

Jukka Piironmaa

Määrittyslautojen huoltoprosessin kehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

30.1.2013

Alkulause

Tämä insinööriyö on tehty yhteistyössä Vaisala Oyj:n kanssa. Haluan kiittää insinööri Ari Haapakoskea työn ohjauksesta, tiedoista ja avusta. Kiitän myös Vaisala Oyj:n sisäistä huolto-osastoa, erityisesti laiteasiantuntija Marko Autiota ja kaikkia niitä, jotka ovat auttaneet tämän insinööriyön valmistumista.

Haluan myös kiittää Metropolia Ammattikorkeakoulun lehtoria Kai Lindgreniä työni ohjauksesta, tiedoista ja avusta.

Jukka Piironmaa

Tekijä Otsikko	Jukka Piironmaa Määrityslautojen huoltoprosessin kehitys
Sivumäärä Aika	29 sivua + 1 liitettä 30.1.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	elektroniikka ja terveydenhuollontekniikka
Ohjaajat	laitteiston testausinsinööri Ari Haapakoski lehtori Kai Lindgren
<p>Tässä insinööriyössä tutkittiin radiosondien kalibroinnissa käytettävien määrityslautojen toimintavarmuutta, tehtiin mittauksia, joissa pyrittiin selvittämään määrityslautojen yleisimpiä vikoja. Työhön laadittiin ohjeet siitä, millä perusteella määrityslautoja lähetetään huollettavaksi sekä ohjeet siitä, mitä niille huollossa tulee tehdä. Työssä päivitettiin myös huollon dokumentointia. Operaattoreille luotiin uusi ohje määrityslautojen toimittamiseksi huoltoon ja pyrittiin näin parantamaan huollon ja operaattorien välistä kommunikointia.</p> <p>Radiosondituotanto tapahtuu staattiselta sähköltä suojatulla alueella, joten työssä tutustuttiin myös staattiseen sähköön vaikutuksiin. Staattiselta sähköltä suojautuminen on yksi tekijä määrityslautojen vikaantumisen suojaamiseksi.</p> <p>Määrityslaudat on päällystetty paryleenipinnoitteella, jolla suojataan elektroniikka ulkoisilta vaikutuksilta. Paryleeni eristää määrityslaudat sähköisesti kosteasta ympäristöstään. Pinnoite myös minimoi vuotovirrat, lisää juotosten kestävyyttä, vahvistaa mekaanista kestävyttä ja pidentää testimetodin käyttöikä.</p> <p>Tämä insinööriyö oli osa Vaisalan isoa CAL4-määrityslaitteen auditointiprojektia, missä pyrittiin pienentämään tuotannon kustannuksia. Määrityslautojen huollossa vallitsee hyvä tilanne. Vikailmoitukset on saatu pudotettua murto-osaan työtä edeltävältä ajalta.</p>	
Avainsanat	määrityslaudat, radiosondi, paryleeni, staattinen sähkö, ESD

Author Title	Jukka Piironmaa Development of Calibration Board Service Process
Number of Pages Date	29 pages + 1 appendices 30 January 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electronics and Medical Engineering
Instructors	Ari Haapakoski, HW Test Engineer Kai Lindgren, Senior Lecturer
<p>The goal of this thesis was to study reliability of calibration boards which are used in the radiosonde calibration process. Measurements were made, which sought to identify calibration board's most commonly occurring failures. New instruction documents were made specifying in which state calibration boards are sent for maintenance. Also maintenance instructions were written and maintenance documentation was renewed. Communication between operators and maintenance team was sought to be improved.</p> <p>Radiosonde production takes place in ESD protected area, so this thesis we also researched static electricity. Protection against ESD is one of the points which help to protect calibration boards.</p> <p>Calibration boards were parylene conformal coated which protects them from external influences. Parylene electronically isolates calibration board from a moist environment. Conformal coating also minimize leakage currents, strengthen the solders, increases the mechanical strength and prolong the life of the test method.</p> <p>This thesis was part of Vaisala's bigger CAL4-calibrationmachine audits process, which sought to reduce production costs of calibration process. From calibration board's service point of view, things are going well. Fault reports have been minimized from the level before this thesis.</p>	
Keywords	calibration board, radiosonde, parylene, static electricity, ESD

Sisällys

Alkulause

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Radiosondi	2
2.1	Radiosondien historiaa	2
2.2	Radiosondi yleisesti	2
3	Staattinen sähkö	6
3.1	Staattinen sähkö elektroniikassa	6
3.2	Komponenttien vikaantuminen ESD-purkauksessa	7
3.3	Vikaantumismekanismit	7
3.4	Suojautuminen staattisen sähköön purkauksilta	10
3.5	Staattiselta sähköltä suojattu alue	10
3.5.1	Toiminta elektroniikkatuotannossa EPA-alueella	11
4	CAL-4-määrityslaite	12
5	Määrityslautojen kierto testausprosessissa	12
5.1	CAL4-määritys	12
5.1.1	CAL4-määrityksen jälkeen	13
5.1.2	Testaus PTU-lukijalla	13
5.1.3	Siirrettävä lautatesteri	13
6	Määrityslaudat	14
6.1	Paryleenipinnoite	15
6.2	Määrityslautojen tunnistaminen	16
6.3	Määrityslautojen revisiot	17
7	Määrityslautojen vikaantuneisuus	18
7.1	Mittauslaitteisto	18
7.2	Määrityslautoista ilman mittalaitteita havaitut viat	19

7.2.1	Määrityslaudan runkorakenne	19
7.2.2	Määrityslaudan kontaktinastat	20
7.3	Määrityslaudoista mittalaitteilla havaitut viat	21
7.3.1	Määrityslaudan kontaktinastat ja piikit	21
7.3.2	Määrityslaudan liittimet	21
7.3.3	Määrityslaudan komponenttiviaat	22
8	Määrityslautojen huolto	22
8.1	Määrityslautojen huolto käyttöönotosta nykypäivään	22
8.2	Määrityslautojen huolto	23
9	Huoltoprosessin parannusehdotukset	25
10	Yhteenveto	26
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1. Siirrettävä lautatesteri	

Lyhenteet ja käsitteet

RS80	radiosondimalli; suunnittelu aloitettiin 1980
RS92	radiosondimalli; suunnittelu aloitettiin 1992
GPS	Global Positioning System; satelliittipaikannusjärjestelmä
Rocketsondi	rakettisondi; raketilla laukaistava radiosondi
Dropsondi	pudotussondi; laskuvarjolla lentokoneesta pudotettava radiosondi
Loran-C	Long Range Navigation; radioaaltoja käyttävä paikantamisjärjestelmä
ESD	Electrostatic Discharge; staattisen sähkövarauksen siirtyminen kahden kappaleen välillä
EPA	ESD Protected Area; staattiselta sähköltä suojattu alue
ESD-maa	ESD-suojaustarvikkeet ja henkilöt kytkeytyvät samaan maadoituspotentiaaliin
RH	suhteellinen kosteus
PTU	Pressure, Temperature, Humidity; paine, lämpötila, ilman-kosteus

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tutkitaan Vaisala Oyj:n radiosondien kalibroinnissa käytettävien määrittyslautojen kuntoa. Työssä esitellään määrittyslautojen yleisimpiä vikoja, määrittyslautojen huolto-ohjeet, selvitetään määrittyslautojen seuranta ja huoltokutsua. Lisäksi ohjeistuksella pyritään parantamaan huollon ja operaattorien välistä kommunikointia.

Määrittyslauta on kalibrointialusta, jota käytetään radiosondien mittariyksiköiden kalibrointiin CAL4-määrittyslaitteessa. Määrittyslauta koostuu emolevykortista ja kahdeksasta väyläkortista. Jokaiseen väyläkorttiin voidaan asettaa kahdeksan radiosondinmittariyksikköä, joten yhdellä määrittyslautalla pystytään kalibroimaan 64 tuotetta kerrallaan.

Kaikki Vaisalan RS92-tuoteperheen mittariyksiköt kalibroidaan näitä määrittyslautoja käyttäen CAL4-määrittyslaitteella. 16 eri olosuhdekammiossa simuloidaan erilaisia ympäristöolosuhteita. Olosuhdekammiossa olevat mittariyksiköt kalibroidaan kammiokohdaisesti.

Radiosondi on säähavaintolaite, jolla määritellään ilmakehästä ilmankosteus, lämpötila, ilmanpaine sekä tarvittaessa tuulen suunta ja voimakkuus. Radiosondi nousee säähavaintopallon mukana ylöspäin tai se pudotetaan lentokoneesta laskuvarjolla halutusta korkeudesta. Radiosondeja käyttävät ilmatieteiden laitokset ja tutkimusasemat ympäri maailmaa ja niitä lähetetään maa-asemilta päivittäin satoja mittaamaan ilmakehänolosuhteita.

Yleisessä osassa esitellään radiosondin ominaisuuksia ja käydään läpi radiosondin toimintaperiaate. Seuraavaksi esitellään CAL4-määrittyslaite ja muiden määrittelykseen liittyvien testilaitteiden toimintaa. Tämän jälkeen käydään läpi kalibroinnissa käytettyjen määrittyslautojen toiminnallisuutta ja tutustutaan elektroniikkaa suojaavan paryleenipinnoituksen suojausominaisuuksiin. Määrittyslautojen seurantahuollossa huomioitavat asiat käydään läpi. Määrittyslautoista löytyneitä vikoja esitellään sekä ehdotetaan parannuksia työn aikana esiin tulleisiin mekaanisiin ja sähköisiin ongelmiin. Lisäksi seurataan radiosondituotannossa staattisen sähköön mahdollisesti aiheuttamia riskejä. Lopuksi perehdyttiin ESD-suojauksen toimivuuteen staattiselta sähköltä suojatulla alueella.

