



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Väyläohjattujen laitteiden komponenttitestauksen pilottitoteutus

Jani Järvenpää

Opinnäytetyö
Lokakuu 2018
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaation suuntautumisvaihtoehto



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötönteiknan koulutusohjelma
Automaation suuntautumisvaihtoehto

JÄRVENPÄÄ, JANI

Väyläohjattujen laitteiden komponenttitestausten pilottitoteutus

Opinnäytetyö 56 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Lokakuu 2018

Laatu on monelle yritykselle yksi merkittävimmistä kriteereistä tuotteidensa valmistuksessa. Tavallisesti laadun testaus toteutetaan vaiheittain eri tuotantovaiheissa. Kuitenkin Sandvik Mining and Construction (SMC) Oy:ssä testaus on tavallisesti tehty vasta tuotteen loppukokoonpanossa.

SMC tilautti testausjärjestelmän, jonka pilottivaiheen toteutukseen syvennyttiin työssäni ja tutkittiin, onko testausjärjestelmä hintansa arvoinen.

Koneita kehitetään jatkuvasti entistä teknisemmiksi, mikä vaikeuttaa koneiden valmistusta. I/O-määrät nousevat, joten käsin tehtävissä kytkennöissä asentajan inhimillisten virheiden mahdollisuus lisääntyy. Tässä vaiheessa tehtyjä virheitä on erittäin vaikea löytää lopputarkastuksessa ilmenevien vikojen perusteella. Sähkövikojen selvitys loppukokoonpanossa on todella aikaa vievää, joten tästä halutaan eron ainakin osittain.

Työssä selvitettiin pilottivaiheeseen soveltuvat komponentit, suunniteltiin yhteistyössä suunnittelijoiden kanssa johtosarjat ja liittännät testattaville komponenteille, kaapelisarjakuvat PDM-järjestelmään, SOP-ohje, koulutuksen organisointi laitteiston käyttäjille ja prosessikuva testausreseptien teosta.

Asiasanat: testijärjestelmä, CAN-väylä, tietokoneavusteiset mittaukset

ABSTRACT

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

Jani Järvenpää:
Bus Controlled Equipment's Component Testing Pilot Implementation

Bachelor's thesis 56 pages, appendices 0 pages
October 2018

Quality is one of the most important principles for manufacturing industry to maintain their good image. A Good way to maintain a good quality assurance is to spread quality testing to different phases of production, Sandvik Mining and Construction (SMC) quality testing is mostly done at the final stage of the assembly line.

Machines are being made to be more advanced every year as customers expectation as to be met. Increasing amount of function demand increases pressure on design and output with hasty deadlines for machine to be ready. Overall, this means challenging manufacturing process for floor technician.

The purpose of this thesis is to enable functional testing environment throughout the manufacturing process and determine whether cost saving is more than the actual cost of the testing environment.

The goal of this thesis was to determine suitable components for the pilot phase, planning and executing it with the help of designers working on the wire harness and connections for testing the equipment, cable harnesses for PDM-system, SOP-guide, organize education for using testing equipment and details for making test recipes.

The results of the thesis were designed testing equipment and testing environment. With the help of the testing system, wiring errors should be eliminated and enable much better throughput times per machine.

Key words: test systems, CAN busses, computer assisted measures

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn taustaa.....	9
1.2	Työn tavoitteet.....	10
2	TYÖN LÄHTOKOHDAT.....	11
2.1	Työssä tutkittavat kytkentärasiat.....	12
2.2	Yleiskatsaus koneiden toiminnallisuudesta.....	14
2.3	Tyypilliset väylämoduulit.....	15
2.4	CANopen.....	16
3	TESTAUSJÄRJESTELMÄ.....	20
3.1	Testausjärjestelmän rakenne.....	20
4	KYTKENTÄRASIAN LIITÄNTÄVAIHTOEHDOT.....	23
4.1	Johtotestaus.....	24
4.2	Väylän kautta (erillisellä Epec-moduulilla) testaus.....	25
4.3	Väylän kautta testaus.....	25
5	TOTEUTUSTAPA.....	26
5.1	Varsinainen testauslaitteisto.....	29
6	VALMIIKSI JOHDOTETUT KYTKENTÄRASIASIAT.....	31
6.1	Muutoksesta aiheutuvat haasteet.....	31
6.2	Työmäärän kasvu soluissa.....	31
6.3	Valmiiksi johdottamisen käytännön ongelmat.....	32
6.3.1	Rakenteesta johtuvat ahtaudet.....	33
6.3.2	Johdoista aiheutuva paino ja rasite liittimille.....	34
7	PROJEKTIN MAHDOLLISTEN RISKIEN KARTOITUS.....	36
8	TESTISEINÄN TOTEUTUS.....	38
8.1	Testiseinävaihtoehdot.....	38
8.2	Testitaulusta aiheutuvat ongelmat.....	43
8.3	Testiseinän varsinainen toteutus.....	44
9	TESTIRESEPTI.....	46
9.1	Testireseptin rakenne.....	46
9.2	Reseptin tekeminen.....	49
9.2.1	Moduulien luonti.....	49
9.2.2	Sekvenssien rakenne.....	50
9.2.3	Sekvenssin luonti.....	51
10	Johtopäätökset ja testauksen tulevaisuus Sandvikilla.....	52
10.1	Aikataulutus.....	53
10.2	Tulevien vaiheiden tarkka kuvaus.....	53

LÄHTEET.....	56
--------------	----

LYHENTEET JA TERMIT

SMC	Sandvik Mining and Construction
UG	Underground (maalainen)
CAN	Controller Area Network
SQL	Structured Query Language
NI	National Instrument
DI	Digital input
DO	Digital output
DA	Data Assembly
DCF	Device Configuration File
DCS	Distributed Control System
EDS	Electronic Data Sheet
EMCY	Emergency Object
HMI	Human-Machine Interface
I/O	Input/Output
OD	Object Dictionary
PLC	Programmable Logic Controller
PXI	PCI eXtensions for Instrumentation
SDO	Service Data Object

1 JOHDANTO

Sandvik Group on kansainvälinen korkean teknologian teollisuuskonserni. Sandvik AB perustettiin vuonna 1862 Ruotsin Sandvikiin, ja yhtiö listautui pörssiin vuonna 1901. Sandvik työllistää noin 47 000 henkilöä 140 tuotantotehtaassa ympäri maailman ja on yksi Ruotsin suurimpia vientiyrityksiä. Vuonna 2010 yhtiön liikevaihto oli noin 10 miljardia euroa. (Sandvik intranet.)

Sandvikin tuotteita ovat louhinta- ja materiaalinkäsittelylaitteet ja niihin liittyvät palvelut, työkalut metallintyöstöön, ruostumattomat materiaalit, erikoismetalliseokset ja prosessijärjestelmät. Sandvikin tuotteet ovat markkinajohtajia omissa tuotekategorioissaan. Sandvik jakautuu kolmeen eri liiketoiminta-alueeseen alla olevan kuvan 1 mukaisesti. (Sandvik intranet.)



Kuva 1 Sandvikin liiketoiminta-alueet (Sandvik MediaBase)

Sandvik Groupiin kuuluva Sandvik Mining and Construction (SMC) on maailman johtava kaivoslaitteiden, rakennusteollisuuden louhinta- ja materiaalinkäsittelylaitteiden sekä porakaluston ja niihin liittyvien palveluiden tuottaja. Vuonna 2010 SMC:n palveluksessa oli noin 14 400 henkilöä, ja yhtiön liikevaihto oli 3,2 miljardia euroa. Suomessa SMC:llä on tuotantoyksiköitä Tampereella (Kuva 2), Turussa ja Lahdessa. (Sandvik intranet.)

Tamrock rakennutti Tampereen Myllypuroon kaivoskoneita valmistavan tehtaan vuonna 1972 täyttämään Suomen kasvanutta kaivoskonepulaa. Sandvik-konserni osti enemmistön Tamrockin osakkeista vuonna 1997 ja seuraavana vuonna sulautti Tamrockin osaksi SMC:tä. Tamrock-nimen käyttö lopetettiin vuonna 2006, ja nykyään tehdas työllistää hieman alle 1000 työntekijää. (Sandvik intranet)



Kuva 2 Sandvikin Tampereen tehdas, entinen Tamrock (Sandvik MediaBase)

Tampereen tehtaalla suunnitellaan, kehitetään ja valmistetaan sekä maanalaisia että maanpäällisiä porauslaitteita. Maanalaiset Underground-laitteet (UG) voidaan jakaa toimintojensa mukaan tunnelilaitteisiin, pitkäreikä- ja porauslaitteisiin sekä pultituslaitteisiin. Opinnäytetyöni keskittyi tunnelilaitteisiin, kuten kuvassa kolme olevaan tunneliporauslaitteeseen.



Kuva 3 Sandvik DD530 Mining Jumbo (Sandvik intranet)

1.1 Työn taustaa

Opinnäytetyö käynnistettiin Sandvik Mining and Construction UG-laitteiden tuotannonkehitysyksikön tilauksesta. Työ toteutettiin Tampereen tehtaalla laitteiden testaukseen. SMC:n pitkän tähtäimen tavoitteena on rakentaa testiympäristö koko tehtaalle, mutta tämän työn tavoitteena on toteuttaa testauksesta pilottivaihe, jonka perusteella määritellään, jatketaanko testauksen kehitystä.

Laitetestausta käsittelevää kirjallisuutta oli vaikea löytää. Kirjallisuus perustui lähinnä IC-piirien ja elektroniikkapiirien komponenttitestaukseen. Todennäköisesti tuotannon testauksesta tehdyt tutkimukset ovat salattuja.

Yleisesti kun testauksessa ilmenee virhe, asentajat korjaavat vian kaikessa hiljaisuudessa eikä virheitä välttämättä dokumentoida. Tämä saattaa aiheuttaa tiettyjen virheiden

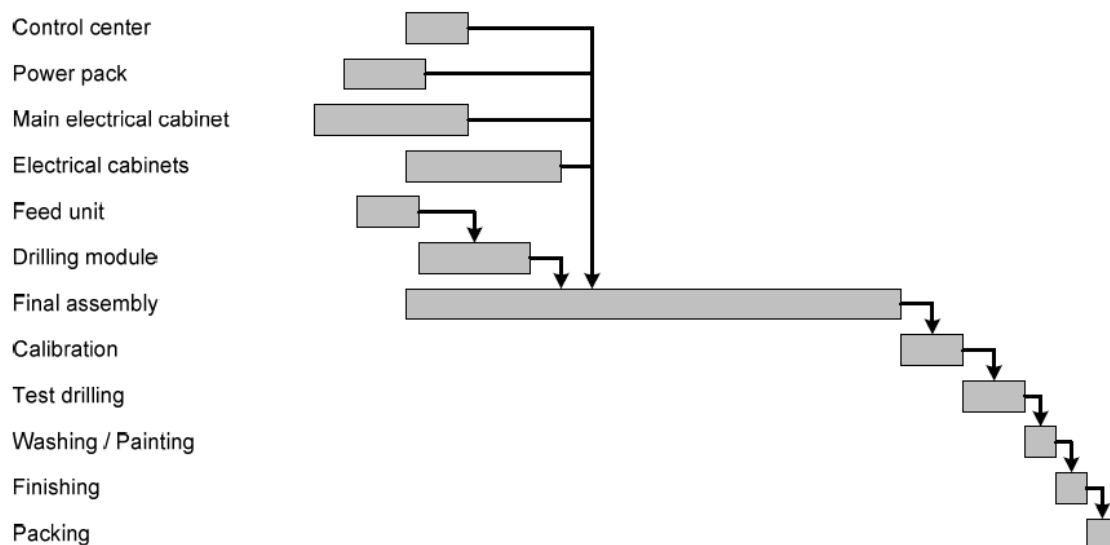
toistumisen tuotannossa, koska tieto ei aina kulje osastojen välillä. Virheitä korjatessa testaushenkilöstön osaaminen kasvaa, mutta ilman dokumentaatiota tieto ei välity uusille tarkastajille. Virheen korjauksesta ei myöskään ole dokumentaatiota, joten asentajilla on osittaisia vapauksia korjata viat haluamallaan tavalla.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on parantaa UG-segmentin loppukokoonpanon läpimenoaikoja. Työtä lähdettiin toteuttamaan testausjärjestelmällä, joka poistaisi johdotusvirheitä ja heikkoja kytkentöjä johdotuksista ja kytkentäkoteloista. Työnkuvaan kuuluivat myös erilaisten ohjedokumenttien luonti ja sähkökuvien tekeminen. Pilottivaiheen toteutuksella on tarkoitus nopeuttaa tuotantoa, jonka tuotantokapasiteetti ei riittänyt tilausten valmistamiseen ajallaan. Testausjärjestelmä on yksi osa tuotannonkehitysprojekteista. Potentiaalia kehitykselle on valtavasti, joten työtä on hyvä lähteä tekemään.

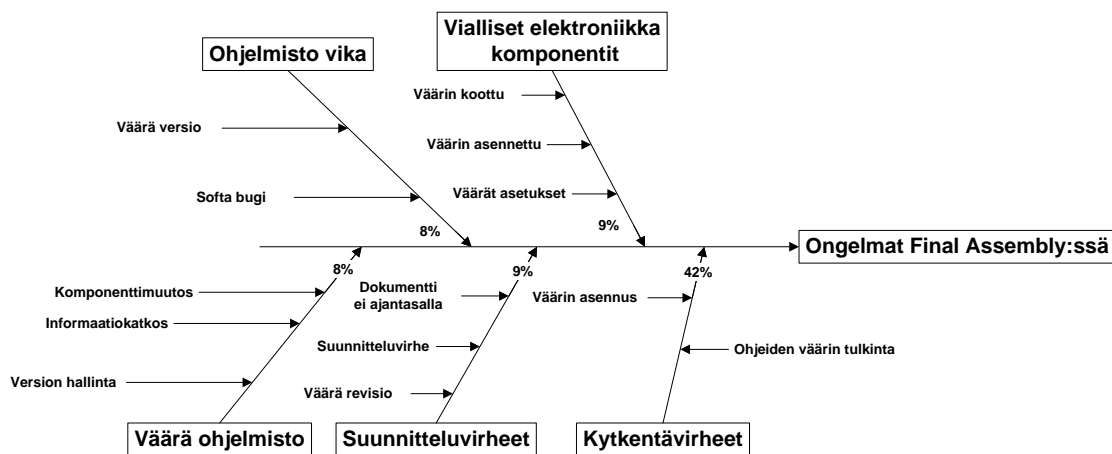
2 TYÖN LÄHTOKOHDAT

Vuonna 2009 SMC teetti Panu Aholalla diplomityönä selvityksen, jossa tutkittiin tuotannossa tulevia virheitä. Tavoitteena oli selvittää, mistä virheet johtuvat ja miten niitä voisi välttää. Aholan (2009) tutkimuksessa selvisi, että 42 % virheistä oli tuotannossa tapahtuvia johdotusvirheitä (Kuvio 2).



Kuvio 1 Gant-kaavio UG:n koneen valmistuksessa työvaiheisiin kuluva ajasta (Ahola 2009)

Koneiden kehittyessä liitännämäärät ovat kasvaneet huomattavasti. Käsintehdyissä liitännöissä on aina mahdollisuus, että jotkut johdot kytketään väärin paikkoihin. Pienet kytkentävirheet kytkentäkotelossa saattavat viivästyttää koneiden valmistusta huomattavasti, koska näiden paikannus on todella haastavaa (Kuvio 1). Yksittäisen kytkentävirheen löytämisen vaikeudesta kertoo se, miten virhe ilmenee. Käytännössä virhe voi vaikuttaa koneen toimintaan tiettyinä rajoitteina. Koska koneet toimivat väyläteknikalla, asentajan on vaikea selvittää, missä virhe tarkalleen sijaitsee. Ongelmat kasvattavat Final Assembly -vaiheen työkuormaa. Havaintona DTi-sarjan koneen startup-aika on kolminkertainen vanhoihin laitteisiin verrattuna. Laitteet ovat kehittyneet vauhdilla, mutta testausympäristö on pysynyt samana. Tähän ongelmaan aion perehtyä työssäni.



