



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# TUOTANTOTESTAUKSEN KEHITTÄMINEN

Optiset säänmittausanturit

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Sonja Laine

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma

LAINEN, SONJA:

Tuotantotestauksen kehittäminen  
Optiset säänmittausanturit

Tietotekniikan opinnäytetyö, 42 sivua

Kevät 2014

TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Vaisalalle osana isompaa optisiin säänmittausantureihin liittyvää kehitysprojektia. Vaisala valmistaa useita säänmittauksessa käytettäviä optisia antureita, joista tämän työn ensisijaiseksi kohteeksi valikoitui PWD-tuoteperhe. Työn tavoitteena oli kartoittaa kyseisten antureiden tuotantotestauksen nykyinen taso sekä määrittää haluttu tavoitetaso. Työssä on pyritty esittelemään parhaat keinot toivotun tason saavuttamiseksi sekä syyt näiden valintojen taustalla.

Testauskehitys voidaan jakaa viiteen vaiheeseen, joista tehty opinnäytetyö kattaa kaksi ensimmäistä. Nämä vaiheet ovat konseptointi ja testimäärittelyn toteuttaminen. Lopputuotoksena työllä on kehitysprojektin käyttöön tehty testimäärittely, joka sisältää tarvittavat tiedot testauksen kehittämiseksi.

Testiaseman konseptia valittaessa huomioitiin niin sidosryhmiltä kuin tuotantotiimistäkin tulleet toiveet ja vaatimukset. Näitä ovat muun muassa helppokäyttöisyys, työturvallisuus, tekniset vaatimukset ja ylläpidettävyys. Näiden pohjalta päädyttiin pitämään testausmenetelmä nykyisen kaltaisena, sillä se on toimivin lähestymistapa optisten antureiden testauksessa. Menetelmää haluttiin kuitenkin päivittää niin, että se vastaa paremmin tuotannon tarpeita esimerkiksi kapasiteetin osalta.

Uuden testiaseman kehityksessä haluttiin hyödyntää päivitettyä versiota Vaisalan ohjelmointikirjastosta, sillä se on jo laajalti käytössä. Kyseisen VTX2-kirjaston käyttäminen helpottaa niin testauskehityksen, tuotantotiimin kuin ylläpidonkin tehtäviä. Testaussovellusta ei tarvitse ohjelmoida alusta lähtien, sillä muun muassa useimmille yleisesti käytössä oleville mittalaitteille on valmiit ajurit. VTX2:lla toteutetuissa sovelluksissa on yhteneväinen ja selkeä käyttöliittymä, joka parantaa sen käytettävyyttä sekä opittavuutta. Ylläpitoa taas helpottaa yleisesti käytössä olevien komponenttien hyödyntäminen niin ohjelmiston, kuin laitteistonkin osalta.

Testiasema on mahdollista toteuttaa käyttämällä jo olemassa olevia mittalaitteita. Suurin muutos entiseen menetelmään verrattuna onkin automatisoinnin lisääminen ja sitä kautta saavutettavat hyödyt. Testausprosessia pystytään helpottamaan merkittävästi ja sitä kautta testaukseen kuluva aika saadaan lyhennettyä jopa puolella.

Asiasanat: kehitysprojekti, optiset anturit, tuotantotestaus, VTX2

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Information Technology

LAINEN, SONJA:

Development of production testing  
Optical weather sensors

Bachelor's Thesis in Information Technology, 42 pages

Spring 2014

ABSTRACT

---

This Bachelor's thesis was implemented for Vaisala as a part of a wider improvement project that is related to optical weather sensors. Vaisala produces several optical sensors for measuring weather conditions. From these sensors, the PWD product family was selected as a primary target. The purpose of this thesis was to study the current level of production testing and to determine the desired level. The best practices for elevating the test process to the desired level were presented, as well as the reasons behind these choices.

Development of testing can be divided into five different phases. This thesis covers concepting and test specification, which are the first two phases. As output of the thesis, a test specification document was produced for the improvement project.

The requirements and hopes of both the production team and interest groups were considered when selecting the concept for the test station. Required features are for example usability, work safety, technical requirements and easy maintenance. It was decided to keep the new testing concept similar to the current one, based on these demands. The current method was, however, updated in order to meet production requirements concerning for example capacity.

It was recommended that the development of the new test station would be based on the updated version of Vaisala's programming library. The library in question is called VTX2 and it is widely used already. That facilitates tasks related to test development, production and maintenance. There are for example existing drivers to most of the measurement devices commonly used, so less programming is needed in order to provide software for testing. The user interface in VTX2-based software is simple and therefore easy to use. Maintenance is easier due to widely used components both in software and hardware.

The test station can be developed by using existing measurement devices. When compared to the existing testing method, the greatest difference is increased automatization in test phases. It reduces the required time and effort while performing a production test.

Key words: improvement project, optical sensors, production testing, VTX2

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	OPTISET SÄÄNMITTAUSANTURIT	2
2.1	PWD-tuoteperhe	4
2.2	Ceilometrit	5
2.3	Näkyvyysanturit	7
3	OPTISTEN ANTUREIDEN TUOTANTOTESTAUS	9
3.1	PWD-tuotteiden testausprosessi	9
3.2	Testausprosessin nykytila	10
3.3	Testausprosessin tavoitetila	12
4	TESTAUSKEHITYKSEN VAIHEET	15
5	KONSEPTIN VALINTA	17
5.1	Vaihtoehto 1	17
5.2	Vaihtoehto 2	18
5.3	Vaihtoehto 3	18
5.4	Vaihtoehto 4	19
6	RISKIT JA RISKIEN HALLINTA	20
6.1	Yleistä riskien hallinnasta	20
6.2	Projektin riskit	21
7	TEKNISET PARANNUKSET	22
7.1	Testiasema	22
7.1.1	Ylläpidettävyys	23
7.1.2	Testausalusta	25
7.1.3	Testilaitteisto	28
7.2	Automatisointi	30
7.2.1	Tuotetietojen syöttäminen	31
7.2.2	Ohjelmiston lataus	32
7.2.3	Laitteen konfigurointi	32
7.2.4	Testitulosten kirjaaminen	33
7.2.5	Laitetarrojen tulostaminen	33
8	PROSESSIN KEHITTÄMINEN	35
8.1	Tiedon kerääminen ja hallinta	35

8.2	Ohjeistus	36
8.3	Laadunvarmistus	36
8.4	Roolit ja vastuut	36
9	TYÖYMPÄRISTÖN KEHITTÄMINEN	37
9.1	Työturvallisuus	37
9.2	ESD-suojaus	37
10	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	40

## SANASTO

EPA	<i>Electrostatic Discharge Protected Area</i> , staattisen sähkön purkauksilta suojattu alue
ESD	<i>Electrostatic Discharge</i> , staattisen sähkön purkaus
GBIP	<i>General Purpose Interface Bus</i> , automatisoidun testilaitteiston kanssa kommunikointiin tarkoitettu väylä
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i> , tietokoneen lisälaitteiden liittämiseen käytettävä tietokoneväylä
PXI	<i>PCI eXtensions for Instrumentation</i> , modulaarinen alusta testauksessa käytettäville elektronisille komponenteille
RS232	<i>Recommended Standard 232</i> , sarjaliikennestandardi tiedonsiirtoon
RS485	<i>Recommended Standard 485</i> , sarjaliikennestandardi tiedonsiirtoon. Sallii suuremmat etäisyydet ja tiedonsiirtonopeudet laitteiden välillä
USB	<i>Universal Serial Bus</i> , Sarjaväylästandardi, jonka avulla tietokoneeseen voidaan kytkeä oheislaitteita
VTX2	<i>Vaisala Test Executive 2</i> , Vaisalan uudempi ohjelmointikirjasto testausympäristön toteuttamiseen

## 1 JOHDANTO

Optisia antureita hyödynnetään lukuisissa teknisissä sovelluksissa tunnistamaan niiden tiellä olevia esteitä. Antureiden toiminta perustuu valonsäteessä tapahtuvien muutosten mittaamiseen. Käyttökohteet vaihtelevat viivakoodinlukijoista konenäköjärjestelmiin ja hisseissä käytettävistä turvatunnistimista säänmittausantureihin.

Vaisala Oyj on yritys, joka tarjoaa ympäristön ja teollisuuden mittaratkaisuja. Vaisalan tuote- ja palveluvalikoima on laaja; se sisältää niin pienet mittapäät, kuin suuret lentokenttäjärjestelmät datapalveluineen. Tuotteisiin lukeutuvat myös erilaiset optiset säänmittausanturit, joiden avulla voidaan mitata esimerkiksi pilvenkorkeutta tai näkyvyyttä.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Vaisalalle osana laajempaa optisiin antureihin liittyvää kehitysprojektia. Työn tarkoituksena on kartoittaa ja dokumentoida optisten säänmittausantureiden tuotantotestauksen nykytila sekä määrittellä haluttu tavoitetilä. Tutkimusongelmana on löytää tehokkaimmat ratkaisut, joilla testausprosessi saadaan nostettua halutulle tasolle.

Osana opinnäytetyötä on tuottaa projektiryhmälle testimäärittely löydettyihin ratkaisuihin pohjautuen. Määrittelydokumentti sisältää kaikki testaukseen liittyvät vaatimukset ja toimii täten perustana testauksen kehittämislle.

## 2 OPTISET SÄÄNMITTAUSANTURIT

Optisia antureita on erityyppisiä, mutta kaikkien toiminnan perustana on valonsäteen muutoksien mittaaminen. Niiden käyttötarkoituksena on usein mahdollisten esteiden havaitseminen ja tunnistaminen. (Metropolia Confluence 2010.) Säänmittausantureiden kohdalla esteiksi lukeutuvat esimerkiksi sadepisarat sekä lumihiutalet (Vaisala 2013b).

Vaisala valmistaa monenlaisia optisia säänmittausantureita. Näitä ovat muun muassa pilvenkorkeutta mittaava CL31, näkyvyyttä mittaava FS11 sekä tämän työn ensisijaisena kohteena oleva PWD-tuoteperhe, johon kuuluu näkyvyys-, sateentunnistus- ja vallitsevan sään antureita. Kuvassa 1 on esiteltyä vallitsevaa säätä mittaava PWD52. Muut PWD-tuotteet ovat ulkonäöltään pieniä poikkeuksia lukuunottamatta samanlaisia. (Vaisala 2010e.)



KUVA 1. PWD52-anturi (Vaisala 2010f)



Optiset anturit, kuten monet muutkin Vaisalan antureista, ovat räätälöitäviä. Asiakas voi siis valita laitteeseen haluamansa ominaisuudet, eli optiot. Nämä voivat liittyä joko laitteen toimintaan tai sen mukana saataviin lisätarvikkeisiin, kuten mastokiinnikkeisiin tai huoltokaapeliin. Toimintaan liittyvät optiot vaikuttavat muun muassa laitteen kokoonpanoon, sen mittaamiin tietoihin sekä sarjaliikenneasetuksiin, joten ne tulee huomioida testauksessa. Näitä ovat PWD-tuotteiden kohdalla esimerkiksi sade- ja taustavaloanturi sekä lippalämmittimet. Sadeanturin avulla päätellään muun muassa vallitseva sadetyyppi ja -kertymä. Taustavaloanturin näyttämiä arvoja käytetään näkyvyyden tarkempaan määrittämiseen. Monesti anturia käytetään kertomaan, onko päivä vai yö. Kuvassa 2 on linssin yläpuolella nähtävissä lippalämmitin, jonka avulla estetään lumen ja jään kertyminen linssin eteen. Lippalämmittimien avulla voidaan varmistaa anturin toimiminen huonoissakin olosuhteissa sekä pidentää huoltoväliä. (Vaisala 2010e.)



