

KIVIAINEKSEN KOSTEUDEN SEURANTA- JA SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Opinnäytetyö

Markus Kuusela

Huhtikuu 2012

Automaatiotekniikka

Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) KUUSELA, Markus	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 21.04.2012
	Sivumäärä 63	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi KIVIAINEKSEN KOSTEUDEN SEURANTA- JA SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) SELOSMAA, Seppo		
Toimeksiantaja(t) HB-Betoniteollisuus Oy Richard Laitinen		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella kosteuden seuranta- ja säätöjärjestelmä betonituotteiden tuotannossa käytettävälle kiviainekselle. Kosteuden seuranta- ja säätöjärjestelmän suunnittelulla pyrittiin saamaan toimeksiantajana toimineen HB-Betoniteollisuus Oy:n uusimman tehtaan toimintaa entistä kustannustehokkaampaan suuntaan. Tavoitteena oli saada kosteuden seuranta- ja säätöjärjestelmä toimimaan siten, ettei järjestelmä hidastaisi tehtaan tuotantoprosessia lainkaan.</p> <p>Kiviaineksen kosteuden seuranta- ja säätöjärjestelmä suunniteltiin Siemens Simatic Step 7-ohjelmalla. Suunniteltu ohjelmakoodi liitettiin osaksi tehtaan alkuperäistä ohjelmaa, jonka ansiosta kiviaineksen kosteuden seuranta- ja säätöjärjestelmä toimii tuotantoprosessin tahdissa hidastamatta sitä lainkaan.</p> <p>Betonituotteiden tuotannossa tuoremassan oikean kosteuden saavuttamisella on suuri vaikutus siihen, kuinka hyvin tuotteen prässääminen muotoonsa onnistuu ja kuinka kestävä tuotteesta tulee.</p> <p>Kiviaineksen kosteuden seuranta- ja säätöjärjestelmä huomioi kiviaineksen kosteuden muutoksen jo annosteluvaiheessa. Kosteuden muutoksen sekä annostellun kiviaineksen massan perusteella ohjelmakoodi laskee, kuinka monta litraa vettä myllylle asetetusta veden ohjearvosta tulee vähentää, jotta tuoremassan kosteus pysyisi ennallaan. Mikäli ohjelmalle on annettu lupa automaattiseen veden vähennykseen, ohjelma vähentää myllyn veden ohjearvosta automaattisesti laskemansa vesimäärän.</p> <p>Siemens Step 7-ohjelmalla suunniteltu ohjelmakoodi testattiin ja se toimi halutulla tavalla.</p>		
Avainsanat (asiasanat) kiviaines, betoni, betonin kosteus		
Muut tiedot		



Author(s) KUUSELA, Markus	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 21042012
	Pages 63	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title DESIGNING A MOISTURE MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR AGGREGATES		
Degree Programme Automation Technology		
Tutor(s) SELOSMAA, Seppo		
Assigned by HB-Betoniteollisuus Ltd. Richard Laitinen		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to design moisture monitoring and control system for aggregates. Moisture monitoring and control system design aimed to at a more cost efficient operation of HB-Betoniteollisuus Ltd's newest plant. The goal was to get the moisture and control system to operate in such a way that the system would not slow down the production process at all.</p> <p>Aggregate moisture monitoring and control system was designed with Siemens Simatic Step 7 software. Designed program code was attached to plants original program code, which allows aggregate moisture monitoring and control system to operate without slowing production process at all.</p> <p>Achieving the correct moisture for the aggregate mass has a major impact on how well the product can be pressed to shape and how durable the product will be.</p> <p>The aggregate moisture monitoring and control system considers the aggregate moisture change in the dosing phase. By knowing the moisture change of aggregates and the needed dose of aggregates the program code calculates how many liters of water from the mill's water setpoint should be reduced so that the aggregate mass's moisture would remain unchanged. If the program is allowed to do automatic reduction of water calculated liters will be reduced from the setpoint automatically.</p> <p>The program code designed with the Siemens Simatic Step 7 program was tested and it worked in the desired manner.</p>		
Keywords aggregate, concrete, moisture of concrete		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	HB-Betoniteollisuus Oy	5
1.2	Opinnäytetyön aiheen valinta	5
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet	6
2	TUOTANTOPROSESSI.....	6
2.1	Betoni.....	6
2.2	Raaka-aineiden tuonti ja säilytys.....	7
2.3	Tuotteiden valmistus	8
2.4	Tuoremassan kosteuden vaikutus tuotteiden valmistukseen.....	11
2.4.1	Tuoremassan kosteuden seuranta.....	11
2.4.2	Myllyjen kosteusanturit	12
3	KIVIAINEKSEN KOSTEUDEN MÄÄRITTÄMINEN	13
3.1	Kiviaines	13
3.2	Kosteuden määrittäminen.....	14
4	OHJAUSJÄRJESTELMÄ	15
4.1	Ohjelmoitava logiikka eli PLC.....	15
4.1.1	Kehittyminen.....	15
4.1.2	Toiminta	16
4.1.3	Tulo- ja lähtöportit	16
4.2	Siemens S7-400.....	17
4.3	Simatic step 7.....	19
4.3.1	Yleistä tietoa Simatic Step 7:sta.....	19

4.3.2	Laitteistokokoonpano asetukset.....	19
4.3.3	Toiminto (FC).....	19
4.3.4	Tietolohko (DB)	20
4.3.5	Muuttujataulukko (VAT)	20
4.3.6	Järjestelmälohko (OB).....	20
4.4	Hajautettu ohjausjärjestelmä.....	21
4.3.7	Yleistä tietoa hajautetusta ohjausjärjestelmästä	21
4.3.8	Kenttäväylä	21
5	TYÖN VAIHEET JA TOTEUTUS.....	21
5.1	Tarpeiden rajaaminen ja toimintakuvaus	21
5.2	Anturien vertailu ja valinta	22
5.2.1	Water Content Monitor WCM411	22
5.2.2	Hydro-Probe II –mikroaaltokosteusanturi	24
5.2.3	Anturin valinta	27
5.3	Siemens Simatic Step 7- ohjelmistomuutokset	28
5.3.1	FC 2, Ohjelmakoodi	28
5.3.2	FC 33, Kivisiilo 3 ja FC 34, Kivisiilo 4	30
5.3.3	FC 38, Vaakakuljetin.....	31
5.3.4	FC 30, Resepti.....	31
5.3.5	FC 55, Vedet myllyihin	31
5.3.6	Laitteistohallinta	31
6	OHJELMAN TOIMINTOJEN TESTAAMINEN	32
6.1	FC 33, Kivisiilo 3	32
6.2	FC 34, Kivisiilo 4	33
6.3	FC 38, Vaakakuljetin	34
7	KEHITYSKOhteita.....	35
8	POHDINTA	36
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	41

Liite 1. FC 2, Ohjelmakoodi.....	41
Liite 2. Tehdyt muutokset: FC 33, Kivisiilo 3.....	44
Liite 3. Tehdyt muutokset: FC 34, Kivisiilo 4.....	46
Liite 4. Tehdyt muutokset: FC 38, Vaakakuljetin.....	48
Liite 5. Tehdyt muutokset: FC 30, Reseptit	51
Liite 6. Tehdyt muutokset: FC 55, VedetMyllyihin	53
Liite 7. Tehdyt muutokset: Laitteistohallinta	59
Liite 8. Antureiden piirikaavio	60

KUVIOT

KUVIO 1. Raaka-aineiden tuonti, säilytys ja annostelu	7
KUVIO 2. Purkusiilot	8
KUVIO 3. Kuuppa ja housukappale.....	9
KUVIO 4. Prässi	10
KUVIO 5. Tuorekuljetin prässiltä automaattitorniin	10
KUVIO 6. Vaurioita prässätyssä tuotteessa	12
KUVIO 7. Kosteuden muutos kuvaajassa	12
KUVIO 8. Hydro-Mix VI -mikroaaltokosteusanturi	13
KUVIO 9. S7-400-logiikka	18
KUVIO 10. WCM411-optinenkosteusanturi	23
KUVIO 11. WCM411-optisenkosteusanturin asennusesimerkki.....	23
KUVIO 12. Hydro-Probe II -mikroaaltokosteusanturi.....	25
KUVIO 13. Hydro-Probe II ja materiaalinvirtaus	26
KUVIO 14. Kosteuden vaikutus taajuuteen (f) ja amplitudiin (A).....	26
KUVIO 15. FC 33:n (Kivisiilo 3) laskenta funktion monitorointi	33
KUVIO 16. FC 34:n (Kivisiilo 4) laskenta funktion monitorointi	34
KUVIO 17. Vaakakuljetin toimintojen monitorointi	35
KUVIO 18. WCM411-anturin kytkentäesimerkki	36

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Analogiarvon esitys virtamittausalueella 4 - 20 mA.....	28
---	----

1 JOHDANTO

1.1 HB-Betoniteollisuus Oy

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi jyvaskyläläinen HB-Betoniteollisuus Oy, joka on perustettu vuonna 1963. Kyseessä on yksi Suomen johtavista betonituotteiden valmistajista, joka valmistaa harkkoja, mosaiikkibetonilaattoja, portaita, valmisbetonia ja pihatuotteita. (Historia 2011.)

HB-Betoniteollisuus Oy:llä on tehtaita Jyväskylässä ja Somerolla, lisäksi yritys omistaa puolet Pietarissa toimivasta betonituotetehtaasta. Kolmannessa polvessa toimiva perheyritys työllistää n.150 henkilöä ja alihankkijoina kuljetuksessa n. 60 henkilöä. Liikevaihto vuonna 2010 oli n. 30 miljoonaa euroa. (Nieminen 2011.)

1.2 Opinnäytetyön aiheen valinta

Suoritin insinööriopintoihini kuuluvan työharjoitteluni HB-Betoniteollisuus Oy:n Jyväskylän E-tehtaalla, jossa pääsin kokeilemaan erilaisia tehtäviä, kuten pakkaajan sekä mylläriin tehtäviä. Pakkaajan vastuulla oli pakkauspään joustavan toiminnan varmistaminen ja tuotteiden laadun seuranta. Mylläri huolehtii prässille tulevan massan koostumuksesta ja kosteudesta. Tuotteille on omat reseptinsä koneella, jotka sisältävät laboranttien määrittämät oikeat määrät soraa, sepeliä, filleriä ja sementtiä.

Työssäni pääsin tutustumaan automaattisten laitteiden toimintaan ja ohjaamiseen. Harjoittelun aikana kävi ilmi, että mylläriellä ei ole tietoa vaakahihnalle pudotettavien kiviainesten kosteudesta ja ainoa kosteuden seuranta suoritetaan myllyissä, joissa kiviainekset, sementti ja vesi sekoitetaan keskenään. Tästä syntyi idea suunnitella kiviaineksen kosteuden seuranta- ja säätöjärjestelmä. Säätöjärjestelmä suunniteltaisiin aluksi ainoastaan soralle, koska suurin osa tuotteista, jota

valmistetaan sisältää soraa ja soran vaikutus massan kosteuteen on suurin, sillä soraa on massassa paljon. Pienikin kosteuden muutos prässille tulevassa massassa voi vaikuttaa tuotteen kestävyteen ja laatuun.

1.3 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella tehtaan toimintaa tehostava kosteudenseuranta- ja säätöjärjestelmä raaka-aineena käytettävälle kiviainekselle. Kosteudenseuranta- ja säätöjärjestelmän toiminnan tulisi vähentää mahdollisia tuoremassan menetyksiä ja tasoittaa tuotteiden laatua. Suurimpana haasteena työssäni oli saada järjestelmä toimimaan siten, ettei se hidasta muuta prosessia.

Henkilökohtaisena tavoitteenani oli oppia hahmottamaan ja rajaamaan osa-alueet, joita sisältyy työn suunnitteluun ja kehittämiseen. Pyrin saamaan työn tekemisestä kaiken opittavan hyödyn irti, jotta voisin hyödyntää oppimiani asioita tulevaisuudessa uran edetessä.

2 TUOTANTOPROSESSI

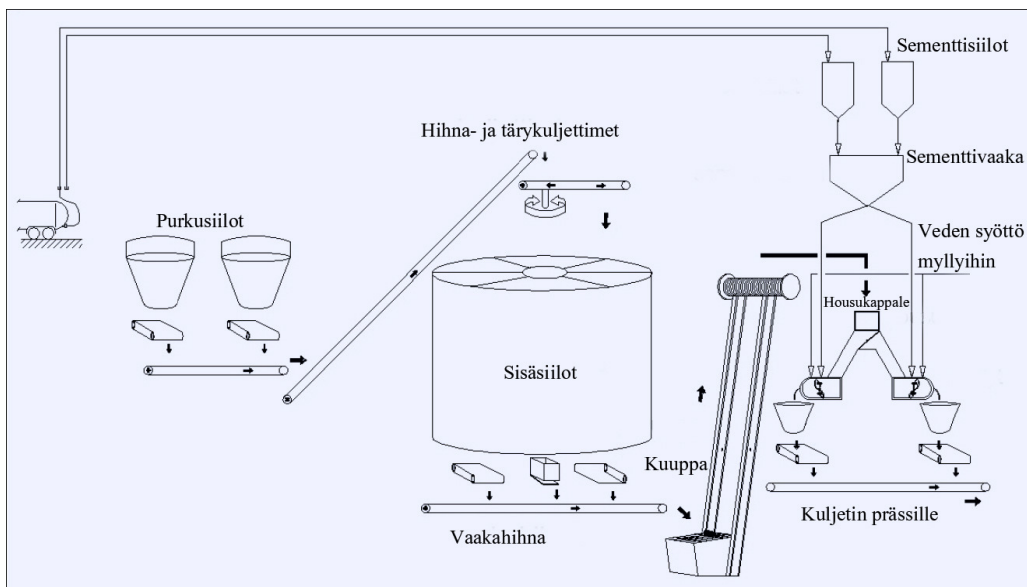
2.1 Betoni

Sementti on betonin tärkein ainesosa. Sementtiä on betonissa keskimäärin 8 - 16 painoprosenttia, eli n. 200 - 400 kg kuutiota kohden. Runkoaineen kiviaineksen rakeiden koko vaihtelee 0,02 - 16 mm. Kiviainesta on noin 70 % betonin tilavuudesta. Lisättävää vesimäärää säätelemällä voidaan vaikuttaa betonin lujuuteen ja tiiviyyteen. Mitä enemmän vettä betoniin lisätään sitä työstettävämpää betonista tulee. Samalla betonin lujuus heikkenee. Vesimäärää laskiessa tulee ottaa huomioon myös runkoaineiden mukana tuleva vesi. Betonin valmistuksessa voidaan hyödyntää

vesijohtovettä. (Mitä betonin valmistuksessa tapahtuu 2012; Betonin lujuus riippuu vesi-sementtisuhteesta 2012.)

2.2 Raaka-aineiden tuonti ja säilytys

Raaka-aineet tuodaan kuorma-autoilla tehtaan ulkopuolella sijaitseviin purkusiiloihin. Ulkona on neljä siiloa eri kiviaineksille ja siilojen suojaksi on tehty katokset, joita voi nostaa tai laskea, joko valvomosta tai siilojen läheisyydessä olevasta kopista. Siilojen päälle on tehty siivilöivä raudoitus, joka siivilöi kiviaineksen täyttövaiheessa, jotta suuremmat kiven murikat eivät pääse kulkeutumaan siiloon kiviaineksen mukana ja tätä kautta prässille. Purkusiiloista kiviaines kuljetetaan useiden hihna- ja tärykuljettimien avulla sisäsiiloihin, josta kiviainekset annostellaan tarpeen mukaan. (ks. kuvio 1.)



KUVIO 1. Raaka-aineiden tuonti, säilytys ja annostelu (HB-Betoniteollisuus Oy.)