Kuvio 2 Kalanruotokaavio DTi-sarjan virheistä (Ahola 2009)

2.1 Työssä tutkittavat kytkentärasiat

SMC-koneissa käytetään autoteollisuuden suunnattua CAN-väylää. Kytkentärasioissa tieto tuodaan CAN-väylällä Epec-logiikkamoduuliin, joka ohjaa tiedon riviliittimille. Riviliittimiltä tieto viedään eteenpäin johdotuksia pitkin. Havaintojen perusteella suurin osuus virheistä kertyy riviliittimistä lähtevien johtojen kytkennöistä. Näiden virheiden poistamiseksi on suunniteltu testausjärjestelmä, jossa johdotukset mittaautetaan. Testausjärjestelmään määritellään, mihin linjaan syötetään jännite ja mistä odotetaan tämän jälkeen jännitteitä. Järjestelmä tarkastaa joka mittauksella kaikkien linjojen tilan, jolloin saadaan tieto kytkennöistä. Järjestelmä mittaa myös jännitetasoja ja vertaa näitä asetettuihin arvoihin. Tätä menetelmää käytetään selvittämään heikkoja johdotuksia ja kylmiä juotoksia. Pilottivaiheessa haluttiin, että testauslaitteisto pystyy testaamaan kuutta eri kytkentärasiaa.

Latest in underground excavation Intelligent tunneling, DTi series

- A result of 30 years of datajumbo development
 - Fully computerized jumbo for fast, accurate and user-friendly excavation
- Advanced features
 - Intelligent drilling control system
 - Bi-directional wireless data transfer
 - Modern iSMART user interface
 - Built-in safety
- Environmentally-friendly solutions
 - Biodegradable oils
 - Recyclable materials



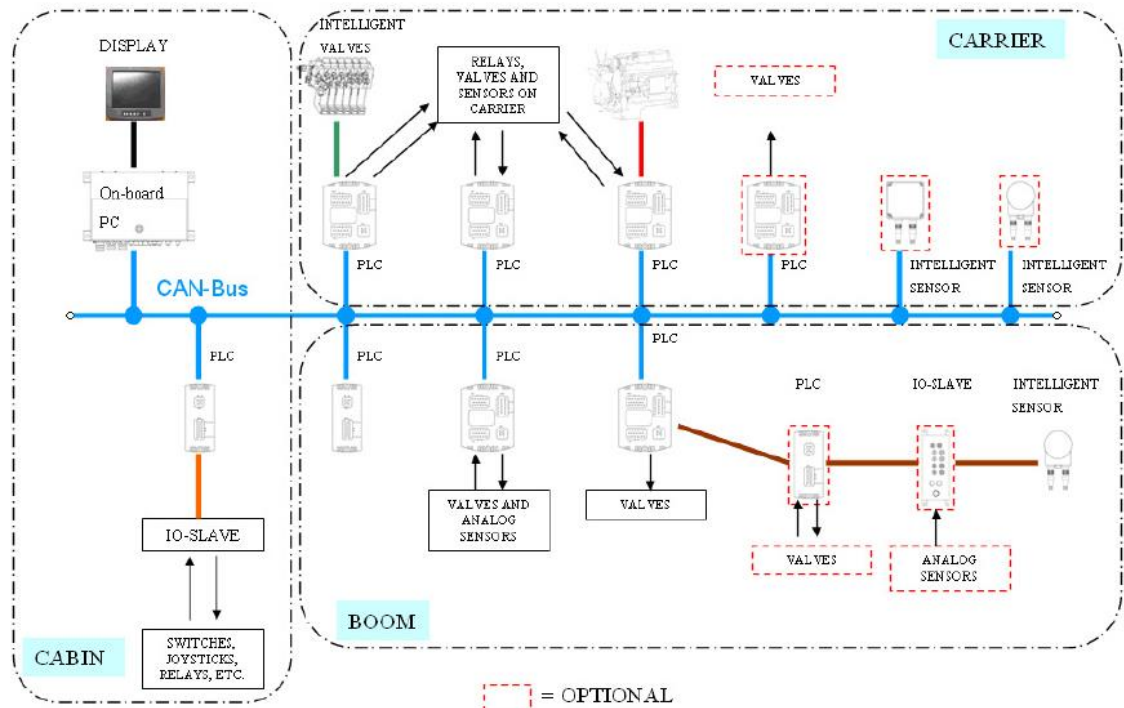
Kuva 4 DTi-sarjan Jumbo (Sandvik intranet)

Kuvassa 4 on havainnollistettu DTI-Jumbo tunnelointikone, joka on SMC:n suurimpia ja myös kehittyneimpiä koneita. Sen tekniikka on vuosien varrella siirtynyt hydraulisesta ohjauksesta väylätekniikkaan perustuvaan ohjaukseen ja näissä koneissa Input/output-määrät ovat kasvaneet eniten. Yhdessä koneessa voi olla yli 1200 erilaista I/O:ta. Ilman valmiita johtosarjoja liitinrajapintojen virheiden mahdollisuus kasvaa. Tästä syystä työhöni otettiin juuri DTI-sarjallisten koneiden kytkentäkotelaita. Kytkentäkotelot rajattiin pilottivaiheessa siten, että testauksessa käytetään vain niitä, joissa on Epec-logiikkamoduuli (Kuva 5).



2.2 Yleiskatsaus koneiden toiminnallisuudesta

Sandvikin uusimmissa koneissa on siirrytty hajautettuihin järjestelmiin, joissa laitteen ohjausmoduulit on sijoitettu fyysisesti eri puolelle konetta. CAN-väylää (Controller Area Network) käytetään yhdistämään ohjausmoduulit keskenään. Tämän luvun on tarkoitus antaa yleiskäsitys koneen toiminnasta.



Kuvio 3 Tyypillinen hajautetun järjestelmän kuvaus uusimmissa koneissa (CANOpen Application layer and communication profile 2007, sivu 20)

Hajautetun järjestelmän yleinen malli on nähtävillä kuviossa kolme. Järjestelmä jaetaan kolmeen eri logiikkatasoon. Korkein taso sisältää sulautetun PC:n, datan keruun ja käyttöliittymän. Koneen ohjausjärjestelmätaso koostuu ohjelmoitavista logiikkaohjaimista, antureista ja CANOpen-laitteista. Matalimmalla tasolla on puhtaita elektroniikkalaitteita ja johdotusta.

Yleisesti korkean tason funktiot jaetaan kahden hajautetun PC:n välille. Ensimmäinen PC suorittaa käyttäjärjestelmää ja graafista käyttöliittymää. Toinen kone on osittainen datan kerääjä, joka hakee tietoa koneen ulkopuolelta langattoman kaivosverkon avulla.

Kaivosten vaatimukset vaihtelevat suuresti kiven laadun mukaan, joten koneet sisältävät useita optioita. Kone räätälöidään asiakkaan vaatimusten mukaisesti, joten koneiden väyläsuunnittelu on haastavaa, sillä vaihtoehtoisesti porauspuomeja voi olla yhdestä kolmeen. Tällöin väylälle pitää luoda aina tarvittavat ohjausmoduulit. Ohjausväylä

muuttuu aina tilausten mukaisesti eikä vakioväyläsuunnittelua voida toteuttaa. (CANopen Application layer and communication profile 2007)

2.3 Tyypilliset väylämoduulit

Tyypillisesti uusimmissa SMC-koneissa ohjausjärjestelmät koostuvat väylämoduuleista. Tässä alaluvussa käydään yleisesti läpi moduulien tarkoitusta.

I/O-slave yhdistää sähköiset laiteosat, kuten analogiset ja digitaaliset venttiilit CAN-väylään. Moduuli sisältää muutamia sisään- ja ulostuloliitäntöjä sekä Analog/Digital-muuntimia, jotta milliampeeriviestejä voidaan lukea ja sovittaa ne väylälle sopivaksi. Älykkäiden I/O-moduulien käyttö vähentää huomattavasti johtojen pituutta, koska tiedot ohjataan väylän kautta. Haittana on kuitenkin, että väylälaitteet tulee määrittellä moduuliin ennen kuin ne kytketään väylään kiinni. Kuitenkin uuden väylälaitteen vaihtaminen uuteen onnistuu suoraan.

Älykkäät anturit ovat tällä hetkellä CANopen-antureita, jotka sisältävät kattavat analysointiominaisuudet, kuten ulkoiset kalibrointiparametrit, joita määritellään väylän avulla. Älyllisten antureiden käyttö vähentää johdotuksen määrää ja tuo diagnostiikka- ja säätöominaisuuksia. Myös liikkuvan tiedon vikasietoisuuden pitäisi olla huomattavasti parempi kuin tavallisissa antureissa. Tämän pitäisi teoriassa antaa tarkempia mittaustuloksia, koska laitteisiin kohdistuu monenlaisia häiriöitä koneen poratessa, kuten tärinää. Haittana on CANopen-laitteiden saatavuus, sillä niitä ei ole vielä tarjolla kovinkaan montaa. Kuitenkin usea yritys on alkanut tukea CANopen-järjestelmää, ja laitteiden saatavuus on parantunut huomattavasti. Myös ääritapauksissa, jolloin CANopen-laitteista ei löydy sopivaa, voidaan käyttää Profibus-laitteita CAN Profibus -muuntimen avulla. Tätä ei kuitenkaan tietääkseni ole Sandvikilla tarvinnut toteuttaa.

On-board PC on sulautettu teollisuustietokone (IPC), jossa on CANopen- tai Ethernet-liitäntä tai molemmat. Laitteiden käyttöjärjestelmänä on Linux ja laitteiden ominaisuuksiin kuuluu niin tiedon keruu, järjestelmän diagnostiikka kuin myös automaattiset porausohjelmat. SMC:llä on koneissa kahdenlaisia tietokoneita. Hytissä on normaali PC ilman suurempia suojauksia, mutta koneessa on erikoismuokattu ja koottu IP65-suojauksella toteutettu tietokone.

Ohjelmoitava logiikkaohjain (PLC) on reaaliaikaohjain, jolla ohjataan venttiilejä ja antureita. Kaikki PLC-laitteet ovat kytkettynä CAN-väylään, ja nämä ohjaimet täytyy konfiguroida ennen väylään laittamista.

Käyttöliittymälaitteita (HMI) käytetään yleisesti ihmisen apuvälineenä koneen ohjaukseen ja ohjelmien hallintaan. Ohjauslaitteet ovat kytkettynä suoraan PLC-sisääntuloihin, jolloin ne näkyvät säätiminä väyläohjelmassa ja ovat näin käyttöliittymässä valittavana ja säädettävissä. (CANopen Application layer and communication profile 2007)

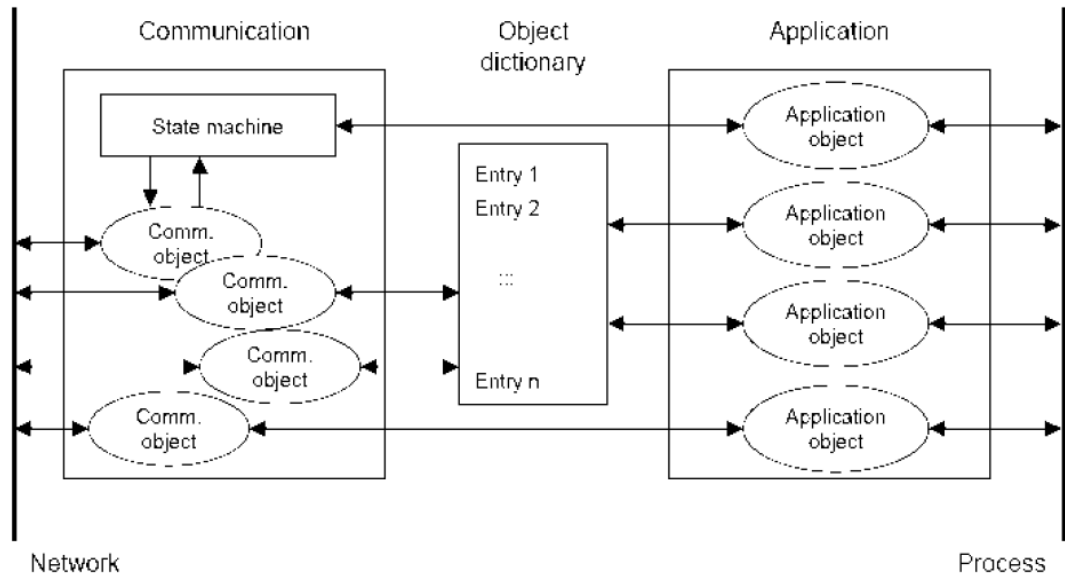
2.4 CANopen

Työssäni ei pidetty tarpeellisena testata CAN-väylää pilottivaiheessa, mutta tulevaisuudessa väylän kautta testaus on pakollista. Testilaitteisto sisältää CAN-väylämoduulin, joten tässä kappaleessa kerron CAN-väylän toiminnan perusteet.

CANopen on tiedonsiirtoprotokolla ja elektronisten laitteiden profiilispesifikaatio, jota käytetään laitteiden sulautetussa järjestelmässä kaikissa Sandvikin uusimmissa laitteissa. Standardissa määritellään ”verkkokerros” ja suuren osan ”OSI network-module”. Datan siirto ja ”fyysinen kerros” on usein toteutettu käyttäen Controller Area Network (CAN) -standardia, jonka BOSCH kehitti 80-luvun loppupuolella. CANopen-standardi sisältää useita protokollia ja osoitekartat laitteiden väliseen yhteydenpitoon. Kappaleen tiedot ovat peräisin ”CANopen Application layer and communication profile” (2007) -materiaalista.

Laitemalli määrittelee ominaisuudet, jotka pitää määritellä CANopen-laitteenohjaussovellukseen. Viestintäyksikkö käyttää protokollaa pitäessään yhteyttä muihin CAN-verkossa oleviin laitteisiin. Operointitila määritellään väylällä Network Management (NMT) -protokollalla. Laitteissa tila voi olla seuraava: alustus, osittain toiminnassa, toiminnassa tai pysäytetty.

Laitteella sovelluksen ja viestinnän ominaisuudet voidaan määrittää Object dictionaryllä (OD), joka koostuu joukosta muuttujia, joiden osoitteet ovat 16-bittisellä indeksillä tai 8-bittisellä alaindeksillä. OD toimii käyttöliittymänä sovelluksen ja laitteen välillä, kuten kuvio 4 ilmenee.

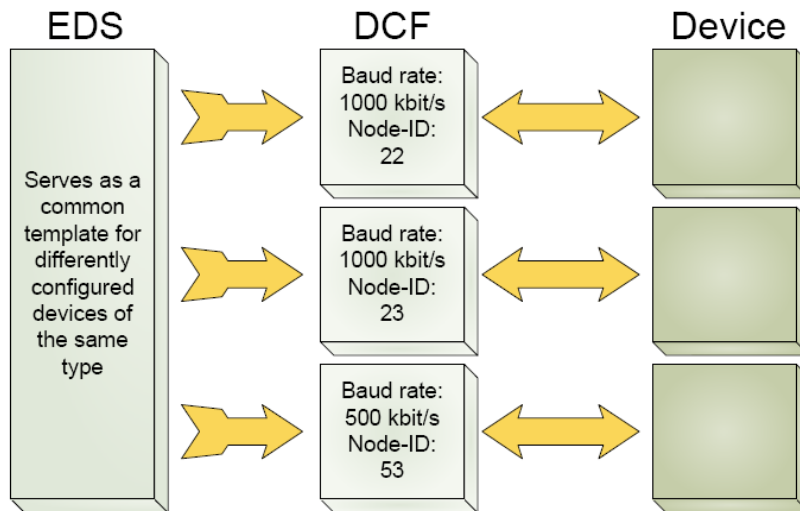


Kuvio 4 CANOpen-laitemalli (CANOpen Application layer and communication profile 2007 s.20)

Kuvio 4 kuvaa, miten laitteen sovellus kommunikoi prosessin kanssa ja suorittaa käytännön toiminnot laitteella. OD on kokoelma laitteen dataosia, joilla on tekemistä kommunikoinnin, laitteen tilan ja laitteen sovelluksen kanssa. Näiden osien käyttäytymiseen voidaan vaikuttaa OD:n kautta kirjoittaen parametreja laitteen OD-indekseihin. Sovellusta voidaan ajaa vain asettamalla laitteen tila ”Operational”-tilaan NMT-käskyllä.

OD:ta voidaan kuvailla laitteen sähköiseksi datalehtiseksi (EDS) (Electronic data sheet specification for CANopen 2005). EDS-tiedosto on eräänlainen pohja tietynlaisille asetuksille erilaisille laitteille. Tiedosto sisältää kaiken tiedonsiirron sovelluksen objekteille ja näiden indekseille. Laitteen asetustiedostoa (DCF) käytetään tallentamaan laitteen sen hetkisen tilan asetuksia. Kuviossa 5 havainnollistetaan eri tiedostotyyppien suhdetta toisiinsa.

On huomioitava, että indeksin nimet häviävät, kun DCF luetaan laitteella, koska indeksien nimet eivät ole tallennettu laitteelle. Tämä tarkoittaa, että laitteen OD:ta ei voida käyttää ilman lisädokumentaatiota indeksien nimistä ja tarkoituksista.



