

# **KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka**

Nissi Jouko

## **Testauslaitteen suunnitteluohjeistus**

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kemi 2011

## ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Nokia Siemens Networksin toimeksiannosta osana Kemi-Tornio ammattikorkeakoulun insinööritutkintoa.

Haluan kiittää työn ohjaajana toiminutta DI Lauri Kantolaa hyvistä neuvoista ja ideoista, joiden avulla työ saatiin päätökseen. Lisäksi haluan kiittää tilaajan yhdyshenkilönä ja valvojana toiminutta ryhmäpäällikkö Jari Hyttistä, joka tarjosi mielenkiintoisen opinnäytetyön aiheen ja avun työn onnistumiselle. Kiitokset myös kaikille työtovereille, jotka edesauttoivat tämän työn tekemistä.

Tämä työ päättää insinöörikoulutukseni, joka ei olisi ollut mahdollinen ilman perheeni tukea, kannustamista ja kärsivällisyydestä työtäni kohtaan. Kiitos teille.

Kiimingissä 28.2.2011

Jouko Nissi

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotalous
Opinnäytetyön tekijä	Jouko Nissi
Opinnäytetyön nimi	Testauslaitteen suunnitteluohjeistus
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	28.2.2011
Sivumäärä	47
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Lauri Kantola
Yritys	Nokia Siemens Networks
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Jari Hyttinen

Tämä insinööri työ tehtiin Nokia Siemens Networksille. Työssä tehtiin testauslaitteen suunnitteluohjeistus tukiasematuotannon moduuli- ja yksikkötestauksen testauslaitteille. Työn tarkoituksena oli helpottaa uusia suunnittelijoita pääsemään nopeasti sisään testauslaitesuunnitteluun.

Työ aloitettiin tutustumalla elektroniikkalaitteiden testaukseen tuotekehityksen- ja tuotannon tarpeita vertaillen. Tuotekehityksen aikaisista testeistä käytiin läpi ympäristötestaus ja ympäristötestien käyttötavat. Valmistusvaiheen testaus- ja tarkastustekniikoista, optiset tarkastukset muodostivat merkittävän osan. Tarkistuksia tehdään eri työvaiheiden välissä ja näin vähennetään turhan työn määrää. Tuotteen lopullisen kunnan varmistavat rasiuskarsinta- ja toiminnallinen testaus.

Työssä tarkasteltiin testauslaitemallit sekä tarkennettiin moduuli- ja yksikkötestauksen erot ja selvitettiin testauslaitteiden osat sekä niiden keskeiset tehtävät testauksessa. Ohjeistuksessa tarkennettiin myös suunnittelussa huomioitavat asiat, kuten mekaaniset vaatimukset, mittausanturit ja -liittimet, sähköturvallisuusasiat, pneumaattikkakomponentit sekä testauslaitteen suunnittelu ja -mallintaminen. Mallintamisesta siirryttiin osapiirustusten ja osaluettelon tekoon sekä osien tilaukseen. Testauslaitteen dokumentointiprosessia tarkasteltiin myös mahdollisten tuote- tai osamuutosten valossa.

Lopuksi esiteltiin ohjelma, jolla voi lukea tuotteen piirilevyiltä testipisteet, tarkistaa komponentit, sähköiset kytkennät sekä monia muita hyödyllisiä tietoja testauslaitteen suunnittelua ajatellen.

Työn aikana ilmeni, että testauslaitteen suunnittelu on haastavaa sekä monipuolista suunnittelua, missä joutuu ottamaan monia asioita huomioon päästäkseen hyvään lopputulokseen.

Asiasanat: testauslaitesuunnittelu, Nokia Siemens Networks, testaus.

**ABSTRACT**

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Name	Jouko Nissi
Title	Design Guidelines
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	28 February 2011
Pages	47
Instructor	Lauri Kantola, MSc, Mech.Eng.
Company	Nokia Siemens Networks
Contact Person/Supervisor from Company	Jari Hyttinen, Manager, Nokia Siemens Networks

This thesis was made for Nokia Siemens Networks. The objective was to draw up design guidelines for the production of a base station module and the testing equipment of the unit testing. The purpose was to help new designers to get a quick overview of the planning process of the test device.

The thesis began by introducing the testing of electronic devices by comparing of needs of the product development and production. The tests made during the product development went through environmental testing and environmental of testing uses. Optical checks constituted a significant part of the manufacturing phase testing and inspection techniques. Amendments are made between the various stags of work, which reduces the amount of unnecessary work. The final quality of the product will be ensured by strain qualifier and functional testing.

The next step was to examine the test device models and the differences between module and unit testing were explored and also the parts of the device as well as their essential functions for testing were explained. These standards will also specify the relevant issues to be considered in product design/planning, such as the mechanical requirements, sensors, and connectors, electrical safety issues, pneumatic components and test equipment design and modelling. After modelling part is taken a step to the drawings and the list were drawn up and the parts were ordered. The documentation process of the test device was also described in the light of possible product or component changes.

Finally, the program was introduced, with which the circuit test points can be read from the disk, the components, electrical connections, and many other useful information regarding the test design can be checked.

During the writing process it became very clear that the design of the test device is challenging and versatile planning, where many things have to be taken into account in order to reach a good outcome.

Key words: test equipment design, Nokia Siemens Networks, the test.

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	I
TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT.....	III
SISÄLLYSLUETTELO .....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET.....	V
1. JOHDANTO .....	1
2. ELEKTRONIIKKALAITTEIDEN TESTAUS.....	2
2.1. Tuotekehityksessä tapahtuvat testit.....	3
2.2. Tuotannon testaus- ja tarkastustekniikat.....	4
3. TESTAUSLAITEMALLIT .....	8
3.1. Moduuli- ja yksikkötestauksen erot.....	13
3.2. Testauslaitteiden osat .....	15
3.3. Standardit ja ohjeet.....	19
4. SUUNNITTELUA OHJAAVAT TEKIJÄT .....	21
4.1. Piirilevyn koko .....	21
4.2. Modulin koko .....	22
4.3. Valmistusmateriaalit .....	23
4.4. Koneistus.....	25
4.5. Mittauksien ja testauksien mahdollistaminen .....	27
4.6. Pinnoitteet .....	28
4.7. Anturit ja liittimet.....	29
4.8. Liittimien kiinnitystuet.....	31
4.9. Sähköturvallisuus .....	32
4.9.1. EMC-suojaus.....	33
4.9.2. Maadoitukset .....	34
4.10. Kaapeloinnit .....	35
4.11. Pneumatiikka.....	36
5. SUUNNITTELUN ETENEMINEN.....	39
5.1. Tuotteen tiedot .....	40
5.2. Testauspisteiden merkitseminen .....	40
5.3. Mallintaminen .....	41
5.4. Piirustukset.....	42
5.5. Osaluettelo ja tilaus .....	43
5.6. Muutokset.....	43
5.7. Dokumentointi .....	44
6. AVUKSI SUUNNITTELUUN .....	45
7. YHTEENVETO .....	46
8. LÄHDELUETTELO .....	47

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Fixi, fixture	Nimitys testauslaitteesta
NSN	Nokia Siemens Networks
BP	(Bottom Plate), Alalevy
TP	(Top Plate), Ylälevy
VSWR	(Voltage Stand Wave Ratio)
FLIPPER	Sähköisiltä häiriöiltä suojattu testauslaite
MANTA	(MANual Test Application) Manuaalinen testauslaite
AOI	Automatic Optical Inspection
ICT	In Circuit Test
EMC	Electromagnetic compatibility
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
TX	Transmission
RX	Receiver
RF	Radio Frequency
CAD	Computer Aided Design
PDF	Portable Document Format

## 1. JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Nokia Siemens Networks, jolla oli tarvetta saada uusi testauslaitteen suunnitteluohjeistus tukiasematuotannon moduuli- ja yksikkötestauksen testauslaitteille. Edellinen versio testauslaitteen suunnitteluohjeistuksesta on vuodelta 2001. Menetelmät ja laitteistot ovat muuttuneet vuosien varrella, ja näin ollen vanha ohjeistus ei enää täytä tämän päivän vaatimuksia. Testauslaitteen suunnitteluohjeistus opinnäytetyön aiheena oli sopiva myös siksi, että työkuvani Nokia Siemens Networksilla on testauslaitteiden suunnittelussa.

