

Aki Ronkainen

**BIOLOGISEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON
ILMASTUKSEN OHJAUSAUTOMAATIO**

BIOLOGISEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON IL- MASTUKSEN OHJAUSAUTOMAATIO

Aki Ronkainen
Opinnäytetyö
29.11.2011
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma

Automaatiotekniikka

Opinnäytetyö

Raportti

Sivuja + Liitteitä

34 + 18

Suuntautumisvaihtoehto

OAMK, Tekniikan yksikkö

Aika

29.11.2011

Työn tilaaja

SLATEK KY

Työn tekijä

Aki Ronkainen

Työn nimi

**BIOLOGISEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON ILMASTUKSEN OHJAUSAUTO-
MAATIO**

Avainsanat

Jätevedenkäsittely, Kenttäväylä, PROFIBUS DP, Schneider Electric

Slatek Ky oli saanut toteutettavaksi Kokkolan kaupungin Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon sähkö-, automaatio- ja instrumentointiurakan. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa vaaditulla tietoliikenneprotokollalla ilmastuksen ohjausautomaatio valituille kenttä- ja toimilaitteille automaatiojärjestelmään.

Työssä suunniteltiin väylärakenne vaadituille laitteille ja tehtiin väyläkonfigurointi järjestelmään. Väylälaitteiden hankinta ja väylän tiedonsiirron määrittely dokumentointineen kuuluivat myös työhön. Sovellussuunnittelu ja väylien fyysinen toteutus yhteistyössä henkilöstön kanssa sekä myös toiminnan varmistaminen käyttöönottoineen oli työssä keskeisessä roolissa.

Laitokselle saatiin luotettavasti toimivat kenttäväylät vaadituille laitteille. Lisäksi saatiin tilaaja hyväksymään taajuusmuuttajien väyläliityntä ja toteutettiin se. Käyttöönotto sujui ongelmitta ja mittaustulokset osoittivat laitteiston olevan standardien mukaisessa kunnossa.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	4
2 KOHDELAITOKSEN PROSESSI JA AUTOMAATIO	5
2.1 Jäteveden käsittely	5
2.1.1 Mekaaninen käsittely	6
2.1.2 Biologinen käsittely	7
2.1.3 Kemiallinen käsittely	9
2.1.4 Lietteiden käsittely	10
2.2 Automaatiojärjestelmä	11
2.3 Kenttäväylät ja niiden mittaus	12
2.3.1 PROFIBUS DP	12
2.3.2 Väylämittaukset	15
3 OHJAUSAUTOMAATION TOTEUTUS	17
3.1 Kenttälaitteet	17
3.2 Väylärakenne ja kaapelointi	22
4 JÄRJESTELMÄÄN LIITYNTÄ JA KONFIGUROINTI	24
4.1 Konfigurointi ja dokumentointi	25
4.2 Diagnostiikka ja kunnonvalvonta	27
5 KÄYTTÖÖNOTTO	28
6 POHDINTA	29
LÄHTEET	32
LIITTEET	34

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on laadittu vuonna 2011 oululaisen vesihuoltoautomaatio-yrityksen Slatek Ky:n toimeksiannosta. Työn tarkoituksena on toteuttaa Profibus DP -kenttäväyläratkaisut Kokkolan kaupungin Hopeakivenlahden uudelle jätevedenpuhdistamolle. Työ rajoitettiin käsittelemään ilmastuksen ohjausta kenttäväylään liitettävien kenttälaitteiden avulla biologisessa jätevedenpuhdistusprosessissa, jossa automaatiojärjestelmänä on Schneider Electric Premium -laitteistot.

Työn lähtökohta on saada vaatimusten mukaisesti toimivat kenttäväylärakenteet kolmeen ilmastuslinjaan. Ne täytyy säilyttää erillisinä ilmastuslinjakohtaisena kokonaisuutena väyläohjattavien toimilaitteiden ja mittauksien osalta. Näin varmistetaan ilmastusprosessin toiminta mahdollisen vika- tai huoltotilanteen aikana.

Lisäksi työhön sisältyy toteutus väylälaitteistojen osalta Slatekin henkilöstön kanssa. Väylälaitteiden laitteiden selvittelyn jälkeen sovellusentekijöiden kanssa määriteltiin tiedonsiirtotarpeet, minkä pohjalta aloitettiin väyläkonfiguraation tekeminen järjestelmään. Fyysisen asennuksen toteutus ja väylälaitteiston kytkennän opastus kuuluivat myös työhön. Lopuksi tehdään käyttöönottoon liittyvä väyläanalyysi väylämittauksineen ja dokumentointineen.

Slatek Ky on oululainen vesihuollon alalla vuodesta 1978 toiminut yritys, jonka ohjelmisto-osaaminen kattaa Schneiderin-, Siemensin-, Omronin- ja Exomaticin-logiikkatuotteet. Yrityksen toimenkuvaan kuuluu vesihuoltoon liittyvien automaatiojärjestelmien kokonaisvaltainen toteutus suunnittelusta toteutukseen ja kunnossapitoon. Tämän työn tekijällä on kymmenen vuoden asentajakokemus yrityksessä, joten vedenkäsittelyprosessit ja niissä käytettävät kenttälaitteet ovat pääosin ennalta tuttuja. Profibus DP -väylään kytetyt kenttälaitteet ovat koko yritykselle uutta. Suomen jätevedenpuhdistuslaitoksilla taajuusmuuttajien väyläkytkentä järjestelmätasolla on myös uutta.

2 KOHDELAITOKSEN PROSESSI JA AUTOMAATIO

Kokkolan Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle johdetaan Kokkolan kaupungin jätevesien lisäksi Kälviän ja Lohtajan jätevedet sekä Storkohmon kaatopaikan suotovedet. Lisäksi puhdistamolla käsitellään sen välittömään läheisyyteen rakennettavan biokaasulaitoksen jätevedet. (*Ohjaustapakuvuus-R. 2009.*)

Puhdistamo on tyypiltään biologinen aktiivilietelaitos, jossa käytetään hyväksi talousvesien sisältämiä mikro-organismeja. Ilmastusaltaaseen muodostuu biomassa, eli aktiivilietteen ja veden seos, jota sekoitetaan voimakkaasti. Samalla veteen syötetään ilmaa, mikä takaa mikrobeille riittävän happimäärän. Ilmastusaltailla on suuri merkitys biologisen prosessin toimivuuden kannalta. (Karttunen – Tuhkanen – Kiuru 2004, 169, 189.)

2.1 Jäteveden käsittely

Perinteinen yhdyskuntajäteveden käsittelyprosessi muodostuu yleensä mekaanisesta, biologisesta ja kemiallisesta jätevedenpuhdistustekniikasta. Esikäsittelyssä jätevedestä erotetaan hiekka ja suuret kiintoainepartikkelit, mikä muodostaa mekaanisen osuuden. Esiselkeytyksessä raskaampi kiintoaine erotetaan jätevedestä, johon voidaan käyttää saostuskemikaaleja joiden tarkoitus on tehostaa sen toimintaa. (Wikipedia. 2011, hakupäivä 05.06.2011.)

Biologisessa puhdistusvaiheessa mikrobitoiminta käyttää ravinnokseen jäteveden orgaanisen aineen ja muuttaa sen hiilidioksidiksi. Siten jäteveden biokemiallisella hapenkulutuksella, eli orgaanisen aineen poisolla BOD (Biochemical Oxygen Demand) laskee ja vesistöön johdettava jätevesi ei kuluta vesistön happivaroja. Lisäksi typenpoisto toteutetaan biologisessa prosessissa hapettamalla mikrobitoiminnan avulla ensin ammoniumtyypen nitraatiksi (nitrifikaatio) ja sen jälkeen hapettomissa olosuhteissa nitraatti muutetaan typpikaasuksi (denitrifikaatio). Biologisessa prosessissa syntyy biolietettä, joka voidaan saostaa pois vedestä kemiallisesti ja mekaanisesti.

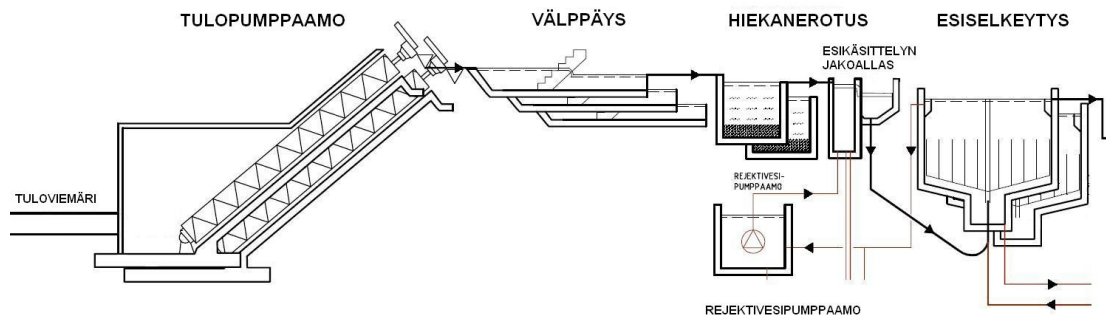
(Karttunen – Tuhkanen – Kiuru 2004, 181, Wikipedia. 2011, Hanhimäki 2011.)

Kemiallisessa käsittelyssä fosforin saostaminen tapahtuu yleensä kaksi- tai kolmivaiheisesti. Saostuskemikaalina käytettyä ferri- tai ferrosulfaattia syötetään esi- ja biologiseen käsittelyyn, jolloin suurin osa fosforista saostuu ja poistuu selkeytysaltaiden lietteen mukana pois. Tiukentuneiden lupaehtojen vuoksi fosforin poistoa tehostetaan useasti flotaation avulla. (HANHIMÄKI 2011.)

Kohdelaitoksen puhdistusprosessit, jotka näkyvät liitteen 1 prosessikaavios-
ta, voidaan jakaa esikäsittelyyn, veden jaon, aktiivilieteyksiköiden (ilmastus- ja jälkiselkeytysaltaat), tertiäärikäsittelyyn (flotaatio), analysaattorijärjestelyiden, kemikaloinnin ja lietteen tiivistyksen osaprosesseihin. (Ohjaustapakuvaus-R. 2009.)

2.1.1 Mekaaninen käsittely

Tuleva jätevesi pumpataan laitokselle kuvan 1 kahdella ruuvipumpulla tulo-
pumppaamosta (kuva 1). Tämän jälkeen kolmen rinnakkaisen levynauhaväl-
pän avulla vedestä siivilöidään suurimmat kiintoaineet, jotka kuljetetaan ruu-
vikuljettimilla pesuriin ja sen jälkeen yhdyskuntajätteisiin. Ennen hiekan ero-
tusta veteen syötetään saostuskemikaalia ja prosessissa hiekka erotetaan
ilmastuksen avulla, jolloin hiekka painuu pohjaan ja rasva nousee pintaan.
Pohjalle painuva hiekka pumpataan myös omaan pesuriin ja pinnalle muo-
dostunut rasva kuoritaan erilleen. Pesureiden pesuvedet menevät rejekti-
vesipumppaamoon, josta ne pumpataan takaisin prosessiin jakoaltaille.

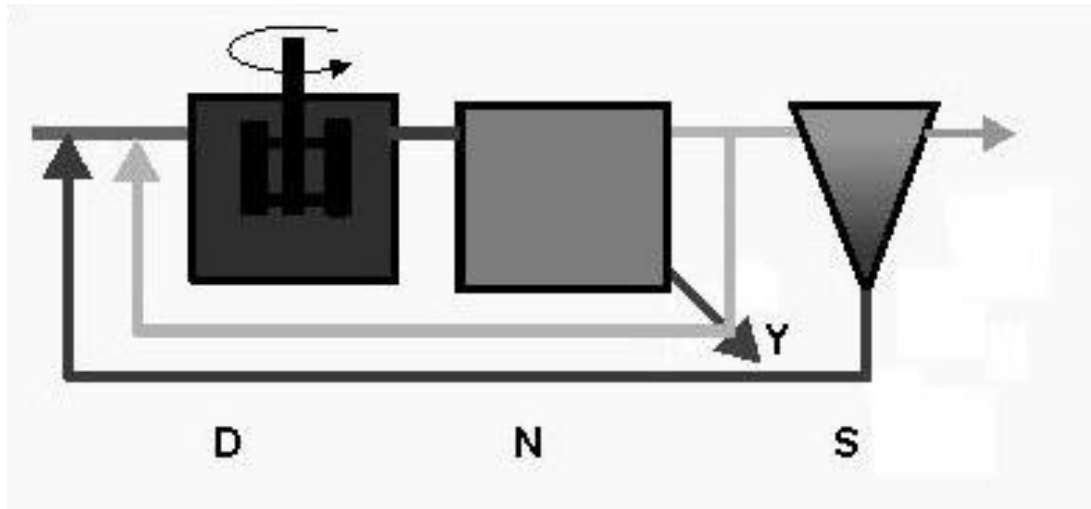


Kuva 1. Mekaanisen käsittely osaprosessit (Hydraulinen Profiili 2009)

Jakoaltailla vettä sekoitetaan ennen kahta rinnakkaista esiselkeytysaltaasta. Esiselkeytysaltaissa vedessä olevat kiintoaineet laskeutuvat altaan pohjalle ja sinne muodostuu raakalietepatja, jonka pintaa pidetään vakiona raakalietteen kierrättämisellä selkeytinkohtaisesti. Raakalietteen kierrätyksen tarkoitus on tuottaa liukoistahiilenlähdeä ilmastusaltaassa tapahtuvalle denitrifikaatiolle ja sen avulla esiselkeyttimissä ylläpidetään tiettyä raakalietteen lietteikää, jolloin lietepatjassa tapahtuu biologista hydrolyysiä ja fermentaatiota, eli pitkäketjuisten hiilyhdisteiden pilkkoutumista lyhytketjuisiksi anaerobisissa oloissa. (Ohjaustapakuvaus-R. 2009, 37.) Ylimääräinen raakaliete poistetaan lietteenkäsittelyyn. Selkeytysaltaista vesi jatkaa biologiseen vaiheeseen.

2.1.2 Biologinen käsittely

Biologinen toiminta alkaa siis jo etuselkeytyksessä, mistä tuleva vesi painovoimaisesti jaetaan jakotornissa kolmeen rinnakkaiseen aktiivilieteyksikköön, mihin kuuluu ilmastusaltaat, jälkiselkeyttimet ja palautuslietepumppaamo. Jakotornissa olevien sekoittimien avulla sekoitetaan veteen lisättävät kemikaalit ja sieltä vesi jatkaa ilmastusaltaille, missä *denitrifikaatio* tapahtuu ennen *nitrifikaatiota* eli *DN-prosessiin*. (Kuva 2.)