Kuvio 5 EDS, DCF ja laitteen suhde toisiinsa (CANOpen Application layer and communication profile 2007 s.8)

CANOpen-verkossa on muutamia erilaisia kommunikointiprotokollia erilaisille viesteille. Esimerkiksi Service Data Object (SDO) -protokollalla kirjoitetaan ja haetaan tietoa laitteen OD:lta. Laite, jonka OD:lta tietoa haetaan, on aina Host (Isäntä). Tällöin SDO-palvelu alkaa lataamaan tai lisäämään tietoa. Toisaalta Process Data Object käyttää synkronisoitua tai asynkronisoitua tuottaja/kuluttaja-kommunikointimallia viestissä. Muita kommunikointiprotokollia löytyy CANOpen Application layer and communication profile 2007:sta.

CANOpen-määritykset eivät määrittele mitään diagnostiikkaominaisuuksia paitsi emergency object (EMCY) -protokollan eli vikatiedot. EMCY-viesteillä on korkea prioriteettitaso väylällä ja ne johtuvat laitteen sisäisistä vioista. Osassa virheistä on esimääritelty tieto viestiin, mutta yleisesti käyttö ja viestin tarkoitus pitää määrittellä laitteeseen. Virheilmoitukset parantavat osaltaan toimivuutta selkeytensä takia.

Suurimmat ongelmat CANOpenissa ovat matalimmalla tasolla OSI-verkkomallissa, koska CAN-protokolla omaa muutamia rajoituksia. Esimerkiksi jos ”solmut” käyttävät aikapohjaista viestintää, ei voida tietää kuinka monta törmäystä korkeamman tason viesteissä tapahtuu ennen kuin asynkroninen viesti pääsee läpi. Tällöin on mahdollisuus synkronointivirheeseen, ja pahimmassa tapauksessa viesti ei pääse läpi määrityssä ajassa. Tämän takia järjestelmän koostuvuus ei ole taattu. Tämä tarkoittaa sitä, että pääjärjestelmä ei pääse aikarajoitteisiin, jos monta eri alijärjestelmää on kytkettynä. (Cena ym 2005 s.667)

Ongelmana on myös solmukohdan (node) kuormitus väylälle tilanteissa, joissa laite menee vikatilaan. Tällöin laite lähettää jatkuvasti hätäviestiä ja tukkii täten koko verkon. Prioriteeteissa tämä menee edelle ja muut olennaiset tiedot eivät pääse määränpäähän. Tähän on vaikea luoda ratkaisua, koska CAN-piirit eivät tunnista sulautettujen järjestelmien vikoja. Lisäksi väylä ei tue kaksikanavaista tiedonsiirtoa, jolloin johdotusvirheet aiheuttavat väylän kaatumisen.

Suurin ongelma ostajan kannalta ovat varaosat, sillä väylälaitteita ei voida vaihtaa kovinkaan helposti. Anturin rikkouduttua uudelle anturille pitää antaa määräykset, jotta anturi osaa kommunikoida väylän kanssa. Kaivoksissa huoltomiehillä ei yleensä ole koulutusta väyläkohtaisiin laitteisiin ja huoltotoimenpiteet muodostuvat usein mahdottomiksi. Väyläohjatut laitteet tarjoavat kohtalaiset diagnoosit sekä ovat osittain tarkempia mittauksissa, mutta huolto aiheuttaa omat haasteensa.

Sandvikin käyttämissä antureissa on ominaisuutena jo eräänlainen ei-standardoitu Plug&Play-ominaisuus, jolloin laite voidaan vaihtaa lennosta. Sandvik ei kuitenkaan ole vielä hyödyntänyt tätä ominaisuutta. Kuitenkin tulevaisuudessa tämä helpottaa huoltotoimenpiteitä, kunhan ominaisuus saadaan standardoitua. (Ahola 2009, s.14)

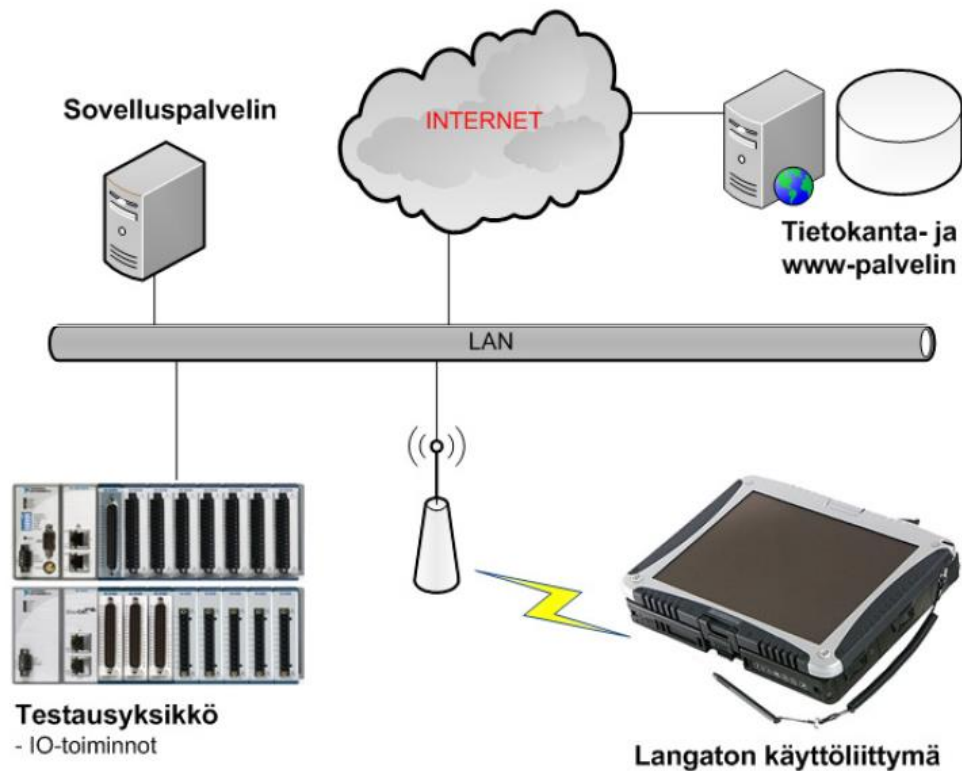
3 TESTAUSJÄRJESTELMÄ

Tarjousneuvottelujen jälkeen testausjärjestelmän toimittavaksi yritykseksi valittiin paikallinen toimittaja. Kyseisen yrityksen erikoisalaa ovat automaation ja sähköistyksen kokonaisratkaisut sekä suunnittelu- ja asiantuntijapalvelut. Yhtiön toiminta kattaa palvelut tarvemäärittelystä investointilaskelmiin ja kokonaisvaltaiseen suunnitteluun. Yrityksen toteutukset ulottuvat pienemmistä toimituksista aina vaativiin automaation kokonaistoimituksiin.

Toimittaja käyttää laitteistonaan National Instrument -laitteita (NI) testausjärjestelmässään. He luovat Labviewilla ohjelmiston, jolla he ohjaavat NI-laitteistoa. Yritys käyttää eri työvaiheissa jonkin verran aliurakoitsijoita, mikä on aiemmissa projekteissa aiheuttanut laatuvirheitä. Kuitenkin he takasivat, että laatuongelmat ovat korjaantuneet.

3.1 Testausjärjestelmän rakenne

Toimittajan testausjärjestelmä koostuu käytännössä neljästä eri osasta eli sovelluspalvelimesta, tietokanta-/www-palvelimesta, testausyksiköstä ja langattomista käyttöliittymistä. Järjestelmä soveltuu hyvin asiakaskohtaisesti konfiguroitavien tuotteiden testaamiseen, koska testausresepti voidaan muodostaa yksilöllisesti kullekin tuotteelle toiminnanohjausjärjestelmästä saatavien tietojen perusteella. Järjestelmä tunnistaa testattavan tuotteen I/O-määrät sekä myös kelat, releet ja kytkimet. Kun järjestelmä huomaa edellä mainittujen suureiden muuttuneen, järjestelmä olettaa, että kyseessä on uusi tuote. Tällöin testausjärjestelmä ilmoittaa järjestelmän ylläpitäjälle asiasta. Kun tuotetiedot tuodaan testausjärjestelmään suoraan tilaustiedoista, niin ylläpitäjä ehtii tehdä tarvittavat lisäykset resepteihin ennen kuin tuote on ensimmäisessä testauspisteessä. Testausreseptiin voidaan haluttaessa sisällyttää kaikki työohjeet. Tällöin testauskäyttöliittymä opastaa kaikki kokoonpanon työvaiheet läpi huomioiden kunkin tuoteyksikön poikkeavuudet. Järjestelmän perusidea voidaan todeta kuvioista 6.



Kuvio 6 Toimittajan testijärjestelmän rakenne (Sandvik MediaBase)

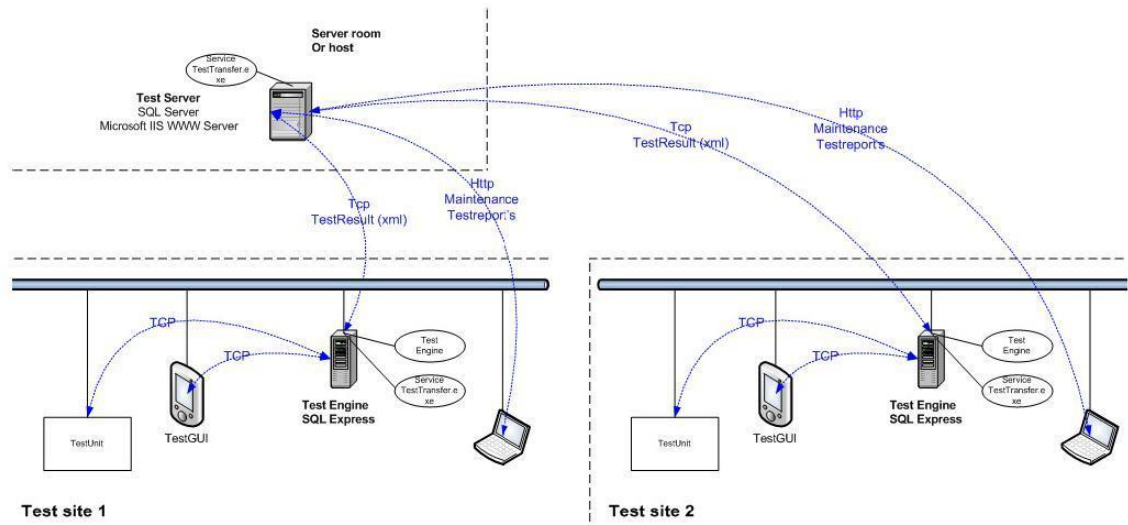
Tietokanta- ja www-palvelin käyttää Microsoft SQL -palvelinta. Tämä palvelin sijaitsee yleensä paikassa, jossa yrityksen muutkin palvelimet sijaitsevat, mikä helpottaa huomattavasti palvelimen ylläpitoa. Palvelin varmuuskopioi mittaustietoja sekä testausreseptejä. Tämä mahdollistaa testaukseen liittyvien tietojen hakemisen minne tahansa. Kyseisellä palvelimella mahdollistetaan testaus useassa eri tehtaassa sekä usealla eri tuotantolinjalla samanaikaisesti. Tarvittaessa jokaisessa tuotantovaiheessa voidaan testata/tarkistaa edellisen vaiheen tekemät työt.

Sovelluspalvelin suorittaa keskitetysti testausreseptin. Sen rakenne mahdollistaa käyttöliittymien ja testausyksikön siirtelyn ja vaihtamisen ilman testin keskeyttämistä. Sovelluspalvelimen pitää olla samassa verkossa testauspisteiden kanssa tiedon sujuvan siirron takia. Tietokantapalvelimen ansiosta sovelluspalvelin ei tarvitse minkäänlaista varmuuskopiointia.

Testausyksikkö muodostaa liittynät testattavaan tuotteeseen. Testausyksikköön on mahdollista lisätä erilaisia kortteja, joilla mahdollistetaan erilaiset mittaukset, kuten väyläliitännät, analoginen ja digitaalinen I/O sekä käyttöjännitesyötöt. Testauspisteessä, jossa tehdään vain visuaalisia tarkistuksia tai tietojen kirjaamista, testausyksikköä ei tarvita.

Käyttöliittymän testauksessa on pc-pohjainen käyttöliittymä, tyypillisesti tablet-pc, jolla testausta ohjataan. Käyttöliittymä voidaan myös asentaa tietyn rajoituksen olemassa

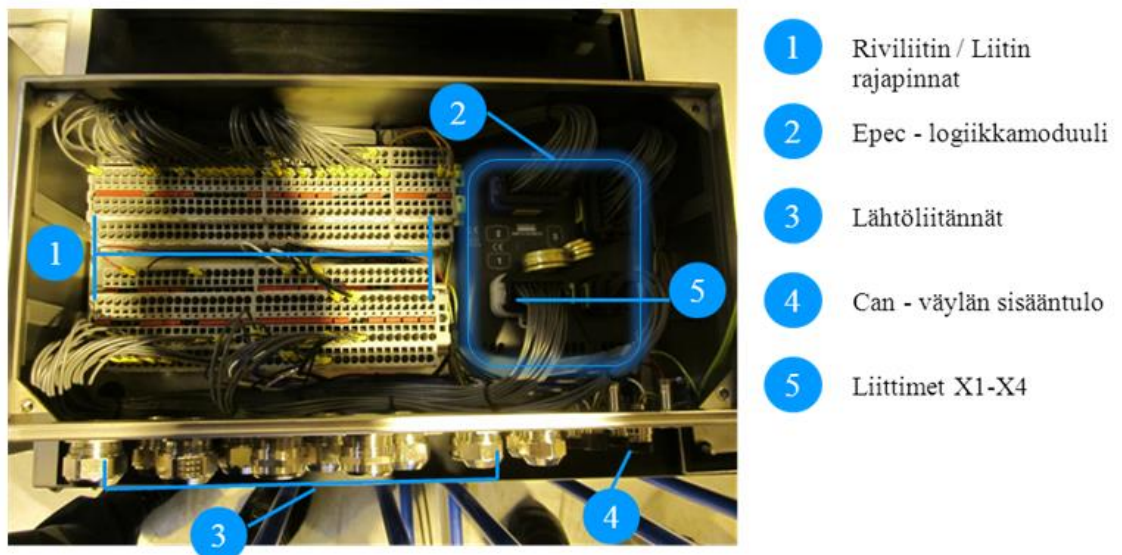
olevaan pöytäkoneeseen. Testaukseen pystyy liittymään monella eri käyttöliittymällä samanaikaisesti, mikä mahdollistaa etäseurannan.



Kuvio 7 Testausjärjestelmän toiminta (Sandvik MediaBase)

4 KYTKENTÄRASIAN LIITÄNTÄVAIHTOEHDOT

Työn lähtökohtana oli selvittää, millä mahdollisilla tavoilla testaus voitaisiin suorittaa. Valintaan vaikuttavia tekijöitä olivat hinta, testauksen hankaluus ja testaukseen kuluva aika. Oikeaan valintaan vaikuttivat myös testaajien, sähkösuunnittelun ja toimittajan edustajan mielipide sekä useat haastattelut asian tiimoilta. Aluksi lähdin suunnittelemaan, mistä testaustietoa syötetään. Väylältä syötettäessä piti huomioida, että logiikkamoduuliin pitäisi tehdä testilogiikka, joka nostaisi vain tiettyjä bittejä ylös. Kuvasta 6 voidaan havainnoida yleisesti testattava kohde ja sen aiheuttamat haasteet.



Kuva 5 Yleiskuva testattavasta kytkentälaatikosta sekä testaustavasta

4.1 Johtotestaus

Alkuperäisesti suunniteltu johtotestaus on testaustavoista yksinkertaisin. Kuvion kahdeksan mukaisesti Epec-moduulista lähtevistä AMPSEAL-liittimistä (Kuva 7) syötettäisiin testerin sisääntulo. Suoraan johtoihin syöttämisessä on se etu, ettei logiikkaa tarvitse huomioida. Tämä mahdollistaa 24-voltin kuormituksen johdotuksille. Tällöin voidaan havaita myös liittimissä tapahtuvia vuotoja. Pilottivaiheessa ei kuitenkaan lähdetä kuormittamaan johtoja, sillä se vaatisi kuormitusvastuksia laitteistoon, joita ei sisällytetty tilattuun pakettiin.