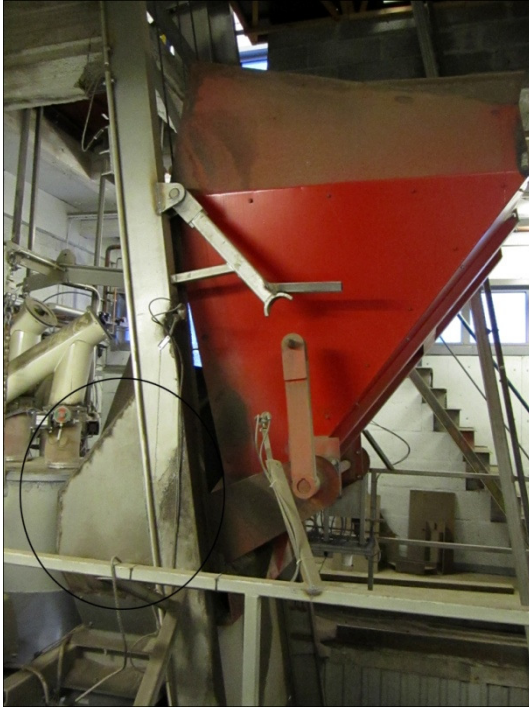
Toisinaan kiviainesta joudutaan säilyttämään purkusiilojen läheisyydessä tai purkusiiloissa, mikäli sisäsiilot ovat täynnä (ks. kuvio 2). Tämän seurauksena erityisesti syksyllä, talvella ja keväällä kiviainekseen sitoutuu kosteutta, joka voi vaikuttaa huomattavasti tuotantoprosessissa käytettävän massan kosteuteen, joka taas voi vaikuttaa tuotteiden laatuun. Soran kosteuden muutokset vaikuttavat eniten, sillä soraa on massassa eniten.



KUVIO 2. Purkusiilot

2.3 Tuotteiden valmistus

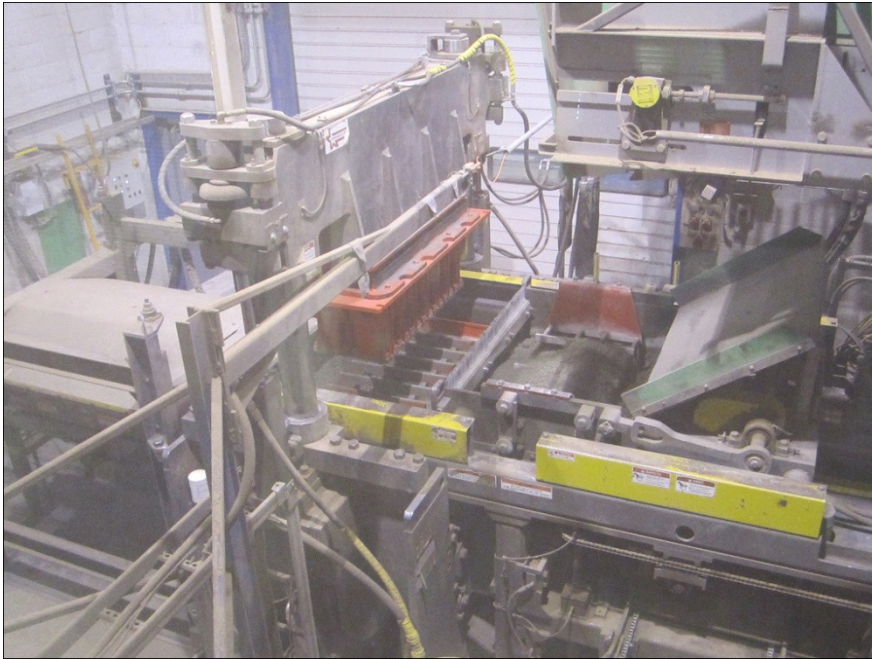
Tuotannon aloituksessa mylläri tarkistaa tuotettavan tuotteen reseptin, ja mikäli kaikki on kunnossa, hän käynnistää annostelun, jolloin vaakahihnalle annostellaan reseptin mukaiset määrät eri kiviaineksia. Annostelun jälkeen kiviainekset kulkevat vaakahihnalta kuoppaan, joka nostaa kiviainekset myllyjen yläpuolelle. Ne pudotetaan putkea pitkin housukappaletta hyödyntäen käytettävään myllyyn (ks. kuvio 3).



KUVIO 3. Kuuppa ja housukappale

Välittömästi kiviaineksen päädyttyä myllyyn, lisätään vettä myllärin määrittämän veden ohjearvon verran. Mylly sekoittaa vettä ja kiviainesta noin minuutin, minkä jälkeen lisätään sementti, sekä väri ja lisäaine jos ne ovat käytössä.

Mylläri seuraa valvomosta myllyn kosteusanturin näyttämää kosteusprosenttia. Kosteuden ollessa liian alhainen lisätään vettä valvomosta, kunnes kosteus on oikea, jolloin annetaan myllylle tyhjennyslupa. Mylly tyhjentyy alapuolella olevaan suppiloon. Suppilon alapuolella on annostelukuljetin, joka annostelee prässille kulkevalle kuljettimelle oikean määrän massaa aina kun prässin kuljetin pudottaa massaa prässin massalaatikkoon. Massalaatikko annostelee prässille oikean määrän massaa, minkä jälkeen tuote prässätään teräslevylle (ks. kuvio 4). Prässätty tuote kulkee teräslevyn päällä automaattitorniin, josta tornin täytyessä automaattitrucki hakee tuotteet ja kuljettaa uuniin (ks. kuvio 5). Uunin täytyttyä mylläri sulkee uunin oven valvomosta ja käynnistää tuotteelle soveltuvan höyrytyksen. Höyrytyksen jälkeen tuotteet ovat pakkausvalmiita.



KUVIO 4. Prässi



KUVIO 5. Tuorekuljetin prässiltä automaattitorniin

2.4 Tuoremassan kosteuden vaikutus tuotteiden valmistukseen

2.4.1 Tuoremassan kosteuden seuranta

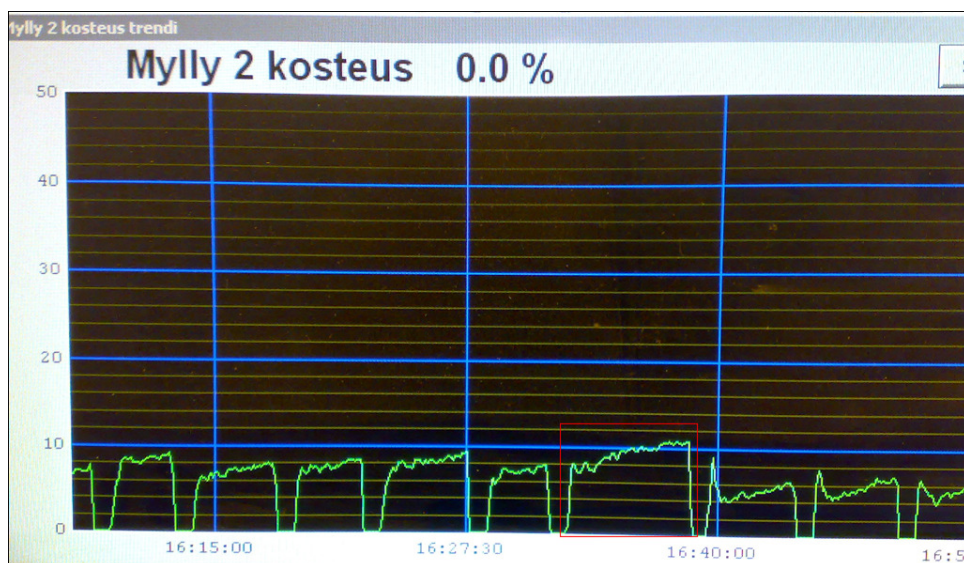
Tuoremassan kosteuden seuranta suoritetaan tällä hetkellä ainoastaan myllyissä, joissa kiviainekset sekoitetaan keskenään. Kiviainesten sekoittamisen aikana myllyihin lisätään samalla vesi, lisäaine, väriaine ja sementti. Jokaisen lisättävän raaka-aineen määrä on määritetty valmiiksi reseptiin, jonka mylläri valvomosta valitsee. Tuoremassaan lisättävän vesimäärän määrittämisessä hyödynnetään myllyissä olevia kosteusantureita, jotka ilmoittavat suuntaa-antavan prosentuaalisen arvon massan kosteudelle. Prässin jälkeiselle tuorekuljettimelle on asennettu punnituspiste, jolla voidaan seurata prässättyjen tuotteiden yksikköpainoa. Jokaiselle tuotteelle on määritetty ihannepaino. Tuotteiden painon seuranta on hyvin olennainen osa kosteudenseurannassa, koska useasti selvästi ylipainoiset tuotteet ovat liian kosteita. Antureiden ja punnituksen lisäksi oikean kosteuden määrittämiseksi mylläri sekä konemies käyvät tunnustelemassa käsin.

Nykyisen kosteuden seurannan avulla yllättäviin raaka-aineiden kosteusmuutoksiin on käytännössä mahdotonta reagoida ajoissa, koska ensimmäisen tieto valvomoon saadaan vasta, kun raaka-aineet ovat jo sekoittuneet myllyssä. Käytännössä mylläriin on mahdollista vaikuttaa aikaisintaan seuraavan tuoremassan valmistuksessa käytettävään vesimäärään.

Liian kostea tuoremassa voi jäädä muottiin, aiheuttaa mittavirheitä tuotteessa, pullistumia ja tuotteen rikkoutumisia (ks. kuviot 6 ja 7).



KUVIO 6. Vaurioita prässätyssä tuotteessa



KUVIO 7. Kosteuden muutos kuvaajassa

2.4.2 Myllyjen kosteusanturit

Myllyissä käytetään Hydro-Mix VI -antureita, jotka on erityisesti kehitetty betonituotannossa käytettävien raaka-aineiden kosteuden mittaamiseen (ks. kuvio 8). Hydro-Mix VI on Hydronix Ltd:n kehittämä anturi, joka perustuu digitaaliseen mikroaaltomittaukseen. Anturit on asennettu tarkkojen asennusmääräysten mukaan myllyjen pohjaan. Anturi on jatkuvasti kosketuksissa mitattavan tuoremassan kanssa, joten mittauspään suojana on vaihdettava keraaminen suojakansi. Anturi mittaa 25

kertaa sekunnissa materiaalin kosteuden. Hyvällä kalibroinnilla jo 0,1 %:n kosteuden muutos on havaittavissa. Tämä mahdollistaa kosteuden tarkan seuraamisen reaaliajassa. (Introduction & Mechanical Installation 2012.)

Digitaalisen mikroaaltomittauksen toimintaperiaate (ks. luku 5.2.2).



KUVIO 8. Hydro-Mix VI -mikroaaltokosteusanturi (Hydro-Mix VI 2012.)

3 KIVIAINEKSEN KOSTEUDEN MÄÄRITTÄMINEN

3.1 Kiviaines

Kiviainekset toimivat betonin runkoaineena. Kiviaines muodostuu yleisimmin luonnon kiviaineksista, jotka voivat olla mekaanisesti murskattuja tai luonnon muokkaamia. Esimerkiksi Suomessa hyödynnetään yleensä mekaanisesti murskattua graniittipohjaista kiviainesta. (Betonin raaka-aineet 2012.)

Betoniteollisuudessa hyödynnetään kiviaineita, joissa raekokovaihtoehtoja on neljä. Pieni rakeisin vaihtoehto on filleri, jonka rakeet läpäisevät suurimmaksi osaksi 0,063 mm:n seulan. Suurin rakeisuus 8 mm, on luonnon lajittelemalla kiviaineksella. Näiden kahden vaihtoehdon väliltä löytyvät hieno kiviaines ja karkeakiviaines. (Betonin kiviainekset 2007, 12 - 19.)

Betonituotteiden hyvän lujuuden saavuttamiseksi on suositeltavaa käyttää vähintään kahta eri raekokoa tuotantoprosessissa. Tämä johtuu siitä, että eri raekoon kiviainekset pakkautuvat paremmin lomittain keskenään muodostaen tiiviin ja kestävä rakenteen. (Betonin raaka-aineet 2012.)

3.2 Kosteuden määrittäminen

Tarkka kiviaineksen kosteuden tai kuivuuden määrittäminen vaatii kiviaineksen ulkoisen olemuksen tutkimista. Mikäli kiviaines on todella rapautunutta eli huokoista, vaatii oikea vesi-sementtisuhte enemmän vettä kuin normaalisti, koska kuiva huokoinen kiviaines imee eli absorptoi vettä huomattavan määrän. Sama asia pätee toisinpäinkin, eli jos huokoinen kiviaines on todella kostea, vaatii muodostettava tuoremassa vähemmän lisävettä kuin normaalisti. (Betonin kiviainekset 2007, 23.)

Kesällä runkoaineiden kosteus on aikalailla vakio eikä suuria muutoksia aineiden kosteudessa ilmene. Suurimmaksi osaksi runkoaineiden kosteudesta johtuvia ongelmia ilmenee kosteina syksyinä, talvella ja keväällä. Betonituotteiden tekemisessä optimaalisen vesi-sementtisuhteen saavuttamiseksi on siis otettava huomioon myös runkoaineiden sisältämä kosteus.

Keskustelin HB-Betoniteollisuus Oy:n laborantin kanssa ja sain selville, kuinka soran sisältämän kosteuden voi selvittää ja kuinka paljon massaan lisättävää vesimäärää tulee vähentää, jotta säilytetään sama vesi-sementtisuhte, jos soran kosteus muuttuu 1 %:n, kun soraa on 1500 kg.

Litran astia täytetään soralla ja astia punnitaan. Sora-astian painoiksi punnittiin 1500 g. Soraa kuivataan uunissa noin vuorokausi, minkä jälkeen sora-astia punnitaan uudestaan. Kuivapainoksi saadaan esimerkiksi 1400 g, joten sorassa oli märkäpainon ja kuivapainon erotuksen verran vettä eli 100 g. Saatua erotusta verrataan nyt kuivapainoon ja siten saadaan soran kosteus selvitettyä painoprosentteina:

$$\frac{100 \text{ g}}{1400 \text{ g}} \cdot 100 \% \approx 7,14 \%$$

Oletetaan, että normaali soran kosteus olisi 3 painoprosenttia, josta kosteus yhtäkkiä nousee 4 painoprosenttiin. Soraa otetaan massaa kohden 1500 kg ja vettä alun perin lisättiin 45 litraa massaa kohden. Prosentin muutos soran kosteudessa vaikuttaa seuraavasti:

$$1500 \text{ kg} \cdot 0,01 = 15 \text{ kg}$$

Jotta säilytettäisiin sama vesi-sementtisuhde kuin 3 painoprosentin soralla tulisi lisättävästä vesimäärästä vähentää siis suoraan 15litraa.

4 OHJAUSJÄRJESTELMÄ

4.1 Ohjelmoitava logiikka eli PLC

4.1.1 Kehittyminen

Ennen ohjelmoitavia logiikoita automaatioprosesseissa käytettiin erilaisia rele ja ajastimin yhdistelmiä, jotka toimivat suljetussa silmukassa. Tällaisen järjestelmän päivittäminen kävi todella kalliiksi ja vei aikaa, koska jokainen muutos tarkoitti kytkentöjen uudelleen tekemistä. Ohjelmoitavat logiikat kehitettiin autoteollisuuden innoittamana. Ensimmäiset ohjelmoitavat logiikat perustuivat relelogiikoiden

kytkentäkaaviota muistuttavaan LD, (Ladder Diagram), eli tikapuulogiikkaan.

Nykyajan ohjelmitavia logiikoita voidaan ohjata usealla eri koodikielellä, kuten FBD-, LD-, ST-, IL- ja SFC- kielillä. (Programmable logic controller 2012.)

4.1.2 Toiminta

Ohjelmitava logiikka (PLC, Programmable Logic Controller) on automaatioprosesseja ohjaava tietokone, joka muodostuu virtalähteestä, prosessorista, muistista ja tarpeen mukaan valituista tulo- ja lähtöporteista. Prosessia ohjaava koodi ladataan logiikan muistiin. Ohjelmitava logiikka toimii yhteistyössä kenttälaitteiden, kuten antureiden ja mittareiden kanssa. Mittalaitteet lähettävät tietoja prosessissa tapahtuvista muutoksista, ja logiikka ohjaa prosessia koodissa määritettyjen sääntöjen mukaisesti. Muutosten tekeminen verrattuna vanhanaikaiseen releohjaukseen on huomattavasti nopeampaa ja halvempaa. Esimerkiksi mittapisteen lisäyksen yhteydessä logiikkaan tulisi ainoastaan liittää uusi mittari ja tehdä tarvittavat muutokset ohjelmaan. (Programmable logic controller 2012.)