Testauslaitteita tarvitaan tuotteen sähköisten toimintojen testaamiseen ennen tuotteen toimittamista asiakkaille. Tuotetta testataan useassa eri valmistusvaiheessa, kuten yksikkötestauspaikoilla (piirilevyjen testaus), moduulitestauspaikoilla (moduulien testaus) ja lopputestauksessa (koko tuote). Testauslaitteiden käytön tarkoituksena on tehdä testaus nopeammaksi, varmemmaksi ja tuloksellisemmaksi.

Suunnitteluohjeistuksessa käydään läpi moduuli- ja yksikkötestauksen erot ja selvitetään testauslaitteiden erilaiset osat sekä niiden keskeiset tehtävät testauksessa. Ohjeistuksessa myös tarkennetaan suunnittelussa huomioitavat asiat, kuten mekaaniset vaatimukset, mittausanturit ja -liittimet, sähköturvallisuus, pneumatiikka sekä testauslaitteen suunnittelu ja mallintaminen.

Tämä opinnäytetyö (testauslaitteen suunnitteluohjeistus) otetaan käyttöön globaalisti Nokia Siemens Networksin eri tehtailla. Suomenkielinen versio tulee Kemi-Tornion ammattikorkeakoululle ja englanninkielinen versio Nokia Siemens Networksille.

## 2. ELEKTRONIKKALAITTEIDEN TESTAUS

Kun suunnitellaan elektroniikkalaitteen testausta tuotekehityksen ja tuotannon tarpeita ajatellen, niin huomataan kuinka haasteellinen tehtävä onkaan. Testauksen suunnittelun tärkeyttä ei aina ymmärretä tai usein unohdetaan, verrattuna tuotekehityksen aikaisiin testeihin tai tuotannossa tapahtuvaan testaukseen.

Tuotekehityksen testaus suunnitelmassa keskitytään laitteen suorituskyvyn, luotettavuuden sekä EMC-testien täyttämiseen. Testeillä varmistetaan elektroniikkalaitteelle asetettujen vaatimusten täytyminen.

Tuotannossa varmistetaan laitteen toiminta ennen asiakkaalle toimittamista. Näin estetään, ettei valmistusvaiheen aikana sattuneita virheitä pääse asiakkaalle asti, ja asiakas saa vain virheettömiä tuotteita omaan käyttöönsä. Tuotannossa tapahtuva toiminnallinen testaus varmistaa sen, että tuote on toiminnaltaan kunnossa ja asiakkaalle luovutettavissa.

Testauksia sekä tarkistuksia tapahtuu kaikissa laitteen elinkaaren vaiheissa. Tuotekehityksen aikana tapahtuvassa testauksessa on tarkoituksena varmistaa laitteen spesifikaation mukaisuus. Spesifikaatiot tarkoittavat laitteen suorituskykyyn vaikuttavia vaatimuksia, EMC- ja ESD-vaatimuksia sekä laitteen käyttöolosuhteista johtuvia vaatimuksia. Tuotannaikaisien testien tarkoituksena on varmistaa, että laite on valmistettu spesifikaatioiden mukaisesti eli ei ole tuotantoprosessista aiheutuneita virheitä.  
/7/ ja /8/



## 2.1. Tuotekehityksessä tapahtuvat testit

Elektroniikkalaitteen elektroniikan testaus voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, komponenttitestauksena, yksikkötestauksena (piirilevy), moduulitestauksena ja järjestelmätestauksena. Moduulilla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä usean yksikön muodostamaa kokonaisuutta.

### Ympäristötestaus

Ympäristötestauksessa testataan laitteen soveltuvuutta erilaisiin ympäristöolosuhteisiin varastoinnin, kuljetuksen ja käytön aikana. Ympäristöolosuhteet, joihin elektroniikkalaite voi joutua elinkaarenvaiheissa ovat mekaaniset, kemialliset, sähkömagneettiset, biologiset sekä ilmastolliset olosuhteet. /3/

### Ympäristötestien käyttötavat

Tyypitestauksessa testataan laitteen kykyä kestää olosuhteita, joihin laite voi elinkaarensa aikana joutua. Tyypitestauksessa testataan yleensä muutamia laitteita tuotekehityksen aikana.

Luotettavuustesteillä etsitään laitteesta satunnaisvikoja. Testeillä matkitaan olosuhteita, joihin laite voi elinkaarensa aikana joutua. Testejä tehdään useille yksilöille ja testausajat ovat pitkiä. Laitteesta pyritään pitkillä testeillä löytämään ajasta riippuvia vikoja, joiden syy voi olla peräisin suunnittelusta, valmistuksesta, tai materiaaleista. Testit tehdään kiihdytettyinä, jotta viat paljastuisivat nopeammin.

Testeillä on tarkoitus paljastaa tuotanto-ongelmat, jotka voivat johtua puuteellisesta työtaidosta, viallisista tai marginaalisista osista. Rasituskarsinnassa käytetään yhtä tai useampaa ympäristörasitusta samanaikaisesti tai peräkkäin. Tehokkaimpia rasituskarsintatestejä ovat satunnaisvärähtelytestit ja vanhennustestit.

Vanhennustestien tarkoituksena on poistaa laitteen varhaisvikoja, jotta laitteen vikatiheys olisi normaalitasolla jo laitteen käyttöönottovaiheessa. Rasitustestit ovat laitteen tuotantovaiheessa tehtäviä testejä, muut testit tehdään tavallisesti tuotekehitysvaiheessa. /13/

## Rasituskarsintatestaus

Rasituskarsintaprosessissa stimuloidaan laitteen piileviä, ajoittaisia tai käyttövaiheen alussa ilmenneitä vikamekanismeja vioiksi asti, sekä löytää vikojen perussyyt ja korjata viat.

Rasituskarsinnan hyödyt:

- Laitteen elinkaaren kustannukset pienentyvät.
- Laitteiden toimitusajat lyhentyvät.
- Laitteen luotettavuus lisääntyy.
- Asiakastyytyväisyys lisääntyy.
- Kunnossapitokustannukset pienentyvät.
- Laitteen tuotantoprosessi paranee.

Rasituskarsintamenetelmiä:

- vaihteleva lämpötila
- korkea lämpötila
- satunnaisvärähtely
- sinimuotoinen värähtely
- vakiotaajuinen sinimuotoinen värähtely
- jyskytys
- vakio kosteus ja lämpötila
- vaihteleva kosteus ja lämpötila
- sähköinen kuormitus
- vaihteleva sähköinen kuormitus.

## 2.2. Tuotannon testaus- ja tarkastustekniikat

Tuotannossa käytetään useita eri testausmenetelmiä. Näillä kaikilla on yhteistä se, että näin pyritään löytämään laitteesta viat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja varmistamaan virheettömyys.

### Visuaalinen tarkastus

Huomattava osa elektroniikkalaitten valmistukseen kuluvasta työstä muodostuu visuaalisesta tarkastuksesta. Saantoa saadaan parannettua huomattavasti tarkastamalla visuaalisesti pinnoitteet, läpiviennit, juotokset, johdotukset, komponenttiasettelut yms. Käyttämällä optisia järjestelmiä yhdistettynä tietokonepohjaiseen systeemiin, saadaan tehokkaita ja kustannuksiltaan edullisia mahdollisuuksia tarkastuksen suorittamiseen. Pienissä tuotantomäärissä manuaaliset järjestelmät tulevat pysymään, mutta massatuotannossa käytetään tehokkaampia tapoja tarkastuksen suorittamiseen.