Kuva 6 AMPSEAL-liitin (AMPSEAL 2014)

4.2 Väylän kautta (erillisellä Epec-moduulilla) testaus

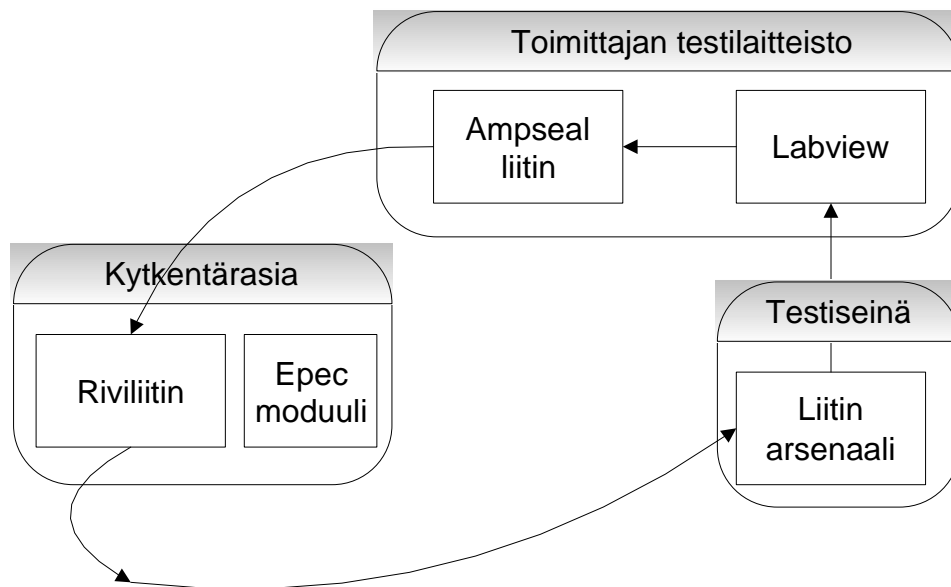
Tarkoituksena oli tehdä erillinen testauslogiikkamoduuli, joka olisi kiinteästi testauspöydällä. Tällöin kotelon omaan logiikkaan ei tarvitsisi vaihtaa testilogiikkaa, vaan riittäisi, että irralliseen logiikkamoduuliin pistettäisiin testilogiikka. Huomioitavaa oli AMPSEAL-liittimien kestävyys, sillä AMPSEAL tuoteselostuksessa kestävyudeksi määritellään kymmenen liittämistä. Tällöin erillisen Epec-moduulin hyöty jää vähäiseksi eikä tällä menetelmällä saavuteta juurikaan hyötyä.

4.3 Väylän kautta testaus

Väylän kautta testaus oli hyvin vartenotettava vaihtoehto. Tällöin AMPSEAL-liittimiä ei tarvitsisi irrotella lainkaan, vaan tieto syötettäisiin CAN-väylästä sisään. Tällöin Epec-moduuliin tulisi tehdä testiohjelma, jolla ohjattaisiin tiettyjä bittejä pystyyn. Kuitenkin osoittautui, että Epec-moduulissa on kuorman tunnistavat syötöt, joten tämä olisi vaatinut testilaitteistolta huomattavasti enemmän. Tällöin viiden voltin syöttö ei enää riitä, vaan tämä olisi vaatinut 12- tai 24-voltin syöttökortteja testilaitteistoon. Kyseisestä ratkaisusta ei ollut tarjousta toimittajan puolelta, mutta oli selvää, että hankintahinta nousisi huomattavasti. Tämän takia väyläntestaus laitettiin osittain jäihin.

5 TOTEUTUSTAPA

Testauksen valinnassa lähdimme toteuttamaan testausta johtotestauksella. Päätimme lähteä alustavasti suunnittelemaan pienimuotoista johtosarjoitusta kytkentälaatikoille. Käytännössä silloin kytkentälaatikkoja tehdessä liitettäisiin myös kaikki johdot jo valmiina riviliittimille. Tämä lisää huomattavasti työmäärää yhdessä solussa ja poistaa työmäärää toiselta solulta, mutta siihen otetaan kantaa työn myöhemmässä vaiheessa. Kuviossa 8 esiintyy johdotuksen periaate yleisesti testauksessa. Tämä idea lähti alun perin sähkösuunnittelusta.



Kuvio 8 Testausperiaate

Käytännön hankaluutta luovat erilaiset kytkentälaatikot, sillä jokaisessa laatikossa on eri I/O-määrä. Tällöin adapterien määrä johtojen ja National Instruments -laitteiston välissä olisi järjetön. Näin ollen päädyttiin ”testiseinään”. Testiseinään luodaan kaikki mahdolliset liitännät ja kytkentälaatikkojen kohdalla seinään kytketään vain tarvittava

määrä johtoja. Seinästä ne johdetaan neljällä välikaapeleilla Harting 72-pinnisillä liittimillä National Instruments -laitteistolle.



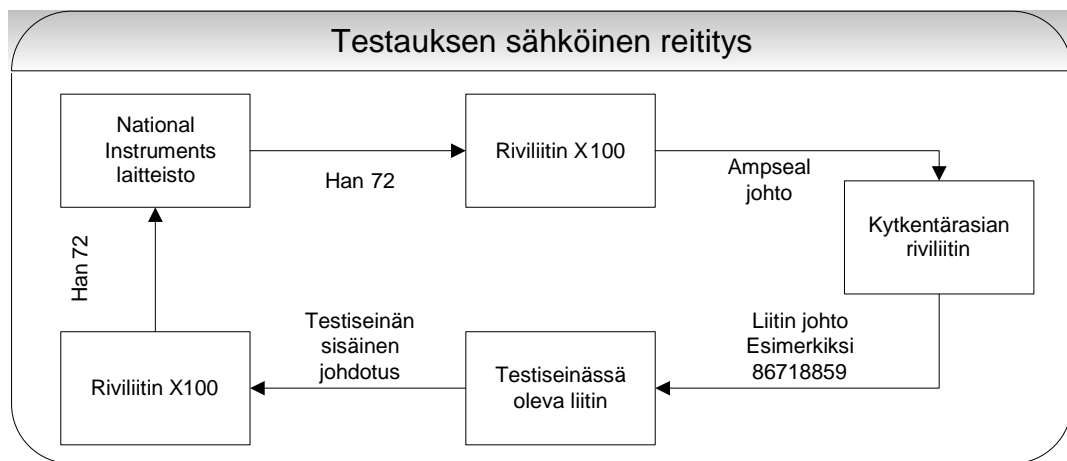
Kuva 7 National Instruments -laitteisto (NI)

Testauslaitteistossa haluttiin huomioida tulevia testauksia, jolloin voidaan sujuvasti siirtyä sähkökeskusten testauksiin. Täten käytännön laitteisto toteutettiin 24-voltin digitaalisilla I/O:illa (Kuva 9). CAN-moduuli tilattiin myös järjestelmään, vaikkei väylää vielä hyödynnetäkään. Kuitenkin lähisuunnitelmissa on sähköpääkeskusten testaus ja tämä testaus vaatii ehdottomasti väylätoteutuksen. CAN-moduulin lisääminen myöhäisemmässä vaiheessa siirtäisi I/O-rivistöä yhdellä kortilla eteenpäin ja täten muuttaisi kaikki positiotunnukset. Tämä taas aiheuttaisi testireseptien uudelleen suunnittelun. Tämän takia CAN-moduulin kustannukset ovat perusteltuja. Pilottivaiheen onnistumisesta riippuu paljon se, tullaanko testauslaitteistoa kehittämään vielä eteenpäin.



Kuva 8 National Instruments Digital Output (NI)

Selvitykseksi tulevaisuuden testausreseptien tekoon sähköinen kytkentäperiaate esitellään alla olevassa kuviossa 9.



Kuvio 9 Testausjärjestelmän sähköinen reititys testattavalle tuotteelle

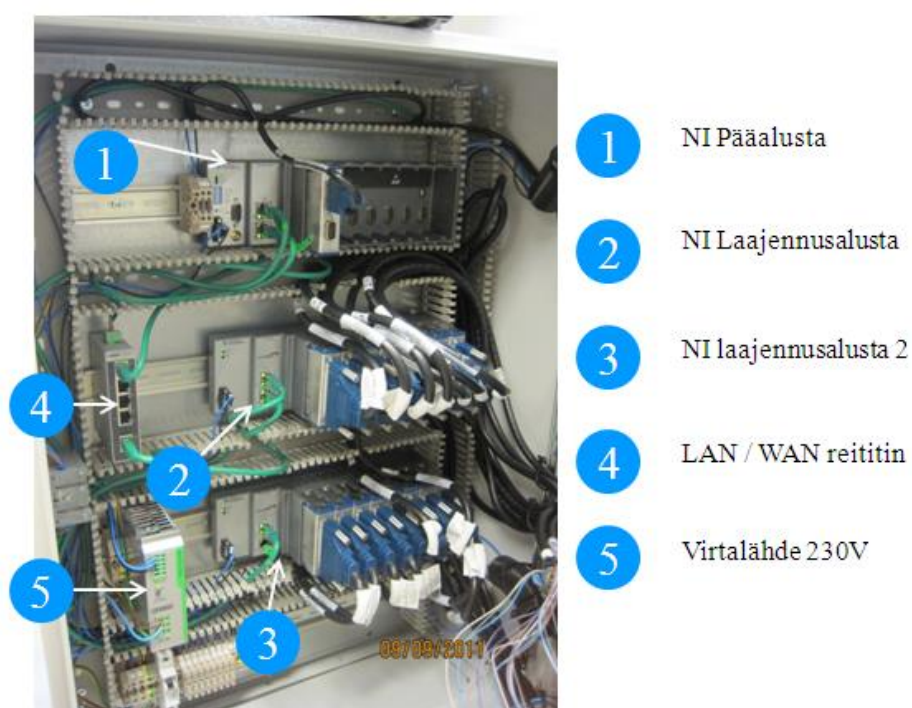
Testiseinän sisään rakennettiin riviliitinrivistö. Tätä rivistöä käytettiin yhtenä rajapintana testilaitteiston (NI) ja testiseinän välillä. Tämän tarkoitus oli, ettei testausohjelma kuvaa johdotusvirheitä NI-laitteen sisäisten pinnien avulla, vaan nimet johdettiin näihin riviliittimille.

Esimerkkinä ilman viittausta testijärjestelmän virheilmoitukset olisivat olleet: DI3.21 välillä DO4.15 odotettiin yhteyttä, kuitenkin pinni DI1.23 nousi pystyyn. Kyseinen ilmoitus ei olisi kertonut asentajalle mitään eikä virheen löytäminen onnistuisi ilman johdotuspiirustusten tutkiskelua.

Testijärjestelmän moduuleihin luotiin viittaus, jolloin järjestelmä kertoi suoraan, missä moduulissa ja mikä pinni välillä 1–4 nousi. Testausjärjestelmästä oli tarkoitus luoda mahdollisimman yksinkertainen, joten tämä palveli tarkoitusta hyvin. Johtojen nimitys kuviossa 9 on vain suuntaa-antava ja saattaa muuttua tulevaisuudessa.

5.1 Varsinainen testauslaitteisto

Varsinainen kokoonpano muodostui kolmesta NI-alustasta. Pääalustassa on kiinni vain CAN-moduuli tulevaisuuden testauksia varten. Kahdessa laajennusalustassa on kiinni DI/DO-kortteja. DI- ja DO-kortit on johdotettu yhteen ja eristetty diodilla. Tällä tavoin on saatu vähennettyä lähteviä johtoja puolella, ja periaatteessa testiseinän rajapinnassa yhtä pinniä voidaan käyttää sekä sisään- että ulostulona. Kyseisellä kokoonpanolla saavutetaan yhteensä 256 I/O-paikkaa. Pääalustassa on laajennuspaikkoja jäljellä vielä kuusi kappaletta.



Kuvio 10 Testauslaitteiston ohjauskeskus sisäpuolelta (NI)

Kyseiseen kaappiin ei valitettavasti mahdu enää kuormitusvastuksia. Ilman näitä vastuksia rasiustestejä ei voida tehdä, jolloin DO-kortista syötettäisiin 24-voltin jännitettä maksimissaan kahden ampeerin virralla. Tällä tavoin voidaan havainnoida heikot liitokset sekä läpivuodot. Tämä on syytä pitää mielessä tulevaisuudessa, jos laitteistoja tilataan muualle ja myös siinä tapauksessa, jos testausta tullaan laajentamaan Tampereen tehtaalla muille osastoille.



Kuva 9 Testauslaitteiston ohjauskeskus ulkopuolelta (NI)

Testilaitteiston kansi on kuvattuna kuvassa 10. Etuseinässä on neljä kappaletta 72-pinnistä Harting-liittimiä, joilla ollaan yhteydessä testiseinään. Alkuperäisessä suunnitelmassa oli tarkoituksena muodostaa testausrajapinnat kyseisen ohjauskeskuksen seinämän liittimiin. Tutkimusten jälkeen rajapintojen muodostus näihin ei ollut testauksen selkeyden kannalta järkevää, joten rajapinnat luotiin testiseinään. Testausohjelma kuitenkin käyttää testauksessa kyseisiä pinnejä ohjelmoinnissaan. Kuitenkin nimeämiskäytännöllä muutetaan nimet testiseinän pinnien mukaiseksi.

Testilaitteistossa on kaksi eri tapaa päästä verkkoon, LAN ja WLAN. Eräänlaiseksi ongelmaksi muodostuivat kuitenkin verkkostandardit ja salaukset. Käytettävässä NI-laitteistossa on logiikkapiiri, ja tämän yhteistyö erilaisten kättelystandardien kanssa oli todella iso haaste. Langatonta WLAN-yhteyttä haluttiin käyttää laitteiston liikuteltavuuden takia. Sandvikin IT-verkko ei kuitenkaan hyväksynyt National Instrumentin WLAN-sovitinta, jolloin yhteyttä ei saatu muodostettua. Sandvikin palomuuria kuitenkin muokattiin niin, että yhteys onnistui. Lopulta laitteet saatiin onnistuneesti kommunikoimaan toistensa kautta. Ymmärrettävää on kuitenkin salauksien käyttö, koska testauslaitteiston piti päästä sekä sisä- että ulkoverkkoon. Tietoturvariskit korostuvat aina, kun palomuuriin tehdään reikiä ja riskejä ei mielellään oteta.

6 VALMIIKSI JOHDOTETUT KYTKENTÄRASIAT

Valmiiksi johdottamisen tarkoituksena oli hyödyntää testausta huomattavasti enemmän. Valmiiksi johdotetut rasiat luovat valmiin testatun kokonaisuuden, joka voidaan liittää laitteeseen tietäen, että kytkentärasiat toimivat odotetusti. Tämä on osa pyrkimystä luoda isoja testattuja kokonaisuuksia, joka taas siirtäisi kuormaa pois loppukokoonpanosta ja etenkin lopputestauksesta. Pitkän tähtäimen tarkoitus on poistaa kuviossa kaksi esiintyviä vikoja jo alkukokoonpanossa.

6.1 Muutoksesta aiheutuvat haasteet

Muutosten tekeminen aiheuttaa kuitenkin erinäisiä ongelmia kokoamisessa ja työmäärien muutoksissa. Valmiiksi johdottaminen muuttaa tiettyjen työvaiheiden kokoamispaikkaa. Tähän ei välttämättä ole vielä valmiuksia, mutta tulevaisuudessa kokoonpanon layout-muutoksen jälkeen testaukselle pitäisi olla tilaa. Pilottivaiheen testaus kuitenkin tullaan tekemään väliaikaisessa paikassa. Tarkoituksena on selventää testauslaitteiston toimivuutta ja käytettävyyttä. Tämän jälkeen testauslaitteistoa on helppo implementoida tuotantoon.

