic controller, web-server, user interface

---

The purpose of this thesis was to modernize level measurement system used for storage silos of plastic granules. The thesis was made for company called SeaPack Oy that operates under Pyroll group. The company is mainly focused on manufacturing plastic bags and a different kind of plastic sheet products.

Aim was to create a web based user interface that would allow monitoring of the raw material usage through company's network. It also included commissioning of a new sensor called guided wave radar that replaced the old weigh and cable based sensor used in first storage silo.

The report explains how the guided wave radar was installed and commissioned and how the new control system and its web based user interface were created by utilizing Siemens S7-1200- programmable logic controller and its web-server function.

The theoretical part of the report explains the working principle behind the existing weigh & cable based level sensor and the guided wave radar as well as the physical and software related architecture of the new control system. It also explains what technologies were used to build the web based user interface.

The practical results of this thesis shows, how the new user interface succeeded and how well it suited for the needs of remote monitoring and controlling.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PINNANKORKEUDEN MITTAUS .....	7
2.1	Tehtaan siilot.....	7
2.2	Sähkömekaaninen pinnankorkeuden mittalaite .....	8
2.3	Saatettu mikroaaltotutka .....	10
2.3.1	Vegaflex 82 .....	10
2.3.2	Asennus ja käyttöönotto .....	12
3	OHJAUSJÄRJESTELMÄ.....	15
3.1	Vaatimusten määrittely .....	15
3.2	Fyysinen rakenne .....	16
3.2.1	Keskusyksikkö .....	16
3.2.2	Signaalimoduulit .....	17
3.2.3	HMI -paneeli .....	17
3.2.4	Hajautettu I/O .....	17
3.3	Tiedonsiirtotekniikka .....	18
4	PLC OHJELMA .....	20
4.1	Ohjelma-arkkitehtuuri.....	20
4.2	Globaalit muuttujat sekä tiedostorakenteet.....	21
4.3	Mittalaitteiden toimilohkot .....	23
4.3.1	Pulssilaskuri .....	23
4.3.2	Mikroaaltotutka .....	28
4.4	Siilojen alarajatiedot .....	31
5	WEB -KÄYTTÖLIITTYMÄ.....	33
5.1	Yleistä .....	33
5.2	Hyödynnetyt web -teknologiat.....	34
5.2.1	AWP .....	34
5.2.2	Javascript.....	36
5.2.3	AJAX .....	37
5.2.4	JQuery .....	37
5.2.5	HTML 5.....	38
5.3	Editorit .....	38
5.4	Sivujen merkistökoodaus.....	38
5.5	Muuttujien automaattinen päivittäminen .....	39
5.6	Valmis käyttöliittymä .....	43
5.6.1	Etusivu.....	44
5.6.2	Siilokohtaiset sivut.....	46
5.6.3	Ominaisuudet .....	48

6 YHTEENVETO .....	49
LÄHTEET .....	51
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli modernisoida Merikarvialla sijaitsevan SeaPack Oy:n raaka-ainegranaattisiilojen mittausjärjestelmä. Tarkoituksena oli hankkia tarkemmat mittalaitteet pääraaka-ainesiilojen pinnankorkeuden mittaamisen sekä luoda järjestelmä, joka mahdollistaisi raaka-aineiden kulutuksen seurannan tehtaan tietoliikenneverkon yli.

Uudet sekä jo olemassa olevat pinnankorkeutta mittaavat laitteet kytkettäisiin syntyvään järjestelmään ja näiden ohjausta ja seurantaa varten luotaisiin selaimessa toimiva käyttöliittymä. Päämääränä on tehostaa raaka-ainetilausten hallintaa sekä kulutuksen seurantaa.

Raportissa käydään yksityiskohtaisesti läpi projektin toteutus. Aihealueita ovat uuden saatetun mikroaaltotutkan toimintaperiaate ja käyttöönottoaminen, mittausjärjestelmän fyysinen ja ohjelmallinen rakenne sekä web -pohjaisen käyttöliittymän toteuttaminen.

Tilajayritys SeaPack Oy on osa Pyroll konsernin alaisuudessa toimivaa Pyroll pakkaukset -toimialaa. Se valmistaa erilaisia muovikalvoja sekä muovikasseja, pääasiassa kotimaan markkinoille.

## 2 PINNANKORKEUDEN MITTAUS

### 2.1 Tehtaan siilot

Tehtaassa on yhteensä 13 siiloa raaka-ainetta varten. Kolmessa ensimmäisessä siilossa säilytetään tuotannossa aktiivisesti käytettäviä pääraaka-aineita. Jokaiseen näistä kolmesta siilosta mahtuu maksimissaan 66 tonnia raaka-ainetta. Neljäs sekä viides muodostuvat yhdestä isommasta kahtia jaetusta siilosta ja niihin molempiin mahtuu 33 tonnia. Loput kahdeksan siiloa ovat myöhemmin rakennettuja ja niihin jokaiseen menee arviolta 55 tonnia.



Kuva 1. Siilot ulkoapäin kuvattuna (Holmi 2014)

Raaka-ainegranaatin massan määrittäminen on jokaisen siilon kohdalla toteutettu pinnankorkeuden ja sitä kautta siilon tilavuuden laskemisen kautta. Erittäin tarkkaa arvoa raaka-aineen määrästä tällä tavoin on kuitenkin vaikea saada selville, sillä kiinteä muovigranulaatti muodostaa siilossa ollessaan hyvinkin erilaisia, tilanteesta riippuvia pinnanmuotoja. Esimerkiksi täyttövaiheessa raaka-aineen pintaan

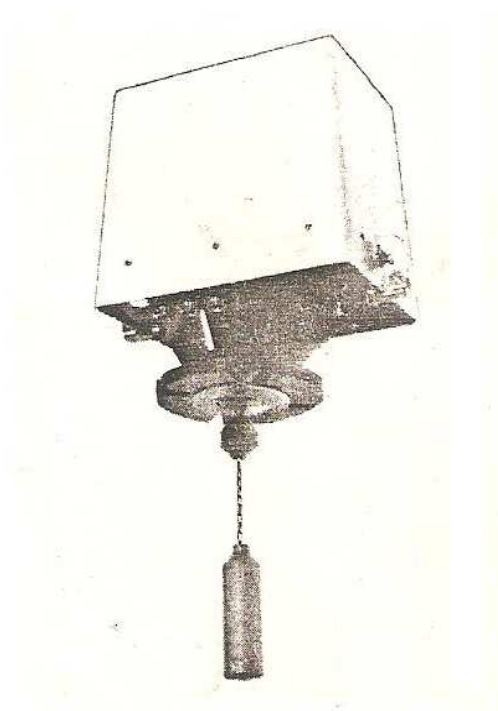
muodostuu kupu ja vastaavasti tyhjennysvaiheessa kuoppa. Tämä onkin syytä ottaa huomioon ja siksi yhdellä mittalaitteella, yhdestä pisteestä suoritettu mittaus antaa usein enemmänkin suuntaa antavan, kuin täysin todellisen arvon raaka-aineen määrästä. Tarkkuutta voidaan tietysti parantaa, suorittamalla mittaus useammasta pisteestä, mutta tällöin laitteistokustannukset vastaavasti nousevat.

Tällä hetkellä siloissa käytettävät punnusperiaatteella toimivat pinnankorkeuden mittaukset suoritetaan yhdestä pisteestä mittaamalla. Uusien mittalaitteiden kohdalla mittaus toteutetaan, ainakin alustavasti, samalla periaatteella. Uusien laitteiden myötä mittauksen tarkkuuden pitäisi ainakin hieman parantua, sillä punnusperiaatteella toimivat sähkömekaaniset pinnankorkeuden mittalaitteet kykenevät vain 10 cm -tarkkuuteen.

## 2.2 Sähkömekaaninen pinnankorkeuden mittalaite

Siiloissa jo vuosikymmenten ajan käytössä olevien sähkömekaanisten mittalaitteiden (kuva 2) toiminta perustuu tunnustelupainoon, joka lasketaan vaijerin varassa kohti mitattavan raaka-aineen pintaa. Kun punnus osuu raaka-aineen pintaan, vaijeri pysähtyy. Tämän jälkeen laite alkaa nostaa punnusta takaisin ylös ja samalla se antaa mittapulsseja aina kymmenen senttimetrin välein. Näin mittalaitteen lähtöön kytkettyyn laskuriin saadaan kerättyä pinnankorkeutta vastaava pulssimäärä.

Tähän asti pulssitiedot on kerätty mekaanisille laskureille, joiden keräämiä tuloksia on voitu verrata valmiiksi laadittuun massataulukkoon. Taulukossa on valmiiksi lasketut arviot siitä, kuinka paljon tietty määrä pulsseja vastaa tiettyä määrää raaka-ainetta.



Kuva 2. Sähkömekaaninen pinnankorkeuden mittalaite (VEGALOT manuaali)

Käytössä olevat sähkömekaaniset pinnankorkeuden mittalaitteet ovat saksalaisen VEGA -yrityksen valmistamat, mallia VEGALOT. Ne ovat osoittautuneet vuosien saatossa hyvinkin toimintavarmiksi johtuen niiden yksinkertaisesta sekä kestävästä rakenteesta. Laitteiden haittapuolia ovat jo aikaisemmin mainittu matala mittaustarkkuus sekä kykenemättömyys jatkuvatoimiseen mittaukseen; mittaus on käynnistettävä uudelleen, jotta raaka-aineen määrästä saataisiin sen hetkinen, todellinen lukema.

Aluksi ainakin pääraaka-aineiden kohdalla tarkoituksena oli saada pinnankorkeuden mittauksesta tarkempaa sekä jatkuvatoimista. Muovigranulaatin pinnankorkeuden mittaus asettaa laitteiston puolesta kuitenkin monia haasteita, sillä harva instrumentti kykenee saamaan luotettavaa heijastusta granulaatin muodostamasta pinnasta. Viime vuosien aikana on kuitenkin tapahtunut kehitystä tällä sektorilla ja granulaatin mittaamiseen on nykyään tarjolla monenlaisia vaihtoehtoja, tärkeintä on vain löytää hinnaltaan sekä ominaisuuksiltaan oikea ratkaisu.

### 2.3 Saatettu mikroaaltotutka

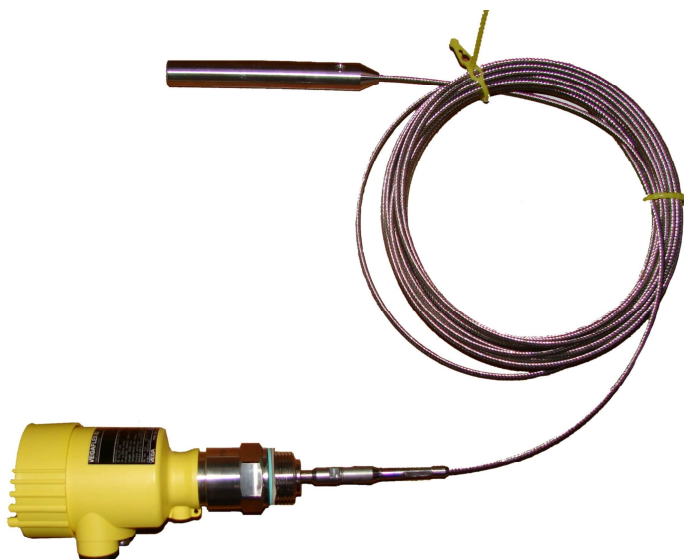
Saatettu mikroaaltotutka tai vaijeritutka on suhteellisen uusi, noin 1990- luvun puolivälissä markkinoille tullut pinnankorkeuden mittaustekniikka.

(BlueLevel Technologies Inc, 2010, 17)

Tällaisen mittalaitteen toiminta perustuu korkeataajuusmikroaltopulsseihin, jotka metallista vaijeria tai sauvaa pitkin johdetaan kohti säiliössä olevaa raaka-aineen pintaa. Kun lähetetty pulssi osuu materiaaliin, osa siitä absorboituu ja osa heijastuu takaisin. Tämän heijastuneen kaiun perusteella mittalaitteen elektroniikka pystyy laskemaan säiliön pinnankorkeuden. (Vegaflex 82 operating Instructions, 2013, 11)

#### 2.3.1 Vegaflex 82

VEGA on tuonut markkinoille tätä kyseistä tekniikkaa hyödyntävän mittalaitteen. Vegaflex 82 (Kuva 3) on saatetulla mikroaaltotutka –periaatteella toimiva jatkuvaan pinnankorkeuden mittaukseen soveltuva mittalaite, joka on suunniteltu erityisesti kiinteän irtoaineen mittaamiseen. Valmistaja kuvailee laitetta huoltovapaaksi sekä erinomaisesti häiriöitä, kuten kosteutta, pölyä sekä lämpötilan muutoksia sietäväksi ratkaisuksi. (VEGA www-sivut 2014)



Kuva 3. Vegaflex 82 -saatettu mikroaaltotutka (Holmi 2014)

Kun siiloissa säilytettävä raaka-aine on polyeteenistä valmistettua muovigranulaattia, muodostuu yhdeksi haasteeksi aineen matala dielektrisyysvakio, joka voi tyypistä riippuen vaihdella arvojen 1 - 3, välillä. (Valuatlas www-sivut, 2014)

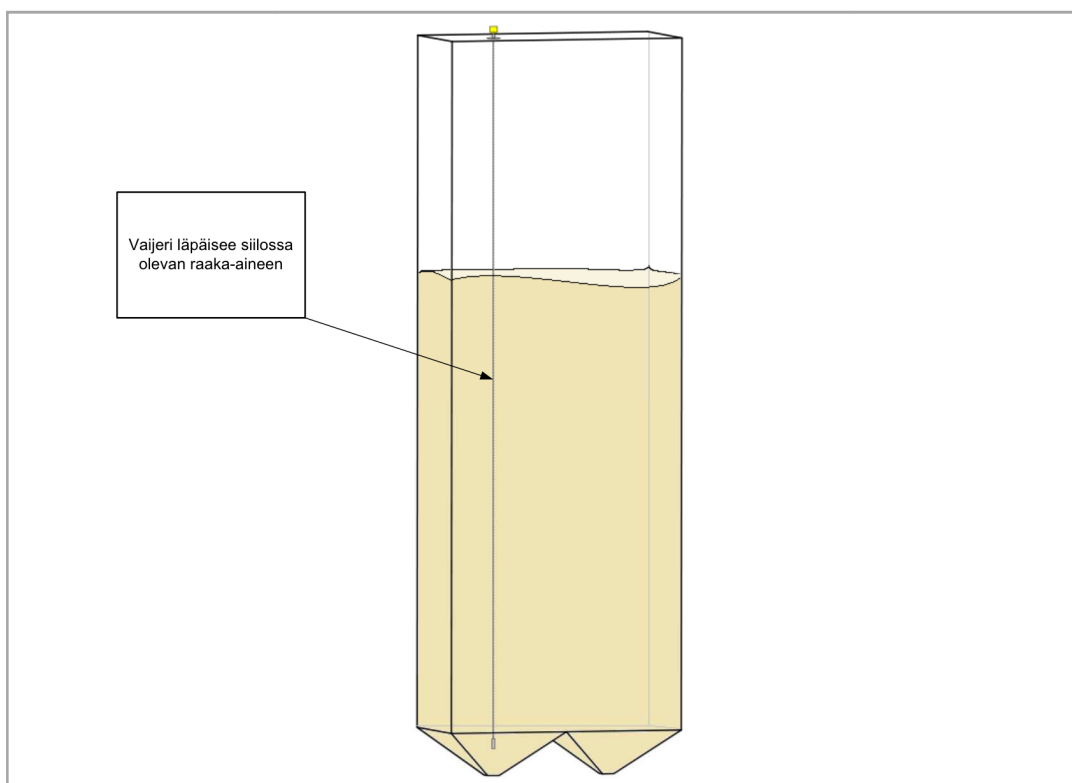
Dielektrisyysvakio, eli eristevakio, joka nykyisin tunnetaan paremmin käsitteellä suhteellinen permittiivisyys, kuvaa miten väliaine vaikuttaa siihen kohdistuvaan sähkökenttään, suhteessa tyhjiöön. Esimerkkinä tyhjiön dielektrisyysvakio on 1 ja tislattun veden 81. Saatetun mikroaaltotutkan tapauksessa tämä vaikuttaa siihen, kuinka hyvin mitattavasta aineesta saadaan heijastus. (Wikipedia www-sivut 2014)

Vegaflex 82:ssa on matalan dielektrisyysvakion omaavan raaka-aineen mittaamisen avuksi tarjolla nk. ”probe end tracking” –toiminto. Jos Mitattavalla aineella on erittäin matala dielektrisyysvakio, suurin osa lähetetyistä mikroaaltopulsseista absorboituu materiaaliin. Mittalaite käyttää silloin avuksi pinnankorkeuden määrittämisessä vaijerin päästä päähän lähetetyn mikroaaltopulssin nopeuden analysointia. Väliainetta kohdatessaan pulssin nopeus hidastuu suhteessa ilmaan, jolloin laitteen elektroniikka pystyy laskemaan raaka-aineen pinnankorkeuden siitäkin huolimatta, että suurin osa lähetetyistä mikroaaltopulsseista ei heijastuisikaan suoraan aineen pinnasta. Ominaisuus kytkeytyy automaattisesti päälle, jos mitattava materiaali sitä vaatii. (Simple. Reliable. Guided. 2013, 2)

Kun vertailtiin mahdollisia laiteratkaisuja muovigranulaatin pinnankorkeuden mittaamiseen, Vegaflex 82 vaikutti niin hintansa kuin suorituskykynsä puolesta erinomaiselta vaihtoehdolta. Valintaan vaikutti mm. se, että laitetoimittaja vakuutti sen toimivan muovigranulaatin kanssa.