2 Radiosondi

2.1 Radiosondien historiaa

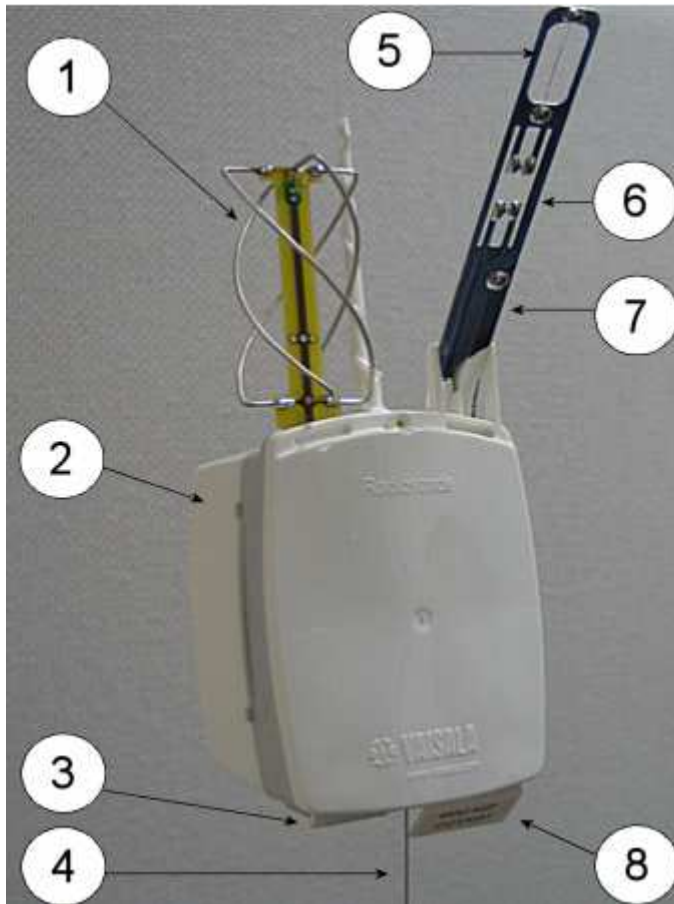
Ensimmäiset ilmasta tehdyt lämpötilan ja paineen mittaukset tehtiin termohygrografia käyttäen 1800-luvun puolivälin jälkeen, leijojen avulla. Leijojen lennättäminen osoittautui haasteelliseksi. Leijat kiinnitettiin narulla maahan, mistä seurasi huono ohjattavuus tuulisissa olosuhteissa sekä matala havaintokorkeus. Vuonna 1892 ranskalaiset Gustave Hermite ja Georges Besancon keksivät käyttää säähavaintopalloa mittauksen tekemiseen.

Vuonna 1929 ranskalainen Robert Bureau kehitti ensimmäisen varsinaisen radiosondin. Vuotta myöhemmin venäläinen Pavel Molchanov lennätti radiosondia, joka lähetti morsettamalla mittausdatan tehden datan lukemisesta helppoa ilman erillistä koulutusta.

Vuonna 1936 professori Vilho Väisälä aloitti radiosondien tuotannon Helsingissä toimittamalla 20 radiosondia Massachusettsin teknilliseen korkeakouluun. Jo seuraavana vuonna 1937 Pariisin maailmannäyttelyssä professori Väisälän radiosondi voitti kultamitalin. [1, 2.]

2.2 Radiosondi yleisesti

Radiosondi on mittalaite, jota käytetään ilmakehässä vallitsevan ilmanpaineen, lämpötilan ja kosteuden mittauksiin. Radiosondiluotauksia tehdään ensisijaisesti maasemilta. Sondeja lähetetään ilmaan myös laivoilta käyttämällä normaalia säähavaintopalloa tai *rocketsondia*. *Dropsondeja* käytetään pudottamalla niitä lentokoneesta. Näitä sondeja käytetään yleensä hurrikaanien tutkimiseen. Radiosondeja käytetään mittaamaan reaaliaikaista säähavaintotietoa ilmakehästä maa- ja merialueiden yläpuolelta. Radiosondi on perusinstrumentti, jonka lähettämää dataa käytetään jokapäiväisten sääennustemallinteiden laadinnassa.



Kuva 1. Vaisalan RS92-SGP-radiosondi [3]

Kuvassa 1 on esitelty Vaisalan CAL4-kalibroitu RS92-SGP-radiosondi, jossa

- 1 = GPS antenni
- 2 = paristo kotelo
- 3 = lisäanturin liitäntä
- 4 = lähetysantenni maa-asemalle
- 5 = lämpöanturi
- 6 = kosteusanturi
- 7 = anturipuomi
- 8 = GC25 maa-aseman liitäntä

Kuvan 1 radiosondissa on kannen alta anturipuomiin kiinnitetty mittariyksikkö, jossa sijaitsee mm. radiosondin paineanturi sekä muu elektroniikka.

Radiosondit mittaavat yleensä ilmakehän arvoja 25 km:iin asti. Tälle korkeudelle lämpötilan mittaukset voidaan tehdä luotettavasti. Vallitseva ilmanpaine vaikeuttaa lämpötilanmittausta 15 km:n jälkeen. Maksimikorkeus, johon radiosondilla päästään, on noin 35 kilometriä. Maksimikorkeuteen pääsemiseksi lisätään säähavaintopallossa käytetyn kaasun määrää. Luotauksissa käytettyjen kaasupallojen nousunopeus on noin 5 - 8 m/s, ja radiosondin pariston käyttöaika on kestoltaan minimissään luotaukseen kuluva aika.

Pudotussondeissa putoamisnopeus on noin 12 m/s, ja sondit pudotetaan yleensä 10 - 12 km:n lentokorkeudesta. Pudotusluotauksen luotausaika on noin 15 minuuttia. Pudotussondeissa paristo kestää noin 2 tuntia, mikä on huomioitava luotauksia suunniteltaessa, koska paristo asetetaan yleensä paikoilleen ennen lentokoneeseen nousua.

Vallitsevan säätilan tiedot saadaan mitattua käyttämällä kapasitiivisia antureita. Kapasitiivisesta anturista seurataan kapasitanssin muutosta. Anturit on sijoitettu mittakieleen tai piirilevyille anturien mittaussiirimin kanssa. Radiosondi lähettää antureilta tulevat taajuuudet maa-asemalle, jossa maakalusto ottaa vastaan taajuutta vastaavan ilmanpaineen, lämpötilan ja kosteuden sekä GPS-paikkatiedot, joista lasketaan tuulen suunta ja nopeus. Kuvassa 2 Vaisalan GC25-maa-asema, jota käytetään vastaanottamaan radiosondin lähettämää säähavaintodataa.



Kuva 2. GC25-maa-asema, johon on kiinnitetty Vaisalan RS92-SGP-radiosondi. [3]

Normaalien sääilmiöiden lisäksi radiosondeja voidaan käyttää ilmakehän otsonipitoisuuden mittaukseen, se on kuitenkin tuotteena marginaalinen verrattuna normaaleihin sondeihin. Kuvassa 3 on ilmakehän otsonipitoisuuden mittaukseen tarkoitettu radiosondi. Vaisala toimitti myös aiemmin radioaktiivisen säteilyn mittaamiseen tarkoitettuja sondeja, mutta niiden tuotanto lopetettiin, ja viimeiset varastossa olleet tuotteet lahjoitettiin Japaniin Fukushima ydinonnettomuuden jälkeisiin mittauksiin.



Kuva 3. Ilmakehän otsonipitoisuuden mittaukseen tarkoitettu RS92-radiosondi [4]

Radiosondien anturit kalibroidaan ennen käyttöä. Kalibroinnin aikana jokaiselle anturille määritetään omat olosuhdekohtaiset korjauskertoimet, ja näitä kertoimia käytetään luotauksessa radiosondin toiminnan aikana. Anturit kalibroidaan, koska eri tuotantoprosesseissa valmistetut anturit/anturityypit eivät ole keskenään täsmälleen samanlaisia. Näiden erojen takia jokaisen anturin korjauskertoimien määrittely on erittäin tärkeää.

Kalibroinnin olosuhdekammioissa vallitsevat haasteelliset lämpötilat, mm. $-93\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ne tekevät radiosondin elektronikan valitsemisesta monimutkaisen. Normaalit elektronikkakomponentit toimivat $-55/-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ asti, joten radiosondien komponenttien valitsemisessa on tarvittu runsaasti hyvää insinööriosaaamista sekä käytännön testaustyötä, jotta parhaat mahdolliset komponentit on osattu valita.

Radiosondilla voidaan määrittää myös tuulen suunta ja nopeus. Radiosondin liikettä voidaan seurata maassa sijaitsevalla suunta-antennilla, jonka avulla sondin suhteellinen liike voidaan laskea. Tuulen suuntaa ja nopeutta voidaan mitata myös paikannusjärjestelmällä. Paikannusjärjestelmiä ovat esimerkiksi GPS-järjestelmä ja radioaaltoja

hyväksikäyttävä Loran-C-järjestelmä. Radiosondin GPS-vastaanottimen tulee löytää vähintään neljä satelliittia, jotta laskennallinen paikkatieto on saatavilla.

Radiosondiluotauksia suoritetaan ympäri maailman sadoilta eri havaintoasemilta. Yleensä säähavaintoasemalta lähetetään luotauksia kahdesti vuorokaudessa, 12 tunnin välein. Luotauksista saatu data tallennetaan myös kansainväliseen tietoverkkoon, josta se on saatavilla mm. kansainvälisten ilmatieteidenlaitosten käyttöön. [5.]

3 Staattinen sähkö

Staattinen sähkö on kaikkialla ympäristössä esiintyvä ilmiö. Staattinen sähkövaraus syntyy liikkeestä, hankauksesta, kosketuksesta tai kappaleiden erottamisesta. Siitä käytetään myös hyvin kuvaavaa nimitystä hankaussähkö. Kosketusvarautumisen lisäksi johtava kappale voi varautua myös induktion vaikutuksesta joutuessaan sähkökenttään.