## **Automaattinen optinen tarkastus (AOI)**

AOI-tarkastuksella pyritään löytämään nopeasti ja luotettavasti elektroniikan valmistusprosessista johtuvat viat. Vikoja ovat esim. puuttuvat ja väärin asetellut komponentit, oikosulut ja katkokset - myös huonolaatuiset juotokset on mahdollista löytää menetelmällä. Automaattista optista tarkastusta käytetään tyypillisesti pastapainon, ladonnan sekä juotosprosessin tarkkailussa.

Pastapainossa varsin pienet tekijät vaikuttavat merkittävästi prosessin lopputulokseen. Pastan käyttäytymisessä tapahtuu muutoksia painoparametrien, ympäristötekijöiden sekä ajan mukana, muutokset näkyvät painojäljessä. Pastapainossa tarkistetaan pastan määrä, ja onko pasta oikeissa paikoissa. Jos tarkistuksessa havaitaan virheitä, kyseinen levy voidaan heti poistaa linjalta korjattavaksi tai hyläksi, riippuen siitä kumpi vaihtoehto tulee edullisemmaksi. /5/

Ladottu kortti voidaan tarkastaa heti komponenttiladonnassa peruskomponenttien asettelun jälkeen. Konenäöllä voidaan havaita puuttuvat ja vinossa olevat komponentit sekä tarvittaessa myös komponenttien polariteetit. Korjaaminen tässäkin vaiheessa on vielä helppoa ja halpaa, koska kalliimmat komponentit ovat vielä latomatta. Juotosprosessin jälkeen konenäkö näkee oikosulut, pysyyn nousseet komponentit sekä juotosten puuttumiset.

Edut:

- ei testausfixturea
- nopea ohjelmoida
- nopea vian paikantaminen
- hyvä vikapeitto
- tarkastuksen kustannukset piirilevyä kohden pienet.

Haitat:

- huono juotosten laadun tarkastuskyky
- ei sähköistä testiä
- epäluotettavuus (paljon virheellisiä tuloksia)
- havaitsee vain suoraan näkyvät kohteet (ei näe esim. piirien alle).

AOI-tarkastuksen merkittävä etu on, ettei tarvita mitään liityntöjä. /14/

## **Funktionaalinen testaus**

Funktionaalissa testauksessa testataan laitteen toimintaa syöttämällä siihen normaalia toimintaa vastaava heräte ja mittaamalla herätteen aikaansaama vaste. Menetelmällä testataan toiminnallisia lohkoja normaaleilla reunaliittimillä tai erillisten testiliittimien avulla. Funktionaalilla testauksella saadaan aikaan tehokas vikojen paljastumiskyky, mutta vikojen paikallistaminen on vaikeaa. /12/

## **Analogiaelektroniikan toiminnallinen testaus**

Toiminnallisella testauksella on tarkoitus pyrkiä varmistamaan laitteen toimivuus kaikissa käyttöolosuhteissa. Testattaessa yksittäisiä elektroniikkakortteja, analogiaelektroniikan toiminnallinen testaus ei juuri poikkea digitaalelektroniikan toiminnallisesta testauksesta. Toiminta testataan syöttämällä tarvittava heräte ja mitataan herätteen aikaansaama vaste. Erona digitaalelektroniikan ja analogiaelektroniikan testauksessa on, että analogiaelektroniikan testauksessa herätteet on analogiasignaaleja.

## **Lopputuotteen toiminnallinen testaus**

Kokoonpanon jälkeen lopputuotteelle tehdään toiminnallinen testaus. Toiminnallinen testaus sopii parhaiten pienivolyymisille laitteille - toiminnallinen testaus on yleisin testauksen muoto. Jos laitteessa ilmenee paljon vikoja, testaus voi muodostua hyvinkin hitaaksi. Kehittämällä laitteeseen itsetestausfunktioita ja vikadiagnostiikkaa, näillä toimilla voidaan testausta nopeuttaa.

Toiminnallisen testauksen etuja:

- Ei varsinaisia testauslaittekustannuksia.
- Varmistetaan tuotteen suorituskyky.

Toiminnallisen testauksen haitat:

- Tapa on usein hidas.
- Viat paikallistuvat usein huonosti.
- Testaustavassa virheiden korjauskustannukset ovat suuret.
- Testaustavassa tuotteen vikaantuminen on mahdollista.
- Tuotteen parametrien testaaminen on vaikeaa.

## **Kortin testaus tuotteessa (Hot-mock-up)**

Testauksessa lopputuote toimii testerinä. Testauksessa testattava tuote sijoitetaan lopputuotteeseen, muiden yksiköiden ollessa jo testattuja ja toimivia. Kyseinen testaus tehdään yleensä elektroniikkakortteille valmistusvaiheen lopussa. Testauksessa vaaditaan yksikkökohtaista testauslaitteen modifiointia sekä yksikkökohtaista testausohjelmistoa. Kyseisen testausratkaisun kehittäminen ja ylläpito on kallista ja hankalaa, koska testauslaitteen kehittäminen kohdistuu yksittäiseen testeriin.

Testauksen edut:

- Testaustavassa on suhteellisen pienet testauslaittekustannukset
- Testaustapa paljastaa tehokkaasti vialliset kortit.

Testauksen haitat:

- Tuotteen parametrien testaus on hankalaa.
- Testaustavassa on testauslaitteen tai testattavan yksikön vioittumismahdollisuus.
- Testaustavan ylläpito ja kehittäminen on hankalaa.
- Testauksen kustannukset voivat nousta suuriksi, jos testauslaitteita joudutaan toimittamaan usealle sopimusvalmistajalle.

## **Testaustekniikoiden yhteenveto**

Optisilla tarkastuksilla on merkittävä osa elektroniikkalaitteiden testauksessa. Laitteille tehdään testauksia ja tarkistuksia eri työvaiheiden välissä ja samalla vähennetään turhan työn määrää. Laitteen ehtiessä linjalle viallisena ja läpäistessä useampi tuotantovaihe, tällöin kustannukset nousevat huomattavasti. Rasituskarsinta- ja toiminnallisella testauksella varmistetaan laitteen lopullinen kunto, ja varmistetaan, että asiakas saa virheettömiä tuotteita omaan jatkokäyttöön. /2/ ja /8/

### 3. TESTAUSLAITEMALLIT

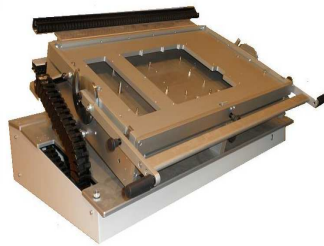
Nokia Siemens Networksilla on käytössään kahta erilaista testauslaitemallia eri versioina. Testauslaitemallit ovat moduulitestauslaite sekä testauslaite piirilevyille (FLIPPER ja MANTA). Taulukossa 1 on esitetty testauslaitteiden mallit, maksimimitat ylä- ja alalevyistä (testattavan tuotteen tulee mahtua ylä- ja alalevyille) sekä testauslaitteiden valmistusmateriaalit. Mitat ovat suuntaa-antavia – joissakin tapauksissa ne saattavat muuttua. Mitat riippuvat mm. piirilevyn mallista ja liittimien tai komponenttien koosta. Testauslaite suunnitellaan aina tuotekohtaisesti.