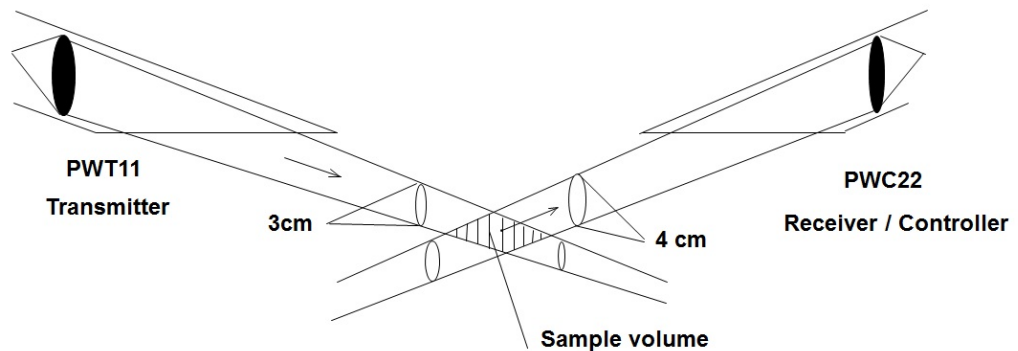
KUVA 2. Lippalämmitin (Vaisala 2010f)

Reaaliaikaisen säätiedon käyttäminen on yksi tehokkaimmista keinoista parantaa turvallisuutta esimerkiksi liikenteessä. Optisia antureita käytetäänkin paljon muun muassa lentokenttä- ja tiesääsovellutuksissa. Lentokentillä sääolot vaikuttavat merkittävästi lentoliikenteen lisäksi myös muihin lentokentän toimintoihin. Automaattisen säähävainojärjestelmän avulla saadaan kerättyä dataa, joka auttaa päätöksenteossa sekä pilotteja että lentokentän henkilökuntaa. Järjestelmä voi

esimerkiksi tuottaa arvion etäisyydestä, jonka päästä kiitotien merkinnät ovat pilotin nähtävissä. Tiesäätä monitoroivilla järjestelmillä saadaan paikallista dataa vallitsevista sääolosuhteista, jolloin esimerkiksi huonontuneesta näkyvyydestä tai tien liukkaudesta pystytään varoittamaan ja siihen pystytään reagoimaan nopeammin. Tiesääjärjestelmän keräämien tietojen perusteella voidaan tehdä päätöksiä muun muassa aurauskaluston liikkeellepanosta. (Vaisala 2013c.)

## 2.1 PWD-tuoteperhe

Näkyvyyttä mitattaessa PWD-tuoteperheeseen kuuluvien anturien toimintamenetelmä on alla olevan kuvion 1 mukainen. Lähettimen ja vastaanottimen leikkauspisteeseen syntyy näytealue, josta selkeällä ilmalla ei heijastu säteitä vastaanottimeen. Jos taas näytealueella on esimerkiksi vesipisaroita, ne saavat lähetetyn valonsäteiden siroutumaan vastaanottimeen. Mitä enemmän näytealueella on esteitä, sitä enemmän vastaanottimeen heijastuu valonsäteitä. (Vaisala 2010f; Ilmatieteen laitos 2013.)



KUVIO 1. PWD:n mittausmenetelmä (Vaisala 2010f)

Näkyvyysanturit PWD10, PWD20 ja PWD50 päättelevät näytealueen perusteella vallitsevan näkyvyysasteen. Kyseiset tuotteet eroavat toisistaan mittausalueen suhteen. PWD10 mittaa kymmenestä metrissä kahteen kilometriin, PWD20 kahteenkymmeneen kilometriin ja PWD50 kolmeenkymmeneenviiteen kilometriin asti. (Vaisala 2013b.)

PWD12, PWD22 ja PWD52 ovat vallitsevan sään antureita. Ne päättelevät näkyvyyden ohella syyn heikkenemiseen näkyvyyteen käyttämällä sirontatiedon lisäksi lämpötila- ja sadeanturia. Sadetyypin lisäksi mitataan sateen intensiteettiä, jolloin pystytään myös päättelemään sadekertymän suuruus. PWD12 erottelee neljä eri sadetyyppiä; vesi-, tihku-, räntä- sekä lumisade. PWD22:lla ja PWD52:lla sadetyyppejä on seitsemän. Edellä mainittujen lisäksi sade voidaan luokitella jäätäväksi vesi- tai tihkusateeksi, mutta myös raekuurot ovat tunnistettavissa. (Vaisala 2013b.)

PWD31:ssä ja PWD32:ssa ei ole näkyvyysmittausta, vaan ne mittaavat pelkästään sadetta. Sateen tunnistimia voidaan kuitenkin käyttää näkyvyysanturin rinnalla. PWD31 on myös mahdollista päivittää näkyvyysominaisuudella, jolloin siitä tulee vallitsevan sään anturi PWD12. PWD32:ta taas käytetään silloin, kun FS11:n näyttämän näkyvyyden lisäksi halutaan tietää vallitsevat sääolosuhteet. (Vaisala 2014c.)

## 2.2 Ceilometrit

CL-tuoteperheeseen kuuluvat pilvenkorkeuden mittarit, eli ceilometrit. Näitä ovat CL51 sekä CL31, joka näkyy alla olevassa kuvassa 3. CL51 on ulkonäöltään samannäköinen, mutta kookkaampi. (Vaisala 2010a; Vaisala 2010b.)



KUVA 3. CL31-pilvenkorkeusmittari (Vaisala 2010a)

Ceilometrit lähettävät laserpulssia, joka pilviin osuessaan siroaa takaisin laitteen vastaanottimelle. Signaalin palaamiseen kuluneesta ajasta voidaan päätellä pilvenkorkeus, jolla tarkoitetaan maanpinnasta pilven alarajaan olevaa etäisyyttä. Luotettavan tiedon saamiseksi laserpulssien lähettäminen toistetaan useita kymmeniä tuhansia kertoja ja takaisin sironneet signaalit summataan yhteen. Pilvisyys päätellään yleensä arviointihetkeä edeltävän 30 minuutin mittaustiedon perusteella. (Ilmatieteen laitos 2013.)

Vaisalan ceilometrit kykenevät mittaamaan jopa kolmea pilvikerrosta samanaikaisesti. Tämä onnistuu silloin, kun alemmissa pilvikerroksissa on aukkoja. CL31:llä on mahdollisuus mitata näkyvyyttä 7,5 kilometriin asti ja CL51:n avulla mittaustuloksia saadaan jopa 15 kilometrin korkeudelta. CL51 kykenee näkemään myös Cirrus-pilvet. (Vaisala 2010a; Vaisala 2010b.) Untuvapilviksikin kutsutut Cirrus-pilvet ovat rakenteeltaan läpikuultavia. Muodoltaan ne ovat pitkiä ja ohuita muistuttaen monesti raitoja tai kalanruotoja, kuten kuvasta 4 on nähtävissä. Satelliittikuvista on toisinaan haastavaa havaita untuvapilviä niiden ulkonäön vuoksi. (Ilmatieteen laitos 2014.)



KUVA 4. Cirrus-pilviä (Ilmatieteen laitos 2010)

### 2.3 Näkyvyysanturit

PWD-näkyvyysantureiden lisäksi näkyvyyttä on mahdollista mitata FS11:llä tai LT31:llä. FS11-näkyvyysanturi muistuttaa ulkonäöllisesti PWD-tuotteita, kuten kuvasta 5 on huomattavissa. Sen mittaustapakin on hyvin samankaltainen. FS11 on kuitenkin ominaisuuksiltaan astetta kehittyneempi kuin PWD-tuotteet. FS11 muun muassa suorittaa testejä, joilla se arvioi omaa tilaansa. Esimerkkinä linssien likaisuustason mittaus, jonka perusteella näkyvyysarvoa voidaan hienosäätää entistä tarkempien mittaustuloksien saamiseksi. Tämän lisäksi FS11 on suunniteltu niin, että linssit ovat mahdollisimman hyvin suojattuina likaantumiselta. Näin saadaan pidennettyä laitteen vaatimien huoltotoimenpiteiden aikaväliä. (Vaisala 2010c.)



KUVA 5. FS11-näkyvyysanturi (Vaisala 2010c)

LT31-transmissiometrin toiminta eroaa hieman kahdesta aikaisemmin esitellystä näkyvyysmittarista. PWD:n ja FS11:n mittaus perustuu vastaanottimelle siroaviin valonsäteisiin. Selkeällä ilmalla vastaanottimelle ei siis juurikaan osu valonsäteitä. LT31 on toimintalogiikaltaan päinvastainen. Näkyvyyden huonontuessa vastaanottimelle osuu yhä vähemmän valonsäteitä. Toimintaperiaatteensa vuoksi LT31 on näkyvyysantureista tarkkin. Kun PWD-tuotteet ja FS11 päättävät näkyvyyden pienen näytealueen perusteella, mittaa LT31 sen usean kymmenen metrin matkalta. LT31:tä käytetäänkin lentokentillä arvioimaan kiitoradan näkyvyys sekä mittaamaan lentokentän näkyvyyttä. Kuvassa 6 näkyvät lähetin- ja vastaanotinyksikkö sijoitetaan tyypillisesti siis kiitoradan läheisyyteen. Suositeltu etäisyys yksiköiden välillä on 30 metriä. Tällöin päästään tarkimpaan mittaustulokseen. FS11:n tavoin myös LT31 monitoroi omaa toimintaansa. PWD:tä hyödyntäen se voi jopa kalibroida itsensä automaattisesti. Vastaanotto- ja lähetinpään keskitys on niin ikään automaattista. (Vaisala 2010d.)



KUVA 6. LT31 (Vaisala 2013a)

### 3 OPTISTEN ANTUREIDEN TUOTANTOTESTAUS

Tuotantotestauksen aikana anturi testataan toiminnallisesti, kalibroidaan sekä konfiguroidaan. Toimintatestauksen avulla todennetaan, että anturi toimii vaaditusti. Kalibroinnin aikana laitteen näyttämiä arvoja verrataan tunnettuun standardiin. Yleensä käytössä on referenssilaitte, jonka toimivuus varmennetaan säännöllisin väliajoin suoritettavilla kalibroinneilla. Jos testattavan laitteen arvot eroavat referenssin näyttämistä, pitää laitetta virittää. Tällöin laitteeseen asetetaan korjauskertoimia, joiden avulla laitteen näyttämät arvot vastaavat referenssilaitteen arvoja. Konfiguroinnin aikana laitteeseen asetetaan asiakkaan vaatimat asetukset. Tuotantotestaus määrittää pitkälti asiakkaan kokeman tuotteen laadun, joten sen osa valmistusprosessissa on merkittävä. Testauksella varmistetaan, että laite täyttää kaikin puolin sille asetetut vaatimukset.

Tuotantotestauksen nykyisen tason selvittämiseksi perehdyttiin useamman optisen anturin tuotantoprosessiin. Tarkoituksena oli saada muodostettua kuva eri tuotteiden testausprosessien yhteneväisyyksistä ja eroavaisuuksista. Prosessit käytiin PWD-tuoteperhettä lukuunottamatta vain pääpiirteittäin läpi. PWD-tuotteiden osalta testausprosessin nykytilaa määritettiin kattavammin tutustumiskierroksien avulla. Niiden aikana tutustuttiin laitteiden kokoonpanoon ja testaukseen sekä Vaisalalan omassa tuotannossa että alihankkijalla. Moniammatillisen näkökulman saamiseksi mukana olivat opinnäytetyön tekijän lisäksi projektipäällikkö, testaussuunnittelija, tuotannon prosessi-insinööri sekä optisia antureita valmistavan tiimin esimies. Tutustumiskierroksien aikana tehdyt havainnot kirjattiin ylös jatkokäsittelyä varten.

#### 3.1 PWD-tuotteiden testausprosessi

PWD-tuotteita ja niiden alikokoonpanoja testataan niin Vaisalassa kuin alihankkijallakin. Alihankkijalla testataan vastaanotin- ja lähetinpään piirikortit. Kummallekin kortille tehdään toiminnallinen testi ja vastaanotinkortille ladataan ohjelmisto. Vastaanotinpään fotodiodin herkkyyttä ja lähettimen laserin intensiteettiä säädetään niin, että ne ovat sopivalla tasolla toisiinsa nähden. Testatuista korteista kasataan alikokoonpano, jonka toiminta testataan myös. Näin

varmistetaan muun muassa siitä, että piirikortit toimivat yhdessä ja kaapelointi on toteutettu oikein. (Vaisala 2014c.)

Vaisalassa alikokoonpanoista kasataan valmis laite, jolle suoritetaan useita testejä. Lopputestauksen sisältö vaihtelee hieman asiakkaan valitsemien optioiden perusteella. Kaikille laitteille ladataan ohjelmisto ja tehdään toiminnallinen testi, joka käsittää muun muassa sarjaliikenneyhteyksien toimivuuden toteamisen. Laitteeseen valittujen antureiden toiminnallisuus testataan ja ne kalibroidaan. Jos laitteeseen on kytketty lippalämmittimet, myös niiden toiminta testataan. (Vaisala 2014c.)

### 3.2 Testausprosessin nykytila

Nykytilaa ja tavoitetasoa kartoitettaessa pyrittiin huomioimaan prosessin kaikki osa-alueet. Testaukseen itsessään liittyviä asioita ovat esimerkiksi käytettävän testilaitteiston kunto, ohjeistuksen taso sekä työympäristön turvallisuus. Tämän lisäksi haluttiin selvittää muun muassa prosessin läpinäkyvyys ja vastuut. Työturvallisuus ja sen varmistaminen ovat prosessiin liittyvistä asioista merkittävämmässä osassa. Tämä tulee huomioida uutta konseptia ja parannuksia kehitettäessä.