Kappaleessa paikallaan olevaa sähkövarausta nimitetään staattiseksi sähköksi. Staattisen sähkön purkaus (ESD) on varauksen nopeaa tasoittumista kappaleiden välillä. Kappale voi varautua positiivisesti tai negatiivisesti.

3.1 Staattinen sähkö elektroniikassa

Elektroniikassa staattinen sähkö saattaa aiheuttaa komponenttien sekä laitteiden vikaantumista. Kooltaan pienenevät komponentit ovat johtaneet kasvaneeseen vaurioitumisriskiin. Komponenttien edelleen pienentyessä niiden sisäistä suojausta on jouduttu vähentämään. Suojaamattomien komponenttien käyttö on lisännyt tarvetta parantaa elektroniikkateollisuuden tuotannon ESD-suojauksen tasoa.

ESD-purkauksen aiheuttamia vaurioita ei yleensä pysty havaitsemaan visuaalisesti vaan tarkka tutkiminen vaatii erityisiä laitteita, kuten nopean digitaalisen oskilloskoopin. ESD-purkaus tapahtuu nopeasti, jopa miljoonasosa sekunnissa. Usein oskilloskooppi varustetaan ESD-mittaukseen soveltuvalla mittapäällä. On myös mahdollista hankkia pelkästään staattisen sähkön monitorointiin suunniteltuja laitteita, joita on kaupallisessa levityksessä. [6.]

Tuotteen vikaantumisherkkyyttä määritellään yleensä purkausmallien simuloinneilla, toiminnallisilla testeillä tai komponenttien valmistajien antamien tietojen pohjalta tehdyillä riskiarvioinneilla. Tarkemmat komponenttien avaamisen liittyvät luotettavat tutkimukset ovat yleensä hyvin kalliita toteuttaa. Vaisala toteuttaa standardissa määritettyä staattisen sähkön hallintaohjelmaa tuotantoalueella.

3.2 Komponenttien vikaantuminen ESD-purkauksessa

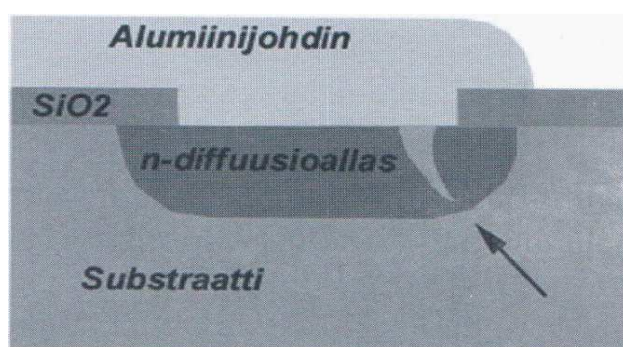
ESD-purkauksen aiheuttamat tyypillisimmät viat elektroniikassa ovat, mm. läpilyönti eristeistä tai komponenttien johtimien sulaminen. Usein ESD-purkaus vioittaa komponentin ja aiheuttaa piilevän vian, tai ominaisuudet heikentyvät. [7.]

3.3 Vikaantumismekanismit

Staattisen sähkön purkaukset voivat aiheuttaa vikaantumismekanismeja. ESD-vaurioiden analysointi on tuotekohtaista ja usein vaikeasti toteutettavissa. [8, s. 35 - 37.]

Bulk breakdown-vikaantuminen

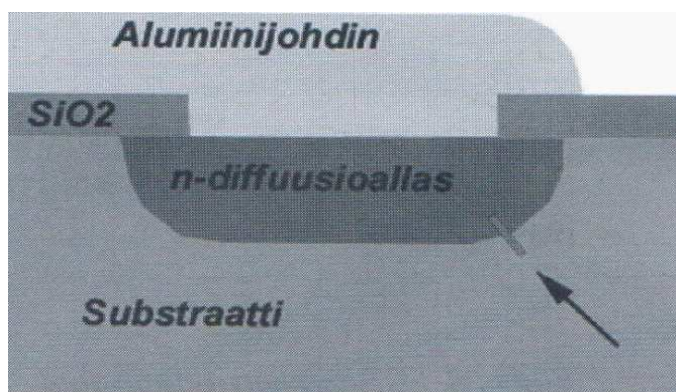
Bulk breakdown on metallin seostumista aiheuttava korkean virrantiheyden ja lämpötilan omaava läpilyönti, jossa metalli seostuu diffuusioalueeseen tai diffuusioalue metalliin. Läpilyönti aiheuttaa komponenttiin parametrimuutoksia. Kuvassa 4 nähdään *Bulk breakdown*:



Kuva 4. Bulk breakdown-vikaantuminen [8]

Thermal secondary breakdown-vikaantuminen

Thermal secondary breakdown vikaantuminen on PN-liitoksessa (rajapinta, joka erottaa p- ja n-tyyppiset aineet) tapahtuva suuresta jännitteestä johtuva läpilyönti. Suuren nopeuden takia lämpö ei ehdi vahingoittaa muuta piiriä, mutta PN-liitokseen syntyy resistiivistä vuotoa. Kuvasta 5 nähdään, miltä läpilyönti PN-liitoksessa näyttää:



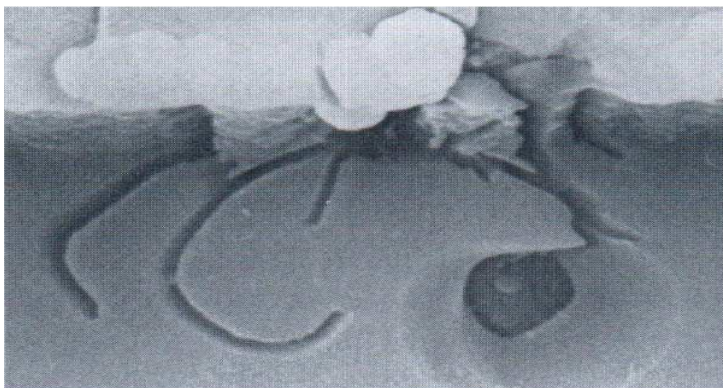
Kuva 5. Läpilyönti PN-liitoksessa [8]

Pintaläpilyönti

Pintaläpilyönti on lähellä toisiaan olevien metallien tai johteiden välinen läpilyönti. Metallin höyrystymisen aiheuttama siirtymä saa aikaan oikosulkuja tai vuotovirtojen kasvua. Tyypillisesti pintaläpilyönti etenee eristeen pinnalla liukupurkauksena.

Läpilyönti eristeessä

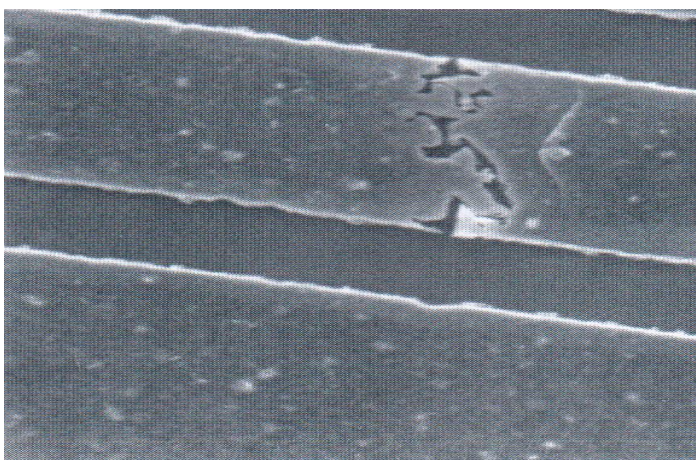
Ylijännitteestä aiheutuva läpilyönti mahdollisesti sulattaa elektrodeina toimivia materiaaleja, jotka leviävät oksidikerroksen reikiin aiheuttaen resistiivisen vuodon tai oikosulun. Kuvassa 6 (ks. seur. s.) esitetään oksidikerrokseen tullut läpilyönti.



Kuva 6. Lämpilyönti oksidikerroksessa, leveys 5 μm [8]

Elektromigraatio

Elektromigraation ilmenemiseen tarvitaan suuri virrantiheys ja lämpötila. Näistä seuraa metalloinnin sulaminen, jonka seurauksena metallin siirtyminen saattaa katkaista johtimen. Kuvassa 7 on esimerkki metallin sulamisesta, joka on lähes katkaissut johtimen:



Kuva 7. Elektromigraatio, leveys 40 μm [8]

Ajoittainen ja piilevä komponentin vaurio

Ajoittaiset ja piilevät vauriot ovat pysyviä tai ajoittain esiintyviä virheitä, jotka esiintyvät esimerkiksi jännitteen tai lämpötilan funktiona. Komponentti voi saada fyysisen vaurion, joka ilmenee vasta ajan kuluessa. Piilevän vaurion saanut komponentti ei yleensä siedä muutoksia samalla tavoin kuin ehjä.

3.4 Suojautuminen staattisen sähkön purkauksilta

ESD-suojausmenetelmien standardina Suomessa toimii SFS-EN 61340-5-1, joka on käänös eurooppalaisesta EN 61340-5-1:2007-standardista, Pohjois-Amerikassa käytössä on ANSI/ESD 20.20 -standardi. Vaisalassa staattisen sähkön hallintaohjelma on toteutettu siten, että se huomioi sekä eurooppalaisen että amerikkalaisen standardin.

3.5 Staattiselta sähköltä suojattu alue

Staattiselta sähköltä suojattu alue (EPA) toteutetaan siten, että staattisen sähkön purkaukset aiheuttavat komponenteille mahdollisimman pienen vaurioitumisriskin. Alueella olevat materiaalit valitaan niin, että ne aiheuttavat herkille komponenteille mahdollisimman pienen ESD-riskin. Kuvassa 8 on kyltti, jossa ilmoitetaan ESD-suojatun alueen alkamisesta:



Kuva 8. ESD-suojattu alue -kyltti [9]

ESD-maadoitukset toteutetaan siten, ettei herkkien komponenttien läheisyyteen pääse syntymään varauksia. Maadoitusverkon resistanssin maahan on oltava alle 2Ω , ja sen tulee olla kytkettynä erillisellä ESD-maajohtimella rakennuksen maadoitukseen. Maadoitusverkon toiminta tarkistetaan resistanssimittauksin.

