

Timo Posio

WRM200-säätutkan toiminta, huolto ja kalibrointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

22.4.2014

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Timo Posio WRM200-säätutkan toiminta, huolto ja kalibrointi 69 sivua + 5 liitettä 22.4.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia-automaatio
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Kari Vierinen Tutkija Mikko Kurri
<p>Suomen Ilmatieteen laitos mittaa säähavaintoja usean sadan sääaseman ja kahdeksan tutkan avulla koko Suomea varten. Sää tiedon käyttäjinä ovat kansalaiset, lentoliikenne, puolustusvoimat, tutkimuslaitokset sekä muiden maiden ilmatieteen laitokset, joiden kanssa tehdään yhteistyötä tutkimuksen parissa. Yksityiset yritykset ja julkinen sektori ovat usein riippuvaisia sääennustuksista, esimerkiksi maatalous ja energiatuotanto.</p> <p>Suomen kahdeksasta säätutkasta, kuusi edustaa uudempaa kaksoispolarisaatio-tekniologiaa. Edelliset yksipolarisaatio-tutkat olivat saksalaisvalmisteisia Gematronik Meteor 360 -mallisia laitteita. Tutkat ehtivät palvella yli 15 vuotta ja edustavat nyt jo vanhentunutta tekniologiaa. Vanhat Meteor -tutkat päivitettiin uusiin Vaisalan WRM200 -kaksoispolarisaatiotutkiin vuosina 2009 - 2013 ja päivittämistä jatketaan kunnes kaikki kahdeksan tutkaa on saatu vaihdettua.</p> <p>Insinööriyössä selvitettiin Ilmatieteen Laitoksen käyttämän Vaisala WRM200 -säätutkan toiminta ja sen huolto- ja kalibrointitehtävät. Tutkan toimintaa verrattiin edelliseen poistumassa olevaan Meteor 360 AC -säätutkaan. Säätutkien päätoimilaitteiden toiminta selvitettiin ja perustoiminnot selitettiin.</p> <p>Työssä osallistuttiin Ilmatieteen Laitoksen huoltohenkilöiden kanssa säätutkan huoltoihin ja asennuksiin. Tiedot kerättiin useista Vaisalan ja Gematronikin dokumenteista, erillisistä julkaisuista ja huoltohenkilöiden haastatteluista. Säätutkien uudistamisprojekteihin osallistumalla ja siitä opittua tietoa hyväksikäyttämällä työn teon yhteydessä luotiin uudet ohjeistukset ja tarkistuslistat.</p> <p>Lopputyöhön kerätyt tiedot ja luodut ohjeistukset helpottavat tulevia huoltohenkilöitä työssään. Uudet henkilöt saavat työn avulla tarvittavan perustiedon säätutkasta sekä tarvittavan ohjeistuksen mahdollisia huoltotehtäviä varten. Lopputyön avulla huoltohenkilöstö pystyy huoltamaan ja kalibroimaan uuden säätutkan oikealla tavalla ja varmistumaan kaikkien toimenpiteiden ja tehtävien läpikäynnistä.</p>	
Avainsanat	tutka, huolto, kalibrointi, doppler, polarisaatio,

Author(s) Title Number of Pages Date	Timo Posio Functions, maintenance and calibration of the WRM200 weather radar 69 pages + 5 appendices 22 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	Energy Automation
Instructor(s)	Kari Vierinen, Principal lecturer Mikko Kurri, Researcher
<p>Finnish Meteorological Institute (FMI) measures weather, with the help of over a few hundred weather stations and eight weather radars, for the whole of Finland. Users of weather information are citizens, aviation, military forces, research facilities and other countries' meteorological departments, with which FMI has been doing co-operative research. Private enterprises and the public sector, e.g. agricultural- and energy production sectors, are also quite often dependent on weather forecasts.</p> <p>Six out of Finland's eight weather radars represent newer double-polarization technology. Older, single-polarization radars, Gematronik Meteor 360's, are made and modeled in Germany. The radars functioned well for 15 years, but now represent outdated technology. The old Meteor -radars were updated to Vaisala's WRM200 -double-polarization radars during the years 2009 - 2013. And updating will continue until the remaining two radars are updated.</p> <p>Vaisala WRM200 - weather radars' functions, maintenance and calibrational tasks were reported in this thesis. The functions of the radar were compared to the outdated Meteor 360 -radar. The main functional devices and their functions were researched and the basic functions were explained.</p> <p>The writer took part in maintaining and installing the weather radar together with FMI's maintenance personnel for this thesis. The information was collected from several Vaisala's and Gematronik's manuals and documents, different publications and interviewing the maintenance personnel. By participating in the renewal projects of the weather radars and using the information learned from them the instruction manual and checklists were created.</p> <p>The information collected to the thesis and instructions created will help the future maintenance personnel in their work. The new personnel will get required knowledge of the weather radar and the instructions needed for the possible maintenance work. With the help of this thesis the maintenance personnel can maintain and calibrate the new weather radar the right way and make sure that all operations and tasks are made and taken care of.</p>	
Keywords	radar, maintenance, calibration, doppler, polarization,

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Säätutkien toimintaperiaatteet	3
3	Meteor 360 AC- ja Vaisala WRM200-tutkien esittely	7
3.1	Meteor 360 AC	7
3.2	Vaisala WRM200	8
4	Meteor 360 AC- ja Vaisala WRM200-tutkien eroavaisuudet	11
4.1	Radomi	12
4.2	Antenni ja aaltoputkijuoksu	13
4.3	Pedestaali	15
4.4	Lähetin	20
4.5	Vastaanotin	24
4.6	Lähetin- ja vastaanotinkaapit	28
4.7	Tehosyöttö	30
5	Vaisala WRM200 -säätutkan huolto	31
5.1	Määräaikaishuollot	32
5.1.1	Vuosittainen huolto	34
5.1.2	Kolmen vuoden välein suoritettava huolto	40
5.1.3	Viiden vuoden välein suoritettava huolto	41
5.2	Korjaushuollot	42
6	Vaisala WRM200-tutkan kalibrointi	46
6.1	Kalibroinnin mittalaitteet	46
6.2	Palaavien tehojen mittaus ja paluuvaimennuksen säätö	48
6.3	Pulssipituuksien mittaus	50
6.4	Tehojen mittaus ja pulssisuhteen piikkitehon laskenta	53
6.5	Vastaanottimen kalibrointi	58

7	Lopuksi	66
	Lähteet	68
	Liitteet	
	Liite 1. IRIS ohjelman valikoiden avaus	
	Liite 2. Huollon tarkistuslista	
	Liite 3. Kalibroinnin tarkistuslista	
	Liite 4. DSPX:ssä näkyvät tiedot ja sen komennot	
	Liite 5. Kalibroinnin listaus	

Lyhenteet

A/D	Analoginen / digitaalinen.
AC/DC	Vaihtovirta / tasavirta.
AFC	<i>Automatic frequency control</i> . Automaattinen taajuuden hallinta.
API	<i>Application program interface</i> . API:n avulla eri ohjelmat voivat tehdä pyyntöjä ja vaihtaa tietoja keskenään.
BBU	<i>Backup battery unit</i> . Järjestelmän vara-akkuyksikkö.
BNC	<i>Bayonet Neill–Concelman</i> . Yleisin käytettävä koaksiaalijohdon liitin.
CAN-bus	<i>Controller Area Network</i> . Automaatioväylä.
Cat-5	<i>Category 5 Ethernet cable</i> . Ethernet kaapelin standardi.
CPU	<i>Cabinet Protection Unit</i> . Laitekaapin ylijännitesuojayksikkö.
dB	<i>Decibel</i> . Vaimennuksen arvo desibeleinä. Z on signaaligeneraattorin sekoituksen korjaama arvo (dBZ) ja T korjaamaton (dB _T).
DSP	<i>Digital Signal Processing</i> . Digitaalisen signaalien käsittelyyn suunniteltu mikroprosessori.
FAT	<i>Factory acceptance test</i> . Tehdastesti, joka tehdään valmistajalla.
FPGA	<i>Field-programmable gate array</i> . Ohjelmoitava digitaalinen mikropiiri.
hPa	Hehtopascali. 1 mBar = 1 hPa.
IF	<i>Intermediate Frequency</i> . Välitaajuus.
IFD	<i>Intermediate Frequency Digital</i> . Digitoitu eli prosessoitu välitaajuus.

IFDR	<i>Intermediate Frequency Digital Receiver.</i> IF -signaalin digitointi vastaanotin.
IGBT	<i>Insulated Gate Bipolar Transistors.</i> Puolijohdemodulaattorin käyttämä transistorityyppi.
IRIS	<i>Interactive Radar Information System.</i> Vaisalan säätutkan ohjelmisto.
LNA	<i>Low Noise Amplifier.</i> Pienikohinainen vahvistin.
MDU	<i>Main Distribution Unit.</i> Tehon pääjakoyksikkö, jossa päävirtakytkin ja ylijännitesuojat.
OMT	<i>Orthomode Transducer.</i> Laite jakaa eri polarisoidut signaalit omiin kanaviin.
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect.</i> Tietokoneväylä.
PFN	<i>Pulse Forming Network.</i> Komponenttipiiri, joka muodostaa signaalin.
PLC	<i>Programmable Logic Controller.</i> Ohjelmoitava logiikka.
PPU	<i>Pedestal Protection Unit.</i> Pedestaalin ylijännitteen suojausyksikkö.
PRF	<i>Pulse Repetition Frequency.</i> Pulssintoistotaajuus joka kertoo, kuinka monta kertaa pulssi tuotetaan sekunnin aikana.
PVC	<i>Polyvinyl Chloride.</i> Polyvinyylikloridi, muovisekoite.
QLW	<i>Quick Look Window.</i> Pikanäyttöikkuna, josta nähdään tutkan mitatut tehtävät eli task:it.
RADOME	<i>Radar dome.</i> Tutka-antennia suojaava lasikuitukupoli.
RCP	<i>Radar Control Processor.</i> Tutkan ohjaus- ja prosessori yksikkö.
REF	<i>Reference.</i> Vertailuarvot.

RVP	<i>Radar Video Processor.</i> Tutkan videoprosessori, joka käsittelee signaalia ja luo siitä kuvan.
SAT	<i>Site Acceptance Test.</i> Sijoituskohteessa tehtävä testit.
STALO	<i>Stable Local Oscillator.</i> Ensimmäinen paikallisoskillaattori, joka luo va- kaan tietyn radiotaajuuden.
STO	<i>Stored.</i> Säilytetyt arvot vertailua varten.
TSC	<i>Task Schedule Control.</i> Mittaustehtävien hallintavalikko.
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply.</i> Varavoimalähde, joka pääsähkön katkettua syöttää tutkalle tehon.
Variac	<i>Variable Transformer.</i> säätömuuntaja, joka huolehtii lähtöjännitteen sää- döstä.
VME-Bus	<i>Versa Module Europa bus.</i> Motorolan kehittämä tietokoneväylästandardi.
WRM200	<i>Weather Radar Magnetron.</i> Vaisala säätutka magnetron-lähettimellä, 200 osoittaa, että tutka on kaksoispolarisaatio.

1 Johdanto

Ilmatieteen laitos mittaa säähavaintoja usean sadan sääaseman ja kahdeksan tutkan avulla koko Suomen yhteiskuntaa varten. Sää tiedon käyttäjinä ovat kansalaiset, lento- liikenne, puolustusvoimat, tutkimuslaitokset sekä muiden maiden ilmatieteen laitokset, joiden kanssa tehdään yhteistyötä tutkimuksen parissa. Yksityiset yritykset ja julkinen sektori ovat usein riippuvaisia sääennustuksista, kuten esimerkiksi maatalous ja energiatuotanto. [1.]

Sään ennustaminen on meteorologien työtä ja se perustuu tarkkoihin ja monimutkaisiin laskentamalleihin. Laskentamallit ottavat huomioon mitatut meteorologiset suureet ja niiden mittausepävarmuudet, jotka voivat vaikeuttavat tarkan tuloksen saamista. Sääasemat mittaavat sen hetkistä säätä siltä alueelta, missä ne sijaitsevat. Tämä tieto ei kerro, mitä sää tulee olemaan tulevaisuudessa, mutta aseman tietoa käytetään hyväksi ennustussalleissa. Tuulensuunta ja paine voivat vaihdella alueittain, joka taas entisestään vaikeuttaa ennustussmallien paikkansapitävyyden tulkintaa. [2.]

Sää tutkien tehtävänä on paikallistaa ja esittää käyttäjälle, missä saderintama on ja kuinka laaja se on, mihin suuntaan rintama liikkuu ja kuinka nopeasti. Tämän lisäksi Doppler-tutka mahdollistaa tiedon tutkasäteen suuntaisesta nopeuskomponentista, tutkan yläpuolelta nopeuden pystyjakauman, sadepartikkeleiden kokojakauman sekä sateen olomuodon tutkan yläpuolelta. Monet mittauksista ovat hyödyllisiä meteorologiassa tulkinnassa, mutta rajoittavat osittain tulkintaa johtuen tutkan tai saderintaman sijainnista. Kaksoispolarisaatio poistaa nämä rajoitteet ja tarjoaa käyttäjälle lisätietoa saderintamasta, kuten tiedon kohteen muodosta, sadepartikkeleiden olomuodon sekä sateen intensiteetin. Jopa sadepisaroiden koko voidaan laskea. Sadepartikkeleiden olomuodosta voidaan määrittellä ovatko ne vettä, jäätä, rakeita vai hiutaleita. Nykyaikainen tutka näkee jopa lintu- ja hyönteisparvet. Tämän pohjalta on tehty monia tutkimuksia ja jopa uusia tuotteita ja palveluita asiakkaille.

Mitattavan kohteen liike vaikuttaa sähkömagneettisten aaltojen taajuuteen ja aallonpituuteen. Vain lähestyvän tai väistyvän kohteen liike aiheuttaa tämän ilmiön ja sitä kutsutaan doppler-ilmiöksi. Kun mitattava kohde lähestyy tutkaa, taajuus kasvaa ja aallonpituus pienenee. Jos kohde liikkuu poispäin tutkasta, taajuus laskee ja aallonpituus kasvaa.

Tutka lähettää ja vastaanottaa mikroaaltopulsseja sekä mittaa lähetyksen ja vastaanoton eron pulssien välillä. Mittaukseen siis tarvitaan useita pulsseja ja erotuksesta saadaan selville liikkuvan kohteen nopeus, etäisyys sekä suunta. [3, s. 101-148.]

Mitattavan kohteen sijaintia, eli etäisyyttä tutkasta, määritellään tutkan mittaamasta heijastuksesta. Koska lähetetyn mikroaallon nopeus tiedetään, voidaan sen avulla myös laskea kohteen sijainti. Tähän vaikuttaa myös useat muut tekijät, kuten lähetetyn säteilytehon absorboituminen, sironta, vaimeneminen jne. Vain pieni osa lähetetystä signaalista heijastuu takaisin antennille, jolloin se joudutaan vahvistamaan ja prosessoimaan. Säättutka havaitsee myös liikkumattomat kohteet, maakaiut, jotka poistetaan tutkakuvasta ohjelmallisesti. [4.]

Säättutkat mittaavat takaisin heijastunutta tehoa, doppler-siirtymää ja sen suuntaa sekä missä päin sataa, mitä sataa, minne päin rintama liikkuu ja kuinka se muuttuu. Kaksoispolarisaatiotutkien avulla voidaan mitata mitä sataa. Nämä mittaukset selvittävät ja auttavat ennustumalleja ja tarjoavat tärkeää lisätietoa säästä. Säättutkien avulla voidaan ajoissa varottaa lähestyvistä vaarallisista myrskyistä ja sateista. Tämä tieto on erittäin tärkeää esimerkiksi lentoliikenteen turvallisuudelle. Turvallisuuden parantamiseksi Ilmatieteen laitos huolehtii sääasemien ja -tutkien jatkuvasta kehittämisestä ja vanhentuneiden laitteiden uusimisesta. Säättutkien huoltaminen ja ylläpito on tärkeä osa-alue säättutkien toiminnan ja mittauslaadun varmistamiseksi. [5.]

Suomessa on kahdeksan ilmatieteen laitoksen säättutkaa, joista kuusi on uudempaa kaksoispolarisaatioteknologiaa. Lähes koko Suomen alue voidaan kattaa kahdeksan tutkan voimin [6]. Edelliset yksipolarisaatio Doppler-tutkat olivat saksalaisvalmisteisia Gematronik Meteor 360 -mallisia laitteita. Tutkat ehtivät palvella yli 15 vuotta ja edustavat nyt jo vanhentunutta teknologiaa. Useat rikkoontumiset ja toimintahäiriöt sekä huono vara-osien saatavuus laskivat tutkien luotettavuuden alhaiselle tasolle.

Vanhat Meteor-tutkat päivitettiin uusiin Vaisalan WRM200-kaksoispolarisaatiotutkiin vuosina 2009 - 2013 ja päivittämistä jatketaan kunnes kaikki kahdeksan tutkaa on saatu vaihdettua. Kaksi viimeistä päivitettävää tutkaa ovat myös Gematronikin valmistamia, Meteor 500 -mallia. Tutkat ovat vuosilta 2000 ja 2005, joista vuonna 2000 valmistunut Luoston tutka päivitetään vuoden 2014 aikana. [7, s. 593;13.]

Vanhentuneiden Meteor-tutkien vuosihuollot ovat selvästi suurempia ja raskaampia, kuin uusien Vaisalan tutkien. Antennin pedestaalin moottorit ja vaihteistot vaativat huolellista tarkastusta ja öljyn vaihtoa. Useat mekaaniset osat kuluvat helposti ja nopeasti painavan antennin liikuessa. Pyöriväliitosten ja kosketuspintojen tarkistaminen ja puhdistaminen sekä tarvittaessa uudelleen säätäminen vie huomattavasti enemmän aikaa kuin uusien tutkien huolloissa. Vaisalan WRM200-tutkien mekaanisten laitteiden suunnittelussa on otettu huomioon käyttö- ja huoltoystävällisyys. Uudentyyppiset ratkaisut helpottavat vian selvitystä ja paikannusta. [8.]

Tässä työssä käydään läpi yleisesti säätutkan toimintaperiaatteet. Tarkastellaan, miten uusi tutka eroaa vanhasta, mitä hyötyjä ja etuja saavutetaan uudella tutkalla ja miten uusi tutka huolletaan ja kalibroidaan.

2 Säätutkien toimintaperiaatteet

Säätutkien toiminta perustuu mikroaaltopulssien lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Pulssisignaali lähetetään tiettyyn suuntaan korkealla lähetysteholla ja takaisin heijastunut huomattavasti pienempi signaali mitataan. Mikroaaltopulssit kulkevat valonnopeudella, joka on 299 792 458 m/s eli noin 1 079 252 849 km/h. Heijastuneen signaalin voimakkuuden ja kulkuajan avulla määritetään mittaustulos, joka esitetään käyttäjälle. Takaisin heijastuneesta tehosta voidaan laskea sateen intensiteetti ja kulkuajan avulla voidaan määrittää kohteen etäisyys. Doppler-tutkalla voidaan myös määrittää kohteen säteisnopeus ja radiaalinopeus. Polarisaatio tarkoittaa sähkömagneettisen aallon sähkökenttävektorin värähtelysuuntaa. Kaikki tutkat ovat polarisoituja ja yleisimmin käyttävät vaakapolarisaatiota, koska esimerkiksi sadeepisarat ovat vaakasuunnassa isompia kuin pystysuunnassa ja näin niistä saadaan enemmän heijastusta.

Sadepisarat heijastavat vaakapolarisoitua signaalia enemmän kuin pystypolarisoitua signaalia, kun taas rakeet heijastavat molempia polarisaatioita yhtä paljon. Tämän avulla rakeet voidaan helposti erottaa vesipisaroista.

Polarisaatiotutkat voivat lähettää sekä vastaanottaa erilaisia polarisoituja signaaleja sekä kykenevät suorittamaan nämä samanaikaisesti. Ilmatieteen laitoksen uudet kaksoispolarisaatiotutkat lähettävät ja vastaanottavat samanaikaisesti sekä vaaka- että pystysuuntaan polarisoitua signaalia.

Tällöin tutkalaitteisto ei mittaa pelkästään signaalien vaihe-eroa vaan myös eri polarisaatioiden signaalien vaihe-eroa sekä kaksoispolarisaatiosuureita (esimerkiksi ZDR, rhoHV, LDR, phiDP ja KDP). Etuna kaksoispolarisaatiomittauksessa on sateen intensiteetin ja olomuodon sekä kohteen (sadepisarat) muodon tunnistamisessa, kuten onko sade räntää, lunta, vettä vai rakeita. [9.]

Tutkalla mitataan ja lasketaan useita suureita, joita käytetään tutkatuotteiden eli kuvien muodostamisessa. Näistä tärkeimmät mitattavat suureet ovat tuulen radiaali- eli säteisnopeus V sekä tutkaheijastavuustekijä Z . Tutkaheijastavuuden yksikkö on mm^6/m^3 , joka kuvastaa vesipisaroiden halkaisijoiden kuudensien potenssien summaa yhdessä kuutiometrissä. Tutkaheijastavuustekijä ilmoitetaan desibelimuodossa, koska takaisin siroava tehon suuruus vaihtelee.

$$\text{dBZ} = 10 \cdot \log_{10}(Z/(\text{mm}^6/\text{m}^3))$$

Sateen hetkellinen intensiteetti R lasketaan tutkaheijastavuudesta. Laskennassa käytetty muunnoskaava perustuu sadepisaroiden ilmastollisesti edustavaan kokojakumaan. Kun kyseessä on vesisade, intensiteetti R ilmoitetaan millimetreinä tunnissa.

$$\text{dBZ} = 10 \cdot \log_{10}(223 \cdot R^{1.53})$$

Jos kyseessä on lumi, intensiteetti S muutetaan millimetreiksi tunnissa.

$$\text{dBZ} = 10 \cdot \log_{10}(100 \cdot S^2)$$

Tutkan mittaamasta tuulennopeudesta käytetään nimitystä radiaalinopeus eli säteisnopeus V , jonka yksikkönä on m/s. Tutkasta poispäin mitatut nopeudet ilmoitetaan positiivisella etumerkillä ja tutkaa kohti tulevat negatiivisella etumerkillä. Tuulen mittaus onnistuu luotettavasti vain silloin, kuin ilmassa on tutkan lähettämiä signaaleja heijastavia partikkeleita, kuten vesipisaroita.

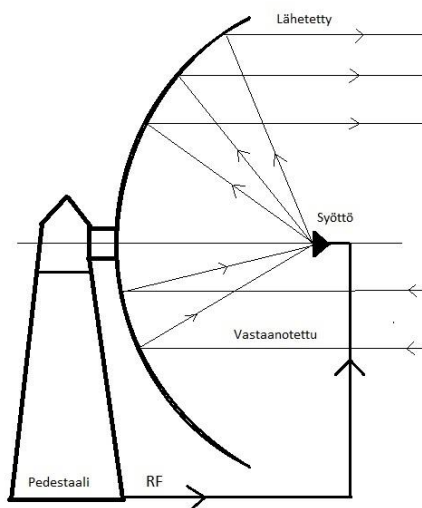
Tutkan tuottama aallonpituus ja pulssintoistotaajuus vaikuttavat siihen, kuinka suuret tuulen nopeudet voidaan mitata. Esimerkiksi 570 Hz:n pulssintoistotaajuudella voidaan mitata maksimissaan 7,6 metriä sekunnissa puhaltavia tuulia. Voimakkaampien tuulien mittausta varten käytetään suurempia pulssintoistotaajuuksia.

Tätä varten tutkat voidaan ajaa niin sanotussa kaksoispulssintoistotaajuusmenetelmällä (dual-PRF). Esimerkiksi käyttämällä pulssintoistotaajuutena 900 Hz:ia ja vaihtamalla 1200 Hz:iin vuorotellen, pystytään mittaamaan jopa 48 metriä sekunnissa voimakkuudelta olevia tuulia. [10.]

Säätutkien tehtävänä on paikallistaa ja esittää käyttäjälle, missä saderintama on ja kuinka iso se on, mihin suuntaan rintama edistyy ja kuinka nopeasti. Tämän lisäksi Doppler-tutka mahdollistaa tiedon tutkasäteen suuntaisesta nopeuskomponentista, tutkan yläpuolelta nopeuden pystyjakauman, sadepartikkeleiden kokojakauman sekä sateen olomuodon tutkan yläpuolelta. Monet mittauksista ovat hyödyllisiä meteorologiassa tulkinnassa, mutta rajoittavat osittain tulkintaa johtuen tutkan tai saderintaman sijainnista. Kaksoispolarisaatio poistaa nämä rajoitteet ja tarjoaa käyttäjälle lisätietoa saderintamasta, kuten tiedon kohteen muodosta, sadepartikkeleiden olomuodon sekä sateen intensiteetin. Jopa sadepisaroiden koko voidaan laskea. Sadepartikkeleiden olomuodosta voidaan määritellä, ovatko ne vettä, jäätä, rakeita vai hiutaleita. Nykyaikainen tutka näkee jopa lintu- ja hyönteisparvet. Tämän pohjalta on tehty monia tutkimuksia ja jopa uusia tuotteita ja palveluita asiakkaille. [5.]

Säätutkien antennit ovat paraboloidiantenneja, joita voidaan kääntää 360 astetta akselinsa ympäri eli atsimuuttisuuntaisesti, jolloin signaali lähetetään ja vastaanotetaan tutkan ympäri jokaisesta suunnasta ja tietyllä kallistuskulmalla. Kallistuskulmaa eli elevaatiokulmaa säädetään hieman ylöspäin ja mittaus uusitaan koko atsimuuttisuunnalta eli 360 asteen alueelta. Tällä tavalla tutkalla voidaan mitata kokonaan sen ympärillä olevan alueen.

Tutkan paraboloidiantenni (Kuva 1) kykenee keskittämään kaukaa tulevan heijastuneen signaalin yhteen pieneen pisteeseen ja päinvastoin pisteestä lähtevän signaalin suureen ympyrämuotoiseen lähtevään signaaliin. Antenniin osuva heijastunut signaali keskitetään sen polttopisteessä olevaan syöttötorveen. [11.]



Kuva 1. Paraboliantenni.

Antenni suuntaa signaalin yhden asteen keilaksi joka suurenee mitä pidemmälle se etenee. Keilan leveys on neljä kilometriä jo 200 kilometrin päässä. Tämän takia tutkan mittausetäisyydet on rajoitettu 250 kilometriin, jotta säilytetään vielä hyvä erottelukyky ja tarkkuus. [10.]

Tutka lähettää mikroaaltopulsseja tietyllä taajuudella, pulssileveydellä ja pulssintoistotaajuudella. Pulssintoistotaajuus eli PRF on yleensä noin 100 – 1000 kertaa sekunnissa ja sitä voidaan vaihdella mittauksien välillä. Kun lähetetty pulssi osuu esimerkiksi vesipisaraan, pieni osa siitä heijastuu takaisin ja suurin osa jatkaa matkaa. Tällä tavalla tutka pystyy mittaamaan myös pisaroiden takana olevia pisaroita.

Koska lähetyksen aikana tutka-antenni liikkuu, jokainen pulssi lähetetään hieman eri suuntaan. Signaaliprosessori käsittelee vastaanotetut signaalit ja luo niistä näytteet. Prosessoidut näytteet otetaan tietyiltä etäisyyksiltä ja luodaan niistä tuotteet eli kuvat. Jotta saataisiin järkeviä arvoja, näytteitä otetaan yleensä noin 32 – 128 kappaletta. [12.]