### 2.3.2 Asennus ja käyttöönotto

Saatettu mikroaaltotutka asennetaan siiloon siten, että siinä oleva vaijeri läpäisee siilossa olevan raaka-aineen (Kuva 4). Vaijeri ja sen päässä oleva punnus eivät saa koskettaa siilon seinämiä tai pohjaa ja minimietäisyys näihin on oltava vähintään 300mm. Vaijeri kannattaakin tästä syystä kiinnittää paikoilleensa punnuksen pohjassa olevan kierteen avulla niin, että se ei pääse esimerkiksi siilon täyttövaiheessa heilumaan.



Kuva 4. Mikroaaltotutkan asennus

Erityisen tärkeää laitteen toiminnan kannalta on se, että sillä on hyvä galvaaninen yhteys asennuskierteensä kautta siiloon, sillä laite tarvitsee metallisen pinnan mikroaaltopulssin muodostamiseen. Jos asennusympäristönä on ei metallinen siilo, on asennuskierteen alle sijoitettava halkaisijaltaan vähintään 200 mm metallinen levy. (Vegaflex 82 operating Instructions, 2013, 16)

Tässä tapauksessa mikroaaltotutka asennettiin metallitasoon, joka kiinnitettiin siilon päällä sijaitsevan luukun alle.

(kuva 5).



Kuva 5. Mikroaaltotutka asennettuna paikoillensa (Holmi, 2014)

Asennuksen jälkeen laite parametroidaan. Parametrointi voidaan toteuttaa, joko suoraan laitteeseen kiinnitetyllä ohjelmointilaitteella, virtasilmukkaan kytkettävällä HART lisälaitteella tai sitten vaihtoehtoisesti laitteeseen kiinnitetyllä näytöllä. Hankitulle mikroaaltotutkalle parametrointi tehtiin näytön avulla.

Parametrointi onnistuu nopeasti quick setup:in kautta, jossa määritetään laitteen toiminnan kannalta tärkeimmät arvot. Näitä ovat:

- Mitattavan aineen tyyppi.
- Aineen dielektrisyysvakio.
- Minimi- ja maksimiarvot johon laitteelta lähtevä virtaviesti skaalataan.

Koska siilossa on kyseessä kiinteän irtotavaran mittausta, valittiin mitattavan aineen tyyppiä ”solid”. Dielektrisyysvakioiksi valittiin arvo välillä ”1,5...3”. Jos mitattavan aineen dielektrisyysvakio olisi tästä vielä pienempi, täytyisi se määrittellä

mittalaitteeseen kiinteästi. Muussa tapauksessa laite pystyy määrittämään sen automaattisesti, kun sille vain annetaan alkuarvona realistinen skaala. Automaattisesti määritetyn arvon voi tarvittaessa nähdä laitteen diagnostiikan kautta (kuva 6).



Kuva 6. Mitattavan aineen dielektrisyysvakio (Holmi, 2014)

Minimi- sekä maksimiarvot määritetään mittalaitteen referenssitasosta alkaen. Referenssitaso sijaitsee mittalaitteen asennuskierteen juuressa (liite 1).

Asennetun mikroaaltotutkan tapauksessa laitteen maksimiarvoksi, eli virtaviestiä 20 mA vastaavaksi arvoksi asetettiin 0,8 m mittalaitteen referenssitasosta ja minimiarvoksi, eli virtaviestiä 4 mA vastaavaksi arvoksi asetettiin 12,175 m referenssitasosta. Liite 1 kuvaa yksityiskohtaisemmin sen, miten mitta-alue määräytyy siilossa.

## 3 OHJAUSJÄRJESTELMÄ

### 3.1 Vaatimusten määrittely

Yksi tärkeimpiä järjestelmältä vaadittavia ominaisuuksia oli, että sitä pystyisi operoimaan tehtaan tietoliikenneverkon sisällä. Ajatuksena oli toteuttaa palvelimella sijaitseva sivusto, johon pääsisi verkon kautta selaimella käsiksi. Näin ollen etäkäyttöä vaativiin tietokoneisiin ei tarvitsisi asentaa erillisiä ohjelmistoja.

PC -pohjainen palvelinratkaisu ja siihen räätälöity ohjelmisto olisi voinut olla mahdollinen vaihtoehto mittausjärjestelmän toteuttamiselle, mutta tällöin järjestelmän monimutkaisuus ja laajuus olisi todennäköisesti kasvanut liian suureksi. Sen sijaan Siemensin uuden sukupolven ohjelmoitavien logiikoiden tarjoama www-palvelinominaisuus vaikutti hyvältä vaihtoehdolta etäkäyttöliittymän toteutukselle. Mittausjärjestelmä rakennettiin kyseistä ominaisuutta hyödyntävän, Simatic S7-1200- sarjan ohjelmoitavan logiikan ympärille. Web -pohjaisen käyttöliittymän toteuttaminen vaikutti mielenkiintoiselta siinäkin mielessä, että samaa periaatetta hyödynnettäviä ratkaisuja tullaan luultavasti näkemään tulevaisuudessa enemmän myös muidenkin valmistajien ohjelmoitavissa logiikoissa.

Syntyvän ohjausjärjestelmän rakenteessa oli otettava huomioon useamman mikroaaltotutkan lisäämismahdollisuus, tämä otettiin huomioon esimerkiksi kaapeloinnissa ja koteloinnissa. Laajentamisessa on varauduttu siihen, että jokaiseen siiloon voidaan asentaa yksi saatettu mikroaaltotutka.

## 3.2 Fyysinen rakenne

Liitteessä 2 esitetään mittausjärjestelmän fyysisen rakenne. Siitä käy ilmi kaikki ne tehdasympäristössä olevat vanhat laitteistot, jotka piti kytkeä uuteen ohjausjärjestelmään. Näitä ovat alarajatietojen hälytyskeskus sekä sähkömekaaniset pinnankorkeuden mittalaitteet.

### 3.2.1 Keskusyksikkö

Mittausjärjestelmässä käytetty logiikka on Siemensin valmistama S7-1200 -sarjan 1212C AC/DC/RLY. CPU sisältää kahdeksan digitaalista tuloa, kuusi relelähtöä sekä kaksi analogituloa. Se on laajennettavissa kahden signaalimodulin, yhden signaalikortin, sekä kolmen kommunikointimodulin avulla. Ohjelman säilyttämiseen varattua muistia laitteessa on valmiina 1 MB verran. Ohjelmointiympäristönä toimii TIA Portal V12 Basic. Keskusyksikkö tukee projektin kannalta tärkeää www-palvelin ominaisuutta ja sitä on mahdollista ohjelmoida kolmella IEC 61131-3 standardiin kuuluvalla ohjelmointikielellä: LAD, FBD, SCL. (S7-1200 Katalogiasivut, 2013, 8-9)

Keskusyksikön digitaalituloihin ja relelähtöihin kytkettiin siilojen 1 - 5 sähkömekaaniset mittalaitteet. Laitteiden signaalit tuotiin vanhalta keskukselta, jossa sijaitsevat kyseisten mittalaitteiden käynnistuspainikkeet sekä mekaaniset pulssilaskurit.

Pulssisignaalit ovat 230 VAC, joten signaalit oli muutettava yhteensopiviksi logiikan 24 VDC tulojen kanssa. Tämä tehtiin puolijohdereleiden avulla (ks. liite 3).

Käynnistykäskyt toteutettiin niin, että ne voidaan vaihtoehtoisesti antaa myös logiikan kautta. Vanhojen käynnistuspainikkeiden rinnalle kytkettiin relekoskettimet, joita ohjataan logiikan lähdöillä. Neljän ensimmäisen mittalaitteen käynnistykennät on esitetty yksityiskohtaisemmin liitteessä 4.

### 3.2.2 Signaalimoduulit

Keskusyksikön I/O:n jatkeeksi hankittiin kaksi signaalimoduulia: 4 analgiatuloa sisältävä SM 1231 sekä 8 digitaalituloa ja 8 relelähtöä sisältävä SM 1223 DC/RLY.

Analogiamoduulin tuloon kytkettiin projektia varten hankittu mikroaaltotutka. Liitteessä 5 esitetään tutkan kytkentä. Mittalaitteelta saapuva virtaviesti, 4...20mA muutetaan,  $250 \Omega$  1% vastuksella 1...5V jänniteviestiksi. Logiikan laitekonfiguraatiossa tulon tyyppi on valittu jänniteviestiksi ja valittu jännitealue on +/-5V.

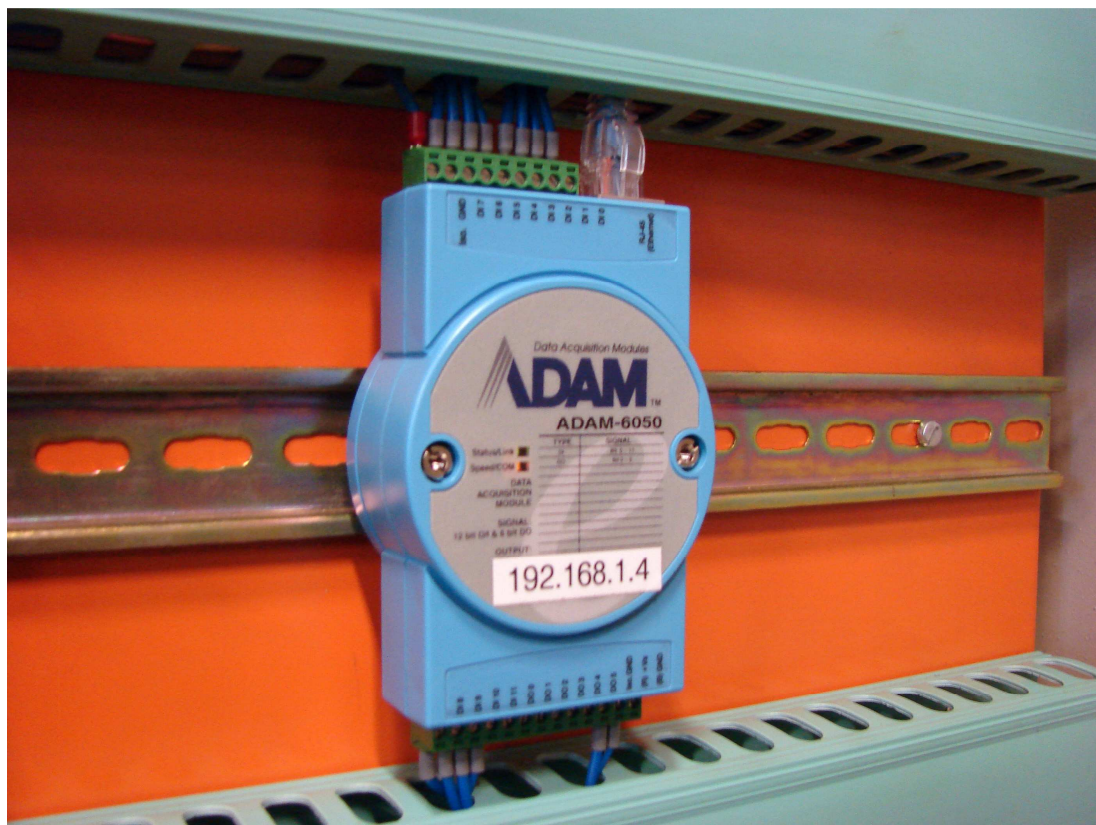
Digitaalimoduulia SM 1223 käytettiin sillojen 6 - 13 sähkömekaanisten mittalaitteiden kytkemisessä. Sähköinen kytkentä toteutettiin samalla tavoin kuin sillojen 1 - 5 kanssa, eli käytettiin hyväksi puolijohdereleitä sekä releitä.

### 3.2.3 HMI -paneeli

Kentällä sijaitsevan ohjauskeskuksen oveen asennettiin Siemensin HMI- paneeli KTP400 Basic mono PN. Näytön koko on 3.8 tuumaa ja sen resoluutio 320x240. Paneelista on mahdollista nähdä raaka-ainemäärä suoraan tonneina.

### 3.2.4 Hajautettu I/O

Hälytyskeskusta varten hankittiin hajautettu I/O, hinnaltaan kilpailukykyinen Advantech:n valmistama ADAM – 6050 (kuva 7). Se sisältää 12 digitaalituloa, sekä 6 digitaalista lähtöä ja se käyttää tiedonsiirrossaan ethernet väylää. Tiedonsiirto tapahtuu modbus TCP/IP protokollan mukaisesti. I/O:n avulla haettiin järjestelmälle 12 alarajakytkimen tilatiedot. Näin saatiin vähennettyä kaapelointia sekä suoraan logiikassa tarvittavien tulojen ja lähtöjen määrää.



Kuva 7. Advantech ADAM 6050 (Holmi 2014)

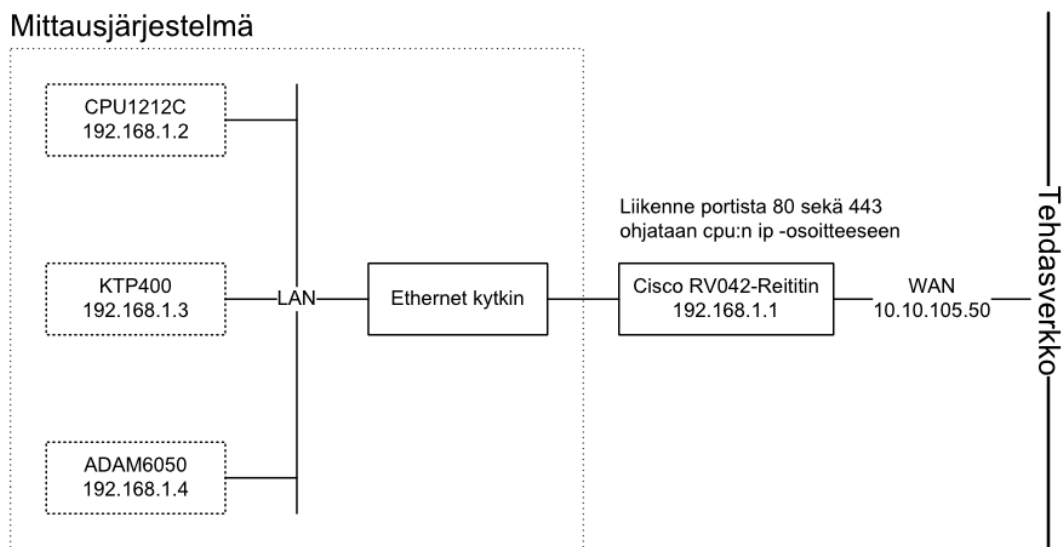
### 3.3 Tiedonsiirtotekniikka

Laitteiden välillä tapahtuva tiedonsiirto on ethernet -pohjaista, kuten kuvasta 8 voidaan nähdä. Kommunikoivilla laitteilla on samassa aliverkossa sijaitsevat IP-osoitteet sekä fyysinen kytkös toisiinsa ethernet -kytkimen kautta. Verkkotopologia noudattaa tähtirakennetta. Järjestelmän laitteiden IP-osoitteet ovat muotoa: ”192.168.1.x”.