Testaus on nykyisellään hyvin manuaalista ja testauksen aikana käytetään useita eri sovelluksia. Tietokoneen lisäksi testaukseen tarvitaan jännitelähde sekä sarjaliikennemuuntaja. Muutamat testivaiheet edellyttävät myös oskilloskoopin käyttöä. Laitteiden testaamiseen käytetään konsolisovellusta, johon operaattori kirjoittaa komennot pääsääntöisesti itse. Joissain testivaiheissa on käytössä avustavia skriptejä, mutta niiden toimivuudessa on vaihtelua. Etenkin uudempien Windows-käyttöjärjestelmäversioiden ja käytössä olevan konsolisovelluksen kanssa esiintyy yhteensopivuusongelmia. Ongelmat korostuvat entisestään siinä vaiheessa, kun kaikkien testiasemien käyttöjärjestelmät päivitetään.

Testauksen kanssa on ollut kapasiteettiongelmaa, ja laitteiden testaamiseen on kiireisinä aikoina jouduttu käyttämään myös muiden tuotteiden testiasemia. Laitteita testataan yksi kerrallaan, ja testaukseen kuluvat ajat ovat suhteellisen pitkiä, joten testaus rajoittaa tuotannon kapasiteettia. Ongelmaksi tämä muodostuu



etenkin silloin, kun kysyntä nousee tavallista korkeammaksi. Kapasiteetin riittämättömyyteen vaikuttaa myös saman työpisteen käyttö sekä kokoonpanoon että testaukseen. Yhden laitteen käsittelyyn kuluva ajasta saattaa vain pieni osa koostua testauksesta. Testauksen aikana on myös jonkin verran jaksoja, jolloin operaattori joutuu odottamaan toimitettomana.

Testausprosessin läpinäkyvyys on heikko kaikkien optisten tuotteiden kohdalla. Läpinäkyvyydellä tarkoitetaan muun muassa prosessin monitoroitavuutta ja kontrolloitavuutta. Siihen vaikuttaa suuresti tiedon saatavuus ja ajantasaisuus. Testauksesta kerätään manuaalisesti tietoa, mutta se on hajautettuna moneen eri paikkaan. Jokaiselle tuotteelle on oma Excel-tilukonsa, johon testaukseen liittyvät tiedot tulee kirjata. Alihankkijalla testaustiedot tallentuvat, mutta niitä ei siirretä Vaisalalle automaattisesti. Saannon ja laadun seuraaminen pohjautuu siis vaihteleviin tietoihin, joiden oikeellisuudesta ei voida olla täysin varmoja. Ongelmien juurisyiden selvittäminen saatavissa olevan tiedon avulla on haastavaa ja työlästä sekä virheellisten päätelmien todennäköisyys suuri. Ongelmatilanteita on lähes mahdoton ennakoita, koska esimerkiksi kalibrointi-arvojen muutoksia ei pystytä seuraamaan. Laitteille on annettu tietyt rajat, joiden sisälle arvojen tulee sijoittautua. Ideaalitulanteessa kalibrointi-arvot ovat pääsääntöisesti annetun alueen keskikohdilla. Ongelmia on odotettavissa, jos arvot keskittyvät raja-alueiden tuntumaan.

Testausprosessit ovat pääsääntöisesti kattavasti ohjeistettuja ja dokumentoituja. Versionhallinnan käytännöissä on kuitenkin eroavaisuuksia. Tämä ongelma esiintyy etenkin alihankkijan testauksissa. Vaikka viimeisin versio on toimitettu alihankkijalle, sitä ei aina ole otettu käyttöön. Joidenkin tuotteiden testausohje on tehty usealle taholle soveltuvaksi. Tällainen ohje sisältää tyypillisesti niin alihankkijan tuotannon, Vaisalalan tuotannon kuin huollonkin ohjeistuksen. Samat tiedot on kirjoitettu sekä suomeksi että englanniksi. Tämän tyyppiset ohjeet ovat operaattorille raskaita lukea. Monessa tapauksessa testausohjeista oli tehty omia lyhennelmiä testauksen helpottamiseksi. Testiasemien dokumentaation taso taas on heikko ja osaa asemista ei ole dokumentoitu lainkaan.

Prosessien hallinta ja seuranta eivät ole toivotulla tasolla. Esimerkiksi prosessien kehittämisen on hyvä olla jatkuvaa, mutta nyt sitä tapahtuu isompien ongelmien ilmetessä. Prosessien parantaminen rajoittuu tuotantoon, jolloin koko toimintoketjun kehittäminen on haastavaa. Parannukset, jotka vaativat jonkin sidosryhmän mukana olemista, jäävät usein toteuttamatta tai toteutuvat hyvin hitaalla aikataululla. Tämä on tyypillinen ongelma linjaorganisaatiossa, jossa jokaisella osastolla on oma esimies. Yhden muutoksen tekemiseen voi joutua hakemaan hyväksynnän usealta eri taholta. Aina ei myöskään ole täysin selvää, kenen puoleen kääntyä mahdollisissa ongelmatilanteissa.

### 3.3 Testausprosessin tavoitetila

Testilaitteiston toimimattomuus ja vikatilat heijastuvat nopeasti tuotantoon. Testiaseman ongelmat eivät saa kuitenkaan aiheuttaa laitteiden myöhästymistä toimituspäivästä. Alihankkijoilla olevat testausongelmat ilmenevät helposti materiaalipuutteina Vaisalan tuotannossa. Alihankkijoiden testiasemissa tulee olla etäyhteyksimahdollisuus ongelmatilanteiden varalta. Näin ongelmiin päästään nopeammin pureutumaan ja muun muassa materiaalipuutteiden syntyminen voidaan minimoida.

Testiasemia kehitettäessä tulee myös huomioida optisten tuotteiden pitkä elinkaari. Ei ole harvinaista, että tuotetta valmistetaan 10 vuoden ajan. Jotkin tuotteet ovat olleet tuotannossa jopa yli 20 vuotta. Tämä asettaa joitain rajoitteita testaukselle, kun laitteet eivät välttämättä tue uusinta tekniikkaa. Samalla testausprosessin pitää olla kuitenkin helposti mukautettavissa uusien tuotteiden varalta. Testiaseman täytyy kestää pitkään ja olla helposti huollettavissa. Testiasemille tulee olla riittävästi varaosia ja kriittiset komponentit ylläpidon tiedossa. Testisovelluksen taas tulee olla selkeä ja helppokäyttöinen sekä estää virheiden syntyminen. Tavoitteena on pitää kaikkien optisten laitteiden testaus yhtenäisenä niin, että testiasemat ja -sovellukset ovat pitkälti samanlaisia. Näin ollen esimerkiksi käytettävyys ja ylläpidettävyys helpottuvat.

Testauskapasiteetin tulee olla sellaisella tasolla, ettei se rajoita tuotantoa kysynnän kasvaessa. PWD-tuoteperheen kohdalla laitteen testiaika saa olla maksimissaan 20

minuuttia, jotta yhdellä testiasemalla päästään vaaditulle kapasiteettitasolle. Tällä hetkellä testaukseen kuluu noin puoli tuntia ja tästä syystä testiasemia on käytössä useampia. Testausprosessia halutaan kehittää automaattisempaan suuntaan mahdollisuuksien mukaan, sillä sen avulla pystytään lisäämään testauskapasiteettia sekä testauksen läpinäkyvyyttä. Nykyinen prosessi on kattavasti määritelty ja dokumentoitu, joten lähtökohdat automatisoinnille ovat hyvät.

Yksikään asema ei saa olla riski työturvallisuudelle. Työturvallisuus ei saa vaarantua edes poikkeustilanteen ilmetessä. Nesteiden käyttöä vaativat testaukset pitää pystyä suorittamaan niin, etteivät ne aiheuta oikosulkua tai muuta vaaratilannetta. Testiaseman tulee olla vikasietoinen väärin kytkettyjen laitteiden varalta. Jännitejohtimien kytkentävirhe saattaa helposti vaurioittaa laitteen lisäksi myös testiasemaa. Testausasemaa suunniteltaessa tulee huomioida myös työergonomia.

Testaukseen liittyvien tietojen tulee tallentua automaattisesti Vaisalan tietokantaan. Myös alihankkijan testidatan tulee siirtyä Vaisalalle automaattisesti. Näin saadaan prosessin läpinäkyvyyttä parannettua, jolloin kyvykkyys esimerkiksi laadun monitorointiin on suurempi. Ongelmia voidaan myös tehokkaammin ennaltaehkäistä, koska muutokset tuotteessa olisi mahdollista havaita ajoissa.

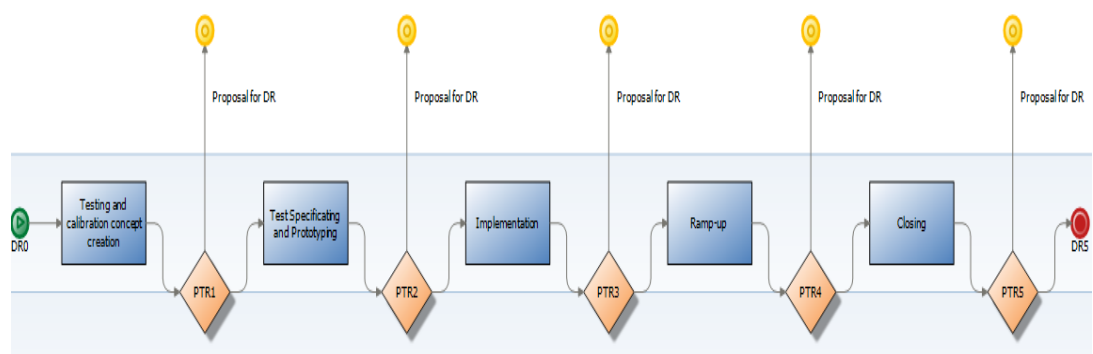
Ohjeistuksen suhteen on erittäin tärkeää, että operaattoreilla on aina uusien tietojen käytettävissä. Tiedon tulee myös olla helposti löydettävissä. Automatisoinnilla voidaan vähentää erillisten ohjeiden tarvetta, kun tarvittava ohjeistus voidaan toteuttaa sovelluksen kautta. Näin pystytään vaikuttamaan myös alihankkijan versionhallintaan. Kun päivitetään ohjeissa tapahtuvat muutokset testaussovellukseen, ne päätyvät varmasti myös tuotannon tietoon. Eräs ohjelmalta toivottu ominaisuus on virhetilanteissa ohjeistaminen. Jos laite ei mene hyväksytysti läpi, operaattori saisi ehdotuksen mahdollisista jatkotoimenpiteistä. Ylläpidettävyyden parantamiseksi testiasemat tulee olla dokumentoitu asianmukaisesti.

Prosesseihin liittyvät vastuut ja tehtävät tulee määritellä selkeästi. Näin tiedettäisiin, keneen tulee ottaa yhteyttä esimerkiksi testiasemaan liittyvissä

ongelmissa. Toimintaa tulee kehittää aktiivisemmin koko toimintoketjun osalta, koska prosessia parantamalla voidaan muun muassa helpottaa ja tehostaa toimintaa.

#### 4 TESTAUSKEHITYKSEN VAIHEET

Uusien tuotteiden kehittämisestä seuraa tyypillisesti tarve myös uudelle testausprosessille ja -asemalle. Aseman suunnittelu ja toteutus on siis pääsääntöisesti osana tuotekehitysprojektia. Alla olevassa kuviossa 2 on esitelty testauskehityksen vaiheet. Jokaisen vaiheen jälkeen tehdään katselmointia, jossa käydään läpi tehdyt suunnitelmat ja toimenpiteet. Seuraavaan vaiheeseen edetään vasta kun edellinen vaihe on hyväksytty.



KUVIO 2. Testauskehityksen vaiheet

Prosessi aloitetaan suunnittelemalla testaus- ja kalibrointikonsepti. Konseptista tehdään testausmäärittely, jossa on esiteltyä muun muassa testauksen edellyttämät olosuhteet ja yksityiskohtaiset tiedot testausvaiheista. Testiasemaa lähdetään toteuttamaan testausmäärittelyn pohjalta, joten kattavan määrittelyn tekemiseen kannattaa panostaa. Puutteellisesta tai virheellisestä määrittäyksestä seuraa helposti väärin toteutettu sovellus, jolloin myös laitteiden testaus suoritetaan väärin.

Testiaseman kehityksessä ensin tulee prototyypivaihe, jonka aikana pyritään muun muassa varmentamaan valittujen menetelmien ja työkalujen soveltuvuus kyseiseen toteutukseen. Kun prototyypillä on todennettu testausmenetelmän toimivuus, aloitetaan varsinaisen testiaseman kehittäminen. Lopullisen testiaseman kyvykkyyden todentamiseksi taas voidaan hyödyntää esimerkiksi Gage R&R (Repeatability & Reproducibility) -menetelmää. Sen avulla voidaan mitata testauksen toistettavuus ja uusittavuus. Toistettavuus todetaan suorittamalla

sama testi useamman kerran ja vertaamalla saatuja tuloksia. Uusittavuutta voidaan tutkia niin, että testin suorittaa useampi eri operaattori. Testin tulokset eivät saa olla operaattorista riippuvaisia. (Quality Magazine 2005.)