Lattia- ja työpintojen tulee olla varausta poistavia, ja ne tulee olla yhdistettyinä ESD-maahan. Käyttöönottovaiheessa lattioiden ja työpintojen johtavuus ja maadoitusresistanssi tulee tarkistaa. Jos työpisteisiin tulee muutoksia, tarkistukset on tehtävä uudelleen.

Alueella tulee käyttää johtavilla pyörillä varustettuja tuoleja ja kuljetusvaunuja. Materiaalit tulee valita niin, ettei niissä ole eristäviä osia. Hyllyjen, kuljetusvaunujen ja

laatikoiden pintojen ja runkojen tulee olla varausta poistavia. Tarkistusmittauksia suoritetaan yleensä kahdesti vuodessa tai suojaustasosta riippuen.

Alueella olevat valmistusprosessissa käytettävät koneet saattavat aiheuttaa ympäristöön voimakkaita staattisen sähkön kenttiä ja materiaalien varautumista. Koneissa tulisi ensisijaisesti käyttää varausta poistavia tai varautumattomia materiaaleja. Laitteita ja koneita voidaan tilata EPA-alueelle soveltuvina. Käytettävien materiaalien toimivuutta tulee tarkkailla mittauksin. Tarvittaessa materiaaleja päivitetään.

Kaikkien alueella käytettävien työkalujen tulisi olla varausta poistavia, johtavia tai heikosti varautuvia. Juottimien tulisi olla maadoitettu ja maadoitusresistanssia tulisi mitata hallintaohjelman mukaisesti.

Tuotantoalueen tulee olla puhdas, eikä siellä saa olla havaittavaa likaa tai pölyä. Suhteellisen ilmankosteuden tulisi olla 20 - 60 % RH, ja sitä tulisi valvoa jatkuvalla seurannalla. Alle 20 % RH ESD -riskit kasvavat nopeasti. [7, s. 41 - 45.]

3.5.1 Toiminta elektroniikkatuotannossa EPA-alueella

Ruoan tai juoman nauttiminen alueella on kielletty. Myös tupakointi, vaatteiden vaihto sekä rasvaisten käsivoiteiden käyttö ei ole sallittua.

Alueella tulee käyttää suojaukseen hyväksytyä vaatetusta, joka ei ole voimakkaasti varautuvaa. Varausta poistavia käsineitä ja kenkiä tulisi myös käyttää. Vaatteiden ominaisuudet tulisi mitata niiden pesun jälkeen.

Staattiselta sähköltä suojatulla alueella, jossa on käytössä varausta poistava lattiapinnoite, tulee käyttää varausta poistavia jalkineita. Henkilömaadoitus toteutetaan käyttämällä jalkine- ja rannekemaadoitusta.

Käsiteltäessä komponentteja ja piirilevyjä tulisi välttää turhaa koskettamista komponentteihin, juotospisteisiin ja liitinnastoihin. Piirilevyistä on suositeltavaa pitää kiinni vain reunasta, eikä levyjä saa pinota päällekkäin. Siirrettäessä staattiselle sähkölle herkkiä osia suojatun alueen ulkopuolelle tulisi kuljetuksessa käyttää staattiselta sähköltä suojaavia pakkauksia.

Työskenneltäessä staattiselta sähköltä suojatun alueen ulkopuolella tulisi varautuvat materiaalit poistaa työskentelyalueelta. Työskentelyalueelle tulisi asettaa varausta poistava alusta, joka maadoitetaan. Kuvassa 9 esitellään kyltti, jossa huomautetaan EPA-alueelta poistumisesta. [8, s. 45 - 46]



Kuva 9. EPA-alueelta poistuminen -kyltti [9]

4 CAL-4-määrityslaite

CAL4 on RS92-tuoteperheen radiosondien tehdaskalibrointiin käytettävä laite. CAL4-määrityslaitteessa mitataan jokaisen radiosondin lähtödata 16 erilaisessa kammiossa, joissa vallitsevat erilaiset olosuhteet. CAL4 vertaa radiosondin lähtödataa kammiossa todellisuudessa vallitsevaan olosuhteeseen ja laskee jokaiselle yksittäiselle anturille korjauskertoimen, joiden avulla radiosondin maakalusto osaa laskea tarkan mittausarvon radiosondin lähettämästä datasta. CAL4-määrityslaite sijaitsee staattiselta sähköltä suojatulla alueella, kuten kaikki muutkin radiosondituotannon prosessivaiheet.

5 Määrityslautojen kierto testausprosessissa

5.1 CAL4-määritys

Operaattori asettaa määritettävän määrityslaudan automatisoidulle syöttölinjalle, josta CAL4-määrityslaite siirtää laudan varastohyllyyn odottamaan määrittämisen alkamista. Määrityslauta kiertää laitteessa olevat eri ilmatilan olosuhteita simuloivat kammiot. CAL4-määrityslaitteessa on 16 olosuhdekammiota, joista 14 simuloidaan erilaista ilmasto-olosuhdetta. Kaksi ensimmäistä kammiota ovat kylmiä kammioita, jotka

valmistavat määrittäyslautan kalibrointiin. Lopuissa 14 kammiossa mitataan antureiden taajuutta jokaisesta mittariyksiköstä erilaisissa ilmasto-olosuhteissa. Nämä taajuudet tallennetaan mittariyksikön muistiin, jonka avulla maakalusto pystyy myöhemmin laskeamaan radiosondille korjauskertoimet. Viidennessä kammiossa suoritetaan kosteusantureiden lämpöpuhdistus. Viiden minuutin ajan kosteusantureita lämmitetään noin 200 °C:seen. Lopuissa kammioissa vallitsee eri paine-, lämpötila ja kosteusarvoja. [10.]

5.1.1 CAL4-määrittäyksen jälkeen

CAL4-määrittäyslaitteessa on automaattinen seuranta, joka ilmoittaa, jos määrittäyslautassa havaitaan samassa paikassa peräkkäisissä määrittäyksissä vikaa. Vian toistuessakin usein määrittäyslautaa lähetetään huoltoon. Osa vioista on sellaisia, että mittariyksikkö voidaan laittaa uudelleen määrittäykseen. Operaattori tarkistaa vikakoodeista, onko vika mahdollisesti anturiyksikössä, määrittäyslautassa vai CAL4-määrittäyslaitteessa. Jos määrittäyslauta on kunnossa, siihen asetetaan uudet mittariyksiköt, ja määrittäyslauta palautetaan takaisin CAL4-määrittäyslaitteeseen. [11.]

5.1.2 Testaus PTU-lukijalla

PTU-lukijalla voidaan testata yksittäisen mittariyksikön toimintaa, muun muassa tilanteissa, joissa ei tiedetä, onko yksittäinen paikka määrittäyslautassa viallinen vai onko mittariyksikkö viallinen. PTU:n kirjaimet tulevat seuraavista sanoista: P = paine, T = lämpötila ja U = kosteus. PTU-lukija siis mittaa antureilta tulevaa taajuuspursketta. Jokaisella anturilla on omat taajuusrajojensa, jotka on ohjelmoitu lukijaan. Esimerkiksi 1 000 - 1 010 Hz, jos taajuus on raja-arvojen ulkopuolella, lukija hylkää mittariyksikön. Yksittäinen mittariyksikkö kytketään PTU-lukijaan, jossa on ennalta syötettynä raja-arvot, joiden perusteella PTU-lukija joko hylkää tai hyväksyy mittariyksikön. Jos mittariyksikön on viallinen, PTU-lukijan etupaneelissa alkaa vilkkua punainen led-valo, ja näytössä kerrotaan anturit, jotka eivät pysyneet raja-arvoissa. [12.]

5.1.3 Siirrettävä lautatesteri

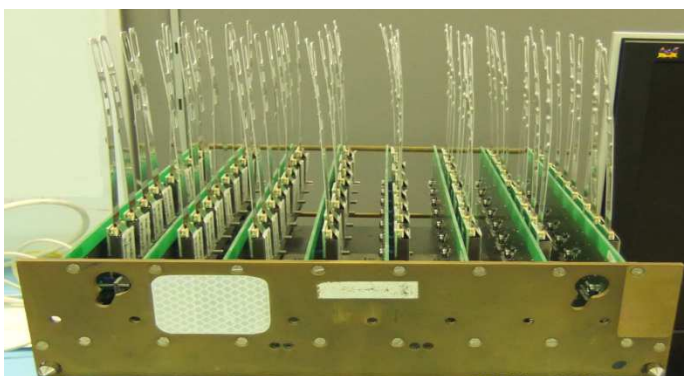
Siirrettävällä lautatesterillä voidaan testata radiosodin mittariyksiköiden ja määrittäyslautojen toimivuutta huoneenlämmössä. Siirrettävällä lautatesterillä mitataan samaa PTU-signaalia kuin PTU-lukijalla. Siirrettävällä lautatesterillä pystytään mittaamaan

koko määrittäyslauta kerrallaan eli 64 mittariyksikköä. Siirrettävää lautatesteriä ohjataan tietokoneella, jolla on tehty testaukseen tarkoitettu ohjelma, johon asetetaan halutut taajuuden raja-arvot. Testaus PC:n ohjelma ilmoittaa, joka mittauksen jälkeen hyväksytyt ja hylätyt mittariyksiköt. Hyväksytyt mittariyksiköt näytetään vihreällä värillä ja hylätyt punaisella. Ohjelmalla voidaan tarkastella, mitkä anturit ylittivät säädetyt raja-arvot, se myös laati automaattisesti muutamia tilannetta selkeyttäviä kuvaajia.