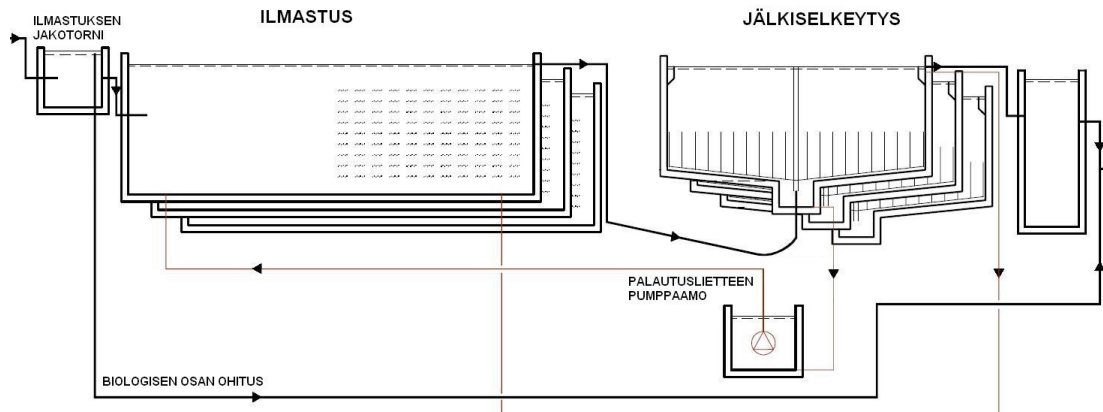
Kuva 2. DN-prosessi (Typenpoistomenetelmät 2011)

Kohdelaitoksessa on siis kolme rinnakkaista DN-prosessia kuvan kolme mukaan. Typenpoistoon tarkoitettussa osiossa, mihin kuuluu neljä erillistä peräkkäistä lohkoa, niissä sekoitetaan jätevettä ilman lisähapetta. Tätä vaihetta sanotaan *anoksiksi* vaiheeksi, eli siinä tapahtuu denitrifikaatio, jossa *denitrifikaatiobakteerit* pelkistävät nitraatin typpikaasuksi jätevedessä olevan BOD:n sisältämän hiilen ja lisäksi jakotorniin syötetyn lisähiilenlähteen (metanoli) avulla. (Karttunen – Tuhkanen – Kiuru 2004, 213, 546 – 547.)

Denitrifikaatio-osan jälkeen aktiiviliete menee ilmastusaltaan kolmeen ilmastettuun lohkoon, joissa tapahtuu nitrifikaatio, missä ammoniumtyppi muuttuu nitriitin kautta nitraatiksi nitrifikaatiobakteerien tarvitseman hapen avulla happellisessa olosuhteissa. Tarvittava happi tuotetaan prosessiin kompressoreiden avulla ja lohkokohdaista happitasoa pidetään yllä mittauksien ja säätöventtiilien avulla. Kaikki denifrikaatio-osan lohkot on myös mahdollista ottaa tarvittaessa nitrifikaatiokäyttöön, joten nekin lohkot sisältävät sekoittimien lisäksi ilmastimet. (Karttunen – Tuhkanen – Kiuru 2004, 212, 546.)

Ilmastusaltaiden sisäinen *aktiivilietteenkierto* on toteutettu säädettävien pumppujen avulla. Se tapahtuu nitrifikaation lopusta denitrifikaation alkuun ja näin nitraattipitoinen liete siirtyy anoksiseen osaan. Nitrifikaatiovaiheen jälkeen aktiiviliete valuu painovoimaisesti jälkiselkeytys altaisiin, joissa liete laskeutuu pohjalle ja pinnalta valuva vesi jatkaa kemialliseen vaiheeseen. Liete palautuu linjakohtaisesti ilmastusaltaan alkupäähän palautuslietepumppaa-

mossa sijaitsevien neljän tulovirtaaman mukaan säädettävän pumpun avulla.
(Kuva 3.)



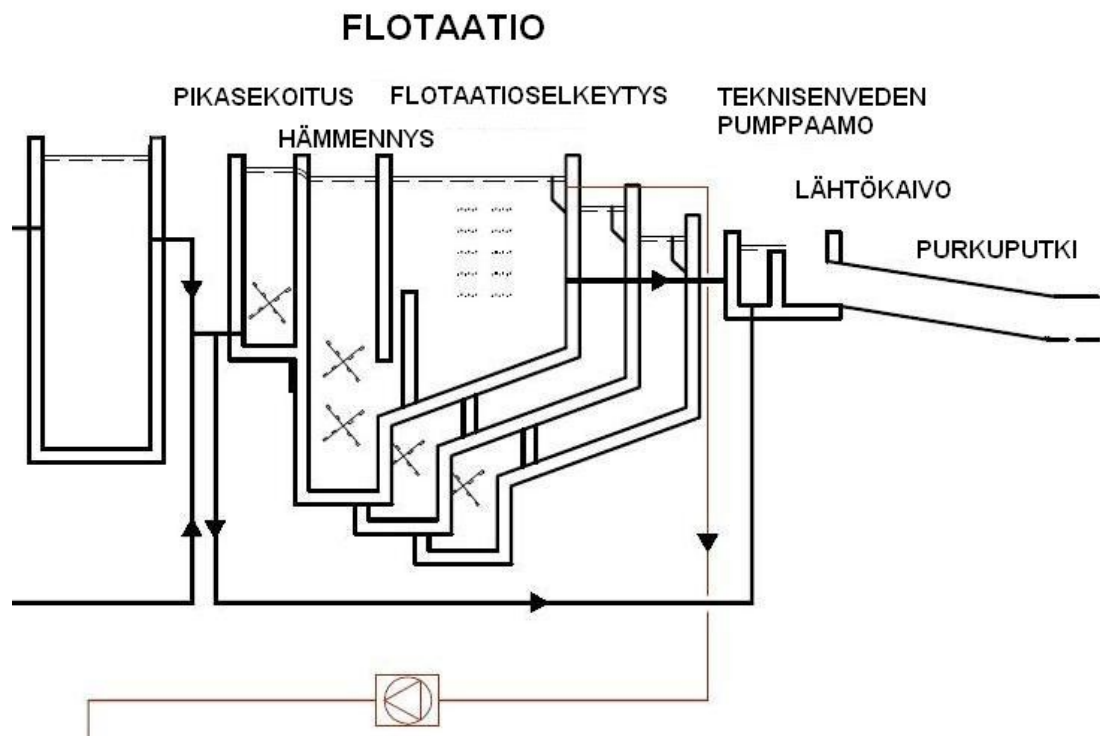
Kuva 3. Biologinen prosessi (Hydraulinen Profiili 2009)

Aktiivilietteen lieteikää ilmastusaltailla säädetään aktiivilietteen poistolla. Se toteutetaan allaskohtaisilla ylijäämälietepumpuilla ilmastusaltaan lopusta. Poistettava määrä määräytyy siis halutun lieteiän eli sen mukaan, kuinka pitkään liete viipyy prosessissa. Lieteikä on prosessin tärkein ohjausparametri ja sen tulee olla typenpoistoon eli denitrifikaatioon sopiva. Nitrifikaation häiriötön toiminta edellyttää riittävän pitkää aerobista lieteikää. Toisaalta tarpeettoman pitkä lieteikä voi huonontaa lietteen laskeutuvuutta. (Hanhimäki 2011, Ohjaustapakuvaus-R. 2009, 27.)

2.1.3 Kemiallinen käsittely

Kohdelaitoksessa toteutettiin tehostettu kemiallinen fosforin poisto flotaation avulla. Kolmelta jälkiselkeyttimeltä mekaanisesti ja kemiallisesti puhdistettu vesi jatkaa linjakohtaisiin flotaatioaltaisiiin. Flotaatiossa veteen lisätään polyalumiinikloridia fosforin saostamiseksi. (Karttunen – Tuhkanen – Kiuru 2004, 98.) Sakka nousee flotaatiossa pintaan ennen erotusallasta veteen lisätyn dispersioveden eli ilmalla kyllästetyn veden avulla. (Hanhimäki 2011.)

Ensin vesi tulee pikasekoitusaltaisiin (kuva 4), joissa siihen lisätään saostuskemikaalia. Sekoitettu vesi jatkaa hämmennysaltaisiin, joissa kemikaalien vaikutuksesta kiintoaineet flokkautuvat eli kemikaali sitoo kiintoaineet. Tämän jälkeen flotaatioiselkeytyksen pohjalle pumpataan erikseen valmistettua vesi-ilmasesta, jonka avulla varsinainen flotaatio tapahtuu. Pinnalle muodostuva lieteputja valuu poistokourun kautta rejektivesipumppaamoon, josta se pumpataan takaisin lietteen sakeutukseen.

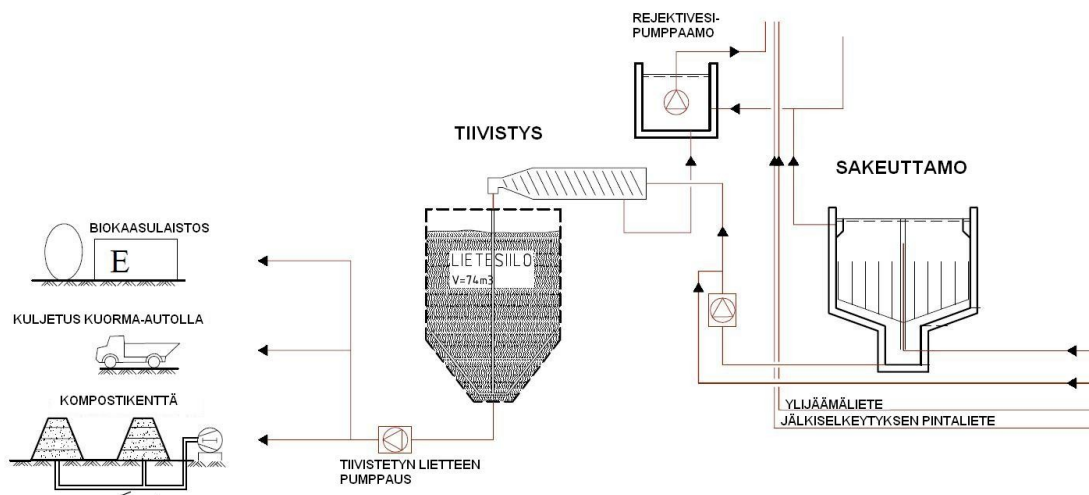


Kuva 4. Flotaatio-prosessi (Hydraulinen Profili 2009)

2.1.4 Lietteen käsittely

Laitoksella syntyy sekä biologista lietettä että kemiallista sakkaa esiselkeytyksen raakalietteen lisäksi. Lietteet tiivistetään saostuskemikaalin (polymeeri) avulla sopivaan sakeuteen ja siirretään kohdelaitoksen tapauksessa bio-kaasulaitokselle mädätysprosessiin.

Raakalietepumppaamossa olevien kolmen pumpun avulla ja jälkikäsitteilyrakennuksen flotaation lietteet pumpataan sakeuttamoon, jossa se painovoimaisesti tiivistyy sekoituksen avulla (kuva 5). Sakeuttamo on varustettu laahakoneistolla, joka edesauttaa veden vapautumista lietepatjasta. Etuselkeyttimien lietteet voidaan myös pumpata suoraan tiivistimille raakalietepumppujen avulla. Tiivistynyt liete pumpataan kahdelle rinnakkaiselle tiivistimelle ja liete varastoidaan lietesiihloön. Tämän jälkeen liete on valmis kompostoitavaksi tai tulevan biovoimalaitoksen polttoaineeksi.



Kuva 5. Lietteen käsittely (Hydraulinen Profili 2009)

2.2 Automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmä perustui Shneider Electric Modicon Premium TSX P57 454M –logiikkaan, joita laitokselle tuli neljässä rakennukseen hajautusti. Prosessiasemien hajautettuna I/O-yksikkönä toimivat edellä mainitun merkin Advantys-tuoteperheen laitteet. Laitoksen valvomo toteutettiin Clear Scada -ohjelmistolla.

Automaatiojärjestelmä koostuu siis neljästä prosessiasemasta VAL-PA1, EKR-PA1, KON-PA1 ja JKR-PA1, jotka näkyvät liitteen 2 järjestelmäkaavios-

ta. Prosessiasemat ovat yhteydessä toisiinsa tietoliikennekeskittimien välityksellä valokuiduin toteutetun Ethernet-verkon avulla, joissa tiedonsiirtoprotokollana on Modbus TCP/IP. Prosessiasemiin liittyvät hajautetut I/O-yksiköt VAL-PA1.1, EKR-PA1.1, KON-PA1.1 ja JKR-PA1.1 on myös kytketty valokuidulla toteutetuilla Ethernet-verkolla. Kaaviosta näkee myös kaikkien prosessiasemien Profibus DP -väylät ja niihin liittyvät laitteet.

2.3 Kenttäväylät ja niiden mittaus

Kohdelaitoksen kenttälaitteiden väyläliityntään oli valittu Profibus DP. Standardoitujen kenttäväyläprotokollien tapaan se on suunniteltu erikoisesti automaation ohjaussysteemin ja hajautetun I/O:n sekä kenttälaitteiden väliseen kommunikointiin. Profibus DP:tä voidaan käyttää korvaamaan rinnakkaistiedonsiirtoa 24V tai 0...20 mA, eli perinteisellä I/O:ta. (Vacon 2006.)

2.3.1 PROFIBUS DP

Profibus tuoteperhe on toimittajasta riippumaton, avoin kenttäväylästandardi, jota käytetään monenlaisissa teollisuuden sekä prosessi- ja rakennusautomaatiosovelluksissa. Profibus-protokolla määrittää, miten eri valmistajien laitteet saadaan kommunikoidaan ilman erityisiä rajapintoihin tehtäviä asetuksia. Profibus-väylää voidaan käyttää sekä nopeaan aikakriittiseen tiedonsiirtoon että laajoihin monimutkaisiin kommunikaatiotehtäviin. Profibus-tuoteperhe koostuu kolmesta yhteensopivasta versiosta, joita ovat Profibus DP, PA ja FMS. Profibus DP -protokollan rakenne selviää liitteen 3 kuvasta 1. (Vacon 2006,7.)

Profibus käyttää master-slave-tyyppistä eli isäntä-orja-tiedonsiirtoa, missä isäntälaitteet hallitsevat väylän kommunikointia. Se voi lähettää dataa ilman ulkoista käskyä, jos sille on asetettu väylänkäyttöoikeudet. Profibus-protokollassa isätää kutsutaan *aktiiviseksi asemaksi*. (Vacon 2006,7.)