Kommunikointi tehdasverkon kanssa tapahtuu reitittimen välityksellä. Reititin on Ciscon valmistama RV042.

Reitittimelle on annettu kiinteä ulospäin näkyvä WAN IP-osoite, joka sijaitsee muiden tehdasverkkoon kytkettyjen laitteiden kanssa samassa aliverkossa. Reititin pitää huolen siitä, että HTTP sekä HTTPS liikenne, eli porteilla 80 sekä 443

tapahtuva liikenne ohjataan logiikan keskusyksikölle. Tällä tavoin logiikassa olevaan web -käyttöliittymään on mahdollista päästä käsiksi tehtaan tietoliikenneverkosta, kun selaimen URL -kenttään kirjoitetaan reitittimen ulospäin näkyvä IP-osoite.

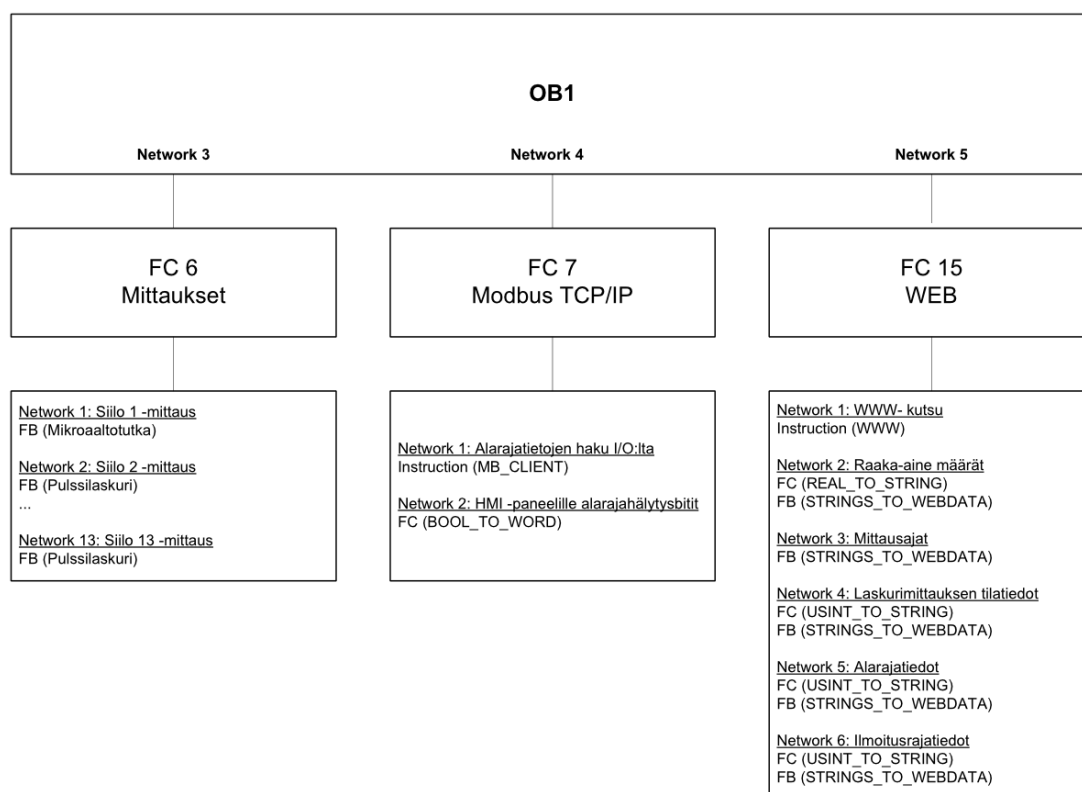


Kuva 8. Mittausjärjestelmän tiedonsiirto

## 4 PLC OHJELMA

### 4.1 Ohjelma-arkkitehtuuri

Kuvassa 9 on esitetty logiikkaohjelman kutsumekanismissiarkkitehtuuri. Organisaatioyksikön OB1:n sisältä suoritetaan aliohjelmalohkojen ”Mittaukset”, ”Modbus TCP/IP” sekä ”WEB” kutsut.



Kuva 9. Kutsumekanismissiarkkitehtuuri

”Mittaukset” -lohkoon on koostettu siilojen mittauksista vastuussa olevien toimilohkojen kutsut. ”Modbus TCP/IP” -lohkossa suoritetaan alarajatietoja hakeva ”MB\_CLIENT” -käsky sekä koostetaan alarajahälytyssana HMI -paneelia varten. ”WEB” -lohkossa suoritetaan ohjelmakäsky ”WWW”, joka asettaa palvelinominaisuuden voimassaolevaksi. Lisäksi lohkon sisällä suoritetaan tarvittavat konvertoinnit numeroarvoista merkkijonoiksi sekä koostetaan logiikan ja selaimen välillä tiedonsiirrossa hyödynnettävät ”WebData” -muuttujat.

## 4.2 Globaalit muuttujat sekä tiedostorakenteet

Toimilohkojen rajapintaan sijoitettavia sekä web -käyttöliittymässä tarvittavia globaaleja muuttujia varten luotiin UDT -rakenne (User Defined Type) nimeltään ”Interface”. Rakenne sisältää kaikki ne muuttujat, joita jokaisen siilon tapauksessa tarvitaan tietojen tallentamiseen sekä tiedon esittämiseen.

Interface rakenne:

- Tyyppi: String[15]
- Tiheys: Real
- Massa: Real
- Lisätiedot: String[100]
- Alarajatila: Usint
- Ilmoitustila: Bool
- Ilmoitusraja: Real

”Tyyppi” -muuttujaan tallennetaan sivustolla esitettävä, siilon sisältämän raaka-aineentyypin nimi. Nimi voi maksimissaan olla 15 merkin pituinen.

”Tiheys” -muuttujaan tallennetaan raaka-ainegranaatin bulkkitiheys; arvo kertoo kuinka paljon raaka-ainetta on suhteessa tilavuuteen (yksikkö: kg/m<sup>3</sup>). Muuttujaa sovelletaan toimilohkossa ”Mikroaaltotutka” ja se toimii kertoimena kun lasketaan siilossa olevan raaka-aineen määrää.

”Massa” -muuttujaan päivitetään siilossa olevan raaka-aineen tonnimäärä.

”Lisätiedot” -muuttujaan on mahdollista tallentaa web -käyttöliittymän kautta maksimissaan 100 -merkin verran tekstiä, liittyen esimerkiksi kyseiseen siiloon tai siinä säilytettävään raaka-aineeseen.

”Alarajatila” on tieto alarajakytimen tilasta, eli se indikoi, onko siilo mahdollisesti tyhjä.

”Ilmoitustila” –asettuu päälle, kun käyttäjän mahdollisesti asettama ”ilmoitusraja” -arvo on tosi. Käyttäjän on siis mahdollista määrittää hälytysraja, jolloin web -käyttöliittymän kautta muistutetaan raaka-aineen vähydestä.

”Interface” – rakennetta hyödynnettiin edelleen tiedostoyksikössä ”SiiloData”, jolloin jokaiselle siilolle muodostui samat muuttujat tietojen tallentamiseen sekä esittämiseen. Jokaisen siilon kohdalla muuttujat asetettiin retentiiviseksi, jolloin niiden arvot säilyisivät siinäkin tapauksessa, vaikka keskusyksiköltä katkaistaisiin virta.

”Interface” -rakenteen lisäksi oli luotava täydentävä UDT -rakenne ”Pulscounter”, jossa esitetään sähkömekaanisten pinnankorkeuden mittalaitteiden kanssa tarvittavia muuttujia. Näitä ovat: mittalaitteen tilaa, mittauksen käynnistystä, mitattujen pulssien määrää sekä mittaustapahtuman aikaa kuvaavat muuttujat.

”Pulscounter” -rakenteen pohjalta luotiin tiedostoyksikkö nimeltään ”LaskuriMittaus”, jossa jokaiselle pulssiperiaatetta hyödyntävälle siilolle muodostui nämä tarvittavat muuttujat.

”Pulscounter” -rakenne:

- status: Usint
- start: Bool
- pulses: Usint
- klopyvm: String[16]

Web -käyttöliittymässä jatkuvasti päivitystä vaativia arvoja varten luotiin tiedostoyksikkö ”WebData”. WebData tiedostoyksikössä jokaiselle, dynaamisesti käyttäytyvälle muuttujatyypille, on luotu usean sadan merkin kattava merkkijono. Näitä muuttujatyyppejä (5 kpl) ovat: pulssilaskuri -toimilohkojen tilat, raaka-ainemäärät, mittausajat, alarajatiedot sekä ilmoitusrajatiedot.

Pitkien ”WebData” -merkkijonojen ideana on siirtää web –käyttöliittymää varten useamman siilon arvot muutaman suuremman merkkijonon sisällä. Siilokohtaiset muuttujat eritellään puolipisteillä, jolloin ne pystytään purkamaan selainpäässä helposti javascriptin avulla. Syy tähän ratkaisuun kerrotaan tarkemmin kappaleessa 5.3.2: ”muuttujien automaattinen päivitys”.

### 4.3 Mittalaitteiden toimilohkot

Ideana oli toteuttaa tuloparametriensa puolesta muokattavissa olevat toimilohkot molempia mittalaitetyyppejä varten. Siilokohtaisia toimilohkoja olisi tarkoitus kutsua aliohjelman ”Mittaukset” -sisällä. Jos esimerkiksi saatettuja mikroaaltotutkia hankittaisiin tulevaisuudessa lisää, onnistuisi toimilohkojen päivittäminen näin ollen helposti.

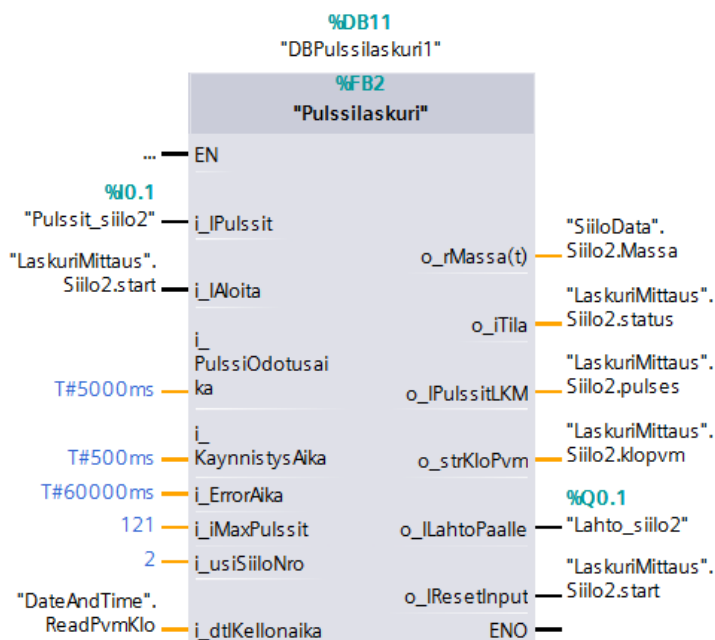
Toimilohkoille asetettiin myös sellainen vaatimus, että ne eivät saisi kuluttaa liiaksi keskusyksikön työmuistia. Toimilohkoja olisi kuitenkin tarkoitus kutsua jokaista 13 siiloa kohden. Tämä vaatimus syntyi siinä vaiheessa, kun pulssilaskuri -toimilohkon ensimmäistä versiota kutsuttaessa, logiikan työmuisti loppui kesken. Tämän johdosta monia toimilohkon toimintoja oli optimoitava minimoilla staattisten muuttujien määrää sekä toteuttamalla toiminnot mahdollisuuksien mukaan muistia varaamattomina funktioina.

#### 4.3.1 Pulssilaskuri

Koska jokainen sähkömekaaninen pinnankorkeuden mittaus toimii samalla periaatteella, tehtiin toimilohkosta tuloarvojen puolesta muokattava, jonka voisi parametroida vastaamaan sille ominaista siiloa.

Toimilohko laskee mittalaitteen lähettämien pulssien määrän, vertaa saatua arvoa massataulukkaan ja lopulta syöttää ulos pulssimäärää vastaavan raaka-ainemäärän tonneina. Toimilohkon ilmoittaa myös kellonajan, jolloin mittaustoimenpide on

suoritettu sekä kertoo toimintansa aikana tilamuuttujan kautta, missä vaiheessa mittausta edetään. Kuvassa 10 on esitetty toimilohkon kutsu.



Kuva 10. Siilolle 2 sovelletun pulssilaskuri -toimilohkon kutsu

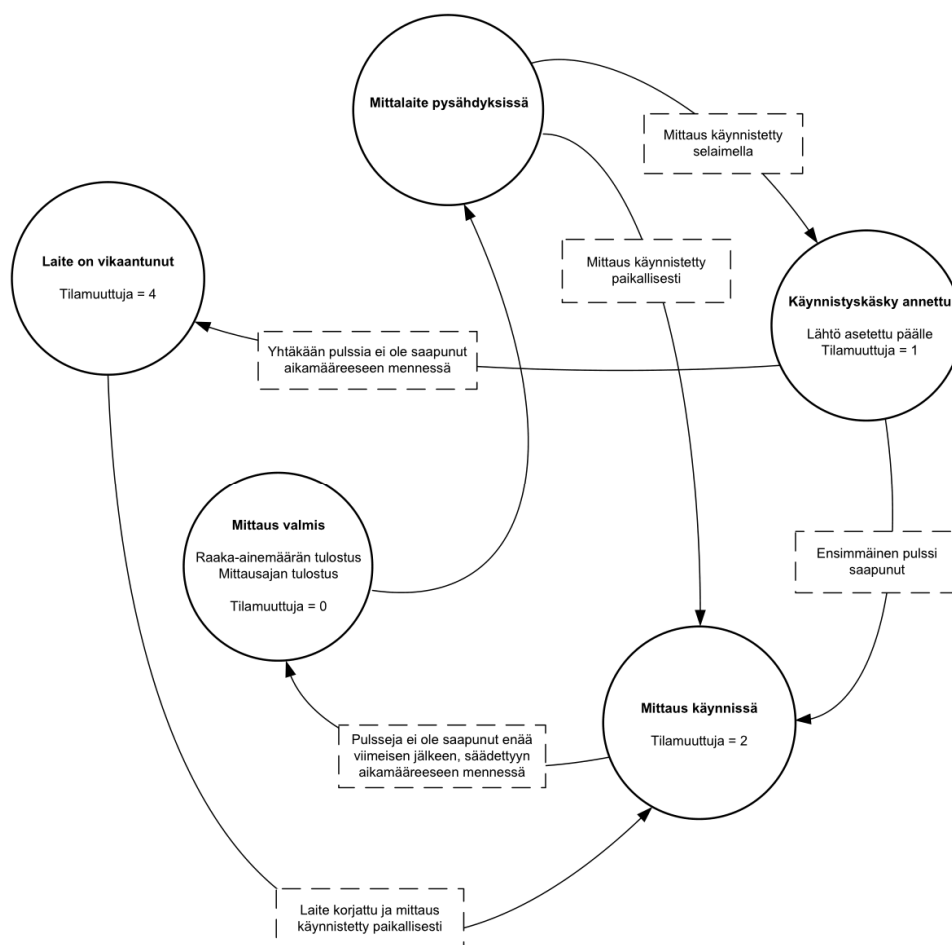
Toimilohkon tuloparametreja ovat:

- Tulo-osoite, eli se logiikan osoite johon, laskettavat pulssit saapuvat.
- Käynnistysosoite, eli se globaali muistiosoite, joka web -käyttöliittymässä käynnistää mittauksen.
- Odotusaika, eli aika, jonka jälkeen mittaus todetaan päättyneeksi.
- Käynnistysaika, joka määrittää sen ajan, kuinka kauan mittauksen käynnistävä relelähtö on päällä.
- Error aika, eli aika, jonka jälkeen mittalaite todetaan vikaantuneeksi, kun mittalaitteelta ei ole saapunut yhtäkään pulssia.
- Max pulssit, eli mittalaitteen syöttämä pulssimäärä silloin, kun siilo on tyhjä.
- Siilon numero, joka määrää, mitä vertailutaulukkoa käytetään raaka-aineen määrän tulostuksessa.
- Kellonaika, eli keskusyksiköltä luettu kellonaika.