Räätälöitävien laitteiden kohdalla on tärkeää testata myös useita erilaisia optioyhdistelmiä. Kaikkia mahdollisia yhdistelmiä ei kuitenkaan ole useimmissa tapauksissa järkevää testata, sillä niiden lukumäärä saattaa kasvaa huomattavan suureksi. Asiakkaan valitsemista optioista kertova konfiguraatiokoodi on joidenkin tuotteiden kohdalla jopa 50 merkkiä pitkä.

Kun testauksen toimivuus on todennettu, voidaan uusi menetelmä ottaa käyttöön tuotannossa. Testiaseman kehitys ei kuitenkaan lopu tähän. Aseman kuormitus on tuotantokäytössä suurempi kuin kehitysvaiheessa, joten asemaan kohdistuu enemmän rasitetta. Näin ollen myös ongelmien ilmenemisen todennäköisyys kasvaa, kun testiohjelmaa ja -laitteistoa käytetään kattavammin. Korjaamalla ilmenneitä epäkohtia ja ongelmia voidaan varmistaa aseman kyvykkyys tuotantokäyttöön.

## 5 KONSEPTIN VALINTA

Testiasema voidaan toteuttaa monen hyvin erilaisen periaatteen pohjalta. Eroavia tekijöitä löytyy muun muassa ohjelmallisen toiminnan, rajapintojen ja käytettävän laitteiston suhteen. Konseptointia tehtäessä pyritään ajattelemaan testausta ilman minkäänlaisia rajoituksia. Konseptin valinnassa kannattaa huomioida esimerkiksi testattavan tuotteen ominaisuudet ja kapasiteettivaatimukset, mutta myös tulevaisuuden näkymät. Jos laitekanta on uusiutumassa lähivuosina, tulee testausprosessin kyetä sopeutumaan uusienkin laitteiden testaukseen. Seuraavassa on pohdittu mahdollisia vaihtoehtoja sekä niiden etuja ja haittoja.

### 5.1 Vaihtoehto 1

Ensimmäinen konsepti pohjautuu pitkälti nykyiseen testausmalliin. Jokaiselle tuotteelle on oma testiasemansa, ja laitteita voi testata yksi kerrallaan. Konsepti on idealtaan yksinkertainen, mutta silti monesti tarpeisiin nähden riittävä. Jos tuotteiden menekillä on suuria kausiluonteisia vaihteluita, asema saattaa aiheuttaa kiireaikoina rajoitteita tuotantokapasiteetille. Vastaavasti hiljaisempina aikoina testiasema saattaa olla pitkään käyttämättömänä.

Tämän konseptin mukainen testiasema on mahdollista toteuttaa peruslaitteistolla, eikä vaaditun laitteiston määrä ole suuri. Yksinkertaisin versio vaatii tietokoneen lisäksi lähinnä jännitelähteen ja sarjaliikenneyhteyden tarvittavat komponentit. Testiasemassa on kuitenkin hyvä olla myös tulostimet papereita ja tarroja varten sekä viivakoodinlukija.

Yksittäisen testiaseman kustannukset eivät tässä konseptissa nouse kovin korkeiksi. Testiasemien kokonaismäärä tulee kuitenkin todennäköisesti olemaan lähes sama kuin tällä hetkellä, eli asemien lukumäärä saattaisi nousta jopa yli kymmeneen. Tämä nostaa kokonaiskustannuksia merkittävästi. Tuotteiden testaus voidaan toteuttaa joko yhteisellä tai erillisillä sovelluksilla. Erilliset sovellukset nostavat kokonaistyömäärän todennäköisesti korkeammaksi, mutta ylläpidon kannalta tämä lienee helpompi vaihtoehto. Yhden tuotteen testauksen muuttuessa ei jokaista asemaa tarvitse päivittää. Ylläpitotilanteessa myös testiasemien suuri

lukumäärä on selkeä haitta, etenkin jos asemat sisältävät useita kalibroivia mittalaitteita.

## 5.2 Vaihtoehto 2

Toisen konseptin mukaisella testiasemalla on mahdollista testata useampaa laitetta samanaikaisesti, mutta myös eri tuotteita. Jokainen tuote ei siis tarvitse omaa asemaa, vaan samaa asemaa käyttäen voidaan testata kulloinkin tarvittavia antureita. Jos tuotteiden kohdalla on esimerkiksi kausiluonteisia menekkipeikkoja, tämä ominaisuus mahdollistaa tuotannon tasaamisen. Näin testiasemaa voidaan hyödyntää tehokkaasti.

Tämäkin testiasema on mahdollista toteuttaa suhteellisen yksinkertaisella laitteistolla. Tuotteiden välillä on eroavaisuuksia muun muassa kytkentöjen välillä, joten jonkinlainen rajapinta on tarpeen. Jokaista sarjaliikenneyhteyttä ja jännitteensyöttöä pitää olla mahdollisuus hallita erikseen.

Asemakohtaiset kustannukset ovat todennäköisesti korkeammat kuin edellisessä konseptissa, mutta tämä konsepti mahdollistaa testiasemien lukumäärän alentamisen jopa puolella. Kokonaiskustannukset jäävät täten pienemmiksi. Työmäärä riippuu tässäkin konseptissa hieman sovelluksen toteutustavasta, mutta kokonaismäärä jää testiasemien vähäisemmän lukumäärän vuoksi pienemmäksi kuin edellisessä konseptissa. Myös ylläpidettävyys on helpompaa kun testiasemien määrä on pienempi. Positiivista on myös se, että lisäämällä yhden testiaseman, saa nostettua usean tuotteen testauskapasiteettia.

## 5.3 Vaihtoehto 3

Ideaalitulanteessa testaus voidaan automatisoida kokonaan. Tällöin testauksessa tarvitaan erityinen kalibrointiolosuhte, jossa laitetta pidetään testauksen aikana. Tämänhetkinen kalibrointimenetelmä perustuu kuitenkin asiakkaiden vaatimukseen muun muassa jäljitettävyyden ja tarkkuuden suhteen. Asiakkaan on myös mahdollista kalibroida laite uudelleen kentällä samalla menetelmällä. Jos testausolosuhteita muutetaan, nämä hyödyt todennäköisesti menetetään.



Eräs vaihtoehto testiaseman täysautomatisoimiseksi on hyödyntää robotiikkaa niiden toimenpiteiden osalta, joita ei pystytä ohjelmallisesti toteuttamaan. Tällöin voidaan menetellä hyväksytyyn kalibrointimenetelmän mukaisesti, mutta hyödyntää silti automaatiota.

Tämänkaltainen testiasema tulee olemaan kustannuksiltaan kaikista kallein vaihtoehto. Työmäärää nostaa huomattavasti vaadittavan tason täyttävän kalibrointiolosuhteen luominen. Robotiikkaa hyödyntävä testiasema vaatii myös enemmän työtä niin mekaniikan toteuttamisen kuin ohjelmoinninkin saralla.

#### 5.4 Vaihtoehto 4

Tämä konsepti pohjautuu ideaan, jossa testattavat laitteet ovat itsekalibroituja. Testausta varten laite kytketään tietokoneeseen tai vaihtoehtoisesti jonkinlaiseen näyttölaitteeseen, jonka avulla voidaan seurata testauksen edistymistä. Testauksen mentyä läpi hyväksytysti tulostuvat automaattisesti laitteen testiraportit, sertifikaatit ja laitetarrat.

Kustannuksiltaan tämä on vaihtoehtoista halvin ja ylläpidettävyydeltään kevyin. Varsinaisen testaussovelluksen sijasta tarvitaan vain jonkinlainen käyttöliittymä laitteiden monitorointiin. Tämä konsepti jää siis työmäärältäänkin vähäisimmäksi. Valitettavasti tällä hetkellä tuotannossa olevat optiset anturit eivät sisällä ominaisuuksia, jotka mahdollistaisivat tämänkaltaisen testauksen. Tulevaisuudessa itsekalibroituivat laitteet ovat kuitenkin mahdollisia.

## 6 RISKIT JA RISKIEN HALLINTA

Aina kun uusia käytäntöjä tai prosesseja otetaan käyttöön, on niissä omat riskinsä. Hyvin hoidettu riskien hallinta auttaa saavuttamaan projektin tavoitteet ajallaan, kun mahdollisiin vastoinkäymisiin on varauduttu.

### 6.1 Yleistä riskien hallinnasta

Riskien hallitsemiseksi täytyy tunnistaa mahdolliset riskit ja potentiaaliset ongelmat. Tunnistettujen riskien todennäköisyys ja merkittävyys määritellään. Näiden yhteisvaikutuksen perusteella riskit priorisoidaan luokittelemalla ne pieniin, keskisuuriin ja suuriin. Jos riski on arvioitu suureksi, tulee sille määritellä jatkotoimenpiteet. Keskisuuria riskejä ehkäisevät toimenpiteet taas tehdään kustannusvaikutukset huomioiden ja pieniä riskejä vain tarkkaillaan. Riskejä voi torjua useilla eri tavoilla. Monesti pyritään ensisijaisesti poistamaan riski tai minimoimaan sen todennäköisyys. Vaihtoehtoisesti suunnitellaan riskin toteutumisen varalle toimenpiteet, mutta riski voidaan myös hyväksyä ilman mitään ennakkoon suunniteltuja toimenpiteitä. Joissain tapauksissa riski pyritään sopimusteknisin keinoin siirtämään esimerkiksi tilaajalle tai alihankkijalle. (Pelin 2008, 221 - 228.)

Riskien ehkäisemisessä voidaan hyödyntää syy-seuraus-analyysiä. Kustakin riskistä määritellään mahdolliset syyt, jotka sen aiheuttavat. Jokaista syytä varten kehitellään toimenpide, jolla se voidaan poistaa. Näin syy-seuraus-ketju voidaan katkaista ja riskin ilmaantuminen estää. Suoritettaviksi toimenpiteiksi tulee valita kriittisimmät, sillä kaikkia ei yleensä ole ajankäytöllisistä tai budjettiin liittyvistä syistä mahdollista toteuttaa. Vakavien riskien kohdalla kannattaa kuitenkin tehdä toimintasuunnitelma niiden toteutumisen varalta. Varautumistoimenpiteitä voivat olla esimerkiksi varahenkilöiden nimeäminen, vakuutusten ottaminen ja taloudelliset varaukset. (Pelin 2008, 229 - 231.)

Osana riskien hallintaa tehdään hallintasuunnitelma. Riskit jaetaan ryhmiin ja niille nimitetään vastuuhenkilöt. Hallintasuunnitelmasta selviää myös riskeihin liittyvät tarkistusajankohdat, toimenpiteet ja hälytint. Toimenpiteet voivat olla eri tilanteissa toteutettavia. Jotkut tehdään heti, kun taas osa suoritetaan vasta riskin

toteuduttua. Hälytintarjojen avulla taas seurataan riskien toteutumista ja niiden todennäköisyyden kasvamista. Hallintasuunnitelmaa tulee projektin edetessä päivittää muun muassa tulevien vaiheiden riskien osalta. (Pelin 2008, 234 - 235.)

## 6.2 Projektin riskit

Uuden konseptin käyttöönotto tulee vaikuttamaan ensisijaisesti tuotantoon. Riskejä tuotannon kannalta ovat muun muassa työnteon hankaloituminen, kapasiteetin pienentyminen ja laadun heikentyminen. Useassa tapauksessa edellä mainitut ongelmat johtuvat keskeneräisen menetelmän ajosta tuotantoon. Tämän projektin kannalta riskiä minimoi se seikka, että uudelle testaukselle ei ole akuuttia tarvetta. Uutta testiasemaa ei siis tarvitse kiireen vuoksi ottaa käyttöön liian aikaisessa vaiheessa. Uuden prosessin kyvykkyys voidaan myös todentaa kattavasti vertaamalla sitä käytössä olevaan menetelmään. Näin varmistutaan siitä, ettei esimerkiksi tuotteiden laatu kärsi vaihdon myötä. (Vaisala 2014a.)

Tyypillisesti uudistusten tapahtuessa koetaan muutosvastarintaa. Tässäkin tapauksessa on odotettavissa vähintään tyytymättömyyden ilmenemistä operaattorien keskuudessa, sillä osa työn mielekkyydestä tulee manuaalisesta tekemisestä. Muutosvastarintaa voidaan pyrkiä pienentämään muun muassa ottamalla operaattorit osaksi projektia. Kun tekijät pääsevät vaikuttamaan projektin lopputulokseen, muutosta ei koeta niin suureksi. (Vaisala 2014a.)