3 Meteor 360 AC- ja Vaisala WRM200-tutkien esittely

3.1 Meteor 360 AC

Meteor 360 AC -säättutka on saksalaisvalmisteinen pulssidopplertutka. Meteor 360 AC on yksipolarisaatiotutka, joka edustaa jo nykyisin vanhentunutta teknologiaa. Vesisateen ja lumisateen olomuotoja ei voida tarkasti määrittellä, kuten uudemmassa kaksoispolarisaatiotutkassa. Tutkien keskimääräinen elinkaari on noin 10 - 15 vuotta ja Meteor 360 AC edusti 90-luvulla alansa huippua. C-alueella (4 – 8 GHz) toimiva magnetroni säädetään Ilmatieteen laitoksen vaatimuksien mukaan tietylle taajuudelle ja lisäksi jokaisen tutkan magnetroni on säädetty eri taajuudelle. [8;13.]

Meteor 360 AC -tutka koostuu paraboloidiantennista, antennia ohjaavasta pedestaalista, antennia suojaavasta suojakuvusta eli radomista, aaltoputkilinjasta ja tutkalaitekaapeista. Laitekaapit on sijoitettu tutka-antennin alapuolelle omaan tilaansa. Näin on välttytty turhilta aaltoputkilinjoilta. Laitetilassa on vastaanotinkaappi, lähetinkaappi ja servokaappi, johon kuuluu myös signaaliprosessori. Vastaanotinkaapissa on tutkan järjestelmän hallinta laitteisto A200, joka indikoi etupaneelissa jännitteistä, lähettimen ja vastaanottimen toiminnasta ja magnetronin virrasta. A200-yksikössä ei ole vikavirtasuojia, vaan perinteiset sulakkeet, jotka oikosulun ilmetessä vaihdetaan uusiin.

Lähetin sisältää magnetronin, modulaattorin ja korkeajännitelähteen. Modulaattori, joka vastaa magnetronin toiminnasta, koostuu DEQ-kuristimesta, pulssinmuodostuspiiristä, pulssimuuntimesta ja DEQ-regulaattorista. VARIAC-muuntaja on sijoitettu lähetinkaappin etuosaan. Näin se on helppo huoltaa ja tarvittaessa vaihtaa. Lähetinkaappiin kuuluu myös aaltoputkikuivain, joka ylläpitää aaltoputkessa ylipainetta.

Servokaapissa sijaitsee tutkan signaaliprosessori RVP-6, PLC ja servoyksikkö A700, jotka vastaavat antennin suuntauksesta ja moottoreiden ohjauksesta. Lisäksi kaapissa on tutkan ohjausprosessori VME/EUROBUS, joka yhdistää tutkalaitteistot erillisillä vaihdettavilla väyläkorteilla. [14.]

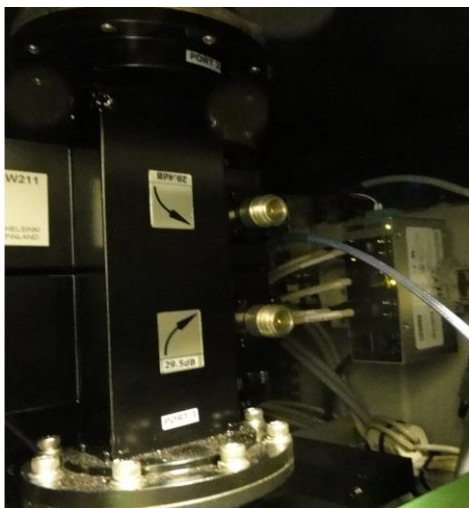
3.2 Vaisala WRM200

Vaisalan uusi kaksoispolarisaatio Doppler-säätutka, WRM200, tarjoaa uusinta teknologiaa meteorologisiin mittauksiin. Tutkan kehittynyt laitteisto nopeuttaa ja parantaa mittauksia sekä tarjoaa vanhaan tutkaan verrattuna entistä enemmän mitattavia suureita. Perinteiset säätutkat lähettävät ja vastaanottavat yleensä vain vaakasuuntaan polarisoitua signaalia. Vaisalan nykyaikainen kaksoispolarisaatiotutka lähettää ja vastaanottaa sekä vaaka- että pystysuuntaan polarisoitunutta signaalia. Kehittynyt nykyaikainen signaalinmittaus ja kaksoispolarisaation mittaustuloksia tulkitseva ohjelmisto hyödyntävät huomattavasti paremmin ja nopeammin kuin vanhemmat tutkat.

Vaisala WRM200 -tutka koostuu useasta komponenteista, joista tärkeimmät ovat tutkan suojakupu eli Radomi, antenni ja pedestaali, aaltoputkijuoksut, tutkakabinetti, virranjakoyksiköt ja varavoimalähde UPS. [15.]

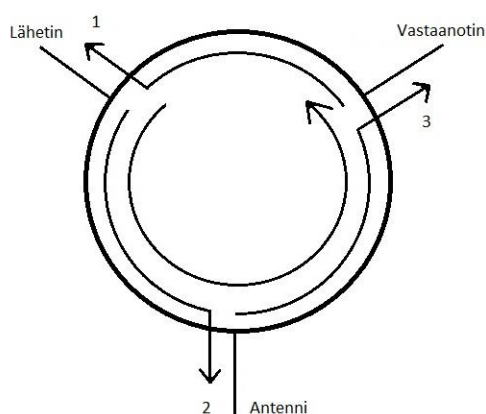
Kabinetin sisällä olevaan aaltoputkirakenteeseen kuuluu monta osaa, jotka yhdessä mahdollistavat nykyaikaisen kaksoispolarisaatiotutkan kehittyneen toiminnan. Aaltoputkien saapuessa tutkakabinetin päälle, ne liittyvät kahteen ”kaksoistanko-virittimiin” (Double Stub Tuner), jotka toimivat impedanssisovittimina ja minimoivat lähetyspulssin heijastuksen antennista aaltoputkijärjestelmässä.

Virittimien jälkeen aaltoputket jatkavat matkaa suuntakytkimille (directional couplers), joissa on lähtevän ja tulevan signaalin mittaamiseen omat liittimet (Kuva 2). Näitä liittimiä tarvitaan tutkan kalibroimiseen ja säätöön. [16.]



Kuva 2. Suuntakytkimet.

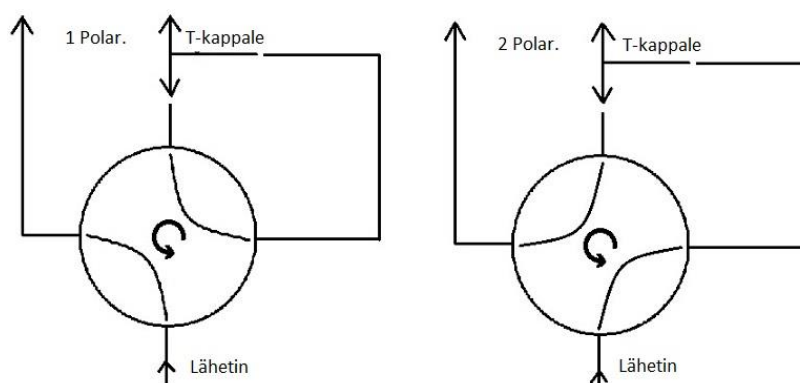
Suuntakytkimien jälkeen linjasto on liitetty kiertoelimeen (circulator), jonka tehtävänä on suojata lähetintä palaavalta teholta ja ohjata se eteenpäin vastaanottimelle. Sirkulaattorit ovat passiivisia laitteita, joissa on kolme liitoskohtaa eli porttia (Kuva 3). Portista 1 tuleva signaali kulkeutuu ainoastaan porttiin 2, kun taas portti 2 signaali kulkee vain porttiin 3, joka on yhdistetty vastaanottimeen. [17.]



Kuva 3. Kiertoelin.

Kiertoelimen ohjaamana antennilta saapunut signaali ohjataan "rajoittimille" (limiter), joiden tehtävänä on vaimentaa lähetyspulssia, jotta vastaanotin ei tuhoutuisi voimakkaan lähetyspulssin vaikutuksesta. Rajoittimet estävät vahingollisen lähetyspulssin pääsyn vastaanottimeen ja ovat aktiivisena vain lähetyspulssin aikana. [15.]

Koska kyseessä on kaksoispolarisaatiotutka, tulee antennilta kahdet aaltoputket, H- ja V-kanaville omansa. Tutkaa voidaan ajaa joko yksi- tai kaksipolarisaatio toiminnolla. Jotta nämä vaihtoehdot olisivat valittavissa, täytyy aaltoputket liittää yhteen lähettimeltä tulevaan putkeen (Kuva 4). Tämän liitoksen suorittaa aaltoputkikytkin (Waveguide switch).



Kuva 4. Aaltoputkikytkimen toiminta.

Kytin mahdollistaa tehon syöttämisen joko pelkästään H-kanavalle tai molemmille H+V-kanaville yhtä aikaa. Jotta molempia kanavia voitaisiin käyttää yhtä aikaa, tarvitaan aaltoputkikytkimen yläpuolelle niin sanottu taika-T-kappale, joka jakaa tehon kahteen suuntaan (Magic Tee power splitter). Purskepulssin (burst pulse) näytteen ottoa varten on aaltoputkilinjassa oma osa. T-kappaleen ja aaltoputkikytkimen välissä olevasta liittimestä otetaan näyte lähetyspulssista vastaanotinta ja signaaligeneraattoria varten ja sitä käytetään doppler-vaihe siirtymän laskennassa. Lähettimen ja aaltoputkikytkimen välille on turvallisuuden vuoksi asennettu valokaaritunnistin eli Arc detector. Tunnistin pystyy tarvittaessa sammuttamaan lähetysten, jos valokaaren tunnistetaan ilmenneen aaltoputkessa. [15.]

4 Meteor 360 AC- ja Vaisala WRM200-tutkien eroavaisuudet

Meteor 360 AC -tutka on tehoiltaan ja taajuudeltaan lähes samanlainen kuin uudempi Vaisalan WRM200-tutka. Meteor 360 AC:n toimintataajuus on 5.450 - 5.825 GHz, piikkiteho 250 kW ja Vaisala WRM200 toimintataajuus 5.5 - 5.7 GHz, piikkiteho 250 kW. Suurimmat erot ovatkin yksi- ja kaksoispolarisaatiossa ja niistä saaduista mittaustuloksista eli tuotteista.

Yksipolarisaatiotutkissa aaltoputkilinjastossa antennin ja vastaanottimen välillä on yksi linja, kun kaksoispolarisaatiossa niitä on kaksi. Kahteen putken ohjataan vaaka- ja pystysuoraan polarisoitua signaalia ja tätä varten aaltoputkilinjastossa on tiettyjä lisäosia joita yksipolarisaatiossa ei ole.

Antennilta tulevat aaltoputket kulkevat molemmissa tutkissa pedestaalin pyöriväliitosten läpi ja antennien suuntauksesta vastaavat pedestaalien rakenteet ovat huomattavasti muuttuneet ajan saatossa. Nykyaikaiset sähkömoottorit ovat tarkkoja, eivätkä vaadi samanlaisia mekaanisia toteutuksia, esimerkiksi voitelun ja vaihdelaatikoiden osalta kuin vanhat. Huoltotarkastukset ovat nykyisin helpompia ja nopeampia.

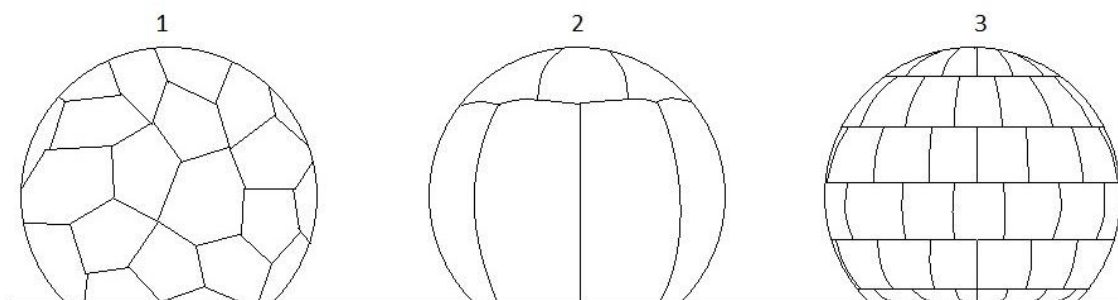
Vaikka lähetystehot ovat molemmissa tutkissa lähes samat, on lähettimien toteutuksessa eroja. Pulssin muodostamisessa on käytetty uudempaa tekniikkaa, josta on hyötyä niin mittaustarkkuudessa, kuin huoltoystävällisyydessä ja mahdollisessa vianselvityksessä. Suurin huomattava ero on tutkalaitteiston laitekaapit. Vanhan tutkan kolmea erillistä laitekaappia ei uudessa tutkassa tarvita, vaan kaikki tutkan laitteisto on sijoitettu yhteen laitekaappiin. Uusi laitekaappi on silti huoltoystävällinen ja selkeä esimerkiksi komponenttien vaihdossa.

Säätutkien vastaanottimissa ja signaalinkäsittelyssä on otettu käyttöön uusimpia väylätekniologioita ja pc-laitteistoja. Tämä on mahdollistanut nopeampaa ja tarkempaa datankäsittelyä sekä uusien kaksoispolarisaation mahdollistamia mitattavien suureiden laskemista.

4.1 Radomi

Ensimmäisenä tutkasta nähdään (tai tulee mieleen) sen suojakupu eli Radomi. Kuvun sisällä liikkuva antenni on läpimitaltaan 4.5 metriä ja pystyy liikkumaan akselinsa ympäri jopa 40 astetta sekunnissa, kiihtyvyydellä 20 astetta sekunnissa. Jotta näihin nopeuksiin voidaan yltää turvallisesti, on tutka-antennia suojattava suojakuvulla. Kuvun tehtävänä on suojata tutka-antennia tuulelta ja kosteudelta.

Suojakupu on valmistettu useasta monikulmaisesta lasikuitupalasta. Lasikuitupalat on valmistettu kerrosrakennetta käyttämällä, jolla saadaan hyvä paino-lujuus -suhde. Palojen paksuus on tarkkaan määritelty ja ne ovat keskimäärin yksi neljäsosa tutkan lähettämästään aallonpituudesta. Tällä voidaan minimoida suojakuvusta aiheutuva signaalin vaimeneminen. Suojakupuja voidaan jakaa kolmeen pääryhmään (Kuva 5): näennäissatunnaisgeometriaan (kuva 5, kuvio 1), appelsiinkuorigeometriaan (kuva 5, kuvio 2) ja iglugeometriaan (kuva 5, kuvio 3). Vaisalan WRM200-tutkassa käytetään näennäissatunnaisgeometriaa hyödyntävää suojakupua. Kuvun erimuotoisten palojen saumat ovat satunnaisessa järjestyksessä toisiinsa nähden, jolloin häiriöiden suuntariippuvuus pysytään minimoimaan. [18;19.]



Kuva 5. Radomit.

Meteor 360 AC -tutkan suojakupu muodostuu pvc-vaahdosta ja lasikuitupinnoitetuista paloista. Ilmatieteen laitoksen Meteor-tutkissa käytettävä suojakupu on niin sanottua appelsiinigeometriaa hyödyntävä rakenne. Kupu muodostuu kahdeksasta isommasta pystypalasta, neljästä kattopalasta ja ne muodostavat yhteensä 6.7 metriä leveään kuvun. Suojakuvun tarkoituksena on suojata tutkaa ja sen laitteistoa säältä, kuten kosteudelta, sateelta ja tuulelta.

4.2 Antenni ja aaltoputkijuoksu

Meteor-tutkan antenni on alumiininen paraboloidiantenni, halkaisijaltaan 4.2 metriä ja sen rakenne on pysynyt vuosien varrella muuttumattomana. Antennin paino on 800 kiloa (Taulukko 1). Yksipolarisaatiotutkassa aaltoputkijuoksua on vain yksi, kun taas kaksoispolarisaatiotutkassa niitä on kaksi.

Antennin sivuilta lähtevät tuentaputket pitävät antennin syöttötorvea kiinteästi oikeassa paikassa. Signaali kulkee aaltoputkea pitkin suoraan antennin keskikohdan läpi elevaation pyöriväliitokselle ja jatkaa matkaa tutkan alaosaan pedestaalin sisällä olevaan atsimuutin pyöriväliitokselle. [16.]

Antennin tasapainottamiseksi sen taakse on asennettu vastapainot. Antenni sijaitsee hieman kauempana keskikohdastaan kuin Vaisalan tutkassa, johtuen antennia liikuttavan mekaniikan toteutustavasta. Tämän takia vastapaino on suurempi kuin Vaisalan toteutuksessa, jossa antenni on lähempänä keskikohtaa. Vaisalan tutka-antennin paino on 620 kiloa ja halkaisija 4.5 metriä.

Taulukko 1. Tutka-antennit.

Tutka-antennit	Vaisala WRM200	Meteor 360 AC
Paino	620 Kg	800 Kg
Halkaisija	4.5 m	4.2 m
Vahvistus	45 dB	44 dB
Sädeleveys	< 1.0°	0.9°

Magnetronin tuottama signaali kulkeutuu aaltoputkilinjaa pitkin antennille, josta se lähetetään tiettyyn suuntaan. Aaltoputkilinja koostuu useista lyhyistä aaltoputkipaloista jotka on liitetty toisiinsa muodostaen kokonaisuuden. Jokaisen liitoksen kohdalla on käytetty tiivisteitä, jotta aaltoputkilinjaston ylipaine ei vuotaisi ulos. Suuren vuodon ilmettyä, tutkan toiminta pysähtyy ja lähettimen toiminta lakkaa. [20.]

Vaisalan tutkassa aaltoputkijuoksu alkaa antennin edestä, antennin syötöstä ja OMT:ltä joka syöttää ja vastaanottaa molemmat polarisoituneet signaalit ja jakaa ne aaltoputkiin. Aaltoputket jatkavat matkaa antennin sivuille elevaatiopuolen liitoksiin, joista ne ohjataan alas atsimuuttipuolen pyöriväliitokseen. Nämä liitokset mahdollistavat antennin liikkumisen pysty- ja vaakasuuntiin ilman katkoksia tai vuotoja aaltoputkissa.

Tutkan lähettämä ja vastaanottama mikroaaltosäteily kulkee aaltoputkijuoksussa. Aaltoputket ovat suorakaiteen muotoisia metallisia putkia, jotka kulkevat antennista tutkakabinettiin.

Aaltoputki kestää enemmän tehoa ja on häviöiltään vähäisempi kuin koaksiaalikaapeli. Taajuuden ja putken mittojen yhteensopivuuden vuoksi kenttä heijastuu putken sisäpinnasta ja siirtyy aaltoputkessa lähes häviöttä. [16.]

Aaltoputken optimaalinen mitoitus määräytyy suoraan siirrettävästä taajuudesta. Kyse on suorakaiteen muotoisesta, elliptisestä tai pyöreästä kupariputkesta, jonka sisäpinta voi olla hopeoitu häviöiden vähentämiseksi. Ilmatieteen laitoksen tutkissa aaltoputket ovat suorakaiteen muotoisia, aaltoputkityyppiä WR187 (taulukko 2). WRM200 on kaksoispolarisaatiotutka, joten aaltoputkijuoksuja tarvitaan kaksi, H- ja V-kanaville omat.

Taulukko 2. Aaltoputkityypit ja ominaisuudet.

Tyyppi	Taajuus (GHz)	Keskiteho (kW)	Piikkiteho (kW)	Maks.Paine (mbar)
WR 284	2.60 - 3.95	33.8	1500	2060
WR 229	3.30 - 4.90	28.0	1200	2060
WR 187	3.95 - 5.85	13.5	650	2060
WR 159	4.90 - 7.05	11.2	550	2060
WR 137	5.85 - 8.20	7.5	390	2060
WR112	7.05 - 10.00	4.5	250	3100
WR90	8.20 - 12.40	2.2	150	3100
WR75	10.00 - 15.00	2.1	125	4100

Pitääkseen aaltoputket puhtaina ja kuivina, kabinetissa on kuivailmakompressori (dehydrator). Kuivailmakompressori syöttää paineistettua kuivaa ilmaa aaltoputkiin, estääkseen mahdollisen kosteuden muodostumisen. Kompressori ottaa sisäilman usean filterin läpi ja paineistaa aaltoputkijuoksun 400 hPa:n ylipaineella, jolloin se varmistaa liian pois pitämisen mahdollisen aaltoputkien rikkoontumisessa tai vuodon yhteydessä. Tätä varten on oma aaltoputkiosa, jossa on ilmaa sisään syöttävä liitin (pressure inlet).

Aaltoputkien mahdollisimman lyhyt pituus vähentää mahdollista vaimennusta (n. 0.05 dB/m), joten yleensä tutkakabinetti sijoitetaan heti antennin alapuolelle tai sivulle. Atsimuuttisuunnan liitoksen jälkeen, ennen kabinettia, aaltoputkien yhteyteen asennetaan kaistanpäästösuodattimet ja harmoniset suodattimet. Suodattimilla voidaan poistaa signaalit, jotka ovat taajuusalueen 5.6 GHz - 5.65 GHz ulkopuolella. [13;20.]

4.3 Pedestaali

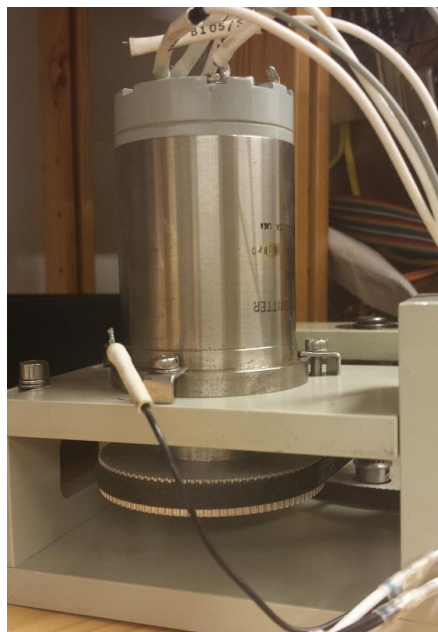
Meteor 360 AC antennin pedestaalin osat kuten moottorit ja vaihteistot vaativat huolellista tarkastusta, puhdistusta ja öljyn vaihtoa. Useat mekaaniset osat kuluvat helposti ja nopeasti painavan antennin liikuessa. Meteor 360 AC tutkan antennin ja pedestaalin yhteispaino on reilu 1600 kiloa, kun Vaisalan WRM200 tutkassa se on 1500 kiloa. Pyöriiväliitosten ja kosketuspintojen tarkistaminen ja puhdistaminen (kuva 6) sekä tarvittaessa uudelleen säätäminen vie huomattavasti enemmän aikaa, kun uusien tutkien huolloissa.



Kuva 6. Meteor 360 AC pedestaali ja antenni.

Antennia liikuttava pedestaali on massiivinen rakenne moottoreiden ja vaihdelaatikon kera. Meteor 360 AC tutkan pedestaalin paino on 800 kiloa ja Vaisalan WRM200-tutkan pedestaalin paino 900 kiloa (taulukko 3). Meteor-tutkan pedestaalin ylempi osa huolehtii antennin kallistamisesta, joka ulottuu -2° - $+95^{\circ}$:seen. Pedestaalin alempi osa kääntää antennia vaakatasossa akselinsa ympäri haluttuun suuntaan.

Antennin kaltevuutta säättävä sähkömoottori tottelee antennitilasta tullutta signaalia, joka varmistetaan erillisillä pyörivillä tahdistusosilla (kuva 7). Tätä tahdistusosasta saatu tieto verrataan annettuihin arvoihin, joilla ohjelmisto osaa asettaa antenni oikeaan suuntaan. Sähkömoottorin jatkeena on vaihdelaatikko, joka vie suuren tilan pedestaalin rakenteesta. Vaihdelaatikkoon vaihdetaan vuosihuoltojen yhteydessä vaihteistoöljy, joka on valmistajan erikseen määrittelemä. Puutteellinen voitelu voi aiheuttaa vaihdelaatikon rikkoontumisen ja seurauksena tutkan puutteellisen toiminnan. Vaihdelaatikon jumiutuminen tai rikkoontuminen onkin antennin suurempia ongelmia jatkuvassa ympärivuotisessa käytössä.



Kuva 7. Tahdistusosa.

Antennin vaakasuuntaisesta kohdistuksesta vastaa isompi kokonaisuus pedestaalin alaosassa. Sähkömoottori kääntää antennia haluttuun suuntaan ja tilatietoa suuntauksesta seurataan tahdistimelta tulleen tiedon avulla.

Kuten kallistuksessa eli elevaatiopuolen moottorissa, niin samoin vaakasuuntaisessa kääntämisessä on moottorin jatkeena vaihdelaatikko. Tähänkin vaihdelaatikkoon on vuosihuollossa suositeltu vaihdettava vaihteistoöljyt. Ilmatieteen laitoksen tutkissa on huomattu että vain elevaatiopuolen vaihdelaatikossa öljyn vaihtotarve on vuosittain. Atsimuuttisuuntainen liike ei kuluta öljyä niin, kuin elevaatio, joten sen vaihtotarve on pienempi ja se voidaan suorittaa muutaman vuoden välein.

Vaakasuuntaisesta kohdistuksesta vastaavan moottorin akselin ympärillä kulkeva liukurengasyksikkö (kuva 8). Signaalia siirretään pyörivään antenniin ja sähkölaitteille liukupintojen ja kosketusharjojen avulla. Tällöin antennilla ei ole maksimiarvoja kääntämisen suhteen, vaan se pystyy pyörimään akselinsa ympäri jatkuvasti. Pedestaalin sivuissa olevista vesitiiviistä luukuista voidaan tarvittaessa huoltaa ja vaihtaa osia. Näiden luukujen takaa paljastuvat liukupinnat kuulu puhdistaa ja rasvata vuosihuollon aikana.



Kuva 8. Liukurengasyksikkö.

Vaisalan WRM200-tutkassa antennin ja pedestaalin yhteispaino on reilu 1500 kiloa. Pedestaali asettaa antennin haluttuun suuntaan käyttämällä atsimuutti- ja elevaatioarvoja, jotka IRIS -ohjelmisto ja RCP sille asettavat. Vaisalan haarukkamainen pedestaali (kuva 8) kykenee mekaanisesti kallistamaan antennia -5° - $+115^{\circ}$:seen, mutta rajantureiden avulla se on rajoitettu -3° - $+110^{\circ}$:seen. Kehittyneet sähkömoottorit asettavat antennin tarkasti haluttuun suuntaan 0.1° tarkkuudella.

Uuden tyyppiset harjattomat moottorit vaativat selvästi vähemmän huoltoa ja tarkastuksia kuin edellisessä tutkassa olevat harjalliset moottorit. Harjattomat moottorit ovat myös pidempi-ikäisiä ja toiminnaltaan varmempia kuin harjalliset.



Kuva 8. WRM200 Pedestaali ja antenni.

Pedestaalin ja käyttäjän välillä käytetään kahta CAN-bus-väylää. Ensimmäistä väylää käytetään ohjaamiseen ja diagnostiikkaan, kun taas toista väylää kulmien säätöön. Tilatieto luetaan usean anturin voimin ja tarkistetaan ohjelmallisesti. Antennin kulman ääriasentoja seurataan optisilla antureilla, jotka välittävät tilatiedon digitaalisesti ohjauslaitteistolle. CAN-bus-väylän digitaalista tietoa siirretään antennin ja laitekaapin välillä liukupintojen ja kosketusharjojen avulla.

Vaisalan WRM200-tutkien mekaanisten laitteiden suunnittelussa on otettu huomioon käyttö- ja huoltoystävällisyys. Uudentyyppiset ratkaisut helpottavat vian selvitystä ja paikannusta, kun käytössä on digitaaliset servot ja tilatiedot. Pedestaalin avaaminen on tehty helpoksi ja tutkan toiminta on muuttunut yksinkertaisemmaksi. [8.]