Lähtöparametreja ovat:

- Raaka-ainemäärä tonneina.
- Toimilohkon tila.
- Laskettujen pulssien lukumäärä.
- Viimeksi suoritettun mittauksen ajankohta.
- Mittauksen käynnistävä lähtö.
- Käynnistysbitin resetointi.

Jotta ohjaujärjestelmässä vaadittavien tulojen määrä ei olisi kasvanut liian suureksi, tuotiin mekaanisilta mittalaitteilta logikalle ainoastaan niiden syöttämät pulssit. Tästä syystä toimilohkossa vallitseva tila riippuu mittalaitteelta saapuvista pulsseista ja niiden aikakäyttäytymisestä. Kuvassa 11 esitetään toimilohkon mahdolliset tilat sekä siirtymäehdot.



Kuva 11. Pulssilaskuri -toimilohkon tilakaavio

Toimilohkon käynnistyskäsky on mahdollista antaa web -käyttöliittymästä lomakkeen (form) kautta. Sen jälkeen, kun mittalaitteen käynnistävä lähtö on asetettu päälle, käynnistyskäskyn selaimelta antava bitti resetoidaan. Samalla toimilohkon rajapinnan tilamuuttujalähdön arvoksi asetetaan ”1”. Käyttöliittymässä kerrotaan samaan aikaan käyttäjälle, että mittauspyyntö on lähetetty laitteelle.

Kun käynnistyksen jälkeen ensimmäinen pulssi saapuu logiikan tuloon, tilamuuttujan arvoksi asetetaan arvo ” 2”. Tämä arvo kertoo, että mittaus on käynnissä.

Jos käskynannosta huolimatta yhtäkään pulssia ei ole saapunut säädettyyn aikaan mennessä, (oletuksena 60s), niin toimilohko asettaa tilamuuttujan arvoksi ”4”. Tämä tulkitaan web -käyttöliittymässä virhesanomaksi.

Onnistuneen mittauksen yhteydessä toimilohko syöttää ulos lasketun raaka-ainemäärän ja mittausajankohdan sekä palauttaa tilamuuttujan arvoksi ”0”.

Tilamuuttujan avulla mittaustapahtuman etenemisestä pystytään informoimaan web -käyttöliittymän kautta. Ominaisuus on hyödyllinen siinä mielessä, koska sähkömekaanisen mittalaitteen mittaus kestää, esimerkiksi tyhjän siilon tapauksessa, melko kauan. Mittauksen käynnistävä henkilö pysyy tällä tavoin ajan tasalla mittalaitteessa vallitsevasta tilasta koko mittaus suorituksen aikana, eikä näin ollen synny epäselvyyttä esimerkiksi siitä, menikö selaimella annettu käynnistyskäsky mahdollisesti lainkaan perille.

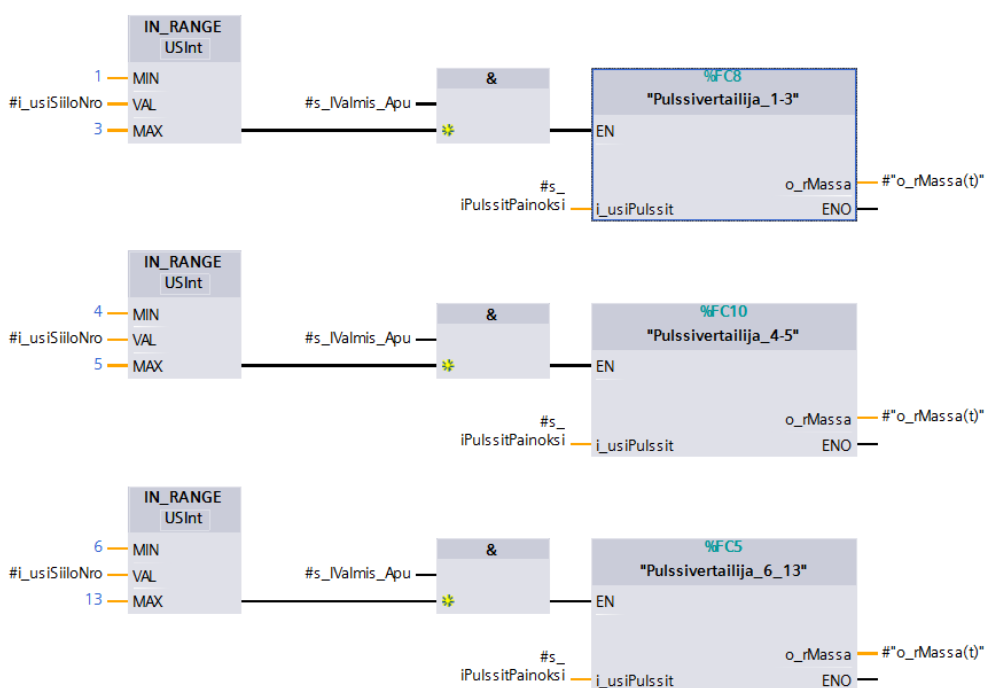
Kellonaika sekä päivämäärä onnistuneen mittauksen ajankohdasta syötetään toimilohkon rajapinnasta ulos 16 –merkin merkkijonona. Se annetaan muodossa ”pp.kk.vvvv hh.mm”. Jotta kellonaika sekä päivämäärä saataisiin tähän muotoon, oli toteutettava funktio, jossa keskusyksikön sisäisestä kellosta luetun dtl–muuttujan yksittäiset elementit muutetaan ja yhdistetään yhdeksi mittausajankohtaa kuvaavaksi merkkijonoksi. Funktio kirjoitettiin SCL –kielellä.

Kun pulssien laskenta sekä vähennys maksimipulsseista on suoritettu täytyy saatua tulosta verrattava sitä vastaavaan raaka-aine määrään. Tähän asti laskureihin

laskettua pulssimäärää on verrattu valmiiksi laadittuun taulukkoon, josta löytyy vastaavudet raaka-aineen määrälle tiettyä pulssimäärää kohden.

Jos raaka-aineen määrää kuvaavat lukemat kasvaisivat suoraan verrannollisesti pulsseihin nähden, riittäisi pelkkä raaka-ainemäärän skaalaus suhteessa mittalaitteen maksimi- ja minimi pulssimäärään. Taulukossa pulssien ja painomäärien suhteissa on kuitenkin hajontaa puolin ja toisin, eikä kasvu ole lineaarista. Näin ollen pulssilaskuri- toimilohkon toiminnossa päätettiin soveltaa samaa aikaisemmin mekaanisten laskureiden kanssa käytettyä taulukkoa.

Jotta tämä sama vertailu saataisiin tapahtumaan automaattisesti, oli laadittava vertailun suorittava funktio. Vertailufunktiossa pulssien vertailuun käytetään hyväksi ”case of” lausetta, joka toiminnaltaan vastaa useamman if –ehtolauseen rakennetta. Funktiossa jokaista pulssilukua kohden on annettu sitä vastaava painomäärä. Näitä vertailuehtoja kertyi esimerkiksi ensimmäisen siilotyypin kohdalla yhteensä 121 kpl. Tällä samalla periaatteella toimivia vertailufunktioita oli laadittava kolme erilaista, sillä tehtaan siiloja on olemassa kolmea eri tyyppiä ja näissä jokaisessa pulssivertailu on toteutettu eri arvoilla. Toimilohkolle annettu parametri ”siilon numero” määrää, mitä taulukkoa vertailussa käytetään (kuva 12).



Kuva 12. Vertailutaulukoiden määrittäminen siilotyypin perusteella, toimilohkon sisällä

#### 4.3.2 Mikroaaltotutka

Mirkoaltotutkaa varten luotiin myös oma toimilohkonsa. Lohkossa suoritetaan tutkalta saapuvan analogiaviestin skaalaus sekä lopulta tilavuuden ja tonnimäärän laskenta. Lohkon rakenne on pulssilaskuri -toimilohkoon verrattuna huomattavasti yksinkertaisempi ja se tehtiin kokonaisuudessaan SCL -kielellä.

Tuloparametrina toimilohkolle annetaan:

- Skaalauksen minimi- ja maksimiarvo.
- Analogiatulon osoite.
- Siilon pituus ja leveys metreinä.
- Normalisoinnin minimi- sekä maksimiarvo.
- Bulkkitiheys, yksikössä kg/m<sup>3</sup>.
- Siilon alaosassa sijaitsevien kartioiden yhteistilavuus.
- Siilon alaraja- anturin tilatieto.

Lähtöparametrina toimilohko antaa:

- Raaka-aineen määrän siilossa, yksikössä (t).

Tia portal V12 Basic tarjoaa normalisointia sekä skaalausta varten valmiit ohjelmakäskyt "NORM\_X" sekä "SCALE\_X".

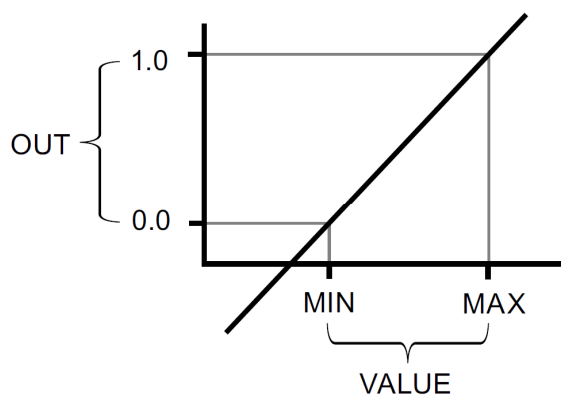
(Simatic S7-1200 Easy Book 2014, 103)

"NORM\_X" suorittaa seuraavan laskutoimituksen:

$$\text{OUT} = (\text{VALUE} - \text{MIN}) / (\text{MAX} - \text{MIN})$$

Tällä käskyllä analogiatuloon saapuva virtaviesti skaalataan välille 0 - 1 (kuva 13).

Tämä laskettu arvo voidaan sitten antaa "SCALE\_X" -käskylle tuloparametriksi.

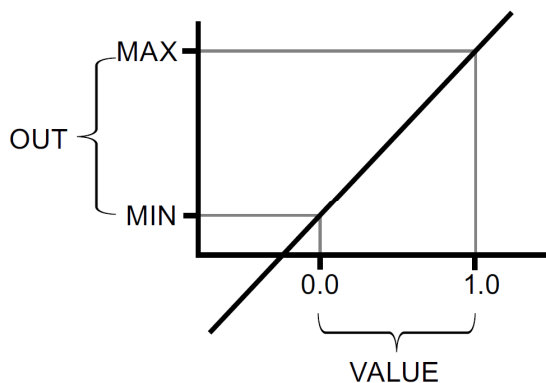


Kuva 13. Normalisointi (Simatic S7-1200 Easy Book, 2014)

”SCALE\_X” suorittaa seuraavan laskutoimituksen:

$$\text{OUT} = [\text{VALUE} * (\text{MAX} - \text{MIN})] + \text{MIN}$$

Käskyssä lukujen 0 - 1 välille rajattu virtaviesti skaalataan mikroaaltotutkan mittausalueen suhteen (kuva 14).



Kuva 14. Skaalaus (Simatic S7-1200 Easy Book, 2014)

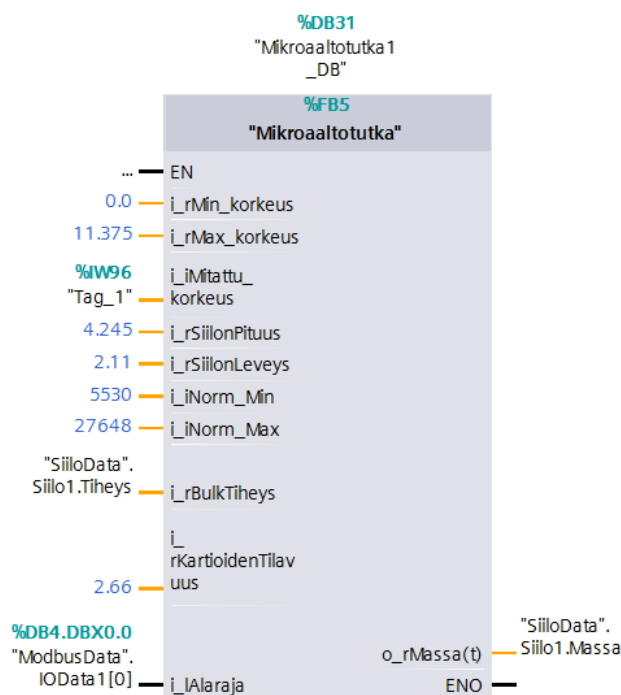
Kun toimilohkoa sovelletaan siilossa 1 olevaan mikroaaltotutkaan (kuva 15), normalisoinnin maksimiarvoksi annetaan kokonaisluku 27648 ja miniarvoksi luku 5530. Näin ollen mikroaaltotutkalta saapuva virtaviestin arvo 4 mA vastaa normalisoitua lukua ”0” ja vastaavasti virtaviestin arvo 20 mA vastaa lukua ”1”. Tämä käskyttä ulos lähtevä desimaaliluku välillä 0 - 1 on nyt helppo skaalata käskyssä ”SCALE\_X” vastaamaan mikroaaltotutkan mittausaluetta.

Liitteestä 1 nähdään, miten saatetun mikroaaltotutkan mittausalue määriytyy sille annettujen parametrien mukaan. Koska laitteen mittausalue on määritelty 11,376 m pituiseksi, asetetaan toimilohkon skaalauksen maksimiarvoksi tämä sama arvo. Minimiarvoksi asetetaan luku 0.

Kun skaalauksen kautta avulla pinnankorkeus kerrotaan toimilohkolle tuloparametrina annetulla siilon pituudella sekä leveydellä, saadaan tuloksena siilon suorakulmaisen osuuden tilavuus, joka muuttuu suhteessa raaka-aineen pinnankorkeuteen.

Jos siilossa oleva alarajakytkin ei ole aktiivinen, lisätään pinnankorkeuden avulla laskettuun tilavuuteen vielä alarajakartioiden verran lisää (Liite 1, kohta F). Kun mikroaaltotutkan mittausalue päättyy, todetaan siilossa olevan vielä kartioiden tilavuuden verran raaka-ainetta. Vasta sitten kun alarajakytkin asettuu aktiiviseksi, todetaan siilo täysin tyhjäksi.

Tämä yhteenlaskettu tilavuus kerrotaan vielä tuloparametrina saatavalla bulkkitiheydellä, jonka jälkeen se pyöristetään yhden desimaali tarkkuuteen. Valmis lopputulos syötetään lopuksi ulos toimilohkon lähtöparametrina.