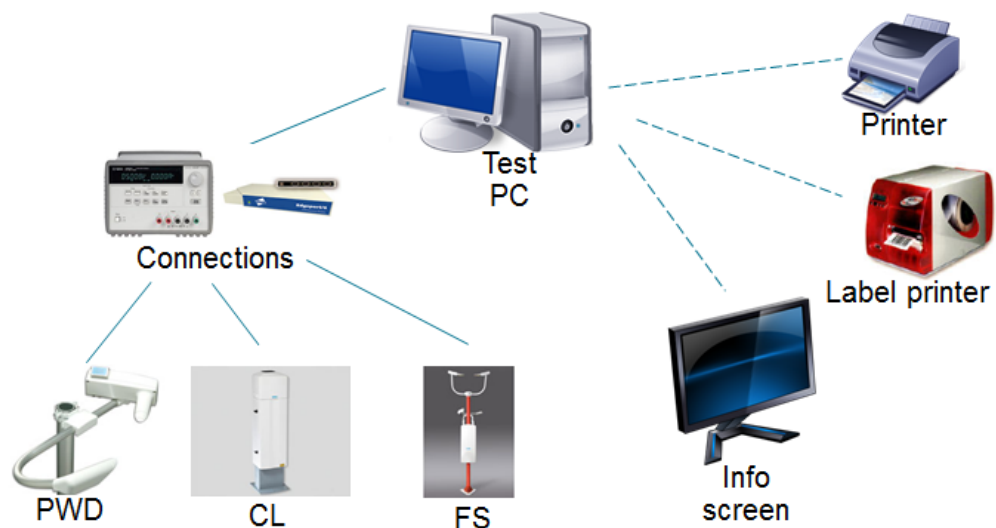
Nykyinen testausprosessi on ylläpidollisessa mielessä erittäin kevyt. Testauksen suorittamiseen ei vaadita erityistä laitteistoa tai sovelluksia. Näin ollen laitteistosta johtuvien testausongelmien määrä on ollut vähäinen. Uuden konseptin myötä testiaseman kompleksisuus lisääntyy, jolloin riskinä on testausongelmien lisääntyminen ja ylläpidettävyyden heikentyminen. Riskiä voidaan pienentää esimerkiksi valitsemalla yleisesti käytössä olevia sovelluksia ja laitteita. Sovelluksen vikasietoisuus ja kunnollinen virheenkäsittely edesauttavat osaltaan, kun asema ei kaadu pienien vastoinkäymisten ilmetessä. Tiivis yhteistyö ylläpitotiimin kanssa edesauttaa parhaiden ratkaisujen löytämistä. (Vaisala 2014a.)

## 7 TEKNISET PARANNUKSET

Toisena esitellyn testauskonseptin vaihtoehto koettiin vastaavan parhaiten tarpeisiin. Sen pohjalta lähdetään kehittämään parannuksia, joiden avulla testausprosessi saadaan nostettua tavoitellulle tasolle. Parannusehdotukset on jaoteltu kolmeen ryhmään: tekniikka, prosessit ja työympäristö. Teknisiin parannuksiin liittyvät myös laadulliset parannukset. Prosessien kehittämällä tarkoitetaan vallitsevien käytäntöjen ja työtapojen muuttamista. Työympäristön parannukset taas nostavat muun muassa työturvallisuutta.

### 7.1 Testiasema

Alla olevassa kuviossa 3 on hahmoteltuna eräs mahdollinen testiaseman kokoonpano. Testattavat anturit kytketään rajapinnan avulla mittalaitteisiin, jotka ovat yhteydessä testiasemaan. Testiasemalla on hyvä olla omat tulostimensa papereita ja tarroja varten, mutta myös verkkokäytössä olevia tulostimia voidaan käyttää. Tuotannonohjaamisen helpottamiseksi voi käytössä olla erillinen infonäyttö, johon kerättäisiin dataa testiasemilta. Näin yhdeltä näytöltä näkisi muun muassa työn alla ja testauksessa olevat laitteet.



KUVIO 3. Testiaseman kokoonpano

### 7.1.1 Ylläpidettävyys

Testiasemasta haluttiin muun muassa mahdollisimman kevyt ylläpitomielessä. Tämä asettaa joitain vaatimuksia niin testisovellukselle kuin -laitteistollekin. Mahdollisuuksien mukaan kannattaa hyödyntää yleisesti käytössä olevia komponentteja ja käytäntöjä niin ohjelmiston kuin laitteistokin osalta. Tämä helpottaa työtä kehitysvaiheessa, tuotannossa sekä ylläpitotilanteessa. Jos kuitenkin päädytään käyttämään erikoisempaa ratkaisua, tulee sen olla asianmukaisesti dokumentoitu. Mittalaitteiden kohdalla muun muassa olennaisten toiminnallisuuksien määrittely helpottaa korvaavan laitteen valinnassa. Muiltakin osin kattava dokumentointi on tärkeää. Testiasemista on suositeltavaa olla olemassa ainakin osalistat selä lohko- ja kytkentäkaaviot. Kattavan osalistan avulla testiaseman monistus ja varaosien hankkiminen on huomattavasti helpompaa. (Ilvonen 2014.)

Asemaa kehitettäessä on hyvä olla tiiviisti yhteydessä ylläpitoon, jotta voidaan valita myös ylläpidollisesti parhaat ratkaisut. Testausta kehitettäessä pyritään usein täysin automatisoituun toteutukseen, vaikka se ei välttämättä ole käytettävyyden saati ylläpidettävyyden kannalta järkevää. Jos jokin on hankalaa toteuttaa automaattisesti, kannattaa se suosiolla jättää operaattorin tehtäväksi. (Ilvonen 2014.)

Testisovelluksen käyttöliittymän tulee olla mahdollisimman selkeä ja intuitiivinen. Ohjeistuksessa on hyvä olla paljon kuvia, jotta käyttö on selkeää. Näin ohjeiden monitulkintaisuutta voidaan pienentää eikä niiden ymmärtäminen jää kielitaidosta kiinni. Testaukseen tarvittavat kaapelit ja muut testiasemakomponentit tulee olla merkitty selkeästi. (Ilvonen 2014; Korkea-aho 2014.)

Kehityksessä on otettava huomioon myös huollon testiasemien vaatimukset, sillä huollettaville laitteille suoritettavat kalibroinnit eroavat tuotannossa tehtävistä. Laitteista otetaan asetukset talteen ennen kalibroimista, jotta laite voidaan palauttaa samoilla asetuksilla asiakkaalle. Testaustuloksista pitää pystyä muodostamaan joko csv- tai xml-muotoinen tiedosto kalibrointisertifikaattien luomiseksi. (Korkea-aho 2014.)

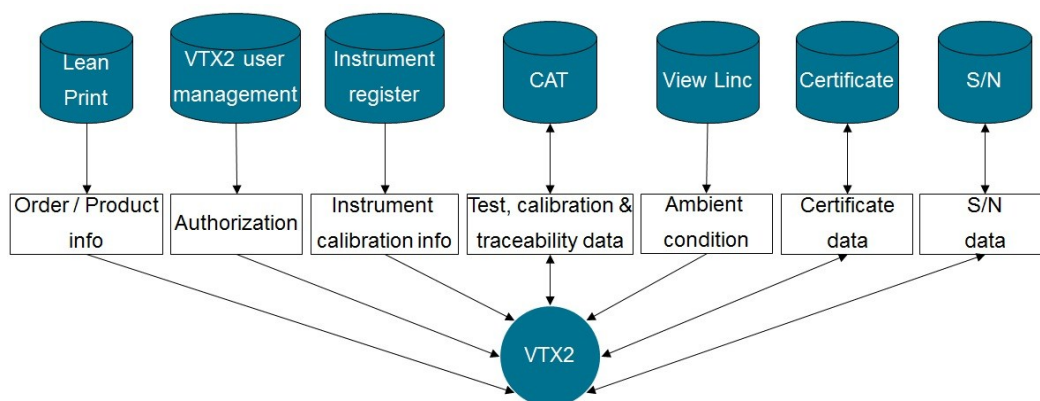
Ongelmatilanteita varten pitää testiasemasta löytyä kattavat lokitiedostot, jotka sisältävät tiedot muun muassa kommunikoinnista, testin etenemisestä ja virhetilanteista. Testiohjelma ei kuitenkaan saa kaatua pienen ongelman ilmetessä, joten virheen käsittelyyn kannattaa panostaa. Monet ongelmat ratkeavat jo pelkästään sillä, kun toiminnon suorittaa uudelleen. Ohjelma on myös muilta osin hyvä suunnitella niin, että jo operaattori voi tehdä johtopäätöksiä virheen syystä. Vian etsintää voidaan helpottaa esimerkiksi tekemällä sovelluksesta selkeälukuisen ja nimeämällä testivaiheet kuvaavasti. Sovellus voi myös antaa tietoa siitä, onko vika testiasemassa vai testattavassa laitteessa. Vian etsinnässä voidaan käyttää myös testattua mallilaitetta, jonka avulla voidaan varmentaa aseman toiminta epäselvissä tapauksissa. (Ilvonen 2014; Korkea-aho 2014.)

Testiaseman tulee olla helposti päivitettävissä, jotta toiminnallisuuksia voidaan lisätä kohtuullisen helposti myöhemminkin. Päivitystä vaaditaan yleensä uuden tuotteen myötä, mutta myös tuotannossa olevissa tuotteissa tapahtuvien muutosten takia. Huollon testiasemilla pitää kuitenkin olla mahdollisuus testata laitteita, joissa on käytössä vanhempiakin ohjelmistoversioita tai komponentteja. Mukautettavuuden lisäämiseksi sovellus tulee olla toteutettu niin, että yhden ominaisuuden päivittäminen ei edellytä muutoksien tekemistä useaan eri paikkaan. Testiaseman vaatimat liitännät ja rajapinnat on hyvä toteuttaa standardiliittimillä. Jos liitin syystä tai toisesta vioittuu, on korjaaminenkin helpompaa, kun varaosia on valmiiksi. Uuden tuotteen lisääminenkään ei välttämättä vaadi uuden rajapinnan luomista tai spesiaaliliittimien hankkimista. (Ilvonen 2014.)

Toisinaan testiasemia joudutaan siirtämään niin tehtaan sisällä kuin tehtaiden välilläkin. Siirron syynä voi olla esimerkiksi alihankkijan muutos, jolloin testiasema siirretään uudelle alihankkijalle. Kun asema on kokoonpantu helposti siirreltävästä kokonaisuudesta, on siirtäminen helpompaa. Osaltaan siirtoa helpottaa myös standardoitujen liittimien käyttö. Näin jopa ulkomaille suuntautuvat siirrot on mahdollista toteuttaa yksinkertaisemmin. (Ilvonen 2014.)

### 7.1.2 Testausalusta

Testausalustana tulee toimimaan Vaisalan VTX2 (Vaisala Test Executive 2), jonka ohjelmointikielenä on C#. VTX2 on käytössä jo uudemmissa testiasemissa, mutta myös aikaisemmat testaussovellukset on tarkoitus siirtää samalle alustalle. Yleisesti käytössä olevan alustan käyttäminen parantaa muun muassa sovelluksen käytettävyyttä ja ylläpidettävyyttä. Kun jokaisen käytössä olevan sovelluksen käyttöliittymä ja toimintaperiaate on samankaltainen, on uuden testiohjelman toiminnan omaksuminen helpompaa. VTX2:ssa on myös luotuna valmiita rajapintoja Vaisalan muihin sovelluksiin ja antureihin, joten erilaisten ominaisuuksien käyttöönotto on helppoa. Alla olevassa kuviossa 4 on esiteltyinä joitakin ominaisuuksia, joita VTX2:n avulla on mahdollista hyödyntää. (Vaisala 2014d.)



KUVIO 4. VTX2:n rajapinnat (Vaisala 2014d)

Lean Print on materiaalien keruun ja laitevalmistuksen apuna käytettävä sovellus, joka tuottaa työpaperit tuotantoon. Työpapereista selviää muun muassa laitteen tuotetieto, sarjanumero ja konfiguraatiokoodi. Näiden lisäksi työpaperiin on listattuna kaikki laitteen kokoonpanoon tarvittavat osat. Lean Printin avulla voidaan tuoda testisovellukselle lähestulkoon kaikki testauksessa tarvittavat tiedot. VTX2:n käyttäjien hallinnalla voidaan määrittää erilaisia oikeuksia sovelluksen käyttäjille, mutta se mahdollistaa myös esimerkiksi sähköisen allekirjoituksen käyttämisen. Instrumenttirekisterissä säilytetään tietoja kaikista

kalibroitivista referenssimittalaitteista. Jokaiselle referenssille on oma tunnistenumerosa, jota vastaan voidaan selvittää, milloin referenssi on viimeksi kalibroitu ja millon sen seuraava kalibrointi on. Instrumenttirekisterin avulla voidaan aseman käyttö estää silloin, kun referenssilaitteiden kalibrointi on vanhentunut. Näin voidaan varmistua siitä, että käytettävät referenssit ovat toimivia ja ajan tasalla. (Vaisala 2014d.)