4.1.3 Tulo- ja lähtöportit

Ohjelmitavien logiikoiden tulo- ja lähtöportit voivat olla joko analogisia tai digitaalisia.

Analogiset signaalit toimivat portaattomasti eli välittävät arvon toiminta-alueensa väliltä. Yleensä logiikka tulkitsee analogiset viestit kokonaislukuina. Yleisimpiä analogisen signaalin avulla välitettyjä mittaustietoja ovat lämpötila-, virtaus- ja painetiedot. Analogista signaalia voidaan myös käyttää säätöjärjestelmissä. Analoginen mittaustieto kulkee ohjelmitavan logiikan kautta ja samalla logiikka muuttaa ohjelmointikoodissa määritetyn kohteen säätöjä mittaustietoa hyväksi käyttäen. Analogisen viestin välittämisessä yleisimpinä viestialueita ovat 4 – 20 mA ja +- 10 V. (Programmable logic controller 2012.)

Digitaaliset signaalit toimivat kuin on-off-kytkin. Joko tilanne on tosi tai epätosi, 1 tai 0. Digitaalisten signaalien ilmaisimessa käytetään virtaa tai jännitettä. Mikäli käytettävä jännite olisi 24 VDC, valittaisiin tietty osa jännitteestä kuvaamaan 0-tilaa ja loppuosa kuvaisi 1-tilaa. Esimerkiksi 24 VDC:n signaali ymmärrettäisiin 1-tilaksi ja 0 VDC:n 0-tilaksi. Digitaalisella signaalilla lähetään tietoja esimerkiksi rajakytkimistä ja painikkeista, joissa on digitaalinen lähtö. (Programmable logic controller 2012.)

4.2 Siemens S7-400

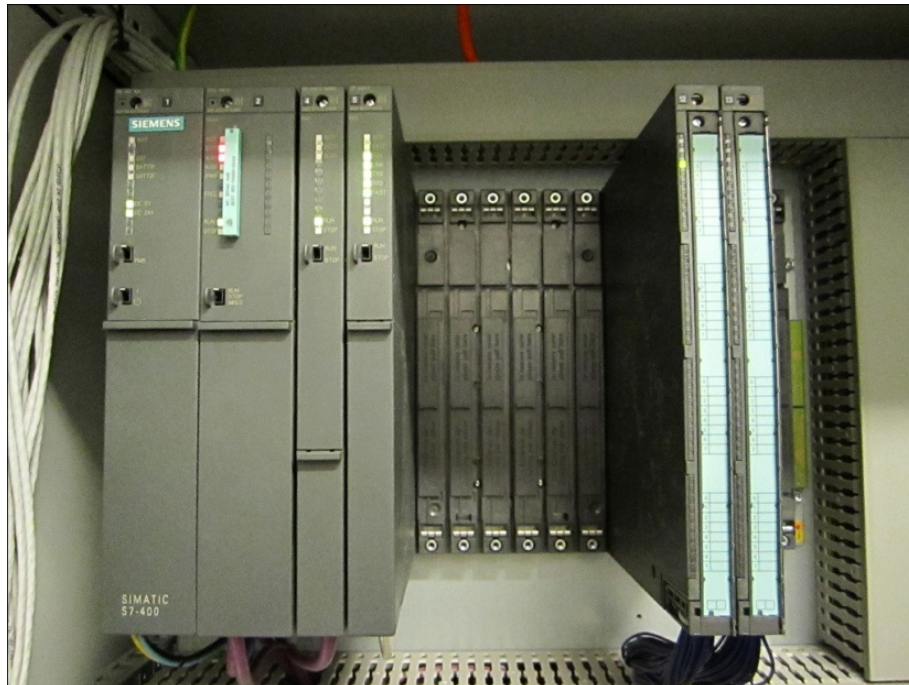
S7-400 on muistiohjelmoitava logiikka, jonka avulla lähes jokainen automaattinen tehtävä voidaan ratkaista. Logiikan yksiköt asennetaan korttikehikkoon ja järjestelmän laajentamista varten on olemassa laajennuslaitteita (Ks. Kuvio 9). (Simatic-S7-400 -asennuskasikirja, 19.)

S7-400 -automaatiojärjestelmän ominaisuuksia ovat

- porrastettu CPU-valikoima
- ylöspäin yhteensopivat CPUt
- lujarakenteiset kapseloidut yksiköt
- signaaliyksiköiden helppo liitântätekniikka
- kompaktien yksiköiden suuri asennustiheys
- optimaaliset kommunikaatio- ja verkotusmahdollisuudet
- ohjaus- ja valvontajärjestelmien helppo yhdistäminen
- kaikkien yksiköiden ohjelmistokohtainen parametointi
- mahdollisimman vapaa liitântäpaikan valinta
- multicomputing segmentoimattomassa korttikehikossa

(Simatic-S7-400 -asennuskasikirja, 19.)

S7-400 -logiikka muodostuu korttikehikosta, virransyöttöyksiköstä, keskusyksiköstä, muistiyksiköstä, liitäntäpistemoduulista, liitäntäyksiköistä ja signaaliyksiköistä. Korttikehikko liittää logiikkaan sisältyvät yksiköt mekaanisesti sekä sähköisesti. Virransyöttöyksikkö muuntaa verkkojännitteen (AC 120/230 V tai DC 24V) S7-400 -laitteen syöttöä varten sopiviksi DC 5 V - ja DC 24 V -käyttöjännitteiksi. Keskusyksikkö on koko logiikan aivot, se suorittaa käyttöohjelman muistiyksiköstä ja tekee tarvittavat ohjaukset käyttöohjelman mukaan hyödyntäen kenttälaitteilta saatuja tietoja. Muistiyksikköön tallennetaan ohjauksessa käytettävä ohjelma ja sen parametrit. Signaaliyksiköt muodostavat logiikan ja prosessin välisen liitännän, eli kaikki analogiset sekä digitaaliset mittaukset ja ohjaukset kulkevat tätä kautta logiikalle ja pois logiikalta. Liitäntäyksiköt liittävät logiikan yksittäiset korttikehikot keskenään. (Simatic-S7-400 -asennuskasikirja, 21.)



KUVIO 9. S7-400-logiikka

4.3 Simatic step 7

4.3.1 Yleistä tietoa Simatic Step 7:sta

Step 7 on ohjelmointi- ja konfigurointiohjelma Siemens Simatic -logiikoille, kuten esimerkiksi S7-400-logiikalle. Step 7 ohjelmalla on mahdollista ohjelmoida LAD-, FBD- ja STL- kielillä. (Programming with STEP 7 2012, 19.)

Seuraavaksi keskitymme lohkoihin ja käsitteisiin, joihin työni aikana paneuduin.

4.3.2 Laitteistokokoonpano asetukset

Laitteistokokoonpano asetuksista määritetään keskusyksikölle laitteiston kokoonpano, sen mukaan millaisia yksiköitä automaatiojärjestelmään on valittu sekä millaisilla yhteyksillä laitteet on yhteydessä toisiinsa. Laitteiston asetuksista voi nähdä automaatiojärjestelmän kaikki laitteet ja niiden tulo- ja lähtöosoitteet. Asetuksista voidaan myös määrittää tulo- ja lähtöliitännöissä kulkeva viestimuo- eli minkä muotoista viestiä mikäkin sisääntulo ottaa vastaan tai uloslähtö lähettää. (Programming with STEP 7 2012, 28.)

4.3.3 Toiminto (FC)

FC eli toimintayksikkö on perus ohjelmointiyksikkö, jolla ei ole omaa sisäistä muistia. Ohjelmoinnissa hyödynnetäänkin väliaikaismuistia, joka tarkoittaa sitä, että toiminnan suorittamisen jälkeen väliaikaismuisti tyhjenee. Toiminta yksiköitä hyödynnetään usein siten, että toimintayksikköön on rakennettu ohjelma, joka suorittaa matemaattisen laskun ja kutsuttaessa palauttaa saadun tuloksen kutsuttuun yksikköön. Toimintayksikön tulo- ja lähtö parametrit tulee määrittää IN ja OUT muuttuja tietoihin. (Programming with STEP 7 2012, 78.)

4.3.4 Tietolohko (DB)

Tietolohko (DB) toimii muistipaikkana, johon aluksi varataan tilaa tallennettavaa tietoa varten, jonka jälkeen varattuun muistipaikkaan voidaan tallentaa haluttu tieto. Muistipaikkaan tallennettua tietoa voidaan kutsua missä ohjelman vaiheessa vain. Tällainen DB on niin sanottu jaettu tietolohko (shared data block), koska lohkon sisäisiä muistietoja voi hyödyntää missä tahansa lohkossa haluaa. (Programming with STEP 7 2012, 85.)

Toinen DB-tyyppi on Instance Data Block, joka tarkoittaa sitä, että tietolohko on varattu tietyn toimintalohkon (FB) käyttöä varten. FB:n tallennettavat muistiparametrit tallentuvat DB:n muistipaikkaan ja näihin muistiparametreihin pääsee käsiksi ainoastaan sama FB, josta tiedot on tallennettu. (Programming with STEP 7 2012, 82.)

4.3.5 Muuttujataulukko (VAT)

Muuttujataulukkoa (VAT) hyödynnetään, kun halutaan monitoroida ja testata toimiiko tehty ohjelma halutulla tavalla. Mikäli testattava ohjelma suorittaisi matemaattisen toiminnon, lisättäisiin tulokseen vaikuttavat muuttujat taulukkoon ja monitorointi tilanteessa muuttujien arvoja voidaan muuttaa kesken monitoroinnin sekä samalla seurata kuinka tulos muuttuu. (Programming with STEP 7 2012, 407.)

4.3.6 Järjestelmälohko (OB)

Järjestelmälohko (OB) on koko ohjelman päälohko, jota prosessin logiikka kutsuu, jolloin ohjelman jaksollinen suorittaminen alkaa. Yksinkertainen ohjelma voidaan rakentaa suoraan OB:n sisälle. Yleensä ohjelmat rakennetaan hyödyntäen useampaa lohkoa ja näitä lohkoja kutsutaan OB:ssa, joka suorittaa ohjelman kutsutussa järjestyksessä. (Programming with STEP 7 2012, 73.)

4.4 Hajautettu ohjausjärjestelmä

4.3.7 Yleistä tietoa hajautetusta ohjausjärjestelmästä

Hajautettu ohjausjärjestelmä muodostuu älykkäistä ohjausyksiköistä, jotka kykenevät toimimaan itsenäisesti ilman käyttäjän valvontaa. Ohjausjärjestelmän osat on hajautettu lähelle prosessin eri osia ja jokainen järjestelmän osista osaa hoitaa tehtävänsä, myös jos jokin automaatiojärjestelmän osista vikaantuu tai on väliaikaisesti käyttökelvottomana. Hajautetun automaatiojärjestelmän toiminta perustuu usean ohjauspisteen yhtenäiseen työskentelyyn, vaikka toimipisteet eivät ole riippuvaisia toistensa toiminnasta. Tämän ansiosta riski koko järjestelmän lamaantumiselle yhden osan vikaantuessa on minimoitu, lisäksi yksittäisten komponenttien vaihtaminen tarvittaessa on helppoa. (Järjestelmän hajautus 2012.)

4.3.8 Kenttäväylä

Kenttäväylä on tärkeä osa automaatiojärjestelmää. Kenttäväylän avulla pystytään siirtämään tietoa mittalaitteiden, toimilaitteiden ja koko automaatiojärjestelmän välillä. Kenttäväylä mahdollistaa automaatiojärjestelmän hajauttamisen ja sitä kautta helpottaa automaatiojärjestelmän laajentamista ja huoltamista. Kenttäväylän etuna on säästö kaapeloinnissa, välitettävän tiedon digitaalisuus ja järjestelmän laajentamisen helppous. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 9.)

5 TYÖN VAIHEET JA TOTEUTUS

5.1 Tarpeiden rajaaminen ja toimintakuvaus

HB-Betoniteollisuus Oy:llä oli siis ongelmana se, että kiviaineksen kosteuden yhtäkkiseen muutokseen ei pystytty reagoimaan riittävän nopeasti. Tämä johtui siitä,

että kosteutta seurattiin vasta myllyssä eikä vaakahihnalla, johon ainekset annosteltiin sisäsiiloistaan. Olikin hyvin tarpeellista, että vaakahihnalle suunniteltaisiin järjestelmä, joka seuraisi raaka-aineiden kosteutta ja reagoisi kosteuden muutokseen jo annosteluvaiheessa.

Soraa annostellaan kahdesta siilosta, kahta eri annostelukuljetinta pitkin. Tästä syystä soran kosteuden muutosta mitattaisiin molemmilta kuljettimilta ja siiloista annosteltujen sorien määrät huomioitaisiin erikseen. Molemmista siiloista annostelluille sorille laskettaisiin soran kosteuden ja massan mukaan myllyjen vesiohjearvosta vähennettävät vesilitrat, jotka laskettaisiin yhteen ennen myllyjen vesiarvoon puuttumista. Toisinaan soraa voidaan annostella pelkästään yhdestä siilosta, joten tämä on ainoa tapa saada oikeat tulokset, kun käsitellään molempia siiloja erikseen.

Kosteudenmittaus- ja säätöjärjestelmä liitettäisiin osaksi nykyistä järjestelmää.

Kosteusmittaus suoritettaisiin vaakahihnalla ja saatuja arvoja hyväksikäyttämällä massaan lisättävää vesimäärää muutettaisiin tarpeen mukaan.

Automaattisensäätöjärjestelmän voisi kytkeä valvomosta pois käytöstä, jolloin ainoastaan kosteuden seuranta olisi käytössä. Tämän valinnan avulla voitaisiin estää koko tehtaan seisahtuminen, mikäli toinen tai molemmat antureista vikaantuisi.

5.2 Anturien vertailu ja valinta

5.2.1 Water Content Monitor WCM411

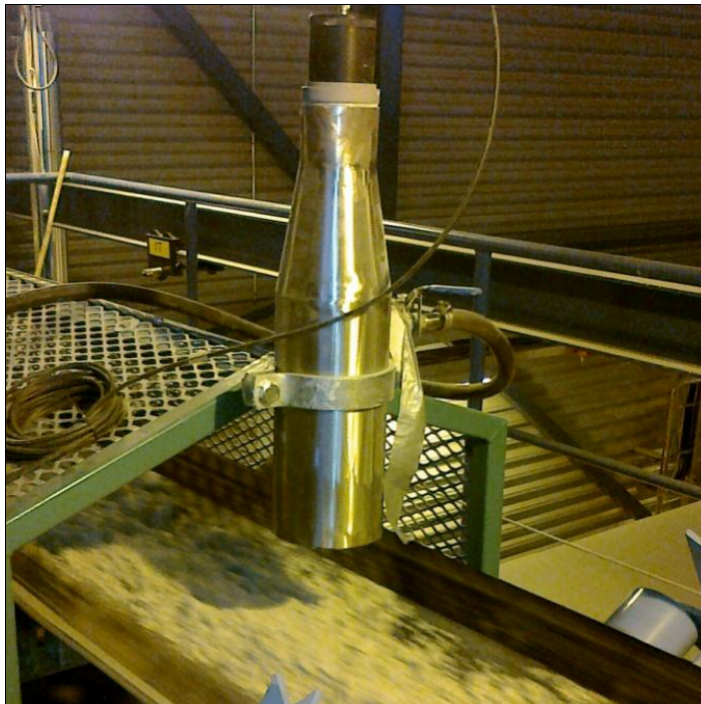
WCM411 on Teconer Oy:n kehittämä betonin kiviaineksen mittaukseen suunniteltu optinen kosteusanturi. Anturissa käytetään pitkäikäisiä LED-valolähteitä. Kosteus määritetään vertaamalla kostea materiaalia kuivaan ja tulos saadaan painoprosentteina. Anturi asennetaan kuljettimen, siilosityttimen tai siilonluukkujen viereen. Anturi mittaa liikkeessä olevasta materiaalista kosteuden. Valmistajan

mukaan etämittauksen ansiosta anturilla on pitkä elinikä ja vakaa toiminta koko eliniän ajan. (WCM411-anturi 2012.)