Kuva 15. Siilolle 1 sovelletun mikroaaltotutka -toimilohkon kutsu

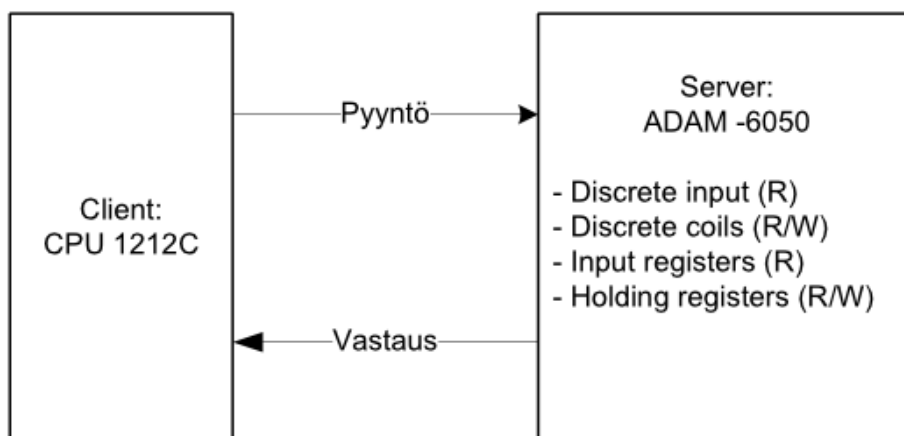
#### 4.4 Siilojen alarajatiedot

Jokaisen siilon alaosaan on sijoitettu värähtelyperiaatteella toimiva rajakytkin, joka ilmoittaa siilon tyhjentymisestä. Rajakytkimien signaalit on tuotu jo olemassa olevaan hälytyskeskukseen, jossa merkkivalojen kautta indikoidaan niiden tilat. Jos jossain siilossa raaka-aineen loppumisen seurauksena rajakytkin aktivoituu, ilmoitetaan siitä myös merkkiäänä sekä vilkkuvan hälytysvalon avulla. Jotta näiden rajakytkimien tilat saataisiin näkymään myös web -käyttöliittymässä, on niiden tiedot tuotava jollain tavoin uuteen järjestelmään.

Tämä tiedon haku toteutettiin niin, että hälytyseskuksen ohjausjärjestelmän lähdoistä merkkivaloille menevät signaalit kytkettiin keskukseen sijoitetun, hajautetun I/O:n tuloihin. I/O:n avulla mittausjärjestelmän logiikka kykenee ethernet liityntää sekä modbus TCP/IP -tiedonsiirtoprotokollaa hyväksikäyttäen lukemaan yhteensä 12 alarajakytkimen tilat. Viimeisen siilon rajakytkimen signaali tuotiin suoraan omalla kaapelilla logiikan keskusyksikön vapaaseen tuloon.

Modbus TCP/IP tiedonsiirrossa tiedonhaku toimii niin että modbus -client esittää pyynnön modbus -serverille. Tässä tapauksessa (kuva 16), keskusyksikkö toimii clienttina ja hajautettu I/O on serverinä.

(Modbus messaging on TCP/IP implementation guide v1.0b 2006, 2)



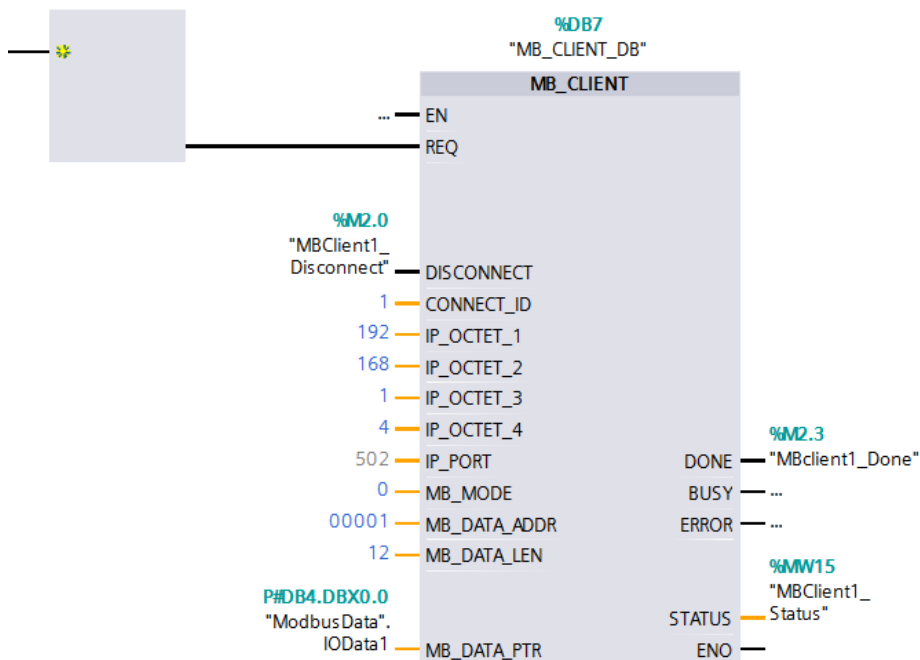
Kuva 16. Tiedon haku I/O:lta

Käytetty modbus -funktiokoodi on FC01: "read coils" ja dataa luetaan osoitteesta "00001" -alkaen. Luettavan datan pituus on 12 -bittiä. Haettu tieto sijoitetaan 12 – bitin käsittävään taulukkoon (Array [0..11] of bool).

(ADAM-6000 Series User Manual 2011, 224)

Hajautetulle I/O:lle on annettu logiikan kanssa samassa aliverkossa sijaitseva IP-osoite: "192.168.1.4". Kommunikointiporttina käytetään modbus TCP/IP - tiedonsiirrossa vakiintunutta porttia 502.

Tietoa hakevan ohjelmakäskyn "MB\_CLIENT" -toiminta toteutettiin niin, että tiedon hakua suoritetaan aktiivisesti (kuva 17). Ohjelmakäskyn rajapinnasta ulos lähtevä "done" asettuu arvoon "1" aina, kun tiedon haku on onnistunut ilman virheilmoituksia. Tämä samainen bitti on takaisinkytketty ohjelmakäskyn käynnistävään tuloon "Req". Näin alarajatietoja koskeva taulukko saadaan päivitettyä jokaisen logiikan ohjelmakierron yhteydessä.



Kuva 17. Hajautetulta I/O:lta alarajatiedot hakeva käsky "MB\_CLIENT"

Mikäli hajautettuun I/O:n ei saada yhteyttä, esimerkiksi silloin kun hälytysasemasta katkaistaan virta, niin ohjelmakäskyä yritetään aktiivisesti käynnistää 1hz kellopulssein avulla niin kauan, kunnes yhteys on jälleen muodostettu. Tarvittaessa

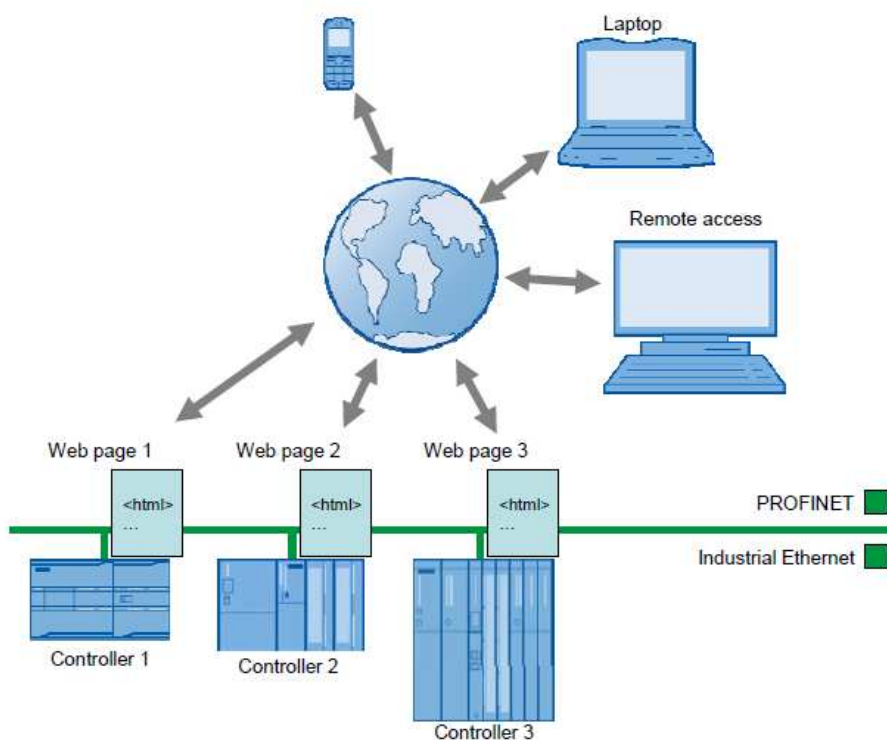
ohjelmakäskystä on mahdollista saada ulos diagnostiikkaa varten sen tilaa kuvaava 16 –bitin sana.

## 5 WEB -KÄYTTÖLIITTYMÄ

### 5.1 Yleistä

Siemensin uuden sukupolven Simatic S7-1200 sekä 1500 –sarjan ohjelmoitavat logiikat tarjoavat www -palvelinominaisuuden, jonka myötä logiikoiden keskusyksiköihin voidaan tallentaa HTML, CSS ja javascript yhdistelmällä laadittuja web -sivuja. Näin on mahdollista saada aikaiseksi etäkäytön mahdollistama web -käyttöliittymä, joka ei ole toiminnaltaan laitteistoriippuvainen (Kuva 18).

(Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012, 8)



Kuva 18. Logiikkaan on mahdollista päästä käsiksi monilla eri laitteilla (Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012)

Siemens ei kuitenkaan suosittele kokonaan korvaamaan perinteistä HMI- laitteistoa web ohjelmistolla, sillä palvelinperiaattella laaditun käyttöliittymän toimintaa ei pystytä täysin ennustamaan ajan suhteen ja näin ollen sitä ei voida soveltaa minkäänlaiseen reaaliaikadatan esittämiseen. Samasta syystä ei myöskään mitään kriittistä, turvatoimintoihin liittyvää toiminnallisuutta saa toteuttaa niin, että sillä olisi yhteyksiä web -palvelimeen.

(Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012, 9)

Jotta ominaisuus saataisiin käyttöön, on logiikan ohjelmassa kutsuttava syklisesti käskyä SFC99 ”WWW”. Lisäksi laitekonfiguraatiossa keskusyksikön asetuksista on asetettava päälle toiminto: ”Activate web server on this module” sekä luotava tiedostoyksiköt, joihin tallennetaan kaikki se sisältö, jota sivuistoilla on tarkoitus hyödyntää. Tämä sama tiedostoyksikkö annetaan ”WWW” -käskylle tuloparametrina.

## 5.2 Hyödynnetyt web -teknologiat

Selainpohjaisen käyttöliittymän toteuttamisessa on sovellettava useiden web -teknologioiden yhdistelmiä, jotta lopputuloksesta syntyisi mahdollisimman selkeä sekä suorituskykyinen. Monet olemassa olevat, ehkä jo standardiksi muodostuneet teknologiat ovat tuettuina logiikan palvelinominaisuudessa. Lisäksi Siemens tarjoaa oman kielen muuttujien käsittelyyn. Seuraavaksi mainittavat teknologiat olivat työn aikana toteutetun web -käyttöliittymän kannalta välttämättömiä.

### 5.2.1 AWP

AWP (Automation Web Programming) -käskyt ovat Siemensin web-server ominaisuutta hyödyntävien logiikoiden keino viitata HTML -sivuilla, keskusyksikössä sijaitseviin globaaleihin muuttujiin. AWP -käskyt kirjoitetaan sellaisenaan HTML -merkkaukielen sekaan.

(Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012, 47)

Jotta muuttujien arvot näkyisivät sivuilla, on niille määriteltävä logiikkaohjelmassa symboliset nimet. Muuttuja voi olla mitä tahansa logiikan mahdollistamaa tietotyyppiä, lukuunottamatta ”DTL”- tyyppiä tai käyttäjän itse määrittelemää datatyyppiä.

Muuttujan arvon esittäminen HTML -sivulla:

- := ”*muuttuja nimi*”:

Esimerkki:

- := ”*SiiloData*”.*Siilo1.Massa*:

(Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012, 32)

Jos muuttujan arvoa haluaa muuttaa, on se ensiksi määriteltävä HTML -sivun alussa kommentin muodossa:

- `<!--AWP_In_Variable Name =''muuttujan nimi'' -->`

Määrittelyn jälkeen muuttujan arvoa pystytään muuttamaan. Uusi arvo lähetetään esimerkiksi HTML -lomaketta hyödyntäen.

Esimerkki lomakkeesta, joka muuttaa muuttujan tilan arvoksi ”1” Tiedon lähetys tapahtuu POST- metodilla:

```
<Form method="post" action="">
<input type="submit" Value="Aloita mittaus">
<input type="hidden" name="'LaskuriMittaus'.Siilo1.start' value="1">
</Form>
```

(Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012, 34-35)

Joskus on parempi esittää käyttöliittymässä muuttujien tila suoraan tekstinä numeroarvon sijaan. Tätä varten on tarjolla AWP -käsky nimeltään ”enumeratio”.

Se mahdollistaa muuttujan eri numeroarvojen linkittämisen niitä kuvaaviin teksteihin.

Ensimmäiseksi on luotava enum- tyyppi. :

- `<!--AWP_Enum_Def Name= "Enum -tyypin nimi"  
Values='0:"Teksti_1", 1:"Teksti_2", ..., x:"Teksti_x"' -->`

Tämän jälkeen, kun "enum" -tyyppi on luotu, voidaan se linkittää muuttujiin:

- `<!--AWP_Enum_Ref Name="muuttujan nimi" Enum="Enum -tyypin -  
nimi"-->`

Kun nyt sijoitamme logiikan muuttujan viittauksen HTML -kielen sekaan esiintyy siinä arvoa vastaava teksti, numeroarvon sijaan. Enumeraatio -ominaisuudella voidaan toteuttaa esimerkiksi web -sivustolla esitettävät hälytykset ja ilmoitukset.

(Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012, 36-37)

### 5.2.2 Javascript

Javascript on web -ympäristöissä käytettävä komentosarjakieli, jonka avulla on mahdollista toteuttaa dynaamisempi toiminnallisuus HTML -sivuille. Javascript suoritetaan asiakaspäässä, eli käyttäjän selaimella.

(World Wide Web Consortium www-sivut, 2014)

Javascript upotetaan HTML -kielen joukkoon hyödyntäen merkkausta `<script>`  
`</script>` . Näiden väliin koodia voidaan kirjoittaa suoraan, mutta mahdollista on myös kutsua erillistä .js -tiedostoa, johon javascript koodi on koostettu. Tämä on hyvä keino, jos aikomuksena on käyttää samaa javascript -koodia useimmissa HTML -sivuissa. (Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012, 23)

### 5.2.3 AJAX

AJAX (Asynchronous Javascript And XML) käsittää joukon web sovelluskehityksen tekniikoita, joita hyväksikäyttäen on mahdollista luoda palvelimelta asynkronisesti tietoa hakeva sekä lähettävä web -sovellus. AJAX on siis yhdistelmä eri teknologioita, joiden avulla verkkopalvelu saadaan käyttäjäystävällisemmäksi sekä vuorovaikutteisemmaksi; tieto haetaan taustalla, eikä koko sivua tarvitse tietojen päivittämisen vuoksi ladata uudelleen. (Wikipedia www-sivut, 2014)

Toiminnan mahdollistaa ”XMLHttpRequest” -objekti, jonka nimi on osaltansa hieman harhaanjohtava, sillä haku on mahdollista suorittaa muistakin tekstipohjaisista tiedostorakenteista kuin vain XML ja se voidaan tarvittaessa tehdä myös HTTPS -yhteyden avulla.