Siirrettävää lautatesteriä käytetään huollosta tulevien määrittäyslautojen perustoimintojen nopeaan tarkastamiseen ennen tuotantoon palauttamista. Testissä nähdään, tunnistaanko määrittäyslaudan numero oikein, sekä toimivatko kaikki rimat ja liittimet oikein. Lautatesterillä voidaan myös suorittaa kosteusantureiden lämpöpuhdistus (regenerointi). Tämä toiminto on tarpeellinen joillekin harvinaisemmille tuotteille, joita ei lämpöpuhdisteta CAL4-määrittäslaitteessa. (Ks. liite 1, Siirrettävä lautatesteri.)

6 Määrittäyslaudat

Määrittäyslautoja käytetään RS92-radiosondituoteperheen mittariyksiköiden kalibrointiin. CAL4-määrittäslaitteen määrittäyslauta koostuu emolevystä, kahdeksasta väyläkortista ja mekaanisista osista, jotka pitävät määrittäyslaudan tiukasti suorakulmion muodossa, jotta sen kulku olisi esteetöntä automatisoidussa CAL4-määrittäslaitteessa. Väyläkorttiin voi kiinnittää 8 radiosondin mittariyksikköä, jolloin yksi määrittäyslauta pystyy kerrallaan kalibroimaan 64 mittariyksikköä. Kuvassa 10 esitellään määrittäyslauta, johon on liitetty 64 mittariyksikköä kahdeksaan eri väyläkorttiin.



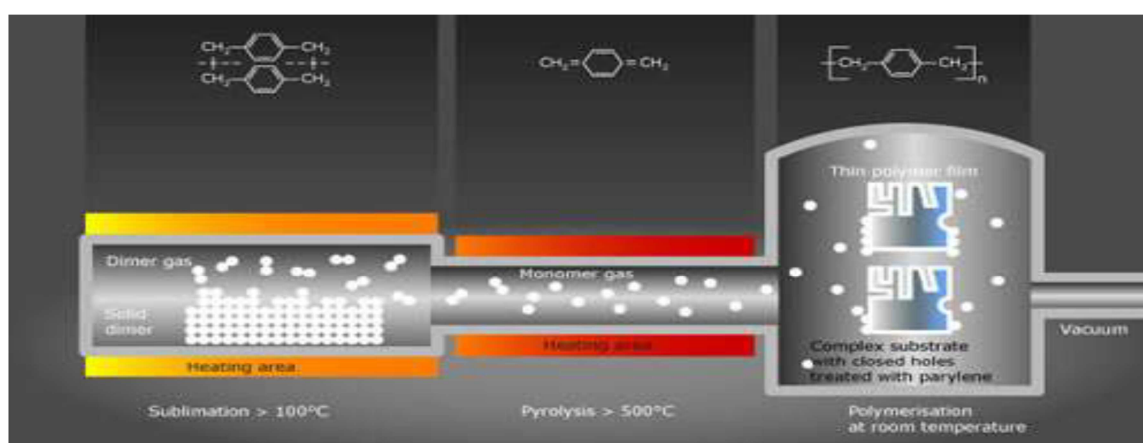
Kuva 10. Määrittäyslauta, johon on liitetty 64 mittariyksikköä kahdeksaan eri väyläkorttiin

6.1 Paryleenipinnoite

Määrityslaudat ovat päällystetty muovisella paryleenipinnoitteella. Pinnoitteen tarkoitus on suojata elektroniikkaa CAL4-määrityslaitteen vaativilta olosuhteilta, joille määrityslautojen herkkä elektroniikka joutuu alttiiksi. Paryleeni eristää määrityslaudan sähköisesti kosteasta ympäristöstään. Paryleeni minimoi vuotovirrat, vahvistaa juotoksien kestävyttä, suojaa piirilevyjä korroosiolta ja epäpuhtauksilta, lisää mekaanisen rasituksen kestävyttä sekä pidentää testimenetelmän käyttöikää.

Paryleenipinnoitetta käytetään usein tuotteissa, jotka altistuvat ulkoilmalle tai muissa ympäristöissä, joissa esiintyy lämpöä ja kosteutta tai muita elektroniikalle äärimmäisiä olosuhteita. Perinteisesti vain sotilas- ja lääkintälaitteistojen elektroniikka suojattiin päällystämällä. Paryleenipinnoitusprosessin hinta oli liian korkea normaalille elektroniikalle. Viime vuosina materiaalien kehittyminen ja uudet prosessit ovat mahdollistaneet normaalin siviilelektroniikan pinnoittamisen. Suojauspintoitteiden yleistymisen tulee jatkumaan elektroniikan pienentyessä ja herkistyessä häiriöille.

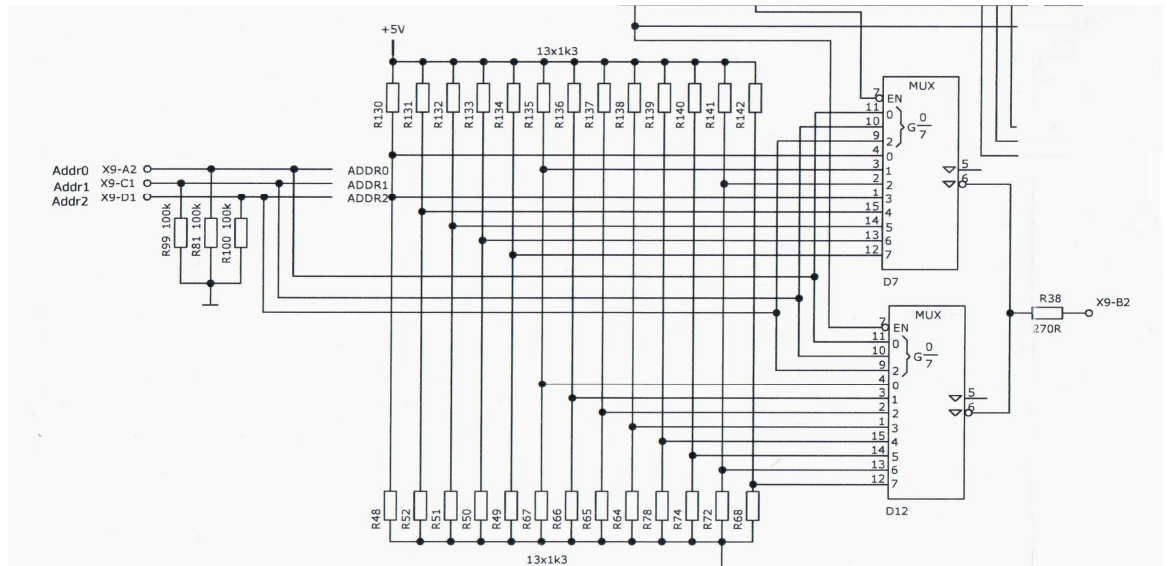
Kiinteä paryleenipinnoite kuumennetaan, ja se leviää pinnoitettavalle materiaalille höyrystymällä. Pinnoitusprosessi voi kestää 1 - 24 tuntia riippuen pinnoitteen tyypistä ja tarvittavasta materiaali-paksuudesta. Tyypillisesti syntyvä paryleenikerroksen paksuus tunnissa on noin 0,00508 mm. Kuvassa 11 esitellään paryleenipinnoituksen höyrystysprosessi. [13; 14; 15.]



Kuva 11. Paryleenipinnoituksen höyrystysprosessi [13]

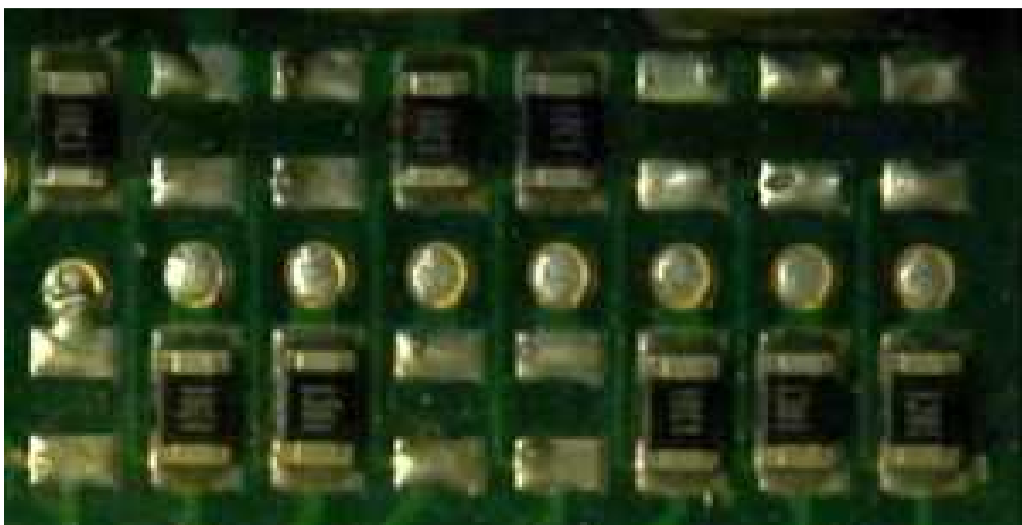
6.2 Määrityslautojen tunnistaminen

Määrityslaudat tunnistetaan sähköisesti binäärilukujen avulla. Kuvassa 12 esitellään piirikaavio, jonka näkyvistä vastuksista piirilevyllä poistetaan halutut vastukset. Vastuksia poistamalla saadaan aikaan haluttu binääriluku.