KUVIO 10. WCM411-optinenkosteusanturi (WCM411 2012.)

Anturi asennetaan metallisen putken päähän, johon johdetaan paineilmaa. Tämä estää linssien likaantumisen pölyisissä tiloissa. (Ks. Kuvio 11.)



KUVIO 11. WCM411-optisenkosteusanturin asennusesimerkki

WCM411-anturin toiminta perustuu kahden LED-valolähteen ja yhden vastaanottimen yhteistoimintaan. Anturi lähettää molemmista valonlähteistä valoa eri aallonpituuksilla materiaalin pinnalle. Materiaalin pinnalle muodostuneista valokeiloista anturi mittaa takaisinheijastuvan valon määrän. Takaisinheijastuvista valomääristä saadaan kaksi signaalia. Signaalit vakioidaan kuivalla materiaalilla samansuuruisiksi, jolloin kuivalla materiaalilla signaalien erotus on nolla. Materiaalin kostuessa takaisinheijastuvat valomäärät muuttuvat ja samalla signaalien erotus muuttuu. Anturi kalibroidaan siten, että suhteellinen kosteusmuutos vastaa todellista kosteutta prosentteina materiaalin kuivapainosta. (Haavasoja 2012.)

Valmistajan ilmoittamia WCM411 -anturin ominaisuuksia ovat

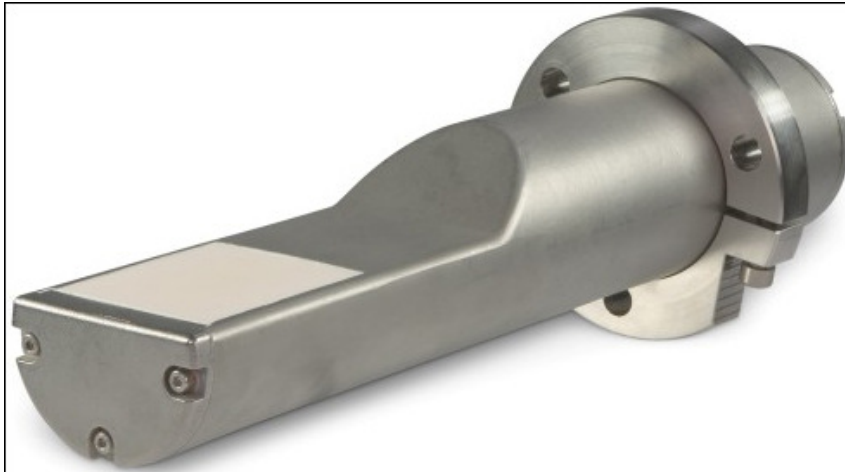
- optinen kosteuden etämittari
- ei liikkuvia tai kuluvia osia
- hyvä tarkkuus ja erottelukyky
- mittaa myös jään
- nopea vaste
- matala kohinataso
- vakaat LED valolähteet
- lämpötilakompensoitu
- helppo asennus ja kalibrointi
- ulostuloina: sarjaviestit RS-232 ja virtaviestit 4 - 20 mA
- käyttöjännite 9 - 30 VDC
- mittaustarkkuus 0,3 % lyhyellä näyte otoksella

(WCM411-anturi 2012).

5.2.2 Hydro-Probe II –mikroaaltokosteusanturi

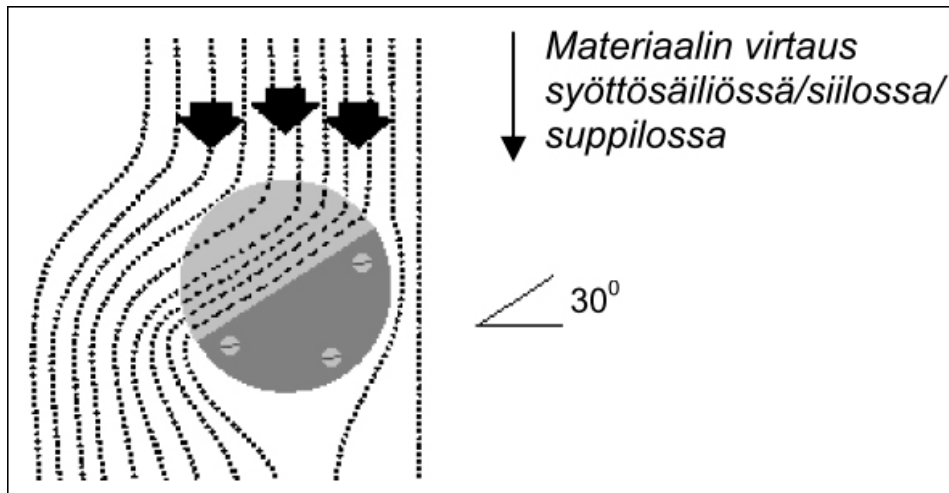
Hydro-Probe II on Hydronix Ltd:n kehittämä kosteusanturi, joka perustuu mikroaaltotekniikkaan (ks. kuvio 12). Anturi soveltuu erityisesti mittaamaan kiviainesten kosteutta, syöttösäiliöissä, suppiloissa, siloissa ja kuljettimilla. Anturi

mittaa 25 kertaa sekunnissa materiaalin kosteuden, joka varmistaa kosteuden muutoksen nopean havaitsemisen. (Hydro-Probe II käyttöopas 2006, 9.)



KUVIO 12. Hydro-Probe II -mikroaaltokosteusanturi (HP02 Hydro-Probe II 2012.)

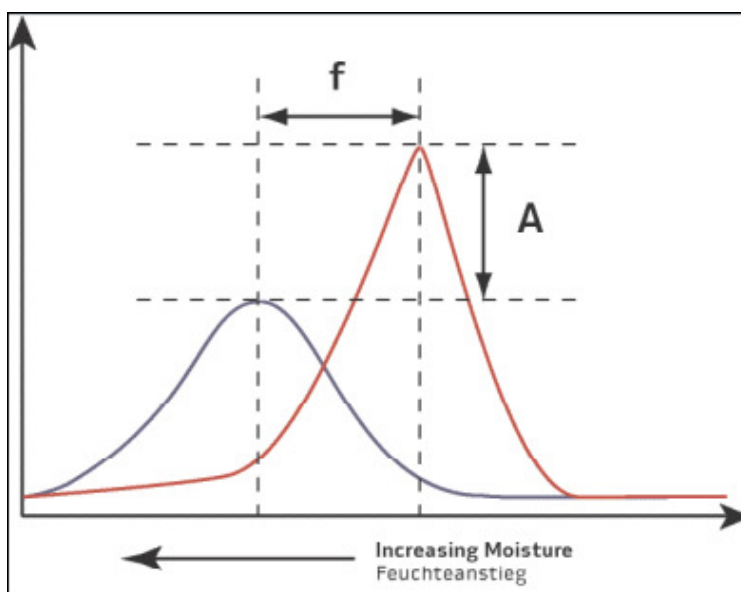
Hydro-Probe II on digitaaliseen mikroaaltotekniikkaan perustuva kosteusanturi. Mittaustavan takia anturin ns. tuntoelimen eli keraamisen kosketuslevyn tulee olla kosketuksessa mitattavan materiaalin kanssa. Anturille on todella tarkat asennusohjeet. Keramiikkaosan tulee olla oikeassa kulmassa virtaavaan materiaaliin nähden, jotta se ei hidastaisi virtausta liikaa ja keramiikka osa pysyisi mahdollisimman puhtaana (ks. kuvio 13). Liukuhihnalla mitattavaa materiaalia tulee olla vähintään 150 mm paksu kerros, jotta keramiikkaosa peittyy kokonaan. Jos mitattava materiaali on raekooltaan yli 12 mm, olisi suositeltavaa asentaa poikkeutuslevy, joka suojaa keramiikkalevyä voimakkaimmilta iskuilta. Keraaminen osa kestää kulutusta hyvin, mutta kovat iskut voivat vahingoittaa lukupäätä. (Hydro-Probe II käyttöopas 2006, 12, 15.)



KUVIO 13. Hydro-Probe II ja materiaalinvirtaus (Hydro-Probe II käyttöopas 2006, 11.)

Digitaalisessa mikroaaltomittauksessa mitataan materiaalien dielektrisiä ominaisuuksia valitulla taajuuskaistalla. "Dielektrisyydevakio eli suhteellinen permittiivisyys ilmoittaa, kuinka moninkertaiseksi kapasitanssi kasvaa ilmaeristeiseen kondensaattoriin verrattuna, jos sen levyjen väli täytetään kyseisellä aineella". Veden dielektrisyydevakio on noin 80, kun taas soran vakio on 3 - 6. (Dielektrinen aine, 2012.)

Soran kostuessa sen dielektriset ominaisuudet muuttuvat huomattavasti veden vaikutuksesta. Veden vaikutus havaitaan mikroaaltokentän taajuuden muutoksena sekä amplitudin vaimentumisena (Ks. Kuvio 14). Tulokset korreloidaan kuvaamaan kosteuden suhteellista muutosta. (Laffan 2012.)



KUVIO 14. Kosteuden vaikutus taajuuteen (f) ja amplitudiin (A) (Laffan, 2012. 30.)

Valmistajan ilmoittamia Hydro-Probe II -anturin ominaisuuksia ja etuja ovat

- nopea vaste
- hyvät liitännät: RS485-sarjatiedonsiirto, digitaaliset tulot, analogiset lähdöt 0 - 20 mA, 4 - 20 mA ja 0 - 10 V
- lämpötila, jossa anturi toimii 0 - 60 astetta
- käyttöjännite 15 - 30 VDC
- mittaustarkkuus hyvällä kalibroinnilla +/- 0,2 %

(Hydro-Probe II käyttöopas 2006, 10.)

5.2.3 Anturin valinta

Anturit ovat ominaisuuksiltaan hyvin samantapaisia. Eroja löytyi liitettävyydessä ja mittaustavassa. Kumpikin antureista ylittää riittävään mittaustarkkuuteen, kunhan kalibrointi suoritetaan huolellisesti. Olennaisesti anturin valintaan vaikutti mittaustapa ja asennusvaatimukset.

Hydro-Probe II:n vaatimukseen kuuluu hihnakuljetinasennuksessa, että liukuhihnalla kulkevan materiaalin paksuuden tulee olla vähintään 150 mm, jotta keramiikkaosa peittyy täysin. (Hydro-Probe II käyttöopas 2006, 15.)

Hydro-Probe II:n vaatimus mitattavan materiaalin paksuudesta hihnalla ei täyty ja lisäksi Hydro-Probe II ei pysty mittaamaan jäätä, kun taas WCM411-anturi pystyy erottamaan jäiset kappaleetkin. Tästä syystä käytettäväksi anturiksi valittiin WCM411-optinenkosteusanturi.

5.3 Siemens Simatic Step 7- ohjelmistomuutokset

5.3.1 FC 2, Ohjelmakoodi

FC 2 on funktio eli toiminto, joka suunniteltiin skaalaamaan antureiden lähettämän viestin paremmin ymmärrettävään muotoon ja laskemaan lopuksi vähennettävät vesilitrat.

Anturit lähettävät virtaviestin 4 - 20 mA logiikalle, joka A/D -muuntaa virtaviestin kokonaisluvuksi, jolloin 4 mA vastaa kokonaislukuna 0:aa ja 20 mA on kokonaislukuna yhtä kuin 27648. Syy miksi 4 - 20 mA on A/D-muunnoksen jälkeen 0 - 27648 on se, että ne ovat logiikalle asetetun nimellisalueen ala- ja ylärajat. (Ks. Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Analogiarvon esitys virtamittausalueella 4 - 20 mA (S7-400, M7-400 Yksikkötiedot, 201.)

Järjestelmä			Virtamittausalue	
	des.	heks.	4 ... 20 mA	
118,515 %	32767	7FFF	22,96 mA	Ylivuoto
117,593 %	32512	7F00		
117,589 %	32511	7EFF	22,81 mA	Yliohjausalue
	27649	6C01		
100,000 %	27648	6C00	20 mA	Nimellialue
75 %	20736	5100	16 mA	
0,003617 %	1	1	4 mA + 578,7 nA	
0 %	0	0	4 mA	
	- 1	FFFF		Aliohjausalue
- 17,593 %	- 4864	ED00	1,185 mA	
				Johdinrikko
≤ - 17,596 %	32767	7FFF		

Network: 1 muuntaa aluksi kosteusviestin kokonaisluvusta liukuluvuksi, jotta laskuun saataisiin mukaan myös desimaalit tarkentamaan tulosta. Muunnoksen jälkeen kosteus kerrotaan kuudellatoista ja jaetaan saatu tulos 27648:lla, koska kosteutta

mitataan 0 - 16 % välillä. Laskettu kosteusarvo siirretään myös erilliseen varattuun muistipaikkaan, josta kosteustieto voidaan ottaa valvomon näytölle kosteuden seuranta varten. (Ks. Liite 1.)

Network: 2 tallentaa muistiin soran kosteusotoksen. Anturi ei tiedä, onko kuljettimella soraa vai onko kuljetin tyhjä. Tästä syystä mittaus tehtiin hyödyntämällä yhden sekunnin pulssia. Pulssi käy päällä kerran sekunnissa ja jos #LaskentaEnable ehdot ovat täyttyneet, alkaa laskenta. Pulssien määrä talennetaan väliaikaismuistipaikkaan #KA_Laskuri ja anturin mittaama kosteusarvo kullakin pulssin hetkellä lisätään väliaikaismuistipaikkaan #KosteusKA. (Ks. Liite 1.)

Network: 3 laskee kosteusotokselle keskiarvon. Anturin mittaamien kosteusarvojen summa #KosteusKA jaetaan pulssien määrällä #KA_Laskuri, jolloin saadaan selville annostellun soran kosteuden keskiarvo. (Ks. Liite 1.)

Network: 4 laskee vähennettävän veden määrän, soran kosteuden ja massan mukaan. Kullekin kivisiilolle on oma muistipaikkansa, josta saadaan kiviaineksen annosteltu massa. Massa tieto muutetaan kokonaisluvusta liukuluvuksi, jotta soran kosteuden keskiarvo olisivat samassa muodossa. Seuraavaksi soran massa kerrotaan kosteuden keskiarvolla ja tulos jaetaan 10:llä. Tulos muunnetaan vielä takaisin kokonaisluvuksi, koska pääohjelmassa vesilitroja käsitellään kokonaisluku muodossa. Kokonaisuudessaan ulos tuleva tieto #Litrat sisältää vähennettävän vesimäärän. (Ks. Liite 1.)

Normaalisti tulos olisi pitänyt jakaa 100:lla, koska kosteus tässä vaiheessa edelleen muodossa 0 - 16 %, vaikka kertoimena sen pitäisi olla 0 - 0,16. Syy 10:llä jakamiseen on se, että pääohjelma ymmärtää 10 kokonaislukua yhtenä litrana vettä.

5.3.2 FC 33, Kivisiilo 3 ja FC 34, Kivisiilo 4

FC 33 sekä FC 34 ohjaavat kivisiilojen 3 ja 4 toimintoja, kuten soran annostelua. Tuotantoprosessin sora annostellaan, joko 3-, 4- tai molemmista siiloista. Tästä syystä FC 2 kutsutaan sekä suoritetaan kivisiilon 3 ja kivisiilon 4 toimintalohkon sisällä, koska molempien siilojen annostelemasta soramäärästä sekä soran kosteudesta lasketaan erikseen vähennettävä vesimäärä. Kokonaismäärä myllyjen vesiohjeavosta vähennettävästä vesilitroista saadaan laskemalla yhteen kivisiilon 3 ja 4 vesilitrat. (Ks. Liitteet 2 ja 3.)