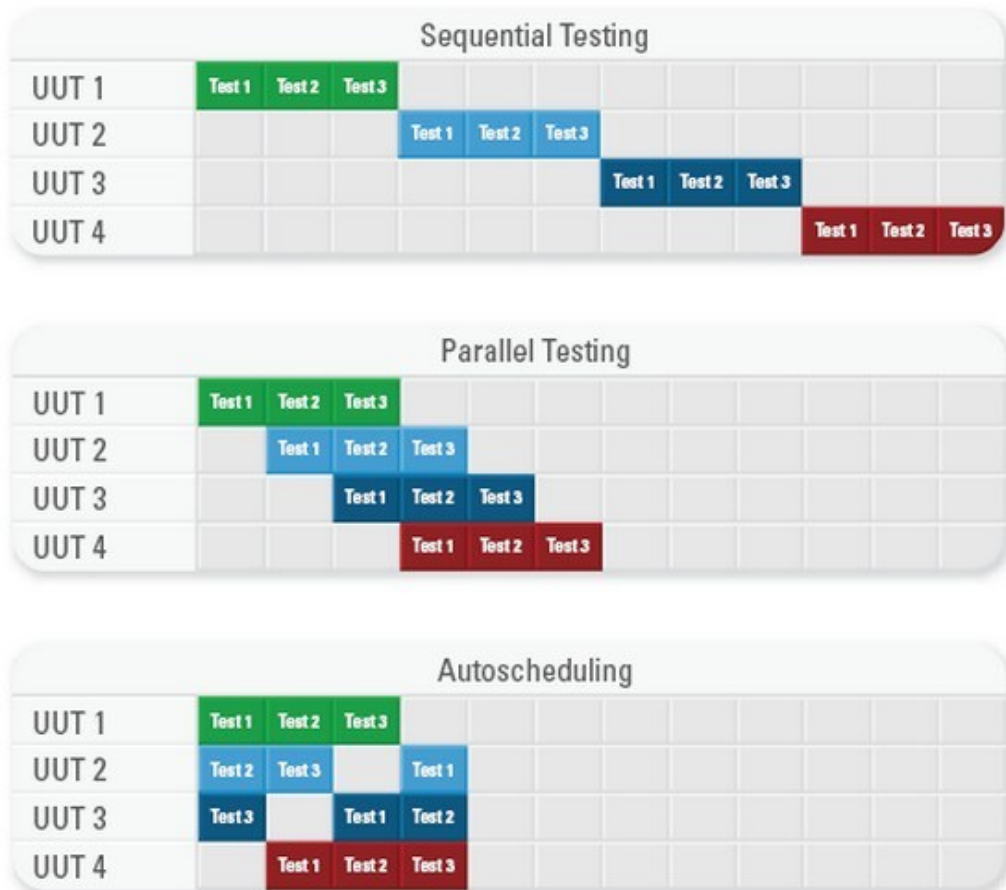
CAT on tietokanta, jonne tallennetaan testaukseen, kalibrointiin ja jäljitettävyyteen liittyvää dataa. CAT-tietokannasta löytyy esimerkiksi testatun laitteen tiedot ja testiarvot sekä testiin liittyvät spesifikaatiot. View Lincin avulla voidaan lukea ympäristöreferenssin arvoja. Näin saadaan tietoon esimerkiksi tietyn tilan lämpötila ja kosteus. Ympäristöreferenssin näyttämiä arvoja käytetään useimmiten kalibrointiolosuhteiden valvonnassa, mutta niitä voidaan hyödyntää myös laitteiden kalibroinnissa. VTX2:n avulla on mahdollista tulostaa automaattisesti erilaisia testiraportteja ja sertifikaatteja. (Vaisala 2014d.)

VTX2:n kanssa on käytössä National Instrumentsin TestStand. TestStandin avulla voidaan toteuttaa testaus hyödyntäen olemassa olevia koodimoduuleita. Testisovellus koostuu jaksoista, jotka sisältävät testivaiheita. Testivaiheet taas voidaan luoda esimerkiksi valmiiden koodimoduuleiden funktioita käyttäen. Merkittävä ominaisuus on tuki usealle eri ohjelmointikielelle, joita voidaan käyttää myös ristiin. Näin pystytään käyttämään tehokkaasti aikaisemmin ohjelmoituja koodeja. (National Instruments 2014b.)

Tyypillisesti laitteiden testaus on suoritettu joko yksittäin tai isommissa erissä, jolloin kalibrointi alkaa ja päättyy kaikkien laitteiden kohdalla samanaikaisesti. Tällöin kulloinenkin testivaihe suoritetaan kaikille laitteille ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä. TestStand sallii joustavamman testauskehityksen tukemalla erilaisia prosessimalleja. Kuviossa 5 on esitelty testivaiheiden erilaisia suoritustapoja. Kaikissa esimerkeissä neljälle laitteelle suoritetaan kolme vaihetta sisältävä testaus, mutta toteutus vaihtelee. (National Instruments 2014b.)



Optiikan testauksessa haluttaisiin hyödyntää keskimmäistä mallia. Tällöin laitteita voi olla testauksessa useampi samanaikaisesti, mutta niitä hallitaan kuitenkin yksittäisinä. Laitteet laitettaisiin kalibrointiin sitä mukaa kun ne ovat kokoonpantuja ja ne myös valmistuisivat kalibroinnista yksitellen. Tämä malli ei kuitenkaan sovellu optisten antureiden testaukseen. Manuaalisten työvaiheiden määrä ja kesto vaihtelee, joten niiden jaksottaminen tuotannollisesti on hankalaa. Toimivampi ratkaisu tämänkaltaisessa testauksessa on kuviossa 5 ylimpänä oleva malli, jossa laitteiden testaus suoritetaan yksittäin.



KUVIO 5. Testivaiheiden hallinta (National Instruments 2014b)

### 7.1.3 Testilaitteisto

Useimmissa laitteissa käyttöjännite on joko 115 tai 230 voltin vaihtojännite, mutta PWD:n testaamiseen käytetään 24 voltin tasajännitettä. PWD:n testausta varten tarvitaan siis tasajännitelähde, joka kykenee tuottamaan 24 voltin jännitteen 3 ampeerin virralla. Muiden tuotteiden kohdalla voidaan hyödyntää verkkosähköä, joskin 115 voltin suuruisen vaihtojännitteen tuottamiseen tarvitaan muuntaja. Laitteisiin on konfiguroituna mahdollisuus sekä RS232- että RS485-standardin mukaiseen sarjaliikenteeseen, mutta kommunikaatio voi tapahtua myös modeemin välityksellä. (Vaisala 2014c.)

Eräs vaihtoehto sarjaliikenneyhteyden ja jännitelähteen toteuttamiseksi on PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) -järjestelmä, jota valmistaa muun muassa National Instruments. PXI-kotelot ovat kuvan 7 kaltaisia, ja niiden kokoonpanoa on mahdollista mukauttaa moduulikorteilla tarpeen mukaan. Moduulit mahdollistavat myös uusien testiominaisuuksien lisäämisen helpommin. Koteloon voidaan lisätä esimerkiksi oskilloskooppikortti, joka on tarpeen joissain optiikan testauksissa. Tilankäytöllisesti PXI on hyvä vaihtoehto. Vastaavanlaisia on käytössä jo joissain testiasemissa, joten ajureita ja varaosiaakin on olemassa. Tämänhetkessä PXI-korttivalikoimassa ei kuitenkaan ole jännitelähdettä, joka täyttäisi PWD:n testaukseen liittyvät vaatimukset. Oskilloskooppikorttiakaan ei tarvita kaikissa testiasemissa. Pelkän sarjaliikenteen toteuttaminen PXI-järjestelmällä taas ei ole järkevää. (National Instruments 2014c.)



KUVA 7. Kalustettu PXI-kotelo (National Instruments 2014c)

Toinen vaihtoehto on käyttää erillistä jännitelähdettä ja sarjaliikennemuunninta. Useissa testiasemissa on jännitelähteenä Agilent Technologiesin valmistama E3632A, joka soveltuu tähänkin tarkoitukseen. Kuvassa 8 näkyvä E3632A on ohjattavissa GPIB (General Purpose Interface Bus) -väylän ja RS232-yhteyden kautta. Näin jännitteitä pystytään tarvittaessa säätämään sovelluksen kautta. (Agilent Technologies 2014.)



KUVA 8. E3632A-jännitelähde (Agilent Technologies 2014)

Sarjaliikenneyhteyksien toteuttaminen taas onnistuu esimerkiksi tietokoneeseen lisättävien PCI (Peripheral Component Interconnect) -korttien tai erillisen sarjaporttimuuntimen avulla. Testiasemalla halutaan testata montaa laitetta kerrallaan, joten sarjaportteja vaaditaan useampi. National Instrumentsilta löytyy esimerkiksi kuvan 9 PCI Express-kortti PCIe-8430/8, jossa on mahdollisuus kahdeksaan RS232-liityntään. Vastaavanlainen kortti PCIe-8431/8 taas mahdollistaa kahdeksan liitäntää RS485-muotoiselle sarjaliikenteelle.



KUVA 9. PCIe-kortti (National Instruments 2014a)

PCI-korttien käyttäminen saattaa kuitenkin hankaloittaa ylläpidettävyyttä, sillä kortit kytketään tietokoneen emolevyyn. Yhteensopivuusongelmia saattaa ilmetä testauksessa käytettävän tietokoneen tai käyttöjärjestelmän vaihtuessa.

Ylläpidettävyyden kannalta helpompi vaihtoehto lienee kuvassa 10 oleva erillinen Digin Edgeport/4s MEI-sarjaporttimuunnin, joka voidaan kytkeä USB-liittimeen. Kyseisessä muuntimessa on 4 sarjaliikenneporttia, jotka voidaan ohjelmallisesti muuttaa tukemaan niin RS232- kuin RS485-muotoistakin yhteyttä. Kun käytetään tämänkaltaista sarjaliikennemuunninta PCI-korttien sijasta, on vaihtaminen tai lisääminen huomattavasti yksinkertaisempaa ja nopeampaa. (Digi International Inc 2014.)



KUVA 10. Sarjaporttimuunnin (Digi International Inc 2014)

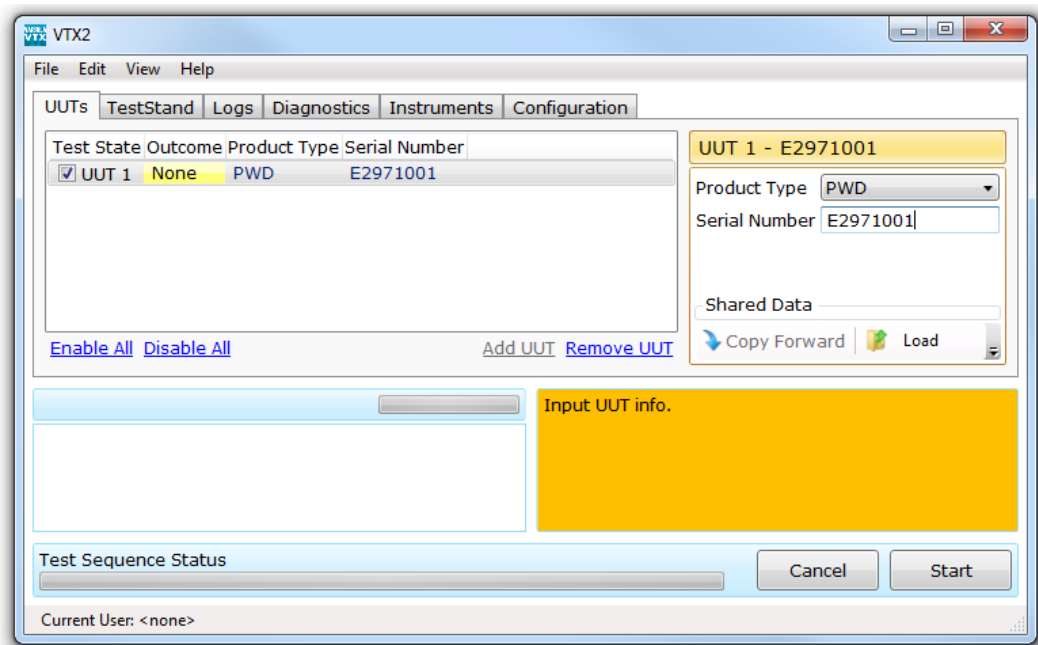
## 7.2 Automatisointi

Tuotteen testaaminen edellyttää huomattavan määrän manuaalista konfigurointia sekä tulosten kirjaamista. Näiden työvaiheiden automatisoimisella pystytään helpottamaan ja yhtenäistämään työskentelyä sekä minimoimaan virheiden mahdollisuus.