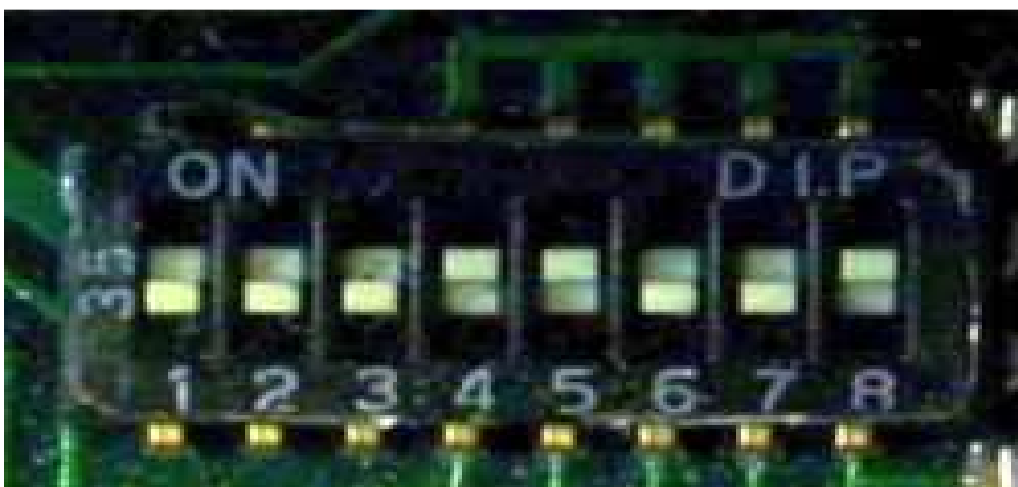
Kuva 12. Piirikaavio määrityslaudan ID-tunnistamisesta

Kuvasta 13 voidaan havaita, miten piirilevyllä on poistettu juottamalla vastuksia, jotta määrityslaudalle haluttu binääriluku saadaan aikaan.



Kuva 13. Binääritunnistus vastuksia poistamalla

Osassa C/B-revision-määrityslautoista käytettiin ID-tunnistuksessa myös dippikytkimiä. Dippikytkimillä varustetut määrityslaudat jouduttiin kuitenkin poistamaan tuotannon käytöstä keväällä 2012. Muoviset dippikytkimet eivät kestäneet CAL4-määrityslaitteen kylmäkammioiden olosuhdemuutoksia. Dippikytkimen tilatiedon näyttäessä väärin CAL4-määrityslaite ei enää tunnistanut määrityslautoja oikein ja automaattinen seuranta keskeytti kalibrointiprosessin. Kuvasta 14 nähdään määrityslautoissa käytettävä avoin dippikytkin. Vikaantumissyynä epäiltiin kosteuden ja kylmyyden yhteisvaikutusta dippikytkimien metallisilla kontaktiliukupinnoilla.



Kuva 14. Määrityslautojen tunnistaminen dippikytkimillä

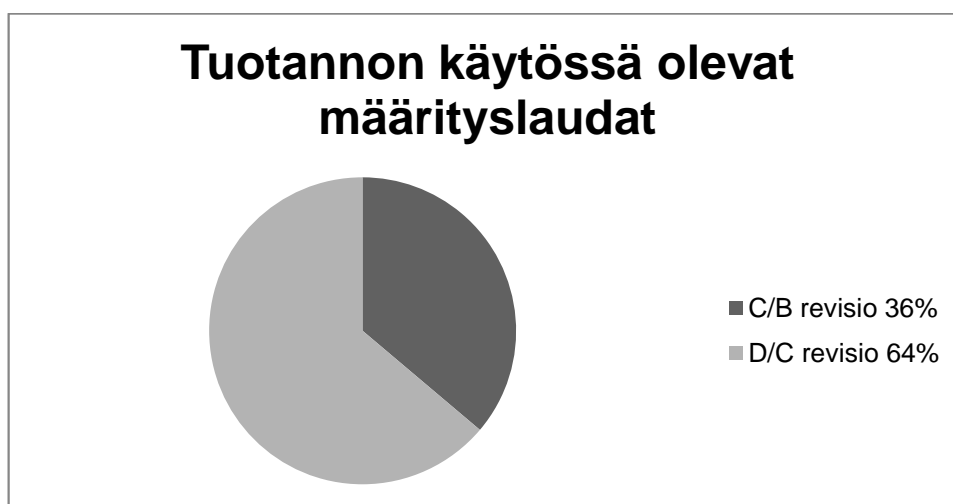
6.3 Määrityslautojen revisiot

Määrityslauta toimii, jos väyläkortin ja emolevyn revisiot ovat toisilleen suunniteltuja. B-revision väyläkortit toimivat yhdessä ainoastaan C-revision emolevyjen kanssa. Tuotannon käytössä on vuonna 2012 määrityslautoja, joissa on C-revision emolevy ja B-revision väyläkortti sekä määrityslautoja, joissa on D-revision emolevy ja C-revision väyläkortit. Taulukossa 1 (ks. seur. s.) esitellään määrityslautojen revisiot, ja milloin ne on otettu testikäyttöön.

Taulukko 1. Määrityslautojen revisiot

Emolevyn revisio	Käyttöönotto	Väyläkortin revisio	Käyttöönotto
A, B	2003-2, 2003-5	A	2003-1
C	2004-3	B	2004-3
D	2005-12	C	2005-12
E	2012-2	D	2012-2

Vuoden 2012 uudet E/D-sarjan määrityslaudat ovat edelleen testausvaiheessa. Kuvassa 15 esitellään tuotannon käytössä olevien määrityslautojen revisioiden suhde:



Kuva 15. 2012-8 Tuotannon käytössä olevien määrityslautojen revisioiden suhde

7 Määrityslautojen vikaantuneisuus

7.1 Mittauslaitteisto

Määrityslautaa käytettiin (ks. 5.1.3) siirrettävällä lautatesterillä, jolla voidaan testata yksittäisen määrityslaudan toimintaa. Käytössä oli myös FLUKE 115 -yleismittari, jolla etsittiin oikosulkuja, sekä mitattiin jännitteitä eri piirilevyiltä. Yleismittarilla pystyttiin havaitsemaan liittimen hapettumisesta johtuva jännitteen nousu väyläkortin piirilevyllä.

Oskilloskooppina käytettiin Agilentin InfiniiVision DSO-X (kuva 16), jolla mitattiin signaaleja määrityslaudan eri linjoista. Oskilloskoopilla tehtiin myös vertailevaa mittausta,

jossa tutkittiin signaalieroja toimintakuntoisen määrittäyslaudan ja vikaantuneiden määrittäyslautojen välillä.



Kuva 16. Agilent InfiniiVision DSO-X-oskilloskooppi [16]

7.2 Määrittäyslaudoista ilman mittalaitteita havaitut viat

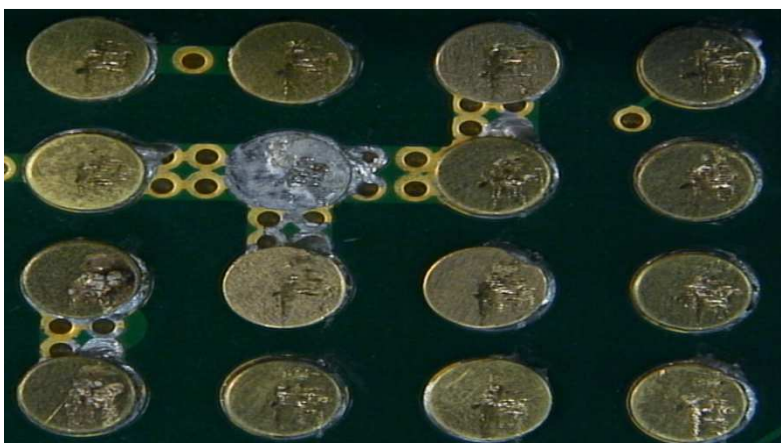
7.2.1 Määrittäyslaudan runkorakenne

Määrittäyslaudan muodon on oltava täysin suorakulmio, jotta se kulkisi sujuvasti CAL-4-määrittäyslaitteessa. Määrittäyslaite joutuu helposti vikaan, jos siihen laitetaan määrittäyslautoja, joiden runkorakenne on ennalta vääntynyt. Määrittäyslautojen siirto toimii täysautomaattisesti ympäri vuorokauden. Tämän vuoksi syntyviä virhetilanteita vältetään. Jos laudat on virheasennossa, siirtorobotin vikaantuminen on todennäköistä. Runkorakenne saattaa vääntyä mm. ruuvien löystyessä eri työvaiheiden välillä tai määrittäyslaudan saadessa iskuja, kun sitä siirretään tiimin sisällä.

Osassa määrittäyslaudoista ruuvi oli hangannut paryleenipinnoitetta. Tällöin piirilevyn ja ruuvien välissä esiintyi ruostetta. Ruuvien kunto tulisi tarkistaa huollon yhteydessä samalla, kun ruuvien kireys tarkistetaan. Osassa tutkittavista määrittäyslaudoista ruuvi ja mutteri olivat vaikeasti avattavissa ruosteen takia.