Vaisalan WRM200-tutkassa antennia suuntaava pedestaali käyttää suoraan nykyaikaisia sähkömoottoreita, eikä nestevoideltujen vaihdelaatikoiden öljynvaihtoa tarvita. Ainoastaan atsimuutti- eli vaakatasoisesta liikkeestä huolehtivan moottorin momenttimuuntimena käyttämän epäkeskovaihdelaatikon öljyt tarkistetaan. Tämän niin sanotun vaihdelaatikon huoltoväli voi olla monia vuosia, eikä välttämättä tarvitse huoltoa lainkaan tutkan elinkaaren aikana. [21.]

Turvallisuuden vuoksi kaikki kaapeloinnit antennin ja ohjausyksikön välillä on liitetty pedestaalin suojausyksikköön, eli PPU:hun joka on suorassa yhteydessä MDU:hun.

Taulukko 3. Pedestaalien ominaisuudet.

Pedestaalit	Vaisala WRM200	Meteor 360 AC
Paino	900 Kg	800 Kg
Suuntauksen tarkkuus	0.1°	0.1°
Elevaation alue	-3° ... 100°	-2° ... 90°
Elevaation nopeus	20°/s	20°/s
Skannaus nopeus	40°/s	36°/s

4.4 Lähetin

Tutkan lähetin tuottaa, vahvistaa ja muuttaa elektromagneettista energiaa mikroaalto- säteilyksi, johon tutkan toiminta perustuu. Tutkissa käytetään usean tyyppisiä lähetimiä, jotka eroavat toisistaan esimerkiksi lähetysteholtaan tai taajuudeltaan.

Gematronik Meteor 360 AC -tutkan lähetin toimii C-alueen (taulukko 4) taajuudella. Itsevärähtelevä magnetroni tuottaa 5.450 - 5.825 GHz:in taajuuden ja sen huipputeho on 250 kW:ia. Lähetin kykenee tuottamaan 0.85 μ S - 2.0 μ S pulssileveyden, jolloin toistotaajuus eli PRF on 250 - 1200 Hz:ia ja pulssisuhde (duty cycle) 0.12 % (prf 1200, 1.0 μ S).

Taulukko 4. Tutkien taajuusalueet.

Tutkan taajuusalueiden lyhenteet		
Lyhenne	Taajuusalue (GHz)	Aallonpituus (cm)
L	2 - 1	15 - 30
S	4 - 2	8 - 15
C	8 - 4	4 - 8
X	12 - 8	2.5 - 4
K _u	18 - 12	1.7 - 2.5
K	27 - 18	1.2 - 1.7
K _a	40 - 27	0.75 - 1.2
W	300 - 40	0.1 - 0.75

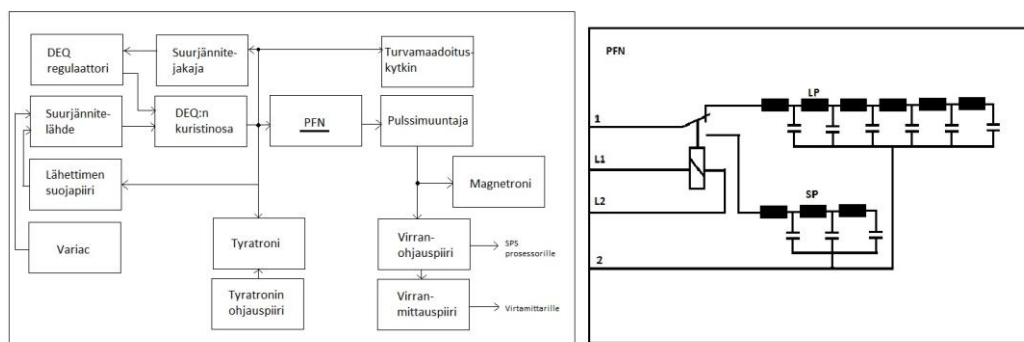
Pulssisuhde ilmoittaa jaksollisten aaltomuotojen puolijaksojen suhteen kokonaisjakso-aikaan. Pulssisuhde liittyy tutkan lähettimen piikki- ja keskitehoihin ja sitä käytetään kokonaistehon määrittelyyn, joka vaikuttaa heijastuneen signaalin voimakkuuteen. Kun pulssintoistotaajuus on 1000 Hz ja pulssinleveys 1.0 μ S, pulssisuhteeksi saadaan 0.001 eli 0.1 % ($0.000001 \cdot 1000 = 0.001$). Pulssisuhde ilmoitetaan prosentteina, mutta tutkan tehojen laskennassa on helpompaa käyttää desibelejä. [22;23.]

Pulssisuhde (dB) = $10 \cdot \log_{10}(\text{pulssisuhde})$. Esimerkiksi, kun pulssisuhde on 0.001, saadaan pulssisuhteeksi desibeleinä -30 dB.

Pulssintoistotaajuus eli PRF ilmoittaa kuinka monta pulssia tutkan lähetin tuottaa sekunnissa eli se ilmoitetaan hertseinä (1/s). PRF 1200 tarkoittaa, että pulssi muodostetaan 1200 kertaa sekunnissa. Korkea PRF parantaa resoluutiota ja tarkkuutta ottamalla mittauskohteesta useimpia näytteitä, mutta koska PRF rajoittaa maksimikantamaa, voidaan tarkkuutta parantaa entisestään vaihtelemalla erilaisten PRF taajuuksien välillä.

Meteor 360 AC:n lähetinyksikköön kuuluu useita komponentteja, joiden avulla vaadittu signaali muodostetaan (kuva 9) ja saadaan magnetroni oskilloimaan. Ohjainlaitteen muodostaessa liipaisusignaalin, kytkinelin eli tyratroniputki päästää PFN-signaalin itsensä ja pulssimuuntajan kautta läpi.

Toimiessaan PFN latautuu ja purkautuu PRF:n tahdissa. Suurjännitelähde ja varauskeila varaavat PFN:än lähetyspulssien väliaikoina. PFN eli pulssinmuodostuspiiri (*Pulse Forming Network*) muodostuu keloista ja kondensaattoreista ja sen tehtävänä on muodostaa tarvittava pulssi. [4.]



Kuva 9. PFN ja pulssin muodostus komponentit.

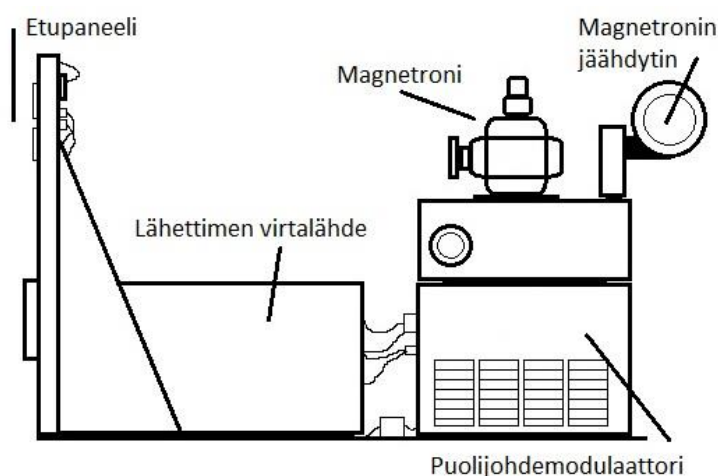
Haluttu suurjännitepulssi muodostetaan modulaattorissa, joka koostuu useista komponenteista, kuten kuristimista, muuntajista, mittauspiireistä ja regulaattoreista. Modulaattoriksi kutsutaan lähettimen osakokonaisuutta, josta on poisluettu itse magnetroni ja VARIAC. VARIAC on suurjänniteinen yksikelainen säätömuuntaja, joka huolehtii lähtöjännitteen säädöstä. Modulaattori tuottaa negatiivista suurjännitepulssia tietyllä pulssi-toistotaajuudella. Pulssi kulkeutuu pulssimuuntajan kautta magnetronin katodille ja saa magnetronin oskilloimaan. Oskilloiva magnetroni alkaa tällöin värähdellä tietyllä säädetyllä toimintataajuudellaan ja tuottaa lopullisen lähetettävän signaalin.

Modulaattorin puhaltimet huolehtivat komponenttien ja magnetronin jäähdytyksestä, joka ylikuumentuessa voi aiheuttaa signaalin vaihtelua tai lähettimen rikkoutumisen. Jos ylikuumeneminen tapahtuu, kytkee suojausjärjestelmä lähettimen pois päältä. Koska lämpö vaikuttaa magnetronin värähtelytaajuuteen, on sitä aina ennen käyttöä lämmitettävä noin kymmenen minuuttia ennen tilanteen stabiloitumista. [4.]

Vaisalan WRM200-tutkaan on valittu itsevärähtelevä magnetron-lähetin (kuva 10), joka toimii suuritaajuisena mikroaalto-oskillaattorina. Magnetron-lähetin pystyy tuottamaan kapeita pulsseja eri pulssinpituuksilla (0.5 μ s, 0.8 μ s, 1.0 μ s, 2.0 μ s) ja on varustettu puolijohdemodulaattorilla. Lähetin kykenee tuottamaan 200 - 2400 Hz pulssintoistotaajuutta ja sen pulssisuhde (duty cycle) on 0.12 %. [15.]

Meteor 360 AC -tutkan kytkinelin eli tyratroni on täytetty kaasulla, joka saadessaan PFN liipaisupulssin ionisoi kaasun ja päästää modulaattorin muodostaman signaalin itsensä läpi. Vaisalan puolijohdemodulaattorissa on kaasun sijasta öljy, joka myös suo- jaa sisällään olevaa pulssin muodostajaa.

Puolijohdemodulaattorin pulssimuunnos on toteutettu IGBT-transistoreilla. Pulssi- muunnos toteutetaan ja RCP:ltä saadun liipaisusignaalin vetäessä, muodostettu suuri- jännitteinen signaali päästetään läpi magnetronille. Puolijohdemodulaattorin toiminta vaikuttaa suoraan magnetronin, muodostetun lähetyspulssin taajuuteen ja koko tutkan toimintatarkkuuteen. Puolijohdemodulaattori on tarkempi ja nopeampi kuin PFN- tyypisissä modulaattoreissa, eikä ole niin herkkä jännitevaihteluille kuin vanhemman tutkan toteutuksessa. Tarkka pulssinmuodostus ja ohjaus eri lähetyspulssien vaihtelus- sa, rajoittaa pulssin värähtelyä ja näin vaikuttaa suoraan doppler-siirtymään. [4;24.]



Kuva 10. WRM200 tutkan lähetin ja sen pääosat.

Puolijohdemodulaattori (solid state modulator) tuottaa lähettimelle lyhyitä pulsseja korkealla jännitteellä kytkemällä suurjännitteen jatkuvasti pois ja päälle. Modulaattorin tehtävänä on vastaanottaa niin sanottu liipaisinsignaalin, joka kertoo, milloin pulssi tuotetaan. Tällöin modulaattori tuottaa korkeata jännitettä (26 - 28 kV) magnetronin katodille ja saa magnetronin oskilloimaan tietyllä taajuudella, esimerkiksi 4 - 8 GHz (C – Band). [15.]

4.5 Vastaanotin

Vaisalan säätutkan vastaanotin (RVP900) on sekä vastaanotin että digitointiyksikkö, joka koostuu kahdesta pääosasta: VRF212 RF -vastaanottimesta ja RVP901 IFDR -digitaalivastaanottimesta sekä RVP902-signaaliprosessorista. Kaikki tarvittavat komponentin vastaanottoa ja digitointia varten on sijoitettu yhteen rakkikoteloon, joka voidaan helposti vetää ulos kabinetista esimerkiksi huoltoa tai korjausta varten. [15.]

RVP901, IFDR eli IF-signaalin digitointi vastaanotin, on erillinen ulkoisilta elektronisilta häiriöiltä suljettu komponentti. Laite on yleensä sijoitettu kabinetin sisälle, mutta uuden multikäytettävyyden ansiosta se voidaan tarvittaessa muuttaa. IFDR:n pääsisääntulo on IF-signaali. IFDR:ssä on kolme identtistä 16-bittistä A/D-muunninta lähetettävän pulssin näytteitä varten sekä kaksi vastaanotinkanavaa. IFDR kytkeytyy signaaliprosessoriin CAT-5 -kaapelilla, jonka maksimipituus voi olla jopa 25 metriä. [25.]

RVP901-digitaalinen vastaanotin eli IFDR käsittelee vastaanotetun sekä alassekoitetun IF-signaalin ja digitoi sen jatkokäsittelyä varten. Tavallisesti välitaajuus jaetaan kahteen kanavaan eli I- ja Q-kanaviin. Näin saadaan amplitudin lisäksi selville myös vaihe. I- ja Q-tietoja käytetään doppler-vaihe-eron laskemiseen. Tuotetut I- ja Q-tiedostot lähetetään tutkan työasemalle RVP902-signaaliprosessorille, joka laskee halutut tuotteet I- ja Q-datasta. Näitä dataa IRIS käyttää muodostaessaan tutkatuotteet eli tutkakuvat.

RVP901 IFDR:n digitaaliset I- ja Q-datat syötetään signaaliprosessorille prosessoitavaksi käyttämällä pulssipareja, Fourier-muunnoksia tai satunnaisvaihetekniikkaa. Koska IFDR on yhteydessä serveriin ethernet verkkokaapelilla, saadaan digitaaliset I- ja Q-datat lähes reaaliajassa prosessoitavaksi.

Sen lisäksi että järjestelmä käyttää lähestymistapanaan avointa laitteistoa, käytetään myös ohjelmistossa avoimia ratkaisuja, kuten Linux -käyttöjärjestelmää. Avoimen järjestelmän salaamaton koodi ja julkinen API tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuuden muuttaa tai korvata algoritmeja tai kirjoittaa kokonaan uusia signaalikäsittelyalgoritmeja. Avoimen tekniikan ja ohjelmiston lähestymistapojen perustana on vähentää kustannuksia ja antaa käyttäjälleen vapautta valita vaihdettavien PC-komponenttien tai ohjelmistojen välillä. Tämä helpottaa laitteiston ylläpitoa, päivitystä ja mahdollista laajennusta. [25.]

RCW (RVP900) eli tutkan työasema on teollisuus PC, joka ylläpitää ja suorittaa tutkan ohjausprosessia (RCP), joka taas kontrolloi antennin ja pedestaalin liikettä. Lisäksi RCW suorittaa RVP-prosesseja ja IRIS-ohjelmaa, joka tuottaa tutkatuotteita vastaanotetusta signaalista ja esittää sen ymmärrettävässä muodossa käyttäjälle.

Vaisala WRM200-tutkan digitaalinen signaaliprosessori RVP902, suorittaa jopa 38,4 miljardia MAC-sykliä (kerto- ja yhteenlaskua) sekunnissa eli viisi kertaa enemmän kuin edellinen malli RVP8. [25.]

RVP902-prosessointi perustuu yksittäiseen FPGA-piiriin, toisin kuin edellisessä mallissa useimpiin DSP-piireihin ja PCI-kortteihin kuten Meteor 360 AC -tutkissa. FPGA kytkeytyy PC-palvelimen ohjelmistoon nykyaikaisesti CAT-5e-verkkokaapelilla, tämä poistaa useiden tarvittavien PCI-väylien tarpeen sekä mahdollistaa nykyaikaiset väylänopeudet. Tämä hyöty näkyy halvempänä valmistushintana ja huomattavasti parannettuna laskentanopeutena. RVP902 hyödyntää kahta neliytimistä 2.33 GHz:in Intel Xeon prosessoreita.

WRM200-tutkan vastaanottimessa oleva LNA (*low noise amplifier*), eli pienikohinainen vahvistin, vahvistaa antennilta saadun erittäin pienen signaalin. LNA -vahvistin on ensimmäinen vahvistava tutkalaitteiston komponentti signaalinkäsittelyssä. Sen kohinaluku, eli sen itseensä aiheuttama kohinan lisäys on < 2 dB.

Downconverter eli alassekoittaja, on integroitu taajuuksien sekoittajamoduuli. Sekoittaja käyttää kaksoissekoitusta, jolloin se ensin muuttaa antennilta saadun signaaliin (IF) 442 MHz:n välitaajuudeksi ja sen jälkeen 60MHz:n taajuudeksi.

Tuotettu 60 MHz:n välitaajuus syötetään usean sopivan vahvistuksen ja suodatuksen jälkeen 16-bittiseen digitaaliseen välitaajuuden vastaanottimeen, eli IFDR:ään (RVP900). Alassekoituksen aikana vastaanotin pystyy vaimentamaan 80 dB:n peilitaajuuksia minimoidakseen ulkoisten lähteiden, kuten esimerkiksi toisten tutkien tai viestijärjestelmien signaaleja eli häiriöitä. [15;16.]

Vertailuoskillaattori (*Reference oscillator*) on radiotaajuinen oskillaattori, joka pystyy ylläpitämään signaalin vakaana pulssien välillä ja säilyttämään sen tarvittaessa pitkän ajan. Tutkan useat muut komponentit käyttävät vertailuoskillaattorin 10 MHz:n taajuutta vertailusignaalinaan.

Ensimmäinen paikallisoskillaattori (*first local oscillator*) eli STALO (*stable local oscillator*), tuottaa vakaan ja säädettävän radiotaajuussignaalin RF (5.00 - 5.30 GHz) käyttäen apunaan referenssioskillaattorin tuottamaa 10 MHz:n taajuutta.

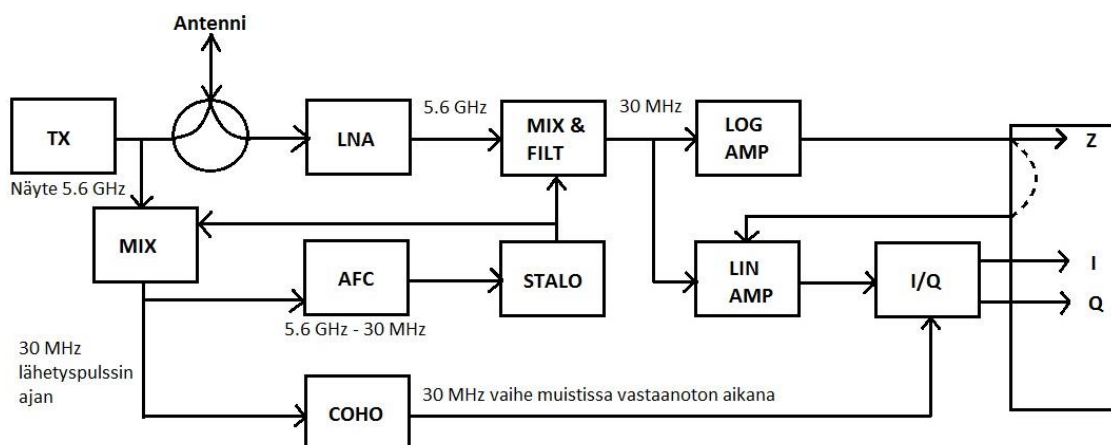
Radiotaajuista signaalia käytetään alassekoittamiseen eli ensimmäiseksi välitaajuudeksi saadaan 442 MHz. STALO:n taajuus asetetaan RVP900-vastaanottimen DAFC-piiriin (*digital automatic frequency control*) avulla, joka asettaa taajuuden 5 GHz:n yläpuolelle 100 kHz:n askelmuna. Esimerkiksi, jos tutka toimii 5600 MHz:n taajuudella, STALO:n taajuus on asetettu 5158 MHz:iin ($5600 \text{ MHz} - 5158 \text{ MHz} = 442 \text{ MHz}$).

Toinen paikallisoskillaattori (*second local oscillator*) tuottaa tasaista 382 MHz:in taajuutta, käyttämällä referenssioskillaattorin tuottamaa tarkkaa 10 MHz:n signaalia. Tuotettua 382 MHz:n taajuutta käytetään toiseen alassekoitukseen ja 442 MHz:n IF-signaali muutetaan 60 MHz:iin. [15.]

Meteor 360 AC -tutkan vastaanotin on niin sanottua vastaanotinkoherenttia tyyppiä. Vastaanotin ottaa muistiin lähetyspulssin taajuuden ja vaiheen joita se käyttää doppler-mittauksessa. Uudessa tutkassa vastaanotin on ennemminkin lähetinkoherentti tyyppinen, jolloin lähetyspulssin vaihetta ja taajuutta voidaan ohjata ja vastaanotin tietää sen jokaisella lähetyshetkellä.

Vastaanottimen puolijohdevahvistimen kohinaluku, eli sen itseensä aiheuttama kohinan lisäys on 2,5 dB. Ensimmäinen vahvistus vaikuttaa koko vahvistimen kehittämään kohinatasoon, eli myös vastaanottoherkkyyteen. Meteor 360 AC:n vastaanottimen vastaanottoherkkyys on -108 dBm mikä on erittäin hyvä, mutta pienempi kuin WRM 200-tutkan -115 dBm herkkyys.

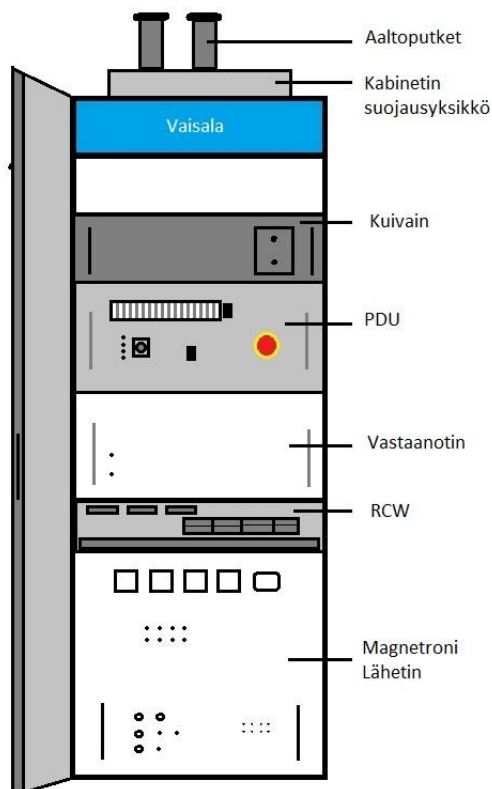
Meteor 360 AC -tutkan vastaanotin vahvistaa antennilta tulleeseen heijastussignaalin esi-vahvistimessa ja sekoittaa sen paikallisoskillaattorin STALO:n signaaliin, joka on 30 MHz alle lähetystaajuuden. STALO:n referenssitaajuutena toimii erillinen viiden MHz:in oskillaattori. Sekoitettu signaali suodatetaan ja ohjataan matalammalle välitaajuudelle, jota on helpompi vahvistaa ja käsitellä. STALO:n 30 MHz:in ero lähetyspulssiin ylläpitää AFC-yksikkö (*automatic frequency control*). AFC:n tehtävänä on ohjata STALON:n taajuus 30 MHz:ia alle magnetronin tuottamaa taajuutta (kuva 11). Sekoitettu signaali vahvistetaan logaritmisessa vahvistimessa joka vahvistaa enemmän heikkoja signaaleja kuin vahvoja. Suodatettu ja vahvistettu signaali ohjataan RVP-6-esiprosessorille joka suorittaa tarvittavat laskutoimitukset ja A/D-muunnokset. RVP-6-esiprosessori on Sigmet-tutkaohjelmistotoimittajan valmistama signaalikäsittelyprosessori, joka kykenee suorittamaan 360 miljoonaa liukulukuoperaatiota sekunnissa. [26.]



Kuva 11. Meteor 360 AC:n vastaanotin ja sen komponentit.

4.6 Lähetin- ja vastaanotinkaapit

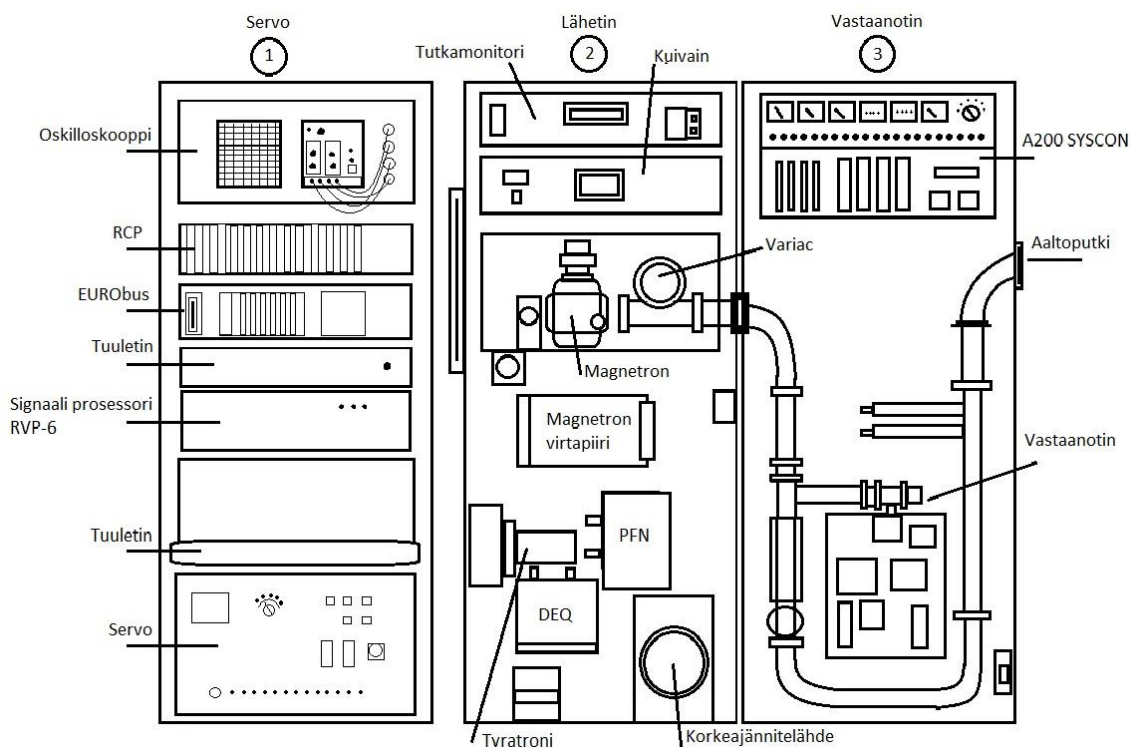
Vaisala WRM200-tutkan ensimmäinen huomattava ero vanhaan Meteor 360 AC - tutkaan nähden, on tutkalaitteistokaappi, eli tutkakabinetti (kuva 12). Yhteen laitekaappiin on sisälletty kaikki tarvittavat laitteistot mitä tutka tarvitsee toimiakseen.



Kuva 12. Vaisala WRM200 tutkan laitekaappi.

Antennilta tulevat aaltoputket liittyvät kabinettiin yläpuolelta, josta signaali jatkaa kabinetin omaan aaltoputkirakenteeseen. Kabinetin yläpuolella sijaitsee sen oma suojausyksikkönsä. Kaikki kaapelit antennilta tai ulkopuolelta jotka tulevat kabinettiin, liitetään CPU-yksikköön (*cabinet protection unit*). Yksikön tehtävänä on suojata tutkalaitteistoa mahdollisilta virtapiikeiltä, kuten esimerkiksi salamaniskulta. Tutkakabinetti sisältää sisäisen aaltoputkirakenteen, lähettimen, vastaanottimen, aaltoputkikuivattimen, tehonjakoyksikön ja tutkan ohjaus-työaseman, johon liittyy näyttö ja näppäimistö. [15.]

Meteor 360 AC -tutkaan kuuluvat laitekaapit on sijoitettu tutkan antennitilan alapuolelle omaan kerrokseen. Laitekaapeissa sijaitsevat tutkalaitteiston lähetin, vastaanotin, antennin ohjausyksikkö ja tutkaproessori (Kuva 13).



Kuva 13. Meteor 360 AC:n laitekaapit ja niiden pääkomponentit.