6.2 Työmäärän kasvu soluissa

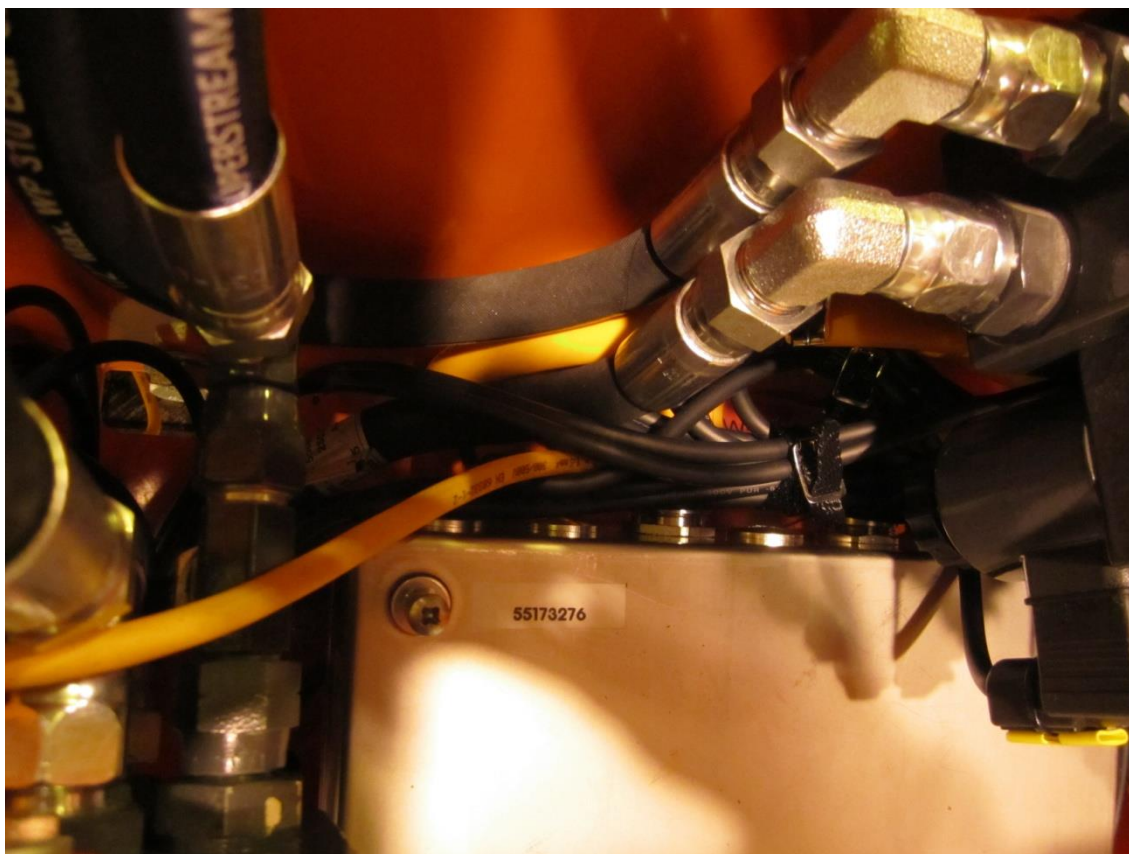
Johtojen valmiiksi asennus rasioihin muuttaisi hieman solujen tasapainoa. Sähkösolu on aikaisemmin vain koonnut kotelot ja tehnyt kotelon sisäiset johdotukset. Johtojen liittäminen on tehty vasta myöhemmässä vaiheessa. Sähkösolu on muutenkin jo liiallisella työkuormalla ja johtojen asennus ja testaus kuormittaa sitä huomattavasti enemmän. Koneeseen johtoja kytkevän miehistön työkuorma taas kevenee liiaksikin eikä heitä välttämättä voi siirtää sähkösoluun tilanpuutteen vuoksi. Sähkösolussa on pyritty uudelleen järjestelemään työpisteitä ja tehostamaan työskentelyä. Tuotannon sähköinsinööri pyrkii siirtämään kuormaa muualle ja täten helpottamaan sähkösolun kuormaa. Pitkällä aikavälillä on tarkoituksena päästä tasapainoon työmäärässä, vaikka

testausympäristö tulisikin sähkösoluun. Vaihtoehtoisesti työvaiheita voidaan myös siirtää eri osastoille. Kuitenkin layout-muutokset ovat ensisijaisia muutoksia ja työvaihemuutokset tulevat vasta tämän jälkeen. Vaihtoehtoisesti testilaitteisto voidaan sijoittaa MP3-halliin. Tämä rakennus on pääsääntöinen I-jumbojen kokoamispaikka. Testauslaitteiston vienti sinne olisi loogista eikä se aiheuttaisi suuria muutoksia tuotantoon. Myös tässä tapauksessa valmiiksi johdottaminen saattaa aiheuttaa erinäisiä ongelmia tuotannossa.

6.3 Valmiiksi johdottamisen käytännön ongelmat

Valmiiksi johdottamisen suurimmat ongelmat johtuvat I-jumbon rakenteesta. Laitteen suuri koko tekee johdoista erittäin pitkiä ja täten todella painavia. Koneen rakennetta ja johtojen vientiä ei välttämättä ole suunniteltu valmiiksi johdottamiseen. Seuraavaksi on pyritty esittelemään ratkaisut kyseisille ongelmille.

6.3.1 Rakenteesta johtuvat ahtaudet



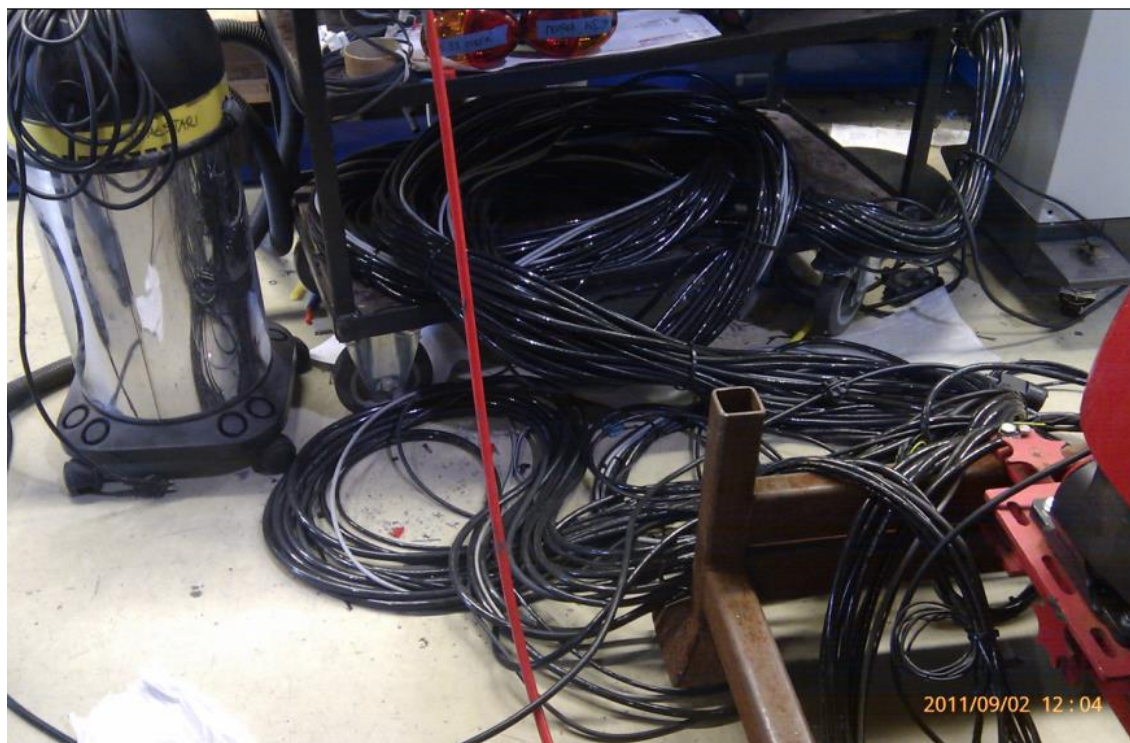
Kuva 10 Johtojen ahtaus rasialle mentäessä

Kuva 11 havainnollistaa, kuinka ahdas väli johtovedoille jää kotelolta. Asentajat asentavat johdot mieluiten toisesta päästä lähtien, sillä johdot on helpompi asentaa siististi ja vähemmän tilaa vieviksi kyseisellä tavalla. Valmiiksi johdottaminen ei mahdollistaisi enää tätä ratkaisua eikä johtoja voisi enää irrottaa kotelosta, koska niistä on muodostettava tarkistustodistus, ja tämä irrotus tekisi testauksesta hyödytöntä.

Analysoinnin jälkeen todettiin, ettei yhdelläkään Epecin logiikalla varustetulla kytkentälaatikolla ole tilaongelmia. Tällä hetkellä muita kytkentälaatikoita ei tulla testaamaan, joten ongelmaan ei puututa. Kuitenkin asennusmukavuuttakin silmällä pitäen suunnittelussa pitäisi pohtia hieman syvemmin tilanpuutteita ja korjata kyseiset ongelmat. Kuvan 11 mukaiset ahtaat paikat ovat hitaita asentaa ja huoltaa. Ongelma käytännössä muodostuu suunnitteluosastojen rakenteesta. Eri suunnitteluosastot toimivat erillisinä osastoina eikä suunnittelussa huomioida muiden osastojen suunnitteluja tarpeeksi.

6.3.2 Johdoista aiheutuva paino ja rasite liittimille

Johtojen pituudesta aiheutuu puolestaan uudenlainen ongelma. Johdot painavat pahimmassa tapauksessa useita kymmeniä kiloja ja pitkiä johtoja on muutenkin hankala käsitellä.



Kuva 11 Havainnoiva kuva, kun johdot ovat lattialla

Ilman huolellista suunnittelua testauspaikasta tulee kuvan 12 mukainen. Testaajalla on kompastumisriski aina, kun johtoja on lattialla. Myös johtojen päälle astuminen saattaa rikkoa johtoa ja näin ollen lisätä testauksen downtime-aikaa.

Yritysvierailulla tutustuin meidän pilottivaiheen testauksen edistyneempään versioon, missä testauspaikkaa oli mietitty hieman eteenpäin.



Kuva 12 Johtotuki

Kuvassa 13 tuleville ja meneville johdoille oli rakennettu tuki, joka poisti painorasitteet asentajilta. Asentajat olivat myös itse sitä mieltä, että tuet johdoille ovat erittäin tervetulleita. Sandvikin käyttöön juuri tämänlaista tukea on vaikea rakentaa ja soveltaa, mutta kuitenkin johdotuksen tukemista pitää myös miettiä.

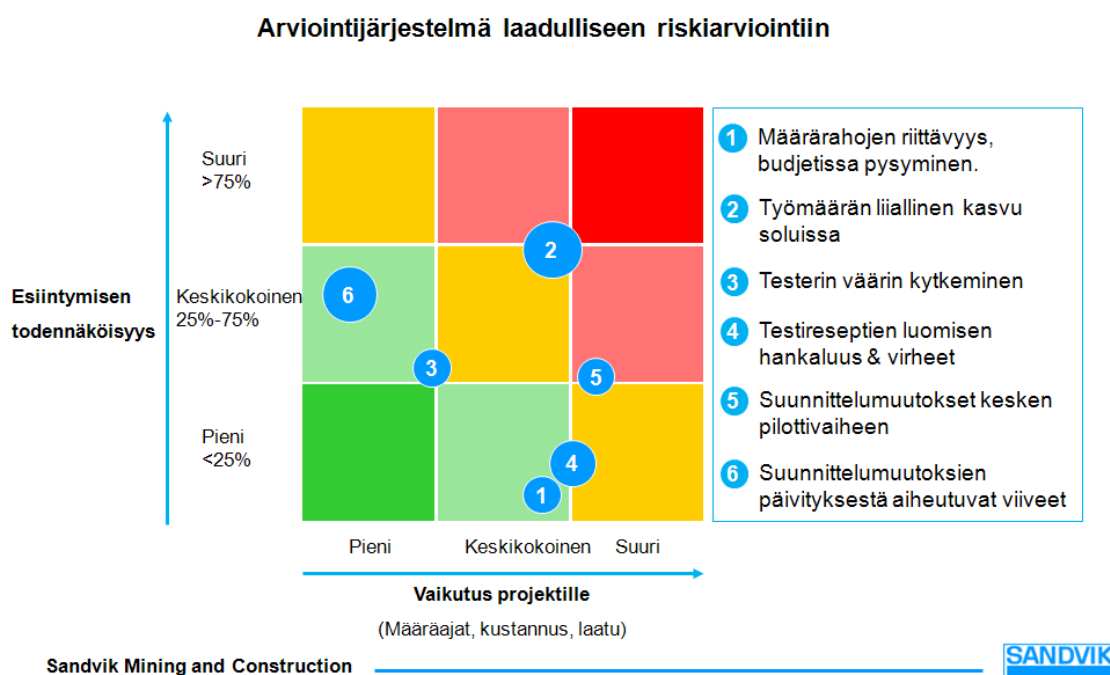


Kuva 13 Ero lattiatilassa, kun johdot ovat tuettu

Kuvassa 14 todennetaan hyöty, kuinka lattiatila pysyy siistinä ja selkeänä. Johtojen tullessa ylhäältäpäin rasitus ei tule itse liittimeen, vaan se roikkuu kevyesti ilmassa. Rasitusmomentti kohdistuu suoraan seinässä olevaan tukeen. Lyhyessä testauksessa ongelmaa tuskin tulee, mutta virheen ilmaantuessa ja sitä etsiessä liittimeen kohdistuu tietynlainen rasitus. Tuet johdoille ja kytkentälaatikolle on helppo tehdä, kunhan testilaitteisto saadaan kunnolla käyttöön.

7 PROJEKTIN MAHDOLLISTEN RISKIEN KARTOITUS

Ennen työn ja laitteiston tilausta oli tarpeen tehdä riskikartoitus. Riskien kartoituksella voidaan säästää yrityksen resursseja, jos tietyt riskit voidaan huomioida ajoissa ja näille voidaan miettiä ratkaisu jo etukäteen. Suuria riskejä havaittaessa on myös mahdollista, että projekti peruutettaisiin kokonaisuudessaan, jos riskit ovat suuremmat kuin saatu hyöty. Näillä perusteilla riskien kartoitusta tehtiin kuvion 11 mukaisesti.



Kuvio 11 Riskikartoitus

Budjetissa pysyminen on mielestäni tärkeimpiä aiheita, joka pitää kartoittaa huolella. Määrärahojen ylitys saattaa pysäyttää projektin pitkäksi aikaa ja aiheuttaa lopulta projektin keskeyttämisen. Tämän takia osien ja ratkaisujen kartoitus jokaisessa vaiheessa on erittäin tärkeää. Kuitenkin kyseisessä työssä asentajan virheistä aiheutuvien vikojen kustannus on todella suuri, koska johtovirheiden ratkaisemiseksi saattaa mennä useita satoja henkilötyötunteja. Tämän takia suurikin budjetti on perusteltu, kun mietitään saatua hyötyä pitkällä tähtäimellä.

Työmäärän kasvaminen soluissa on erittäin haastava tilanne. Solujen tasapaino muuttuu todella kriittisesti, ja tällä hetkellä on mahdotonta palkata esimerkiksi lisää työvoimaa tai siirtää toisista soluista apua osastolle, koska tilanpuute on suuri. Sähkösolu on tälläkin työmäärällä erittäin ruuhkautunut työmäärällisesti, joten ratkaisua ei ole vielä saatu. Uusi

sähköinsinööri aloitti juuri ja hänen työnkuvaus on ratkaista solun ongelmia. Tarkoitus on nopeuttaa sähkösolun toimintaa ja mahdollisesti ulkoistaa osa työvaiheista. Muutamia työvaiheita on poistunut, ja pitkällä tähtäimellä työn kuorman pitäisi vähentyä huomattavasti.

Testausyksikön suunnittelussa on syytä pitää mielessä helppokäyttöisyys. Monimutkaisessa testauksessa kytkentävirhe on mahdollinen ja näin ollen se voi aiheuttaa virheellisiä testaustuloksia. Näiden selvittämiseen kuluu turhaa aikaa ja se on hyvin epätoivottu ominaisuus. SOP-ohje tukee testausta kuva kivalta ja täten yksinkertaistaa prosessia.

Testausyksikön dokumentaatio on myös pidettävä ajan tasalla, sillä virheiden mahdollisuus on todella suuri, kun työtä tehdään kahdessa eri paikassa. Liittimien pitää olla täysin samoja toimiakseen, ja myös käyttöjärjestelmä vaatii pohjalle tarkan dokumentaation toimiakseen.

Suurin osa ongelmista johtuu testiresepteistä ja suunnittelumuutoksista. Testireseptin luonti pitää keskittää tietyille, tehtävään pätevälle henkilölle. Reseptien luominen on aikaa vievää työtä ja osittain haastavaa. Yksikin virhe testausreseptissä ei päästä kytkentärasioita läpi tarkastuksesta ja täten viivästyttää koko linjastoa. Samanlainen viivästys aiheutuu suunnittelumuutoksista, jos vanhemmalla revisiolla tehtyä kytkentärasiaa yritetään testata uudemmalla revisiolla toteutetulla testireseptillä. Tästä johtuen suunnittelumuutokset pitää tiedottaa tehokkaammin joka soluun sekä testausyksikön hallinnoijalle. Tällöin voidaan estää eri revisioiden kohtaamiset eri tuotantovaiheissa.

Testireseptien teossa on myös oltava erityisen tarkkana. Sekvenssiä tehdessä ei ole mahdollista kommentoida rivejä. Mahdollisesti kannattaa käyttää rinnakkaisohjelmaa, johon rivit on kommentoitu, esimerkiksi Microsoft Excel. Koodin selkeyteen vaikuttaa myös se, miten sekvenssit jakaa. Hyvällä suunnittelulla voi välttää useat haasteet reseptien teossa.