Isäntälaitteita on kahdentyyppisiä: DPM1- (DP Master Class 1) tai DPM2-luokan (DP Master Class 2) isäntälaitte. DPM1:llä on oikeus aktiiviseen väy-

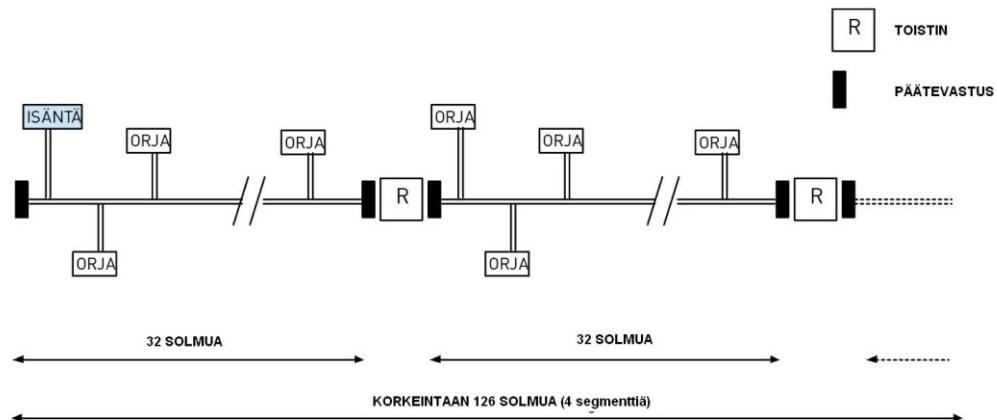
lälle liittymiseen, jolloin voidaan lukea sisääntulojen (input) mittatiedot kenttä-laitteilta ja kirjoittaa ulostuloihin (output) asetuservoja toimilaitteille. DPM2-luokan isäntälaitteessa on edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi suunniteltuun ja konfigurointiin tarvittavia ominaisuuksia, kuten diagnostiikka, osoitteen anto sekä konfigurointi. DPM1 isäntälaitte käyttää siis *syklistä* tiedonsiirtoa ja DPM2 isäntälaitte taas *asyklistä* tiedonsiirtoa. (Liite 3, kuva 2.) Asykliisiä ominaisuuksia käyttää erityisesti erilliset konfigurointityökalut ja diagnostiikka laitteet ja se mahdollistaa orja-orja -tiedonsiirron. (PROFIBUS System Description 2010, 13 –15.)

Orja-laitteet ovat oheislaitteita ja tyypillisesti ne ovat erilaiset I/O-rajapinnat, venttiilit, asemat ja mittalähettimet. Niillä ei ole väylänkäyttöoikeuksia, vaan ne voivat kuitata vastaanotetun datan tai lähettää dataa, kun isäntä käskee. Näin ollen orja-laitteita kutsutaan *passiiviseksi asemaksi*. (Vacon 2006,7.)

Profibus DP:stä on DP-V0, DP-V1 ja DP-V2 protokollaversiot. DP-V0:ssa on määritelty perustoiminnallisuus, joka kattaa master-slave tyyppisen synkronisen datan siirron maksimissaan 126 solmulle sekä asema-, moduuli- ja kanavadiagnostiikkapalvelut, keskeytystoiminnot ja asemien liittämisen ja poistamistoiminnot. DP-V1 tuo asynkronisen tiedonsiirron synkronisen rinnalle ja mahdollistaa muun muassa laitteiden parametroidin ja kalibroinnin väylän ollessa toiminnassa. DP-V2 taas tuo lisänä muun muassa slave-slave-tiedonsiirron, jossa orjalaitteet voivat kommunikoida suoraan toisilleen. DPM1 käyttää tiedonsiirtoon DP-V0-protokollaa ja DPM2 DP-V1- ja DP-V2 -protokollaa. (PROFIBUS System Description 2010, 13 –15.)

Väylä viedään kentälle kuparikaapelina tai valokuituna, jolloin käytetään normaaleissa teollisuusasennuksissa käyttötarkoitukseen sopivia kaapeleita. Yleensä käytetään kupariparikaapelia, missä parin vihreä johdin kytketään signaaliin RxD/TxD-N (A) ja punainen johdin signaaliin RxD/TxD-P (B). Kaapelit liitetään myös käyttötarkoitukseen tarkoitetuilla liittimillä, jotka sisältävät mahdollisesti tarvittavan päätevastuksen. (Profibus Installation Guideline for Planning 2009.)

PROFIBUS DP -väyläsegmenttiin asennettavien yksiköiden eli *solmujen* maksimimäärä on 32 kappaletta. Toistimilla (R) voidaan DP-väyläsegmenttejä liittää yhteen seuraavan kuvan 6 mukaisesti. (VACON 2006,7.)



Kuva 6. PROFIBUS DP -väylä rakenne (VACON 2006,7)

PROFIBUS DP -väyläsegmentin maksimipituus riippuu käytetystä tiedonsiirtonopeudesta ja kaapelityypistä. Pienillä siirtonopeuksilla voidaan väylää haaroittaa, mutta siirtonopeuden ollessa 1,5 Mbps tai suurempi ei haarakaapeleita saa käyttää. Silloin PROFIBUS-laitteelle tuleva väyläkaapeli ja edelleen seuraavalle laitteelle jatkuva kaapeli liitetään suoraan PROFIBUS-laitteen väyläliittimeen. Toistimia tarvitaan käyttöön, jos väylään kytketään yli 32 laitetta, joihin myös toistimet lasketaan. Myös galvaanisenerotuksen ja väylän maksimipituuden ylittymisen voi toteuttaa väliin laitettavan toistimen avulla, koska se vahvistaa väylän datasiinaaleita ja linkittää yhteen väyläsegmenttejä. Sarjassa olevien toistimien maksimimäärä on yhdeksän ja väyläsegmentin maksimipituus ei saa ylittää siirtonopeudesta riippuvaa segmentin maksimipituutta. (Profibus Installation Guideline for Planning 2009.)

Päätevastus kytketään väyläsegmentin molempiin päihin. Väyläliitin sisältää pätevastuskytkennän ja se kytketään päälle kytkimellä. PROFIBUS-laite

syöttää päätevastuskytkennän tarvitseman käyttöjännitteen. Tästä syystä johtuen liittimen irrottaminen tai laitteen vikaantuminen tekee myös päätevastuksen jännitteettömäksi, jolloin yhteys väylään voi hävitä kokonaan. Onkin suositeltavaa käyttää aktiivisiapäätevastuksia, jolloin kaikkia väylään kytkettäviä laitteita voidaan vaihtaa tai kytkeä ilman liikennehäiriöitä. (Profibus Installation Guideline for Planning 2009.)

Väylän konfigurointiin käytetään laitevalmistajien GSD-tiedostoja, eli laiteprofiileja. GSD-tiedostot sisältävät valmistajan tiedot, tiedonsiirtonopeuden, syklisen tiedonsiirron ja käytettävissä olevat I/O-tiedot. GSD-tiedosto määrittää väylälaitteen ominaisuudet isäntälaitteelle ja konfiguroinnissa valitaan tarvittava tiedonsiirto järjestelmään. (PI Profibus & Profinet 2011.)

Kaappiin tulevan väyläkaapelin suojavaippa on maadoitettava mahdollisimman lähellä läpivientiä. Maadoitukseen käytetään maadoituskenkää ja suojavaippa jatkuu maadoituspisteestä edelleen liittimelle. Kentälle tulevien kaapeleiden asennusetäisyydet riippuvat kaapeleiden signaalitasoista. Yleisenä periaatteena pitää välttää pitkiä yhdensuuntaisia kaapelivetoja vahvavirtakaapeleiden kanssa ja asentaa tiedonsiirtokaapelit mahdollisuuksien mukaan eri kaapelihyllylle. Kaapelin suojavaippa ei missään olosuhteissa saa joutua potentiaalintasausjohtimeksi, vaan potentiaalintasaus on tehtävä ulkoisella johtimella. (Profibus Installation Guideline for Planning 2009.)

2.3.2 Väylämittaukset

Väylälaitteiston toimintaa voidaan selvittää erilaisin keinoin ylläpitävänä toimenpiteenä tai vikatilanteen ilmetessä. Tähän voidaan eri protokollissa käyttää joko perinteisiä sähkötekniisiä mittalaitteita tai varta vasten kyseisen protokollan standardin mukaan valmistettuja mittalaitteita.

Väyläanalyysi on mittaus, jolla selvitetään väylän kunto, laajennettavuus ja mahdolliset häiriöt. Käyttöönottovaiheessa tehdystä väyläanalyysistä nähdään kenttälaitteet ja niiden mahdolliset vikatilat ja väylän toimivuus voidaan varmistaa. Käytännössä tämä tarkoittaa väylän käyttöönottotarkastusta, joka

dokumentoidaan asiakkaalle. Mittaus suoritetaan käyttämällä erikoismittalaitetta ja PC:llä olevaa Profibus-väylän mittausohjelmistoa. (Profibus Installation Guideline for Commissioning 2006.)

Mittaustuloksista selviää väylän jännite sekä jännitteen vaihtelu, nousevan ja laskevan käyrän jyrkkyys. Selville saadaan myös signaalinmuoto, joka kertoo, onko signaalissa pyöreyttä tai muita mahdollisia häiriötekijöitä, esimerkiksi värinää. (Profibus Installation Guideline for Commissioning 2006.)

3 OHJAUSAUTOMAATION TOTEUTUS

Ohjausautomaation toteutus aloitettiin tilaajan vaatimuksiin tutustumalla, jonka perustella alettiin suunnitella väylälaitteistoa. Selvitettiin väylään liitettävien laitteiden määrä ja tyypit, jonka pohjalta toteutettiin määräysten mukainen väylälaitteisto.

Vaatimuksissa määrättiin ilmastuksen ohjaus toteutettavan kolmella allas-kohtaisella kenttäväylällä prosessiasemaan, jolloin mahdollinen vikatilanne ei pysäyttäisi koko prosessia. Tiedonsiirtonopeudeksi vaadittiin 500 kbps, mutta toimittajalle annettiin mahdollisuus toteuttaa se 1500 kbps nopeudella. Kaikkien kolmen kenttäväylän tuli sisältää kaksi väylätoistinta ja ne oli päätettävä aktiiviseen pätevästykseen, mikä estää kaikkien kenttälaitteiden häiriöttömän väylästä irtikytkemisen.

Väylien kaapelointi ja kytkennät sisältyivät kokonaisuudessaan toimitukseen. Kaapelit kaapelihyllyjen ulkopuolella tuli suojata putkitusta käyttäen ja kaikki tarvittavat jännitesyötöt tuli olla väylälaitteiden osalta UPS-varmennettuja. Jokaiseen kenttäväylään oli varattava vähintään yksi D9-liitin, mikä mahdollistaa käytönaikaisen diagnostiikkalaitteen kytkemisen. Väylien rakenteesta tuli tehdä piirustukset, mistä selviää väylien yksityiskohtainen rakenne ja laitteiden väliset etäisyydet.

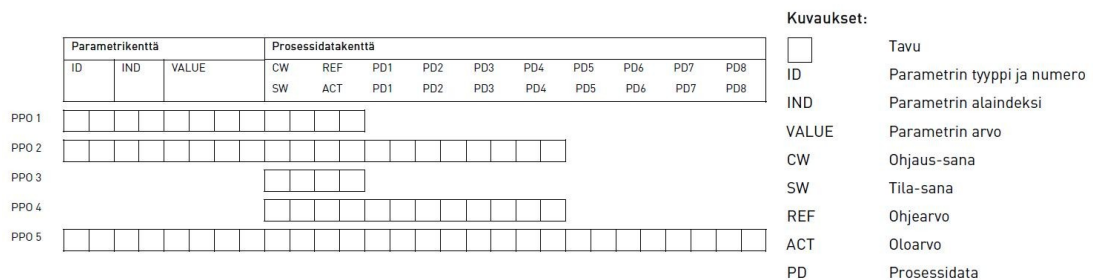
3.1 Kenttälaitteet

Ilmastuksen ohjauksen kenttäväylät sisältävät kenttälaitteita kaiken kaikkiaan 56 kappaletta: Taajuusmuuttajaohjattuna kolme lietteenkierrätys-, neljä palautusliete-, kaksi soodanannostelu- ja kolme Atex-luokiteltua metanolinannostuspumpua. Lisäksi soodanannosteluruuvi, kolme ilmastuskompresso-ria, 21 säätöventtiiliä, kuusi virtausmittaus- ja kolme laatumittausvahvistinjärjestelmää, mitkä sisältävät kukin kymmenen mitta-anturia.

Laitokselle tuli 44 Vacon NX-sarjan väyläohjattua taajuusmuuttajaa, joista ilmastuksen ohjaus sisälsi 16 kappaletta. Taajuusmuuttajat oli alkuperäisten

vaatimusten mukaan I/O-ohjattuja, mutta toimittaja hyväksytti muutoksen tilaajalla.

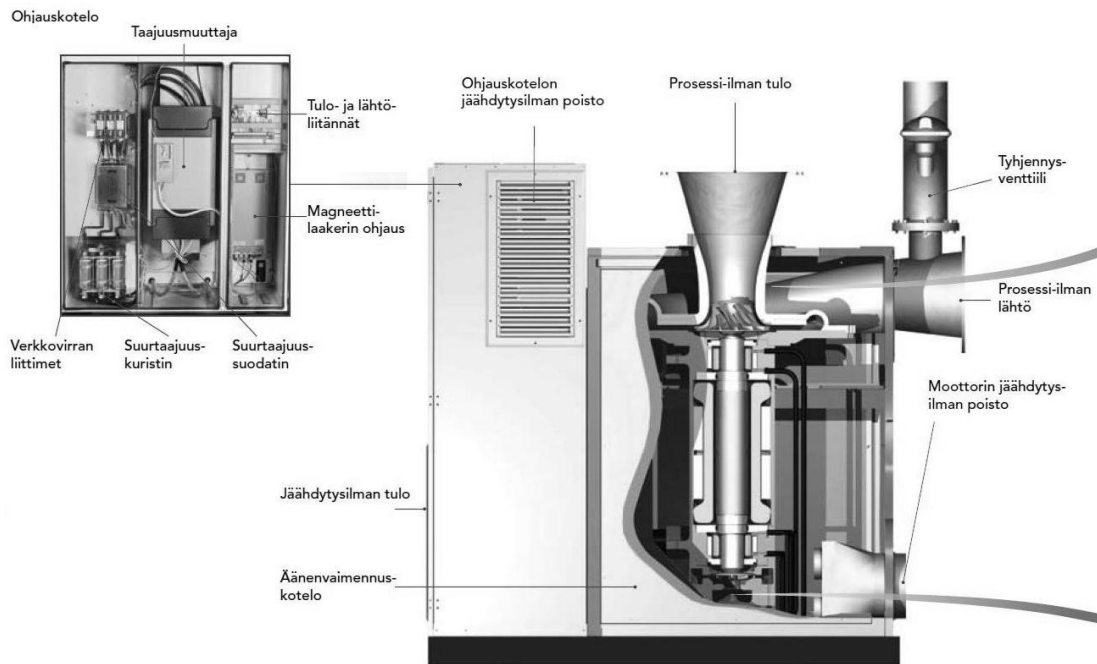
Taajuusmuuttajalta väylän kautta otettiin kaikki tilatiedot, takaisinkytkentä, taajuusmuuttajan I/O:t, moottorin pyörimisnopeus, virta, momentti, ohjaus- ja viesti käskyt. Se toteutettiin PPO 4- kommunikointiobjektia käyttäen. (Kuva 7.)