**Taulukko 1. Testauslaitemallit**

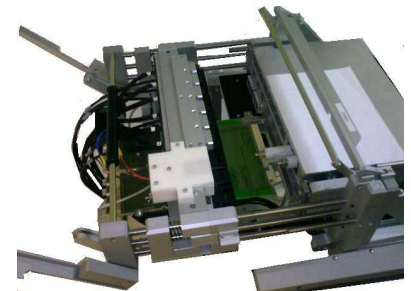
Testauslaitemalli	Ylä- ja alalevyn leveys	Ylä- ja alalevyn korkeus	Valmistusmateriaali
MANTA 400	395 mm	355 mm	Alumiini
MANTA 500	495 mm	355 mm	Alumiini
MANTA 600	595 mm	355 mm	Alumiini
FLIPPER 600	450 mm	300 mm	Alumiini
FLIPPER 750	600 mm	300 mm	Alumiini



**Kuva 1. Flipper 600**



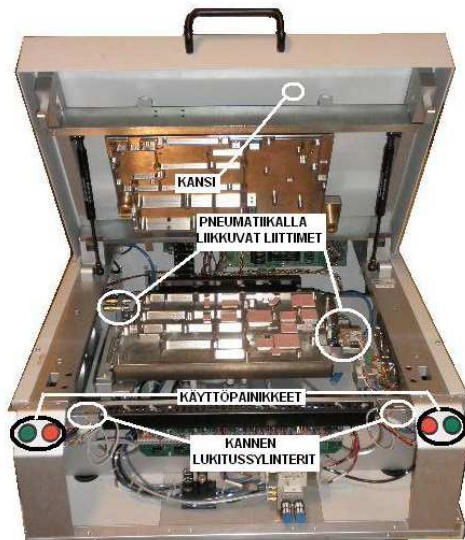
**Kuva 2. Manta 600**



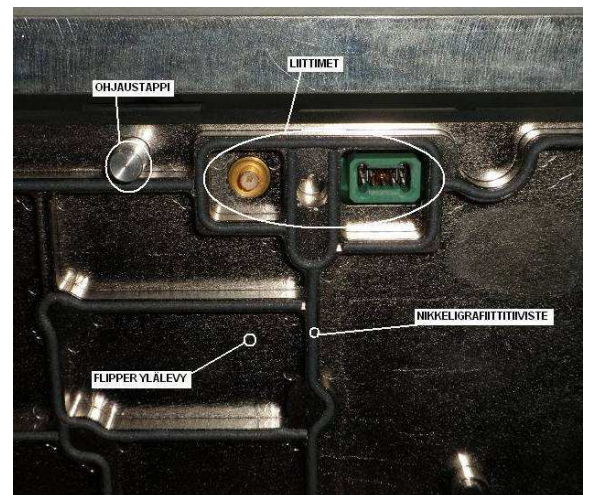
**Kuva 3. Moduulitestauslaite**

## Flipper

FLIPPER-testauslaitteessa käytetään pneumatiikkaa kannen lukituksen, alalevyn sekä liittimien liikuttamisessa (kuva 4). Testattava tuote (piirilevy) asetetaan testauslaitteen alalevylle – kansi suljetaan, käyttöpainikkeista (vihreät) painetaan, jolloin kannen lukitusmekaniikka lukitsee kannen (kuva 7). Seuraavana logiikka ohjaa nostosylinteriä, jolloin alalevy nousee ja kytkee ylälevyn liittimet piirilevyn testipisteisiin ja liittimiin. (kuva 5). Piirilevy on nyt nikkeligrafiittivisteellä tiivistetyn ylä- ja alalevyn välissä omissa allastetuissa osastoissaan. Tämän jälkeen alalevyllä olevat liittimet kytkeytyvät tuotteen sivuilla oleviin liittimiin (kuva 6), nyt testauslaite on testausvalmiina (punaiset valot syttyvät käyttöpainikkeissa). Avaaminen tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä. Painetaan punaisia käyttöpainikkeita jolloin sivuliittimet irrottautuvat tuotteesta – alalevy laskeutuu irrottautuen ylälevyn liittimistä – kannen lukitusmekaniikka avautuu ja vihreät valot syttyvät käyttöpainikkeissa. Kannen voi nyt avata ja poistaa tuotteen testauslaitteesta.



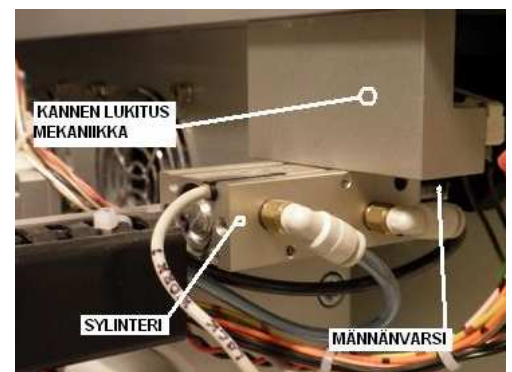
**Kuva 4. FLIPPER 600**



**Kuva 5. Yläliittimet**



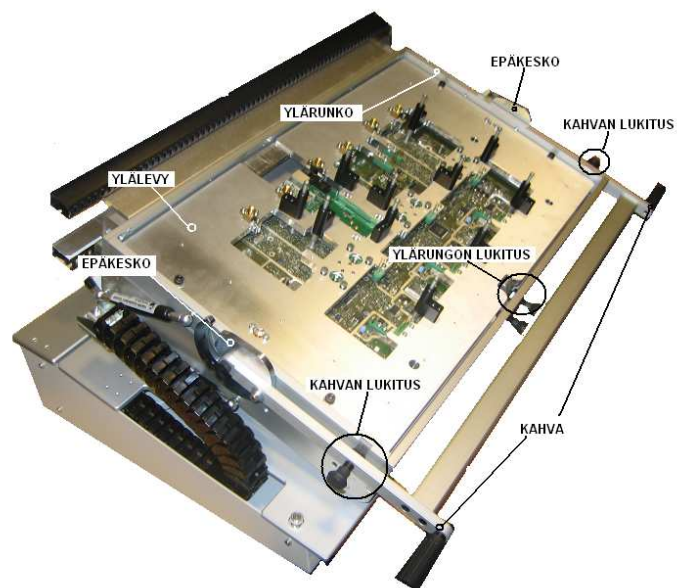
**Kuva 6. Sivuliitin**



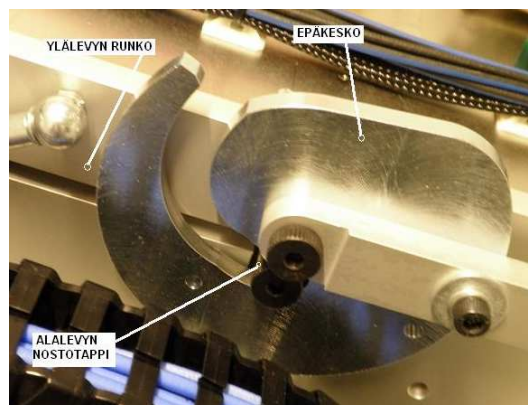
**Kuva 7. Lukitusmekaniikka**

## Manta

MANTA-testauslaitteen käyttö tapahtuu mekaanisesti kahvaa liikuttamalla auki- ja kiinni asentoon, jolloin alalevy nousee ja laskee. Tuotetta testataan yläpuolelta – testausneulat ja liittimet ovat ylälevyssä kiinni (kuva 8). Joissain tapauksissa voi joutua käyttämään myös pneumatiikkaa, jos tuotteessa on sivuliittimiä, joihin täytyy kytkeytyä (kuva 12). Testattava tuote asetetaan testauslaitteen alalevylle (avataan ylärungon lukitus, kuva 11) ohjaustappien ohjatessa tuote paikalleen. Ylälevyn runko suljetaan (kuva 8), jossa on kiinni testauslaitteen ylälevy, testausneulat ja -liittimet. Tämän jälkeen käännetään kahvasta, jolloin epäkeskomekaniikka (kuva 9) nostaa testauslaitteen alalevyn piirilevyn ylälevyn testausneuloja ja -liittimiä vasten – tuotteen liittimet kytkeytyvät ylälevyn liittimiin ja ylälevyn testineulat kytkeytyvät tuotteen testipisteisiin. Kahva lukittuu ala-asentoon (kuva 10) – nyt testauslaite on testausvalmiina. Avaaminen tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä. Avataan kahvan lukitus – kahva käännetään yläasentoon, epäkeskomekaniikka laskee alalevyn alas, irrottautuen samalla ylälevyn liittimistä ja testausneuloista.