8 TESTISEINÄN TOTEUTUS

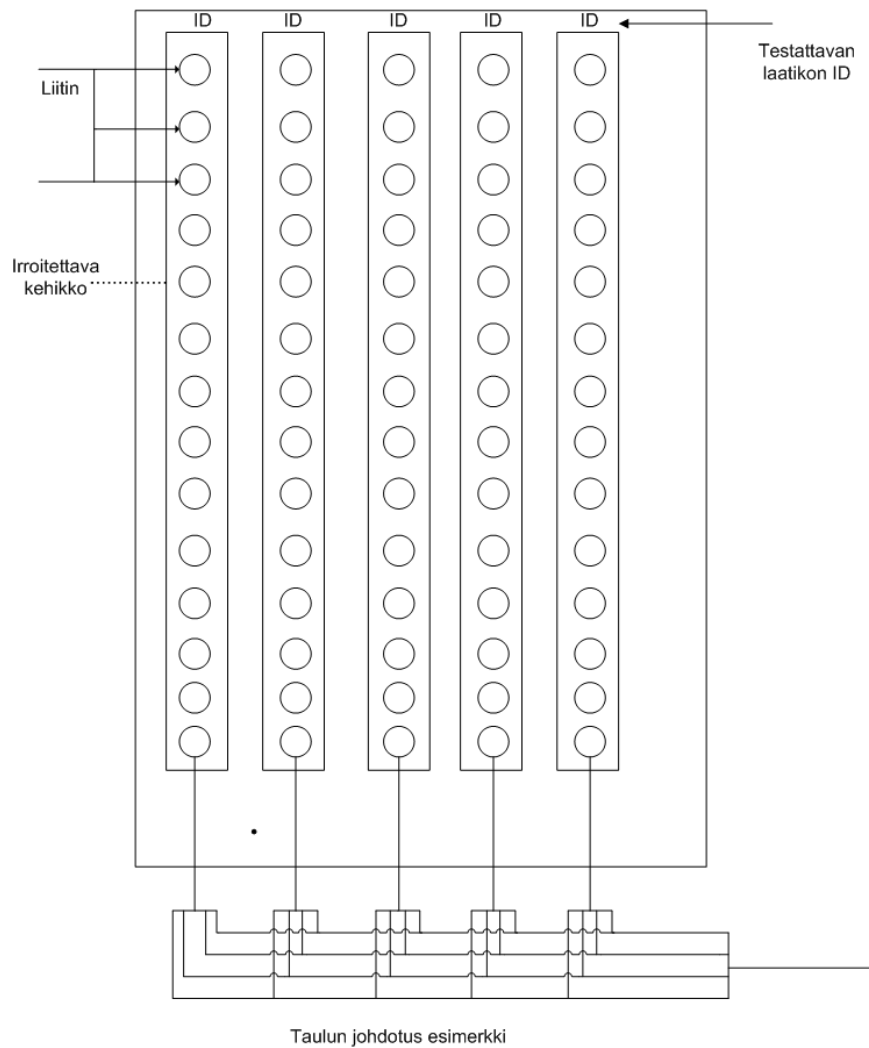
Työn edetessä tuli vastaan testiseinän suunnittelu. Testitaulua käytettiin kytkemään kytkentärasiaista lähtevät johdot. Ongelmakohdista suurimmaksi muodostui suuri varieteetti laitteiston kanssa. Yritys toimittaa asiakkaalle harvoin kahta samanlaista konetta suurien optiovaihtoehtojen takia. Tämä loi erittäin suuren haasteen testiseinän luomiseen, sillä liitännämäärät saattavat vaihdella suuresti. Revisiomuutokset ja suuret johtosarjajuuotokset tulevat periaatteessa hankaloittamaan kiinteän seinän käyttöä. Erilaisten kytkentärasioiden suuri määrä aiheuttaa sen, että taululle tarvittaisiin suuri määrä erilaisia liittimiä. Rajoitteena on myös testauslaitteiston I/O-määrä. Liittimiä ei voida laittaa rajattomasti rajoitteiden takia, joten liittimien paikka ja määrä on mietittävä tarkkaan. Nämä seikat aiheuttivat tietynlaiset kriteerit testiseinälle, joiden pohjalta suunnittelu käynnistyi.

8.1 Testiseinävaihtoehdot

Lähdimme luomaan erilaisia vaihtoehtoja, joissa jokaisessa oli sekä omat etunsa että myös omat huonot puolensa. Varsinaisesta suunnitteluvaiheesta esiin nousi kolme erilaista vaihtoehtoa, jotka esitellään seuraavaksi.

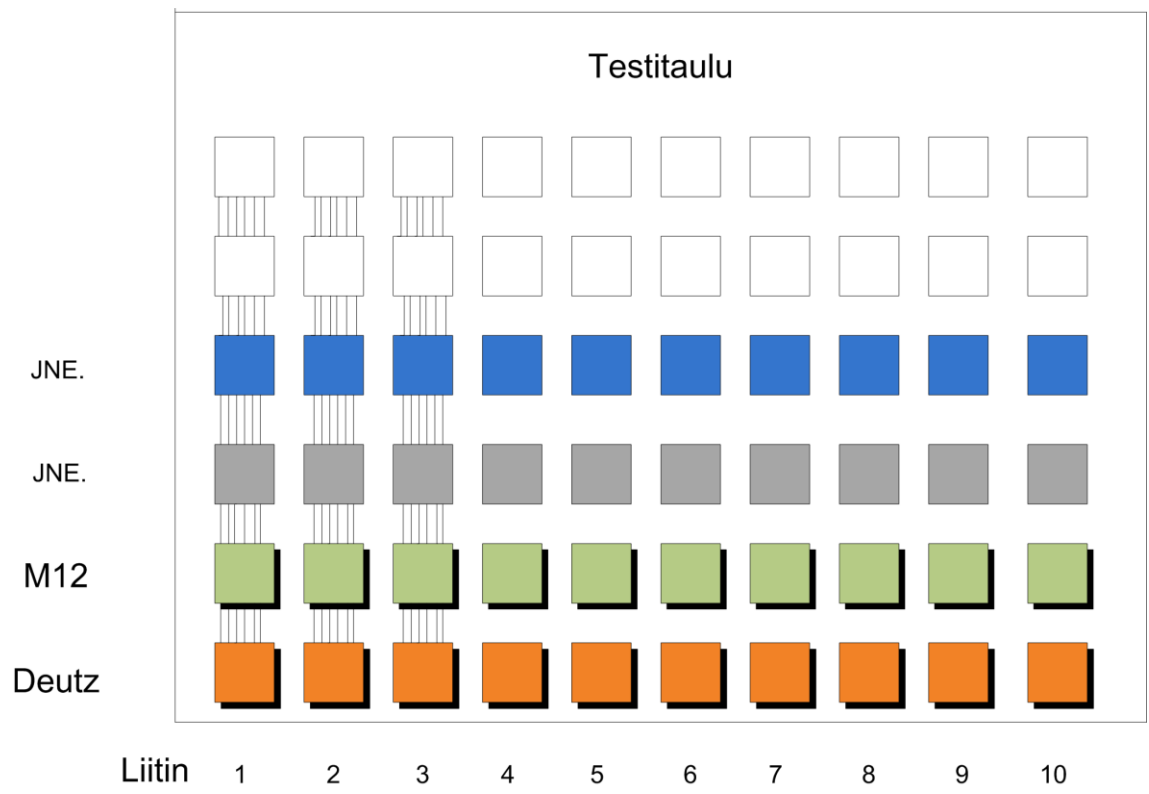
Ensimmäisen taulun lähtökohtana oli selkeys. Jokaiselle ID-koodilla olevalle kytkentärasialle luotaisiin oma kehikko, jossa olisi aina kyseisen rasian vaatimat liittimet. Tällöin testaajan kannalta testaus pysyy todella yksinkertaisena ja I/O-määrät pysyvät pieninä. Jokaisen pystyrivin liitin kytketään rinnan seuraavan rivin liittimeen kuvion 12 esittämällä tavalla. Kehikoista tehtäisiin irrotettavia siltä varalta, jos liittimiin tulisi suunnittelumuutoksia, jotta ne olisi tarpeen tullen helppo vaihtaa. Kehikon liittimet kiinnitettäisiin testitauluun, jotta ne olisi tarvittaessa helppo irrottaa. Haittana on, että kehikkoja ja tauluja itsessään tulee useita.

Volyymitaulu



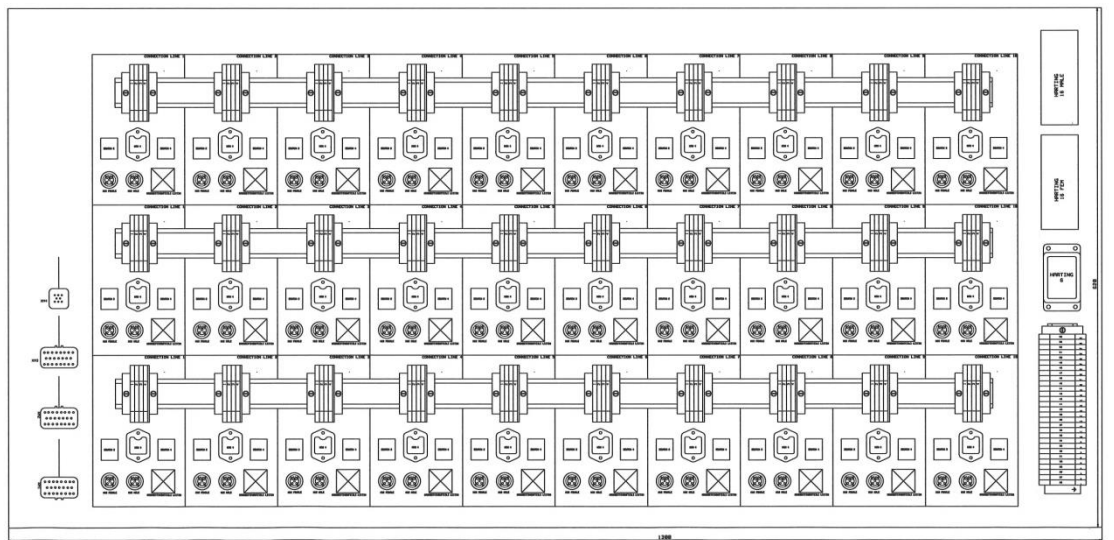
Kuvio 12 Testitaulu 1

Toisen testiseinän lähtökohtana oli monimuotoisuus. Vaakarivit täytetään aina samalla liittimellä, esimerkiksi M12. Pystyivät puolestaan kytketään samaan potentiaaliin, jolloin I/O-määrää pystytään hieman rajoittamaan. Liittimet kytketään kuvion 13 mukaisesti yhdestä eteenpäin. Samalle pystyiville ei voida samanaikaisesti kytkeä kahta eri liitintä, koska tällöin ei ole varmaa, onko testausbitti tullut oikeasta johdosta, koska johdot ovat samassa potentiaalissa. Tämä vaatii asentajalta ja ohjeistukselta selvyyttä, miten testaus tehdään.

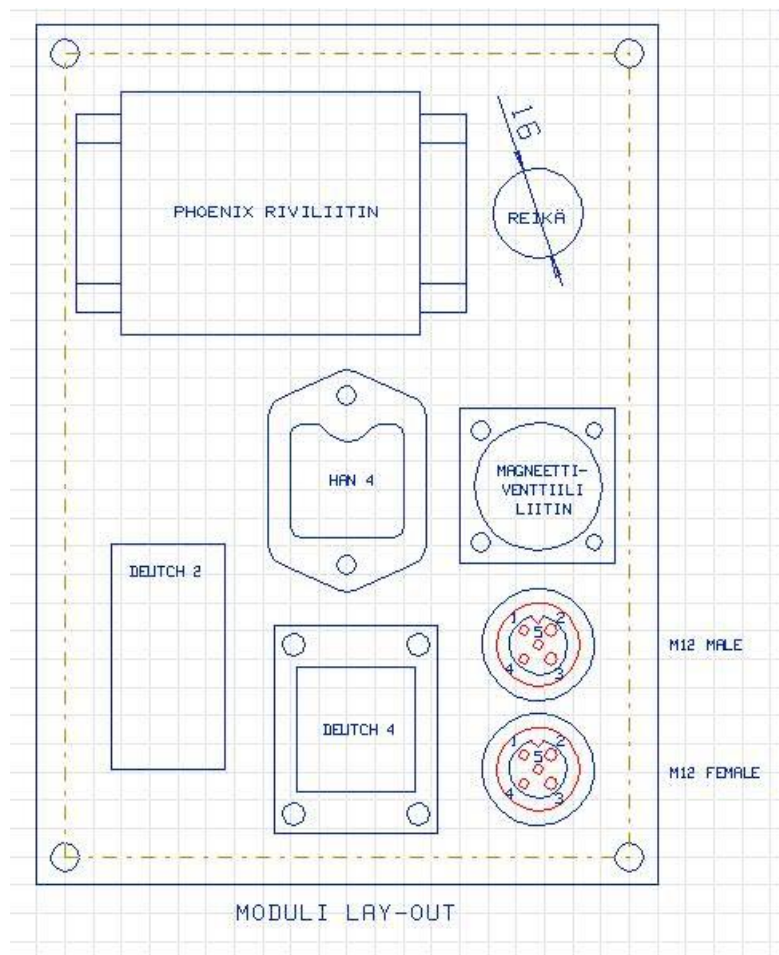


Kuvio 13 Testitaulu 2

Kolmas tauluvaihtoehto perustuu täysin modulaarisuuteen. Kuviossa 14 on nähtävillä testaustaulun kokonaiskuva. Kuviossa 15 on puolestaan tarkennettuna kaksi yksittäistä moduulia. Jokaiseen moduuliin kytketään vain yksi liitin ja testausohjelmisto ohjeistaa, mikä liitin tulee kiinni mihinkin moduuliin. Yhden moduulin liittimet ovat kytkettynä samaan potentiaaliin. Moduulissa on myös viisinaisia liittimiä, mutta kaikki navat sovitetaan neljänapaiseen liittimeen. Vaikka napoja on kytketty samaan position, niin testausohjelmistolla saadaan kuitenkin johdotusvirhe selville.



Kuvio 14 Kolmas tauluvaihtoehto



Kuvio 15 Kolmas tauluvaihtoehto yksityiskohtaisesti

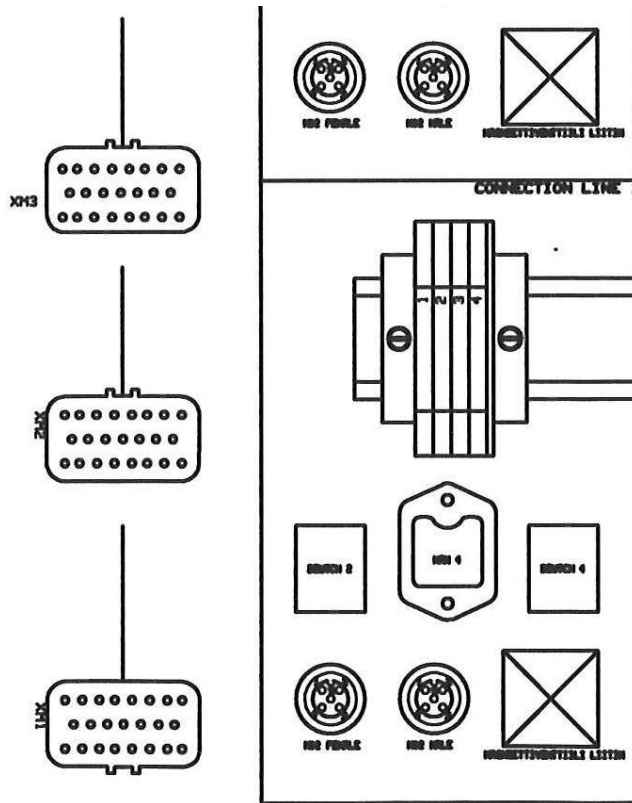
Tauluun on kytketty myös riviliittimiä. Tulevaisuudessa on tarkoitus siirtyä johtosarjoihin, jolloin yksittäisiä johtoja ei enää olisi, mutta tähän muutokseen saattaa kulu useampi vuosi. Tällä hetkellä on järkevää lisätä riviliittimiä. Osassa rasioissa on myös käytössä liittimiä, joita käytetään todella harvoin. Tällöin ei ole kannattavaa lisätä kyseisiä liittimiä tauluun, vaan purkaa liitin ja kiinnittää suoraan johdoista tauluun.

Jokainen liitin on irrotettavissa taulusta, koska moni liitin on hieman herkkä jatkuvalla irrottelulle ja ne saattavat hajota helposti. Näitä teollisuusliittimiä ei ole suunniteltu kyseiseen tarkoitukseen, vaan tarkoituksena on ollut lähinnä toimintavarmuus ja pitkäikäisyys.