Kuva 7. Profibus DP kommunikointiobjektit (Vacon 2006)

Vacon- taajuusmuuttajassa Profibus DP -liityntä toteutetaan erillisellä optio-kortilla, mikä noudattaa johtavien laitevalmistajien määrittelemää PROFIDRIVE-profiilia; Variable Speed Drive Profile. Se määrittää, kuinka laitteet on parametrisoitava ja kuinka asetusarvot ja monitorointiarvot on siirrettävä. Näin saavutetaan tietynlainen valmistajien hyväksymä standardi, jolloin erilaiset laitteet näkyvät väylälle samanlaisina ja ovat siis vaihdettavissa keskenään. Profiili käsittää välttämättömimmät määrittelyt laitteen käytön kannalta, kuten nopeuden ja paikanhallinta, mutta jättää silti vapauden sovelluksen tekijälle kehittää ja laajentaa käyttäjäkohtaisia sovelluksia. (Vacon 2006.)

Ilmastukseen tulevien kolmen ABS HST- sarjan turbokompressorin ohjaus tapahtui sen sisäisen taajuusmuuttajan avulla. Kompressorin rakenne perustuu suurella nopeudella pyörivän moottorin roottorin kelluttamiseen magneettitoiminnan avulla (kuva 8). Moottorin akselinpäässä oleva turbo tuottaa vedenhapon hapetukseen tarvittavan ilman.

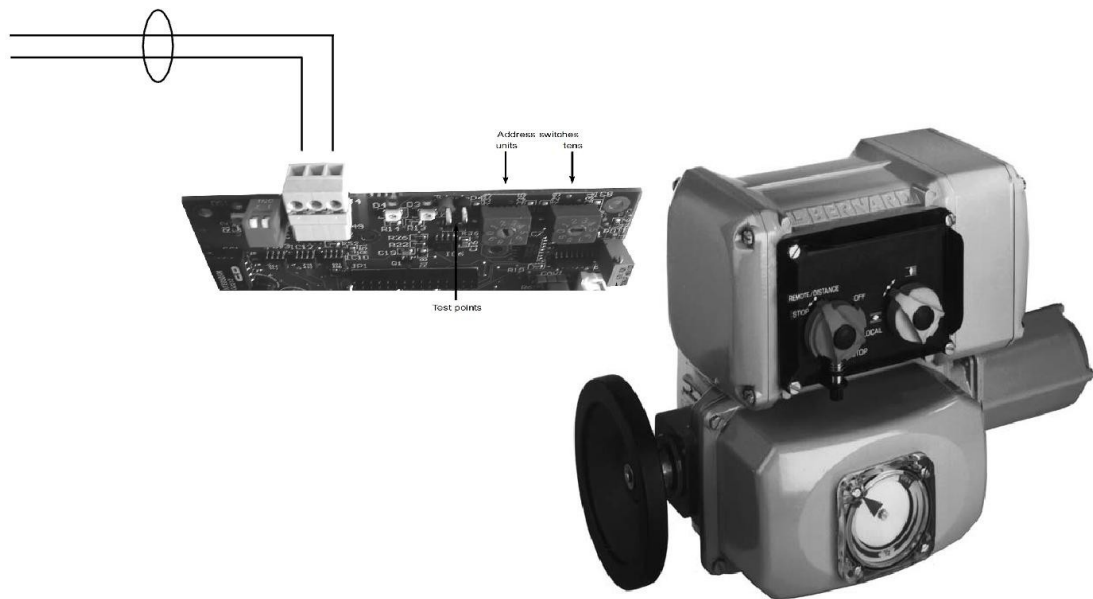


Kuva 8. ABS turbokompressori (ABS turbokompressori 2010)

Laitteeseen on integroitu taajuusmuuttajan lisäksi magnetointilaakerien ohjain sen kellunnan säätöön, joka on kytketty Modbus-väylällä taajuusmuuttajaan. Ylempään järjestelmään tämäkin laite kytkettiin edellä mainitun taajuusmuuttajan tavoin optiokortilla, mutta tässä laitteessa oli laitevalmistajan itse määrittämä laiteprofiili. Kokonaisuutena kompressorin taajuusmuuttaja on laiteohjain, jonka avulla varsinainen ohjaus tapahtuu. Laitevalmistajan räätälöity sovellus suojaa laitteen lukituksineen, jolloin ylemmälle järjestelmälle jää ainoastaan sen ohjaus, säätö ja vikojen välitys.

Säätöventtiileiksi niin I/O- kuin väyläohjattaviksi oli valittu Bernald-toimilaitteet ja sen Integral Plus -ohjainyksiköt. Venttiilien väyläliityntä tapahtuu erillisellä INTEGRALBUS-kortilla (kuva 9). Ohjainyksikössä olevasta ohjelmointipaneelistä parametrit valitaan DIP-kytkimien avulla. Ohjainyksikkö on I/O-tasolla kytketty väyläkorttiin, joka välittää I/O-tiedot väylän kautta järjestelmään. Tästä johtuen laitteesta ei saada varsinaisesti laitediagnostiikkaa, vaan perinteiset normaalit tiedot. Ainoa väyläkytkennästä saatu etu oli

fyysisen I/O:n väheneminen ja kaapeloinnin helpottuminen johtuen laitteiden suuresta etäisyydestä prosessiasemaan.



Kuva 9. Venttiilin väyläliityntäperiaate (Bernard 2011)

Ilmastusprosessin ohjauksessa tarvitaan luotettavia ja tarkkoja mittalaitteita. Jos jokin mittasuure ei ole paikkaansa pitävä, ei automaatiollakaan ole mitään merkitystä. Tähän päästään parhaiten väyläänliitettävien älykkäiden mittalaitteiden avulla, jolloin mittalaitteelta saatu tulos saadaan muuttumattomana prosessin ohjaukseen. (Karttunen – Tuhkanen – Kiuru 2004, 41.)

Laatumittaukset kytkettiin järjestelmään Hyxon Lange SC1000 -lähettimen avulla (kuva 10). Kaikkiin kolmeen altaaseen tuli digitaalianturein kuusi liuenneen hapen mittausta, Ph-, NO₃-, NH₄-, pH- ja kiintoainemittaus. Toteutukseen käytettiin kahta kuusikanavaista lähetintä, jotka kytkettiin sisäisellä Modbus-väylällä toisiinsa. Lisäksi laitettiin allaskohtaisesti kosketusnäytöt, joiden avulla laitteen konfigurointi ja kalibrointi tehtiin.



Kuva 10. HACH LANGE SC1000 -vahvistin periaate (HYXO 2011)

Optisesti mittaavalla liuenneen hapen luminesenssimittauksella(LDO) mitataan aktiivilietteen hapen määrää. Optisen mittaustekniikan vuoksi mittaukset ovat luotettavia ja eivätkä tarvitse kalibrointia. (HACH-LANGE 2006.)

Ammonium- ja nitraattityypianturien (NH₄D ja NO₃D) toiminta perustuu ioniselektiivisten elektrodien jatkuvatoimiseen mittaukseen suoraan altaasta. Antureissa on vaihdettavat mittausmoduulit ja niitä pidetään puhtaana automaattisen paineilmatomisen puhdistuslaitteiston avulla. (HACH-LANGE 2008.)

Aktiivilietteen kiintoainemittauksessa (Solitax SC) mittausperiaate perustuu DIN ISO EN 27027 -standardin mukaiseen sameuden mittaukseen kaksois-sädemittausperiaatteen avulla. Kiintoaineen mittaus lasketaan DIN 38414 -standardin mukaisesti anturissa sameuden perusteella. Anturin mittausikkuna puhdistetaan automaattisen mekaanisen pyyhkijän avulla. (HACH-LANGE 2006.)

Altaiden pH-mittauksessa käytetään digitaalista differentiaalimittaustekniikkaa. Anturissa sijaitsee kalibrointi lämpötila-anturin lisäksi referenssianturi

referenssiluoksessa ja varsinainen prosessianturi. Varsinaiset mitta-anturit ovat yhteydessä toisiinsa suolasillan välityksellä, jolloin saavutetaan tarkempi ja vähemmän huoltoa tarvitseva mittausta. (HYXO 2004.)

Väyläliityntä vahvistimiin tapahtuu yhden vahvistimen kautta sen Profibus DP -liityntäkortin avulla. Toisin kuin edellä mainituissa venttiilissä väyläkortti liitetään suoraan laitteen sisäiseen väylään, jolloin voidaan puhua taajuusmuuttajien tapaan älykkästä kenttälaitteesta. Näin digitaalisilta antureilta saadaan fysikaalinen mittasuure vahvistimen kautta muuttumattomana digitaalisena järjestelmään. Lisäksi antureiden oma diagnostiikka saadaan järjestelmätasolle, joka tuo mittauksiin luotettavuutta.

Väyläliityntän laiteprofiilin GSD-tiedoston maksimi tiedonsiirtokapasiteetti oli 32 sanaa, johon kaikkien kymmenen mittauksen prosessissa tarvittava tieto sovitettiin. Kaikki mittaustulokset tulevat järjestelmään float32-lukuna, mikä vei kaksi sanaa mittaustietoa kohden. Lisäksi antureilta otettiin diagnostiikkaa, jota kuitenkin joutui rajoittamaan käytetylle digitaalianturimäärälle jättämällä tilatiedot pois osasta antureista.

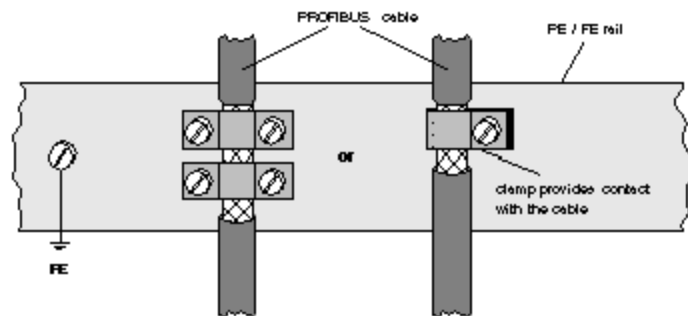
Magneettiset virtausmittaukset toteutettiin Siemens MAGFLO 6000 -lähettimillä, joilla mitataan kierrätys- ja palautuslietteen virtausta jokaisesta linjasta. Niiden väyläliitynnät tapahtuivat myös erillisen väyläliityntämoduulin avulla. Sen GSD-tiedosto sisälsi paljon erilaisia kokoonpanovaihtoehtoja, joista valittiin sovellukseen parhaiten sopiva kokonaisuus.

3.2 Väylärakenne ja kaapelointi

Laitoksen KON-PA1 -prosessiaseman KV1:n kenttäväylän topologia selviää liitteestä 4. Siitä ilmenee kenttä- ja väylälaitteiden positiot ja niiden sijainti laitoksella, väyläosoite ja jännitesyötöt. Väylälaitteiden, kuten toistimet ja aktiiviset päätevastukset, niiden sijainti ja kytkennät liityntätapoineen selviävät samasta dokumentista.

Kaikilla kolmella ilmastuslinjalla on identtiset kenttäväylät (KON-PA1-KV1, KON-PA1-KV2 ja KON-PA1-KV3), jolloin ne ovat prosessiaseman päästä vaihdettavissa keskenään. Tämä mahdollistaa sen, että yhden master-laitteen vikaantuessa voidaan vaihtaa halutut kaksi ilmastuslinjaa käyttöön.

Väyläkaapelointi toteutettiin PROFIBUS-standardien mukaisella toteutustavalla. Kaapelit vedettiin erilleen vahvavirtakaapeleista ja kaapelihyllyjen ulkopuolella käytettiin suojaputkiasennusta. Päätevastukset tuotiin joko prosessiasemaan tai instrumenttikoteloon, jolloin kaikki väylälaitteet ovat irrotettavissa väylästä ilman tietoliikenteen häiriintymistä.



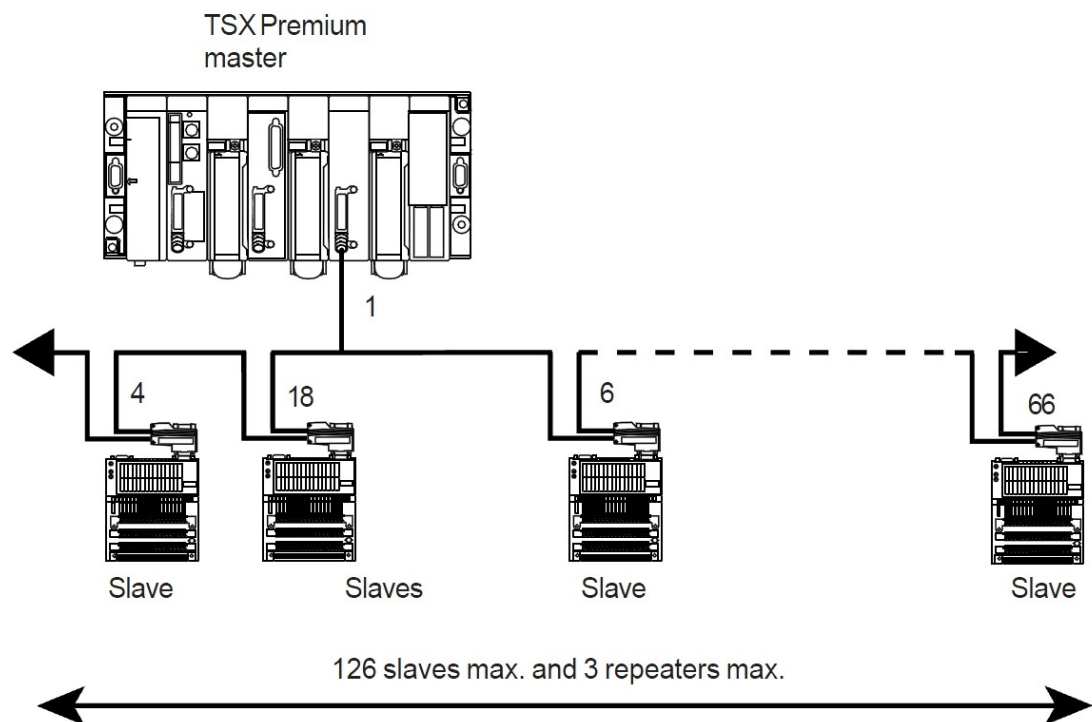
Kuva 11. Väyläkaapelin vaipan maadoittaminen (Schneider Electric 2009)

Kaapeleiden suojavaipat maadoitettiin molemmista päistä kuvan 11 mukaisella tavalla mahdollisimman läheltä kaapin tai laitteen sisääntuloa. Lisäksi eri tiloissa, kuten sisällä ja ulkona, olevien laitteiden väylät pitää galvanisesti erottaa toisistaan. Tähän käytettiin väylätoistimia, joilla jaettiin eritiloissa olevat laitteet omiin segmentteihin.