Käytännössä tämä toimii siten, että kivisiilon 3 annostellessa ja #LaskentaEnable ehtojen täytyessä FC 2 laskee annostelun ajan vähennettävää vesi määrää ja annostelun päättyessä vesimäärä jää muistiin. Täsmälleen samalla lailla tapahtuu, kun annostellaan kivisiilosta 4. Ainoastaan laskennassa käytetyt tiedot haetaan eri osoitteista ja lopputulos tallennetaan eri muistipaikkaan.

FC 2 #LaskentaEnable -ehdot riippuen kivisiilosta ovat seuraavat:

- Annostin 3 käy / Annostin 4 käy
- Vertailut, jotka varmistavat soran kosteuden olevan 0 - 16 % välillä
- Vertailu, joka varmistaa, että soran määrä lisääntyy vaakakuljettimella

Soran lisääntymistä vaakakuljettimelle seurataan vertaamalla vaakakuljettimen oloarvoa vaakakuljettimen edellisiin arvoihin. (Ks. Liitteet 2 ja 3.) Tämä vertailu varmistaa sen, ettei laskettuun tulokseen tule suuria virheitä. Mikäli annostelukuljetin pyörisi tyhjänä, esimerkiksi 30 sekuntia, kasvaisi jakaja 30:llä, mutta jaettava kosteusotosten luku ei olisi kasvanut yhtään. Tämä aiheuttaisi sen, että laskettu vähennettävä vesimäärä olisi 30 kertaa pienempi, kuin sen tulisi olla.

5.3.3 FC 38, Vaakakuljetin

Vaakakuljettimen tyhjentyessä kuoppaan ohjelma laskee yhteen kivisiilon 3 ja kivisiilon 4 vähennettävät vesilitrat ja tieto tallentuu uuteen muistipaikkaan. Samalla kivisiilojen lasketut vesilitrat ja laskuissa käytettyjen muuttujien muistipaikat nollataan seuraavaa annostelua varten. (Ks. Liite 4.)

5.3.4 FC 30, Resepti

Prosessin edetessä vaiheeseen, jossa raaka-aineet annostellaan nostokuopasta myllyyn 1 tai myllyyn 2, siirretään samalla hetkellä yhteenlaskettu vähennettävä vesimäärä sen myllyn muistipaikkaan, johon raaka-aineet annostellaan. (Ks. Liite 5.)

5.3.5 FC 55, Vedet myllyihin

Samalla hetkellä, kun raaka-aineet on annosteltu myllyyn, vähennetään annostellun myllyn vesiohjearvosta vähennettävät vesilitrat ja tallennetaan todellinen annosteltava vesimäärä myllyn väliaikaismuistipaikkaan. Valvomossa asetettuun vesiohjearvoon ei ohjelmassa tehdä muutoksia, joten vähennettävät vesilitrat vähennetään aina valvomossa asetetusta vesiohjearvosta. Väliaikaismuistipaikka säilyttää tiedot muistissa ainoastaan yhden ohjelmakierron ajan, joten jokaisen veden annostelun jälkeen muistipaikka tyhjenee seuraavaa annostelua varten. Myllyjen väliaikaismuistipaikat on määritelty FC 55:n muuttujataulukkoon. (Ks. Liite 6.)

5.3.6 Laitteistohallinta

Laitteistohallinnasta muutin analogisen tulokortin mittaustyyppin jännitemittauksesta virtamittaukseen. Muutos koskee ainoastaan tuloja 2 ja 3. Muutos tehdään, koska anturit lähettävät mittausdatan analogiakortille virtaviestinä. (Ks. Liite 7.)

6 OHJELMAN TOIMINTOJEN TESTAAMINEN

FC 2 -funktion toiminta testattiin kutsumalla se kaksi kertaa OB1:n sisällä. Kutsutut funktiot kuvaavat FC 33:n ja FC 34:n sisällä kutsuttuja funktioita, jotka laskevat annostellun soran kosteuden muutoksen ja painon perusteella vähennettävät vesilitrat. Tarkoituksena on kuvata ohjelman eteneminen aina siihen vaiheeseen, kun vaakahihna tyhjenee nostokuoppaan. Samalla hetkellä lasketut vähennettävät vesilitrat lasketaan yhteen ja kokonaislitrojen tieto tallentuu uuteen muistipaikkaan sekä laskutoimituksissa käytetyt tiedot nollataan.

Mielestäni monitorointi tähän vaiheeseen asti on kaikista olennaisinta, koska tämän vaiheen jälkeen vähennettävien kokonaislitrojen tieto ainoastaan siirretään annosteluvuorossa olevan myllyn muistipaikkaan ja kokonaislitrat vähennetään myllylle asetetusta vesiohjearvosta, minkä jälkeen jäljelle jääneet vesilitrat tallentuvat väliaikaismuistipaikkaan.

6.1 FC 33, Kivisiilo 3

Soran annostelun alettua kivisiilosta 3 ja ensimmäisten soramassojen pudottua vaakahihnalle, LaskentaEnable -ehdot täyttyivät. Ehtojen täytyttyä kosteusotoksien kerääminen alkoi ja oletetaan, että otoksia tuli yhteensä ainoastaan viisi kappaletta. Lopulta siilosta 3 oli annosteltu 750 kg soraa, jonka kosteus logiikan suorittaman AD-muunnoksen jälkeen näkyi ohjelmassa kokonaislukuna 3000. Laskentafunktio laski soran kosteuden muutokseksi 1,73611% ja vähennettäväksi vesimääräksi saatiin 130 kokonaislukuna, joka vastaa todellisuudessa 13 litraa vettä, koska pääohjelmassa 10 kokonaislukua vastaa yhtä litraa vettä. (Ks. Kuvio 15.)

The screenshot displays the SIMATIC Manager interface. On the left, a variable declaration table is visible with the following entries:

Address	Symbol	Display format	Status value
MW 548	Kivisiilon 3 anturin mittausulos	DEC	3000
MW 30	Kivisiilosta 3 annostellun soran massa	DEC	750
M 1026.2	Lupatieto "Annostin 3 käy"	BOOL	false
DB1.DBX 32.0	"SorankosteudenSeurausDB".Soraa1Tulee	BOOL	false
M 2.5	Kuvaa pulssitusta (M415.1)	BOOL	false
DB1.DBW 14	"SorankosteudenSeurausDB".Kivisiilo3Litrat	DEC	130
MW 550	Kivisiilon 4 anturin mittausulos	DEC	2000
MW 40	Kivisiilosta 4 annostellun soran massa	DEC	750
M 1028.2	Lupatieto "Annostin 4 käy"	BOOL	false
DB1.DBX 32.0	"SorankosteudenSeurausDB".Soraa2Tulee	BOOL	false
M 2.5	Kuvaa pulssitusta (M415.1)	BOOL	false
DB1.DBW 28	"SorankosteudenSeurausDB".Kivisiilo4Litrat	DEC	0
DB1.DBW 30	"SorankosteudenSeurausDB".Siilo3JaSiilo4L	DEC	0
M 5.0	Vaakakuljettimen tyhjennys kuoppaan	BOOL	false

On the right, a ladder logic diagram for FC 33:n (Kivisiilo 3) laskentafunktion monitorointi is shown. The diagram includes the following elements:

- Network 1: LaskentaEnable (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 2: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 3: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 4: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 5: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 6: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 7: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 8: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 9: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 10: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 11: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 12: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 13: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 14: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 15: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 16: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 17: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 18: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 19: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 20: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 21: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 22: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 23: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 24: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 25: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 26: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 27: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 28: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 29: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 30: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 31: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 32: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 33: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 34: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 35: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 36: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 37: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 38: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 39: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 40: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 41: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 42: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 43: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 44: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 45: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 46: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 47: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 48: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 49: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 50: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 51: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 52: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 53: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 54: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 55: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 56: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 57: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 58: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 59: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 60: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 61: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 62: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 63: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 64: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 65: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 66: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 67: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 68: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 69: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 70: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 71: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 72: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 73: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 74: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 75: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 76: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 77: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 78: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 79: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 80: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 81: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 82: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 83: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 84: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 85: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 86: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 87: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 88: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 89: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 90: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 91: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 92: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 93: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 94: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 95: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 96: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 97: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 98: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 99: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).
- Network 100: DB1.DBW14 (normally open contact) leading to DB1.DBW14 (set coil).

KUVIO 15. FC 33:n (Kivisiilo 3) laskentafunktion monitorointi

6.2 FC 34, Kivisiilo 4

Soran annostelun alettua kivisiilosta 4 ja ensimmäisten soramassojen pudottua vaakahihnalle, LaskentaEnable-ehdot täyttyivät. Ehtojen täytyttyä kosteusotoksien kerääminen alkoi ja otoksia tuli yhteensä viisi kappaletta. Siilosta 4 annosteltiin 750 kg soraa, jonka kosteus AD-muunnoksen jälkeen näkyi ohjelmassa kokonaislukuna 2000. Laskentafunktio laski soran kosteuden muutokseksi 1,15741 %.

Vähennettäväksi vesimääräksi saatiin kokonaislukuna 87, joka vastaa todellisuudessa 8,7 litraa vettä. (Ks. Kuvio 16.)

The screenshot displays the SIMATIC Manager interface. On the left, a variable table lists various parameters with their addresses, symbols, display formats, and status values. On the right, a ladder logic diagram shows the implementation of the FC 34:n (Kivisiilo 4) laskentafunktion monitorointi.

Address	Symbol	Display format	Status value
MW 548	Kivisiilon 3 anturin mittaustulos	DEC	3000
MW 30	Kivisiilosta 3 annostellun soran massa	DEC	750
M 1026.2	Lupatieto "Annostin 3 käy"	BOOL	false
DB1.DBX 32.0	"SorankosteudenSeurausDB".Soraa1Tulee	BOOL	false
M 2.5	Kuvaa pulssitusta (M415.1)	BOOL	false
DB1.DBW 14	"SorankosteudenSeurausDB".Kivisiilo3Litrat	DEC	130
MW 550	Kivisiilon 4 anturin mittaustulos	DEC	2000
MW 40	Kivisiilosta 4 annostellun soran massa	DEC	750
M 1028.2	Lupatieto "Annostin 4 käy"	BOOL	false
DB1.DBX 32.1	"SorankosteudenSeurausDB".Soraa2Tulee	BOOL	false
M 2.5	Kuvaa pulssitusta (M415.1)	BOOL	false
DB1.DBW 28	"SorankosteudenSeurausDB".Kivisiilo4Litrat	DEC	87
DB1.DBW 30	"SorankosteudenSeurausDB".Siilo3JaSiilo4L	DEC	0
M 5.0	Vaakakuljettimen tyhjennys kuoppaan	BOOL	false

The ladder logic diagram on the right shows the implementation of the FC 34:n (Kivisiilo 4) laskentafunktion monitorointi. It includes variables such as DB1.DBW20, DB1.DBW24, DB1.DBW28, and DB1.DBW30, along with constants like 000000000005 and 000005.78704. The diagram is titled "LaskentaE" and "nabile".

KUVIO 16. FC 34:n (Kivisiilo 4) laskentafunktion monitorointi

6.3 FC 38, Vaakakuljetin

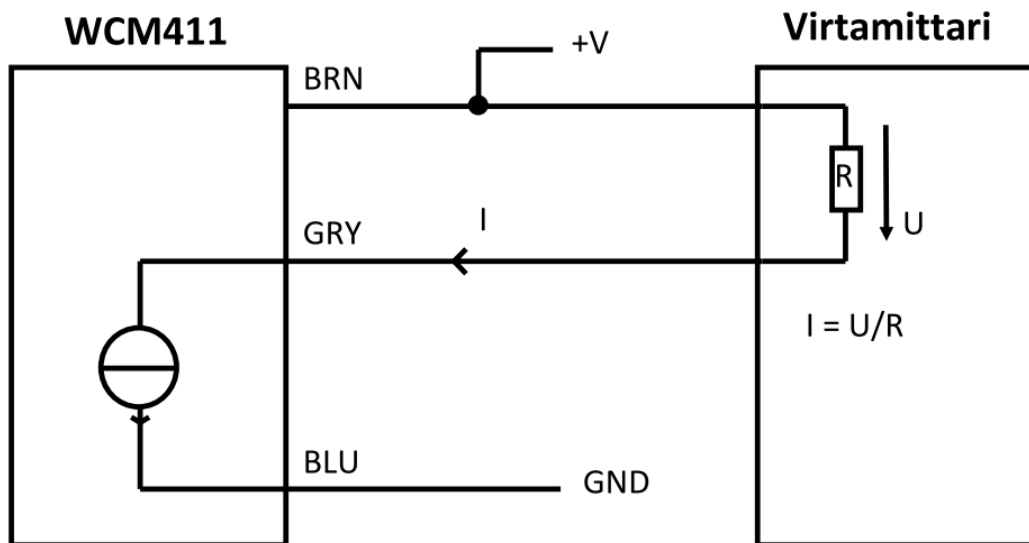
Annostelu on edennyt jo siihen vaiheeseen, että vaakakuljettimelle annostellut kiviainekset ollaan tyhjentämässä nostokuoppaan. Samalla hetkellä, kun vaakakuljetin tyhjenee kuoppaan, lasketaan kivisiilojen litramäärät yhteen ja kokonaislitramäärä tallentuu uuteen muistipaikkaan, kuten kuviosta 17 voidaan havaita. Lisäksi laskemiseen käytetyt muistipaikat nollataan.

Address	Symbol	Display format	Status value
1 MW 548	Kivisiilon 3 anturin mittaustulos	DEC	3000
2 MW 30	Kivisiilosta 3 annostellun soran massa	DEC	750
3			
4 M 1026.2	Lupatieto "Annostin 3 käy"	BOOL	false
5 DB1.DBX 32.0	"SorankosteudenSeorausDB".Soraa1Tulee	BOOL	false
6 M 2.5	Kuvaa pulssitusta (M415.1)	BOOL	false
7			
8 DB1.DBW 14	"SorankosteudenSeorausDB".Kivisiilo3Litrat	DEC	0
9			
10 MW 550	Kivisiilon 4 anturin mittaustulos	DEC	2000
11 MW 40	Kivisiilosta 4 annostellun soran massa	DEC	750
12			
13 M 1028.2	Lupatieto "Annostin 4 käy"	BOOL	false
14 DB1.DBX 32.1	"SorankosteudenSeorausDB".Soraa2Tulee	BOOL	false
15 M 2.5	Kuvaa pulssitusta (M415.1)	BOOL	false
16			
17 DB1.DBW 28	"SorankosteudenSeorausDB".Kivisiilo4Litrat	DEC	0
18			
19 DB1.DBW 30	"SorankosteudenSeorausDB".Sillo3JaSillo4L	DEC	217
20			
21 M 5.0	Vaakakuljettimen tyhjennys kuoppaan	BOOL	false
22			

KUVIO 17. Vaakakuljetin toimintojen monitorointi

7 KEHITYSKOhteita

Anturien asennusvaiheessa tulee huomioida se, että ennen kuin anturit voidaan asentaa analogiakorttiin, tulee maadoituspisteiden hyppylangat purkaa tulokanavien 548 ja 550 osalta. Tämä johtuu siitä, että anturin oikeanlaisen toiminnan saavuttamiseksi tulee virtamittauspään jäädä ns. kelluvaksi eli sitä ei saa maadoittaa tulokortin maadoituskanavaan. (Ks. Kuvio 18 ja Liite 8.) Analogiakortin kanavien 2 ja 3 osalta tulee myös muuttaa DIP-asetus B:stä C:ksi, jotta kanava tukee virtaviesti mittausta.



KUVIO 18. WCM411-anturin kytkentäesimerkki

Ohjelman käyttöönoton yhteydessä tulisi tehdä muutamia muutoksia valvomon näyttöpäätteisiin Intouch 9.0 ohjelmalla. Molempien sorasiilojen kohdalle voitaisiin tehdä pienet näytöt, jossa näkyisi annostellun soran kosteus. Lisäksi automaattiselle veden vähennykselle tulisi luoda lupapainike ja sijoittaa se sopivalle paikalle.

Kosteudenseuranta- ja säätöjärjestelmän toimintaa voidaan helposti laajentaa hyödyntämällä valmista laskufunktiota ja investoimalla viiteen anturiin.