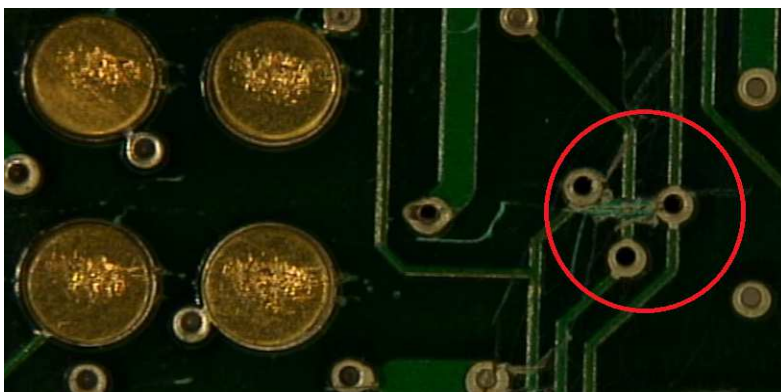
7.2.2 Määrityslaudan kontaktinastat

Määrityslaudoissa mekaanista rasitusta kohdistuu kontaktinastaan, joita määrityslaitteissa olevat kontaktipiikit kuluttavat. Kontaktinastan vaihtaminen käsin on mahdollista, mutta nastoja vaihdetaan kuitenkin harvemmin. Kuvassa 17 esitellään kontaktipadi, josta puuttuu kontaktinasta:



Kuva 17. Kontaktipadi, josta puuttuu kontaktinasta

CAL4-määrityslaitteen vikatilanteessa kontaktipiikit saattavat katketa, jossain vikatilanteissa piikit saattavat myös vahingoittaa määrityslaudan piirilevyä. Kuvassa 18 nähdään piirilevy, josta kontaktipiikki on repinyt piirilevyn johtimen poikki:



Kuva 18. Piirilevy, josta kontaktipiikki on repinyt johtimen poikki

7.3 Määrityslautoista mittalaitteilla havaitut viat

7.3.1 Määrityslaudan kontaktinastat ja piikit

Kontaktinastoihin kohdistuu testipiikin kontaktin pienestä pinta-alasta johtuva korkea virtatiheys.

$$J = \frac{I}{A}, \quad (1)$$

jossa virrantiheys J ilmaisee sähkövirran pinta-alayksikköä kohden. Tuotannon käytössä olevissa määrityslautojen revisioissa tämä ei ole aiheuttanut suurta vahinkoa. Tulevat E/D-revision määrityslaudat ottavat korkeamman käyttövirran, joka saattaa johtaa kontaktinastojen ja testipiikkien nopeampaan kulumiseen. Kuvassa 19 nähdään CAL4-määrityslaitteessa käytettäviä vaihdettavia kontaktipiikkejä. Toinen piikkimalleista toimii paremmin kylmämammiossa ja toinen lämpimissä kammioissa. [17.]



Kuva 19. CAL4-määrityslaitteessa käytettävät vaihdettavat kontaktipiikit

7.3.2 Määrityslaudan liittimet

Määrityslautojen liittimiä, joihin tuotteet asetetaan, ei ole tarkoitettu käytettäväksi siten, että niistä päivittäin kiinnitetään ja poistetaan tavaraa. Kovan käytön takia liittimien pinnoitus kuluu, ja kulunut pinta hapettuu. Hapettunut pinta aiheuttaa kontaktihäiriöitä ja tuotteiden turhia romutuskustannuksia.

7.3.3 Määrityslaudan komponenttiviaat

Määrityslautojen toiminnan kannalta suurin ongelma syntyy olosuhteista, joihin määrityslaudat CAL4-määrityslaitteessa joutuvat. Määrityslautoissa käytettävät komponentit ovat normaaleja elektroniikkateollisuudessa käytettäviä komponentteja (-55/-65 °C asteesta +125 °C:seen), joista monia ei ole suunniteltu toimimaan näin kylmissä olosuhteissa (osa kammioista -75 °C ja -93 °C välillä). Suurin osa laudoissa ilmenevistä sähköisistä vioista ilmeni ainoastaan kylmissä olosuhteissa. Toimimattomia määrityslautoja huoneenlämmössä testatessa lähes kaikki määrityslaudat toimivat samoin kuin ehjät määrityslaudat siirrettävän lautatesterin kanssa tehdyissä mittauksissa.

Määrityslautoista etsittiin oikosulkuja. Tarkistettiin, että transistorit jakavat jännitteet oikein ja tehtiin oskilloskoopin kanssa vertailevia mittauksia ehjistä ja CAL4-määrityslaitteessa toimimattomista määrityslautoista. Merkittävä osa näistä viallisista määrityslautoista toimi huoneenlämmössä tehdyissä mittauksissa normaalisti. Suurin osa lautojen vioista ilmeneekin vain CAL-4-määrityslaitteen kylmäkammioiden mittauksissa. Kylmäkammioita vastaavia vertailevia olosuhdemittauksia ei tehty.

Muutamissa C/B-revision määrityslautoissa havaittiin etuvastusten ylikuumentumista niin, että paryleenipinnoite oli palanut pois. Väyläkortit, joissa ylikuumentuneita vastuksia havaittiin, romutettiin. Etuvastus näytti edelleen toimivan testattaessa, joten havainnot vahingoittuneista vastuksesta tulee kirjata huoltoraporttiin visuaalisen tarkistuksen aikana, ja väyläkortti poistetaan tarvittaessa käytöstä.

8 Määrityslautojen huolto

8.1 Määrityslautojen huolto käyttöönotosta nykypäivään

CAL4-määrityslaitteet tulivat käyttöön noin 15 vuotta sitten. Alussa laudassa määritettävänä tuotteena oli RS80-radiosondi, määrityslautoissa ei tällöin ollut paryleenipinnoitusta. RS80-määrityslaudat olivat käytössä 1995 - 2003 ja RS92-määrityslaudat vuodesta 2003 alkaen. Määrityslautojen ultraäänipesu ostettiin Vaisalan ulkopuolelta.

Määrityslaudat myös jouduttiin purkamaan ennen pesuun lähettämistä. Määrityslautojen pesun edut todettiin myöhemmin vähäisiksi, ja lautojen lähettäminen pesuun lopetettiin.

Vikaantumisen alkoi kuitenkin lisääntyä, ja Vaisalassa päädyttiin ostamaan oma ultraäänipesuri. Valittu pesurimalli oli sellainen, että määrityslautoja ei enää tarvitse purkaa. Pesurilla voidaan pestä kerrallaan 1 - 6 määrityslautaa.

CAL4-määrityslaitteessa vallitsee huollon puolesta hyvä tilanne. Toimintaa on kehitetty tämän insinööriyön aikana, ja vikailmoitukset on saatu pudotettua murto-osaan työtä edeltävältä ajalta. Ultraäänipesu on auttanut, ja satunnaisesti tulevat vikailmoitukset eivät ole uusiutuneet määrityslaudan pesun jälkeen. Määrityslautoja on poistettu tuotannon käytöstä 10 % niiden noin 10 vuoden elinkaaren aikana.

8.2 Määrityslautojen huolto

Jos operaattorin havaitsee vian määrityslaudassa, ja vika toistuu 2 peräkkäisessä mittauksessa, operaattori täyttää vikailmoituksen ja toimittaa määrityslaudan huoltopisteesseen. Aina kun uusi määrityslauta tuodaan huoltoon, tulisi tarkistaa, onko sen tunnistus toteutettu dippikytkimillä. Jos määrityslautoja, joissa on dippikytkimet löytyy, tulisi ne siirtää pois tuotantokierrosta.

Kun sopiva määrä (1 - 6) viallisia määrityslautoja on kerääntynyt huoltoon, tehdään niille visuaalinen tarkistus. Ensimmäiseksi määrityslaudat kannattaa puhaltaa puhtaiksi paineilmalla. Tällä saadaan mahdolliset irtoroskat häiritsemästä visuaalista tarkastusta. Seuraavaksi voidaan aloittaa tarkistamalla tehovastukset. Tarkistetaan silmämääräisesti, näkykö vastuksissa palamisen merkkejä, vai ovatko ne edelleen ehjännäköisiä. Jos palaneita tehovastuksia löytyy, ne tulisi irrottaa ja laittaa tilalle uusi vastus, tai väyläkortti tulisi uusia.

Tämän jälkeen voidaan tarkistaa liittimet. Tarkistetaan, näkykö liittimien pinnoituksessa kulumisen merkkejä, vai onko pinnoitus edelleen ehjä. Pinnoituksen tarkistamisessa voi käyttää apuna digitaalimikroskooppia. Jos löydetään vahingoittuneita liittimiä, ne tulisi vaihtaa tai väyläkortti uusia.

Seuraavaksi olisi hyvä tarkistaa, että määrittyslauta on edelleen mitoissaan. Siinä tapauksessa, että osa tukirungosta on vääntynyt, tulisi vääntyneet tukiosat korvata suorilla. Jos tukiosien vaihtaminen ei auta, tulisi mahdolliset vääntyneet väyläkorit tai emolevy korvata uusilla suorilla piirilevyillä. Runkorakennetta tarkistaessa olisi myös hyvä tarkistaa ruuvien kunto. Joskus CAL-4-määrittyslaitteen olosuhteet aiheuttavat korroosiota kohtiin, joista ruuvien kanta oli hangannut paryleenipinnoitetta.

Emolevyn kontaktinastojen kunto tulisi myös tarkistaa. Vahingoittuneita nastoja voidaan yrittää vaihtaa, mutta pääasiassa emolevyjä käytetään, kunnes jokin kontaktinasta irta-aa. Jos emolevystä puuttuu kontaktinasta, levy tulee siirtää huoltoon romutettavaksi.

Visuaalisen tarkastuksen jälkeen määrittyslauta tulee jälleen puhaltaa puhtaaksi paineilmalla. Tarkastettu lauta viedään sen jälkeen ultraäänipesuriin. Pesuri täytetään, joko hanavedellä taikka tislattulla vedellä. Nykyään käytetään pääasiassa hanavettä, jonka on todettu saavan aikaiseksi tarpeeksi laadukkaan pesutuloksen. Veden sekaan kaadetaan elektroniikalle tarkoitettua pesuainetta, joka on suunniteltu paryleenipinnoitettuja tuotteita varten. Tämän jälkeen käynnistetään pesuohjelma ja annetaan sen käydä loppuun. Pesun jälkeen määrittyslauta huuhdellaan hanavedellä ja kuivataan paineilmalla.

Kun pesty lauta on kuivattu paineilmalla, se viedään määrittyslautoille tarkoitettuun kuivausuuniin. Uunin lämpötilan tulisi olla maksimissaan 60 °C. Määrittyslaudat jätetään uuniin kuivumaan yön ylitse. Yleensä määrittyslauta on uunissa 8 - 16 tuntia.

Uunituksen jälkeen tarkistetaan, että määrittyslauta on edelleen pitänyt muotonsa ja ruuvit ovat kireällä. Määrittyslaudan sähköistä toimintaa voidaan tämän jälkeen kokeilla siirrettävällä lautatesterillä. Yleensä määrittyslaudat kuitenkin toimitetaan tuotantoon ja pyydetään operaattoreita tarkkailemaan, uusiutuuko vika edelleen seuraavassa määrittäyksessä. Tilanteessa, jossa väyläkortissa tai emolevyssä on vikaa, ne tulee vaihtaa. Vikaantuneet väyläkortit ja emolevyt tulee asettaa niille tarkoitetuille paikoille huoltotilassa. Vanhoja väyläkortteja säilytetään varaosina ja rikkoontuneet merkitään tussilla.