4 JÄRJESTELMÄÄN LIITYNTÄ JA KONFIGUROIINTI

Profibus DP -väyläliityntä Shneider Electric Premium -järjestelmässä tapahtuu logiikan tiedonsiirtomoduulin avulla, joka toimii väylän isäntälaitteena. Tämän asetukset tehdään siis varsinaisesta järjestelmästä Unity-ohjelmointiohjelmiston avulla. Väyläkonfiguraatio tehdään erillisellä SyCon-ohjelmalla, jossa määritetään orjalaitteilta tulevat tiedot.

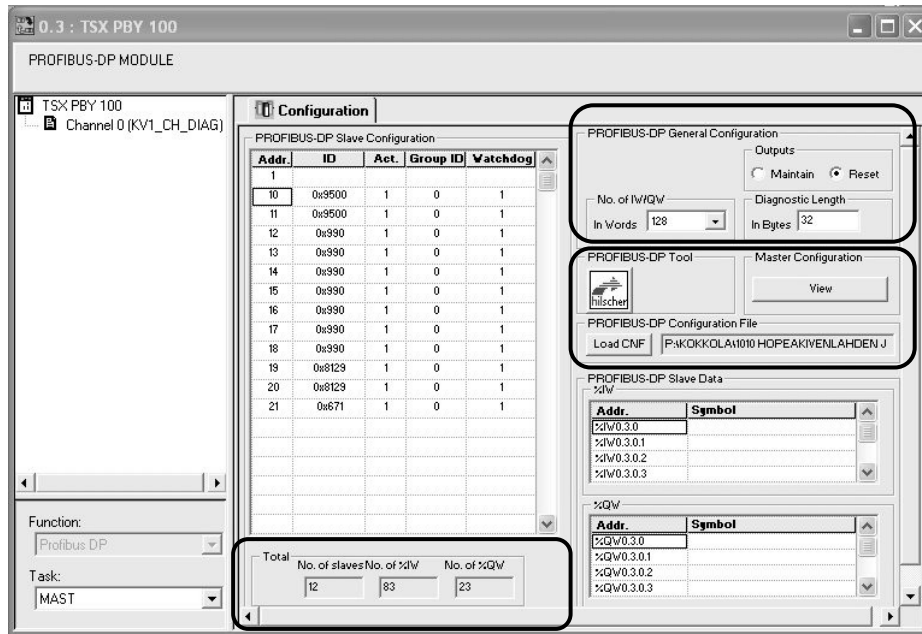
Väylän isäntänä toimii TSX PBY 100 -moduli on Profibus luokan 1- laite. Se vie logiikkaräkistä korttipaikan ja sisältää erillisen liityntä osan, josta väylä kaapeloidaan kentälle. (Kuva 12.)



Kuva 12. Liityntäperiaate (Schneider Electric 2009)

Moduulin asetukset tehdään Unity-ohjelmointiohjelmalla valitaan väylän perusasetukset. Kuvassa 13 näkyvästä asetussivusta voidaan määrittää tiedonsiirtokapasiteetti väylän tuloille/lähdöille ja diagnostiikka sanan pituus. Nämä optimoitiin väylärakenteen mukaan mahdollisimman tarkasti, jolloin

väylä saadaan toimimaan maksimaalisella nopeudella. Kuvan Total-osio kertoo väylällä olevan 12 ala-asemaa, lukusanojen (IW) määrä on 83 ja kirjoitussanojen (IQ) määrä 23. Tiedonsiirtokapasiteetti on valittava 32, 64, 128 tai 242 IW/IQ-sanan kokoiseksi. Diagnostiikka sana valitaan tavuina 6-244 tavun kokoiseksi väyläkokoontanon mukaan, jolloin kaikkien orjalaitteiden diagnostiikka saadaan siihen sisältymään.

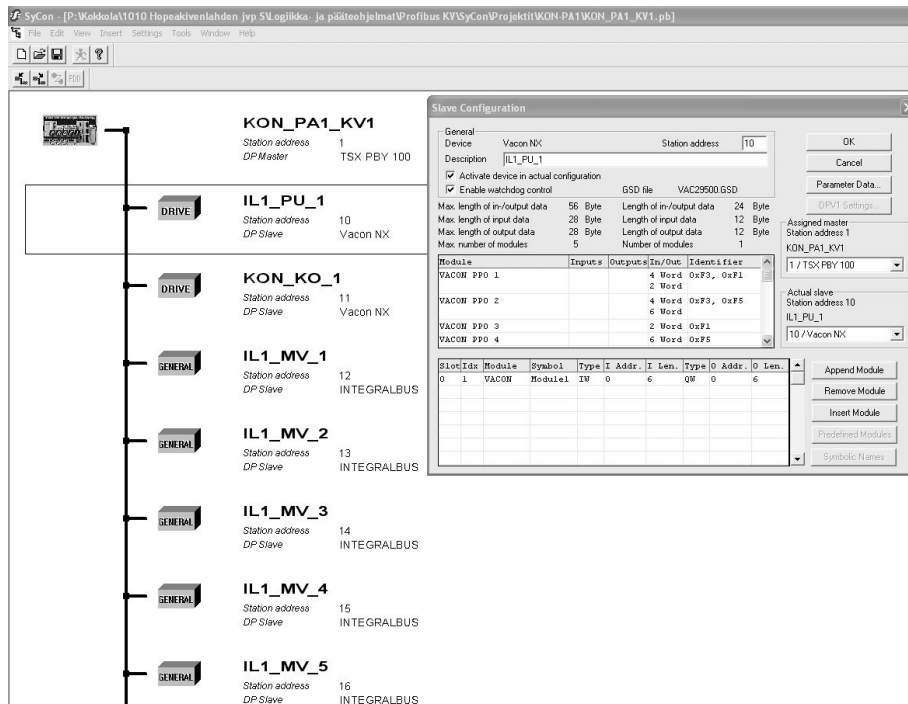


Kuva 13. Ilmastuslinja 1 väyläasetukset (Schneider Electric 2009)

Varsinainen väyläkonfiguraatio tehdään SyCon-ohjelmistolla, josta tuodaan varsinainen väyläkokoontano CNF-binääritiedostona modulin asetuksiin.

4.1 Konfigurointi ja dokumentointi

SyCon-ohjelmalla määritettiin väylälaitteista vastaava konfigurointi. Ohjelmaan asennettujen kunkin väylälaitteen laitevalmistajalta saadut GSD-tiedostot, jotka sisältävät laitteiden standardin mukaiset tiedot. Niistä valittiin kunkin laitteen väylälle välittämä tieto järjestelmään. Ohjelman käyttöliittymä näkyy kuvassa 14 ja auki olevassa ikkunassa on taajuusmuuttajan GSD-tiedoston mukaiset asetukset, josta on valittu PPO 4:n mukainen moduuli. Samalla periaatteella tehtiin muidenkin orja-laitteiden asetukset.



Kuva 14. SyCon-ohjelman käyttöliittymä

Kun kaikilta laitteilta on saatu tarvittavat IW/QW-tiedot määritettyä, ohjelmasta luodaan edellä mainitun Profibus DP master -moduulin tarvitsema CNF-binääritiedosto. Ohjelmassa voidaan määrittää tarkalleen kunkin orjalaitteen tiedon sijainti isäntälaitteella tai antaa sen tehdä automaattisesti konfiguraation mukaan.

Sycon-ohjelmasta saatu KON_PA1_KV1:n väylätopologia järjestelmään näkyy liitteestä 5(sivut 1-2). Tämä ei siis tarkoita varsinaista fyysistä väyläkennettä, vaan sitä, miten järjestelmä näkee ala-asetat. Väylälaitteen osoitteen mukaiset luku- ja kirjoitussanat, jotka tulevat järjestelmään kyseisessä järjestyksessä näkyvät liitteen sivuilla 3. Sivulla neljä näkyy laitetaulukko lisattuna positioineen ja sivulla kolme väyläasetukset.

Konfigurointiohjelman osoitteet ovat siis masterlaitteen osoiteavaruus ja rajapintana järjestelmään toimii masterlaite. Järjestelmän väylään liittyvät laitteet näkyvät järjestelmän normaalissa osoiteavaruudessa, mikä määräytyy tietyn järjestelmäkohtaisen hierarkian mukaan. Perinteisen kaltaiseen I/O-listaan lisättiin yksityiskohtaiset väylä- ja laitetiedot, jolloin kunnossapito tehtävissä tarvittavat tiedot löytyvät yhdestä dokumentista.

4.2 Diagnostiikka ja kunnonvalvonta

Automaatiojärjestelmän laajentaminen digitaalisena kenttäväylänä kenttälaitetasolle tuo haasteita mahdollisten vikatilanteiden paikantamiseen. Laittevalmistajat ovat tehneet standardin mukaisia diagnostiikka- ja kunnonvalvontaominaisuuksia, jotka ovat käyttäjilleen nopeasti havainnoitavia. Tämän työn kohdelaitoksen automaatiojärjestelmä ei tue kaikkia Profibus DP:n diagnostiikkaominaisuuksia, mutta tarvittavat tiedot sieltä saadaan eri häiriötilanteista.

Kenttä- ja väylälaitteiden diagnostiikka on laitevalmistajan määrittelemä. Yleensä se on yksinkertaisesti toteutettu erivärisillä merkkilampuilla. Vihreä ilmaisee oletetusti kaiken olevan kunnossa, keltainen varoittaa jostakin, vaikka laite toimii, ja punainen ilmaisee varsinaisen häiriön. Lisäksi edellä mainittujen vilkkuminen voi indikoida eri asiaa. Kenttälaitteissa on laitekohtaiset diagnostiikka ominaisuudet ja niiden tarkemmat tiedot löytyvät laitteiden manuaalista.

Järjestelmän diagnostiikkaa tarvitaan varsinaisissa häiriötilanteissa, jolloin yleensä tarvitaan joko erillistä tarkoitukseen valmistettua laitetta tai järjestelmän sisältämää diagnostiikka. Tällä laitoksella käytetetyssä järjestelmässä tämä tarkoittaa ohjelmointityökalun on line –toimintoja, joissa päästään isäntälaitteen gonfigurointityökalulla väyläliikenteeseen kiinni osoitekohtaisesti. Isäntälaitte on DPM1-luokan laite, jolloin se ei tue diagnostiikka- ja väylän kautta parametrinti ominaisuuksia. Lisäksi järjestelmään liitetyt säätöventtiilit ovat DP-V0-protokollaa käyttäviä laitteita, mikä taas tekee ulkoisellakin diagnostiikkalaitteella laitediagnostiikan ja parametroidin mahdottomaksi.

5 KÄYTTÖÖNOTTO

Kaikki väyläliitännät testattiin järjestelmään ennen käyttöönottoa oikeilla laitteilla, mikä helpotti varsinaista käyttöönottoa. Sovelluspuolen pienen hienosäädön ja taajuusmuuttajien I/O-kytkentöjen pienten muutoksen jälkeen kaikki väylälaitteet saatiin ongelmitta toimimaan.

Profibus-järjestelmät ovat erittäin luotettavia, kun ne rakennetaan noudattaen suunnittelusääntöjä ja käyttämällä järkevää topologiaa ja oikeita komponentteja. Oikein suunnitellun ja paikkaansa pitävän dokumentoinnin avulla väylän kunnossapito helpottuu. (Aarrelampi 2011.)

Laitokselle tehtiin Profibus DP -väylämittaukset eli väyläanalyysin Profitrace-laitteiston avulla käyttöönoton yhteydessä. Tällä toimittaja varmisti luovutusvaiheessa väylän virheettömän toiminnan ennen luovutusta asiakkaalle. Edellisessä luvussa selitettyjen syiden johdosta testaus ei mennyt säätöventtiilien vuoksi läpi, mutta tämä ei tarkoita sitä, ettei väylä toiminnallisesti ole kunnossa. Testaustyökalun liitteen 6 raportista näkee väylän tilan mittaushetkellä.

6 POHDINTA

On hyvä asia, että jätevedenpuhdistusprosesseissakin on alettu käyttää kenttäväyläohjausta. Näin ohjauksessa tarvittavat fyysiset mittasuureet saadaan digitaalisesti prosessinohjaukseen. Prosessiteollisuudessa arkipäivää olevat järjestelmäohjatut kenttäväylälaitteet ovat tulossa vesihuoltoonkin. Kokkolan Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo on korkeatasoinen prosessilaitos ja tiukentuneiden viranomaismääräysten vuoksi prosessien ohjaukset täytyy toteuttaa uusimpia tekniikoita hyväksikäyttäen. Kokkolan Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon automaatioaste on viety uudelle tasolle. Lopullinen asiakas tässä kehityksessä on ympäristö ja sen suojeleminen.

Kenttäväyläohjaus tuo sovelluksetekoon lisämahdollisuuksia kenttälaitteelta lisääntyvän tiedonmäärän helpon saatavuuden vuoksi. Perinteisellä I/O:lla normaalein kenttäviestein toteutettuun liityntään verrattuna väyläliityntä lisää mahdollisuuksia kehittyneemmille sovelluksille, fyysisesti helpommalle ohjauksen muutettavuudelle ja kunnossapidossa hyödynnettävän diagnostiikan lisääntymiselle. Samalla tiedot saadaan suoraan laitteelta digitaalisena järjestelmään, mikä tuo säätöön ja hallittavuuteen tarkkuutta ja nopeutta.