Antennilta tuleva aaltoputkilinja yhtyy laitetilan vastaanottimen laitekaappiin. Vastaanottimen laitekaapissa (Kuva 13, kaappi 3) sijaitsee oma aaltoputkirakenne ja ohjausyksikkö SYSCON A200. Vastaanotinkaapin aaltoputkijärjestelmä vastaa kaikista aaltoputkijuoksuun liittyvistä vaimennuksista ja säädöistä sekä signaalin ohjauksesta lähetimeltä antennille ja antennilta vastaanottimeen.

Vastaanottimen vieressä sijaitseva lähetinkaappi tuottaa lähetettävän signaalin ja syöttää sen antennille aaltoputkilinjan kautta. Lähetinkaappiin (Kuva 13, kaappi 2) sisältyy magnetroni, pulssinmuodostamiseen liittyvät komponentit, ilmakuivain ja tutkamonitori. Tutkamonitorista voidaan nähdä ja tarkistaa tutkan toiminta, kuten signaalin kohinatason, lähetetyn ja vastaanotetun pulssin voimakkuus sekä mahdolliset hälytykset.

Kolmas laitekaappi vastaa tutkan antennin ohjauksesta ja vastaanottimelta tulevan signaalin prosessoinnista työasemaohjelmistoa varten. SPU360AC-servokaapissa (Kuva 13, kaappi 1) on kaikki komponentit liittyen tutkan ohjaamiseen ja prosessointiin. Antennia voidaan ohjata manuaalisesti etupaneelissa olevista kytkimistä sekä tarkistaa servojen toimintaa tai jännitteitä.

Laitekaappiin kytketyssä työasemassa käytetään IRIS-ohjelmistoa, joka tuottaa lopulliset säätökatuotteet. Erillinen huoltopäätte esittää tutkan toimintatilaa ja sen avulla voidaan ohjata tutkan toimintaa ylläpito- ja huoltotehtävissä. [26.]

4.7 Tehosyöttö

PDU eli tehonjakoyksikkö (*power distribution unit*) tarjoaa tutkalle sekä DC että AC (tasa- ja vaihtovirta) tehonsyöttöä. Tutkan kabinetin jännitesyöttö on 3-vaiheinen 400 VAC, josta myös PDU saa tehonsa. Jokaisella AC-lähdöllä on oma vikavirtasuojan katkaisija PDU:n etupaneelissa. PDU:ssa on myös yksi 400 VAC 3-vaihe-lähtö lähetintä varten, jota voidaan käyttää myös 1-vaihe lähtönä sekä 8 kappaletta 230 VAC lähtöjä toimintalaitteille. DC-virtalähde koostuu viidestä AC/DC -muuntimista (+24 V / +15 V / +12 V / -12 V / +5.5 V) sekä neljästä DC-ulostulosta.

Tutkakabinetin PDU-yksikkö on kytkettynä MDU-yksikköön eli tehon pääjakoyksikköön. MDU:n tehtävänä on suojata tutkalaitteistoa ulkopuolisilta pääsähkönsyötöstä tulevilta virtapiikeiltä ja häiriöiltä. MDU:ssa on päävirtakytkimet ja suojausjärjestelmät. Rajakytkimet ja oven avaustunnistimet on liitetty MDU-yksikköön, joka tarvittaessa pystyy sammuttamaan tutkan ja varmistamaan turvallisen käytön esimerkiksi huolto- ja vikatilanteissa.

Virran katkeaminen yleisessä verkossa voi aiheuttaa tutkan vääränlaisen ja mahdollisesti vahingollisen sammumisen tai suuria haitallisia virtapiikkejä sen kytkeytyessä takaisin. Tämä on turvattu erillisellä UPS-yksiköllä (*uninterruptible power source*), joka pystyy pitämään tutkan käynnissä jopa vähintään puoli tuntia sähkökatkoksen jälkeen. Tässä ajassa tutka voidaan ajaa turvallisesti alas esimerkiksi etäyhteydellä. MDU:lle on myös oma vara-akusto, jos yleinen verkko ei kytkeydy takaisin riittävän ajoissa.

BBU (*backup battery unit*) tarjoaa 24 tuntia varavirtaa MDU:n rajakytkimille ja tilatiedoille sähkökatkon jälkeen. MDU:lle UPS:n kautta tuleva 400 VAC tehosyöttö tulee tutkatornin päävirtakeskukselta. [15.]

Meteor 360 AC -tutkan tehosyöttö tulee tutkatornin päävirtakeskukselta, samoin kuin Vaisala WRM200-tutkassa. Erona on että Meteor-tutkassa 400 VAC syöttöjä on kaksi. UPS:n varmistuksen jälkeen tehosyöttö ei kulje erillisten MDU- ja PDU -yksiköiden kautta vaan liittyy suoraan lähetinkaapille TR 360 AC ja servokaapille SPU360AC. Lähetin- ja vastaanotinkaapit ovat sijoitettuna vierekkäin ja vastaanotinkaapissa sijaitseva A200-ohjausyksikön AC/DC-muuntimet tuottavat molemmille tarvittava jännitteet (+24 V / +15 V / -15 V / +5 V). DC-jännitteiden oikosulkua varten on etupaneelissa omat sulakkeet. 230 VAC lähtöjä on vain yksi ja se on tarkoitettu ulkopuolisia mittalaitteita varten.

Erillinen UPS-yksikkö ei perustoiminnoiltaan eroa uudesta. Ainoastaan tehontarve uuden ja vanhan tutkan välillä on muuttunut. UPS varmistaa että sähkökatkon ilmettyä tutka kykenee toimimaan noin puoli tuntia ennen kuin toiminta lakkaa. Samoin kuin WRM200-tutkassa, sähkökatkoksen ilmettyä erillinen modeemi lähettää tilanteesta ilmoituksen päivystykseen, jotka pystyvät etäyhteyden avulla ajamaan tutkan hallitusti ja turvallisesti pysähdyksiin. [26.]

5 Vaisala WRM200 -säätutkan huolto

Vaisalan WRM200 -säätutkan huollolla on tärkeä vaikutus tutkamittausten laatuun sekä tutkan toimintavarmuuteen. Heti uuden tutkan asentamisen jälkeen tutkalle suoritetaan SAT-testit (*Site Acceptance Test*). Näissä testeissä tutkalle tehdään valmistajan ja tilaajan määritellyt testit, joilla tarkistetaan tutkan toiminta.

Kun testit on läpäisty hyväksyttävästi, tutka otetaan operatiiviseen testiin kuukauden ajaksi. Jos operatiivisen testin aikana tutkan toiminta lakkaa tai häiriintyy, aloitetaan testit uudestaan kun vika on korjattu. Operatiivisen testin jälkeen tutka voidaan ottaa operatiiviseen käyttöön, eli tutkan tuottamaa tietoa voidaan jakaa ja käyttää säänmittauksissa. [8.]

Säätutkan operoiminen ja käyttö vaatii Linux -tuotteiden tuntemista. RCW-työaseman käyttöjärjestelmänä käytetään Linux -järjestelmää ja tutkaohjelmiston (IRIS) käyttö perustuu Linux -tuotteista tutuista komennoista. Huolto- ja kalibrointiohjeissa mainitut komennot ja niiden polut löytyvät ohjeena tämän työn lopussa olevasta liitteestä (liite 1).

5.1 Määräaikaishuollot

WRM200-tutkalle voidaan suorittaa useita erilaisia huoltotoimenpiteitä, jotka useimmiten ovat tarkastuksia tai viallisen osan vaihtoa eli korjaushuoltoa. Perusteelliset huollot on jaettu omiin ryhmiinsä ja ne jakautuvat vuosittaisiin huoltoihin, kolmen vuoden huoltoihin ja suurempaan huoltoon joka suoritetaan viiden vuoden välein. Tämän lisäksi tutkan toiminnassa voi syntyä ongelmatilanteita väärästä tai puutteellisesta toiminnasta. Nämä ongelmat voivat johtua mekaanisista rikkoutumisista tai ohjelmistovirheistä. Tällöin tutkalle suoritetaan korjaushuolto, jonka yhteydessä vika paikallistetaan ja viallinen osa vaihdetaan tai korjataan. Vaihdon jälkeen useimmiten aivan lopussa, joudutaan tekemään tutkan kalibrointi joko kokonaan tai osittain, jotta nähdään että tutkan toiminta on palautunut ennalleen kriteerien mukaiseksi. [13.]

Ennen jokaista huoltoa tai korjausta on tärkeää että tutka ajetaan hallitusti alas ja sammutetaan oikeaoppisesti. Jos vian paikantaminen vaatii tutkan osittaista käyttöä, on se tehtävä ennen sammuttamista tai antennitilaan menemistä. Turvallisuussyistä tutka ei saa missään vaiheessa mennä itsestään tai tahallisesti päälle ja siten aiheuttaa vaaratilanteita huoltomiehille. Tämän varmistavat monet turva- ja rajakytkimet. [15.]

Siirryttäessä laitetilasta antennitilaan on avattava suojaluukku, jonka yhteydessä on rajakytkin. Rajakytkimen avautuessa, saa MDU-yksikkö tilatiedon ja sammuttaa tutkan lähetystehot. Samalla myös pedestaalin ja antennin ohjausservot pysäyttävät antennin liikkumisen.

Tämänkaltainen nopea hätäpysähdys voi vaurioittaa antennin mekaanisia laitteita ja aiheuttaa ei haluttua värinää koko tutkatornissa johtuen antennin suuren liikkuvan massan nopeasta pysäyttämisestä. Tutkan ajaminen hallitusti alas tehdään ohjelmallisesti tutkan RCW-työasemalta.

Ohjelman operaatiotehtävät sammutetaan TSC monitor tehtävienhallinnasta valitsemalla tehtävän kohdalla ”*stop right now*” jolloin tämä toiminto lopettaa sillä hetkellä käynnissä olevat tehtävät heti. Valitsemalla ”*stop when done*” toiminnon tehtävä pysäytetään sen valmistuttua. Tällä varmistetaan että tutkatuotteet saadaan valmiiksi ennen huoltoa, jotta tärkeää mittausdataa ei häviä tai mittaus jää kesken. On tärkeää että huoltotoimenpiteet ovat mahdollisimman lyhyitä ja aiheuttavat lyhyitä katkoksia, koska tutkat mittaavat sääennustuksia tai mahdollisia muutoksia säässä kuten lähestyviä muodostuvia myrskyjä ja saderintamia.

Tehtävien lopettamisen jälkeen tutka voidaan sammuttaa joko kokonaan tai osittain. Tämä riippuu tulevasta toimenpiteestä. Jos kyseessä on vain nopea passiivisen laitteen vaihto tai ulkoinen silmämääräinen tarkistus, riittää pelkkä osittainen pysäytys tai sammutus. Jos suoritetaan vuosihuoltoa tai suurempaa osien vaihtoa on tutka sammutettava kokonaan.

Tutkan kokonaan sammuttaminen toteutetaan tutkan IRIS-ohjelmalla, josta valitaan ja sammutetaan lähettimen säteily sekä antennin ohjausservot. Edellä mainitut valinnat löytyvät IRIS-ohjelmiston ”*radar setup*” valikosta. Säteilyn voi sammuttaa myös erillisellä kytkimellä lähettimen etupaneelista. Tämä varmistaa myös sen, ettei lähetin pääse kytkeytymään päälle vahingossa tai etäyhteyden avulla. Säteilyn sammuttamisen jälkeen IRIS-ohjelma ajetaan alas valitsemalla päävalikosta ”*disconnect*” ja kyseisen tutkan nimi sekä komentoriviin kirjoitetaan ”*qiris*” (q=quit). RCW-työasema sammutetaan normaalisti Linux -valikosta. PDU-yksiköstä päävirtakytkin käännetään valmiustilaan. Tämä sammuttaa virransyötön tutkakabinetin lisälaitteille ja RCW-työasemalle. MDU-yksikön päävirtakytkin sammuttaa kokonaan virransyötön tutkakabinetille ja sen laitteille. Kohdistettaessa huoltoa PDU- tai MDU -yksiköille on virransyöttö katkaistava kokonaan päävirtatulolta ja UPS-yksiköltä.

Virrankatkaisun jälkeen on turvallista suorittaa tarvittavat huollot tai vaihdot. Vaikka virta on katkaistu kokonaan ja tutka ei voi lähteä itsestään päälle, niin silti MDU-yksikkö valvoo rajakytkimiä koko ajan. Jotta tutka saadaan päälle rajakytkimien avautumisen jälkeen, on MDU-yksiköstä painettava "reset" -nappia usean sekunnin ajan. Tämä aktivoi hälytysäänen ja varoitusvalot kymmeneksi sekunniksi, joka varoittaa tutkatilassa olevia. Antennitilassa on myös oma PPU-yksikkö josta voidaan varmistaa, ettei antenni voi lähteä itsestään pyörimään tai säteily kytkeytyä päälle.

Tehtäessä huoltoa tai vaihtoa antennille ja pedestaalille on varmistettava, ettei antenni pääse liikkumaan missään vaiheessa. Lukitsemalla pedestaali sen juuressa olevilla pulttipaikoilla, voidaan pedestaali lukita tiettyyn asentoon. Tällöin se ei pääse pyörittämään toimenpiteen aikana. [21.]

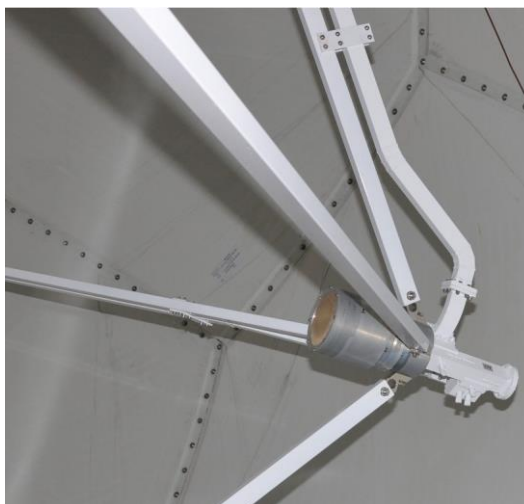
5.1.1 Vuosittainen huolto

WRM200-tutkaa pitää huoltaa vuosittain, jolloin huollossa tarkastetaan tutkan toiminta ja tarvittaessa vaihdetaan kuluvat osat. Huoltoa varten on luotu oma tarkistuslista joka on nähtävissä liitteessä 2. Tutkan antennin pysäyttämisen ja säteilyn sammuttamisen jälkeen ensimmäisenä tarkastetaan kaikki hätäpysäytyspainikkeet. PPU-, MDU- ja PDU-yksiköiden painikkeet käydään yksitellen läpi ja tarkistetaan, että ne sammuttavat kabinetin virransyötön sekä indikoivat siitä varoitusvalolla MDU:n etu-paneelissa. Hätäpainiketta painaessa kabinetin virta häviää ja ainoataan valmiustilan virta jää päälle. MDU:n punainen valo (kuva 14) ilmoittaa hätäpysäytyksestä. Hätäpainikkeen nostamisen jälkeen virta ei kytkeydy automaattisesti päälle, vaan se kuitataan pitämällä pohjassa MDU:n "reset" -nappia. Uudelleenkäynnistämisen jälkeen hälytysääni alkaa soimaan ja punainen valo muuttuu vihreäksi, jolloin kabinetin virta palaa takaisin normaali-tilaan. [21.]



Kuva 14. Vaisala MDU.

Antennitila tarkistetaan silmämääräisesti, että kaikki näyttää siltä niin kuin pitää. Suojakupu tutkitaan perusteellisesti vuotojen varalta. Merkki hiekasta, pölystä tai kosteudesta indikoi suojakuvun vuotokohdasta, joka pitää tarvittaessa sulkea tai korjata. Suojakuvun maadoitukset tarkistetaan, että ne ovat hyvin kiinnitettynä suojakupuun eivätkä roiku irrallisina. Antennista lähtevät aaltoputket tarkastetaan ja tarvittaessa aaltoputkien liitoksia kiristetään. Aaltoputkien liitoksien kiristäminen varmistaa, ettei liitoksissa esiinny vuotoja. Antennin ja pedestaalin maalin hilseily tai kupruilu tarkistetaan ja tarvittaessa hiotaan sekä paikataan maalaamalla. Antennin takana sijaitsevien vastapainojen lukitukset tarkistetaan ja tarpeen mukaan kiristetään. Samoin antennin edessä kulkevat aaltoputkilinjat ja antenninsyöttö (Kuva 15) tarkistetaan ja kiristetään. [21.]



Kuva 15. Vaisala tutkan antenninsyöttö.

Antennin asentotunnistimien arvot tarkistetaan tutkaohjelmistosta. Asentotunnistimet kertovat tutkaohjelmistolle mihin suuntaan antenni on oikeasti suunnattu ja onko asento oikein. Antennin elevaatioasento (*elevation*) tarkistetaan asettamalla antenni 0° kulmaan joka voidaan varmistaa kiinnittämällä antennin yläpäähän naru jonka toisessa päässä on paino. Tällöin ohjelmassa pitäisi myös näkyä 0° . Jos näyttämä on väärin, säädetään se antamalla ohjelmalle oikea lukema.

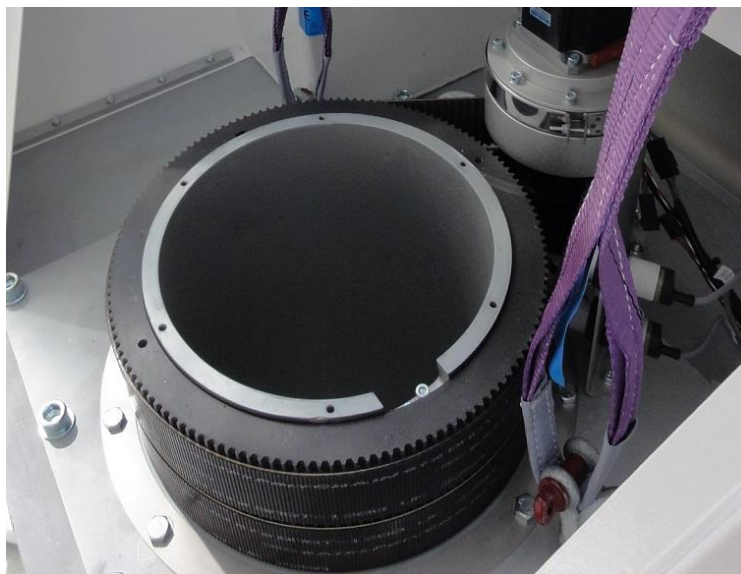
Pedestaalin kaltevuus voidaan myös mitata rungon tyvestä vatupassilla. Jos lukema näyttää pedestaalin olevan vinossa, voidaan pultteja säätämällä asettaa se oikeaan asentoon. Antennin vaakasuora-asento (*atsimuutti*) tarkastetaan suuntaamalla antenni tiettyyn ilmansuuntaan ja vertailemalla lukemaa kompassiin.

Tämä tarkistus on suuntaa antava. Tarkempi mittaus onnistuu suuntaamalla antenni tiettyyn suuntaan missä tiedetään jonkin korkean kohteen, kuten maston sijainti ja mittaamalla siitä saatavan kaiun. Tämä vaatii lähetystehojen palauttamisen ja säteilyn päälle kytkemisen. Antennin tarkan suuntauksen sekä vaaka- että pystysuunnassa voi myös tarkistaa mittaamalla auringon sijainnin. Tätä varten on täysin oma toiminto IRIS-ohjelmistossa, *suncal*.

Tutkan kalibrointia varten voidaan käyttää auringon sijaintia, jolloin aurinko toimii erillisenä säteilyn lähteenä. Auringon sijainti voidaan tarkkaan laskea jo olemassa olevan tiedon avulla, kun tiedetään päivämäärä ja aika. Tämän avulla tutkan antennin suuntausta voidaan tarkistaa ja lähetetyn säteen leveyttä mitata.

Suncal-toiminto voidaan ajaa joko erillisenä mittauksena syöttämällä sana *suncal* komentoriville, tai ajaa automaattisena tehtävänä mittausten välissä. Tällöin *suncal*-tehtävä asetetaan aktiiviseksi kuten muut mittaustehtävät TSC-monitorista. *Suncal* suorittaa taivaan skannauksen siltä alueelta kun auringon sijainti on laskettu ja määritelty. Mittaustiedosta tuotetaan *BEAM*-tuotteet (SNR & LDR) jotka on nähtävissä IRIS-ohjelmalla. *BEAM*-tuotteen erillisen käsittelyn jälkeen, mittaustiedoista voidaan nähdä esimerkiksi aika jolloin mittaus tehtiin, auringon sijainti mittaus hetkellä, kohinataso (dBm), auringon piikkiteho, auringon keskiteho, antennin atsimuuttisuunnan ja elevaatio-suunnan kohdistuksen virhe sekä säteen leveys. [27;28.]

Antennin kääntäminen vaakatasossa (*atsimuutissa*) on toteutettu sähkömoottorilla ja kahdella hammashihnalla (Kuva 16). Hammashihnojen kireys kuuluu tarkistaa ja säätää vuosihuollossa. Hihnan kireys voidaan tarkastaa yksinkertaisella testillä, painamalla hihnaa moottorin ja hammasrattaan välisessä kohdassa. Jos hihna on sopivan kireällä, painuu se ainoastaan hihnan paksuuden verran. Hihnaa voidaan kiristää tai löysätä kahdella ruuvissäädöllä, jotka sijaitsevat moottorin sivuilla. Säädön ja kireyden tarkistuksen yhteydessä tarkistetaan myös hihnojen kunto kulumisilta tai halkeamilta. Molemmilla hihnoilla on omat tunnistusanturit, jotka hihnan katkettua ilmoittavat siitä järjestelmälle. Antureiden toiminta nähdään antureiden päässä olevista oransseista valoista. Jos valot eivät pala, on anturit vaihdettava uusiin tai tarkistettava virransaanti. Antureiden etäisyys hihnoista on tarkistettava ja sen kuuluu olla viisi millimetriä.

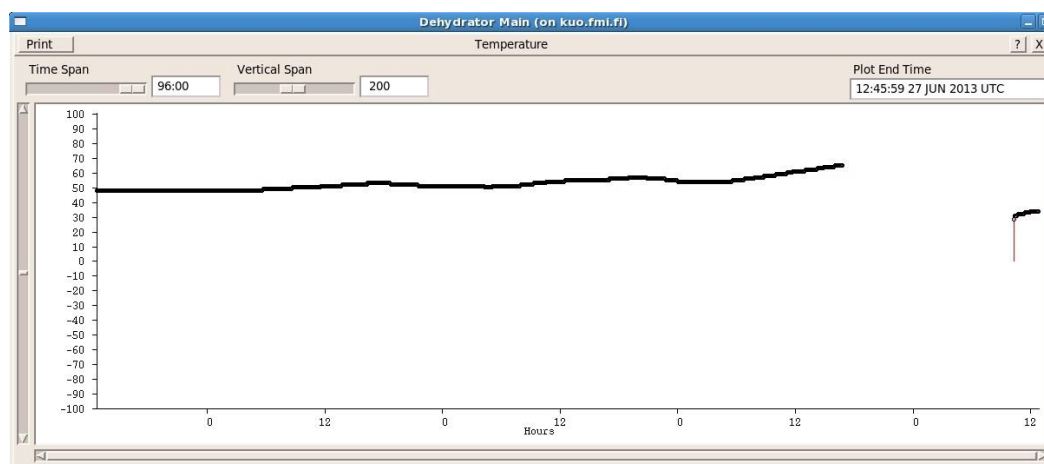


Kuva 16. Atsimuuttipuolen hihnat.

Samantapainen tarkistus tulee suorittaa myös elevaatiopuolen hihnoille. Nämä hihnat kallistavat antennia ylös- ja alaspäin. Antennin ala- ja yläasennoissa on omat tunnusanturit. Ne ilmoittavat järjestelmälle tiedon, jos antenni on kallistettu alle -3° tai yli $+110^\circ$. Normaali ohjauksella kallistuksen ei pitäisi onnistua, koska antennipeili saattaa osua runko-osiin. Antenni kallistetaan alimpaan asentoon käsin, jolloin anturissa syttyy valo. Tilatieto tarkistetaan RCW-työasemalta. Tällöin IRIS-ohjelman "*bitex setup*"-osiosta valitaan "*antenna menu*," jossa pitäisi palaa elevaatorajan hälytystieto. Antennin alakulmarajan kuuluisi olla -3° ja -3.5° välillä. Sama toimenpide suoritetaan myös antennin yläasennolle. Tällöin anturin valo syttyy ja yläkulman maksimiasennuksen kuuluisi olla $+110^\circ$ ja $+112^\circ$ välillä.

Tutkakabinetin tarkastus kuuluu suorittaa vuosittain ja mielellään jokaisella käyntikerralla. Tarkistus suoritetaan tutkan ollessa päällä jolloin se suorittaa normaalia mittausta tai vaihtoehtoisesti testimittausta. Kabinetin takana sijaitseva jäähdytysyksikkö tarkistetaan kosteuden ja vuotojen varalta. Kosteus voi aiheuttaa tuulettimien suojissa ruostumista, ja täten sotkea tai pilata muiden laitteiden toiminnan. Jäähdyttimen oikeanlainen ja virheetön toiminta estää tutkalaitteiston ylikuumentumisen ja rikkoontumisen.

Kompressorin ja tuulettimen toiminta tarkistetaan huoltojen yhteydessä ja tarvittaessa puhdistetaan tai vaihdetaan viallinen uuteen. IRIS-ohjelma valvoo ja ohjaa jäähdytysyksikköä käytön aikana, josta voi myös tarkistaa lämpötilavaihtelut aikadiagrammista (*histogram*) koko tutkan käytön ajalta. Diagrammin saa auki hiiren oikealla napilla *bitex:in* jokaisen paneelin kohdalta (kuva 17).



Kuva 17. Aikadiagrammi.

Tarkistukset näkö- ja tuntoaisteilla on tärkeää, vaikka ne ovatkin hyvin riippuvaisia käyttäjästä. Kabinetin tärinät tai oudot äänet viittaavat ongelmaan tai tulevaan rikkoontumiseen. Näiden ilmeneminen ja paikantaminen ajoissa on tärkeää, jotta varmistutaan tutkan turvallisesta toiminnasta. Kaikki normaaliin toimintaan kuulumattomat äänilähteet tulee tutkia ja tarvittaessa korjata. Kabinetin laitteistoon kuuluvalla RVP902 PC:llä on takapaneelissaan kaksi merkkivaloa, jotka ilmoittavat virtalähteiden toiminnasta. Jos valo ei pala, on virtalähde viallinen ja se on vaihdettava. Valon palamattomuus voi tarkoittaa myös tietokoneen toiminnassa olevaa puutetta. Samoin kuin PC:n paneelissa, myös PDU:n paneelissa on merkkivalot virtalähteille. Jokainen kytketty ja käytössä oleva virtalähde indikoi toiminnasta vihreällä merkkivalolla.

Vuosittaisessa huollossa mekaaniset laitteet tutkitaan mahdollisilta vaurioilta tai virhekäyttäytymisiltä ja elektroniset komponentit tarkistetaan sekä tarvittaessa mitataan. Tärkein mekaaninen osa tutkan kabinetissa magnetronin ja modulaattorin eli lähettimen lisäksi on aaltoputkikytkin. Kytkin mahdollistaa kanavien vaihdon pyörähtämällä ja siten valitsemalla halutun polarisaation. Sisäistä pyörivää aaltoputkiosaa käännetään sähkömoottorilla, jota ohjataan ohjelmallisesti IRIS-asetuksissa.

Vuosihuollon yhteydessä tehtävä tarkistus voidaan siis tehdä ohjelmasta tarkastamalla, kun *ascope:n "Tx Polar"* -kohdasta valitaan joko H tai V, tai molemmat eli H+V-asetus. Tällöin kytkimen asento muuttuu ja asennon vaihto voidaan varmistaa mittaamalla lähetystehoja aaltoputkiliittimistä. Jos kytkin on jumissa tai ei toimi oikein, on se vaihdettava uuteen. Kytkimen vaihtoa varten on kaikki aaltoputket kytkimen ympäriltä avattava jotta kytkin saataisiin ulos.