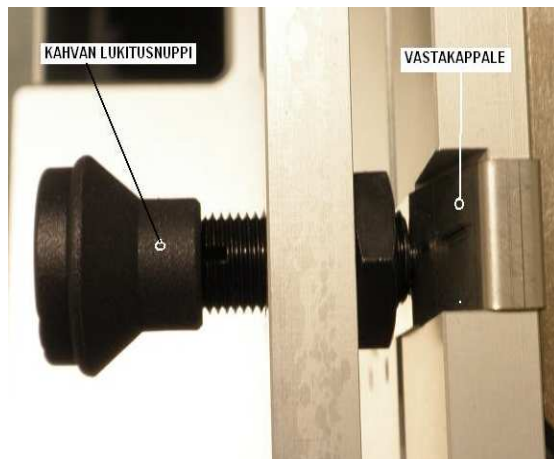


**Kuva 8. MANTA 600**

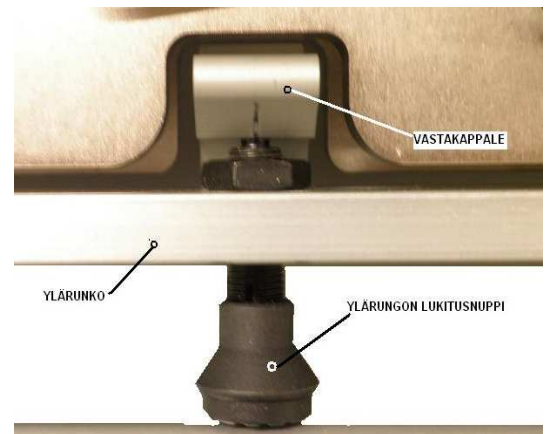


**Kuva 9. Epäkesko**

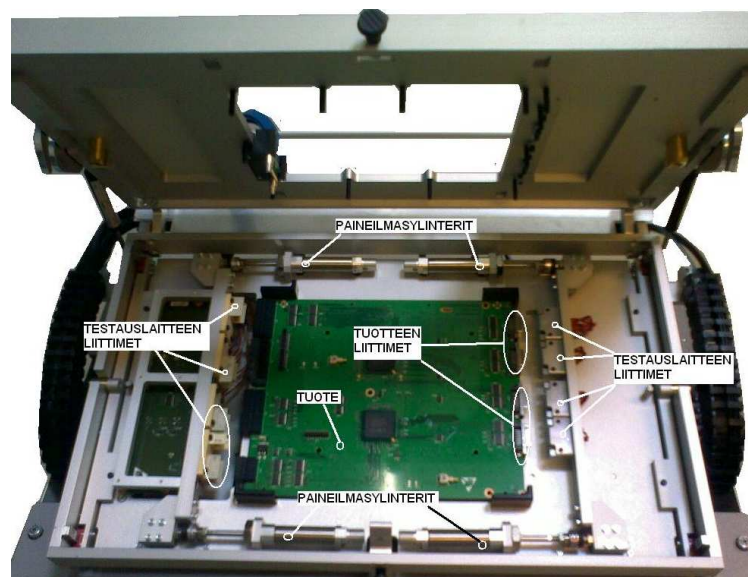




**Kuva 10. Kahvan lukitus**



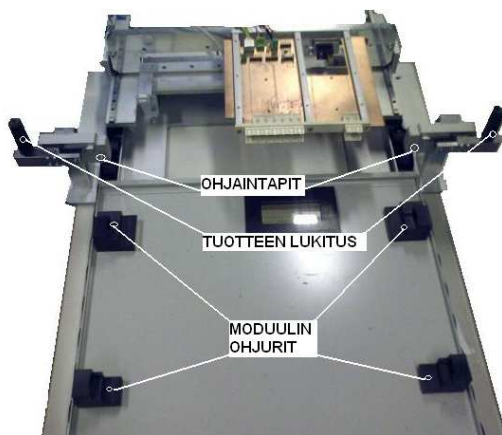
**Kuva 11. Ylärunгон lukitus**



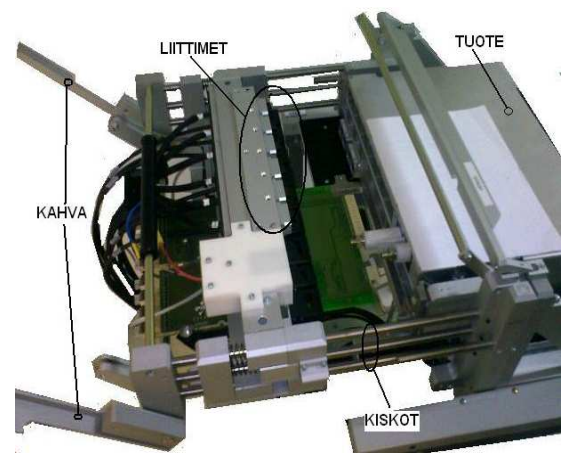
**Kuva 12. MANTA- 600 pneumatiikalla**

## Moduulitestauslaite

Moduulitestauslaite toimii mekaanisesti kahvasta kääntämällä, jolloin liitinmekaniikka liukuu kiskoja pitkin vaakatasossa moduulia päin. Moduuli sijoitetaan testauslaitteeseen moduuliohjureiden päälle ohjaintappeja vasten ja lukitaan paikoilleen (kuva 13). Kahvasta kääntämällä – mekaniikka liikuttaa testauslaitteen liittimet kiskoja pitkin moduulin liittimiä vasten (kuva 14) – nyt testauslaite on testausvalmiina. Testauksen päätyttyä, irroitus tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä.