Tälle jäteveden puhdistuslaitokselle valitussa automaatiojärjestelmässä oli Profibus DP -tiedonsiirtoprotokollaan rajalliset ominaisuudet, jolloin se vei tältä työltä jonkin verran arvoa pois. Lisäksi aiemmin mainittujen säätöventtiilien osalta oli myös väyläliityntään liittyviä rajallisia mahdollisuuksia. Näiden kahden syyn seurauksena protokollan varsinaisia diagnostiikan ominaisuuksia ja väylän kautta parametointia ei päästy toteuttamaan älykkäiden väylälaitteiden osalta. Kaikki toiminnalliset vaatimukset kuitenkin onnistuttiin kyseiseen automaatiojärjestelmään toteuttamaan luotettavasti kaikkien kenttälaitteiden kanssa.

Taajuusmuuttajien osalta toiminta saatiin hiottua yhteistyössä sovelluksen tekijän Kauko Korhosen ja käyttöliittymän tekijä Pekka Hahon kanssa mielestäni erinomaiseksi jo testausvaiheessa. Taajuusmuuttajien väyläliityntän lai-

tokselle teki haastavaksi vaaditut I/O-tason paikalliskäytöt, mikä toi laitteen parametroiintiin, väyläkonfigurointiin ja sovellukseen tekoon haasteita.

Laitokselle tuli periaatteessa kaksi rinnakkaista kenttäväylää hajautetun I/O:n ja kenttäväylälaitteiden osalta. Valitut hajautusyksiköt (I/O-yksiköt) olisi saatu liitettyä myös varsinaiseen kenttäväylään, jolloin olisi säästyty turhilta päällekkäisiltä laitehankinnoilta. Schneider Electric piti kahden eri kenttäväylän vaihtoehtoa parempana. Tätä on aika vaikea varsinkin jälkikäteen ymmärtää, vaikka heillä on toimivat laitteet molempiin käytettyihin kenttäväyliin. Kuitenkin vain Profibus DP:hen voitiin liittää kohdelaitoksen kaikki vaaditut toimi- ja mittalaitteet.

Tämän työn tekijällä muodostui vahva käsitys siitä, miksi Profibus-tuoteperhe on lyönyt läpi kenttäväyläprotokollien kovassa kilpailussa. Sen toiminta, laitevalmistajien tuki ja kunnonvalvontaominaisuudet ovat hyviä. Lisäksi laitteiden liittäminen ja mahdollinen lisääminen jälkikäteen on tehty erittäin helpoksi.

Profibus DP -kenttäväyläliityntä on kenttälaitteparametroidin, väyläkonfiguroinnin ja sovelluksen kokonaisuus. Sovelluksien kehitystyössä täytyy ottaa huomioon ennen kaikkea älykkäiden kenttälaitteiden ominaisuudet. Väyläprotokolla määrittää, miten tieto välitetään järjestelmään, ja sovelluksen pitää osata hyödyntää lisääntyvä tiedonsiirto.

Kehityksen esteenä on kuitenkin vesihuollon puolella suunnittelukeskuksen, konsulttien ja järjestelmätoimittajien yhteistyön puuttuminen. Suunnittelukeskuksen määräykset jättivät järjestelmätoimittajalle käytännössä vapaat kädet tehdä kenttäväylät Profibus DP –protokollalla. Kuitenkin väylään liitettävät laitteet oli määritelty ja sisällytetty koneistourakkaan. Käytännössä tämä esti järjestelmätoimittajan vaikuttamisen laitevalintoihin. Lisäksi sovelluksen tekijöiden ennakoasenteet uuden kehittämiseksi estää sovelluksien ja ominaisuuksien kehitystä. ”Näinhän näitä on tehty” –asenne pitäisi heittää syrjään ja pyrkiä hyödyntämään sovelluksen uudet ominaisuudet modulaarisesti.

Mielestäni kenttälaitteiden järjestelmätasolle liittämässä voitaneen puhua samanlaisesta kehitysaskelista, kuin aikoinaan alettiin käyttää ohjelmoitavia logiikoita releiden korvaamiseen. Nykyään ohjelmoitavat logiikat ovat kenttälaitteissa ja niitä ohjataan ylemmästä automaatiojärjestelmästä. Niiden kuntoa voidaan valvoa käytönaikana ja laitevalmistajien ominaisuudet saadaan hyödynnettyä automaatiojärjestelmässä. Tässäkin kehityksessä fyysinen kaapelointityö vähenee ja haasteet siirtyvät sovelluspuolelle.

LÄHTEET

Aarrelampi, Hannu 2011. Vianhakutyökalut. Hantekno OY.

ABS turbokompressori. 2010. Saatavilla:
[http://www.sarlin.com/includes/file_download.asp?deptid=6573&fileid=2462&file=ABS HST_turbokompressori 2011.pdf&pdf=](http://www.sarlin.com/includes/file_download.asp?deptid=6573&fileid=2462&file=ABS_HST_turbokompressori_2011.pdf&pdf=). Hakupäivä: 20.9.2011.

Bernard. 2011. PROFIBUS DP FOR IINTEGRAL+. Manual.

HACH-LANGE. 2006. LDO. Liuenneen hapen anturi. Käyttöohje.

HACH-LANGE. 2008. NH4D sc Ammonium anturi. Käyttäjän käsikirja.

HACH-LANGE. 2006. SONATAX sc. Käyttöohje.

Hanhimäki, Riitta 2011. Projektipäällikö, Skanska. Haastattelu 6.4.2004.

Hydraulinen Profiili. 27.11.2009. Laatija PÖYRY ENVIRONMENT OY Oulu.
Tilaaaja Liikelaitos Kokkolan Vesi.

HYXO. 2004. pHD sc Differentiaali pH- ja redox-mittaus. Käyttöohje.

HYXO. 2011. SC-sarjan monikanavaiset digitaaliset mittalähettimet. Esite.
Saatavilla: <http://www.hyxo.fi>. Hakupäivä: 9.10.2011

Karttunen, Erkki – Tuhkanen, Tuula – Kiuru, Heikki 2004. VESIHUOLTO 2.
Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.

Ohjaustapakuvaus-R. 15.9.2009. Laatija PÖYRY ENVIRONMENT OY Oulu.
Tilaaaja Liikelaitos Kokkolan Vesi.

PI Profibus & Profinet 2011. GSD files. Saatavissa:
<http://www.profibus.com/products/gsd-files/>. Hakupäivä: 10.10.2011.

Profibus Installation Guideline for Planning. 2009. PI Profibus & Profinet. Saatavilla: <http://www.profibus.com/downloads/>. Hakupäivä: 10.9.2011.

Profibus Installation Guideline for Commissioning. 2006. PI Profibus & Profinet. Saatavilla: <http://www.profibus.com/downloads/>. Hakupäivä: 17.11.2011.

PROFIBUS System Description. 2010. Saatavilla: <http://www.profibus.com/>. Hakupäivä: 10.9.2011.

Schneider Electric. 2009. Unity Pro XL. Help-tiedostot.

Työpoistomenetelmät. 2011. DN-prosessi. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6571&lan=fi#a1>.

Vacon. 2006. Profibus DP –optiokortti, käyttäjän käsikirja. Saatavissa: <http://www.vacon.fi/File.aspx?id=466328&ext=pdf&routing=396771&webid=96774&name=UD01142A>. Hakupäivä: 13.8.2011.

Wikipedia. 2007. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/J%C3%A4tevedenpuhdistus>. Hakupäivä 5.6.2011.