Testauksen suorittamiseen käytetään pääsääntöisesti noin viittä eri ohjelmaa. Samanaikaisesti on useimmiten käytössä konsolisovellus konfiguroimista varten, Excel testiraporttien täyttämiseen ja Word ohjeiden lukemiseen. Useimpien näiden sovellusten toiminta voidaan suorittaa jo testiohjelmassa itsessään, mutta muidenkin sovellusten ajaminen voi tapahtua sen kautta. Näin testauksen suorittamiseen ei tarvita kuin yhtä ohjelmaa.

## 7.2.1 Tuotetietojen syöttäminen

Testauksen aikana esimerkiksi laitteen tuotenimi ja sarjanumero kirjataan useampaan paikkaan. Tämänkaltaisten tietojen kerääminen voi tapahtua joko sovelluksen alussa ennen testin aloittamista, tai vaihtoehtoisesti erillisen tuotannonohjaukseen liittyvän sovelluksen kautta. Tällöin jo kokoonpanovaiheessa voidaan linkittää tietyllä sarjanumerolla olevaan laitteeseen siinä käytettyjen osien erät ja versionumerot. Testausvaiheessa ohjelma hakee sarjanumeron avulla laitteeseen liittyvät kokoonpanotiedot. Käyttöliittymä voi silloin olla niinkin yksinkertainen kuin alla olevassa kuvassa 11.



KUVA 11. VTX2:n käyttöliittymä

Tuotetietojen syöttämistä varten on hyvä olla viivakoodinlukija niin työn helpottamiseksi kuin virheiden minimoimiseksi. Tähän tarkoitukseen soveltuu esimerkiksi Honeywellin 1900GHD2, joka pystyy lukemaan viivakoodien lisäksi myös tekstiä. (Honeywell International Inc 2011.)

### 7.2.2 Ohjelmiston lataus

Ohjelmiston lataaminen on mahdollista suorittaa joko konsoliyhteyden kautta tai erillisen sovelluksen avulla. Lataussovellusta käytettäessä laitteelle ladattava ohjelmisto käydään valitsemassa hakemistopolkua selaamalla. Tämän lisäksi valitaan latauksessa käytettävä sarjaliikenneportti sekä määritellään sarjaliikenneyhteyden asetukset. Ohjelmiston latauksen kesto vaihtelee tuotteittain, mutta aikaa kuluu vähintään muutama minuutti. Samanaikaisesti ei ole mahdollista suorittaa muita toimenpiteitä, joten lataus aiheuttaa turhaa odottelua operaattorille. Ohjelmiston lataukseen kuluva aika ei ole mahdollista lyhentää. Tekniikka mahdollistaa tiedonsiirtonopeuden kasvattamisen nykyisestä 9600 merkistä jopa 115200 merkkiin sekunnissa, mutta testattavat laitteet eivät tue nykyistä korkeampia nopeuksia.

Vaikka tätä testin osuutta ei voida ajallisesti lyhentää, on se mahdollista tehdä nykyistä helpommin. Testisovellus voi suorittaa ohjelmiston latauksen, jolloin operaattorin ei tarvitse käyttää erillistä sovellusta ohjelmiston lataamiseen. Näin operaattori säästyy ohjelmiston etsimiseltä, kun ohjelma hakee sen automaattisesti. Jos ohjelmiston lataus on mahdollista suorittaa muiden automatisoitujen toimintojen yhteydessä, välttämättömän odotusajan voi hyödyntää tehokkaammin.

### 7.2.3 Laitteen konfigurointi

Konfigurointi tapahtuu pääosin käsin konsoliyhteyttä ja vaihtelevia ohjeistuksia käyttäen. Joissain työvaiheissa on avustavia skriptejä käytössä, mutta niiden toiminta on epävarmaa. Ongelmaa ilmenee eniten Windows 7 -käyttöjärjestelmää käytettäessä. Tuotteen konfiguroimiseen vaaditut tiedot ovat pääsääntöisesti hajautettuina läpi testausohjeen. Tämä hankaloittaa vaadittujen kommentojen löytämistä ja on siten merkittävä riski laitteen toimivuuden kannalta.

Laitteen konfiguroimisen on hyvä sujua mahdollisimman automaattisesti. Tämä voisi tapahtua niin, että tuotetiedon syöttämällä ohjelma osaa antaa laitteelle oikeat asetukset. Vaihtoehtoisesti asetukset voidaan hakea myös konfiguraatiokoodin pohjalta. Tärkeintä on kuitenkin, että sovellus suorittaa

konfiguroimisen. Tällöin operaattorin ei tarvitse selata 60-sivuista testausohjetta läpi oikeiden asetusten ja komentojen löytämiseksi.

#### 7.2.4 Testitulosten kirjaaminen

Testitulokset kirjataan Excel-pohjaisiin raportteihin käsin. Kirjattujen tietojen tyyli vaihtelee etenkin tekstiä edellyttävien kenttien kohdalla. Jos jotakin optiota ei mene testattavaan laitteeseen, saattaa testiraportissa olla kyseisessä kohdassa tyhjää, viiva tai teksti N/A. Kenttään merkitään N/A tyypillisesti silloin, kun tiettyä optiota ei ole asennettu. Samoin option toimivuutta indikoivan kentän sisältö saattaa olla kirjoitettuna joko isolla alkukirjaimella, kokonaan pienillä tai kokonaan isoilla kirjaimilla. Numeraalisia arvoja sisältävissä kentissä eroa on lukujen tarkkuuden suhteen.

Kun testisovellus suorittaa testitulosten käsittelyn ja kirjaamisen, pystytään tuottamaan aina samanlaisia testiraportteja ja sertifikaatteja. Sovellus voi tulostaa laitteiden mukaan menevät muut dokumentit kuten asiakaskohtaiset sertifikaatit, joiden tulostaminen on ollut tekijän muistin varassa. Tämä parantaa tuotteen laatua asiakkaan silmissä, kun kaikki vaaditut dokumentit löytyvät ja ovat aina samanlaisia.

#### 7.2.5 Laitetarrojen tulostaminen

Laitetarra on laitteeseen kiinnitettävä tarra, jossa on kerrottuna laitteen tietoja. Useimmiten nämä sisältävät vähintään tuotteen tyypin, sarjanumeron sekä konfiguraatiokoodin. Laitteen lisäksi tarroja kiinnitetään pakkauslaatikkoon, joten laitteiden mukana menee muutama laitetarra pakkausta varten. Pakkauksessa käytetyissä tarroissa lukee edellä mainittujen tietojen lisäksi myyntitilausnumero, jotta tiedetään, mille myyntitilaukselle laite on menossa.

Tarrojen tulostuksessa käytettäviä pohjia on useita ja operaattorin täytyy manuaalisesti täyttää tiedot. Laitteiden mukana menevien tarrojen lukumäärä saattaa vaihdella konfiguraatiosta riippuen, joten operaattorin täytyy tietää, kuinka monta kutakin tulostetaan. Osa operaattoreista tulostaa laitetarrat jo ennen testiä,

osa taas vasta läpi menneen testin jälkeen. Tulostukselle eikä sen ajankohdalle siis ole yhtenäistä käytäntöä. Tämä osaltaan hankaloittaa menossa olevan tuotantovaiheen tunnistamista.

Laitetarrojen tulostamisen automatisointi on mahdollista ja monessa testiasemassa sitä onkin jo hyödynnetty. Sovellukseen määritellään eri tapauksissa vaadittujen tarrojen lukumäärä ja käytettävät tarrapohjat. Tulostusvaiheessa ohjelma täydentää laitteen tiedot määriteltyihin tarrapohjiin ja tulostaa tarvittavan määrän laitetarroja. Laitetarrat tulostuvat ainoastaan siinä tapauksessa, että laite on mennyt kalibroinnista hyväksytyksi läpi. Näin kalibroidut laitteet on helppo erottaa kalibroimattomista.

Laitetarrojen tulostamisessa on käytetty pääsääntöisesti joko Avery Dennisonin tai Zebran tulostimia. Käytössä olevista Avery Dennisonin malleista uusin on AP5.4. Zebran tulostimia on käytössä muutamassa testiasemassa ja niistä uusin malli on 105SLPlus. Kuvassa 12 on esitelty yllä mainitut tarratulostimet. Merkittävin ero näiden välillä on Zebrassa oleva mahdollisuus kahden erilaisen tarramateriaalin käyttämiseen samanaikaisesti. Tällöin voidaan tulostaa sekä paperi- että metallipintaisia tarroja samalla tulostimella ilman erillisiä toimenpiteitä. Optiikan tuotteisiin tarvittavat laitetarrat ovat kuitenkin ohjelmistoversion sisältävää tarraa lukuunottamatta metallipintaisia, joten tämä ominaisuus ei ole pakollinen.



KUVA 12. Tarratulostimia (Avery Dennison 2011; Zebra Technologies 2013)



## 8 PROSESSIN KEHITTÄMINEN

Testausprosessi käsittää itse testauksen lisäksi monta muutakin osa-aluetta ja edellyttää toimenpiteitä myös muilta tahoilta kuin pelkästään tuotantotiimiltä. Jotta koko prosessin kyvykkyys saadaan maksimoitua, täytyy kaikkien siihen liittyvien asioiden olla kunnossa.

### 8.1 Tiedon kerääminen ja hallinta

Koska aikaisemmin ei ole ollut käytössä varsinaista testiohjelmaa, on saantotiedon ja testausdatan kerääminen ollut vaihtelevaa. Saannolla tarkoitetaan testattujen laitteiden läpimenoprosenttia. Joidenkin tuotteiden ensisaanto kirjataan muitten tietojen tapaan Excel-taulukkoon. Operaattorit merkitsevät ylös, jos laite ei mene ensimmäisellä testauskerralla läpi. Mahdollinen syy hylkäykselle merkataan vapaamuotoiseen tekstikenttään, joten esimerkiksi hylkäyssyiden kategorisoiminen jatkotoimenpiteiden vuoksi on työlästä. Testausdata taas on testaukseen liittyvää tietoa esimerkiksi laitteen asetuksista ja toiminnasta. Laitteen lopulliset asetukset tallennetaan tekstitiedostoon.

Pääsääntöisesti kaikki testaukseen liittyvä tieto on tallennettuna CAT-tietokantaan. Optiset tuotteet ovat tässä suhteessa poikkeuksellisia, mutta tämä seikka halutaan korjata. Erilaisten Excel-taulukoiden ja tekstitiedostojen sijasta testausdata tulee tallettaa tietokantaan. Tietokantaan halutaan tallettaa myös tuotteiden jäljitettävyyteen liittyviä tietoja. Näitä ovat muun muassa laitteen sarjanumero ja kasauksessa käytettyjen komponenttien eränumerot.

Alihankkijalla testatuista komponenteista kerätään testaustuloksia ja muuta dataa. Tiedot siirtyvät kuitenkin Vaisalalle vain pyydettyäessä. Tämä on koettu ongelmaksi myös muidenkin kuin optisten tuotteiden osalta. Tiedonsiirron kehittäminen on tärkeää muun muassa tuotteiden laadun seuraamiseksi. Kun saadaan parempi näkyvyys alihankkijan testaukseen, voidaan helpommin havaita mahdolliset poikkeamat.

## 8.2 Ohjeistus

Käytäntö ohjeistusten suhteen vaihtelee huomattavasti eri laitteiden testausten suhteen. Osassa testeissä käytetään virallista testausohjetta, joissain taas on käytössä tiimissä koostettu olennaisimmat kohdat sisältävä niin sanottu pikaohje. Muutamassa testissä ohjetta ei käytetä lainkaan, vaan testiraporttiin täytettävät tiedot ohjaavat testausprosessin kulkua. Yhtenäisen ohjeistuksen merkitys on suuri, kun halutaan testaus toteutettavaksi aina samalla tavoin. Ohjeiden tulee kuitenkin olla myös tuotantokäyttöön soveltuvia. Tarvittavien tietojen täytyy olla helposti löydettävissä ja selkeästi luettavissa. Monelle taholle suunnatut ohjeet eivät välttämättä täytä näitä vaatimuksia.

Testauksen automatisoinnilla pystytään omalta osaltaan vähentämään tarvittujen ohjeiden määrää ja laajuutta. Ideaalitulanteessa testauksen ohjeistus tapahtuu testisovelluksen toimesta. Tällöin erillistä ohjetta ei edes välttämättä tarvita testauksen suorittamiseksi.