Tarkastuksien jälkeen tutka sammutetaan. Kabinetin sisällä sijaitseva lähetin tarkistetaan silmämääräisesti ja varmistetaan jokaisen liittimen kunto. Aaltoputkikuivaimen liittimet tarkistetaan ja varmistetaan, ettei kuivaimessa ole pölyä, likaa tai kosteutta. Tarvittaessa suodattimet vaihdetaan uusiin. Lähettimen jäähdytyksestä vastaavat tuuletin tarkistetaan kosteuden varalta ja tarvittaessa putsataan.

Lopuksi tutka käynnistetään ja tutkan tehot mitataan. Tehojen mittauksesta on kerrottu enemmän seuraavassa Vaisala WRM200-tutkan kalibrointi-luvussa. Lähettimen piikkitehon pitäisi olla noin 250 kW. Jos tutkan lähettimen tehoissa ilmenee muutoksia, säädetään magnetronia etupaneelissa olevista jännitesäädöistä. Tehoja säädetään modulaattorin jännitesäädöstä (*RF Power*) ja sen maksimijännite on 800 V, jota ei saa ylittää. Kaikki muutokset ja uudelleen säädöt vaikuttavat tutkan toimintaan, joten huoltojen tai muutoksien jälkeen tutkalle on aina tehtävä kalibrointi.

5.1.2 Kolmen vuoden välein suoritettava huolto

Kolmen vuoden välein suoritettava huolto on muuten sama kuin vuosittaisessa huollossa, mutta sen lisäksi tarkistetaan, puhdistetaan ja rasvataan atsimuuttisuunnan pyöriväliitoksen eli rojon (*rotary joint*) liukupinnat. Rojon tehtävänä on kuljettaa molemmat aaltoputkijuoksut pyörivälle antennille. Koska rojo toimii yhteyspintana antennin ja kabinetin välillä, kulkee siitä myös tärkeät signaalit, joilla ohjataan antennin liikehdintää. Signaalit siirretään pyörivään antenniin rojon sisällä olevilla liukurenkailla, joita vasten on niin sanotut kosketinharjat. Jotta signaaliin ei tulisi katkoja tai häiriöitä, on liukupinnat puhdistettava ja rasvattava. Puhdistukseen ja rasvaukseen käytetään siihen soveltuvat puhdistusaineet ja AP12-tyyppinen öljy. Vaikeisiin paikkoihin tarttuneet pölyhiukaset voidaan poistaa paineilmalla ja puhdistusaine kuten alkoholi sivellä työhön tarkoitettulla ohuella sivelimellä.

Rajo saadaan esille avaamalla pedestaalin takakansi. Rojon sivuilla olevat taipuisat aaltoputket irroitetaan ja kaikki kiristysruuvit avataan, jotta hihnat saadaan vahingoittumatta pois. Rojon alapuolelta laitetaan kulkevat aaltoputket avataan, jotta rojo saadaan nostettua pois paikoiltaan. Rojon liukupintoihin päästään käsiksi avaamalla sivulla oleva luukku. Luukun takaa paljastuvat luikupinnat ja harjat puhdistetaan ja rasvataan. Luukun ympärillä oleva tiiviste tutkitaan halkeamilta ja tarvittaessa vaihdetaan uuteen. Tämän jälkeen rojo lasketaan takaisin paikoilleen ja puretut osat asennetaan takaisin paikoilleen. Samalla tarkistetaan, että kaikissa osissa ei ole näkyviä vaurioita tai kulumia. Rojon puhdistuksen jälkeen, kuten kaikkien huoltojen jälkeen, tutkalle on suoritettava kalibrointi. [8;21.]

5.1.3 Viiden vuoden välein suoritettava huolto

Kun tutkaa on käytetty viisi vuotta asennuksen jälkeen, on sille tehtävä erityinen viiden vuoden huolto sisältäen samat toimenpiteet kuin vuosittaisessa huollossa. Vaikka tutkan toiminnan elinaika on noin 15 vuotta, monet sen osista, kuten mekaaniset osat, ovat huomattavasti lyhytikäisempiä. Jotta voidaan välttyä arvaamattomilta toimintaan vaikuttavista rikkoutumisista, tehdään tutkalle niin sanottu ennakkohuolto vaihtamalla tietyt osat joille on annettu viiden vuoden käyttöaika. Näitä osia ei ole välttämättä pakko vaihtaa aina viiden vuoden välein, vaan silloin kuin ne selvästi alkavat vaikuttamaan negatiivisesti tutkan toimintaan, tai antavat selviä merkkejä kulumisestaan tai rikkoutumisestaan.

BBU yksikössä on omat vara-akut, jotka kuuluu vaihtaa valmistajan ohjeen mukaisesti tai viiden vuoden välein. Ennen mitään vaihtoja ja korjauksia, on tutka aina sammutettava kokonaan ja varmistettava jännitteiden purkautuminen. Jännitteiden purkautuminen on nähtävissä lähettimen etupaneelissa olevista näytöistä.

Itse antennille tehtävä huolto on päämäärin mekaanisten osien vaihtoa ja tarkastusta. Antennin moottorien servot ja tarvittaessa itse moottorit voidaan vaihtaa. Antennin elevaatiopuolella toimivan moottorin hihna vaihdetaan uuteen. On myös suositeltavaa tarkastaa epäkeskovaihdelaatikko, jonka toiminta puolittaa moottorin pyörimisnopeuden. Nämä vaihtotoimenpiteet on tarkemmin kerrottuna Vaisalan manuaaleissa. [21, s. 69.]

Vaihdelaatikko on erittäin arvokas ja työläs vaihtaa, eikä sitä välttämättä tarvitse vaihtaa viiden vuoden huollossa, ellei siinä näy selviä merkkejä puutteellisesta toiminnasta. Vaikka vaihdelaatikossa ei periaatteessa ole perinteisiä hammasrattaita, on siinä useita liikkuvia ja kuluvia osia. Nämä vaihdelaatikot edustavat uutta teknologiaa, eikä niihin vaihdeta öljyjä, kuten vanhemmissa tutkien vaihdelaatikoissa.

Samat vaihdot ja tarkastukset kuin elevaatiopuolella tehdään myös atsimuutti-puolelle, eli antennin vaakatason liikkeestä vastaaville laitteille. Molemmat hihnat vaihdetaan ja moottorin servo ja tarvittaessa vaihdelaatikko tarkastetaan. Vaihdon jälkeen on tarkistettava että toiminta on oikeanlaista eikä esimerkiksi jumiutusta esiinny moottoreissa tai vaihdelaatikoissa ja että hihnojen asennot ja kireydet ovat oikeat ja hihnojen tunnistanturit toimivat. [21, s. 91.]

5.2 Korjaushuollot

Tutkan tärkein osa, eli taajuutta tuottava magnetron-lähetin, kuuluu kuluviin osiin (kuva 18). Magnetronin sähkömekaaninen toiminta synnyttää tiettyä värähtelyä, jolloin se myös ajan myötä kuluu. Käytön aikana magnetroni lämpenee huomattavasti ja sen viilentämisestä vastaavat tuulettimet, jotka on vaihdettava huollon aikana. Ennen magnetronin huoltoa tai vaihtoa on turvallisuuden vuoksi varmistettava, että tutka on sammutettu ja kaikki jännitteet ovat etupaneelissa ehtineet laskea nolnaan.

Aaltoputkiosuuden ruuvit irrotetaan varovaisesti magnetronin kyljestä, ja alalaidassa olevat ruuvit löysätään. Tämän jälkeen avataan lähettimen kyljessä, magnetronin alapuolella, olevat luukut. Magnetronin alla sijaitsee lähettimen lämmitin- ja katodikaapelointi, jotka irroitetaan vaihtoa varten. Lähettimen löysätyt ruuvit avataan ja viimeiseksi poistetaan magnetronin maadoituskaapeli.

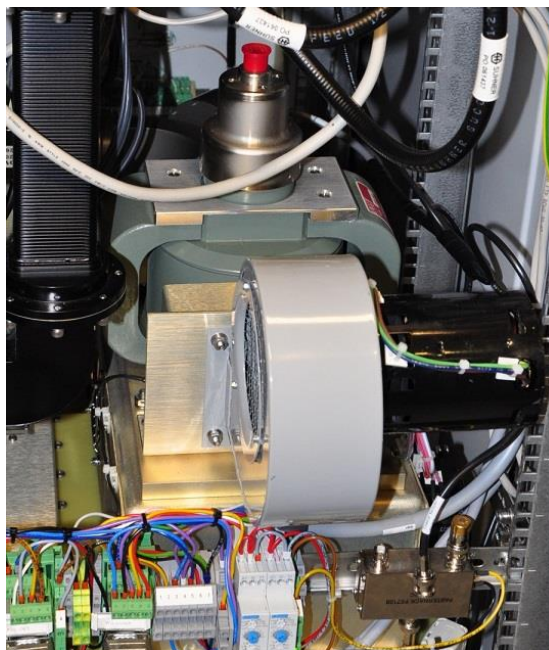
Uusi magnetron-yksikkö sijoitetaan paikalleen samoin kuin vanha. Johdotus ohjataan oikeaan paikkaan ja ruuvit kiristetään pitämään magnetroni paikallaan. Katodi- ja lämmityskaapeli kiinnitetään paikoilleen ja varmistetaan, etteivät kaapelit ole liian lähellä seinämää. Kaapeleiden kuuluu olla minimissään 25 mm seinämästä, johtuen korkeasta jännitteestä.



Kuva 18. Magnetron.

Magnetronin vaihdon jälkeen on tarkistettava että lähetin toimii oikein ja ilmoittaa jännitteet oikein. Lähetinyksikön etupaneelissa on omat jännitemittarit ja ruuvisäädöt. Varmistuksensa niiden paikansapitävyydestä, mitataan jännite erillisellä jännitemittarilla. Jännitemittari kiinnitetään näyttötaulun takana oleviin johtimiin. PDU:sta kytketään lähettimen virrat päälle ja odotetaan lähettimen lämmitystä noin viisi minuuttia. Ruuvisäädöstä varovasti kääntämällä voidaan etupaneelin jännitemittarin näyttö säätää kohdalleen, näyttämään oikeaa lukemaa. Kun lukema näyttää oikein, on lähetin valmis toimintaa varten.

Magnetronin taajuus on tehtaalla asetettu tiettyyn arvoon, joka ei välttämättä ole tutkan toimintataajuus. Tämä taajuus voi vaihdon tai ikääntymisen jälkeen muuttua, jolloin se on säädettävä uudestaan. Tämä säätö onnistuu magnetronin päässä olevasta säätöruuvista ja se suoritetaan lähettimen ollessaan päällä (kuva 19).



Kuva 19. Magnetroni ja säätöruuvi.

Säätämistä varten on tukan yhteydessä toimitettu oma säätöavain. Säätö varten tarvitaan myös spektrianalysaattori, jolla voidaan tarkistaa ja mitata säädetty taajuus. Taajuutta ei saa säätää yli aaltoputkiosien ja filttareiden käyttötaajuuksien, sillä se voi vahingoittaa niitä. Magnetronin taajuuden säätöalue on 5.5 - 5.7 GHz. Taajuuden säätöä varten ensimmäiseksi kytketään 20 dB:in vaimennin suuntakytkimen FWD liittimeen. [21 s. 79.]

Tällä voidaan riittävästi vaimentaa mitattavan pulssin pursketta analysaattoria varten. Magnetronin päällä olevaa ruuvia säätöavaimella kääntämällä ja seuraamalla lukemaa analysaattorista, voidaan taajuus säätää haluttuun arvoon. Tällöin ruuvia kääntämällä myötöpäivää taajuus pienenee ja vastapäivään taajuus kasvaa. Säädön jälkeen tutka on kalibroitava uudelleen. [21.]

Vastaanottimessa sijaitsevat komponentit eivät myöskään ole ikuisia. Osa komponenteista voi hajota käytön yhteydessä ja osa joutuu vaihtamaan jo viiden vuoden huollossa. Vaihtoa varten tutka on sammutettava, vastaanotinyksikkö on vedettävä kabinetista ulos ja avattava. Vastaanottimen kaapelit kytketään irti yksikön takaosasta ja etupaneelin ruuvit irroitetaan.

Vastaanotin vedetään ulos kabinetista etupuolelta ja liukukiskot avataan kiskojen sivuilla olevista painikkeista. Vastaanottimen yläpuolella oleva luukku avataan, jolloin komponenttien vaihto on mahdollista.

Erikseen vain tarvittaessa vaihdettaviin komponentteihin kuuluu molemmat oskillaattorit, STALO sekä toinen paikallisoskillaattoriyksikkö. LNA-moduuli voidaan vaihtaa uuteen ja tuulettimen pölyfiltri vaihdetaan tarvittaessa puhtaaseen.

PDU-yksikön AC/DC-muuntimet kuuluvat viiden vuoden tarkistukseen. Jokainen viidestä muuntimesta voidaan tarvittaessa vaihtaa uuteen. Vaihtoa varten tutka on sammuettava ja PDU-yksikkö vedettävä kabinetista ulos (kuva 20). Yksikön takana kaikki kaapelit kytketään irti ja etupaneelin kiinnikeruuvit irroitetaan, yksikkö vedetään ulos kabinetin etupuolelta liukukiskojen avulla. Yksikkö irrotetaan liukukiskoista painamalla sivuissa olevista painikkeista. Tämän jälkeen yksikkö voidaan nostaa työtasolle, esimerkiksi pöydälle, tai vaihtaa kokonaan uuteen. [21.]



Kuva 20. Vaisala PDU.

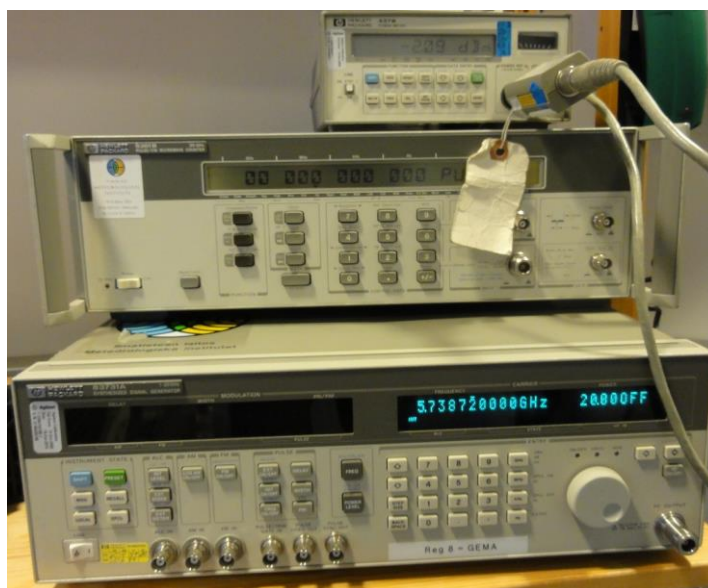
6 Vaisala WRM200-tutkan kalibrointi

Säätutkan kalibrointi on tärkein osa vuosittaista huoltoa. Kalibroinnilla voidaan varmistaa, että tutka mittaa oikein ja säädöt on asetettu oikein. Kalibroinnin avulla voidaan myös havaita puutteellinen toiminta, esimerkiksi jo rikkoutuneet tai rikkoutumassa olevat komponentit.

Lähettimen ja vastaanottimen arvot voivat ajan myötä muuttua tai ryömiä. Komponentit rikkoontuvat tai niissä esiintyy puutteellista toimintaa, joka vaatii vaihtoa. Pieninkin muutos järjestelmässä vaikuttaa merkittävästi lopputulokseen ja mittauksiin. Koska vaihdettu osa vaikuttaa tutkan toimintaan aina vähäsen eri tavalla kuin edellinen, on tutka kalibrointi uusittava. Tutkan kalibrointi suoritetaan jokaisen huollon tai korjauksen jälkeen jos niissä on vaihdettu tai korjattu signaaliin liittyviä komponentteja. Kalibrointia varten on luotu täytettävä tarkistuslista (liite 3), jota seuraamalla voidaan edetä oikeassa järjestyksessä ja täyttää tarvittavat merkinnät sekä mittaustulokset.

6.1 Kalibroinnin mittalaitteet

Tutkan kalibrointiin kuuluu lähetystehon mittaus ja häviön mittaus, vastaanoton häviöt ja vastaanottimen kalibrointi. Tätä varten tarvitaan erillinen, tarpeeksi voimakas signaaligeneraattori. Vaisala toimittaa uuden tutkan yhteyteen vaihtoehtoisesti myös tutkan oman signaaligeneraattorin ja tehomittarin, joilla voi suorittaa osittain automaattisen kalibroinnin. Ilmatieteen laitoksen tutkissa vaihtoehtoa automaattiselle kalibroinnille ei ole, vaan jokaisen tutkan kalibrointiin käytetään samaa erillistä signaaligeneraattoria, mallia HP 83731A (kuva 21). RF-signaalin tehon mittaukseen käytetään erillistä tehomittaria, mallia HP 437B ja siihen sopivia kaapeleita sekä 30 dB:n vaimenninta joka on tarkoitettu käytettäväksi vain 437B:n omalle 8481B-mittapäälle.



Kuva 21. Kalibrointiin käytettävät mittalaitteet.

Manuaalinen vastaanottimen kalibrointi eroaa automaattisesta enimmäkseen vain arvojen syötössä. Suurin etu automaattisyötössä on sen etäkäyttömahdollisuus. Tutka voidaan siis kalibroida etäyhteyden avulla, ilman että tutkalle joudutaan tekemään erillinen huoltokäynti. Tämä säästää huomattavasti työaikaa huoltohenkilöiltä, mutta monet tarpeelliset tarkastukset ja mittaukset kuten tehomittaukset jäävät väliin.

Kalibrointi voidaan tehdä myös pelkästään vastaanottimelle, jos huollossa on vaihdettu ainoastaan vastaanottimen osia tai koko yksikkö. Tällöin muut osat ovat pysyneet koskemattomina, eivätkä muutokset vaikuta niihin. Kaikki mittaukset, kuten lähtevä- ja palaavatehot suoritetaan aaltoputkijärjestelmän suuntaliittimistä, jotka sijaitsevat tutkakabinetin takana (kuva 2).

Kalibroinnin aloittamisessa on otettava huomioon tutkan riittävä lämpiäminen. Kalibrointia ei suositella tehtäväksi heti tutkan käynnistämisen jälkeen, koska tutkan lämpövaihtelut vaikuttavat taajuuteen. Jos tutkalle on tehty vaihtotyötä ja se on ollut kokonaan sammutettuna tunnin ajan, on sen annettava lämmitä saman ajan kuin se on ollut pois päältä. Tällöin säteilytehojen on myös oltava päällä. Tyypillinen stabiloitumisaika pitkään käyttämättä olon jälkeen on noin neljä tuntia.

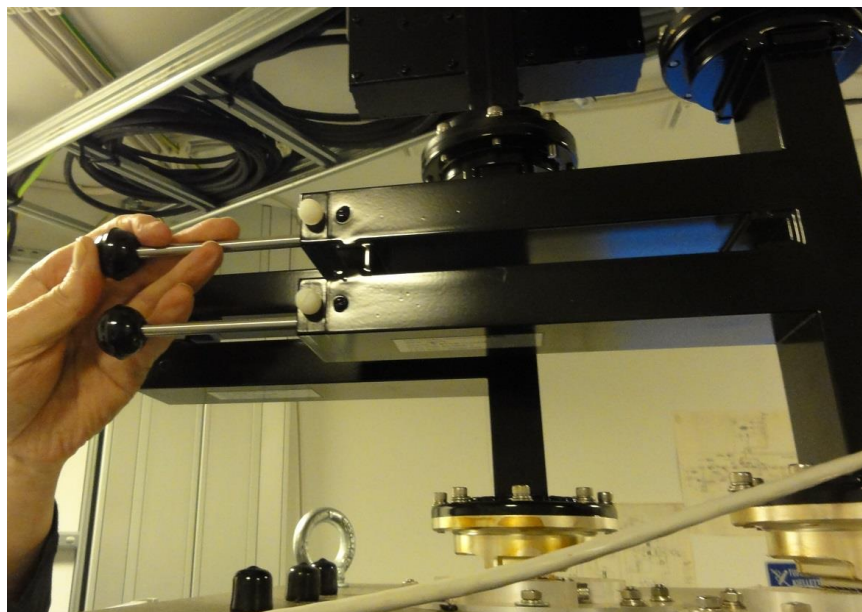
Kalibroinnissa käytettävät mittalaitteet vaativat stabiloitumisaikaa samoin kuin tutka. Mittalaitteille pitää antaa riittävä aika lämmitäkseen, jonka jälkeen tehomittarille suoritetaan nollatason asetus. Ennen kalibroinnin aloittamista on kaikki mittalaitteet kytkettävä päälle lämpenemistä varten. Mittaustulokset voivat vaihdella, jos laite ei ole ehtinyt stabiloitumaan. Tähän menee yleensä noin 10 - 15 minuuttia. Laitteiden lämpenemisen aikana on hyvä käydä läpi silmämääräinen tarkastus ja tarkistaa, että tutkakabinetin sisällä kaikki näyttää siltä, miltä pitää (kuva 22).



Kuva 22. Tutkakabinetti.

6.2 Palaavien tehojen mittaus ja paluuvaimennuksen säätö

Kalibroinnin ensimmäinen vaihe on aaltoputkisovituksien säätö. Säättäminen tapahtuu tutkakabinetin päällä olevista vetovivuksista (kuva 23), jotka ovat yhteydessä aaltoputkijuoksuun. Sovituksen mittaukseen käytetään tehomittaria, HP 437B ja sille ainoastaan tarkoitettua mittapäätä 8481B.



Kuva 23. Aaltoputkisovituksen säätimet.

Tehomittariin kytketty mittapää kytetään ilman vaimentimia tehomittarin "power ref"-liittimeen. Tehomittariin syötetään mittapäässä olevan taulukon mukaan oikea "calibration factor"-arvo taajuuden mukaan (kuva 24), joka on 6 GHz:lla 91,9 %. Arvo syötetään painamalla "cal fac"-nappia tehomittarin etupaneelista. Tämän jälkeen tehomittarin "zero"-nappia painamalla tehomittari asettaa nolla kohdan.

8481B		
Ref. CF: 100 %		
GHz	CF %	Rhc
.1	97.9	0.019
2.0	93.9	0.021
3.0	92.7	0.025
4.0	92.3	0.017
5.0	92.0	0.026
6.0	91.9	0.011
7.0	91.9	0.022
8.0	91.2	0.012
9.0	91.5	0.027
10.0	90.7	0.026
11.0	91.6	0.023
12.0	91.2	0.035
13.0	90.9	0.036
14.0	90.5	0.015
15.0	89.0	0.030
16.0	89.7	0.035
17.0	89.6	0.066
18.0	92.8	0.039

SN: 2702A07956

Kuva 24. 8481B mittapää ja sen arvot.

Ennen mittapään kytkemistä aaltoputkeen, on väliin kytkettävä 30 dB:n vaimennin. Tämän jälkeen mittapää kytketään V-kanavan FWD-liittimeen. V-kanavan vetovivusta varovasti säätämällä saadaan säädettyä haluttu sovitus, joka voi nähdä tehomittarista (kuva 25). Yleensä lähtevä keskimääräinen teho H+V-moodissa on noin -20 dBm. Kun tämä on saavutettu, siirretään mittapää V-kanavan RWD-liittimeen ja säädetään sovitus kohdalleen. Palavan tehon sovitus on yleensä noin -13 dBm. Tehotasojen erotuksen pitäisi olla yli 25 dB, jolloin voidaan todeta sovituksen olevan hyvä. Sama mittaus ja säätö toteutetaan myös H-kanavalle.



Kuva 25. 437B tehomittari.

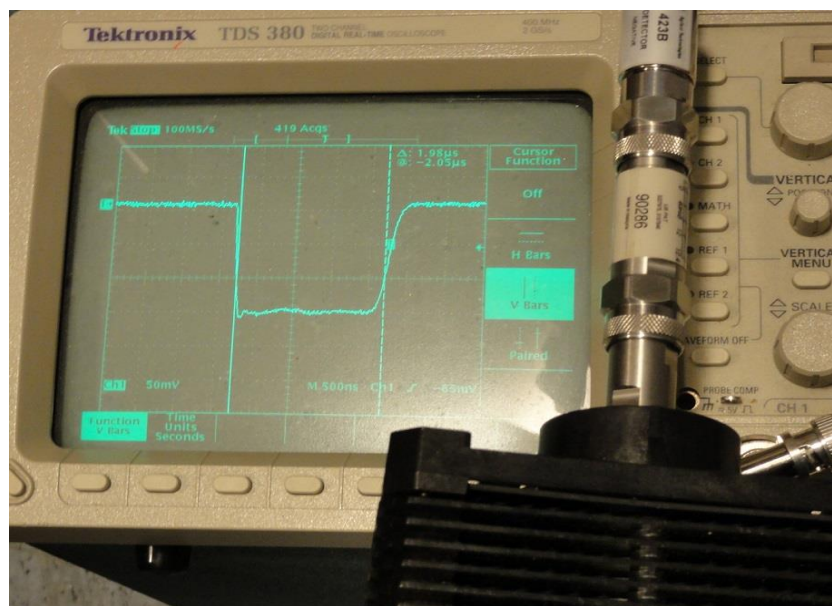
6.3 Pulssipituuksien mittaus

Kalibroinnin toinen vaihe on pulssipituuden mittaus. Tätä varten tarvitaan oskilloskooppi, mittajohto, diodi-ilmaisimien ja vaimentimia. Jos tutkan annetaan toimia normaalisti ja suorittaa ohjelmoidut tehtävät, on otettava selvää, mikä pulssipituus on käytössä tietyllä mittaushetkellä. Tämän tiedon näkee tutkan työasemalta, IRIS-ohjelman TSC-monitorista. RCW-työasema avataan vetämällä näyttö ulos kabinetista ja nostamalla näyttö pystyyn (kuva 26). Jos pulssileveyden mittausta ei ehditä tekemään mittaustehtävien aikana, voidaan tehtävät pysäyttää ja ajaa tutkaa manuaalisesti IRIS-ohjelmasta. Silloin voidaan toimia, kuten seuraavassa alaluvussa (6.4) kerrotaan.



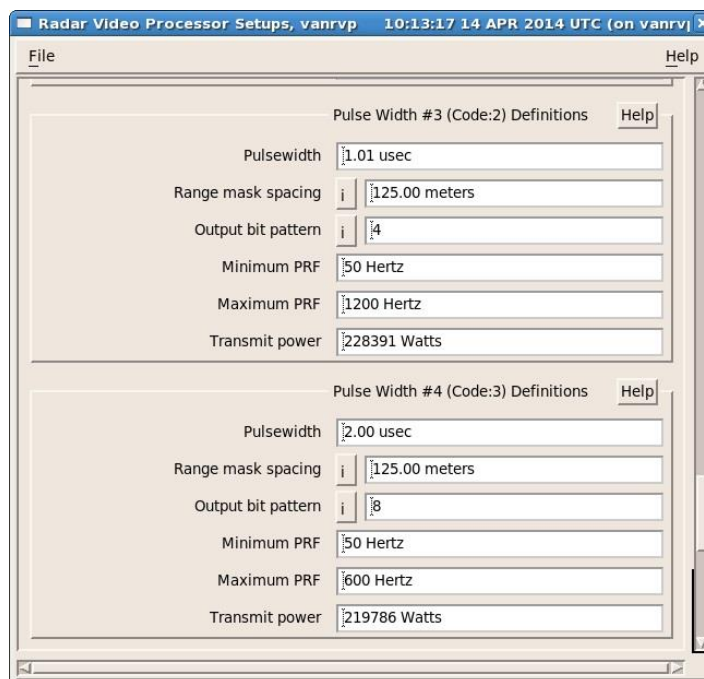
Kuva 26. RCW työasema ja IRIS ohjelmisto.