(World Wide Web Consortium www-sivut, 2014)

### 5.2.4 JQuery

Jquery on ilmainen, suosittu, avoimen lähdekoodin javascript kirjasto, joka tekee HTML -elementtien manipuloimisesta sekä tiettyjen javascript pohjaisten toimintojen ohjelmoimisesta vaivattomampaa. Sille löytyy erinomainen tuki nykyisten käytössä olevien selaimien puolesta. JQuery on MIT lisensoitu, jolloin sitä voi tarvittaessa hyödyntää vaikka kaupalliseen tarkoitukseen.

(Jquery www-sivut, 2014)

Kirjastosta on saatavilla ”uncompressed” -versio, joka tarjoaa erilaisia ominaisuuksia kehityksen sekä testauksen tarpeisiin. Lopullisessa, julkaistavassa sivustossa suositellaan käytettäväksi kevyempää ”compressed” versioita, josta nämä ominaisuudet on karsittu pois. (Jquery www-sivut, 2014)

Jquery on oiva apu esimerkiksi aikaisemmin mainitun AJAX -toiminnon soveltamisessa; se ratkaisee automaattisesti eri selainten kanssa syntyvät yhteensopivuusongelmat .

(Jquery www-sivut, 2014)

### 5.2.5 HTML 5

HTML5 on HTML -merkkikielen viimeisin versio, joka tarjoaa edelliseen versioon verrattuna uusia ominaisuuksia. Sen päämääränä on pyrkiä vähentämään erillisten selaimiin asennettavien lisäosien tarvetta.

Esimerkkejä HTML5:n tarjoamista uusista ominaisuuksista ovat videoiden ja äänen toistomahdollisuus sekä tässäkin opinnäytetyössä hyödynnetty 2D grafiikan luomiseen käytettävä ”<canvas>” -elementti, joka mahdollistaa javascriptin lisävustuksella dynaamisesti käyttäytyvän grafiikan toteuttamisen. (w3schools www-sivut, 2014)

### 5.3 Editorit

Sivuston luomisessa hyödynnettiin ”Microsoft Expression Web 4” sekä ”notepad++” -editoreja. Expression Web 4 on nk. WYSIWYG- editori (what you see is what you get). Se tarkoittaa käytännössä sitä, että sivuja pystytään luomaan ”drag and drop” - tyyliin ja lopputulos näyttääkin pitkälti siltä miltä se näyttää muokausvaiheessa. (Wikipedia www-sivut, 2014)

Helppouden mukana tulee myös ongelmia, eivätkä WYSIWYG- tyyppisen editorin automaattisesti tekemät ratkaisut ole aina niitä optimaalisimpia, kun tallennukseen käytettävää tilaa on niukasti. Lopulta projektin edetessä tapahtuikin siirtyminen notepad++ -tekstieditoriin ja paras tulos syntyiikin, kun HTML -koodia kirjoitettiin puhtaasti itse.

### 5.4 Sivujen merkistökoodaus

Eräs huomion arvoinen seikka sivujen laatimiselle on se, että, niiden pitää olla merikistökoodattuja muotoon UTF-8. (Simatic S7-1200 Easy Book 2014, 199)

Tämä kuitenkin aiheuttaa ongelmia siinä vaiheessa, kun sivustolta lomakkeen kautta määritelty muuttuja, esimerkiksi tässä tapauksessa siilojen raaka-ainetyyppi esitetään HMI -paneelissa. Ongelmia syntyy ääkkösten näyttämisen suhteen.

Ongelma saadaan kuitenkin ratkaistua siten, että niissä lomakkeissa, joissa muutettavan muuttujan tyyppi on merkkijono, arvo lähetetään länsieurooppalaisella merkistökoodauksella ”ISO 8859-1”. Tällä tavoin merkkijonot saadaan näkymään kirjainten suhteen oikein niin käyttöliittymäpaneelissa kuin myös web -sivustollakin.

### 5.5 Muuttujien automaattinen päivittäminen

Jotta web -käyttöliittymä saataisiin kuitenkin muistuttamaan toiminnaltaan mahdollisimman paljon perinteistä HMI -ratkaisua, täytyisi sivustolla esitettävän informaation latautua sekä päivittyä automaattisesti taustalla.

Yhdysvaltalaisen ohjelmisto sekä teknologiakonsultointiyrityksen DMC:n sivuilta löytyy mainio tutoriaali S7 1200- sarjan HTTP -palvelimen käyttöönottoon liittyen. Tim Jager on yrityksen blogissa kirjoittanut 9.7.2013, miten luodaan yksinkertainen ominaisuutta hyödyntävä web -sivu. (Jager, 2013)

Blogista löytyy hyviä vinkkejä esimerkiksi muuttujien arvojen automaattiseen päivittämiseen. Esimerkissä muuttujien tilojen automaattinen, taustalla tapahtuva päivitys, toteutetaan JQuery- kirjaston AJAX -metodia hyödyntäen. Tätä samaa tapaa sovellettiin myös tässä projektissa.

Logiikan muuttujien esittämiseen web -sivulla riittää se, että sivun HTML -koodin sekaan on kirjoitettu AWP -viittauskäskyt, eli ts. muuttujien symboliset nimet. Jos toteutetaan AJAX -ominaisuutta hyödyntävä, taustalla tapahtuva, automaattinen muuttujien tilojen päivitys, on haun kohteena oltava jonkinlainen tiedostorakenne, jossa muuttujien viittaukset sijaitsevat. Työn aikana kokeiltiin muutamia erilaisia rakenteita muuttujan säilyttämiseen, ennen kuin löytyi suorituskykyisin ratkaisu.

Eräissä versioissa muuttujien viittaukset oli sijoitettu rakenteeltaan logiikan ”SiiloData” sekä ”LaskuriMittaus” tiedostoyksikköjä muistuttaviin XML-tiedostoihin (kuva19), joista suoritettiin vaadittavat muuttujien tilojen päivitykset JQueryn avulla. Tällainen menetelmä osottautui kuitenkin suorituskyvyltään melko hitaaksi. Syy tähän löytyy luultavammin logiikan rajallisista resursseista, sillä suurikokoisen XML -taulukon läpikäyminen jokaisen HTTP -pyynnön yhteydessä on runsaasti laskentaresursseja vaativa prosessi. Lisähuomautuksena XML – tiedostotyyppiä ei suoraan palvelinominaisuuden yhteydessä edes tueta. Näiden ongelmien vuoksi muuttujien viittauksien säilyttämistä XML -tiedostorakenteessa ei sovellettu vaikka, se olisi ollut ylläpidettävyyden ja selkeyden kannalta hyvä keino.

## Laskurimittaus.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<LaskuriMittaus>
  <Siilo1>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo1.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo1.status:</Tila>
  </Siilo1>
  <Siilo2>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo2.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo2.status:</Tila>
  </Siilo2>
  <Siilo3>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo3.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo3.status:</Tila>
  </Siilo3>
  <Siilo4>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo4.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo4.status:</Tila>
  </Siilo4>
  <Siilo5>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo5.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo5.status:</Tila>
  </Siilo5>
  <Siilo6>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo6.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo6.status:</Tila>
  </Siilo6>
  <Siilo7>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo7.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo7.status:</Tila>
  </Siilo7>
  <Siilo8>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo8.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo8.status:</Tila>
  </Siilo8>
  <Siilo9>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo9.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo9.status:</Tila>
  </Siilo9>
  <Siilo10>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo10.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo10.status:</Tila>
  </Siilo10>
  <Siilo11>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo11.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo11.status:</Tila>
  </Siilo11>
  <Siilo12>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo12.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo12.status:</Tila>
  </Siilo12>
  <Siilo13>
    <Mittausaika>:="LaskuriMittaus".Siilo13.klopvm:</Mittausaika>
    <Tila>:="LaskuriMittaus".Siilo13.status:</Tila>
  </Siilo13>
</LaskuriMittaus>
```

## Siilodata.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<SiiloData>
  <Siilo1>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo1.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo1.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo1.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo1>
  <Siilo2>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo2.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo2.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo2.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo2>
  <Siilo3>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo3.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo3.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo3.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo3>
  <Siilo4>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo4.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo4.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo4.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo4>
  <Siilo5>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo5.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo5.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo5.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo5>
  <Siilo6>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo6.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo6.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo6.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo6>
  <Siilo7>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo7.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo7.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo7.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo7>
  <Siilo8>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo8.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo8.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo8.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo8>
  <Siilo9>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo9.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo9.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo9.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo9>
  <Siilo10>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo10.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo10.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo10.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo10>
  <Siilo11>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo11.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo11.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo11.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo11>
  <Siilo12>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo12.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo12.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo12.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo12>
  <Siilo13>
    <Massa>:="SiiloData".Siilo13.Massa:</Massa>
    <Alarajatila>:="SiiloData".Siilo13.Alarajatila:</Alarajatila>
    <Ilmoitustila>:="SiiloData".Siilo13.Ilmoitustila:</Ilmoitustila>
  </Siilo13>
</SiiloData>
```

Kuva 19. XML- tiedostorakenteet

Toisessa versiossa toteutettiin HTML –sivu, jossa muuttujien symboliset viittaukset oli sijoitettuna oman yksilöllisen id:n sisältämien div -elementtien sisään. JQuery-kirjastoa hyödyntäen tarvittavat muuttujien arvot haravoitiin niitä vastaavien id-attribuuttien perusteella. Tässäkin ratkaisussa sama ongelma toistui jälleen ja tiedon haku toimi liian hitaasti. Se oli XML –toteutukseen verrattuna jopa vielä hitaampaa.

Näitä edellä mainittuja versioita yhdistävä tekijä oli se, että logiikalta selaimelle luettavien muuttujien määrä oli suuri. Jos esimerkiksi taustalla HTTP- pyyntöä aktiivisesti vaativia muuttujia on jokaista siiloa kohden 5 kpl, niin silloin taustalla haettavia muuttujien määräksi muodostuu kokonaisuudessaan yhteensä 65 kpl. Logiikan palvelimen suorituskyky ei riitä näin suuren muuttujamäärän päivittämiseen mielekkäässä ajassa. Jos tiedon haluaisi päivittymään sivustolla suorituskykyisemmin, olisi suuren muuttujajoukon siirtäminen toteutettava jollakin muulla tavalla.

Siemensin S7 1200 -sarjan logiikoiden www -palvelinominaisuutta koskevassa manuaalissa on kohta, jossa käydään läpi ns. ”aikaoptimoidun” HTML -sivun toteuttaminen. (Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012, 38)

Tällaisessa ratkaisussa useat muuttujat yhdistetään yhdeksi pitkäksi merkkijonoksi, joka sitten puretaan selainpäässä javascriptiä hyödyntäen. Manuaalissa mainitaankin, että siirrettävien muuttujien koolla ei ole niinkään väliä, vaan ainoastaan niiden määrällä.

Lopulta suorituskykyisin ratkaisu oli se, että web –käyttöliittymässä tarvittavat muuttujat siirrettiin selaimelle viiden isomman ”WebData” merkkijonon sisällä. Siirrettäviä arvoja olivat; raaka-ainemäärät, laskurimittauksen mittausajat, laskurimittauksen tilatiedot, alarajatiedot sekä ilmoitusrajatiedot. Arvot yhdistettiin toisiinsa merkkijonoja yhdistävällä toimilohkolla (kuva 20)



Kuva 20. Raaka-ainemääriä koskevan WebDatan -muodostus logiikkaohjelmassa

Jokaiselle ”webdata” merkkijonolle luotiin oma HTML -sivu, johon sijoitettiin ainoastaan kyseisen merkkijonon viittaus eli muuttujan symbolinen nimi. Näin ollen taustalla suoritetun HTTP -pyynnön lisäksi ei tarvinnut suorittaa minkäänlaisia tiedostorakenteen parsimisia, vaan ainoastaan muuttujan arvon hakeminen määritellystä osoitteesta.

”WebData” -merkkijonoissa siilokohtaiset muuttujat on eritelty puolipisteellä. Täten riittää, että selainpäässä muuttujat erotetaan toisistaan javascriptin ”split()” -funktion avulla ja saadut arvot sijoitetaan taulukkotyyppiseen muuttujaan. Tästä taulukosta siilokohtaisiin arvoihin päästään käsiksi viittaamalla taulukon eri alkioihin. Näin ollen palvelimelta siirrettävien muuttujien määrä pysyy pienenä, mutta siirrettävä informaatio pysyy kuitenkin suurena.

Kuten on jo tullut ilmi, muuttujien tiedonsiirtonopeus keskusyksikön sekä selaimen välillä on verrannollinen keskusyksiköltä luettavien muuttujien määrään. Tiedonsiirtonopeutta voidaan kuitenkin vielä tarvittaessa hieman parantaa nostamalla

keskusyksikön laitekonfiguraation, ”general” välilehden alta löytyvän asetuksen ”communication load” määrää. Kuva 21. esittää miten ”communication load” -asetuksen nostaminen vaikuttaa muuttujien päivitysnopeuteen.

(Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012, 24)

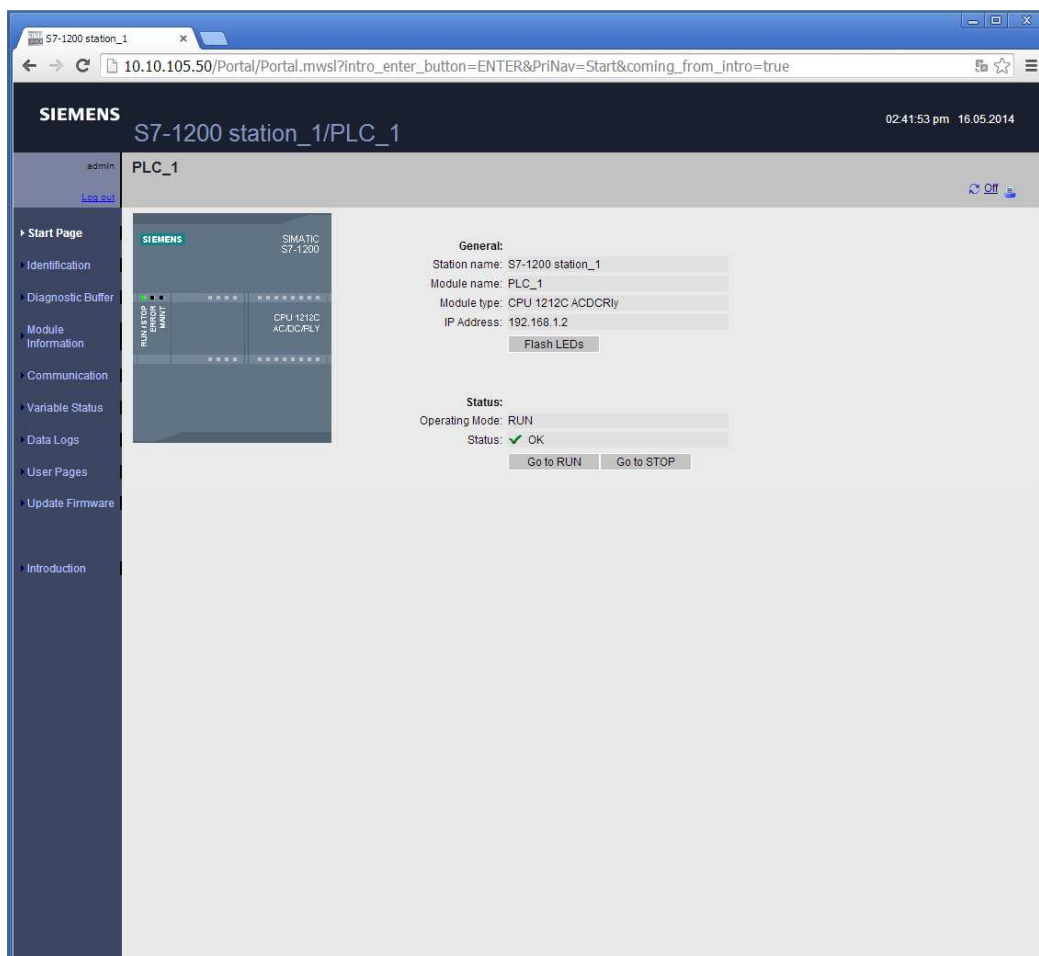
Number of variables	Communication load [%]	Refresh time [s]
10	20	2.4
10	40	2.1
20	20	3.3
20	40	2.8
40	20	5.9
40	40	4.8

Kuva 21. Communication load (Creating and Using Own Web Pages for S7-1200 2012)

Tämä kuitenkin tapahtuu logiikan ohjelmankieroaajan kustannuksella. Tässä tapauksessa keskusyksikön ”communication load” asetettiin maksimi arvoon, joka on 50 %. Logiikan ohjelmankiertoaika vaihteli tällä asetuksella välillä 4 – 16ms. Koska kyseessä ei ole nopeita vasteaikoja vaativa järjestelmä, todettiin ohjelmankiertoaajan olevan tarpeeksi riittävä. Web –käyttöliittymän käytettävyys parani selkeästi asetuksen nostamisen jälkeen.