## 8.3 Laadunvarmistus

Tuotteen laatua seurataan läpi prosessin muun muassa vastaanotossa, tuotannossa ja lähettämössä. Laatua seurataan lähinnä visuaalisesti, jolloin taso on arvioijasta kiinni. Laadun monitorointia haluttaisiinkin kehittää yhtenäisen linjan saavuttamiseksi. Pelkän visuaalisen tarkistuksen lisäksi laatua halutaan mitata konkreettisilla mittauksilla. Toiveena on integroida kyseiset tarkistukset testisovellukseen, jolloin ne tulevat aina suoritetuiksi.

## 8.4 Roolit ja vastuut

Prosesseihin liittyvät vastuut tulee olla selkeästi määritelty. Testiaseman yksinkertaisimmat huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa tuotantotiimin toimesta. Samoin osa testausongelmista on operaattorien ratkottavissa. Tärkeintä on kuitenkin määritellä selkeästi tilanteet, joissa käännytään ylläpitotiimin puoleen. Testausprosessin muuttuessa on varmistettava viimeisimpien dokumenttien ja ohjeistuksien päätyminen tuotantoon sekä Vaisalassa että alihankkijalla.

## 9 TYÖYMPÄRISTÖN KEHITTÄMINEN

Työympäristön olosuhteista halutaan sellaiset, ettei operaattoreille tai laitteille aiheudu vaaraa missään tilanteessa. Merkittävimmät seikat tältä kannalta ovat työturvallisuudesta huolehtiminen sekä sähköstaattisilta purkauksilta suojautuminen.

### 9.1 Työturvallisuus

Työturvallisuuden tasoa voidaan määrittää muun muassa erilaisten auditointien avulla. Työturvallisuus työpaikalla -työkirja sisältää useita tarkistuslistoja, joiden pohjalta työympäristön turvallisuutta on hyvä lähteä kartoittamaan. Tarkistuslistat ottavat kantaa niin koko työtilan kuin yksittäisten laitteidenkin turvallisuuteen. Uuden testausympäristön ei haluta aiheuttavan mitään riskejä, joten nämä on hyvä ottaa huomioon jo alkuvaiheessa. (Työturvallisuuskeskus 2012.)

Työtilan turvallisuuteen vaikuttaa muun muassa yleinen siisteys ja tarpeettomien tavaroiden määrä. Työskentelyä varten tulee olla järjestettynä riittävästi tilaa ja kunnollinen valaistus. Kulkureittien taas tulee olla selkeät ja esteettömät. Näin pystytään mimoimaan kompastumis- ja liukastumisvaaraa. Häätätilanteen varalta ensiapukaappien, alkusammutuskaluston sekä hätäpoistumisteiden tulee olla kunnossa ja esteettömiä. (Työturvallisuuskeskus 2012.)

Laitteiden sekä koneiden työturvallisuutta edistävät kunnolliset käyttöohjeet ja varoitukset. Koneen luonteesta riippuen täytyy huolehtia myös muun muassa tarvittavien suojarakenteiden ja turvalaitteiden olemassaolosta. Eräs huomioitava seikka on laitteen soveltuvuus käyttöpaikalle. Lämpö- ja kosteusolojen tulee olla sopivat, mutta myös tilaa tulee olla riittävästi. (Työturvallisuuskeskus 2012.)

### 9.2 ESD-suojaus

ESD tarkoittaa staattisen sähköön purkausta, joka voi vaurioittaa elektroniikkaa sisältäviä laitteita. Vika voi ilmetä komponentin suorituskyvyn tai toiminnan vaihteluna; laite saattaa jopa lopettaa toimintansa kokonaan. Ongelmallisimpia ovat tilanteet, joissa vika ilmenee komponentin elinkaaren lyhenemisenä. Muut

viat voidaan saada jo tuotannossa kiinni, mutta viimeisin tilanne näkyy tyypillisesti vasta asiakkaalla. Osana laadunhallintaa pyritään minimoimaan sähköstaattisten purkausten ilmeneminen kunnollisella ESD-suojauksella. (Vaisala 2014b.)

Testauspisteessä käytettävät materiaalit ja työkalut tulee olla EPA-alueelle soveltuvia. EPA-alueeksi kutsutaan staattisen sähkön purkauksilta suojattua aluetta. Kaikkien työtasojen, niiden runkojen sekä mahdollisen ESD-maton tulee olla maadoitettuja. Jos testauspisteelle tarvitaan apuvälineitä laitteiden kytkemistä varten, tulee ne olla valmistettu staattista sähköä poistavista materiaaleista. ESD-suojaus tulee huomioida myös materiaalin säilytyksessä ja kuljetuksessa käytettyjen tavaroiden osalta. Henkilösuojauksesta taas huolehditaan muun muassa ESD-kenkien, -takkien ja -käsineiden avulla. Näin työntekijöiden aiheuttamia sähkönpurkauksia voidaan vähentää. (Vaisala 2014b.)

## 10 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutustua optisten tuotteiden tuotantotestaukseen ja määritellä tavoiteltava taso, jolle testausprosessi halutaan saada. Tämän lisäksi haluttiin löytää tehokkaimmat keinot tavoitetasolle pääsemiseksi. Perehdyttäessä optisten tuotteiden testaukseen saatiin kattavasti selvitettyä testausprosessin nykytaso ja ongelmalliset kohdat. Näiden ja sidosryhmien vaatimusten perusteiden pohjalta suunniteltiin uusia konsepteja testauksen toteuttamiseksi.

Valitussa konseptissa ideana oli mahdollistaa kaikkien optisten tuotteiden testaaminen samalla asemalla, mutta myös usean laitteen samanaikainen testaus. Aluksi useamman laitteen samanaikaista testausta pidettiin ideaalisena toteutustapana esimerkiksi kapasiteetin ja ajankäytön kannalta, mutta se jouduttiin hylkäämään tuotantoon soveltumattomuuden vuoksi. Tuotannon pitäminen selkeänä ja yksinkertaisena ei ole mahdollista, ellei laitteita testata yksitellen.

Uutta testiasemaa kehitettäessä tulee huomioida pitkälti samat asiat tuotteesta ja testaustavasta riippumatta. Tämän takia esimerkiksi aseman ylläpidettävyyteen vaikuttavat asiat ovat yleishyödyllistä tietoa muidenkin tuotteiden testauskehityksessä. Samalla tavoin useimmat testausprosessiin liittyvistä ongelmista ja puutteista eivät koske pelkästään optisia antureita. Näin ollen myös ratkaisuehdotukset ovat pitkälti hyödynnettävissä muidenkin tuotteiden testausta kehiteltäessä.

Automatisoinnin määrällä on huomattava vaikutus testauksen suorittamiseen. Testaukseen kuluva aikaa on mahdollista lyhentää arviolta noin kolmanneksen verran, joissain tapauksissa jopa puolet. Automatisoimalla pystytään helpottamaan myös operaattorin työkuormaa, kun manuaalisen kirjaamisen ja tulosten analysoinnin määrä vähenee.

Testausprosessin päivittäminen mahdollistaa tuotteiden laadukkuuden varmistamisen ja tuotannon tehostamisen sekä antaa paremmat valmiudet ennaltaehkäistä testauksesta johtuvia ongelmia. Opinnäytetyön aikana tehty kattava tutkimustyö ja testimäärittelydokumentti antavat hyvän lähtökohdan uuden testiaseman toteuttamiseen.

## LÄHTEET

- Agilent Technologies. 2014. E3632A 120W Power Supply [viitattu 3.3.2014].  
Saatavissa: <http://www.home.agilent.com/en/pd-835964-pn-E3632A/120w-power-supply-15v-7a-or-30v-4a?&cc=FI&lc=fin>
- Avery Dennison. 2011. AP5.4 Barcode Printers [viitattu 6.3.2014]. Saatavissa:  
<http://www.avery-printers.com/AP5.4.htm>
- Digi International Inc. 2014. Edgeport USB-to-serial converters [viitattu 6.3.2014]. Saatavissa: <http://www.digi.com/products/usb/edgeport>
- Honeywell International Inc. 2011. Xenon 1900 Datasheet [viitattu 4.3.2014].  
Saatavissa:  
[http://www.honeywellaidc.com/CatalogDocuments/Xenon1900\\_DS\\_RevD\\_1211\\_EN.pdf](http://www.honeywellaidc.com/CatalogDocuments/Xenon1900_DS_RevD_1211_EN.pdf)
- Ilmatieteen laitos. 2013. Säähavainnot [viitattu 3.1.2014]. Saatavissa:  
<http://ilmatieteenlaitos.fi/saahavainnot>
- Ilmatieteen laitos. 2014. Untuvapilvi Cirrus [viitattu 24.1.2014]. Saatavissa:  
<http://ilmatieteenlaitos.fi/untuvapilvi-cirrus>
- Metropolia Confluence. 2010. Optiset – Koneautomaatio [viitattu 4.1.2014].  
Saatavissa: <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Optiset>
- National Instruments. 2014a. NI PCIe-8430/8 (RS232) [viitattu 6.3.2014].  
Saatavissa: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/fi/nid/207739>
- National Instruments. 2014b. Optimizing Test System Performance With Parallel Testing Technologies [viitattu 7.3.2014]. Saatavissa:  
<http://www.ni.com/teststand/optimize/>
- National Instruments. 2014c. What is PXI? [viitattu 14.2.2014]. Saatavissa:  
<http://sine.ni.com/np/app/main/p/ap/global/lang/fi/pg/1/sn/n24:PXI-FSLASH-CompactPCI/fmid/3/#tab1>
- Pelin, R. 2008. Projektihallinnan käsikirja. Jyväskylä: Gummerus.

Quality Magazine. 2005. Quality 101: An introduction to Gage R&R [viitattu 11.4.2014]. Saatavissa: <http://www.qualitymag.com/articles/83529-quality-101-an-introduction-to-gage-r-r>

Työturvallisuuskeskus. 2012. Työturvallisuus työpaikalla - Lomakkeet [viitattu 27.2.2014]. Saatavissa: [http://www.tyoturva.fi/files/1162/tyoturvallisuus\\_tyopaikalla\\_lomakkeet.pdf](http://www.tyoturva.fi/files/1162/tyoturvallisuus_tyopaikalla_lomakkeet.pdf)

Vaisala. 2010a. CL31 Datasheet [viitattu 20.1.2014]. Saatavissa: <http://www.vaisala.fi/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datasheets/CL31-Datasheet-B210415EN-C-LOW-v1.pdf>

Vaisala. 2010b. CL51 Datasheet [viitattu 20.1.2014]. Saatavissa: [http://www.vaisala.fi/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datasheets/CL51\\_B210861EN-A-LoRes.pdf](http://www.vaisala.fi/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datasheets/CL51_B210861EN-A-LoRes.pdf)

Vaisala. 2010c. FS11 Datasheet [viitattu 22.1.2014]. Saatavissa: <http://www.vaisala.fi/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datasheets/FS11-Datasheet-B210244EN-D-LOW-v5.pdf>

Vaisala. 2010d. LT31 Datasheet [viitattu 22.1.2014]. Saatavissa: <http://www.vaisala.fi/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datasheets/WCO-APS-LT31-Datasheet-B210416EN-C-LoRes.pdf>

Vaisala. 2010e. PWD50 Datasheet [viitattu 3.1.2014]. Saatavissa: [http://www.vaisala.fi/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datasheets/PWD50\\_Datasheet\\_B211069EN-A-lores.pdf](http://www.vaisala.fi/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datasheets/PWD50_Datasheet_B211069EN-A-lores.pdf)

Vaisala. 2013b. PWD product family brochure [viitattu 3.1.2014]. Saatavissa: <http://www.vaisala.fi/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datasheets/MET-RDS-PWD-Family-brochure-B210385EN-D-LOW-v1.pdf>

Vaisala. 2013c. Tieliikennesää [viitattu 3.1.2014]. Saatavissa: <http://www.vaisala.fi/fi/roads/applications/surfacetransportationweather/Pages/default.aspx>

Zebra Technologies. 2013. Zebra 105SLPlus [viitattu 6.3.2014]. Saatavissa: <http://www.zebra.com/content/dam/zebra/product-information/en-us/brochures-datasheets/industrial/105slplus-datasheet-en-us.pdf>

#### Julkaisemattomat lähteet

Ilvonen, V. 2014. Testiaseman ylläpito [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Laine, S. Lähetetty 28.2.2014.

Korkea-aho, T. 2014. Re: Testiaseman ylläpito [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Laine, S. Lähetetty 3.3.2014.

Vaisala. 2010f. PWD Series Presentation. Koulutusmateriaali.

Vaisala. 2013a. LT31 User's Guide. Tuotteen manuaali.

Vaisala. 2014a. Risk management. Projektin riskien hallintaan liittyvä dokumentti.

Vaisala. 2014b. Staattinen sähkö ja ESD – Suojattu ympäristö. Koulutusmateriaali.

Vaisala. 2014c. Test Instruction PWD. Testausohje.

Vaisala. 2014d. VTX2 platform. Koulutusmateriaali.