LIITTEET

Liite 1. Prosessikaavio

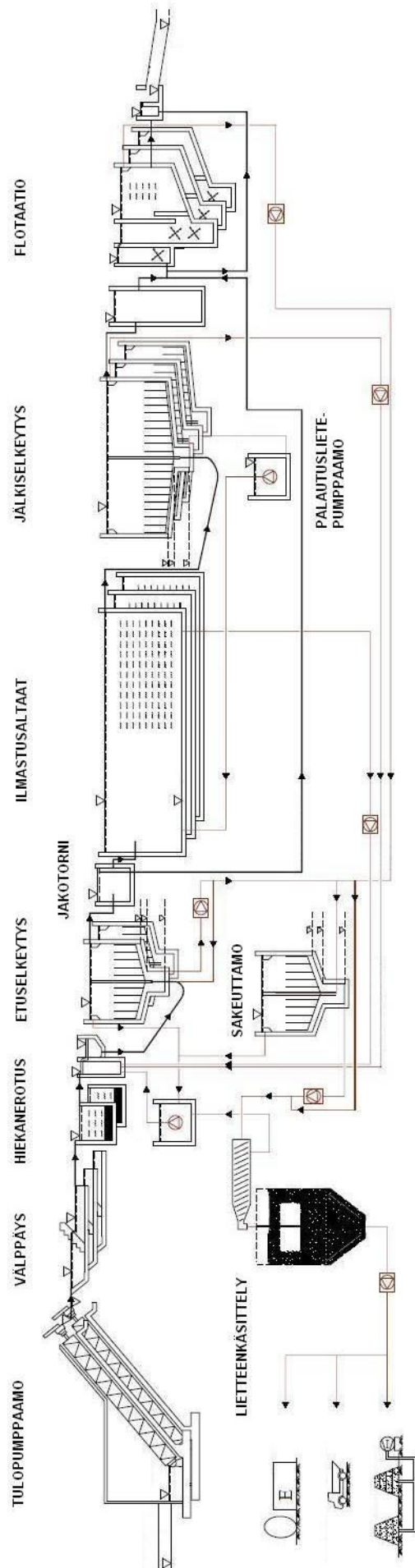
Liite 2. Järjestelmäkaavio

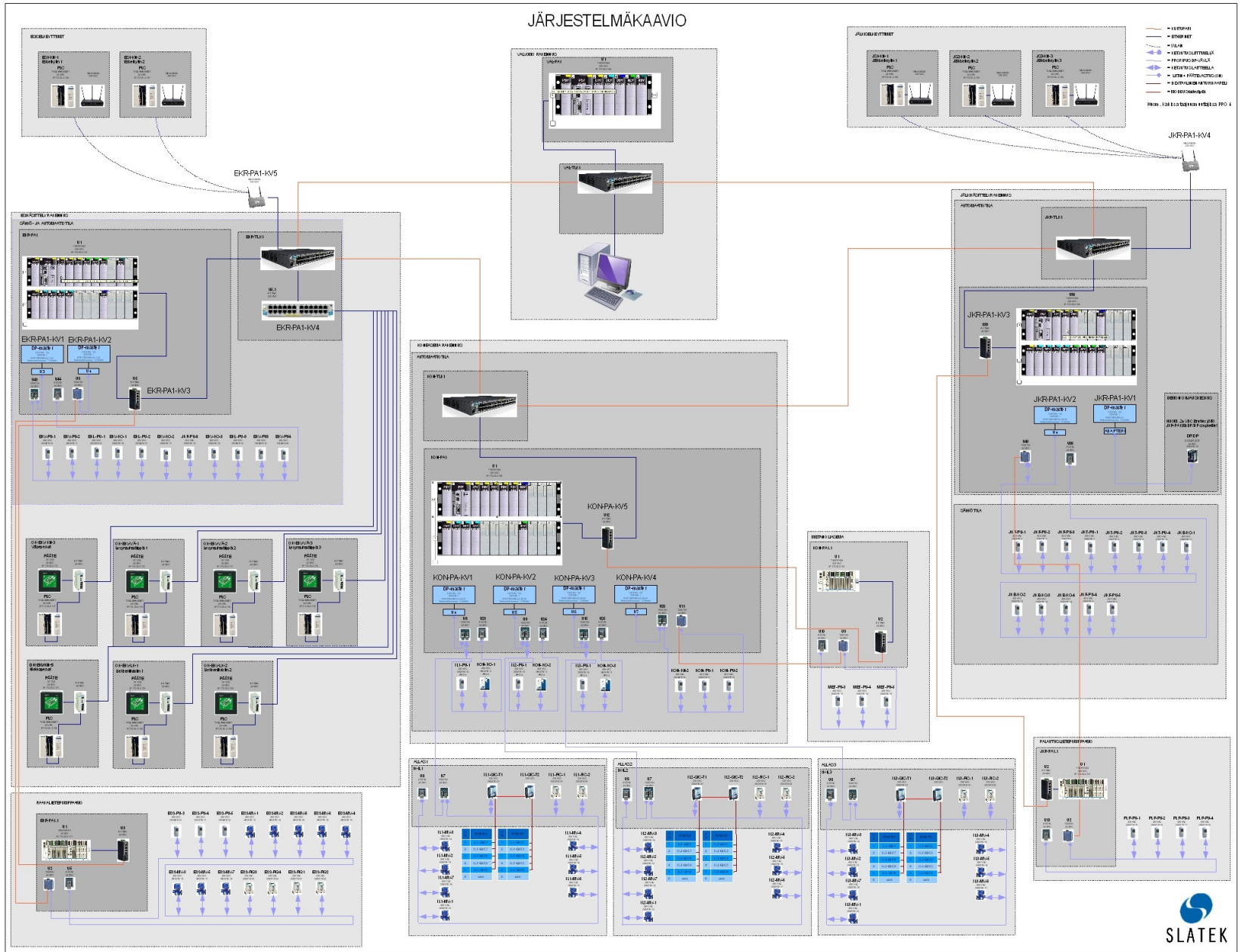
Liite 3. Profibus DP

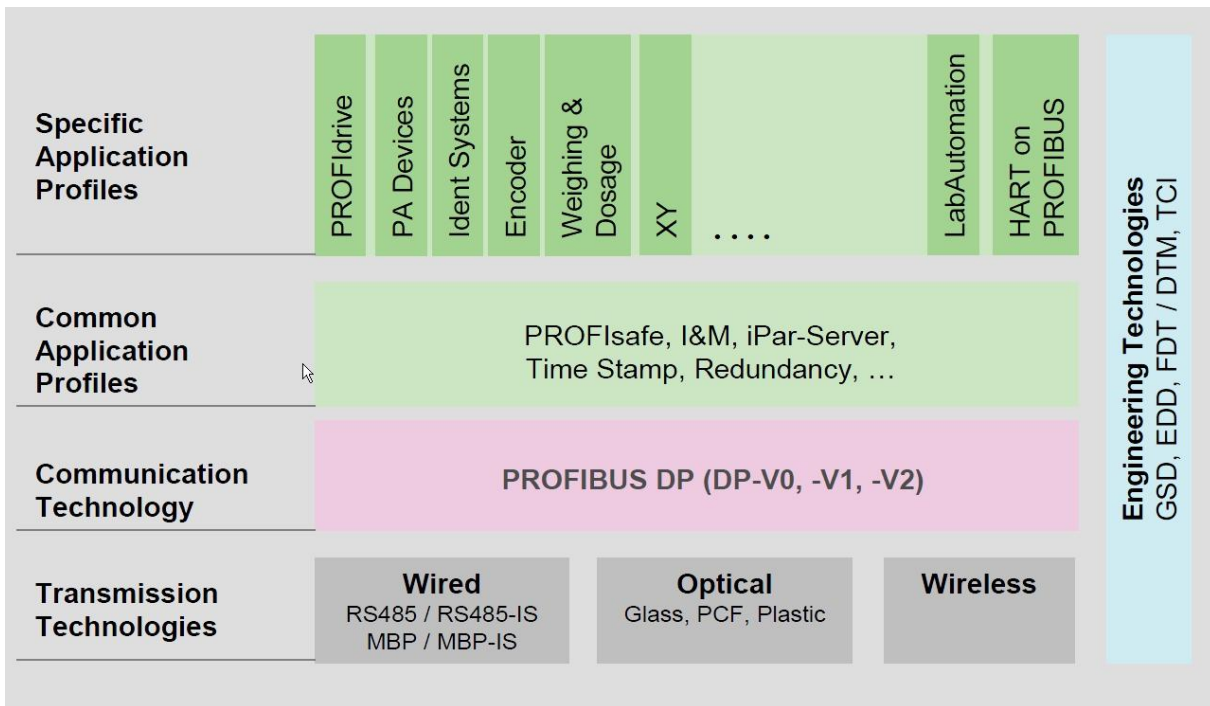
Liite 4. Väylärakenne

Liite 5. Konfigurointi

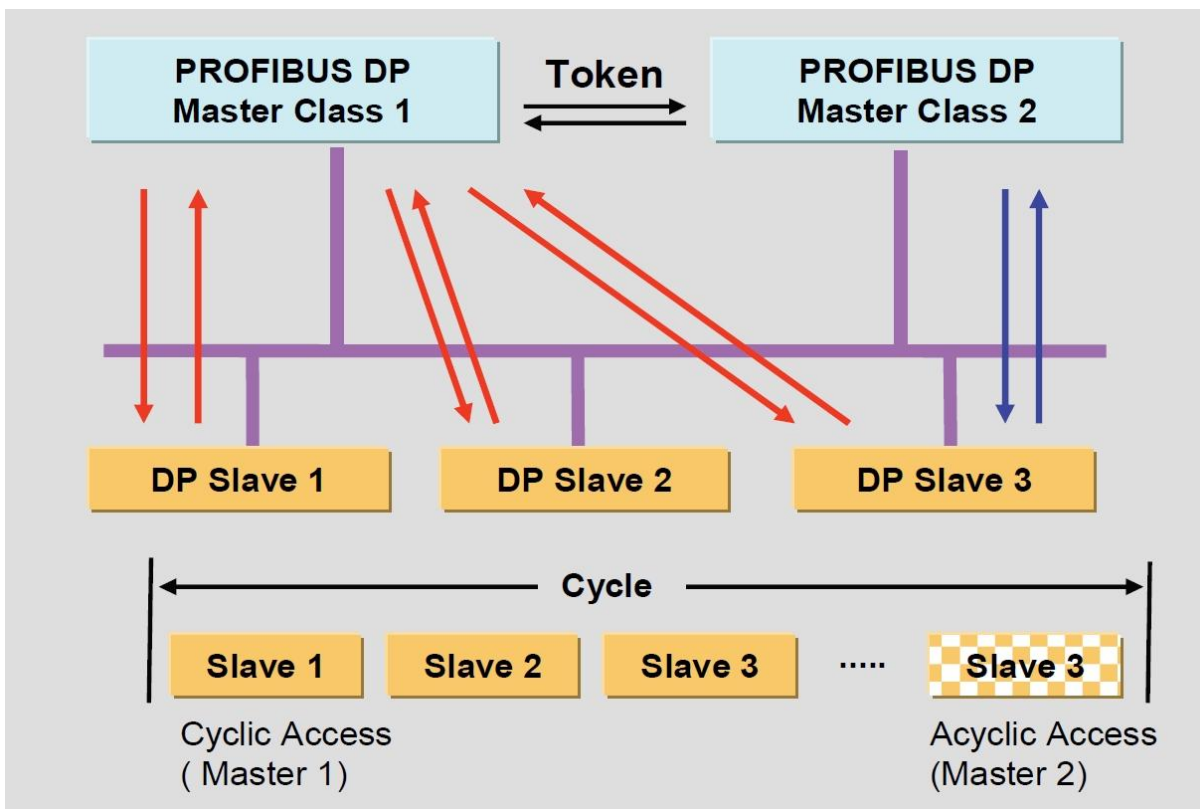
Liite 6. Väyläanalyysi





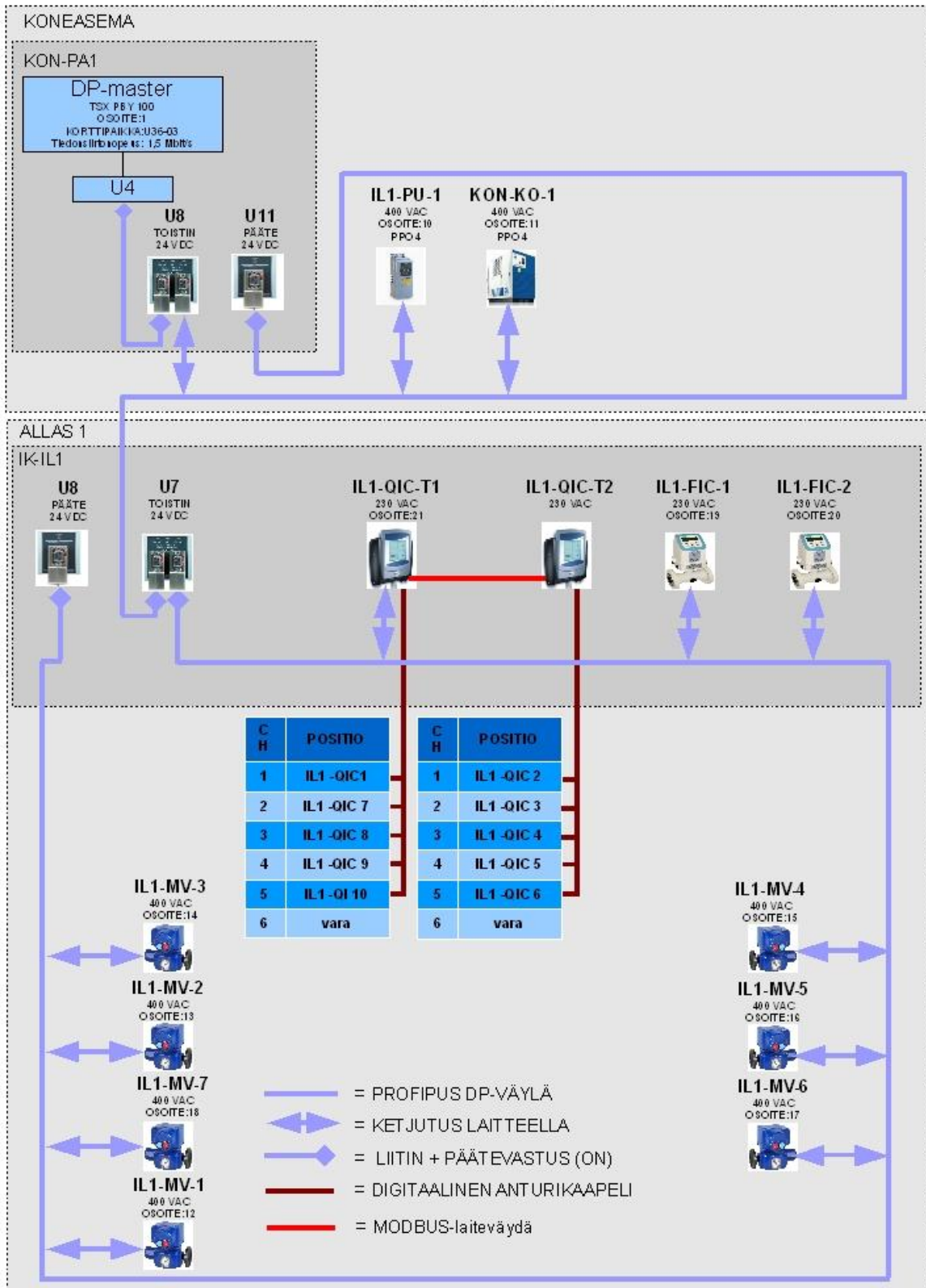


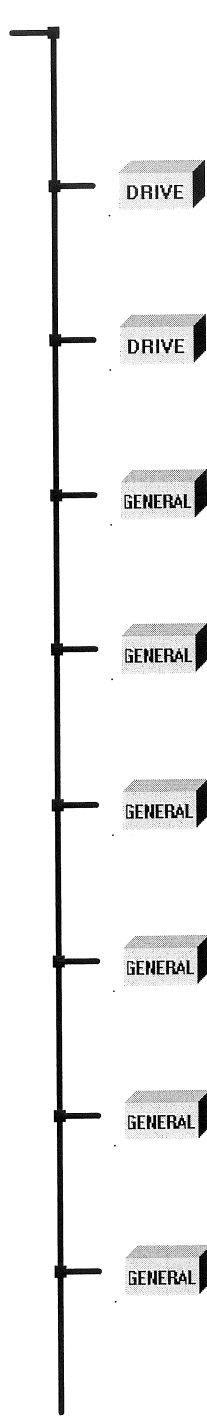
Kuva 1. Profibus protokollan rakenne (PROFIBUS System Description 2010, 6)



Kuva 2. Syklinen- ja asyklinen tiedonsiirto (PROFIBUS System Description 2010, 13)

ILMASTUS 1, KENTTÄVÄYLÄRAKENNE
KON-PA-KV1





KON_PA1_KV1

Station address 1
DP Master TSX PBY 100

IL1_PU_1

Station address 10
DP Slave Vacon NX

KON_KO_1

Station address 11
DP Slave Vacon NX

IL1_MV_1

Station address 12
DP Slave INTEGRALBUS

IL1_MV_2

Station address 13
DP Slave INTEGRALBUS

IL1_MV_3

Station address 14
DP Slave INTEGRALBUS

IL1_MV_4

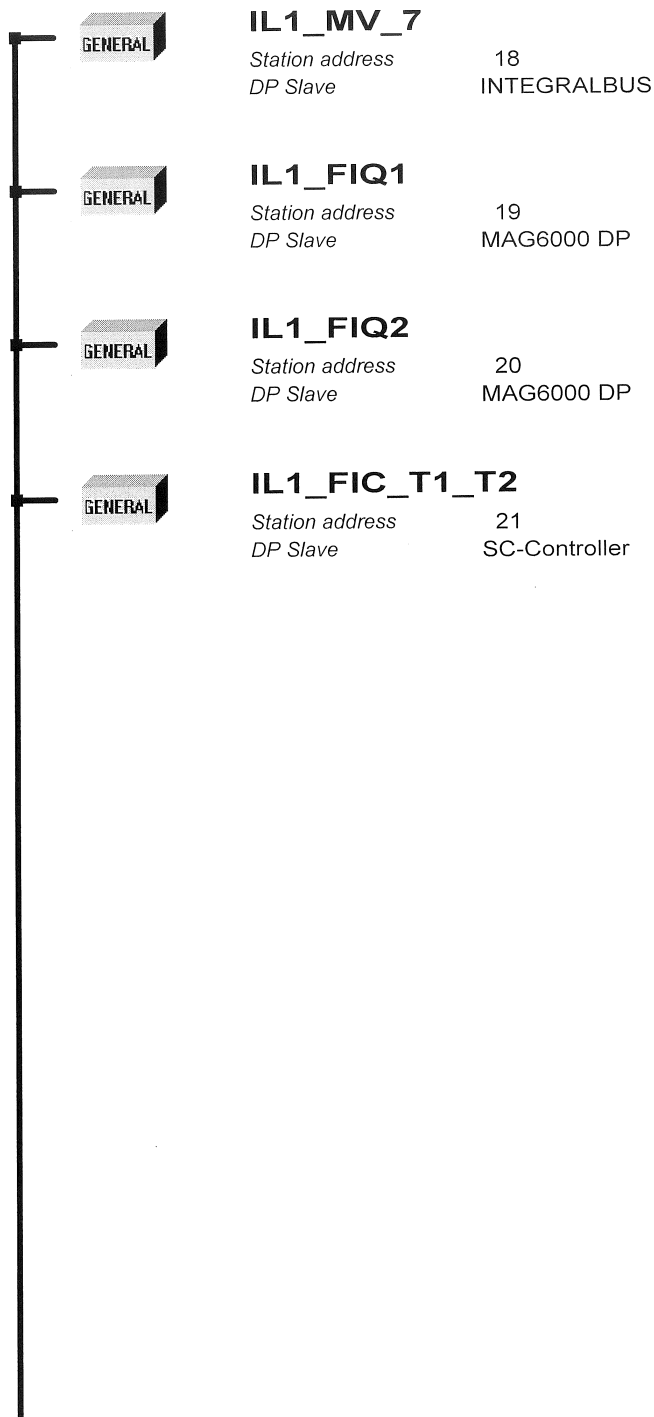
Station address 15
DP Slave INTEGRALBUS

IL1_MV_5

Station address 16
DP Slave INTEGRALBUS

IL1_MV_6

Station address 17
DP Slave INTEGRALBUS



/ Version

Date of printing: 29.11.2011

KON_PA1_KV1

PROFIBUS-DP Address Table

Stat.Adr.	Module Name	Input Type	Input Offset	Output Type	Output Offset
10	VACON PPO 4	Word	0	Word	0
11	VACON PPO 4	Word	6	Word	6
12	INTEGRALBUS 2I/20			Byte	12
12	INTEGRALBUS 2I/20	Byte	12		
13	INTEGRALBUS 2I/20			Byte	13
13	INTEGRALBUS 2I/20	Byte	13		
14	INTEGRALBUS 2I/20			Byte	14
14	INTEGRALBUS 2I/20	Byte	14		
15	INTEGRALBUS 2I/20			Byte	15
15	INTEGRALBUS 2I/20	Byte	15		
16	INTEGRALBUS 2I/20			Byte	16
16	INTEGRALBUS 2I/20	Byte	16		
17	INTEGRALBUS 2I/20			Byte	17
17	INTEGRALBUS 2I/20	Byte	17		
18	INTEGRALBUS 2I/20			Byte	18
18	INTEGRALBUS 2I/20	Byte	18		
19	AI (Volume flow)	Byte	19		
19	TOTAL	Byte	22		
19	TOTAL, SET_TOT, MODE_TOT	Byte	25	Byte	19
20	AI (Volume flow)	Byte	28		
20	TOTAL	Byte	31		
20	TOTAL, SET_TOT, MODE_TOT	Byte	34	Byte	20
21	2 Words from Slave	Word	37		
21	2 Words from Slave	Word	39		
21	2 Words from Slave	Word	41		
21	2 Words from Slave	Word	43		
21	2 Words from Slave	Word	45		
21	2 Words from Slave	Word	47		
21	2 Words from Slave	Word	49		
21	2 Words from Slave	Word	51		
21	2 Words from Slave	Word	53		
21	2 Words from Slave	Word	55		
21	2 Words from Slave	Word	57		
21	2 Words from Slave	Word	59		
21	2 Words from Slave	Word	61		
21	2 Words from Slave	Word	63		
21	2 Words from Slave	Word	65		
21	2 Words from Slave	Word	67		
21	2 Words from Slave	Word	69		
21	2 Words from Slave	Word	71		
21	2 Words from Slave	Word	73		
21	2 Words from Slave	Word	75		
21	2 Words from Slave	Word	77		
21	2 Words from Slave	Word	79		
21	2 Words from Slave	Word	81		
21	2 Words to Slave			Word	21