Laskufunktiota hyödynnettäisiin jokaisen kivisiilon kiviaineksen kosteuden ja vähennettävän vesimäärän määrittämiseen. Järjestelmän toimintaperiaate säilyisi ennallaan.

Laajennetun järjestelmän avulla voitaisiin saavuttaa optimaalinen tuoremassan kosteus riippumatta tuotteesta, jota valmistetaan. Tasainen tuoremassan kosteus varmistaisi tuotteiden tasaisen laadun sekä kestävyden.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella kiviaineksen kosteudenseuranta- ja säätöjärjestelmä, joka ei hidastaisi nykyistä tuotantoprosessia. Laskutoimitukset

suoritetaan annostelun aikana, kuten myös veden vähennyksetkin, joten ohjelman ei pitäisi hidastaa prosessia ollenkaan. Suunnitellun muutoksen ansiosta pilalle menneiden massojen määrä tulee laskemaan ja tuotteiden laatu tasaantuu siitä syystä, että tuoremassojen kosteus tulee olemaan kutakuinkin sama jokaisella annostelukierroksella. Lopullinen hyöty tullaan näkemään sitten, kun anturit ja ohjelma saadaan otettua käyttöön.

Opinnäytetyö antoi mahdollisuuden kehittää HB-Betoniteollisuus Oy:n uusimman tehtaan toimintaa entistä kustannustehokkaampaan suuntaan. Opinnäytetyötä tehdessä pääsin paneutumaan kunnolla Siemens Step 7-ohjelman toimintoihin. Ohjelmointi muutokset ja lisäykset tehtiin valmiiseen ohjelmaan, joten samalla opin ymmärtämään toisten suunnitteleman ohjelman loogista etenemistä sekä paikantamaan ohjelmani kannalta olennaiset muuttujat tehdasta ohjaavasta ohjelmakoodista. Muuttujien paikantaminen oli todella haastavaa, koska tehdasta ohjaava ohjelmakoodi oli hyvin laaja ja se oli toteutettu kiireellisellä aikataululla, joten kommentoinnit olivat jääneet vaillinaisiksi. Oikeiden muuttujien löytäminen oli hyvin olennaista ohjelman sujuvan etenemisen kannalta. Hyödyntämällä valmiin ohjelman muuttujia pystyttiin varmistamaan se, että kiviaineksen seuranta- ja säätöjärjestelmä ei hidastaisi nykyisen prosessin toimintaa, vaan se toimisi nykyisen prosessin tahdissa. Monitorointi Siemens Step 7-ohjelmalla osoitti ohjelmakoodin toimimisen halutulla tavalla.

Suunnittelutyön edetessä logiikkaohjelmointi taitoni kehittyivät huomattavasti ja opin ymmärtämään laajempia kokonaisuuksia paremmin sekä soveltamaan aikaisemmin oppimiani asioita. Tästä huolimatta minulla on vielä paljon kehitettävää logiikkaohjelmoinnin taidoissani, mutta ohjelman valmiiksi saaminen ja sen toimiminen antoi uskoa luottaa omiin kykyihini. Sain mielestäni hyvän kokonaiskuvan logiikkaohjelman vaatimuksista tehtaan ohjaamisessa.

LÄHTEET

Automaatiojärjestelmä S7-400, M7-400 Rakenne. 2003. Asennuskäsikirja. Versio FIN 09/2003. Siemens Ltd. Viitattu 5.3.2012

http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/s7_400/simatic-s7-400-asennuskasikirja.pdf

Automaatiojärjestelmät S7-400, M7-400 Yksikkötiedot. 2003. Referenssikäsikirja. Versio 10/2003. Siemens Ltd. Viitattu 11.4.2012

http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/s7_400/simatic-s7-m7-400-referenssi.pdf

Betonin kiviainekset 2007. Suomen Betoniyhdistys ry.
Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

Betonin lujuus riippuu vesi-sementtisuhteesta. Viitattu 8.2.2012.

<http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rautakauppiaille/betonin-lujuus-riippuu-vesi-sementtisuhteesta>

Betonin raaka-aineet. Viitattu 13.2.2012.

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

Dielektrinen aine. Viitattu 7.2.2012

http://fi.wikipedia.org/wiki/Dielektrinen_aine

HB-Betoniteollisuus Oy. Raaka-aineiden tuontia, säilytystä ja annostelua kuvaava suunnittelukuva.

Historia. HB-Betoniteollisuus Oy:n historia. Viitattu 28.12.2011.

http://www.hb.fi/hb/hb_betoni/suomi/yritysinfo/historia/

HP02 Hydro-Probe II. Viitattu 15.4.2012

<http://pil-www.incontrolcms.net/Default.aspx?catid=1798&cid=8879>

Hydro-Probe II käyttöopas. 2006. Revisio 3.0.0 Hydronix Ltd. Viitattu 2.2.2012
http://hydronix.com/downloads/user_guides/hydro_probe_II/hd0127fi_3_0_0.pdf

Introduction & Mechanical Installation. Viitattu 13.2.2012.
http://www.mahill.ro/pdf/hydronix/HY_HPROBE_VI.pdf

Järjestelmän hajautus. Viitattu 7.3.2012
<http://www.epec.fi/62.html>

Keinänen, T. Kärkkäinen, P. Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007.
Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY.

Laffan, J. 2012. The Benefits of a DigitalMoisture Measurement Technique. BFT
International 1, 30-34.

Mitä betonin valmistuksessa tapahtuu. Viitattu 8.2.2012.
<http://www.betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Perustietopaketti/Mit%C3%A4+betonin+valmistuksessa+tehd%C3%A4nC3%A4n/>

Nieminen, E. HB-Betoniteollisuus Oy:n yritysinfo. Viitattu 28.12.2011.
http://www.hb.fi/hb/hb_betoni/suomi/yritysinfo/

Programmable logic controller. Viitattu 16.2.2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller

Programming with STEP 7. 2006. Manual Edition 03/2006. Siemens Ltd. Viitattu
6.3.2012
<http://www.pacontrol.com/siemens-manuals/Simatic-Programming-with-STEP-7.pdf>

WCM411-anturi. Viitattu 2.2.2012
<http://www.teconer.fi/WCM411%20Datalehti.pdf>

WCM411-anturin toiminta. Viitattu 2.2.2012

Haavasoja, T. 2011. Tietoa WCM411-anturin toiminnasta. Sähköpostiviesti 1.12.2011.

Vastaanottaja M. Kuusela. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

LIITTEET

Liite 1. FC 2, Ohjelmakoodi

FC2 - <offline>

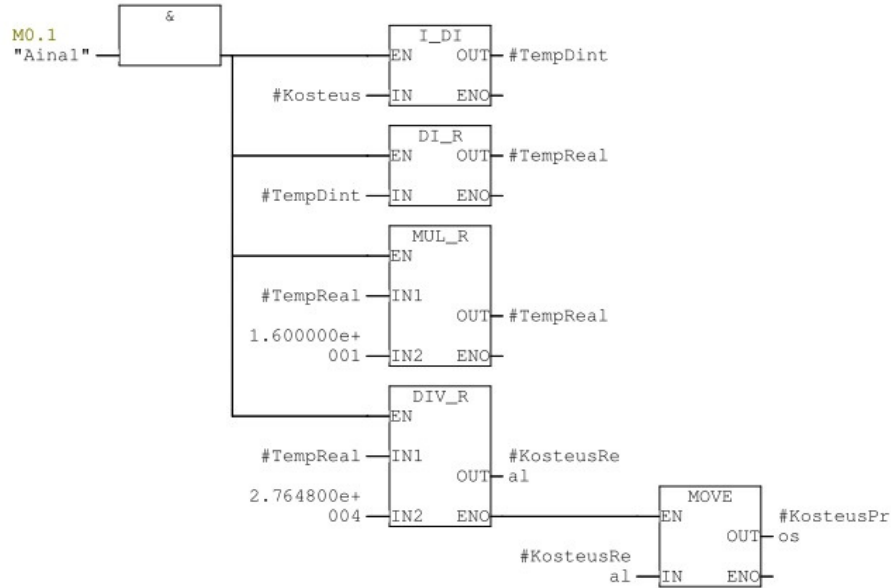
"SorankosteudenSeuraus"

Name: **Family:**
Author: **Version:** 0.1
Block version: 2
Time stamp Code: 03/14/2012 04:21:58 PM
Interface: 03/13/2012 12:03:39 PM
Lengths (block/logic/data): 00496 00348 00014

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
Kosteus	Int	0.0	Anturilta tuleva tieto (PIW548 tai PIW550)
Massa	Int	2.0	annostellut kilot
Pulssi	Bool	4.0	Pulssitus joka käy päällä kerran sekunnissa (1HZ)
LaskentaEnable	Bool	4.1	Lupatieto, joka koostuu vertailuista ja hihnan käyntitiedoista
OUT		0.0	
KosteusPros	Real	6.0	Kosteusprosentti tieto valvomoa varten
Litrat	Int	10.0	Vähennettävät vesilitrat (10 = 1litra)
IN_OUT		0.0	
KA_Laskuri	Real	12.0	Laskee pulssien määrän
KosteusKA	Real	16.0	Ottaa ylös kosteusotoksen pulssien aikana kertyneen summan anturin mittauksista
TEMP		0.0	
TempDint	DInt	0.0	
TempReal	Real	4.0	
KosteusReal	Real	8.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

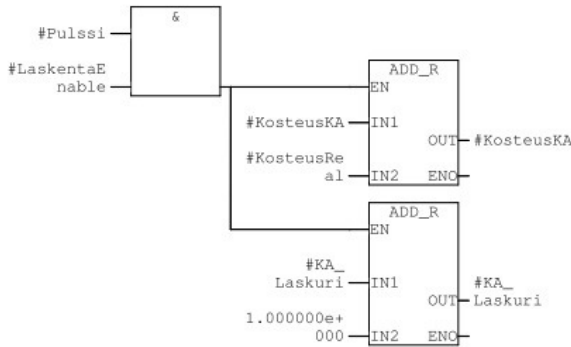
Network: 1

Kosteuden skaalaus reaaliluvuksi. #Kosteus on anturin lähettämä kosteus arvo integer muodossa se muunnetaan realiksi. #Kosteus kerrotaan ensin 16 ja jaetaan sitten 27648, joka on periferia input yläraja. KosteusPros tulee suoraan ulos muodossa 0-16%



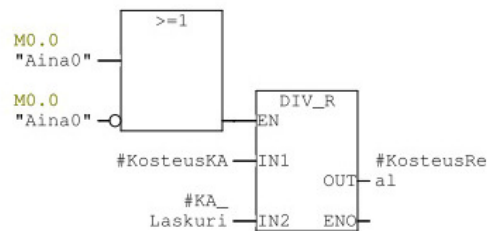
Network: 2

Otetaan pulssien määrä ylös laskuriin sekä lisätään KosteusKA:han jokaisen pulssin aikana anturin lähettämä arvo soran kosteudesta.



Network: 3

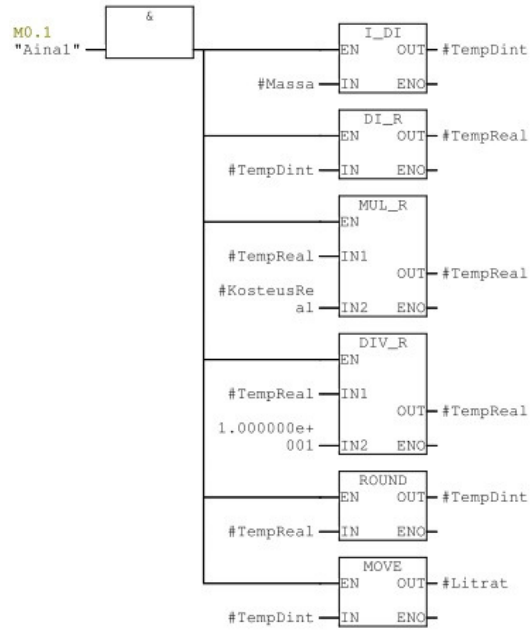
Jaetaan KosteusKA KA_Laskuri:lla, jotta saadaan otoksen kosteudesta keskiarvo.



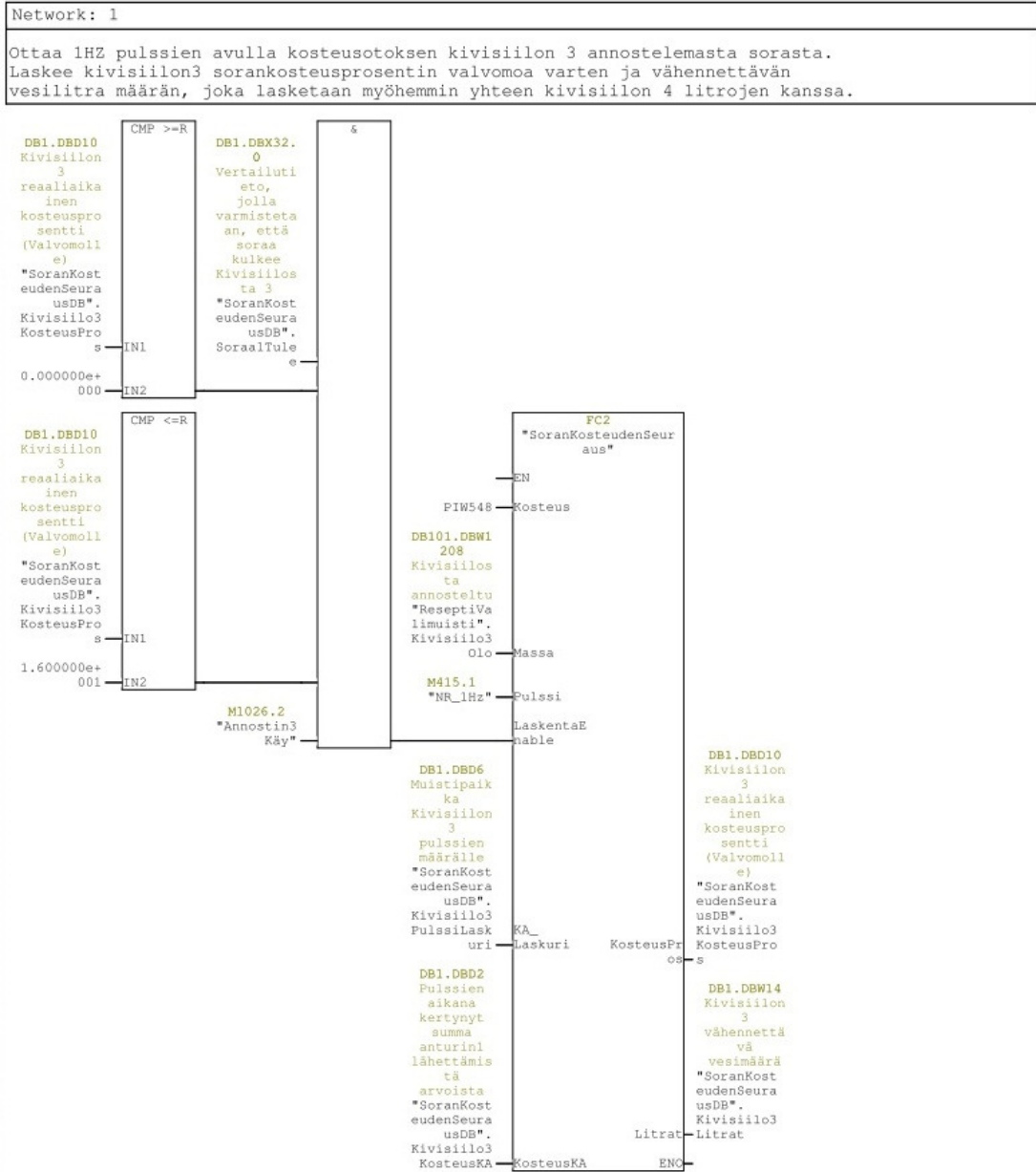
Network: 4

Muutetaan soran paino(KG) Int -> Real ja kerrotaan kosteusotoksen keskiarvolla massa, jolloin saadaan painoprosenttien mukainen vähennettävä vesimäärä.
 #KosteusReal on tällä hetkellä 100 kertainen, koska se on kertoimena muodossa 0-16, vaikka todellinen vähennettävä vesimäärä saataisiin kun kerroin on 0-0,16.