Tutkan pulssipituudet ovat 0.5 μ s, 0.8 μ s, 1.0 μ s ja 2.0 μ s. Ilmatieteen laitoksen nykyisissä tutkamittauksissa näistä käytetään vain 0.8 μ s ja 2.0 μ s, joten oskilloskoopilla mitataan vain näitä kahta pulssipituutta. Mittausta varten oskilloskoopin mittausjohtoon liitetään 30 dB:n vaimennin (iso, musta vaimennin), diodi-ilmaisim, 3 dB:n vaimennin ja tarvittavat lisävaimentimet, kuten 20 dB tai 10 dB. 30 dB:n vaimennin on kytkettävä ensimmäisenä ennen diodi-ilmaisinta, estääkseen ilmaisimen hajoamisen lähettimeltä tulevan signaalin voimakkuuden takia. Ulostulon piikkiteho voi olla jopa 300 W eli 54,8 dBm ja keskiarvona 360 mW eli 25,6 dBm, kun otetaan huomioon suuntakytkimen oma 30 dB:n vaimennus. Kun tiedetään, mikä pulssipituus on mittaushetkellä käytössä, säädetään oskilloskoopista oikeat arvot ja yritetään saada pulssin kuvio mahdollisimman selkeäksi näytölle. Tarvittaessa vaimentimia voi vaihtaa, jotta kuva saadaan oikean kokoiseksi mittausasteikolle (kuva 27).



Kuva 27. Oskilloskooppi, 30 dB:n vaimennin, 3dB:n vaimennin ja diodi-ilmaisim.

Mitatut pulssipituudet merkitään ylös ja tarkistetaan IRIS "RVP setup"-osiosta (kuva 28). Jos mitatut arvot poikkeavat asetetuista arvoista, pitää uudet arvot syöttää järjestelmään. Uudet arvot voi kirjoittaa suoraan vanhojen päälle. (Esimerkiksi Kuopion tutka: $0.8 \mu\text{s} = 0.78\mu\text{s}$ ja $2.0 \mu\text{s} = 1.98 \mu\text{s}$.)



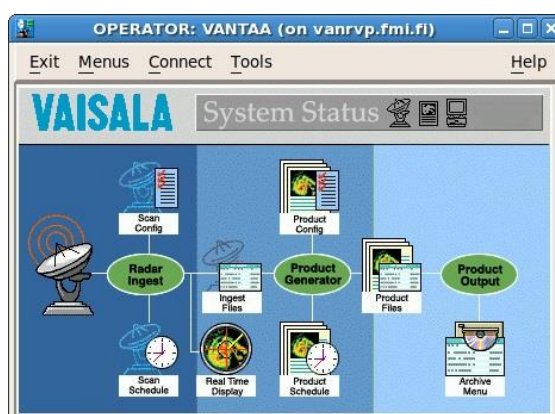
Kuva 28. RVP setup.

RVP-osiossa määritellään myös aaltoputkihäviöt ja mittajohtojen vaimennukset jotka lisätään suuntakytkimen vaimennukseen (*insertion loss*). Nämä tiedot ovat yleensä tiedossa, eivätkä välttämättä ole muuttuneet. Aaltoputkien häviöt tarkastetaan ja mitataan kolmen vuoden välein. Jos mittajohdot ovat muuttuneet, pitää myös niiden vaimennukset syöttää järjestelmään. Uusien arvojen syötön jälkeen, tallennetaan tiedot ”save”-kohdasta ja päivitetään järjestelmän tietoihin ”list”-kohdasta.

Samassa yhteydessä voidaan tarkistaa RCP-kohdasta tutkan tiedot, kuten antennin nopeudet, korkeudet, jne. ”Ingest”-kohdasta tarkistetaan, että RCP:n uudelleenkäynnistyksen yhteydessä vaihtoehto ”reset” on valittuna ”yes” tilaan, kohinamittaus on valittuna ”no/never” tilaan ja elevaatio sekä atsimuutti-arvoilla on oikeat raja-arvot sekä hälytysarvot. Nämä tiedot on täytetty jo tutkan FAT-testeissä, eikä pitäisi muuttua.

6.4 Tehojen mittaus ja pulssisuhteen piikkitehon laskenta

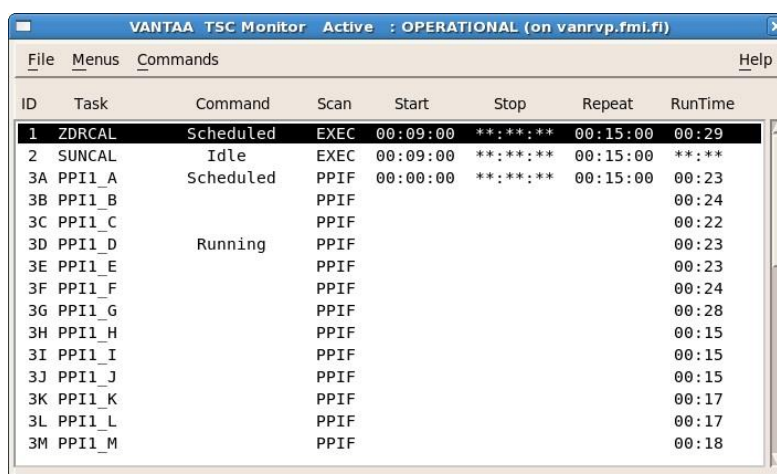
Kalibroinnin kolmas vaihe on tehojen mittaus jokaiselta kanavalta eri asetuksilla. Jokainen käytetty pulssinpituus ja pulssin toistotaajuus käydään läpi ja merkitään ylös. Tätä varten tutkan operatiivinen toiminta pysäytetään ja pysähdyksestä ilmoitetaan Ilmatieteen laitoksen päivystykseen numeroon 2580.



Kuva 29. IRIS menu.

IRIS menu-kohdasta valitaan ”connect” (kuva 29) ja painetaan kyseisen tutkan paikan nimeä, kuten KUO on Kuopion tutka.

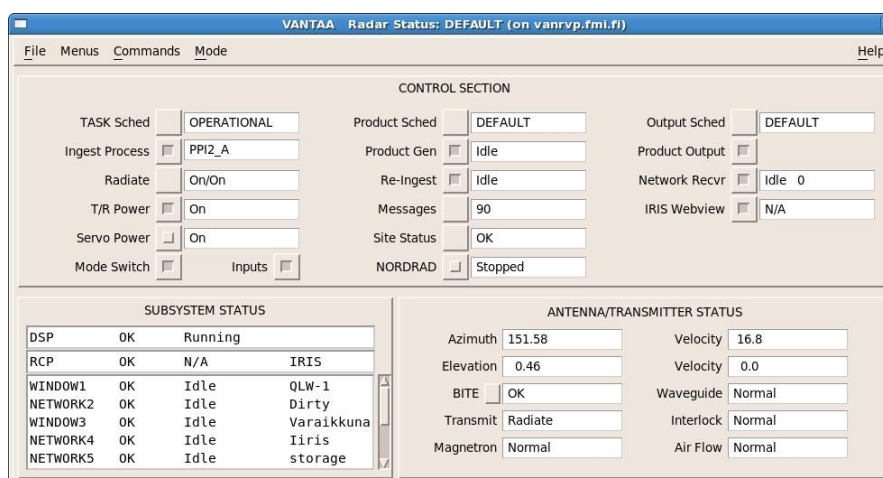
Valintapalkista valitaan "menus"-kohdasta "TSC monitor", josta nähdään tutkalle ohjelmoidut tehtävät eli taskit (kuva 30). Mittauskäytössä olevat tehtävät sammutetaan, valitsemalla niiden kohdalla "stop." Jos jokin tehtävä on vielä mittauksessa (*scheduled*), on suotavaa antaa tutkan tehdä se loppuun ennen pysäyttämistä. Tässä tapauksessa, taskin kohdalla valitaan "stop when done." Käytössä olevan tehtävän voi nähdä "radar status" tai "TSC monitor"-kohdasta.



ID	Task	Command	Scan	Start	Stop	Repeat	RunTime
1	ZDRCAL	Scheduled	EXEC	00:09:00	**:**:**	00:15:00	00:29
2	SUNCAL	Idle	EXEC	00:09:00	**:**:**	00:15:00	**:**
3A	PPI1_A	Scheduled	PPIF	00:00:00	**:**:**	00:15:00	00:23
3B	PPI1_B		PPIF				00:24
3C	PPI1_C		PPIF				00:22
3D	PPI1_D	Running	PPIF				00:23
3E	PPI1_E		PPIF				00:23
3F	PPI1_F		PPIF				00:24
3G	PPI1_G		PPIF				00:28
3H	PPI1_H		PPIF				00:15
3I	PPI1_I		PPIF				00:15
3J	PPI1_J		PPIF				00:15
3K	PPI1_K		PPIF				00:17
3L	PPI1_L		PPIF				00:17
3M	PPI1_M		PPIF				00:18

Kuva 30. TSC monitor.

Kun kaikki tehtävä on pysäytetty, avataan "radar status"-ikkuna (kuva 31) ja valitaan "ingest process" stop-tilaan. Tällä varmistetaan, ettei IRIS pääse ohjaamaan mitään tehtävistä päälle. Apuohjelmia kuten ZAUTO ei voida käyttää, jos *ingest process* on päällä.



CONTROL SECTION

TASK Sched	<input type="checkbox"/> OPERATIONAL	Product Sched	<input type="checkbox"/> DEFAULT	Output Sched	<input type="checkbox"/> DEFAULT
Ingest Process	<input type="checkbox"/> PPI2_A	Product Gen	<input type="checkbox"/> Idle	Product Output	<input type="checkbox"/>
Radiate	<input type="checkbox"/> On/On	Re-Ingest	<input type="checkbox"/> Idle	Network Recvr	<input type="checkbox"/> Idle 0
T/R Power	<input type="checkbox"/> On	Messages	<input type="checkbox"/> 90	IRIS Webview	<input type="checkbox"/> N/A
Servo Power	<input type="checkbox"/> On	Site Status	<input type="checkbox"/> OK		
Mode Switch	<input type="checkbox"/> Inputs	NORDRAD	<input type="checkbox"/> Stopped		

SUBSYSTEM STATUS

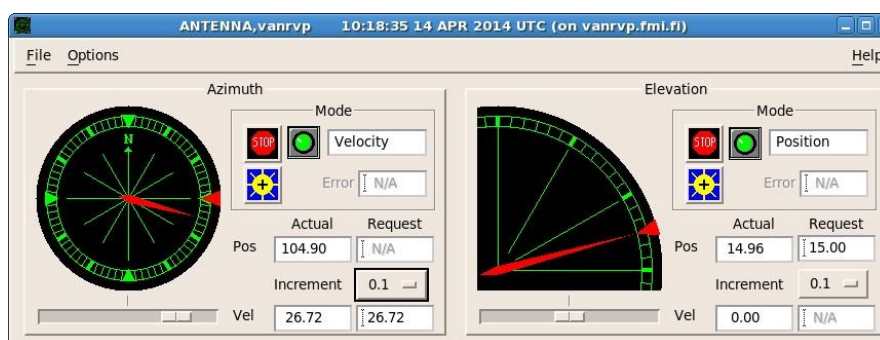
DSP	OK	Running	
RCP	OK	N/A	IRIS
WINDOW1	OK	Idle	QLW-1
NETWORK2	OK	Idle	Dirty
WINDOW3	OK	Idle	Varaikkuna
NETWORK4	OK	Idle	Iiris
NETWORK5	OK	Idle	storage

ANTENNA/TRANSMITTER STATUS

Azimuth	151.58	Velocity	16.8
Elevation	0.46	Velocity	0.0
BITE	<input type="checkbox"/> OK	Waveguide	Normal
Transmit	<input type="checkbox"/> Radiate	Interlock	Normal
Magnetron	Normal	Air Flow	Normal

Kuva 31. Radar status.

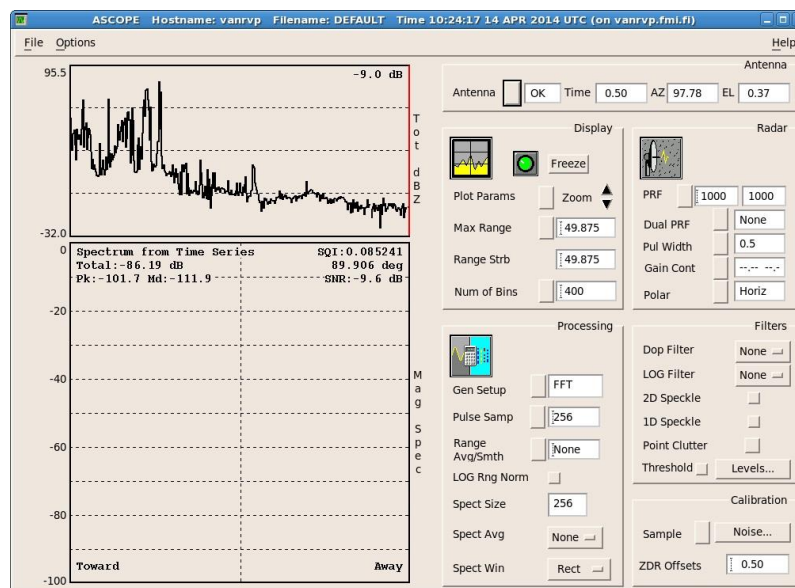
RCW-työaseman alapuolella, lähettimen etupaneelista valitaan kytkin "local"-tilaan. Tarkistetaan "antenna"-valikosta (kuva 32), että antenni on ohjattu pohjoiseen ja suunnattu ylöspäin (70°). Näin pois suljetaan mahdolliset häiriöt auringosta tai muista ulkoisista lähteistä. Samalla varmistetaan että lähetin on vielä päällä, eikä ole sammunut missään vaiheessa. Sammutunut lähetin tarvitsee noin viiden minuutin lämmitysajan käynnistyksen jälkeen, ennen kuin sitä voidaan käyttää. Tämän jälkeen kytkin laitetaan takaisin "remote"-tilaan. Kytkin on myös muistettava asettaa "remote"-tilaan kalibroinnin lopussa ja aina kun lähetintä halutaan ohjata IRIS-ohjelmalla.



Kuva 32. Antenna valikko.

Tutkakabinetin takana olevat H- ja V-kanavien suuntakytkimien vieressä olevat desibelimerkinnot eli liittimien vaimennukset kirjataan ylös ja lisätään niihin käytössä olevan mittajohdon vaimennus esim. 29.6 dB + 1.3 dB. Nämä tiedot pitäisi löytyä myös "RVP setup"-osiosta ja jos ne ovat muuttuneet, pitää ne päivittää tietoihin ja tallentaa.

Tehonmittarin mittapäää vaimentimen kanssa kytketään lähtevän tehon H-kanavan liittimeen. "IRIS Ascope"-valikosta (kuva 34) valitaan haluttu kanava, pulssinpituus ja toistotaajuus, jotka alussa ovat H-kanava, 0.8 μ s, PRF 1000 Hz. Tehonmittarin lukema kirjataan ylös ja toistetaan mittaus toisilla arvoilla. Eli vaihdetaan aallonpituudeksi 2.0 μ s sekä toistotaajuudeksi PRF 500 Hz. Kun molemmat pulssinpituuksien tehot on mitattu, toistetaan mittaus H+V-asetuksella H-kanavalle. Tällöin mittapäää on edelleen kiinni H-kanavan liittimessä.



Kuva 34. Ascope valikko.

Pulssin pituuden ja pulssintoistotaajuuden avulla voidaan laskea "duty cycle" eli pulssisuhde, tällöin piikkiteho voidaan laskea keskimääräisestä tehosta kun "duty cycle" tiedetään. Esimerkki laskussa on käytetty Kuopion tutkan mittaustuloksia.

H-kanava: $0.8 \mu\text{s}$ ja 1000 Hz = 22.30 dB. $2.0 \mu\text{s}$ ja 500 Hz = 23.27 dB.

H+V-kanava: $0.8 \mu\text{s}$ ja 1000 Hz = 19.28 dB. $2.0 \mu\text{s}$ ja 500 Hz = 20.22 dB.

Mittaustuloksia vertailemalla pitäisi näkyä noin 3 dB vaimennuksen ero, kun käytössä on kaksi kanavaa. Sillä kun lähettimen teho jaetaan kahteen kanavaan, vain puolet tehosta menee yhteen kanavaan.

Pulssisuhteen laskussa käytetään pelkän H-kanavan mittaustuloksia.

$$10 \cdot \text{LOG}_{10} (0,78 \mu\text{s} \cdot (10^{-6}) \cdot 1000 \text{ Hz}) = 31,07905 = 31.08 \text{ dBm}.$$

$$10 \cdot \text{LOG}_{10} (1,98 \mu\text{s} \cdot (10^{-6}) \cdot 500 \text{ Hz}) = 30,0436 = 30.04 \text{ dBm}.$$

On myös suositeltavaa käyttää arvoja 0.8 μ s ja 1250 Hz, jolloin vaimennus on tasan 30 dB, kun *duty cycle* on 0.1 %. Tällä tavalla on helpompaa havaita jos mittauksessa tai tehoissa on jotain pielessä.

$$10 \cdot \text{LOG}_{10}(0.8 \mu\text{s} \cdot (10^{-6}) \cdot 1250 \text{ Hz}) = 30 \text{ dBm}.$$

Piikkitehojen laskennassa käytetään pulssisuhdetta, mitattuja keskimääräisiä tehoarvoja ja suuntakytkimien vaimennukset, joihin on mukaan lisättyä mittajohdon vaimennus.

0.8 μ s ja 1000 Hz piikkiteho lasketaan:

$$30,9 \text{ dBm} + 22,3 \text{ dBm} + 31,08 \text{ dBm} = 84,28 \text{ dBm}.$$

$$10^{8.428} \text{ mW} = 267916832 \text{ mW} \text{ eli } 267917 \text{ W}.$$

2.0 μ s ja 500 Hz piikkiteho lasketaan:

$$30,9 \text{ dBm} + 23,27 \text{ dBm} + 30,04 \text{ dBm} = 84,21 \text{ dBm}.$$

$$10^{8.421} \text{ mW} = 263633138 \text{ mW} \text{ eli } 263633 \text{ W}.$$

Tehojen laskemisen jälkeen, avataan IRIS "*RVP setup*".

Uudet lasketut piikkitehot syötetään RVP-asetuksiin vanhojen tilalle (kuva 28). On suositavaa kirjata molemmat lukemat erilliseen muistioon, mahdollisia tulevia vertailua varten.

Uudet teholumemat kirjataan jokaisen mitatun pulssinpituuden kohdalle:

0.78 μ s ja 1000 Hz, mitattu teho 267917 W, vanha 265461 W.

1.98 μ s ja 500 Hz, mitattu teho 263633 W, vanha 260615 W.

Jos mitatut tehot eroavat reilusti vanhoista tehoista on mahdollista, että lähettimen magneutronissa on tapahtunut jotain muutoksia tai ilmennyt ongelmia. Tällöin magneutroni on tarkistettava ja tarvittaessa säädettävä. Itse magneutronin säätämisestä on kerrottu Korjaushuollot-luvussa (5.2).

Teholukemien syötön jälkeen, "*RVP setup*"-tiedot tallennetaan, valitsemalla yläpalkista "*save*"-kohta. Ascope suljetaan.

6.5 Vastaanottimen kalibrointi

Kalibroinnin neljäs vaihe on tutkan vastaanottimen kalibrointi, jossa käytetään erillistä signaaligeneraattoria sekä pulssi- ja mikroaaltolaskuria. Ennen mittausta on varmistettava, että antenni on suunnattu pohjoiseen ja ylös, esimerkiksi 70 asteen kulmaan. Tällöin vältetään mahdollisilta ulkopuolisilta häiriölähteiltä. Laskuri HP 5361B ei tarvitse erillistä asetusta tai nollausta, vaan lukeman kuuluu olla jo alussa pelkkä nolla. Laskurilla mitataan tutkan lähettämän signaalin taajuus ja verrataan sitä laskettuun arvoon. Mittajohto kytketään laskurin ensimmäiseen (1) liittimeen, jonka taajuus alue on 500 MHz (Max 40 GHz). Mittajohtoon kytketään myös aiemmin käytetty, musta 30 dB:n vaimennin. Mitta-johto vaimentimen kanssa kytketään kabinetin takana olevaan aalto-putken H-kanavan lähtevän tehon FWD-liittimeen. Laskurin mittaama ja ilmoittama lukema kirjataan ylös (5616454).

Taajuuden mittaamisen jälkeen on tarkistettava tutkalaitteiston ilmoittama taajuus. IRIS-komentoikkunasta avataan "*dsp*" ja painetaan ESC-nappia. Tällöin päästään syöttämään haluttuja komentoja. Komentolistan saa auki kirjoittamalla "*help*". Komento "*ps*" avaa listan taajuuden, signaalin ja filterin tiedoista, joista voidaan nähdä sen hetkisen pulssinpituuden tiedot. DSPX:n antamat tiedot ja sen komennot löytyvät liitteestä 4. Kohdassa AFC (*automatic frequency control*) kohdalla lukeva tieto kirjataan ylös laskentaa varten. AFC-lukema on satoja kilohertsejä.

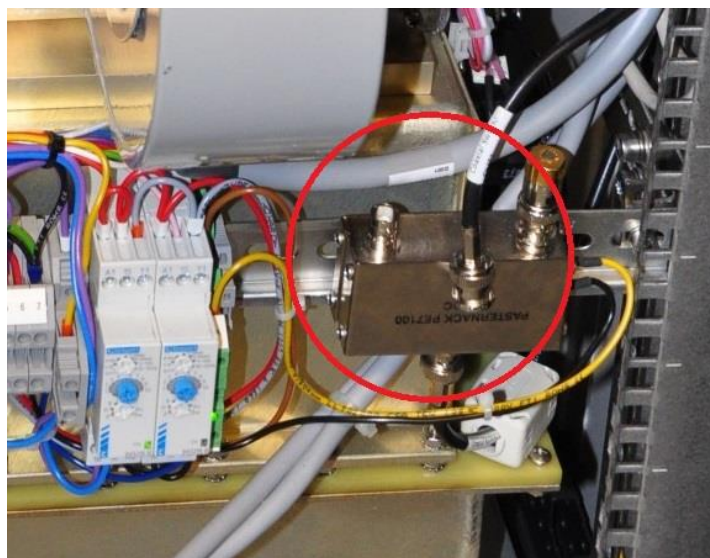
Esimerkiksi: AFC: 33,99 % [1745] (Locked).

Tällöin kokonaistaajuus saadaan: $5000 \text{ MHz} + 442 \text{ MHz} + 174.5 \text{ MHz} = 5616.5 \text{ MHz}$.

Jossa, STALO:n pohjataajuus on 5000 MHz, ensimmäinen välitaajuus on 442 MHz ja automaattinen taajuuden säätö 174.5 MHz.

Vertailemalla laskettua tulosta laskurin mittaamaan tulokseen, voidaan todeta taajuuden olevan oikein. Painamalla "=" -merkkiä, "locked"-kohta muuttuu "manual"-asetukseksi. Tällöin estetään lähettimen automaattista askeltamista. Dspix kohdasta poistutaan painamalla "q" (quit) ja lopuksi "ctrl + c".

Lähettimen etupaneelissa oleva kytkin laitetaan "local"-asentoon ja tutkakabinetin takana oleva "BNC trigger"-liitin kytketään irti. Tällöin varmistetaan, ettei lähetin lähde päälle automaattisesti missään vaiheessa kalibroinnin aikana. Edellisessä kohdassa mitattu ja laskettu signaalin taajuus (5616.5 MHz) syötetään signaaligeneraattorin asetuksiin ja varmistetaan, ettei signaaligeneraattorin lähtö ole päällä. Laskurista lähtevä mittajohto otetaan irti ja kytketään ilman 30 dB:n vaimenninta signaaligeneraattoriin (*rf output*). Tällöin mittajohdon toinen pää on edelleen kiinni H-kanavan lähtevän tehon liittimessä.



Kuva 35. Trigger BNC-liitin.

Avaamalla *Zcal*, voidaan nähdä edelliset kalibrointitulokset ja verrata niitä keskenään (kuva 36). Tämä vertailu on hyvä tehdä jo ennen varsinaista kalibrointia. "*STO*" ilmoittaa edellisen kalibroinnin ja "*REF*" ensimmäisen kalibroinnin tulokset, jotka toimivat vertailuarvoina. Painamalla *r*-nappia, siirtyvät edelliset tulokset vertailukohtaan. Tällöin kalibroinnin jälkeen uudet tulokset voidaan verrata edellisiin. *P*-napista voidaan vaihtaa *H*- tai *V*-kanavan kalibrointituloksia. Muutokset tallennetaan *s*-napilla (*save*).

```

radarop@vanrvp:~$ zcal
----- Horizontal Calibration -----
Fit Slope:  Sto 0.5us  Sto 0.8us  Sto 1.0us  Sto 2.0us  Ref 0.5us  Ref 0.8us  Ref 1.0us  Ref 2.0us
Cal:        -37.11    -40.63    -42.92    -48.40    -37.11    -40.72    -42.92    -48.44 dBZ
Std Dev:    0.02      0.03      0.03      0.03      0.02      0.02      0.03      0.03
Noise Level: -78.72     -80.43     -81.63     -84.15     -78.72     -80.46     -81.63     -84.13 dBm
            -106.14    -107.52    -109.02    -111.23    -106.14    -107.87    -109.02    -111.53 dB
Constant:   69.03      67.41      66.10      63.30      69.03      67.16      66.10      63.09 dB
XMT Power:  244.75     218.78     228.39     219.79     244.75     228.00     228.39     230.50 kW
Burst Power: 0.00       0.00       0.00       0.00       0.00       0.00       0.00       0.00 dBm
Dynamic Rng: 94.00      0.00       100.00     nan        94.00      100.00     100.00     100.00 dB
Siggen Low:  -80.00      20.00      -86.00     10.00     -80.00     -80.00     -86.00     -80.00 dBm
Siggen High: 14.00      20.00      14.00      nan        14.00      20.00      14.00      20.00 dBm
IF at Low:   -76.84      12.48      -80.63     8.41      -76.84     -77.90     -80.63     -79.57 dBm
IF at High:  11.54      12.48      11.53      nan        11.54      12.47      11.53      12.48 dBm
IF Maximum:  12.46      12.48      12.48      8.41      12.46      12.47      12.48      12.48 dBm
Flag:        0           0           0           0           0           0           0           0
Cal Time:    07:19:46  08:10:40  07:37:26  08:10:21  07:19:46  07:40:57  07:37:26  07:44:09
Cal Date:    21 AUG 2012  4 APR 2014  21 AUG 2012  4 APR 2014  21 AUG 2012  21 AUG 2012  21 AUG 2012  21 AUG 2012
Siggen Date: 1 JAN 2010  1 JAN 2010  1 JAN 2010  1 JAN 2010  1 JAN 2010  1 JAN 2010  1 JAN 2010  1 JAN 2010
Siggen ID:
Current Siggen ID: -
Current Siggen cal date: 1 JAN 2010
Cannot make changes because we could not open for I/O.
radarop@vanrvp:~$

```

Kuva 36. *Zcal*, kalibroinnin tulokset.