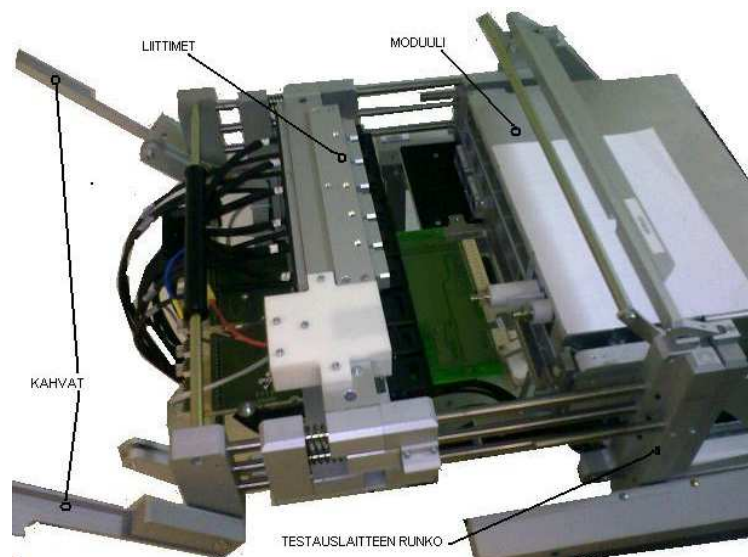
**Kuva 13. Moduulin kiinnitys**



**Kuva 14. Testauslaitteen liittimet**

### 3.1. Moduuli- ja yksikkötestauksen erot

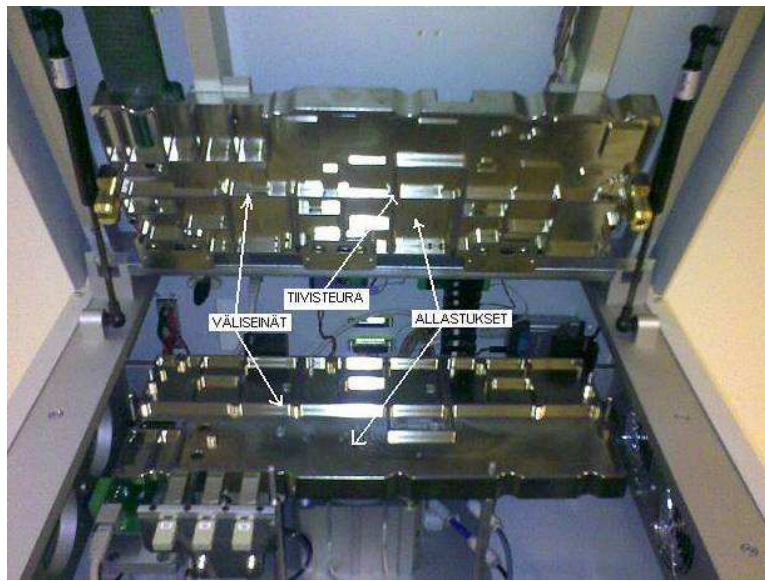
Moduulitestauslaitteella testataan kokonaista radiomoduulia tai filterimoduulia. Radiomoduuli sisältää lähetin- ja vastaanotin piirilevyt (TX ja RX), teholähteen sekä filtrit (suodattimet). Radiomoduulin runko on valettua tai koneistettua alumiiniseosta ja eri yksiköt sijaitsevat moduulin sisällä omissa allastetuissa osastoissaan. Testauslaite suunnitellaan moduulin mittojen mukaan. Radiomoduuli on tukiaseman radio-osa, joka hoitaa signaalin lähettämisen ja vastaanottamisen antennilta.



**Kuva 15. Moduulitestauslaite**

## Yksikkötestaus (MANTA ja FLIPPER)

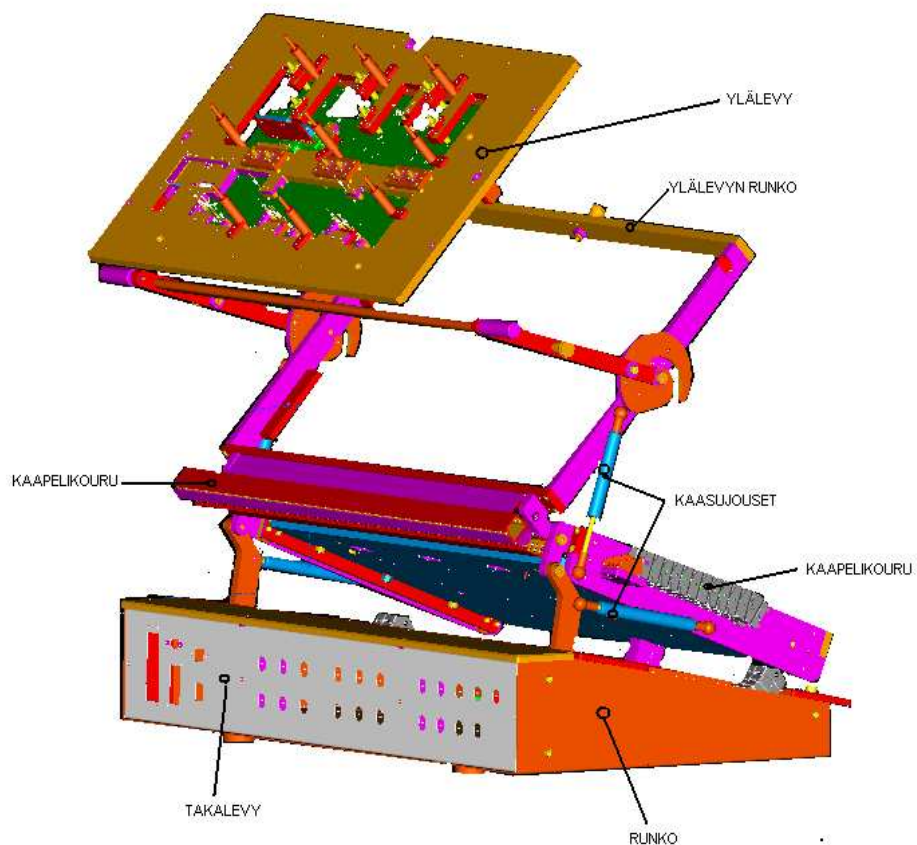
Häiriösuojamattomat piirilevyt testataan FLIPPER-testauslaitteella, jossa on allastukset piirilevyn eri lohkoille. Allastukset on tiivistetty nikkeligrafiittitiivisteellä kantta vasten. Kun testausta suoritetaan, nikkeligrafiittitiiviste tiivistää ylä- ja alakannen väliseinien välisen raon. Siten saadaan suojattua levyt toisistaan niin, etteivät signaalit pääse häiritsemään mittauksia testauksen aikana. MANTA-testauslaitteella testataan piirilevyjä, jotka ovat jo suojattuja tai eivät tarvitse RF-suojausta lainkaan.



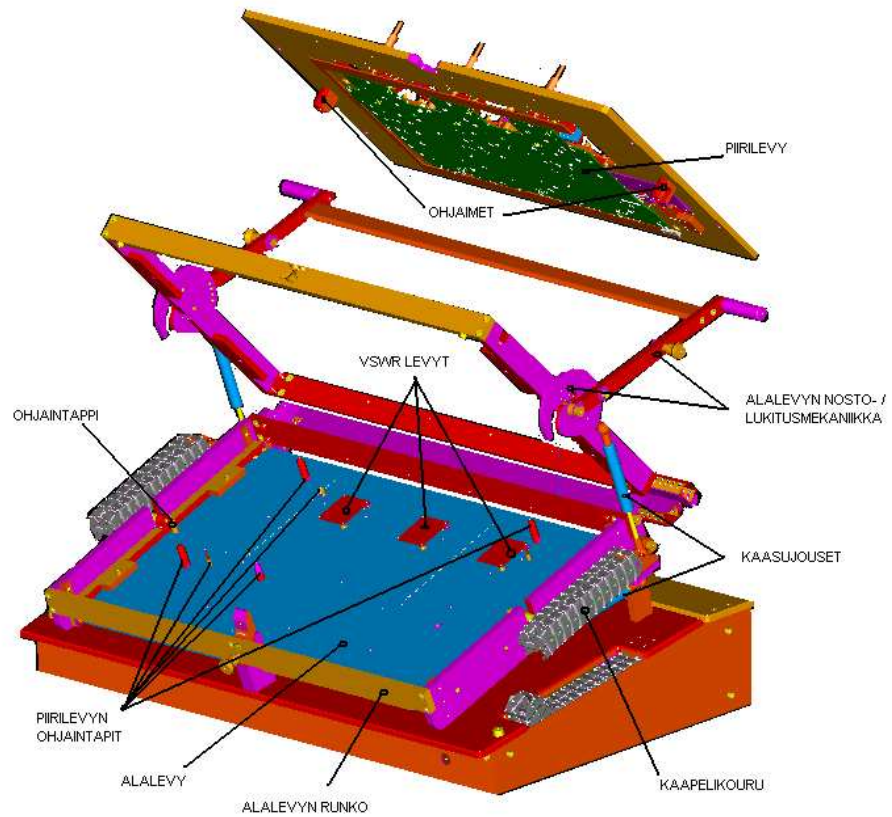
**Kuva 16. FLIPPER-testauslaite**

### 3.2. Testauslaitteen osat

Testauslaite koostuu kymmenistä erilaisista osista. Keskeisimmät osat ovat ylälevy, alalevy sekä takalevy. Näistä ylä- ja alalevy ovat yksilöllisiä, eli jokaiselle tuotteelle ne ovat erilaisia. Myös takalevyyn voi joutua tekemään muutoksia, kuten reikiä lisäliittimille jne. Testauslaitteen perusrunko pysyy aina samanlaisena. Ainoastaan rungon koko vaihtelee tuotteen koon mukaan. Alla olevissa kohdissa käydään läpi MANTA 600 - testauslaitteen pääosat. Kuvissa 17 ja 18 on lisäksi esitetty havainnollistavat kuvat MANTA-testauslaitteesta.