Tämän takia tauluun on helposti vaihdettavissa jokainen osa täydellisen modulaarisuutensa ansiosta.

8.2 Testitaulusta aiheutuvat ongelmat

Testiseinän tekovaiheessa heräsi kysymys AMPSEAL-liittimistä, joilla kytkeydytään kiinni testausrasioihin. Näiden kestävyys aiheuttaa pieniä ongelmia ja näitä haasteita käydään seuraavaksi läpi. Kuviossa 16 havainnollistetaan kyseisiä liittimiä.



Kuvio 16 Vasemmalla olevat AMPSEAL liittimet

AMPSEAL-liittimille on luvattu kolmenkymmenen kerran uudelleen liitettävyyttä. Tein kyselyä tuotannossa liittimien kestävydestä käytännössä ja asentajat sanoivat liittimien kestävänsä huomattavasti enemmän. Yleisesti liittimet hajoavat aika ajoin, mutta niistä syntyvät kustannukset ovat todella matalat. Ratkaisuksi luotiin väliadapteri, joka on aina vaihdettavissa. Adaptereja tehdään varastoon muutamia, jolloin ongelmaa ei pitäisi ilmetä.

Jos liitin hajoaa testitaulusta, se on vaihdettava välittömästi. Tänä aikana yhtään kytkentärasiaa ei pystytä testaamaan. Tämä aiheuttaa osittaisen pullonkaulan sähkösoluun ainakin hetkellisesti. On myös huomioitava, että liittimen vaihto vie aina

yhden testaajan työaikaa. Kun tiedetään määrät valmistuvista rasioista per päivä ja liittimien kestävyudet, voidaan laskea suurin piirtein, kuinka usein liittimiä olisi vaihdettava. Testiseinään tehtiin tarkoituksella ylimääräisiä moduuleita, joita voidaan vaihtaa hajonneiden tilalle vanhojen rikkoontuessa.

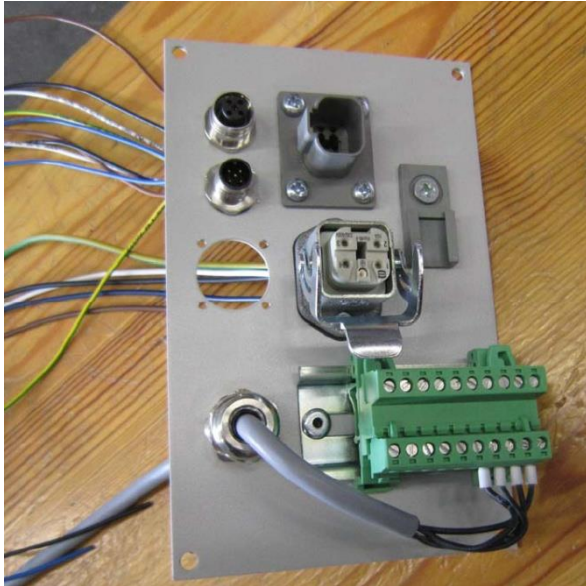
AMPSEAL-liittimillä tuodaan tietoa testilaitteistossa, mistä se johdetaan riviliittimien kautta ulos johtoihin. Liittimen pinnien hajotessa virhe näkyy kuin se olisi väärin johdotettu. Tällöin kytkennät on testattava yleismittarilla, ja jos virheitä ei löydy, niin liitin on rikki. Tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä ja kuvien tulkintaa. Suunnitteilla on myös viikoittainen testauslaitteiston testaus, jossa kyseiset liittimet testataan. Tällä tavoin liittimet pyritään vaihtamaan määrääjain ja vähentämään liitinongelmaan kuluvaa aikaa.

8.3 Testiseinän varsinainen toteutus



Kuva 14 Testiseinä rei'itettynä

Kuvassa 15 on tuleva testiseinä valmiiksi leikattuna ja osittain sähköistettynä. Tyhjät kolot ovat moduuleita varten (Kuva 16). Testiseinästä tuli huomattavasti suurempi kuin alun perin oltiin ajateltu, mutta toisaalta muutoksilla saatiin helposti ylläpidettävä ja huollettava seinä. Hajonneiden liittimien vaihtaminen on nopeaa, ja tarvittaessa koko moduuli voidaan vaihtaa toiseen. Seinän valmistusmateriaalina käytettiin alumiinia ja seinään asennetaan vielä renkaat, jotta sen siirtäminen on helppoa suuresta koosta huolimatta.



Kuva 15 Yksittäinen testiseinämoduuli

9 TESTIRESEPTI

Testausreseptien tekeminen osoittautui oletusten mukaisesti työlääksi ja erittäin hankalaksi ylläpitää. Moninainen varioitavuus, moninaiset konemallit ja suunnittelumuutokset aiheuttavat erittäin suuret vaatimukset reseptille. Reseptin pitää olla erittäin selkeä, hyvin kommentoitu ja erittäin modularisoitu muutosten tekemisen helpottamiseksi. Testausohjelmiston rakenne antoi mahdollisuuden hajottaa koodia pieniin osiin ja täten tehdä koodista helposti tulkittavaa. Reseptien teon selventämiseksi päätettiin tehdä Excel-taulukko vetolistoista. Vetolistoihin kirjattiin kaikki johtovedot, jolla selvitettiin johtojen lähtöpaikat ja määränpääät. Listoilla myös varmennettiin, että kaikki johdot huomioidaan testauksessa ja ettei oikosulkuja tulisi. Kuvio 17 on esimerkki vetolistoista. Tässä käytettiin kahta eri rajapintaa, jotka olivat testiseinän DI/DO-korttien pinnit sekä testiseinän riviliitinrajapinnat. Vetolistojen perusteella luotiin testausreseptit. Tällä taattiin myös se, että reseptit ovat samalla idealla rakennettu.

176	TESTER UNIT				TEST WALL				
177	DI&DO UNIT	UNIT PIN	HARTING PIN	HARTING NMB	HARTING NMB	HARTING PIN	X100 NMB	CONNECTOR LINE	CONNECTOR PIN
178	6	1	33	X13	X13	33	161	XM2	10
179	6	2	34	X13	X13	34	162	XM2	11
180	6	3	35	X13	X13	35	163	XM2	12
181	6	4	36	X13	X13	36	164	XM2	13
182	6	5	37	X13	X13	37	165	XM2	14
183	6	6	38	X13	X13	38	166	XM2	15
184	6	7	39	X13	X13	39	167	XM2	16
185	6	8	40	X13	X13	40	168	XM2	17
186	6	9	41	X13	X13	41	169	XM2	18
187	6	10	42	X13	X13	42	170	XM2	19
188	6	11	43	X13	X13	43	171	XM2	20
189	6	12	44	X13	X13	44	172	XM2	21

Kuvio 17 Yksittäinen testiseinämoduuli

9.1 Testireseptin rakenne

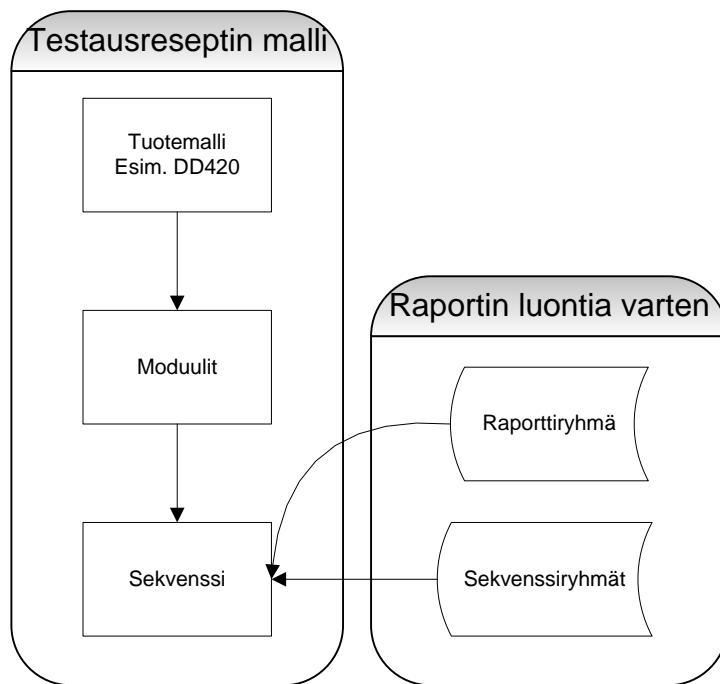
Resepti jakautui neljään eri osaan. Kuvion 18 mukaisesti korkeammalla tasolla oleva käsite sisälsi kaikki alemmalla luokalla olevat käsitteet. Tuotemalliin määriteltiin kaikki testattavat koneen mallit. Yleisestä testattavat rasiat varioituvat eniten koneen mallin mukaan. Jokainen malli sisältää omat moduulinsa. Raporttiryhmit ja sekvenssiryhmit ovat dokumentointia varten. Näiden mukaan järjestelmään määritellään, mihin kategoriaan virheet summataan niiden ilmaantuessa.

Moduuleihin määritellään jokainen koneessa käytettävä Epec-rasia, jota aiotaan testata, tarkemmin ottaen jokaisen ID-koodi. ID-koodi sisältää kaiken tiedon kyseisestä rasiasta mukaan lukien valitut optiot. Jokainen moduuli sisältää omat sekvenssiryhmänsä.

01. PÄÄVIRRRAN KYTKENTÄ DM1		
Funktiot		
#5 - show_text(Ohjeteksti 01,2)	Poista	Siirrä Muuta
#10 - set_DO(Päävirtarele,1)	Poista	Siirrä Muuta
#15 - configure_R_DI(DI channel 01,1,0)	Poista	Siirrä Muuta
#20 - show_meas(AI channel 01,- ei kanavaa,0,2)	Poista	Siirrä Muuta
#25 - show_text(Ohjeteksti 02,2)	Poista	Siirrä Muuta
#30 - YES pressed = ask_bool()	Poista	Siirrä
#35 - show_text(Ohjeteksti 03,2)	Poista	Siirrä Muuta
#52 - wait(Odotusaika)	Poista	Siirrä Muuta
#60 - wait(Odotusaika)	Poista	Siirrä Muuta
<input type="text"/> <input type="button" value="Lisää funktio"/>		
Parametri	Arvo	Tyyppi
Odotusaika	1.5	numeric
AI channel 01	TU:AI_INT:3	measchan
DI channel 01	TU:R_DI1:5	measchan
Ohjeteksti 01	Kytetään päävirta.	text

Kuvio 18 Sekvenssitaulukko

Sekvenssit jakautuvat kuvion 19 mukaisesti. Sekvenssin suoritussjärjestys muodostuu funktioista, joita käsitellään luvussa 9.2. Käytännön syistä pitkiä funktioita on parempi hajauttaa eri sekvensseihin, sillä muutosten tekeminen on muuten erittäin hankalaa. Aina kun funktiossa halutaan käyttää muuttujaa, se on määriteltävä parametrina.



Kuvio 19 Testausreseptimalli

Jos järjestelmään halutaan hakea kuvaa, tekstiä, mittaustietoja tai numeroita, ne on oltava määritettyinä parametreiksi. Parametrit ovat tietoja järjestelmälle, joiden avulla järjestelmä osaa hakea halutun tiedon oikeasta paikasta.

Parametrien lisääminen tapahtuu parametrit-välilehdellä. Samalla lehdellä voidaan myös päivittää ja poistaa parametreja. Sekvenssiä tehdessä alalaitaan määritellään myös käytettävät parametrit, jotka on siis esimääritelty jo parametrit-lehdellä. Parametrien lisääminen on esitetty kuviossa 20.

Nimi	Kuvaus	Tyyppi	Paluuarvo	
- ei kanavaa	Dummy measchan for Verify_DI_state	measchan	False	Avaa
0	Number zero	numeric	False	Avaa
1	Number one	numeric	False	Avaa
2	Number two	numeric	False	Avaa
3	Number three	numeric	False	Avaa
AI channel 01		measchan	False	Avaa

Kuvio 20 Parametrien luonti ja määrittely

9.2 Reseptin tekeminen

Reseptin suunnittelussa mietittiin, miten reseptit saataisiin pysymään suhteellisen yksinkertaisina sekä helposti toteutettavina. Suunnitelmissa olisi, että ensimmäisenä tehty resepti voitaisiin kopioida suoraan ja sitä hieman muokkaamalla saataisiin tehtyä uusia reseptejä.

9.2.1 Moduulien luonti

Moduulit		Tulosta	Lisää uusi
Nimi	Kuvaus		
Test module		Avaa	
Testimoduli 1	-	Avaa	
BP-1	Base Program FITAUG001 + 30 M001	Avaa	

Kuvio 21 Moduulien rakenne

Kuvion 21 mukaan luotiin testausesimerkin BP-1-moduuli, joka kuvastaa testiseinää. Rakentamalla testireseptiä testiseinän modulaarisuuden mukaan se takaa sen, että seuraavat reseptit voidaan rakentaa kopioimalla vanha resepti ja muokkaamalla sitä tarpeen mukaan. Testiseinän moduulin sisäiset liittimet kytkettiin tarkoituksella samaan potentiaaliin, joten sekvenssi pysyy samana, vaikka liittintyyppi vaihtuisi.

Etuna tässä on myös, että reseptit pysyvät suurin piirtein samanlaisina. Tällöin suunnittelumuutoksen tullessa on helposti hahmotettavissa, mitä resepteissä tarvitsee muuttaa.

9.2.2 Sekvenssien rakenne

Kuvio 22 osoittaa tarkemmin moduulin rakenteen. Jokaiseen sekvenssiin on määritelty sekvenssiryhmä ja raporttiryhmä. Näitä määrittelyjä käytetään hyödyksi raportoinnin jaottelussa. Näiden avulla vikoja voidaan myöhemmässä vaiheessa rajata tarkemmin. Nimeämiskäytännössä käytettiin tunnisteita jo sen mukaan, että järjestelmää laajennettaisiin tulevaisuudessa muihin tehtaisiin. Esimerkkinä ”FITAUG” tulee sanoista Finland Tampere Underground. Kommenttikentän puuttuessa nimeen on sisälletty tarkempia tietoja, mikä sekvenssi on milloinkin kyseessä.

Koodi:	BP-1			
Kuvaus:	Base Program FITAUG001 + 30 M001			
Tyyppi	Customer			
Liitä sekvenssi	Sekvenssit			
	FITAUG001-M001 Test Module 1	Automaattiset johdintestaukset	1 Automaattiset johdintestaukset	Poista
	FITAUG001-M001 Test Module 2	Automaattiset johdintestaukset	1 Automaattiset johdintestaukset	Poista
	FITAUG001-M001 Test Module 3	Automaattiset johdintestaukset	1 Automaattiset johdintestaukset	Poista
	FITAUG001-M001 Test Module 4	Automaattiset johdintestaukset	1 Automaattiset johdintestaukset	Poista
	FITAUG001-M001 Test Module 5	Automaattiset johdintestaukset	1 Automaattiset johdintestaukset	Poista
	FITAUG001-M001 Test Wall XM1	Automaattiset johdintestaukset	1 Automaattiset johdintestaukset	Poista
	FITAUG001-M001 Test Wall XM2	Automaattiset johdintestaukset	1 Automaattiset johdintestaukset	Poista
Lisää parametri	Parametri		Arvo	Tyyppi
<input type="button" value="Kumoa muutokset"/>				<input type="button" value="Päivitä tiedot"/>

Kuvio 22 Sekvenssin rakennus modulaarisuuteen perustuen

9.2.3 Sekvenssin luonti

Sekvenssin luontia on hahmotettu tarkemmin kuviossa 23. Kuvion tarkoituksena on hahmottaa testireseptin työmäärää. Testattaessa tallennetaan ensiksi jokaisen I/O:n tila. Tämän jälkeen haluttu kanava/kanavia nostetaan pystyyn ja tallennetaan kaikkien kanavien tila. Jälkimmäiseen tallennukseen määritellään, minkä kanavien odotettiin olevan ylhäällä. Järjestelmä vertailee alku- ja lopputilaa sekä määriteltyjä kanavia. Jos väärää kanavia on noussut pystyyn tai haluttu kanava ei ole noussut, testaus pysähtyy ja virhe kirjataan järjestelmään. Järjestelmä osaa ilmoittaa, minkä kanavan odotettiin nousevan pystyyn ja mikä kanava sen sijasta nousi pystyyn.