[18]

9 Huolto prosessin parannusehdotukset

Määrittyslautojen huollon seurannassa olisi vielä paljon parannettavaa. Nykyään operaattorit merkitsevät vikaantuneet kappalemäärät käsin paperille. Tämä paperi voitaisiin korvata tietokoneella, jolloin merkinnät voitaisiin laittaa suoraan tietokoneella olevan seurantataulukkaan. Tämä poistaisi työvaiheen, jossa paperilla olevat tiedot viikon määrittämisestä siirrettäisiin seurantataulukkaan.

Huollossa määrittyslautoille tehtävät huoltotoimenpiteet kerätään kansioon. Myös nämä tiedot voitaisiin siirtää tietokoneelle. Nykyisessä kansiossa kaikki huoltoreportit eivät ole järjestyksessä, minkä seurauksena tietyn määrittyslaudan huoltohistorian etsimisessä menee turhaan liikaa aikaa.

Kun uudet E/D-revision-määrittyslaudat tulevat käyttöön tarvitaan hylly, jossa voidaan varastoida määrittyslautoja, jotka eivät juuri sillä hetkellä ole käytössä. Työtä kirjoittaessa kaikki ehjät määrittyslaudat ovat käytännössä jatkuvasti käytössä. Uusia määrittyslautoja on kuitenkin tulossa kymmeniä, jolloin osa määrittyslautoista seisoo käyttämättömänä odottamassa omaa vuoraan. Näille määrittyslautoille olisi hyvä olla oma hylly, jossa olisi eroteltu paikat tuotannon-, testi-, kalibrointimäärittyslautoille. Oma merkitty alue olisi hyvä olla olemassa myös huollosta tuleville määrittyslautoille, jotta operaattori osaisi seurata kyseisiä määrittyslautoja vian toistumisen varalta. CAL4-määrittyslaitteen läpi ajetaan myös tuotekehityskokeita ja seurataan koneen kyvykkyyttä referenssilaudasta saatuja tietoja analysoimalla.

ESD-koulutus on pääasiassa hoidettu hyvin, mutta työntekijöitä olisi hyvä muistuttaa staattiselta sähköltä suojatulla alueelta toimimisesta, varsinkin kenkien ja käsineiden käytöstä. Osa työntekijöistä näyttää myös nauttivan juomia esim. kahvia staattiselta sähköltä suojatulla alueella. Työntekijät palaavat vanhoihin toimintatapoihinsa sitä todennäköisemmin, mitä kauemmin koulutuksesta kuluu. Tästä syystä olisi hyvä, että oikeista toimintatavoista muistutetaan määrääjoin.

10 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutkittiin CAL-4-määrityslaitteen määrityslautojen vikaantumista ja kehitettiin niiden huollon seuranta. Työssä käsiteltiin yleisiä olosuhteita ja toimintametoja radiosondituotannossa. Työssä esiteltiin radiosondi, staattisen sähkön ilmiötä, paryleenipinnoitusta ja CAL-4-määrityslaitteen toimintaan. Työssä kartoitettiin huoltotoimenpiteiden nykytilaa, ehdotettiin ja toteutettiin parannuksia määrityslautojen huoltoprosessiin.

Insinööriyö liittyi Vaisalalan isoon CAL-4-määrityslaitteen auditointiprojektiin, jossa pyritään vähentämään tuotannon kustannuksia vähentämällä romutettavien tuotteiden määrää sekä parantamaan laitteen toimintaa kaikilla alueilla. Henkilöstön vähyyden vuoksi määrityslautojen huoltoon ja sen seurantaan ei panostettu merkittävästi ennen tämän työn aloittamista. Seuranta tapahtuu lähinnä vikapäiväkirjaa täyttämällä. Työn aikana tehtiin uudet huolto-ohjeet määrityslautoille sekä kirjoitettiin operaattoreille ohjeet määrityslautojen huoltoon toimittamisesta. Entisiä seurantadokumentteja päivitettiin helpottamaan mm. huoltohistorian seuranta.

Työ aloitettiin tutustumalla radiosondiin, joka on määrityslautojen käyttökohde sekä tutustuttiin määrityslautoihin. Samalla tutustuttiin toimintaympäristöön, jossa määrityslautoja käytetään. Staattisen sähköön vaaroja käytiin läpi, sekä esiteltiin toimintaa staattiselta sähköltä suojatulla alueella. Lisäksi CAL-4-määrityslaitetta esiteltiin ja tutustuttiin olosuhteisiin, joihin määrityslauta joutuu laitteessa. Teoriaosuuden jälkeen esiteltiin määrityslautoissa esiintyviä vikoja.

Mittauksista voitiin päätellä, että merkittävässä osassa määrityslautoista oli piileviä vikoja, jotka eivät tulleet esille huoneenlämmössä tehdyissä mittauksissa. Määrityslautaa kokeiltiin tämän jälkeen uudestaan ajaa varsinaisen kalibroinnin läpi, jossa se todettiin jälleen vialliseksi. Vikojen huomattiin tulevan esiin CAL4-määrityslaitteen kylmämammioissa, jotka menivät määrityslaudassa olevan elektroniikan kylmänkestävyysrajan ylitse. Tästä voitiin päätellä, että määrityslautoissa oli piileviä vikoja, jotka tulivat esille vain kylmissä olosuhteissa. Työn aikana ei ollut mahdollista tehdä mittauksia yli -60 °C:n lämpötiloissa. Tästä syystä ei pystytty varmistamaan, oliko jokin tietty komponentti helpommin vikaantuva kuin muut.

Määrityslautojen kunto on yksi merkittävä osa CAL-4-määrityslaitteen saannon parantamista. Esimerkiksi prosentin parannus CAL-4-määrityslaitteen vuosisaantoon toisi Vaisalalle tuntuvat rahalliset säästöt laatukustannuksiin. Tästä syystä määrityslautojen kunnan seurantaan ja huoltoon kannattaa tulevaisuudessa panostaa lisää osana CAL4-määrityslaitteen toiminnan tehostamiseen tähtääviä projekteja. Näin voidaan osaltaan varmistaa radiosondien korkeat laatuvaatimukset määritysdatan ja laadukkuuden osalta.

Lähteet

- 1 Radiosonde. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<<http://en.wikipedia.org/wiki/Radiosonde>>. Luettu 17.1.2013
- 2 History. Verkkodokumentti. Vaisala Oyj.
<<http://www.vaisala.com/en/corporate/history/Pages/default.aspx>>. Luettu 17.1.2013
- 3 Vaisala Radiosonde RS92-SGP. Verkkodokumentti. Vaisala Oyj.
<<http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/User%20Guides%20and%20Quick%20Ref%20Guides/RS92-SGP-M210295EN-H.pdf>>. Luettu 26.1.2013
- 4 Ozone Sounding with the Vaisala Radiosonde RS92-SGP. Verkkodokumentti. Vaisala Oyj.
<<http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datash eets/Ozone%20Sounding%20with%20RS92-SGP%20Radiosonde%20Datash eets%20in%20English.pdf>>. Luettu 26.1.2013
- 5 Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation kappale 12. Verkkodokumentti. World Meteorological Organization.
<http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/CIMO/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.pdf>. Luettu 19.1.2013
- 6 ESD Diagnostics Tools and Methodology. Verkkodokumentti. IN COMPLIANCE Magazine.
<http://www.incompliancemag.com/index.php?option=com_content&view=article&id=187:esd-diagnostics-tools-and-methodology&catid=26:design&Itemid=130>. Luettu 3.8.2012.
- 7 Electrostatic Discharge (ESD). Verkkodokumentti. TEXAS INSTRUMENTS. <<http://www.ti.com/lit/an/ssya010/ssya010.pdf>>. Luettu 3.8.2012.
- 8 Viheriäkoski, Toni. 2001. ESD Staattinen sähkö elektroniikassa. Oy Edita Ab, Helsinki.
- 9 ESD-esite. Verkkodokumentti. Armeka Engineering.
<<http://www.armekaengineering.com/tiedostot/Esite2007FIN.pdf>>. Luettu 27.1.2013.
- 10 CAL4 Calibration Machine Process Definition. Dokumentti. Vaisala Oyj.
- 11 Virtanen, Paula. 2012. Team leader. Vaisala Oyj, Helsinki. Keskustelu 14.11.2012
- 12 PTU-lukulaitteen käyttöohje. Dokumentti. Vaisala Oyj.
- 13 Hienonen, R – Lahtinen, R. 2007. Korroosio ja ilmastolliset vaikutukset elektroniikassa. 2. Painos. VTT Publications 623, Espoo. 43 s.

- 14 Siljander, Lauri. 2009. Paryleenipinnoitteen käyttö kääntösiruliitosten välitäytteenä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, elektroniikan pakkaus- ja tuotantotekniikka. 24 s.
<<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6662/siljander.pdf?sequence=3>>
- 15 Parylene 101: Coating Facts Sheet. Verkkodokumentti. Diamond MT.
<<http://www.paryleneconformalcoating.com/>>. Luettu 27.11.2012
- 16 Agilent InfiniiVision DSO-X. Verkkodokumentti. Precision Engineering Laboratory. <<http://precenglab.riteh.uniri.hr/?p=218>>. Luettu 21.1.2013
- 17 Suvanto, Kari – Laajalehto, Kari. 2006. Tekniikan fysiikka 2. Helsinki: Edita Prima Oy.
- 18 Autio, Marko. 2012. Equipment specialist. Vaisala Oyj, Helsinki. Keskustelu 11.7.2012.

Siirrettävä lautatesteri