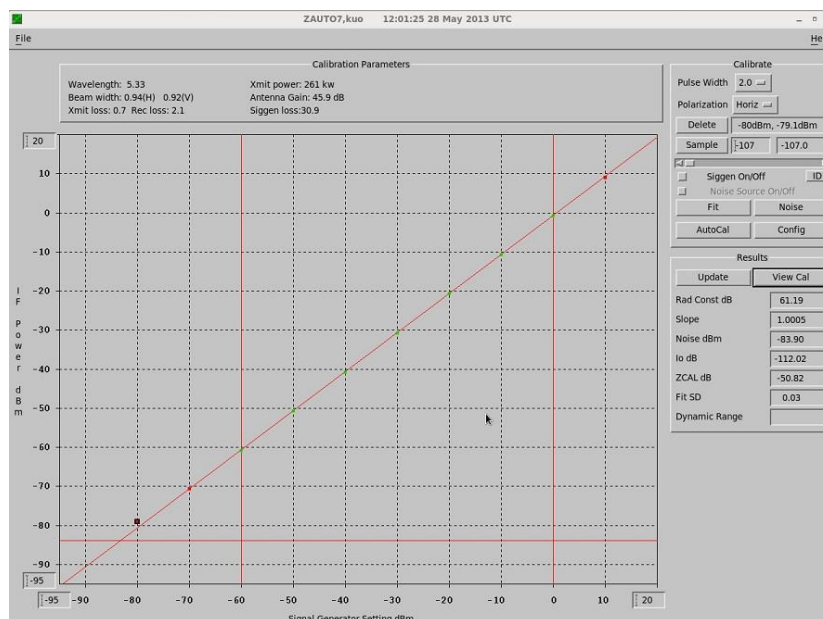
Kalibrointi käynnistetään "*zauto*"-komennolla, jolloin avautuu erillinen mittausikkuna. *Zauto*-ikkunassa voidaan määritellä mitattavan kanavan polarisaatio (*H* tai *V*), pulssin leveys (0.8 μ s) ja näytteenoton alue (-100...+20 dBm). Kun asetukset on valittu oikein, säädetään signaaligeneraattorista tehon vaimennukseksi -80 dB:ia ja asetetaan tehot päälle (*rf on/off*). Tällöin signaaligeneraattori syöttää valitulla taajuudella (kuva 37), tässä tapauksessa 5.6165 GHz ja *zauto*-kalibrointi voidaan aloittaa.



Kuva 37. Signaaligeneraattori ja asetettu taajuus, vaimennus -60 dB:ia.

Zauto-ikkunasta valitaan liukunapilla -80 kohta ja painetaan "sample" -nappia. Tällöin järjestelmä mittaa tuloksen ja esittää sen mittausikkunassa punaisena pisteenä. Mittaus toistetaan 10 dB:in välein aina +10 dB:iin.

Kun kaikki pisteet on mitattu, sammutetaan signaaligeneraattorin tehot pois. Zauto-ikkunasta painetaan "Fit"-nappia, jolloin ikkunaan ilmestyy sovitustapa mittapisteiden välille (kuva 38). Sovitustapaan voidaan nähdä kuinka tarkasti vastaanotin mittaa signaaligeneraattorin syöttämää signaalia. Alku- ja loppupiste yleensä eivät osu sovitustapaan janalle, jolloin ne pitää merkata pois mittaustuloksesta. Merkitseminen tapahtuu painamalla hiiren vasemmalla napilla näytölle, diagrammin molemmille puolille. Tällöin mittausikkunaan ilmestyy pystyviivat ja sen ulkopuolelle jääviä pisteitä ei huomioida kalibroitilaskennassa. Suoran sovitustapan siviin ja pystyviivojen ulkopuolelle jäävät pisteet korjataan signaaliprosessorissa ja nämä pisteet edustavat tutkimuksessa heikkoja kaikuja.



Kuva 38. Zauto, sovitussjana ja mittaustulokset.

Viivojen sisällä olevat mittapisteet muuttavat värinsä vihreäksi, joka indikoi niiden olevan mukana kalibroinnin laskennassa. Sovituksen jälkeen otetaan mittapisteistä kohinatasa painamalla noise-nappia. Mittaustuloksen voi verrata edellisiin "view cal"-napista. Jos tulokset näyttävät hyvältä, päivitetään ne järjestelmään "update"-napista. Tämän jälkeen tulokset tallennetaan ikkunan vasemmasta ylänurkasta valitsemalla file ja save. Tallennuksen jälkeen tulokset vielä päivitetään listaukseen, valitsemalla file ja list. Listaus ilmestyy zauto-ikkunan takana olevaan komentoikkunaan. Ikkunan näkymästä on esimerkki liitteessä 5.

Jotta kalibroinnista jäisi selkeä merkintä tulevia vertailuja varten, on mittausikkunasta otettava kopio. "Print screen + alt"-näppäinyhdistelmällä otetaan kuva sen hetkisestä näkymästä ja tallennetaan RCW-järjestelmän kovalevyille. On suotavaa luoda oma kansio "radarop"-kansion juureen, esimerkiksi "kuocal_160114." Tällöin kansio löytyy helposti myös etäyhteydellä. Kansioon tallennettava kuvatiedosto nimetään selkeästi mittaussparametreja käyttäen, esimerkiksi "kuo08H160114." Tästä selviää, että kuva on Kuopion tutkalta, käyttäen 0.8 μ s, H-kanava ja milloin kalibrointi on tehty.

Kalibrointi toistetaan samalla tavalla myös 2.0 μ s:lle. Mittauksen jälkeen signaali-generaattorin mittajohto kytketään H-kanavasta V-kanavalle. V-kanavan 0.8 μ s ja 2.0 μ s mittaukset toistetaan samoin kuin tehtiin H-kanavalle. Kuvat tallennetaan samoin kuin edellisissä mittauksissa, mutta ainoastaan H-tunnus vaihdetaan V-tunnukseksi.

Komentoikkunaan ilmestyneet kalibrointituloksien listaus on tallennettava kalibrointi kansioon. Listausta kopioidaan maalamalla tulokset hiiren vasemmalla napilla ja valitsemalla yläpalkista copy-kohta. Kopioidut tulokset liitetään tekstieditoriin ja jokainen neljästä listasta nimetään kanavan ja pulssin pituuden mukaan, esimerkiksi H 0.8 μ s, jne. Lopuksi tekstitiedosto tallennetaan luotuun kalibrointikansioon, nimellä "kuo_plots_160114." Komentoikkunan kohdalla painamalla ctrl + c, päästään pois listauksesta normaaliin tilaan, komentojen syöttöön.

Kirjoittamalla komentoriville "dspX" ja painamalla esc-nappia, päästään tarkastamaan ja muuttamaan pulssileveyden parametreja. Jokainen neljästä pulssileveydestä voidaan erikseen tarkistaa "mt"-komennolla, jolloin mt0 on 0.5 μ s, mt1 on 0.8 μ s, mt2 on 1.0 μ s ja mt3 on 2.0 μ s. Näistä neljästä, vain kaksi mitattua muutetaan, eli mt1 ja mt3. Syöttämällä komennon mt1, avautuu lista parametreista. Listassa siirrytään alaspäin painamalla enter, kunnes päästään "Powerup IFD noise levels"-kohtaan. Tällöin listauksessa näkyvät uudet ja vanhat kohinatehot. Uudet tulokset lukee "Current IFD noise levels"-rivillä ja ne kirjoitetaan ilman päätteitä "powerup"-riville (kuva 39).

```

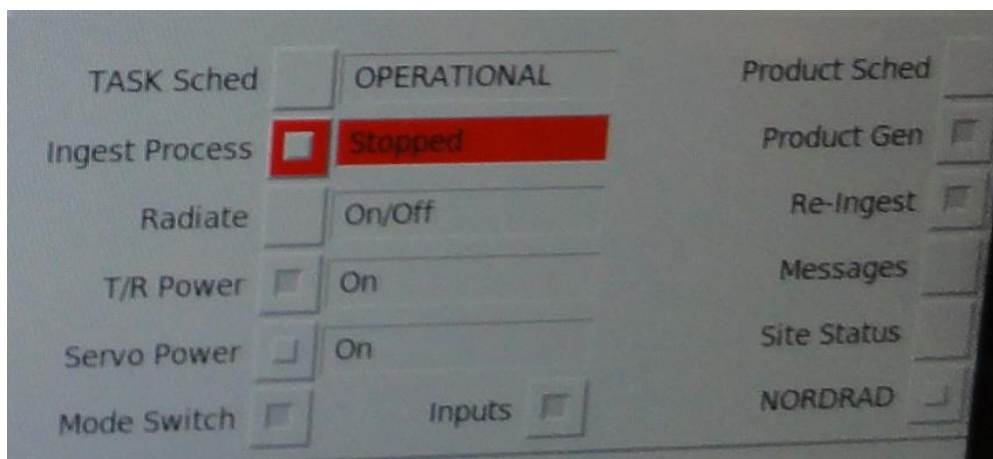
Mt1 - Parameters for Pulwidth #1
-----
Trigger #1 - Start:  -1.40 usec
             #1 - width:  1.00 usec      High: YES
Maximum number of Pulses/Sec: 1500.0
Maximum instantaneous 'PRF' : 1500.0 (/Sec)
Range mask spacing: 125.0000 meters (67.5467 c1ks)
Tx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
Rx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
FIR-Filter impulse response length: 1.00 usec
Burst Freq Estimator - Length: 0.54 usec, Start: 0.17 usec
FIR-Filter prototype passband width: 0.747 MHz
Output control 4-bit pattern: 0x2
Current IFD noise levels - PriRx: -80.42 dBm, SecRx: -79.17 dBm
Powerup IFD noise levels - PriRx: -80.38 dBm, SecRx: -79.04 dBm

```

Kuva 39. Mt1 uudet ja vanhat arvot.

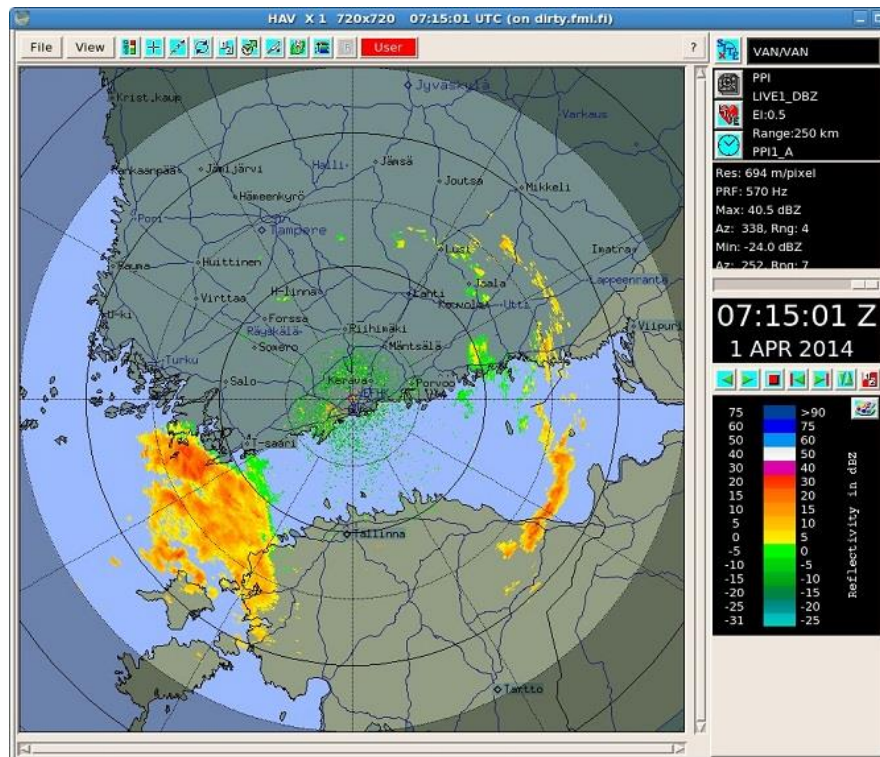
Kun molemmat mitatut pulssileveyden arvot on syötetty onnistuneesti järjestelmään, tallennetaan ne painamalla s-nappia ja lopuksi y-nappia. Tällöin järjestelmä ilmoittaa tehdyt muutokset, jotka tehtiin vain mt0 ja mt3 tiedoille. Q-napilla ja ctrl + c-näppäinyhdistelmällä päästään pois dspx-osiosta.

Onnistuneen kalibroinnin ja kalibroituloksien tallennuksen jälkeen, mittausjärjestelyt voidaan purkaa. Lähettimen etupaneelissa oleva kytkin asetetaan "remote"-kohtaan ja aikaisemmin irtikytketty "BNC trigger"-liitin kytketään takaisin kiinni. "Radar status"-ikkunassa punaisella näkyvä "Ingest process"-nappia painetaan (kuva 40), jolloin sen tilaksi muuttuu "idle". Tällöin "radiate" kohdassa näkyy "On/On." Lähetin alkaa säteillä heti kun pois suljetut tehtävät eli taskit laitetaan takaisin päälle.



Kuva 40. Radar status ikkuna, jossa Ingest process punaisella.

Lopuksi avataan "TSC monitor" ja kytketään sammutetut ohjelmoidut tutkamittaukset päälle. Jokainen käytössä oleva tehtävä (task) komennetaan käynnistystilaan painamalla tehtävän kohdalla hiiren oikeata nappia ja valitsemalla "scheduled," jolloin ne lähtevät päälle oikeassa aikajärjestyksessä. Jos tähän mennessä ei ole ilmennyt virheilmoituksia, kaikki toimii niin kuin pitää. Tutkan toiminta voidaan varmistaa, odottamalla ensimmäisen tehtävän loppumista ja tarkastamalla tästä mittauksesta luotua tutkakuvaa. Luotu tutkakuva pitäisi näkyä automaattisesti omassa QLW-ikkunassaan (quick look window), kun yhteyttä tutkaan ei ole vielä sammutettu (kuva 41).



Kuva 41. QLW ikkuna vantaan tutkalta.

Lopuksi kaikki ikkunat suljetaan ja IRIS-pääikkunasta valitaan "disconnect" sekä kyseisen tutkan nimeä (*Kuo*). Tämän jälkeen RCW-näyttö voidaan työntää takaisin tutkabinettiin ja sulkea kaikki avatut luukut.

7 Lopuksi

Työssä selvitettiin ja tutustuttiin säätutkan toimintaan ja sen toimintalaitteisiin. Säätutkan toimintaa voidaan selittää yksinkertaisesti muutamalla lauseella tai syventyä tarkemmin tiettyihin osa-alueisiin, kuten datan käsittelyyn. Tässä työssä tutkasta kerrottiin vain päätoiminnot ja -toimintalaitteet, jotka liittyvät jollakin tavalla tutkan huoltoon ja kalibrointiin. Laitteiden toimintojen ymmärtäminen auttaa käsittämään syvällisemmin, miksi huollon yhteydessä keskitytään tiettyihin alueisiin tai miksi tarkastukset ovat tärkeitä. Vian ilmetyä sen paikantaminen helpottuu, kun tiedetään, miten laitteet toimivat tai missä laitteen toiminnossa vika ilmenee.

Vaikka uusi Vaisalan säätutka on huomattavasti kehittyneempi ja toimintavarmempi kuin vanha Meteor-tutka, joudutaan silti kummankin tutkan kohdalla tekemään lähes samanlaisia tarkastuksia ja huoltoja. Ainoastaan tarkastuksien määrä ja helppous on muuttunut. Meteor-tutkassa nämä vuositarkastukset olivat huomattavasti suurempia ja pidempiaikaisia kuin uudessa Vaisalan tutkassa. Esimerkiksi mekaanisten laitteiden avaus ja purku tarkastuksia varten sekä vaihteiston voitelu on helpottunut nykyaikaisissa ratkaisuisissa. Toimintalaitteiden vaihto on helpottunut ja uudet diagnosoivat väylätekniologiat ovat helpottaneet entisestään näitä toimenpiteitä. Laitteen avaus ja tarkastus on muuttunut nykyisin pelkäksi tarkastukseksi, joka usein voidaan tehdä myös ohjelmallisesti etäyhteyden avulla.

Säätutkan huollossa on tärkeää varmistaa tärkeiden laitteiden oikeanlainen toiminta. Se voi helpottaa mahdollisissa tulevilla vikatilanteissa vian paikannusta. Toiminta varmistetaan vuosihuollon yhteydessä, jolloin tutka myös kalibroidaan. Tämän lopputyön ohella tarkastuksia ja kalibrointia varten on luotu omat tarkastuslistat ja ohjeet. Näiden avulla huoltohenkilöt voivat tehdä merkintöjä huoltojen aikana ja varmistaa, että kaikki tarvittavat toimenpiteet on tehty tai tarkastettu. Ohjeiden ja listojen luomiseen käytettiin materiaalina huoltohenkilöiden haastatteluja ja kommentteja. Osallistumalla huoltomatkoille ja kalibrointeihin, saatiin tärkeää näkemystä ja apua lopputyön tekemiseen sekä huolto-ohjeiden luontiin. Suurin osa teknisestä tiedosta on kerätty Vaisalan dokumenteista yhdistelemällä näitä tietoja erillisiin ulkopuolisiin julkaisuihin sekä haastatteluihin.

Lopputyön tekeminen kyseisestä aiheesta helpotti omaa ymmärrystäni tutkan toiminnasta ja lisäsi syvällisemmän tiedon määrää sen laitteista. Opin ymmärtämään, miksi jotkut toimenpiteet tehdään ja miten ne tehdään. Vaikka olen osallistunut jo useisiin tutkan uusimisprojekteihin ja huoltoihin, on ymmärrykseni tutkan toimintaan ennen tätä työtä ollut varsin suppea. Tämän työn johdosta olen ymmärtänyt, miten tutkan kalibrointi ja huolto tapahtuu, miten tietyt laitteet toimivat ja miten ne huolletaan. Lopputyö antaa hyvän perusymmärryksen tutkasta myös tulevia työtehtäviä varten. Ohjeiden ja tarkastuslistojen avulla voin itse huoltaa ja kalibroida tutkan tai mahdollisesti jopa selvittämään mahdollisia vikoja.

Lopputyöhön kerätyt tiedot ja luodut ohjeistukset helpottavat tulevia huoltohenkilöitä työssään. Uudet henkilöt saavat työn avulla tarvittavan perustiedon tutkasta sekä ohjeistuksen mahdollisia huoltotehtäviä varten. Lopputyön huolto- ja kalibrointiohjeistus voidaan jatkossa muokata erillisiksi dokumenteiksi, jolloin sen jakaminen Ilmatieteen laitoksen sisällä ja henkilöiden kesken helpottuu. Huolto- ja kalibrointilistat on suunniteltu erikseen tulostettaviksi, jolloin niiden arkistointi on helpompaa ja varmempaa. Tiedostot lisätään Ilmatieteen laitoksen sähköisiin tietokantoihin, jolloin niitä voidaan tarvittaessa muokata. Vaikka listat on periaatteessa jo testattu toimiviksi, voi niihin tulla jatkossa uudistuksia tai lisäyksiä. Tämän vuoksi listat on tallennettu Microsoft Excel-ohjelman salaamattomiksi tiedostoiksi.

Lähteet

- 1 Tutkakuvia moneen käyttöön. 2013. Verkkodokumentti. Ilmatieteen Laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/tutkakuvia-moneen-kayttoon>>. Luettu 5.12.2013.
- 2 Kuinka sääennuste syntyy. 2011. Verkkodokumentti. Ilmatieteen Laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/saaennuste>>. Luettu 9.12.2013.
- 3 Merril I, Skolnik. 1990. Radar Handbook 2nd edition. New York: McGraw-Hill.
- 4 Pajunen, Tero. 1994. Säättutkan (Meteor 360AC) lähettimen toiminta ja huoltomittaukset. Insinööriyö. Helsingin teknillinen oppilaitos.
- 5 Säättutkaverkon uudet tutkat. 2013. Verkkodokumentti. Ilmatieteen Laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/uudet-tutkat>>. Luettu 15.12.2013.
- 6 Suomen tutkaverkko. 2013. Verkkodokumentti. Ilmatieteen Laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/suomen-tutkaverkko>>. Luettu 19.12.2013.
- 7 Quality assurance in the FMI Doppler Weather Radar Network. 2010. Verkkodokumentti. Boreal Environment Research. <<http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber15/ber15-579.pdf>>. Luettu 6.1.2014
- 8 Kärki, Hannu. 2014. Vanhempi suunnittelija, Ilmatieteen Laitos, Helsinki. Keskustelu 11.4.2014.
- 9 Vaisala. 2013. IRISTM and RDA Dual Polarization. Helsinki: Vaisala Oyj.
- 10 Säättutkat. 2014. Verkkodokumentti. Ilmatieteen Laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-saatutkat>>. Luettu 12.2.2014.
- 11 Klemola, Olli. Lehto, Arto. 1998. Tutkatekniikka. Helsinki: Otatieto Oy.
- 12 Vaisala. 2013. IRIS, Product and Display Manual. Helsinki: Vaisala Oyj.
- 13 Kurri, Mikko. 2014. Tutkija, Ilmatieteen Laitos, Helsinki. Keskustelu 11.3.2014.
- 14 Gematronik. 1996. Weather radar system Meteor 360 AC, instruction manuals. Saksa: Gematronik.

- 15 Vaisala. 2011. Vaisala Weather Radar WRM200, user's guide. Helsinki: Vaisala Oyj.
- 16 Kurri, Mikko. 2014. Tutkija, Ilmatieteen Laitos, Helsinki. Keskustelu 15.3.2014.
- 17 Merril I, Skolnik. 2008. Radar Handbook 3rd edition. New York: McGraw-Hill.
- 18 Huuskonen, Asko. 2014. Erikoissuunnittelija, Ilmatieteen Laitos, Helsinki. Keskustelu 6.1.2014.
- 19 Kurri, Mikko. 2006. Säättökan radomin läpäisyvaimennuksen määrittäminen dielektrisyys- ja torvientennimittauksin. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.
- 20 Vaisala. 2011. Vaisala Weather Radar WRM200, Installation manual. Helsinki: Vaisala Oyj.
- 21 Vaisala. 2011. Vaisala Weather Radar WRM200, Maintenance manual. Helsinki: Vaisala Oyj.
- 22 Elektroniikan laboratoriotyöt. 2014. Verkkodokumentti. Aalto yliopisto, Mikro- ja nanotekniikan laitos. <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/s-87.1030/materiaali/S-87_1030_tyo1.pdf>. Luettu 2.4.2014.
- 23 Duty cycle. 2014. Verkkodokumentti. Granite Island Group. <<http://www.tscm.com/dutycy.pdf>>. Luettu 27.3.2014.
- 24 Solid state IGBT modulator. 2014. Verkkodokumentti. Radtec Engineering Inc. <[http://www.radar-sales.com/PDFs/Solid 20State 20IGBT 20Modulator 20Description2.pdf](http://www.radar-sales.com/PDFs/Solid%20State%20IGBT%20Modulator%20Description2.pdf)>. Luettu 2.4.2014.
- 25 Vaisala. 2013. RVP900TM Digital Receiver and Signal Processor. Helsinki: Vaisala Oyj.
- 26 Gematronik. 1995. Doppler Weather Radar System Meteor 360 AC, instruction manual vol-1 ja vol-2. Saksa: Gematronik.
- 27 Suncal utility. 2006. Verkkodokumentti. Sigmet. <<ftp://ftp.sigmet.com/outgoing/patches/8.10/RHEL3.0/10suncal.pdf>>. Luettu 29.3.2014.
- 28 Vaisala. 2013. IRIS and RDA, Utilities Manual. Helsinki: Vaisala Oyj.

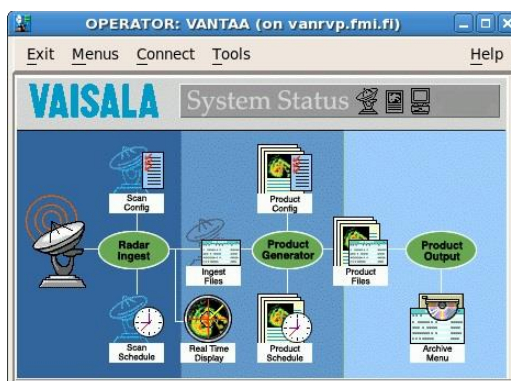
Iris ohjelman valikoiden avaus

IRIS käynnistetään kirjoittamalla komentoikkunaan (terminal) IRIS & (kuva 1). &-merkki jättää komentoikkunan auki komennon syötön jälkeen. Ohjelma voidaan sammuttaa kirjoittamalla qiris.



Kuva 1. Komentoikkuna.

IRIS käynnistyy ja avaa oman valikkoikkunan (kuva 2), josta voidaan avata lähes kaikki ohjelmaan liittyvät ja työssä mainitut valikot. Valikot saa auki myös kirjoittamalla ne komentoikkunaan (esim. antenna &). Osa työssä mainituista valikoista avataan komentoikkunasta, kuten ascope, dspx, suncal, setup ja zauto.



Kuva 2. IRIS valikko.

IRIS ikkunasta valitaan connect ja kyseisen tutkan nimeä painetaan. Yhdistämisen jälkeen valikon kuvakkeet aktivoituvat ja niitä painamalla saadaan valikot auki. Yläpalkista valitsemalla menus, avautuu tärkein ja yleisin valikko. Painamalla avautuvasta valikosta TSC monitor (kuva 3), päästään tarkastamaan mittaustehtäviä eli task:it.

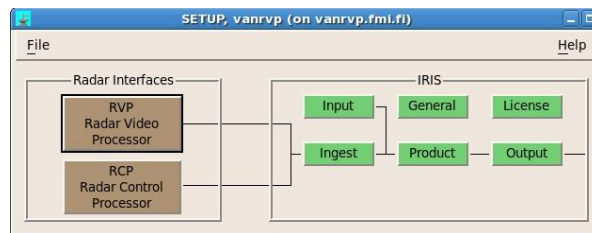
ID	Task	Command	Scan	Start	Stop	Repeat	RunTime
1	ZDRCAL	Scheduled	EXEC	00:09:00	**:*:*:**	00:15:00	00:29
2	SUNCAL	Idle	EXEC	00:09:00	**:*:*:**	00:15:00	**:*:**
3A	PPI1_A	Scheduled	PPIF	00:00:00	**:*:*:**	00:15:00	00:23
3B	PPI1_B		PPIF				00:24
3C	PPI1_C		PPIF				00:22
3D	PPI1_D	Running	PPIF				00:23
3E	PPI1_E		PPIF				00:23
3F	PPI1_F		PPIF				00:24
3G	PPI1_G		PPIF				00:28
3H	PPI1_H		PPIF				00:15
3I	PPI1_I		PPIF				00:15
3J	PPI1_J		PPIF				00:15
3K	PPI1_K		PPIF				00:17
3L	PPI1_L		PPIF				00:17
3M	PPI1_M		PPIF				00:18

Kuva 3. TSC monitor.

Mittauksessa oleva taski:n kohdalla lukee running. Käytössä olevat ja ajastetut taskit on merkitty scheduled nimellä.

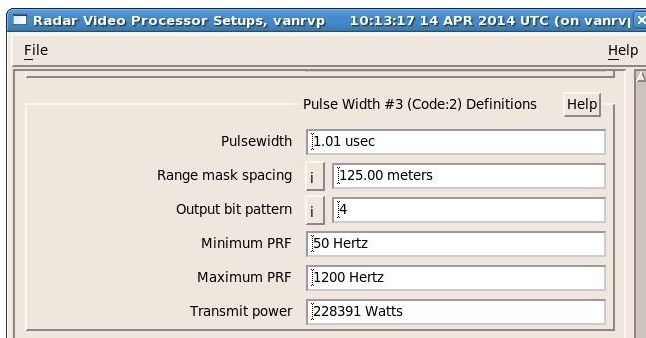
Scheduled kohdasta painamalla hiiren oikeata nappia voidaan task:t pysäyttää. Tällöin vaihtoehtoina ovat, ”stop when done” tai ”stop right now”.

Setup valikko saadaan kirjoittamalla komentokehoteessa ”setup”. Tällöin aukeaa oma valikkoikkuna (kuva 4) josta voidaan valita haluttu setup näkymä.