Nimi:	FITAUG001-M001 Test Module 1		
Kuvaus:	Module 1		
<input type="button" value="Kumoa muutokset"/>			
Funktiot			
#1 - save_DI_state()		Poista	Siirrä
#2 - set_DO(DI channel 01,1)		Poista	Siirrä Muuta
#3 - XREDCAN CONNECTED = verify_DI_state(DI channel 05,DI channel 06,DI channel 10,- ei kanavaa,- ei kanavaa)		Poista	Siirrä Muuta
	<input type="text"/>	<input type="button" value="Lisää funktio"/>	
Lisää parametri	Parametri		Arvo Tyyppi

Kuvio 23 Yksittäisen moduulin sekvenssi-esimerkki

Kanavien järkevä nimeäminen on tärkeää, jotta viat saadaan helposti selville. Virheen tullessa testaajalle on selvittävä, missä vika tarkalleen ottaen sijaitsee.

10 Johtopäätökset ja testauksen tulevaisuus Sandvikilla

Loppupäätelmänä voidaan todeta testauslaitteiston olevan todella hyvä hankinta. NI-laitteisto tarjoaa erinomaiset laajennusvalikoimat ja tarjoaa todella paljon laajennettavuutta testausta suunniteltaessa. Esimerkiksi autoteollisuudessa laitetta käytetään mittaamaan ääniaaltoja auton oven sulkeutumisesta. Ohjelma hahmottaa auton kuvaan lähtevät ääniaallot ja kertoo, mistä kohtaa tulee eniten melua. Tällä tiedolla voidaan tutkia oven sulkeutumisen tasaisuutta. Jos ovi ei kolahda tasaisesti, saranat saattavat hajota ennen aikaisesti.

Laitetta monimutkaistamalla ohjausjärjestelmästä voidaan luoda hahmotelmia ja havainnoida puuttuvia osia koneessa ja periaatteessa suorittaa tietynlaista säätöä koneelle. Tämän avulla olisi mahdollista helpottaa lopputestauksen pullonkaulaa huomattavasti. Testauksen monimutkaisuuden takia testausohjelman luominen vaatisi tosin jonkinlaisen projektiryhmän suuren työmäärän vuoksi.

Työssäni olen useasti tullut vastaan testauksen riittämättömyydestä aiheutuvista viivästyksistä. Mielestäni laitetta pitäisi kehittää huomattavasti enemmän moduulimaisemmaksi. Moduulit tulisi testata aina niiden valmistuttua ja päälinjalla ainoastaan kiinnitettäisiin moduulipaketteja. Lopputestauksen haittana on, että virheen tekijät eivät välttämättä koskaan saa tietää tekemistään virheistä ja virheet toistuvat usein. Vaihetestauksessa itse tekijät huomaavat virheensä ja todennäköisesti eivät toista tekemäänsä virhettä.

Tärkeä parannuskohde on myös dokumentoinnin parannus virheistä ja niiden ratkaisusta. Jokaisesta havaitusta virheestä pitäisi ilmoittaa laatuosastolle, jossa virhe dokumentoitaisiin. Dokumenttiin myös sisällytettäisiin ongelman ratkaisut, jolloin ongelmien paikannus olisi helpompaa. Laatuosasto voisi tällöin osallistua osaston viikkopalaveriin nähdessään sen tarpeelliseksi ja havainnoida, missä virheitä on tapahtunut ja miten niitä voitaisiin mahdollisesti estää.

Tämän hetkiselä testauslaitteistolla on potentiaalia poistaa 100 prosenttia esiintyvistä johdotusvirheistä, ja kuten Laukkasen (2010) diplomityössä todetaan, väyläohjatuissa laitteissa virheet eivät ole niinkään kiinni väylästä, vaan sen aiheuttamasta vaikeasta johdotuksesta. Uskon, että lopputestausta pystytään vähentämään usealla sadalla tunnilla, kun testaus otetaan laajemmin käyttöön tehtaassa.

10.1 Aikataulus

Testilaitteistosta jää vielä suurin potentiaali hyödyntämättä työni päätyttyä. Hahmotin kuvioon 24 yleistä aikataulua siitä, miten projekti tulisi etenemään tästä eteenpäin.

<input type="checkbox"/> 5.Vaihe - Käyttöönotta tuotantoon	210 days?	Wed 7.9.11	Tue 26.6.12	sami
<input type="checkbox"/> Optioiden importointi Team Centeristä	104 days?	Wed 7.9.11	Mon 30.1.12	sami
Team Center Valmis ja käytössä	83 days?	Wed 7.9.11	Fri 30.12.11	sami
<input type="checkbox"/> Optioiden kulku Team Centerin ja Prot:	16 days?	Mon 9.1.12	Mon 30.1.12	36 sami
Team Centeristä tuotava tieto tiedostos	1 day?	Mon 9.1.12	Mon 9.1.12	?
Protacolin luoma välikäsi järjestelmille	15 days?	Tue 10.1.12	Mon 30.1.12	38 Protacolin
<input type="checkbox"/> Mustekalajohdotus	110 days?	Mon 17.10.11	Fri 16.3.12	sami
<input type="checkbox"/> Tuotantomuutos	110 days?	Mon 17.10.11	Fri 16.3.12	sami
Sähkötöitä pois loppukokoonpanosta->	100 days?	Mon 17.10.11	Fri 2.3.12	sami
Tähän liittyvä polttikointi	100 days?	Mon 17.10.11	Fri 2.3.12	juhis
Testauslaitteiston järjesteleminen tuotar	5 days?	Mon 5.3.12	Fri 9.3.12	42 sami
Testauslaitteiston koulutus testaaajille	5 days?	Mon 12.3.12	Fri 16.3.12	44 sami
<input type="checkbox"/> Tarvittavat reseptit	137 days?	Mon 19.12.11	Tue 26.6.12	sami
Reseptien teko	66 days?	Mon 19.12.11	Mon 19.3.12	sami
Ylläpito	66 days?	Mon 19.12.11	Mon 19.3.12	sami
Kehitystyö	137 days?	Mon 19.12.11	Tue 26.6.12	sami

Kuvio 24 Hahmotelma testauksen eteenpäin viennin aikataulusta

Optioiden hallinta vaatii jonkinlaisen optioiden hallinnan, ja tämä on aiottu toteuttaa tulevalla Team enter -järjestelmällä. Optioiden tuonnin pitäisi onnistua todella helposti, mutta se vaatii toimittajalta muokkauksen testausohjelmistoon.

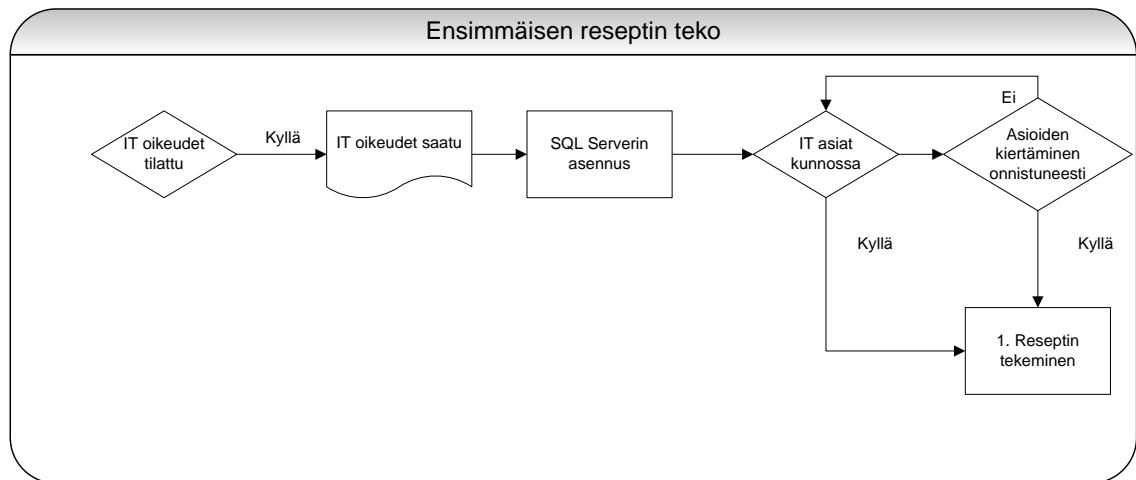
Tuotantomuunnos on helpompi toteuttaa UG-layoutin muututtua. Tämä olisi hyvä huomioida, kun uutta layoutia tehdään. Kuitenkin tuotannonkehitys haluaisi kaikki sähkötyöt sähkösoluun.

Ehdottomasti tästä eteenpäin kannattaa ajaa liitinrajapintoja kytkentäkoteloihin. Valmiilla johdinsarjoilla työvaiheita saadaan helposti ulkoistettua ja näin saadaan valmiita johdinnippuja. Tällöin testauksen piiriin jäisi enää kytkentärasiat, joihin nykyinen testausjärjestelmä sopii.

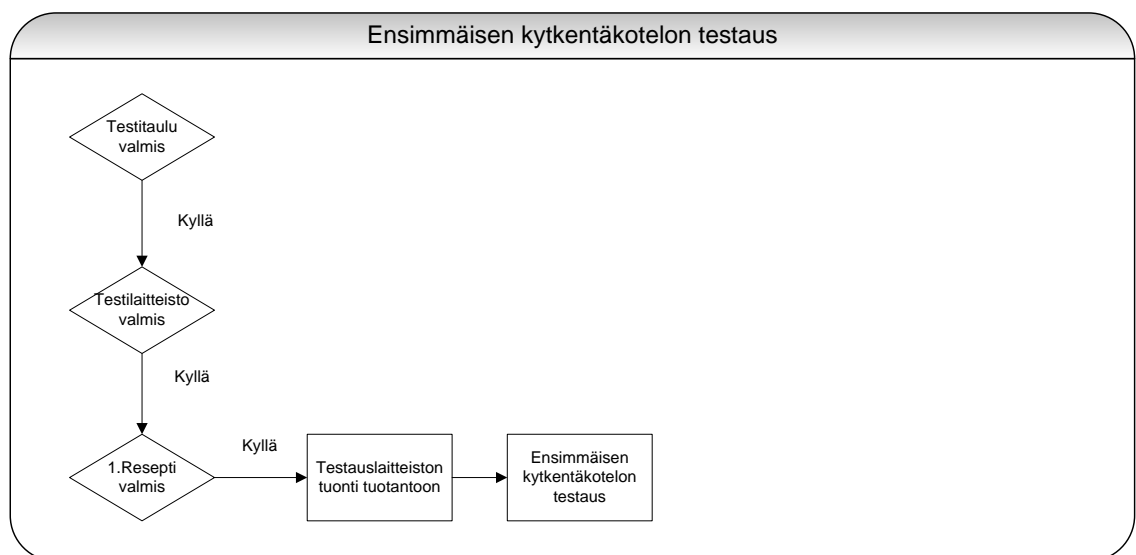
10.2 Tulevien vaiheiden tarkka kuvaus

Ensimmäinen vaihe tästä eteenpäin on kuvion 25 mukainen. Kun IT-asiat ovat saatu täysin hallintaan, testausjärjestelmän kehitystä voidaan jatkaa eteenpäin. Kuitenkin IT-asiat kannattaa ehdottomasti hoitaa kerralla kuntoon, sillä niiden uudelleen järjeleminen ja toimeen saaminen vie runsaasti aikaa. Osa suojauksista on mahdollista kiertää, mutta kuitenkin jos testausjärjestelmää siirretään muihin tehtaisiin, se saattaa aiheuttaa tällöin

tiettyjä ongelmia. Kuitenkin ennen kuin ensimmäinen resepti saadaan tehtyä, IT-puolen asioiden on oltava kunnossa.

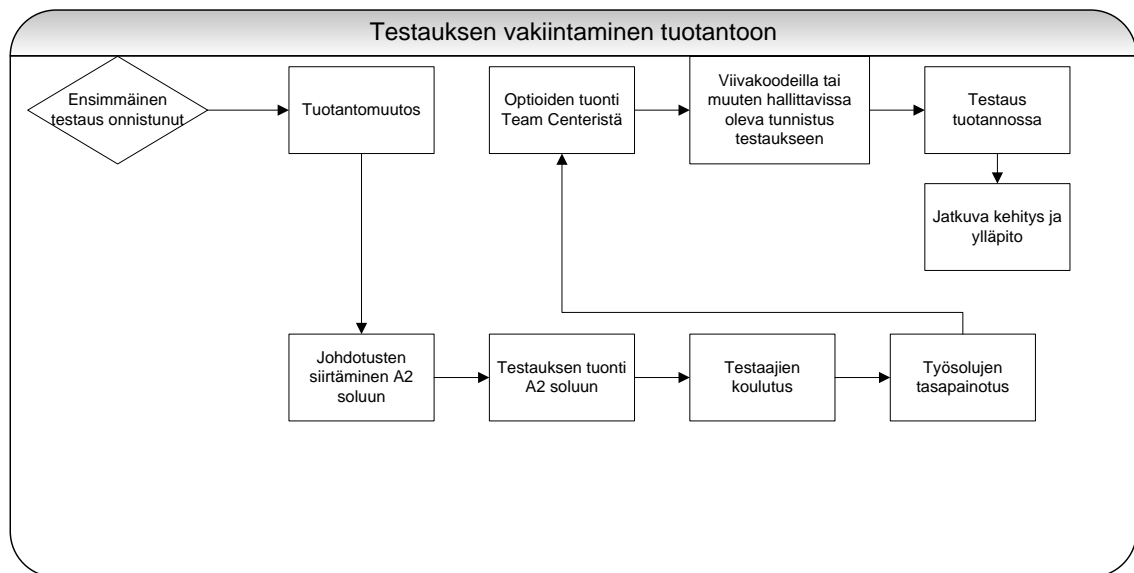


Kuvio 25 Aikataulus reseptin teolle



Kuvio 26 Aikataulus ensimmäiselle testaukselle

Kuviossa 26 on hahmotettu aikataulus kytkentärasian testaukseen. Ensimmäisen kytkentärasian testaus on mahdollista lähiaikoina, kunhan laitteistot saapuvat Sandvikille ja ne saadaan testattua. Tästä eteenpäin jokainen kytkentärasia voidaan periaatteessa testata, kunhan reseptejä vain tehdään.



Kuvio 27 Aikataulutusta testauksen vakiinnuttaminen tuotantoon

Testauksen vakiinnuttaminen tuotantoon ei tule olemaan helppoa. Kuten kuviosta 27 näkyy, vaihteita on monia. Suurimpana ongelmana on käytännössä tuotantomuutos, jolloin työvaiheita siirretään osastolta toiseen. Tällöin työmäärän tasapainottaminen osastojen välillä ei tule olemaan helppoa, ja jo nykyinen tilanpuute tulee olemaan yksi iso kysymys. Testaajien koulutukseen ei välttämättä mene kuin yksi päivä, kunhan ohjeet ovat selvät ja testaus yksinkertainen. On huomioitavaa, että asentajien mielipiteet on hyvä ottaa huomioon testausta tehdessä. Heillä saattaa olla hyviä mielipiteitä siitä, miten testaus kannattaa toteuttaa. Myös viikoittainen palaveri reseptin tekijän ja testaajien kesken olisi hyvä toteuttaa, jolloin mahdollisia ongelmia voidaan käydä läpi. Testausjärjestelmä hioutuu vasta käytössä yrityksen käyttöön sopivaksi ja alussa on varmasti odotettavissa ongelmia. Kuitenkin jos johdotusvirheitä ei tule, testaus ei kestä montaa minuuttia. Kuitenkin virheiden selvittäminen tulee viemään jonkin verran aikaa, mutta virheiden havaitseminen tässä vaiheessa on huomattavasti helpompaa ja korjaaminen nopeampaa kuin lopputestauksessa. Testaus sähkösolussa saattaa myös vähentää virheitä, koska asentajat näkevät saman tien tekemänsä virheen ja saattavat panostaa hieman enemmän huolellisuuteen johdotuksia tehdessään.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Ahola, P. 2009. PRODUCTION TESTING OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS IN MOBILE MINING MACHINES. Tampereen teknillinen yliopisto. Master of Science Thesis

CANOpen Application layer and communication profile. 2007. Erlangen, Germany.

CAN in Automation (CiA) e. V. CiA Draft Standard Proposal 301. 150 pages.

Electronic Pilot Module EPM2 Manual. 2007. RE 64815-B/Draft. Rexroth Bosch AG.

Electronic data sheet specification for CANopen". 2005. Erlangen, Germany. *CAN in Automation (CiA) e. V.* CiA Draft Standard 306 V1.3, 30 pages

Sähköiset lähteet

Epec OY (2013). [Http://www.Epec.fi](http://www.Epec.fi) Viitattu 16.07.2013

Sandvik Mining and Construction Intranet [Online] (2013). Viitattu 16.07.2013

Sandvik Mediabase (Intranet) (2013). Viitattu 16.07.2013

NI National Instruments (2013) . Laitteiston valmistaja. Saatavilla <http://www.NI.com>
Viitattu 16.07.2013

TE (2012. Saatavilla: <<http://www.te.com/Ampseal>>. Viitattu: 16.07.2013 AMPSEAL-TOTEUTUSTAPA