## 5.6 Valmis käyttöliittymä

Kun reitittimen ulospäin näkyvä IP-osoite kirjoitetaan tehdasverkkoon kytketyn tietokoneen selaimen osoitekenttään, ohjataan liikenne logiikan palvelimelle. Ensimmäisenä avautuu keskusyksikön aloitussivu. Enteriä klikkaamalla päästään keskusyksikön etusivulle, jonka kautta on esimerkiksi mahdollista nähdä logiikan toimintaan liittyvää diagnostiikkaa sekä monitoroida muuttujien tiloja (kuva 22). Navigointipalkista löytyy kohta ”userpages”, jonka kautta päästään käsiksi käyttäjän luomiin sivustoihin.



Kuva 22. Keskusyksikön etusivu

Jotta logiikan muuttujien arvoihin päästäisiin tekemään muutoksia, on keskusyksikköön lähetettävä kirjautumistiedot. Tämä tehdään yleensä keskusyksikön etusivulla olevan kirjautumiskentän kautta. Web -käyttöliittymää varten kirjautuminen toteutettiin kuitenkin niin, että se tapahtuu automaattisesti, kun sivustolle siirrytään sivun ”index.htm” kautta. Kyseinen sivu lähettää logiikalle kirjautumistiedot ja ohjaa onnistuneen kirjautumisen jälkeen käyttäjän varsinaiselle mittausjärjestelmän web -sivustolle. Kirjautuminen tapahtuu HTTPS -yhteuden kautta.

### 5.6.1 Etusivu

Web -käyttöliittymä on käytännössä rakennettu yhden sivun ”seuranta.htm”, ympärille, johon päivitetään tarvittava sisältö. Sivun sisältöä navigointipalkin sekä ”iframe” -elementin, johon avataan navigointipalkista valitut sivut.

Oletuksena ”iframe” näyttää etusivun (kuva 23), jossa jokaiselle siilolle on luotu oma ns. ”ikkuna”. Jokaisessa ikkunassa esitetään kyseisen siilon oleelliset tiedot; kuten raaka-aineen tyyppi, raaka-aineen määrä, viimeisimmän mittauksen ajankohta sekä siiloa koskevat hälytykset. Lisäksi jokaisen sähkömekaanista pinnankorkeuden mittalaitetta käyttävän siilon mittaus on mahdollista käynnistää ikkunan kautta. Näissä ikkunoissa, mittauksen etenemisestä indikoidaan käynnistyspainikkeen muuttuvan värin sekä hälytyskenttään ilmaantuvan ilmoituksen avulla. (Kuva 24).

Ensimmäisen siilon ikkunassa on käytössä jatkuvaan mittaukseen kykenevä saatettu mikroaaltotutka, joten siinä arvo päivittyy automaattisesti sekunnin välein. Tästä ikkunasta on karsittu pois käynnistyspainike sekä mittausajankohdan ilmoitus (kuva 23).

Kuva 23. Web -käyttöliittymän etusivu



Kuva 24. Ikkunoiden päivitys suhteessa tilamuuttujan arvoon

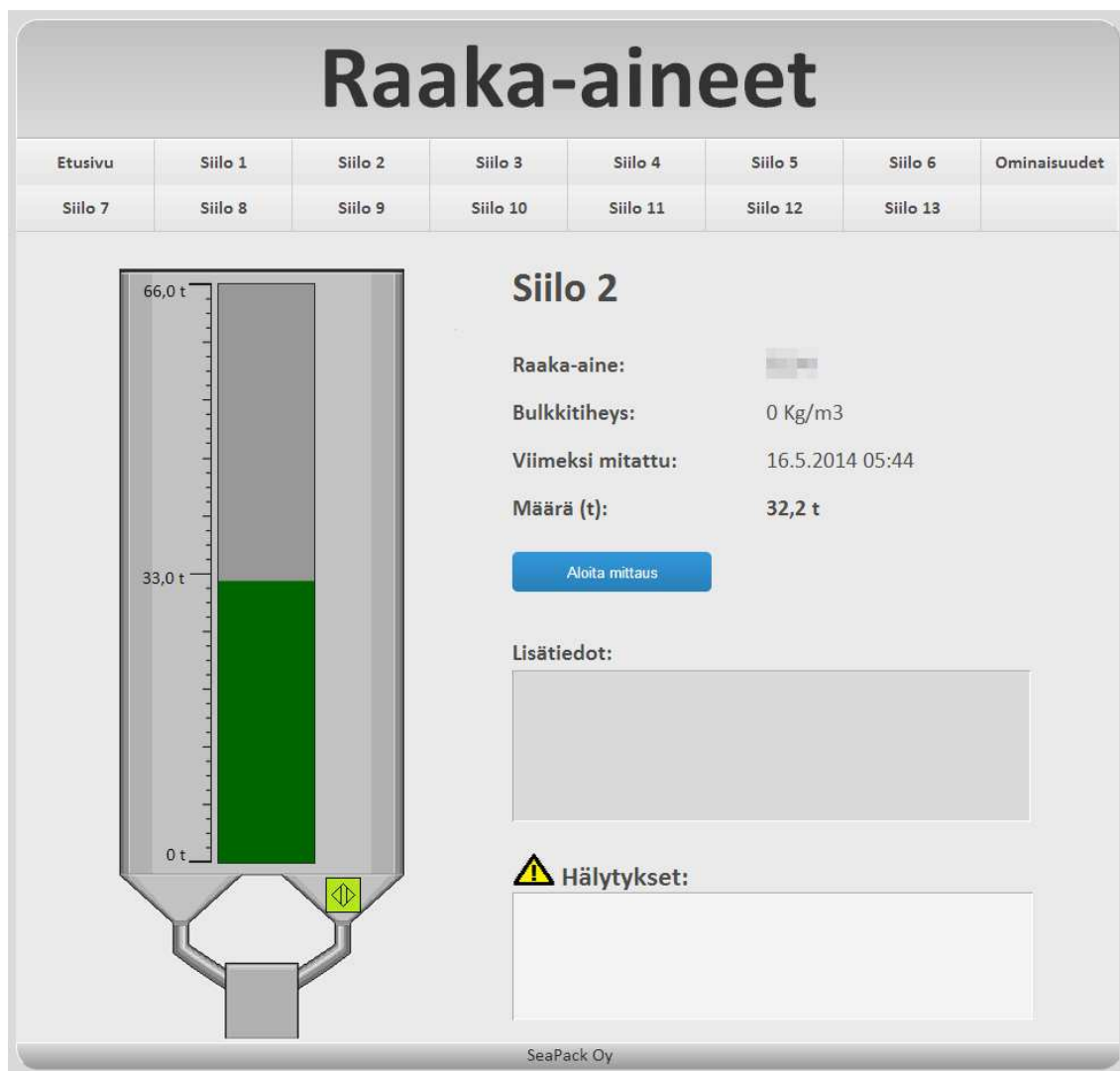
### 5.6.2 Siilokohtaiset sivut

Etusivun lisäksi jokaiselle siilolle on laadittu oma yksilöllinen sivu, jossa esitetään tarkemmin siilojen tietoja (kuva 25). Siilon täyttökapasiteettia kuvataan graafisesti raaka-ainemäärään suhteessa muuttuvan palkin muodossa. Palkin toiminta toteutettiin HTML5:n mahdollistaman ”canvas” -elementin sekä javascriptin avulla.

Siilon rakennekuvan alaosassa sijaitsee alarajakytkimen tilaa indikoiva ikoni, joka vaihtaa väriään kytkimen tilan mukaan. Vihreä väri ilmaisee, että siilossa on raaka-ainetta, kun taas punainen väri kuvaa tyhjää siiloa.

Näiden lisäksi sivuilta löytyy lisätiedot -kenttä, jossa esitetään käyttäjän mahdollisesti tallentama tieto liittyen kyseiseen siiloon tai siinä olevaan raaka-aineeseen. Tekstiä on mahdollista tallentaa 100- merkin verran.

Sivuilta on myöskin mahdollista käynnistää sähkömekaaninen mittaus, niiden siilojen kohdalla, jotka tätä mittaustapaa hyödyntävät.



Kuva 25. Siilo 2:n tietoja koskeva sivu

### 5.6.3 Ominaisuudet

Ominaisuudet –sivulta (kuva 26) on mahdollista muuttaa siilokohtaisia arvoja. Muutettavia arvoja ovat siilossa olevan raaka-aineen tyyppi, lisätiedot, bulkkitiheys sekä käyttäjän määriteltävissä oleva ilmoitusraja-arvo, jonka avulla on mahdollista saada muistutus raaka-aineen vähydestä hälytyskentän kautta.

Vasemmalta löytyy navigointipalkki, jonka kautta voidaan valita mikä tahansa siiloista muokattavaksi. Arvojen muuttaminen vaatii, että keskusyksikköön on kirjauduttu.

Raaka-aineet																											
Etusivu	Siilo 1	Siilo 2	Siilo 3	Siilo 4	Siilo 5	Siilo 6	Ominaisuudet																				
	Siilo 7	Siilo 8	Siilo 9	Siilo 10	Siilo 11	Siilo 12	Siilo 13																				
Valitse siilo	Ominaisuudet																										
Siilo 1																											
Siilo 2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Siilo 2</th> </tr> <tr> <th>Raaka-aineen tyyppi:</th> <th>Voimassa oleva arvo:</th> <th>Bulkkitiheys (Kg/m<sup>3</sup>):</th> <th>Voimassa oleva arvo:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="text"/> Muuta tyyppi</td> <td></td> <td><input type="text"/> Muuta tiheys</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>Lisätiedot (max. 100 merkkiä):</th> <th>Voimassa oleva arvo:</th> <th>Hälytysraja-arvo (t):</th> <th>Voimassa oleva arvo:</th> </tr> <tr> <td><input type="text"/> Muuta lisätietoja</td> <td></td> <td>(Arvolla -1, pois käytöstä) <input type="text"/> Muuta hälytysrajaa</td> <td>-1</td> </tr> </tbody> </table>							Siilo 2				Raaka-aineen tyyppi:	Voimassa oleva arvo:	Bulkkitiheys (Kg/m <sup>3</sup> ):	Voimassa oleva arvo:	<input type="text"/> Muuta tyyppi		<input type="text"/> Muuta tiheys	0	Lisätiedot (max. 100 merkkiä):	Voimassa oleva arvo:	Hälytysraja-arvo (t):	Voimassa oleva arvo:	<input type="text"/> Muuta lisätietoja		(Arvolla -1, pois käytöstä) <input type="text"/> Muuta hälytysrajaa	-1
Siilo 2																											
Raaka-aineen tyyppi:	Voimassa oleva arvo:	Bulkkitiheys (Kg/m <sup>3</sup> ):	Voimassa oleva arvo:																								
<input type="text"/> Muuta tyyppi		<input type="text"/> Muuta tiheys	0																								
Lisätiedot (max. 100 merkkiä):	Voimassa oleva arvo:	Hälytysraja-arvo (t):	Voimassa oleva arvo:																								
<input type="text"/> Muuta lisätietoja		(Arvolla -1, pois käytöstä) <input type="text"/> Muuta hälytysrajaa	-1																								
Siilo 3																											
Siilo 4																											
Siilo 5																											
Siilo 6																											
Siilo 7																											
Siilo 8																											
Siilo 9																											
Siilo 10																											
Siilo 11																											
Siilo 12																											
Siilo 13																											

Kuva 26. Siilojen ominaisuudet

## 6 YHTEENVETO

Alunperin projektin tavoitteena oli tehdä pinnankorkeuden mittauslaitteistojen uusiminen jokaiselle kolmelle pääraaka-ainesilolle. Tavoitteeseen ei valitettavasti opinnäytetyön aikana päästy. Johdetulla mikroaaltotekniikalla toimivan mittalaitteen asentamisessa ja käyttöönottamisessa on otettava huomioon monia asioita, jotta laite toimisi oikein ja tästä syystä se on aikaa vievä operaatio.

Aikataulu venyi myös senkin takia, että siiloon oli tarkoitus asentaa alussa eri valmistajan saatettua mikroaaltotutkaa. Lukuisista yrityksistä huolimatta, kyseinen laite ei kuitenkaan toiminut LDPE -muovigranulaatin kanssa. Vasta huhtikuun aikana hankittiin Vegan valmistama Vegaflex 82, jolle annettiin toimintatakuu. Tämä malli toimikin lopulta niin kuin luvattiin ja sitä voikin suositella muovigranulaatin pinnanmittaukseen.

Vaikka mittalaitteiden kanssa olikin ongelmia, onnistui järjestelmän kannalta tärkeä etäkäyttöliittymä hyvin. Ongelmia syntyi lähinnä muuttujien päivittämisen suhteen sivuston toimiessa hitaasti, mutta lopulta, kun muuttujat siirrettiin käyttöliittymälle muutaman suuremman merkkijonon sisällä, saatiin sivustosta suorituskykyisempi ja sitä kautta miellyttävämpi käyttää.

On kuitenkin huomioitava, että tällaisen HTML -pohjaisen käyttöliittymän rakentaminen vie huomattavasti enemmän aikaa verrattuna esimerkiksi WinCC -pohjaiseen, mutta se antaa paljon enemmän vapautta toteuttamisen suhteen, sillä siinä voidaan soveltaa monia tänä päivänä internetsivustojen kanssa yleisesti hyödynnettäviä teknologioita sekä ominaisuuksia. Mielestäni tähän projektiin se soveltui varsin hyvin, sillä aikaa oli varattu tarpeeksi sivujen rakentamiseen sekä mahdollisten ongelmien ratkaisemiseen. Monimutkaisempaa käyttöliittymää on kuitenkin vaikeahko rakentaa tätä ominaisuutta hyödyntämällä ja se sopiikin ehkä parhaiten kevyisiin sekä satunnaisesti käyttöä vaativiin sovelluksiin.

Mittausjärjestelmän rakenteesta saatiin sellainen, että se mahdollistaa mikroaaltotutkien laajentamisen tulevaisuudessa muihinkin siiloihin. Käyttöönoton

pitäisi logiikkaohjelman puolesta onnistua vaivattomasti sillä mikroaaltotutkalle on rakennettu valmis sovellettava toimilohko. Ainoastaan web -sivuston muuttaminen mikroaaltotutkalle sopivaksi vaatii laajempaa paneutumista, sillä sivuston ulkoasua sekä javascript -koodia joudutaan silloin hieman muuttamaan. Tarkoituksena olisi vielä kuitenkin rakentaa valmiit sivupohjat jokaiselle siilolle mikroaaltotukia varten, jolloin tarvittaessa sivujenkin päivittäminen onnistuisi suhteellisen helposti.

Opinnäytetyö oli kokonaisuudessaan hyvin antoisa sillä siinä pääsi soveltamaan monia kursseilla opittuja asioita käytännössä. Lisäksi sen aikana tuli myös opittua monia uusia asioita. Työ oli laajudeltaan juuri sopiva ja lopputuloksessa päästiin mielestäni hyvin lähelle alkuperäistä toivetta.