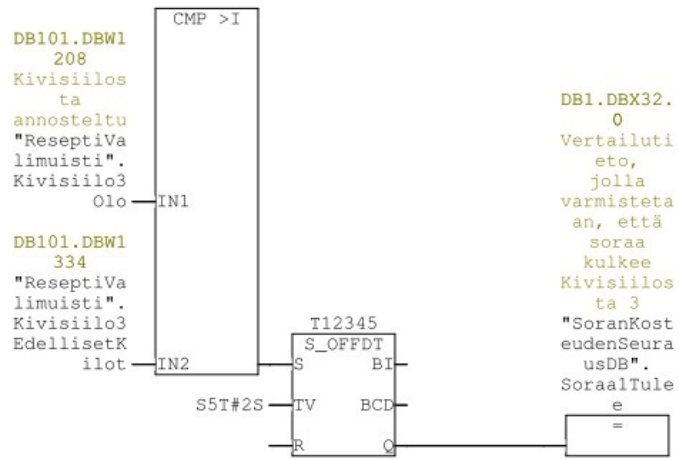
Lopuksi jaetaan vähennettävän vesimäärän tulos 10:llä ja muutetaan tulos integeriksi. Syy 10:llä jakamiseen on se, että pääohjelma ymmärtää 10 integeriä yhtenä litrana vettä.



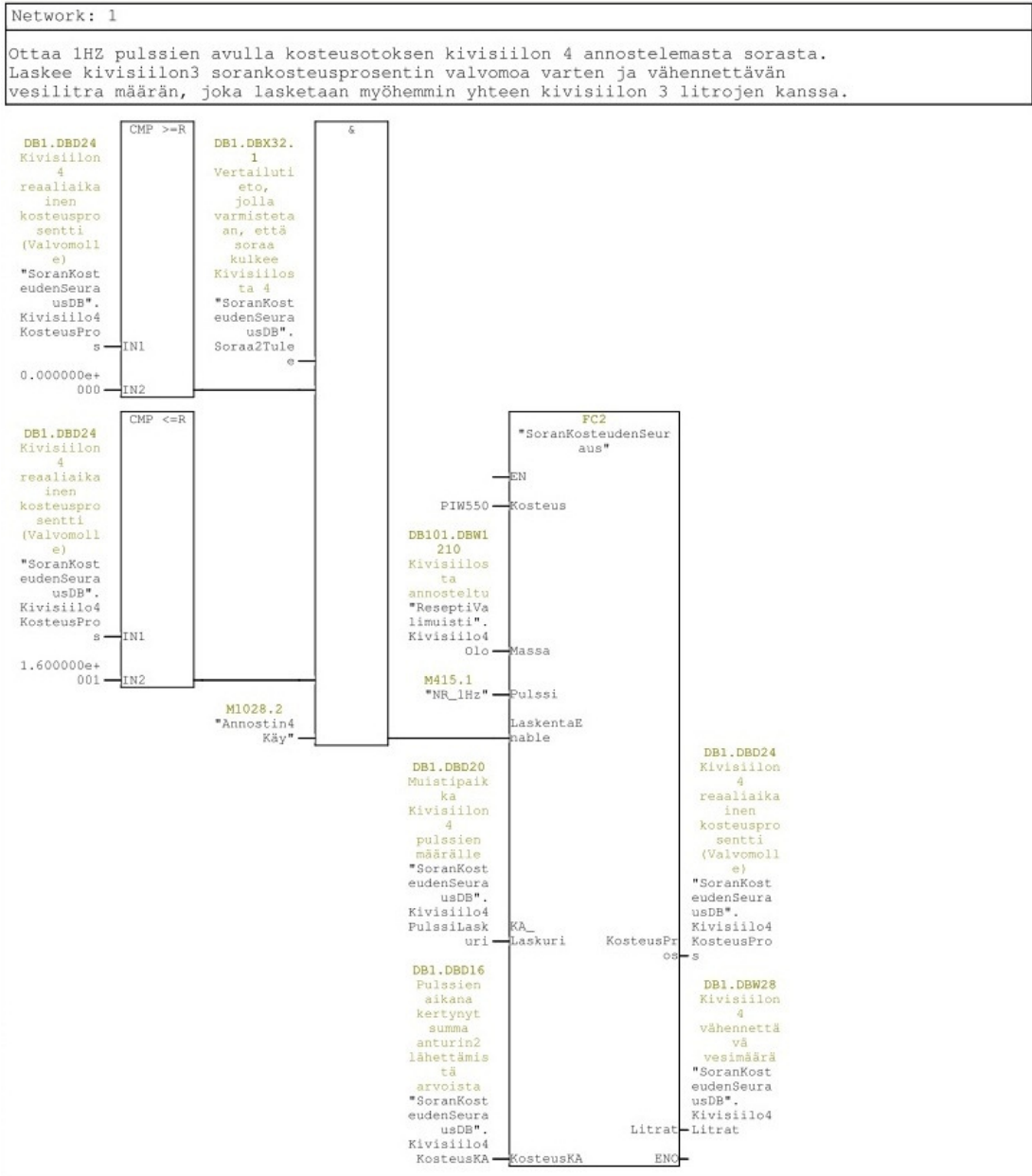
Liite 2. Tehdyt muutokset: FC 33, Kivisiilo 3



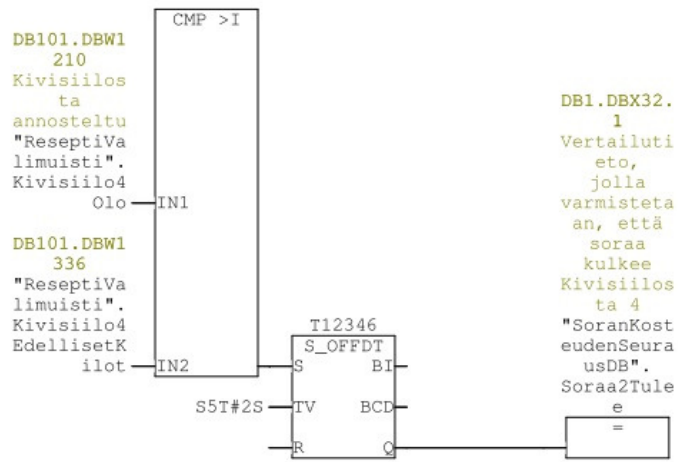
Network: 16
 Vertailu jolla varmistetaan, että soraa tulee siilosta 3



Liite 3. Tehdyt muutokset: FC 34, Kivisiilo 4



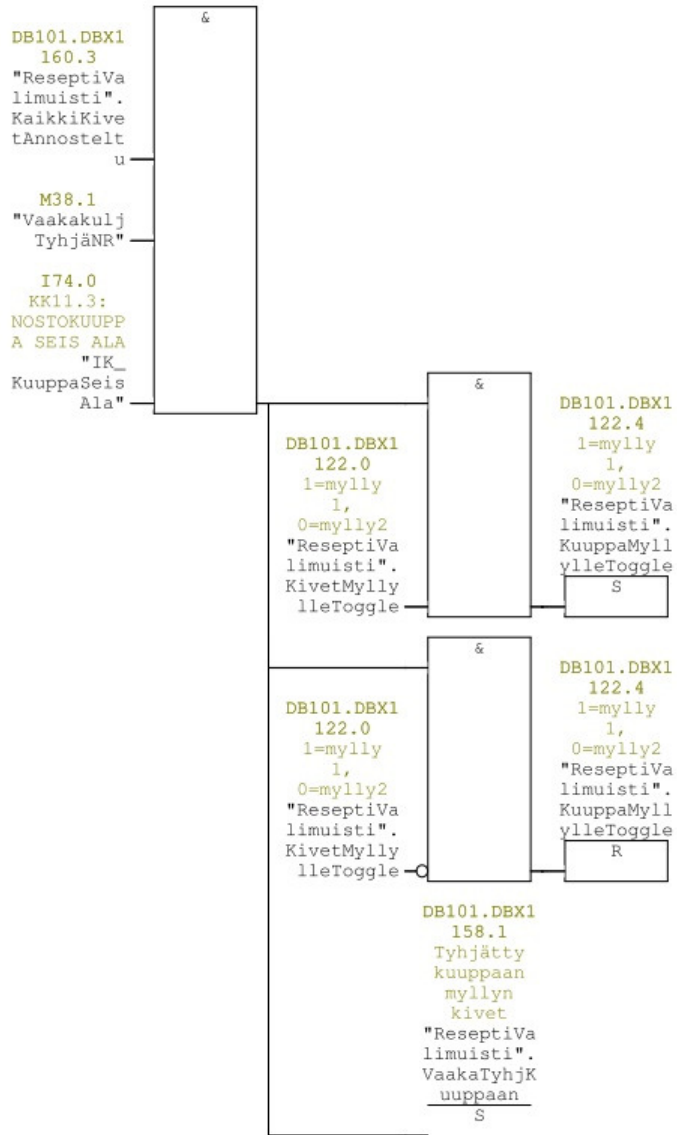
Network: 16
 Vertailu jolla varmistetaan, että soraa tulee siilosta 4.

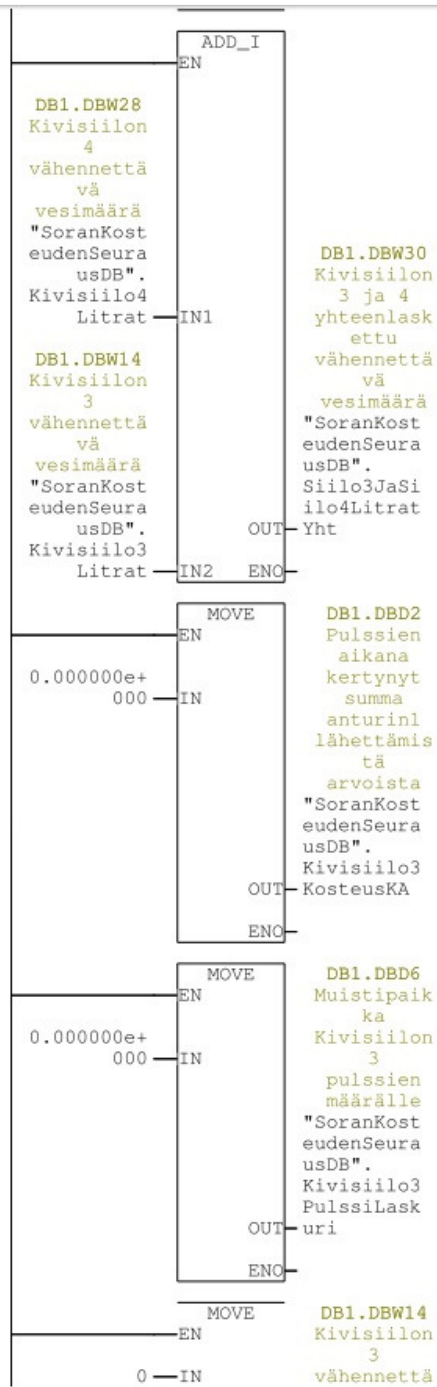


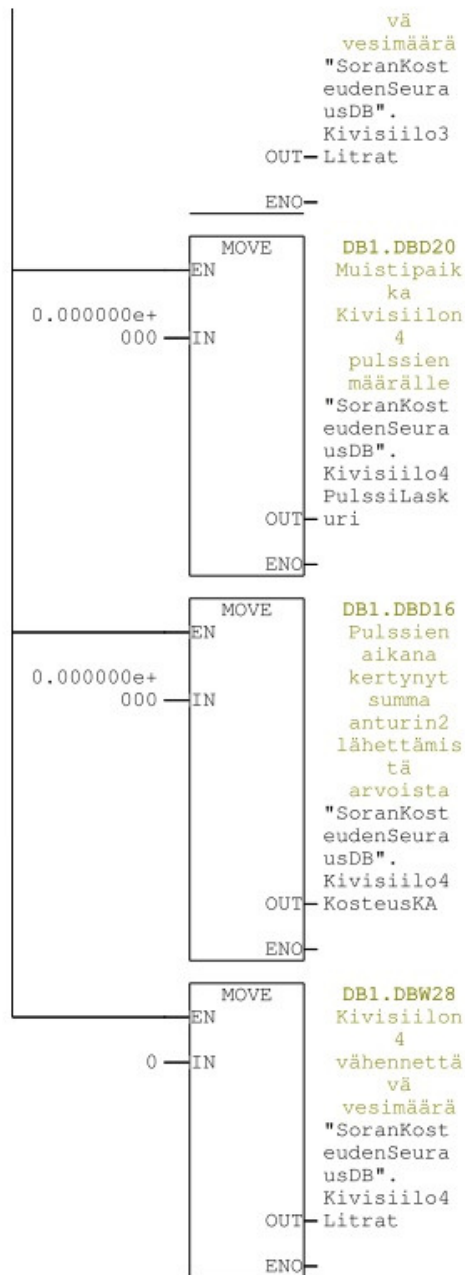
Liite 4. Tehdyt muutokset: FC 38, Vaakakuljetin

Network: 13 1=mylly 1, 0=mylly2

Kun vaakahihna tyhjenee kuoppaan, lasketaan kivisiilon 3 ja 4 lasketut vähennettävät vesilitrat yhteen ja tallennetaan kokonaismäärä uuteen muistipaikkaan. Samalla nollataan uutta annostelua varten laskemisessa käytetyt pulssit ja muut tiedot.



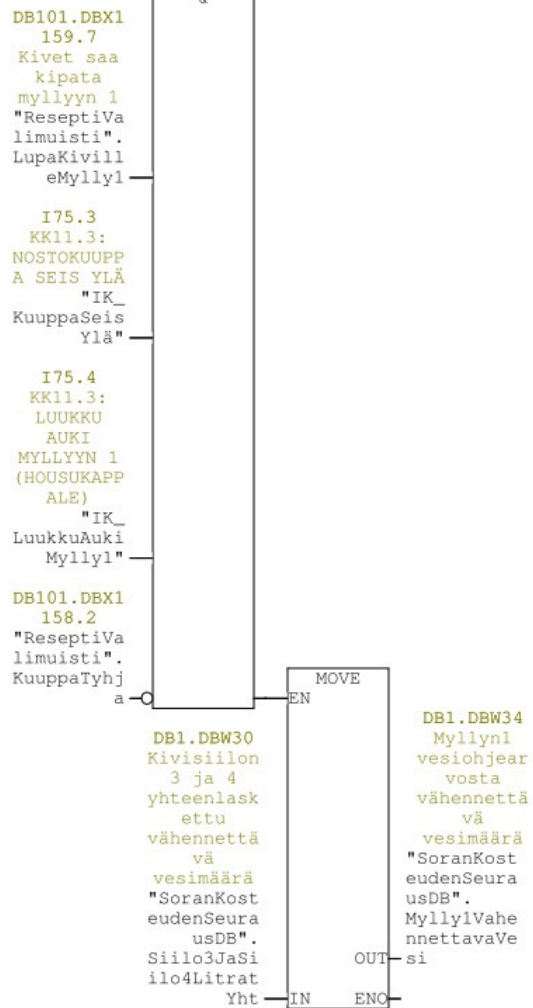




Liite 5. Tehdyt muutokset: FC 30, Reseptit

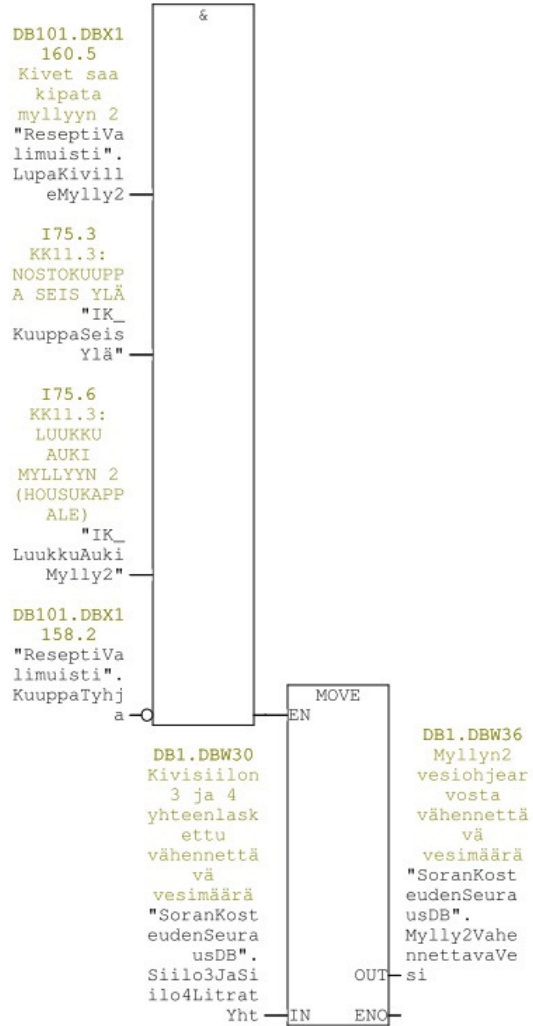
Network: 94

Siirretään vähennettävän vesimäärän tieto myllyn1 muistipaikkaan mikäli ehdot täyttyvät