**Kuva 17. MANTA 600 takaa**



**Kuva 18. MANTA 600 edestä**

## Runko

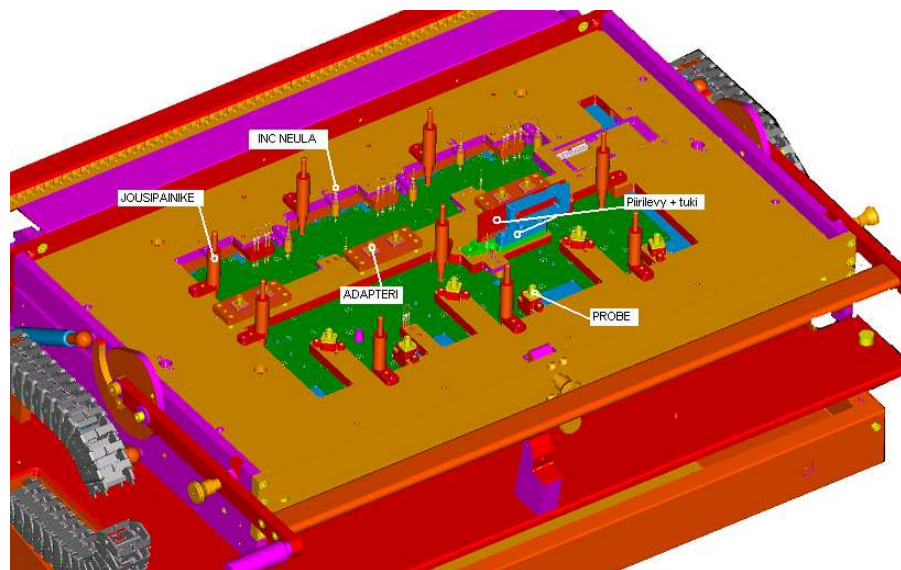
Testauslaitteen runko on kiinnitysalustana saranoidulle ala- ja ylälevyn rungolle. Alalevy on kiinnitettyä alalevyn runkoon ja vastaavasti ylälevy on kiinnitettyä ylälevyn runkoon (kuva 17 ja 18).

## Ylälevy

Ylälevy toimii kiinnitysalustana tuotteeseen kytkeytyville testineuloille, antureille (probet), moninapaliittimille sekä jousipainikkeille. Tuotteessa (piirilevy) on yleensä 1-2 mm:ä halkaisijaltaan olevat pyöreät johdinpinnat, joihin testineulojen ja anturien tulee kytkeytyä. Adapterit kytkeytyvät tuotteen RF-liittimiin. Moninapaliittimet ovat erillisillä piirilevyillä ja näille suunnitellaan omat tukirakenteet, jotka kiinnitetään ylälevyyn. Moninapaliittimen tukirakenteessa on hyvä olla pieni liikevara ylälevyyn nähden, jotta liitin hakeutuisi kytkeytyessään paremmin tuotteeseen olevaan vastakappaleeseen.



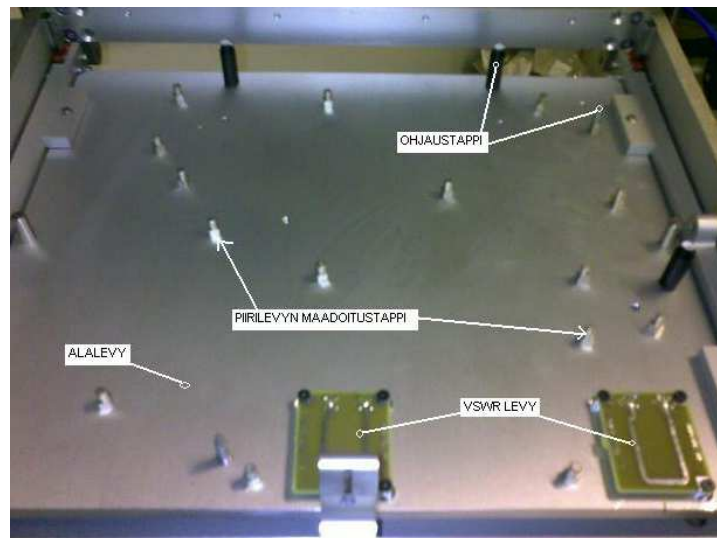
**Kuva 19. Tukirakenne**



**Kuva 20. Testauslaitteen ylälevy kalustettuna**

## Alalevy

Alalevyn tehtävänä, esim. MANTA-testauslaitteessa, on pitää tuote paikallaan ylälevyyn nähden. Tuote asetetaan alalevyn ohjaustappeja vasten paikalleen. Alalevyssä on myös maadoitustapit, joiden kautta levy maadoitetaan runkoon. Samalla maadoitustapit toimivat jousipainikkeiden vastakappaleina. VSWR (Voltage Stand Wave Ratio)-levyt ovat myös kiinnitettyinä alalevyyn.



**Kuva 21. MANTA-testauslaitteen alalevy**



## Takalevy

Takalevyyn kytketään testauslaitteen kaapeloinnit liittimiseen (mm. N-liittimet, sähkönsyöttö, USB & LNA). Myös muita liittintyyppjä voidaan tarvittaessa käyttää ja valmistaa niille paikat.



Kuva 22. Takalevyn liittimiä

### 3.3. Standardit ja ohjeet

Suunnittelussa on otettava huomioon kaikki mahdolliset turvallisuusnäkökohdat, joista tärkeimpiä ovat sähköturvallisuus /10/ ja puristumisvaara /9/. Suunnittelun on edettävä voimassa olevien lakien ja asetusten mukaan. Lisäksi on tärkeää, että valmiin testauslaitteen käyttö on turvallista. Jos valmiita osia, kuten testauslaitteen runkorakenteita, muutetaan esim. poraamalla jyrsimällä tai osia vaihtamalla, on muutoksista aina tehtävä uudet koko tuotetta koskevat dokumentit.

## Standardi

Standardi on jonkin organisaation esittämä määritelmä siitä, miten jokin asia tulisi tehdä. Merkittäviä ”virallisia” standardisoimisjärjestöjä ovat kansainväliset ISO ja IEC, saksalainen DIN, eurooppalaiset CEN, Cenelec ja ETSI sekä suomalainen SFS. Standardeja laativat myös ammatilliset organisaatiot, kuten IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). /11/

Standardit mahdollistavat muun muassa:

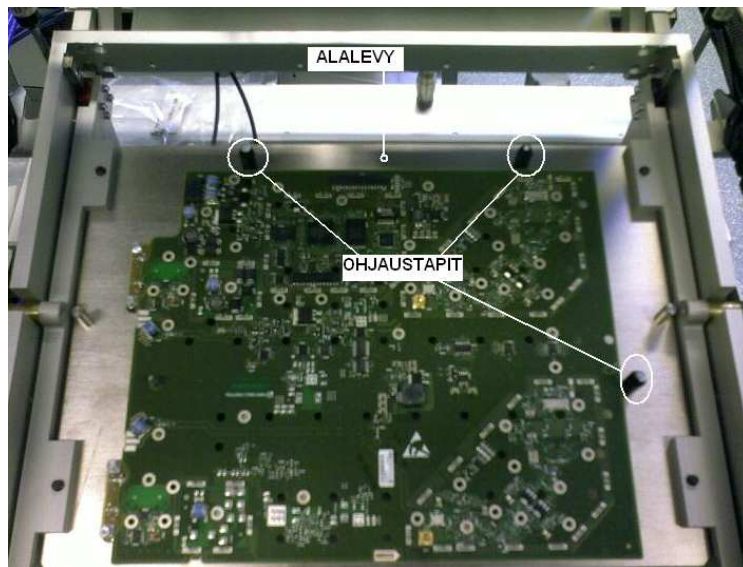
- Yhteistoiminnan: Systeemit ja organisaatiot (tieto, prosessit, valmistus, tuotteet ym.) voidaan liittää toisiinsa, tämä taas mahdollistaa muun muassa erikoistumisen.
- Alihankinnat yhtenä yhteistoiminnan muotona: Tuotteen osat voidaan valmistaa hajautetusti, kun kaikilla on sama yhdistävä standardi käytössä.
- Voidaan käyttää useampaa kuin yhtä valmistajaa tuotteen osassa.
- Alihankinnat yhtenä yhteistoiminnan muotona: Tuotteen osat voidaan valmistaa hajautetusti, kun kaikilla on sama yhdistävä standardi käytössä.
- Yhteistyökumppaneiden arvioinnin: Kun mahdollisella yhteistyökumppanilla on tietty standardi, esimerkiksi laadun osalta käytössä, yhteistyökumppania voidaan arvioida ja sen toimintaa, esimerkiksi laatua ennakoida.
- Standardi yhdistää joukkoa toimijoita suuremmaksi, voimakkaammaksi toimijaksi.