## LÄHTEET

BlueLevel Technologies Inc. 2010. Application Considerations for continuous level and inventory monitoring of powder and bulk solids. Viitattu 10.4.2014.

<http://www.blueleveltechnologies.com/files/WhitePaper004.pdf>

VEGA www-sivut 2014. Viitattu 15.4.2014.

[http://www.vega.com/en/Level\\_measurement\\_TDR\\_GWR-VEGAFLEX82.htm](http://www.vega.com/en/Level_measurement_TDR_GWR-VEGAFLEX82.htm)

Wikipedia www-sivut 2014. Viitattu 20.5.2014.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Permittiivisyys>

Simple. Reliable. Guided. 2013. VEGA Journal 2/13, 3-4.

VEGA. 2013. Vegaflex 82 operating Instructions. Viitattu 15.4.2014.

<http://www.vega.com/downloads/BA/41829-EN.PDF>

Valuatlas www-sivut 2014. Viitattu 12.5.2014.

[http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics\\_PE\\_FL.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PE_FL.pdf)

Siemens. 2013. S7-1200 Katalogiasivut . Viitattu 20.5.2014.

[http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/catalog/en/simatic\\_st70\\_chap03\\_english\\_2013.pdf](http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/catalog/en/simatic_st70_chap03_english_2013.pdf)

Siemens. 2014. Simatic S7-1200 Easy Book. Viitattu 20.5.2014.

[https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQxMTM0MwAA\\_39710145\\_HB/s71200\\_easy\\_book\\_en-US\\_en-US.pdf](https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQxMTM0MwAA_39710145_HB/s71200_easy_book_en-US_en-US.pdf)

Modbus-IDA. 2006. Modbus messaging on TCP/IP implementation guide v1.0b. Viitattu 23.3.2014.

[http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Messaging\\_Implementation\\_Guide\\_V1\\_0b.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf)

Advantech Co Ltd.2011. ADAM-6000 Series User Manual, Viitattu 23.3.2014.

[http://www.bb-elec.com/Products/Manuals/ADAM-6000Series\\_Manual\\_V4\\_June2011.pdf](http://www.bb-elec.com/Products/Manuals/ADAM-6000Series_Manual_V4_June2011.pdf)

Siemens. 2012. Creating and Using Own Web Pages for S7-1200. Viitattu 10.4.2014.

[http://cache.automation.siemens.com/dnl/zA/zAxNDQ3AAAA\\_58862931\\_Tools/58862931\\_S7-1200\\_Webserver\\_DOKU\\_v10\\_en.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/zA/zAxNDQ3AAAA_58862931_Tools/58862931_S7-1200_Webserver_DOKU_v10_en.pdf)

World Wide Web Consortium www-sivut. Viitattu 21.5.2014.

<http://www.w3.org/standards/webdesign/script>

Wikipedia www-sivut. Viitattu 23.3.2014.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax\\_\(programming\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_(programming))

World Wide Web Consortium www-sivut. Viitattu 23.3.2014.

<http://www.w3.org/TR/XMLHttpRequest/>

Jquery www-sivut, Viitattu 23.3.2014. <http://jquery.com/>

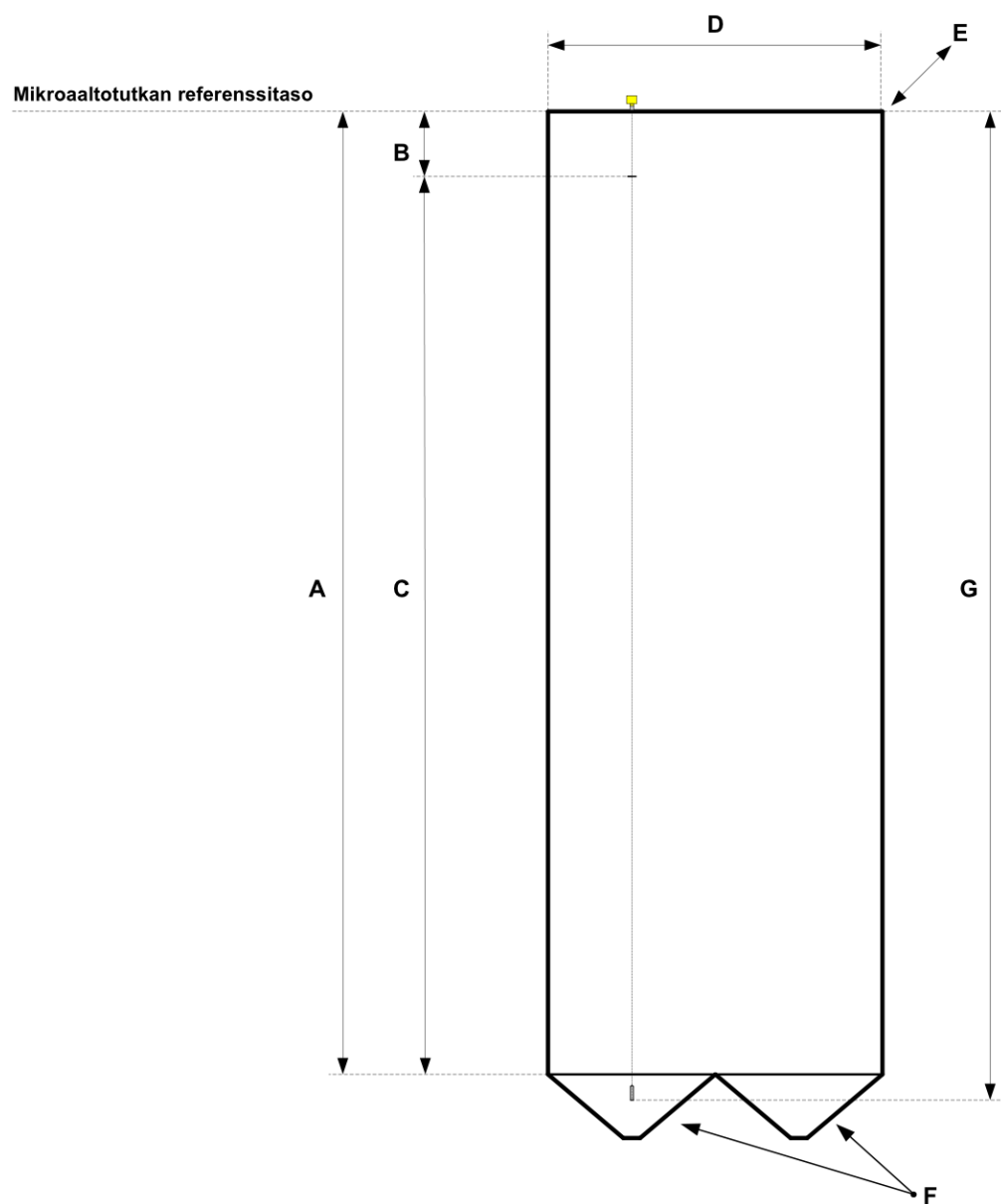
w3schools www-sivut, Viitattu 23.3.2014.  
[http://www.w3schools.com/html/html5\\_intro.asp](http://www.w3schools.com/html/html5_intro.asp)

Wikipedia www-sivut, Viitattu 15.5.2014. <http://fi.wikipedia.org/wiki/WYSIWYG>

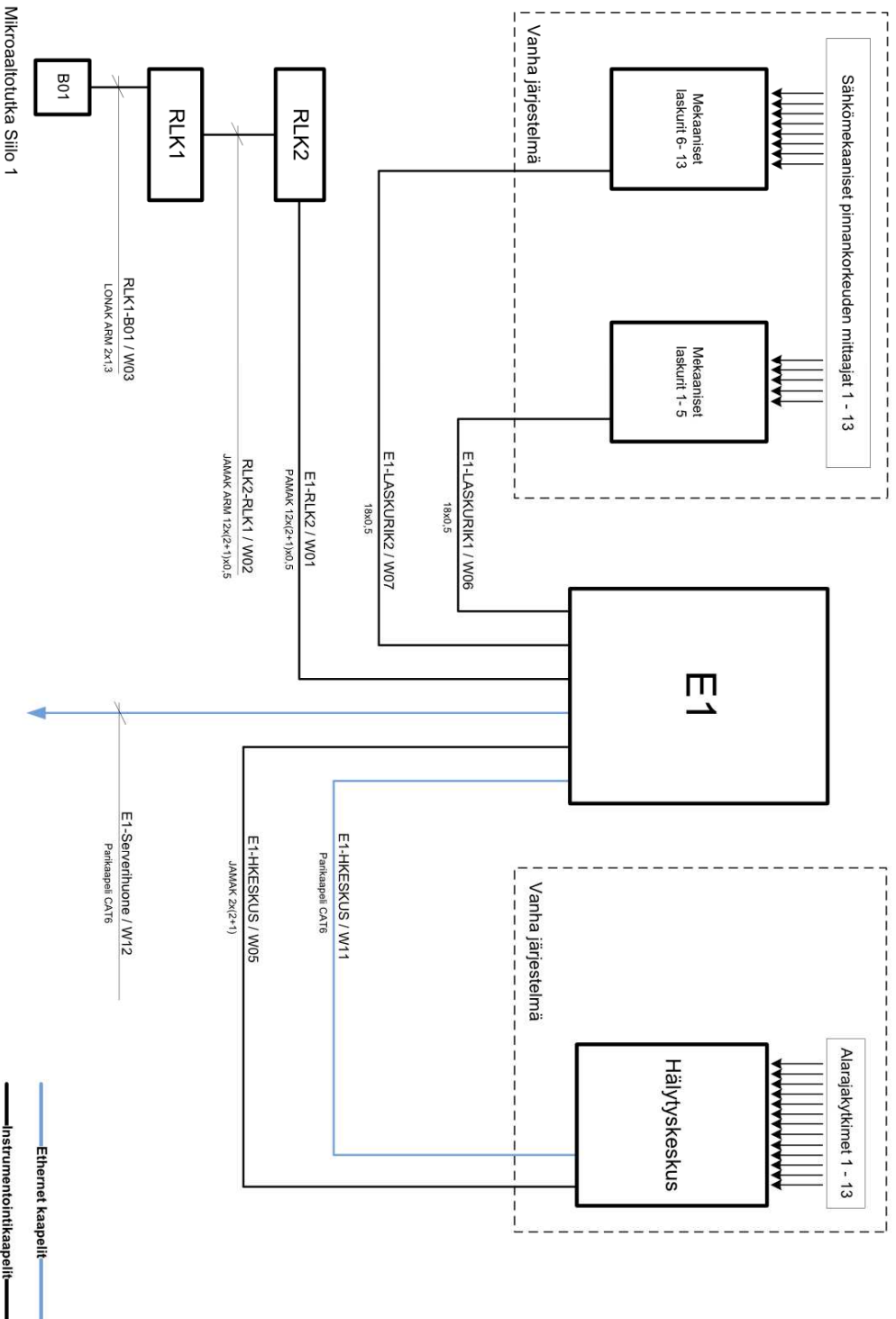
Jager, Tim. "Siemens S7-1200 Web server tutorial -From Getting started to HTML5 User Defined Pages". Latest thinking. 9.7.2013. Viitattu 17.5.2014.  
<http://www.dmcinfo.com/latest-thinking/blog/id/8567/siemens-s7-1200-web-server-tutorial--from-getting-started-to-html5-user-defined-pages>

## Siilo 1. Saatettu mikroaaltotutka

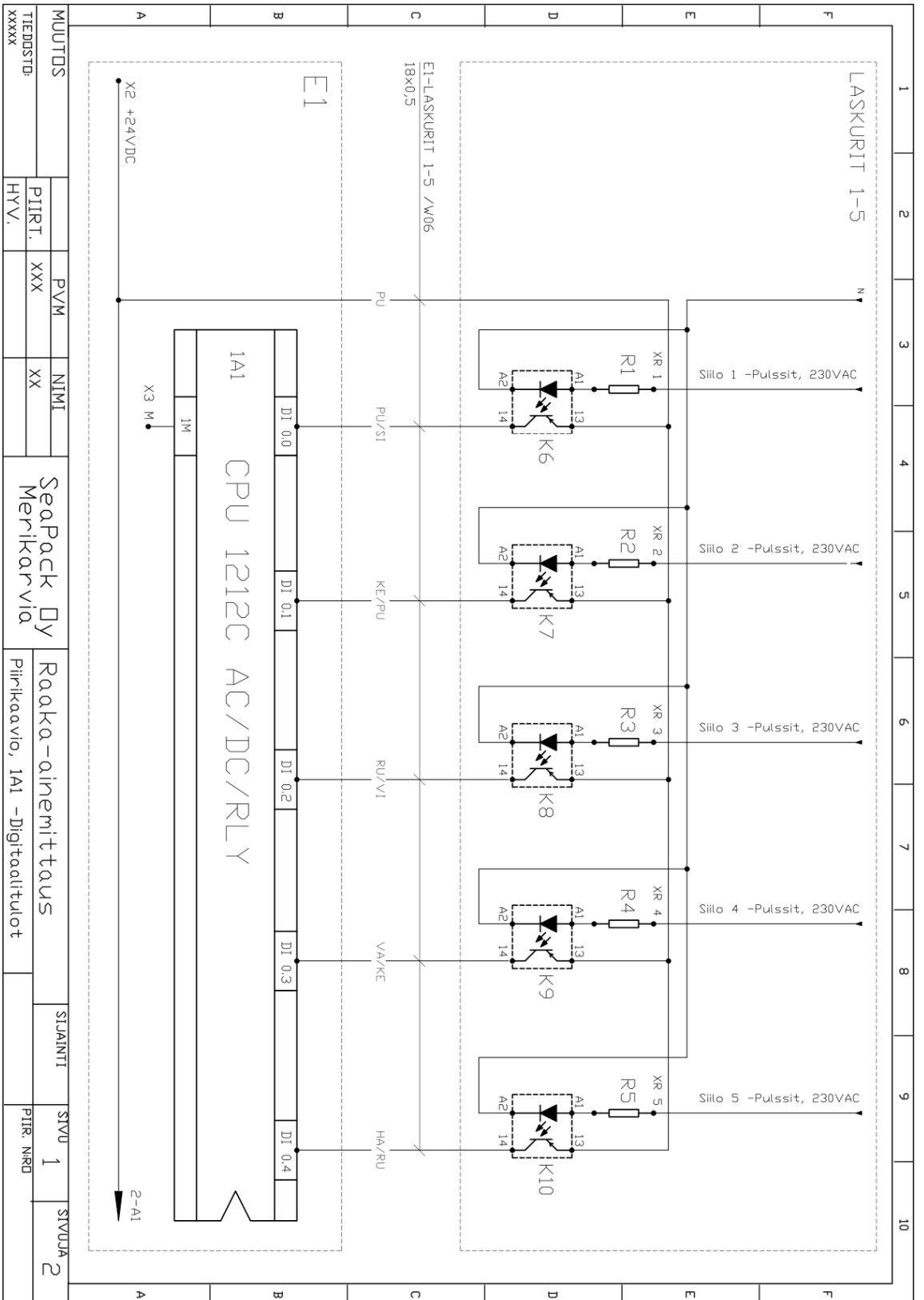
A = Min. Adjustment - virtaviesti 4mA:-----	12,175 m
B = Max. Adjustment - virtaviesti 20mA :-----	0,8 m
C = Mittausalue:-----	11,375 m
D = Siilon pituus:-----	4,245 m
E = Siilon leveys:-----	2,11m
F = Alaosan kartioiden tilavuudet:-----	1,33m <sup>3</sup> +1,33m <sup>3</sup>
G = Vajerin pituus:-----	12,5 m



## Mittausjärjestelmän fyysinen rakenne



# LIITE 3



MUUTOS	PIIRT.	PVM	NIMI	SeaPack Oy	Raaka-ainemittaus	SUAINTI	SIVU	SIVUJA
TIEDOSTO	xxx	xxx	xx	Merikarvia	Piinlkaavio, IA1 -Digitaalitulot		1	2
xxxxx	HVV.						PIIR. NRO	