Created by / at
Last alternation by at

KON_PA1_KV1.pb

Page 3

/ Version

Date of printing: 29.11.2011

Device Table

<i>Addr.</i>	<i>Device</i>	<i>Ident number</i>	<i>Type</i>	<i>Description</i>
1	TSX PBY 100	0x1654	DP Master	KON_PA1_KV1
10	Vacon NX	0x9500	DP Slave	IL1_PU_1
11	Vacon NX	0x9500	DP Slave	KON_KO_1
12	INTEGRALBUS	0x0990	DP Slave	IL1_MV_1
13	INTEGRALBUS	0x0990	DP Slave	IL1_MV_2
14	INTEGRALBUS	0x0990	DP Slave	IL1_MV_3
15	INTEGRALBUS	0x0990	DP Slave	IL1_MV_4
16	INTEGRALBUS	0x0990	DP Slave	IL1_MV_5
17	INTEGRALBUS	0x0990	DP Slave	IL1_MV_6
18	INTEGRALBUS	0x0990	DP Slave	IL1_MV_7
19	MAG6000 DP	0x8129	DP Slave	IL1_FIQ1
20	MAG6000 DP	0x8129	DP Slave	IL1_FIQ2
21	SC-Controller	0x0671	DP Slave	IL1_FIC_T1_T2

/ Version

Date of printing: 29.11.2011

Busparameter

<i>Auto clear mode</i>	Off	
<i>Baudrate</i>	1,5	MBaud
<i>Slot time</i>	300	tBit
<i>Min. station delay</i>	11	tBit
<i>Max. station delay</i>	150	tBit
<i>Quiet time</i>	0	tBit
<i>Setup time</i>	1	tBit
<i>Target rotation time</i>	8041	tBit
<i>GAP factor</i>	10	
<i>Max retries</i>	1	
<i>Highest station address</i>	20	
<i>Poll timeout</i>	10	µs
<i>Data control time</i>	1200	ms
<i>Min. slave interval</i>	10.000	ms
<i>Watchdog time</i>	200	ms

**ProfiTrace detailed network report**Powered by: **PROCENTEC****1 General**

Location: Kokkolan Vesi

Network name: KON-PA1-KV1

Project details summary:

Väylämittaus ennen luovutusta. Mittauspiste 1 toistimen U8 jälkeen segmentistä 2 ja toinen mittauspiste instrumenttikotelolta toistimen U7 jälkeen.

(This text is applied by the end-customer but may not be complete. Please refer to section 'Project details' for the complete text)

2 Used tools

ProfiCore serial number: 1125408952

ProfiTrace version: V2.5.3

3 Network properties

Transmission speed: 1.5 Mbps

Number of Masters: 1

Number of slaves: 12

Cycle time: Min: 9.60 ms, Avg: 10.20 ms, Max: 10.73 ms

4 Conclusion No deviations found **Deviations found****5 Remarks summary**

Säätöventtiilit eivät tue parametrien lähetystä, joten sen takia mittaus ei testin mukaan ole hyväksyty. Tämä ei vaikuta varsinaiseen väylän toimivuuteen mitenkään.

(This text is applied by the end-customer but may not be complete. Please refer to section 'Remarks' for the complete text)

Usage of this document is only permitted if the disclaimer on the last page has been accepted.

Name: Aki Ronkainen

Company: SLATEK

Signature:

9.11.2011 14:36

Page 1 / 34

ProfiTrace detailed network
report**6 Tested subjects:**

6.1 Slaves that have been lost at least one time:	None	<input checked="" type="checkbox"/>
6.2 Slaves that generated diagnostics while in data exchange:	None	<input checked="" type="checkbox"/>
6.3 Devices that have caused illegal responses:	None	<input checked="" type="checkbox"/>
6.4 Device found on reserved address 126:	None	<input checked="" type="checkbox"/>
6.5 Slaves that caused retries:	None	<input checked="" type="checkbox"/>
6.6 Slaves that caused syncs:	None	<input checked="" type="checkbox"/>
6.7 Parameters have been sent to the following slaves:	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21	<input checked="" type="checkbox"/>

Usage of this document is only permitted if the disclaimer on the last page has been accepted.

Name: Aki Ronkainen

Company: SLATEK

Signature:

9.11.2011 14:36

Page 2 / 34



ProfiTrace detailed network report



7 Project details

Väylämittaus ennen luovutusta. Mittauspiste 1 toistimen U8 jälkeen segmentistä 2 ja toinen mittauspiste instrumenttikotelolta toistimen U7 jälkeen.

8 Remarks

Säätöventtiilit eivät tue parametrien lähetystä, joten sen takia mittaus ei testin mukaan ole hyväksytty. Tämä ei vaikuta varsinaiseen väylän toimivuuteen mitenkään.

Usage of this document is only permitted if the disclaimer on the last page has been accepted.

Name: Aki Ronkainen

Company: SLATEK

Signature:

9.11.2011 14:36

Page 3 / 34



ProfiTrace detailed network report



9 Live list

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Vacon CX202OPT	Vacon CX202OPT	INTEGRALB...	INTEGRALB...	INTEGRALB...	INTEGRALB...	INTEGRALB...	INTEGRALB...	INTEGRALB...	MAG6000 DP
20	MAG6000 DP SC-Controller									
30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
50	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
70	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
90	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
110	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	120	121	122	123	124	125	126			

Legend:

- No activity
- Device is in data exchange
- Device is lost
- Device has a parameter error
- Device has a configuration error
- 1 No activity
- 2 Master station
- 3 Slave station

Usage of this document is only permitted if the disclaimer on the last page has been accepted.

Name: Aki Ronkainen
 Company: SLATEK
 Signature: _____

9.11.2011 14:36

Page 4 / 34


**ProfiTrace detailed network
report**

10 Address list

Address	IdentNo	Manufacturer	Model name	GSD name
1	-	-	Master	-
10	9500	Vaasa Control	Vacon CX202OPT	VACO9500.GSD
11	9500	Vaasa Control	Vacon CX202OPT	VACO9500.GSD
12	0990	L. BERNARD SA	INTEGRALBUS	LBVS0990.GSD
13	0990	L. BERNARD SA	INTEGRALBUS	LBVS0990.GSD
14	0990	L. BERNARD SA	INTEGRALBUS	LBVS0990.GSD
15	0990	L. BERNARD SA	INTEGRALBUS	LBVS0990.GSD
16	0990	L. BERNARD SA	INTEGRALBUS	LBVS0990.GSD
17	0990	L. BERNARD SA	INTEGRALBUS	LBVS0990.GSD
18	0990	L. BERNARD SA	INTEGRALBUS	LBVS0990.GSD
19	8129	Siemens Flow Instruments	MAG6000 DP	SI018129.GSG
20	8129	Siemens Flow Instruments	MAG6000 DP	SI018129.GSG
21	0671	HACH LANGE	SC-Controller	LANG0671.GSD

Usage of this document is only permitted if the disclaimer on the last page has been accepted.

Name: Aki Ronkainen

Company: SLATEK

Signature:

9.11.2011 14:36

Page 5 / 34



11 Bar graph

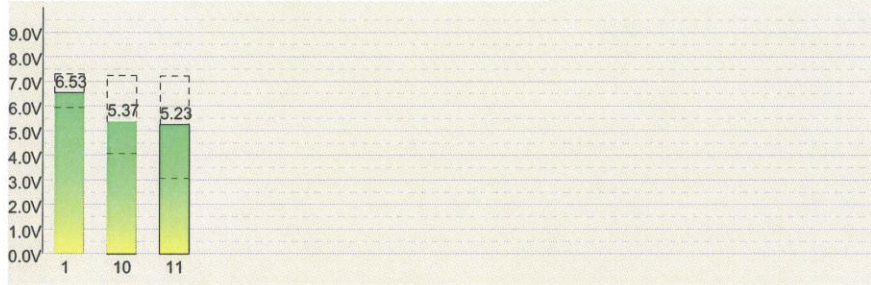
11.1 Segment (Segment 2)

Segment type: DP Segment

11.1.1 Measurement point (KON-PA1-U8)

AB Diff voltage

Segment / Measuring point: Segment 2 / KON-PA1-U8 (1/1):



AB Diff stable voltage

Segment / Measuring point: Segment 2 / KON-PA1-U8 (1/1):



Usage of this document is only permitted if the disclaimer on the last page has been accepted.

Name: Aki Ronkainen
 Company: SLATEK
 Signature:

9.11.2011 14:36

Page 6 / 34



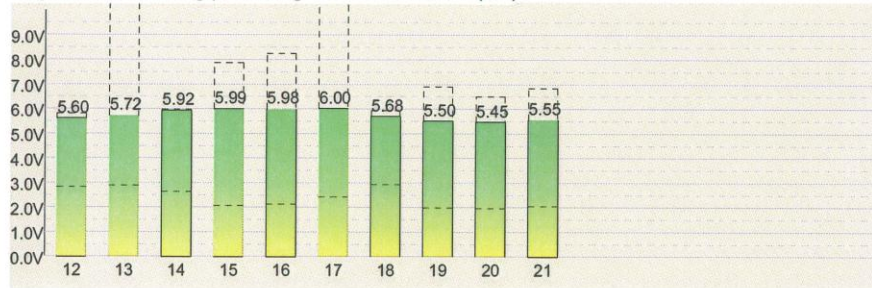
11.2 Segment (Segment 3)

Segment type: DP Segment

11.2.1 Measurement point (IL1-IK-U7)

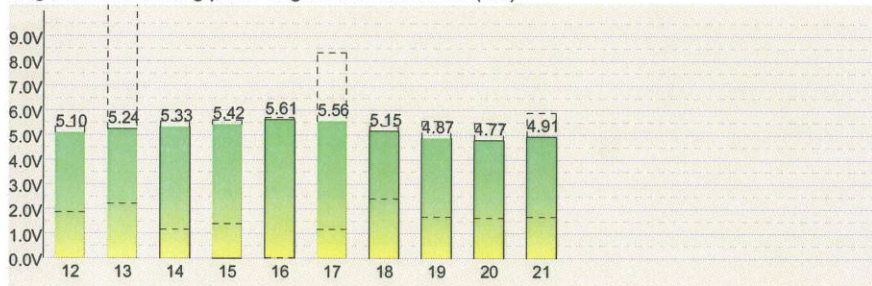
AB Diff voltage

Segment / Measuring point: Segment 3 / IL1-IK-U7 (1/1):



AB Diff stable voltage

Segment / Measuring point: Segment 3 / IL1-IK-U7 (1/1):



Usage of this document is only permitted if the disclaimer on the last page has been accepted.

Name: Aki Ronkainen
 Company: SLATEK
 Signature:

9.11.2011 14:36

Page 7 / 34



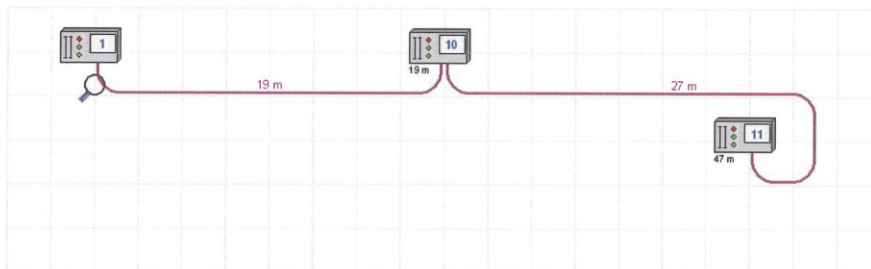
12 Topology

12.1 Segment (Segment 2)

Segment type: DP Segment

12.1.1 Measurement point (KON-PA1-U8)

Segment / Measuring point: Segment 2 / KON-PA1-U8



Usage of this document is only permitted if the disclaimer on the last page has been accepted.

Name: Aki Ronkainen

Company: SLATEK

Signature:

9.11.2011 14:36

Page 8 / 34

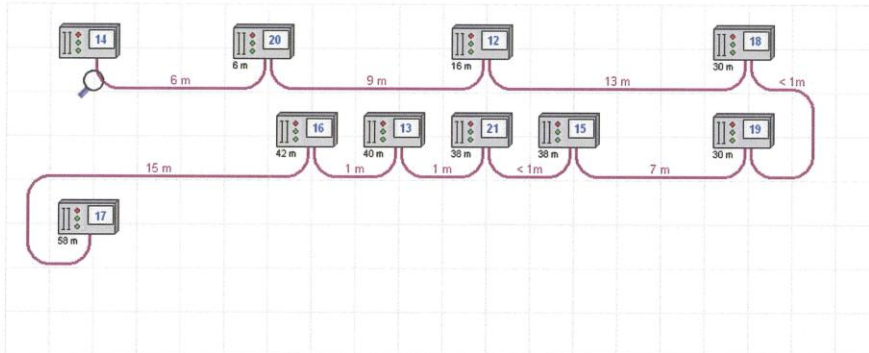


12.2 Segment (Segment 3)

Segment type: DP Segment

12.2.1 Measurement point (IL1-IK-U7)

Segment / Measuring point: Segment 3 / IL1-IK-U7



Usage of this document is only permitted if the disclaimer on the last page has been accepted.

Name: Aki Ronkainen
 Company: SLATEK
 Signature:

9.11.2011 14:36

Page 9 / 34