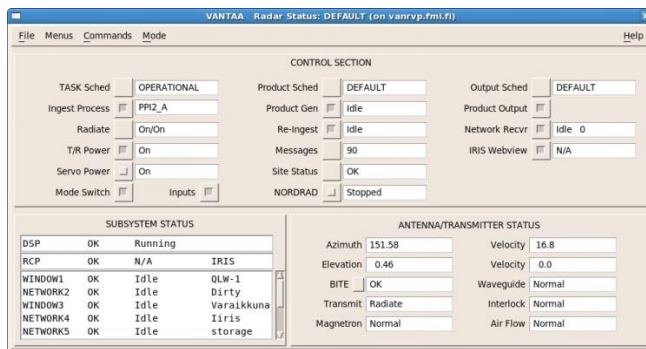
Kuva 4. Setup valikko.

Painamalla setup valikosta RVP nappia, päästään tarkastamaan työssä mainittuja asetuksia kuten häviöt, vaimennukset ja tehot (kuva 5). Uudet mitatut arvot syötetään vanhojen päälle ja tallennetaan ikkunan file kohdasta valitsemalla save.



Kuva 5. RVP setup.

Radar status menu (kuva 6) valikon saa auki IRIS päävalikosta menu napin takaa. Valikosta voidaan nähdä tutkan sen hetkinen toiminta kuten lähettimen ja antennin toiminta sekä avata muita valikkonäkymiä.



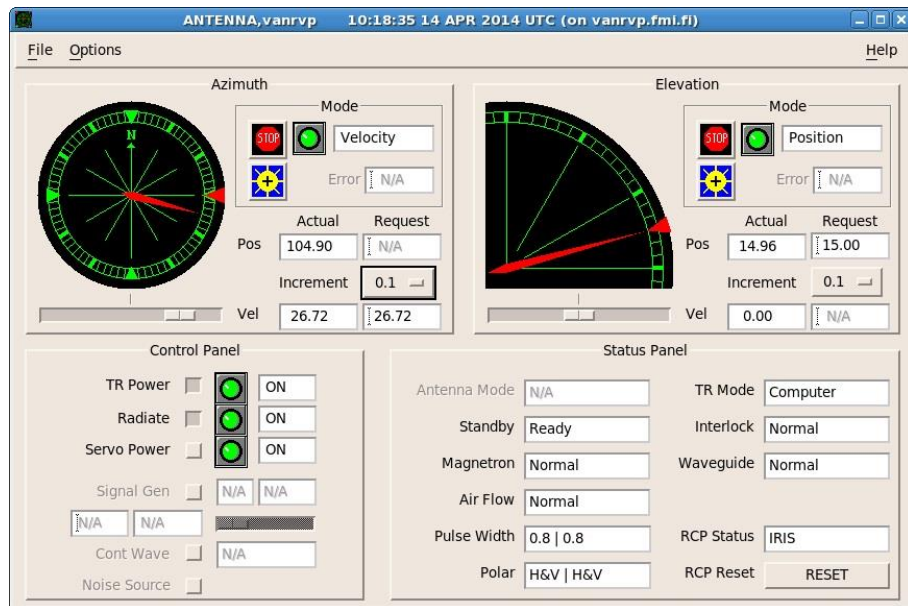
Kuva 6. Radar status menu.

Radar status menusta voidaan avata myös bitex valikko. Valikon saa näkyviin myös kirjoittamalla komentokehötteen riville bitex. Bitex:ista saadaan auki tarvittavat näkymät lähettimen, vastaanottimen ja antennin toiminnasta ja tilatiedoista. Kuvassa 7 bitex valikko ja vastaanottimen valikko.



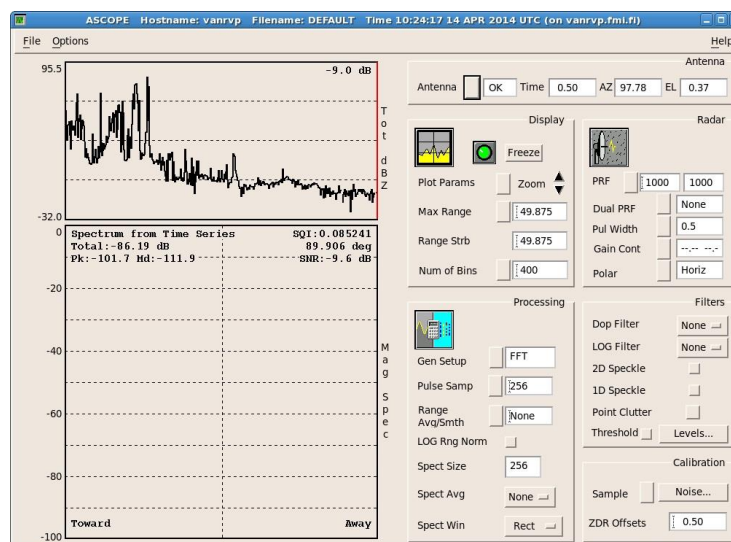
Kuva 7. Bitex valikko ja lähettimen bitex valikko.

Antenni valikosta voidaan antennia ohjata manuaalisesti tiettyyn asentoon (kuva 8). Tätä toimintoa käytetään usein tässä työssä. Antenni valikkoon pääsee kirjoittamalla komentoriville ”antenna”. Tällöin avautuu seuraava valikkoikkuna.



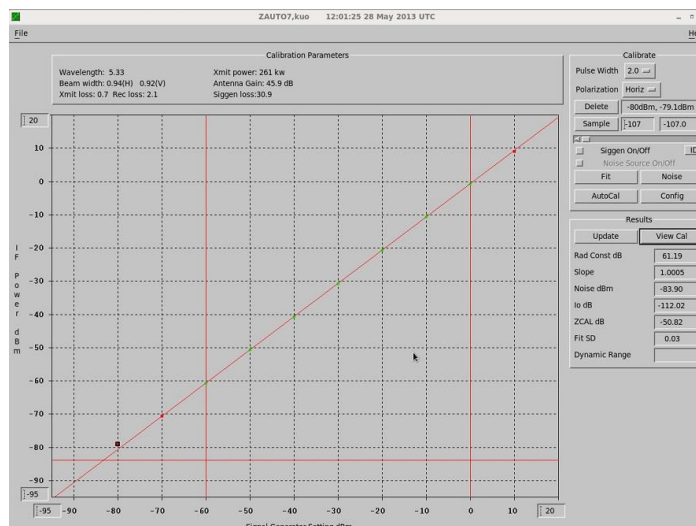
Kuva 8. Antenna valikko.

Työssä mainittu ascope ikkuna (kuva 9) käytetään kalibroinnissa. Ikkunan valikoista voidaan säätää haluttu pulssileveys, polarisaatio ja pulssin toistotaajuus PRF. Ascopen saa auki kirjoittamalla komentoriville ”ascope”.



Kuva 9. Ascope ikkuna.

Vastaanottimen kalibroinnissa käytetty zauto avataan kirjoittamalla komentoriville ”zauto”. Tällöin päästään näkemään kalibrointia varten tarvittava valikkonäkymä ja mittausasteikko (kuva 10). Oikealla olevassa palkissa on kalibrointimittausta varten tarvittavat toiminnot kuten pulssileveys ja polarisaatio.



Kuva 10. Zauto ikkuna.

Kalibroinnin jälkeen työssä mainittu dspx näkymän saa auki vain komentoikkunassa. Tällöin komentoriville kirjoitetaan dspx ja painetaan esc-nappia. Käyttämällä ”ps” tai ”mt0”, ”mt2” komentoja päästään tarkastamaan signaaliprosessorin tietoja ja tarvittaessa muuttamaan niitä (kuva 11).

```
ps
AFC:12.87% [2038] (Locked) Burst Pwr:-4.76 dBm, Freq:60.021 MHz
IFD Temperature - Chassis: 42C (108F), FPGA: 44C (111F)
Receiver mode: 3 (Standard dual channel)

mt0
Mt0 - Parameters for Pulswidth #0
-----
Trigger #1 - Start: -1.28 usec
          #1 - Width: 1.00 usec High:YES
Maximum number of Pulses/Sec: 2400.0
Maximum instantaneous 'PRF' : 2400.0 (/Sec)
Range mask spacing: 125.0000 meters (67.5467 clks)
Tx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
Rx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
FIR-Filter impulse response length: 0.67 usec
Burst Freq Estimator - Length: 0.32 usec, Start: 0.10 usec
FIR-Filter prototype passband width: 1.022 MHz
Output control 4-bit pattern: 0x1
Current IFD noise levels - PriRx: -78.72 dBm, SecRx: -77.54 dBm
Powerup IFD noise levels - PriRx: -78.72 dBm, SecRx: -77.54 dBm
```

Kuva 11. Dspx:n ps ja mt0 komentojen näkymä.

Dspx ikkunasta päästään pois kirjoittamalla komentoriville ”q” niin kuin quit ja näppäin yhdistelmää painamalla Ctrl+c. Tällöin päästään takaisin normaaliin komentoikkunaan.

Huollon tarkistuslista

Taulukko 1. Huollon tarkistuslista (1/2).

Tehtävät:	Merkinnät ja muistiinpanot:	Merkinnät Ok tai Ei Ok.
Tutkan nimi:		
Huollon tyyppi: 1 V, 3 V vai 5 V.		
Huoltohenkilön nimi:		
Päiväys:		
Huollon valmistelut.		
1 Tarkista IRIS ohjelman versionumero:		
2 Tarkista ja tallenna Bitex:in hälytykset		
3 Tarkista ja tallenna Bitex:in hälytykset		
Vuosittainen huolto.		
Järjestelmän toiminta:		
1 Testaa hätäpysäytysnapin toiminta:		
2 Tarkista radomin kunto:		
3 Tarkista radomin maadoituskaapeleiden kunto ja liitokset:		
4 Tarkista aaltoputkijuoksu:		
Antenni ja pedestaali.		
1 Tarkista pedestaalin kaltevuus:		
2 Tarkista maalipinnan kunto:		
3 Tarkista vastapainot ja niiden kiinnitykset:		
4 Tarkista signaalinsyötön tuentaputket ja kiinnitykset:		
5 Tarkista syötön suojakalvo:		
6 Mittaa ja tarkista antennin "nollakulma" asento:		
7 Tarkista atsimuuttisuunnan hihnat:		
8 Tarkista atsimuuttisuunnan hihnojen antureiden toiminta:		
9 Tarkista eleveaatiosuunnan hihna:		
10 Tarkista eleveaatiopuolen raja-anturin toiminta:		

Kalibroinnin tarkistuslista

Taulukko 2. Kalibroinnin tarkistuslista (1/2).

Tehtävät:	Merkinnät ja muistiinpanot:	Merkinnät Ok tai Ei Ok.
Tutkan nimi:		
Huoltohenkilön nimi:		
Kalibrointi (huolto, vika)		
Päiväys:		
Kalibrointi valmistelut:		
Tutkan lähetin stabiili (jos ollut pois päältä)		
Mittalitteet päällä. (lämmenneet tarpeeksi)		
Tarkista IRIS (ei häilytyksiä?)		
Tarkista RCP setup asetukset. (el/az rajat, nopeudet)		
Tarkista laitekaappi. (tarkstukset huoltotaulukossa)		
Aaltoputkihäviöt: (3 vuoden välein)		
Ilmoitus päivitykseen. (IL puh : 2580)		
Kalibrointi:		
Sovituksen säätö:		
Tehomittari cal fac ja zero.		
30 dB:n vaimennin kiinni.		
Tarkista ja säädä aaltoputki- sovitukset.		
H - puolen arvot:		
V - puolen arvot:		
Pulssin mittaust:		
Oskilloskooppiin liitetty diodi-ilmaisimien ja vaimentimet.		
(0.5 µs)		
0.8 µs		
(1.0 µs)		
2.0 µs		
RVP setup asetusten tarkastus ja tarvittaessa muutetaan.		
Tehojen mittaust:		
TSC monitor, mitattavat task:it pois päältä.		
RVP setup couplers (H & V):		
Ingest process : stop.		
H (only) 0.8 µs ja 1000 Hz:		
H (only) 2.0 µs ja 500 Hz:		
H+V 0.8 µs ja 1000 Hz:		
H+V 2.0 µs ja 500 Hz:		
Duty cycle:	$10 \cdot \text{LOG}_{10} (\text{PW} (\mu\text{s}) \cdot 10^{(-6)} \cdot \text{PRF} (\text{Hz}))$	
0.8 µs:		
2.0 µs:		

Taulukko 2. Kalibroinnin tarkistuslista (2/2).

Piikkitehot:	$10^{\wedge}((\text{Lähetysteho} + \text{liittimen vaimennus} + \text{DC}) / 10)$ (mW)	
0.8 μ s ja 1000 Hz:		
2.0 μ s ja 500 Hz:		
Päivitä lasketut tehot		
RVP setup:iin.		
Lähettimen kalibrointi:		
Antennin suuntaus.		
(az: 0°, el: 70°)		
AFC:n lukema:		
AFC asetettu: manual.		
(dsp, esc, ps, " =", Q, ctrl+c)		
Trigger-liitin irti.		
Aseta lähettimen taajuus		
signaaligeneraattoriin.		
Zcal, ref arvojen päivitys (r).		
Zauto asetukset:		
(PW, Polar, sample -100...20)		
Sovitus + Fit + Noise.		
Save, List.		
Print screen:		
(operator/tutkan nimi)		
Horiz, 0.8 μ s:		
Horiz, 2.0 μ s:		
Vert, 0.8 μ s:		
Vert, 2.0 μ s:		
Tarkista, kaikista print scr.		
Kopioi calib listaus (0,8 & 2.0)		
Päivitä uudet arvot dsp:n		
mt riveihin. (mt1, mt3)		
Trigger-liitin kiinni.		
Ingest process : Idle.		
Radiate: On.		
Task:it päälle:		
Tarkista virheilmoitukset:		
Disconnect.		

DSPX:ssa näkyvät tiedot ja sen komennot

```

[radarop@vanrvp ~]$ dspx
Digital Signal Processor 'Chat' Mode
Checking for code upgrades... Okay
(Type ^C to exit Chat Mode)
  Vaisala, Oyj
RVP900 Digital IF Signal Processor V13.3 IRIS-8.13.3
-----
RVP9> ??

V - Configuration and Internal Status
-----
RVP9 Digital IF Signal Processor V13.3 IRIS-8.13.3
  Settings were last saved using V13.3
  RVP9 started at: 08:12:48  4 APR 2014
  Current time is: 10:08:51 14 APR 2014

CPU-Type: Intel(R) Centrino mobile
IPP-Library: libippsw7.so v4.0 4.0.19.77

Diagnostics: PASS

Processes and Threads:
RVP9Proc-0 - PID:20712  Priority:10  Policy:RealTimeRR
RVP9Proc-1 - PID:20713  Priority:10  Policy:RealTimeRR
  Chat/Plot - PID:20710  Priority:10  Policy:RealTimeRR
  Watchdog  - PID:20710  Priority:10  Policy:RealTimeRR
  Burst/AFC - PID:20710  Priority:10  Policy:RealTimeRR
  HostCmds  - PID:20710  Priority:11  Policy:RealTimeRR
  Angles    - PID:20710  Priority:12  Policy:RealTimeRR
  RtCtrl-0  - PID:20710  Priority:12  Policy:RealTimeRR
  RtCtrl-1  - PID:20710  Priority:12  Policy:RealTimeRR
  IQ-Data   - PID:20710  Priority:13  Policy:RealTimeRR

Shared library build dates:
RVP9/Main/Core: Tue Dec  3 11:02:41 EST 2013
RVP9/Main/Open: Tue Dec  3 11:02:46 EST 2013
RVP9/Main/Site: Tue Dec  3 11:02:45 EST 2013
RVPX/Proc/Core: Tue Dec  3 11:02:48 EST 2013
RVPX/Proc/Open: Tue Dec  3 11:02:49 EST 2013
RVPX/Proc/Site: Tue Dec  3 11:02:48 EST 2013

GPS:Unused
AFC:12.87% [2038] (Locked)  Burst Pwr:-4.76 dBm, Freq:60.021 MHz
IFD Temperature - Chassis: 42C (108F),  FPGA: 44C (111F) )
Receiver mode: 3 (Standard dual channel)

TrigRAM using 0.2% of 1924-KBytes, TrigCount:535862180

Mb - Burst Pulse and AFC
-----
Tx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
Rx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
IF increases for an approaching target: NO

```

```

PhaseLock to the burst pulse - 0:No, 1:Yes, 2:Auto: 1
Minimum power for valid burst pulse: -15.0 dBm
Design/Analysis Window - 0:Rect, 1:Hamming, 2:Blackman : 1
Settling time (to 1%) of burst frequency estimator: 5.0 sec
Enable AFC and MFC functions: YES
  AFC Servo - 0:DC Coupled, 1:Motor/Integrator : 0
  Wait time before applying AFC: 1.0 sec
  AFC hysteresis - Inner: 60.0 KHz, Outer: 100.0 KHz
  AFC outer tolerance during data processing: 200.0 KHz
  AFC feedback slope:      1.0000 D-Units/sec / KHz
  AFC minimum slew rate:  0.0000 D-Units/sec
  AFC maximum slew rate:  0.5000 D-Units/sec
  AFC span - [-100%,+100%] maps into [ 1820 , 2320 ]
  AFC format - 0:Bin, 1:BCD, 2:8B4D: 1, ActLow: NO
  PinMap Table (Use '31' for GND, '30' for +5)
  -----
  Pin01:GND  Pin02:GND  Pin03:GND  Pin04:GND  Pin05:GND
  Pin06:GND  Pin07:15   Pin08:14   Pin09:13   Pin10:12
  Pin11:11   Pin12:10   Pin13:09   Pin14:GND  Pin15:GND
  Pin16:GND  Pin17:08   Pin18:07   Pin19:06   Pin20:05
  Pin21:04   Pin22:03   Pin23:02   Pin24:01   Pin25:00
  FAULT status pin (0:None): 5, ActLow: YES
  Burst frequency increases with increasing AFC voltage: NO
Enable Burst Pulse Tracking: NO
Enable Time/Freq hunt for missing burst: NO
Enable burst power based correction of Z0: NO
Simulate burst pulse samples: NO

```

Mc - Top-Level Configuration

```

-----
IP address of networked RVP9/IFD: 10.0.1.254
Maximum ethernet incoming UDP frame length : 8192
Receive buffer size for incoming UDP packets : 1500000
IFD synthesized system clock: 81 MHz
IFD clock is derived from an external reference: YES
  External input reference: 10 MHz
Live angle input - 0:None, 1:SimRVP, 2:SimIFD, 3:TAGs, 4:S/D, 5:RtCtrl
: 0
Co-Polarized signal is always on the primary Rx: NO

```

```

#      Rx Mode Description
-      -----
0      Standard single channel
1      --Reserved--
2      Legacy RVP8/2005 WDN compatibility
3      Standard dual channel

```

Default receiver mode: 3

Mz - Transmissions and Modulations

```

-----
Provide phase modulation of transmitted pulses: NO
Chan A - 0:Unused, 1:FixedFreq, 2:TxWaveform : 0
Chan B - 0:Unused, 1:FixedFreq, 2:TxWaveform : 0
Mt - Triggers and Timing

```

```

-----
Pulse Repetition Frequency: 1200.00 Hz
Transmit pulsewidth index [0-3]: 1
Use external pretrigger: NO

```


Number of user-defined output triggers: 1
 Number of polarization output controls: 0
 Blank output triggers within AZ and EL sectors: NO
 Blank output triggers when changing pulsewidth : NO
 Blank output triggers during noise measurement: NO
 Rx-Fixed Triggers: #1:N Z:N
 2-way (Tx+Rx) total waveguide length: 10 meters

Mt0 - Parameters for Pulsewidth #0

Trigger #1 - Start: -1.28 usec
 #1 - Width: 1.00 usec High:YES
 Maximum number of Pulses/Sec: 2400.0
 Maximum instantaneous 'PRF' : 2400.0 (/Sec)
 Range mask spacing: 125.0000 meters (67.5467 clks)
 Tx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
 Rx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
 FIR-Filter impulse response length: 0.67 usec
 Burst Freq Estimator - Length: 0.32 usec, Start: 0.10 usec
 FIR-Filter prototype passband width: 1.022 MHz
 Output control 4-bit pattern: 0x1
 Current IFD noise levels - PriRx: -78.72 dBm, SecRx: -77.54 dBm
 Powerup IFD noise levels - PriRx: -78.72 dBm, SecRx: -77.54 dBm

Mt1 - Parameters for Pulsewidth #1

Trigger #1 - Start: -1.40 usec
 #1 - Width: 1.00 usec High:YES
 Maximum number of Pulses/Sec: 1500.0
 Maximum instantaneous 'PRF' : 1500.0 (/Sec)
 Range mask spacing: 125.0000 meters (67.5467 clks)
 Tx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
 Rx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
 FIR-Filter impulse response length: 1.00 usec
 Burst Freq Estimator - Length: 0.54 usec, Start: 0.17 usec
 FIR-Filter prototype passband width: 0.747 MHz
 Output control 4-bit pattern: 0x2
 Current IFD noise levels - PriRx: -80.42 dBm, SecRx: -79.17 dBm
 Powerup IFD noise levels - PriRx: -80.42 dBm, SecRx: -79.17 dBm

Mt2 - Parameters for Pulsewidth #2

Trigger #1 - Start: -1.55 usec
 #1 - Width: 1.00 usec High:YES
 Maximum number of Pulses/Sec: 1200.0
 Maximum instantaneous 'PRF' : 1200.0 (/Sec)
 Range mask spacing: 125.0000 meters (67.5467 clks)
 Tx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
 Rx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
 FIR-Filter impulse response length: 1.33 usec
 Burst Freq Estimator - Length: 0.74 usec, Start: 0.21 usec
 FIR-Filter prototype passband width: 0.706 MHz
 Output control 4-bit pattern: 0x4
 Current IFD noise levels - PriRx: -81.61 dBm, SecRx: -80.52 dBm
 Powerup IFD noise levels - PriRx: -81.61 dBm, SecRx: -80.52 dBm

Mt3 - Parameters for Pulsewidth #3

Trigger #1 - Start: -2.05 usec

```

#1 - Width:      1.00 usec      High:YES
Maximum number of Pulses/Sec:   600.0
Maximum instantaneous 'PRF' :   600.0 (/Sec)
Range mask spacing: 125.0000 meters (67.5467 clks)
Tx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
Rx Intermediate Frequency: 60.0000 MHz
FIR-Filter impulse response length: 2.33 usec
Burst Freq Estimator - Length: 1.57 usec, Start: 0.23 usec
FIR-Filter prototype passband width: 0.308 MHz
Output control 4-bit pattern: 0x8
Current IFD noise levels - PriRx: -84.15 dBm,  SecRx: -82.80 dBm
Powerup IFD noise levels - PriRx: -84.15 dBm,  SecRx: -82.80 dBm

```

M+ - Debug Options

```

-----
Noise level for simulated data: -50.00 dB
Nyquist sign flip of plotted IF samples: NO
Mp - Processing Options

```

```

-----
Allow continuous sizes for power spectra: YES
R2 Processing Algorithms - 0:Never, 1:User, 2:Always : 1
Clutter MicroSuppression - 0:Never, 1:User, 2:Always : 1
PPP autocorels from FFTs - 0:Never, 1:User, 2:Always : 1
Unfold Velocity (Vh-Vl) - 0:Never, 1:User, 2:Always : 1
Process w/ custom trigs - 0:Never, 1:User, 2:Always : 0
DualPol Atten Correction - 0:Never, 1:User, 2:Always : 1
Use High-SNR 16-bit packed timeseries format: YES
Minimum freerunning ray holdoff: 100% of dwell
Linearized saturation headroom: 4.0 dB
Apply amplitude correction based on Burst/COHO: NO
Use extended dynamic range: NO
Interference Filter - 0:None, Alg.1, Alg.2, Alg.3: 0
Provide WSR88D legacy BATCH major mode: NO
T/Z/V/W computed from:  H-Xmt:YES  V-Xmt:YES
Polarimetric Power Params - NoiseCorrected:YES
Polarimetric Correlations - NoiseCorrected:YES
PhiDP - Negate: NO ,  Offset:-50.0 deg
KDP computation - 0:LSQ, 1:Weighted LSQ, 2:Cubic Splines : 2
KDP - Standard Smoothing Factor: 0.10
KDP - Adaptive Smoothing Factor: 1.10
T/Z/V/W computed from:  Co-Rcv:YES  Cx-Rcv:NO
Melting height: 1000 meters
Enable noise power based correction of Z0: NO

```

Mf - Clutter Filter Options

```

-----
Default residual clutter LOG noise margins:
  Baseline : 0.15 dB/dB for Clutter/Noise above 10dB
  HiSignal : 1.00 dB/dB for Clutter/Noise above 50dB

```

Default Spectral Window

```

0:User,      1:Rect,      2:Ham
3:Black,     4:ExBlack,   5:VonHann, 6:Adaptive: 0

```

Spectral Clutter Filters

```

-----
Window  -1:Default  0:Rectangular  1:Hamming
Code     2:Blackman  3:ExBlackman  4:VonHann  5:Adaptive

```

```

Filter #1 - Type:0 (Fixed)      Win:-1  WidthPts:1  EdgePts:2
Filter #2 - Type:0 (Fixed)      Win:-1  WidthPts:2  EdgePts:2
Filter #3 - Type:0 (Fixed)      Win:-1  WidthPts:3  EdgePts:3
Filter #4 - Type:0 (Fixed)      Win:-1  WidthPts:4  EdgePts:3
Filter #5 - Type:1 (Variable)   Win:-1  WidthPts:2  EdgePts:2
  HuntPts:2
Filter #6 - Type:3 (Gaussian Adaptive)  Win:5   Spectrum width: 0.150
  m/sec
Filter #7 - Type:3 (Gaussian Adaptive)  Win:5   Spectrum width: 0.250
  m/sec

```

Whitening Parameters for Tx:Random

Secondary SQI Threshold Slope:0.50 Offset:-0.05

Whitening Parameters for Tx:SZ(8/64)

Max power mismatch across octants: 4.0 dB
High power rejection threshold: 8.0 dB
Maximum KEY phase error: 12.0 deg

Command List:

```

F: Use Factory Defaults
S: Save Current Settings
R: Restore Saved Settings
M: Modify/View Current Settings
    Mb - Burst Pulse and AFC
    Mc - Overall Configuration
    Mf - Clutter Filters
    Mp - Processing Options
    Mt<n> - Trigger/Timing <for PW n>
    Mz - Transmissions and Modulations
    M+ - Debug Options
P: Plot with Virtual Oscilloscope
    Pa - Tx Pulse Ambiguity Diagram
    Pb - Burst Pulse Timing
    Ps - Burst Spectra and AFC
    Pr - Receiver Waveforms
    P+ - Visual Test Pattern
V: View Card and System Status
    Vz - Like 'V', but resets internal states
    Vp - Show Processing and Threshold values
?: Print all Menu Commands (this list)
   ?? - Print all Current Setup Settings
@: Display/Change the Current Major Mode
Q: Quit

```

Kalibroinnin listaus

H 0.8 us

Idx	Siggen Setting	IF Power
0	-70.0	-70.7
1	-60.0	-61.1
2	-50.0	-51.0
3	-40.0	-41.1
4	-30.0	-31.1
5	-20.0	-21.1
6	-10.0	-11.1
7	0.0	-1.1
8	10.0	8.7

H 2.0 us

Idx	Siggen Setting	IF Power
0	-70.0	-71.2
1	-60.0	-61.3
2	-50.0	-51.2
3	-40.0	-41.3
4	-30.0	-31.3
5	-20.0	-21.3
6	-10.0	-11.4
7	0.0	-1.4
8	10.0	8.4