Network: 95

Siirretään vähennettävän vesimäärän tieto myllyn2 muistipaikkaan mikäli ehdot täyttyvät



Liite 6. Tehdyt muutokset: FC 55, VedetMyllyihin

FC55 - <offline>

"VedetMyllyihin"

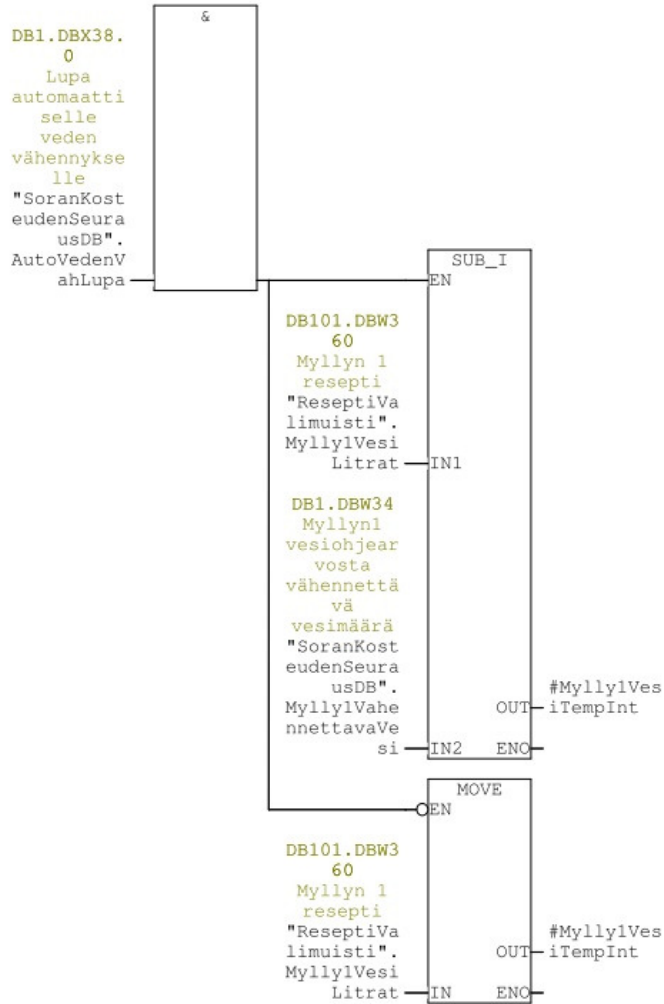
Name:
Author:
Time stamp Code:
Lengths (block/logic/data):

Family:
Version: 0.1
Block version: 2
 03/14/2012 05:34:09 PM
Interface: 06/07/2006 01:56:05 PM
 01372 01184 00016

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
TempBool	Bool	0.0	
TempInt	Int	2.0	
Hienoannostelu	Bool	4.0	
Valumaraja	Bool	4.1	
Alarajalla	Bool	4.2	
TempTime	S5Time	6.0	
Mylly1VesiTempInt	Int	8.0	Myllyn1 vesiohjearvolle temp muistipaikka
Mylly2VesiTempInt	Int	10.0	Myllyn2 vesiohjearvolle temp muistipaikka
RETURN		0.0	
RET_VAL		12.0	

Network: 4

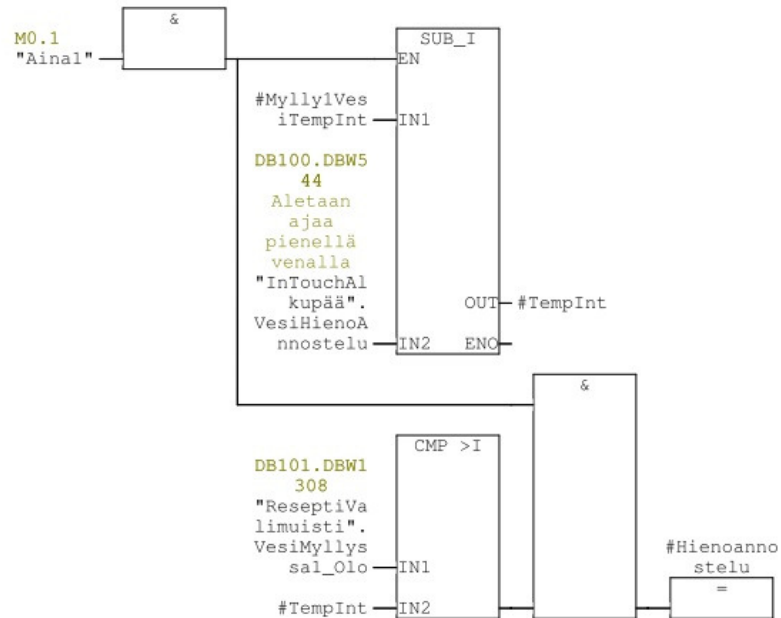
Jos automaattisen veden vähennyksen lupa on annettu vähennetään myllyn1 vesi ohjearvosta kivisiilon 3 ja 4 yhteen laskettu vähennettävä vesi määrä jolloin myllyyn lisätään jäljelle jäävä vesimäärä. Mikäli lupaa ei ole lisätään myllyn1 ohjearvon verran vettä.



Network: 5

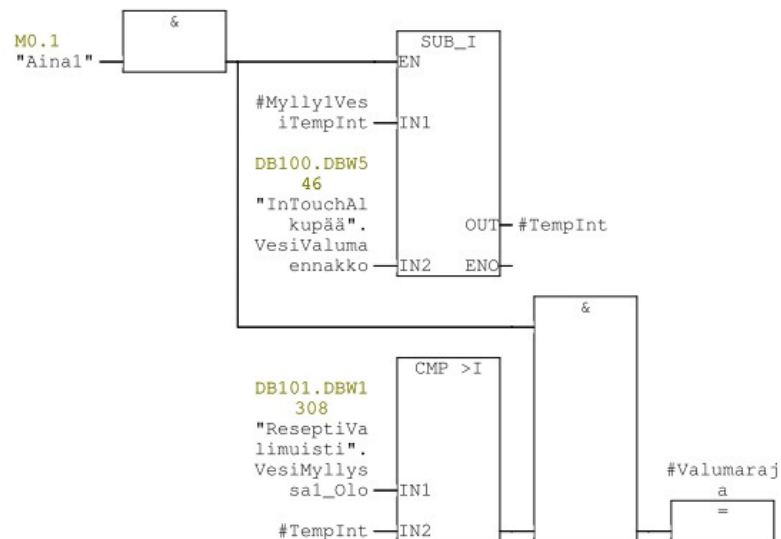
Hienoannostelu kun lähestytään asetusta.

MyllylVesiTempInt muutettu DB101.DBW360(Myllynl vesi ohjearvo) tilalle.

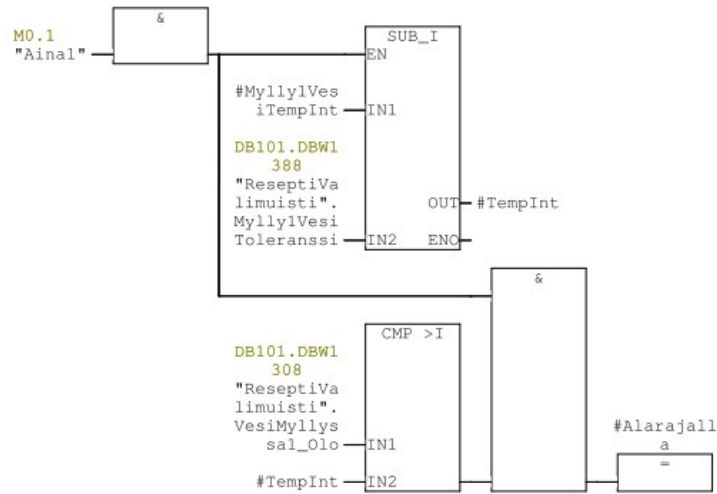


Network: 7

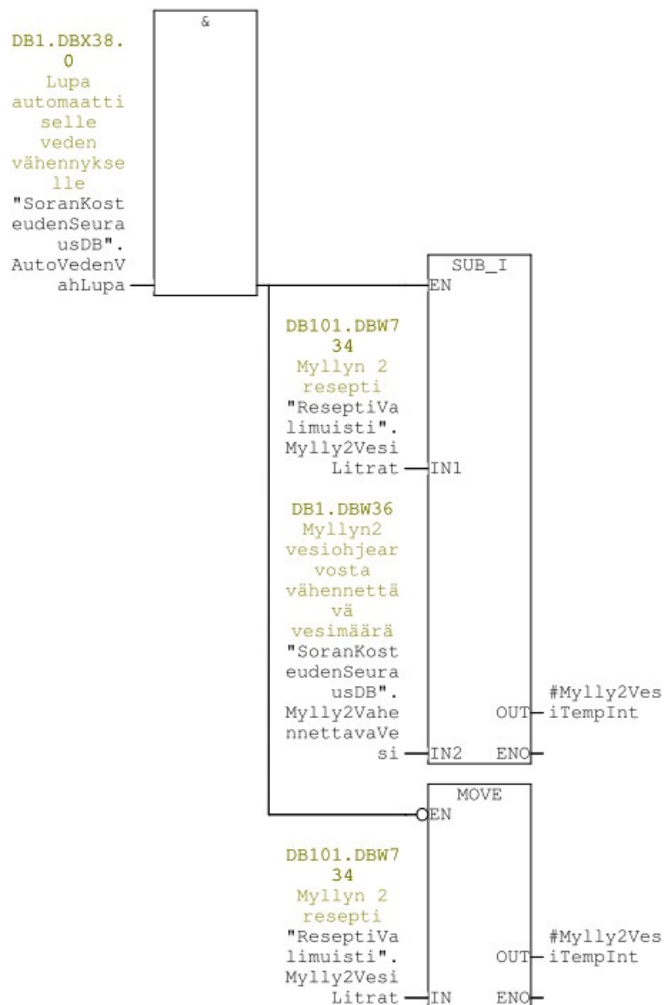
MyllylVesiTempInt muutettu DB101.DBW360(Myllynl vesi ohjearvo)tilalle.



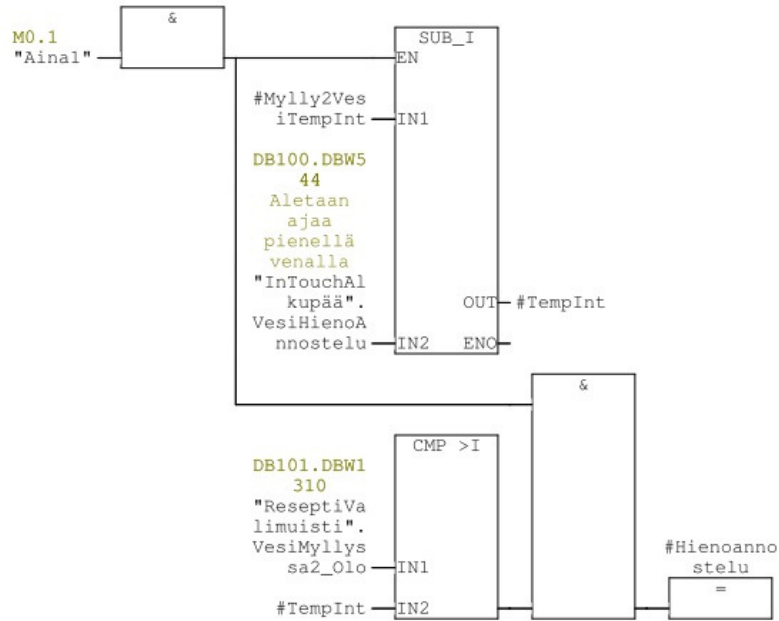
Network: 8
 MyllylVesiTempInt muutettu DB101.DBW360 (Myllyn1 vesi ohjearvo)tilalle.



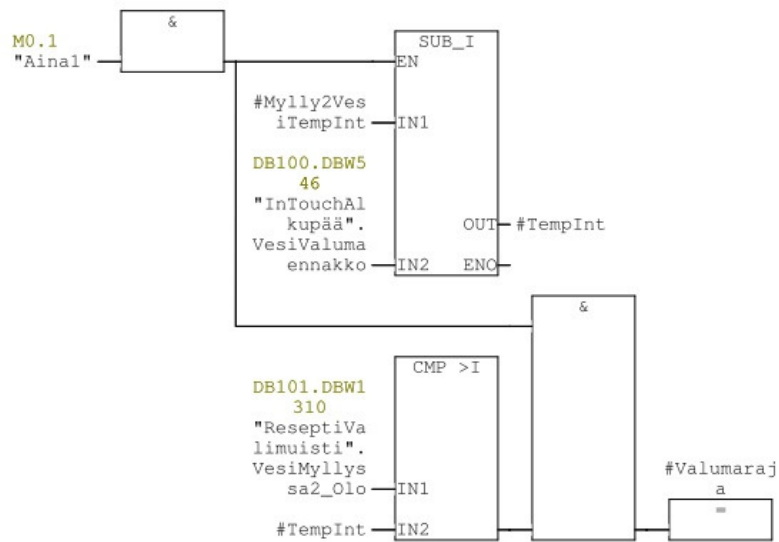
Network: 15
 Jos automaattisen veden vähennyksen lupa on annettu vähennetään myllyn2 vesi ohjearvosta kivisiilon 3 ja 4 yhteen laskettu vähennettävä vesi määrä jolloin myllyyn lisätään jäljelle jäävä vesimäärä. Mikäli lupaa ei ole lisätään myllyyn2 ohjearvon verran vettä.



Network: 16
 Hienoannostelu kun lähestytään asetusta
 Mylly2VesiTempInt muutettu DB101.DBW734(Myllyn2 vesi ohjearvo) tilalle

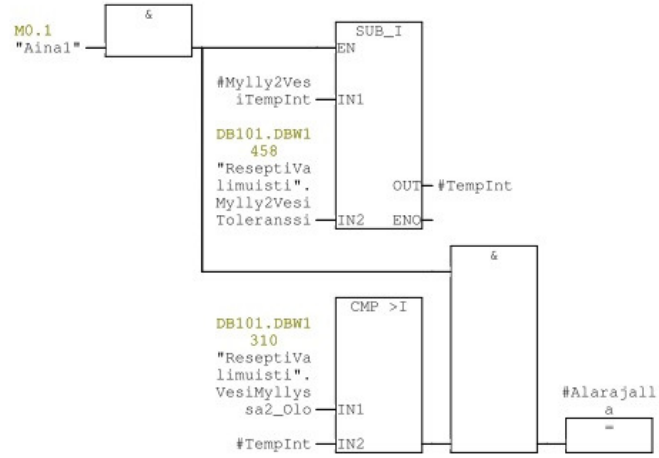


Network: 17
 Mylly2VesiTempInt muutettu DB101.DBW734(Myllyn2 vesi ohjearvo)tilalle



Network: 18

Mylly2VesiTempInt muutettu DB101.DBW734(Myllyn2 vesi ohjearvo)tilalle



Liite 8. Antureiden piirikaavio