## 4. SUUNNITTELUA OHJAAVAT TEKIJÄT

Suunniteltaessa on otettava huomioon komponenttien keskinäinen yhteensopivuus ja törmäyksien välttäminen liikkuvassa mekaniikassa. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi tärkeimmät suunnittelussa huomioon otettavat seikat.

### 4.1. Piirilevyn koko

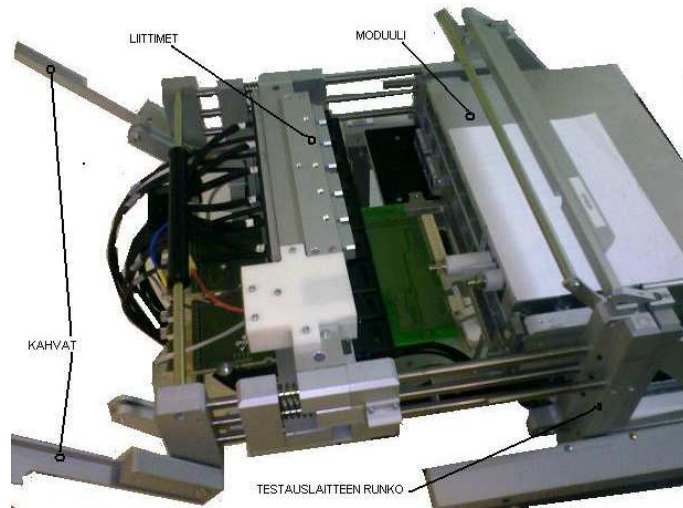
Piirilevyn koko määrää MANTA- ja FLIPPER-testauslaitteissa sen, millaiseen runkoon testauslaite suunnitellaan. Piirilevyn tulee sopia testauslaitteen alalevyllä riittävän väljästi, jotta testattavan levyn asettaminen testauslaitteeseen sujuu helposti. Reunoille tulee jäädä vähintään noin 20 mm vapaata tilaa, jotta piirilevyn ohjaustapeille ja alalevyn kiinnitysrei'ille jää asennustilaa.



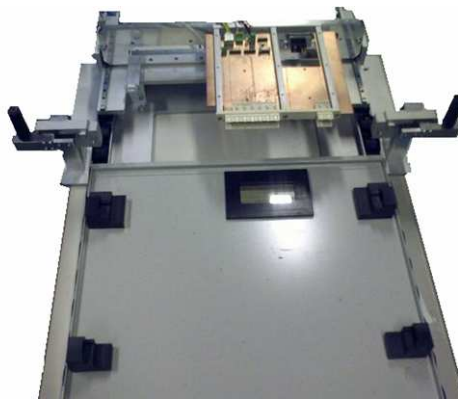
Kuva 23. Ohjaustappien sijoitus alalevyllä

## 4.2. Moduulin koko

Moduulin koko määrää käytettävän testauslaitteen koon. Moduuleille voi joutua suunnittelemaan myös erikoisempia rakenteita riippuen siitä, mitä kulloinkin testataan ja miten testaukset suoritetaan. Alla olevissa kuvissa 23 ja 24 on esitetty esimerkit moduulitestauslaitteesta. Kuvassa 24 näkyy moduulitestauslaite kytkentä vaille testausvalmiina. Kuvassa 25 on esitetty pelkkä moduulitestauslaite.



**Kuva 24. Moduulitestauspaikan testauslaite**



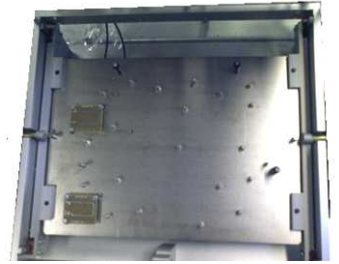
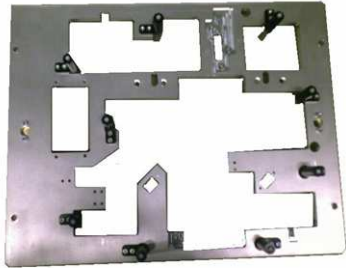
**Kuva 25. Moduulitestauslaite**

### 4.3. Valmistusmateriaalit

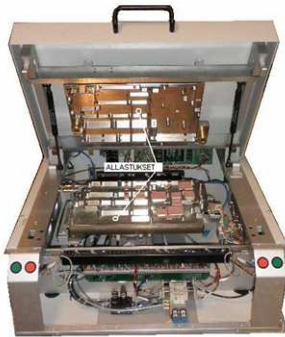
Alla on listattuna testauslaitteissa yleisimmin käytössä olevat valmistusmateriaalit sekä niiden keskeisimmät käyttökohteet ja materiaaliominaisuudet. Lisäksi esitetään esimerkkikuva käyttökohteesta.

**Taulukko 2. Valmistusmateriaalit**

Tyypimerkintä	Käyttökohte	Ominaisuus	Vaihtoehtoinen materiaali	Kuva
AlMgSi	Testauslaitteen ylä- ja alalevy	Yleisin koneenrakennusseos, anodisoitava	AW-6082 T6	26
AlSi1MgCu	Ylä- ja alalevy	Hyvä hitsattavuus, suuri lujuus	AW-6061	26
AlZnMgCu1,5	Allastuksiin	Muottiteollisuus, työvälineet	AW-7075	27
AL99,5	Pellit	Hyvä korroosionkesto, hyvä muovattavuus	AW-1050A	28
CIBATOOL BM5172	Liittimien tai ICT – neulojen tukikappaleissa	Stabiili, hyvin muotonsa pitävä	SIKABLOCK M940 (Green)	29
SIKABLOCK M960 (Sininen)	Liittimien tai ICT – neulojen tukikappaleissa	Stabiili, hyvin muotonsa pitävä	SIKABLOCK M940 (Green)	29



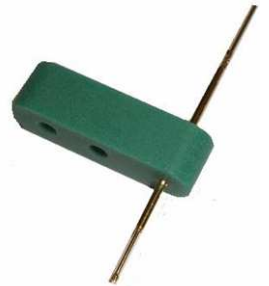
**Kuva 26. Testauslaitteen ylä- ja alalevy**



**Kuva 27. Allastukset**



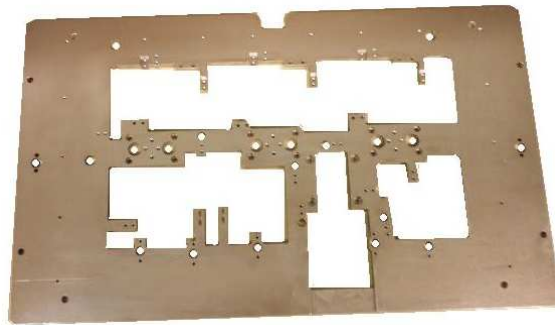
**Kuva 28. Kotelointi**



**Kuva 29. Liittimien ja ICT-neulojen tuet**

#### 4.4. Koneistus

Lastuavalla työstöllä tarkoitetaan kappaleiden valmistamista lastuavilla työstömenetelmillä kuten sorvaamalla, jyrsimällä tai poraamalla. Lastuttaessa aihioista poistetaan ainetta lastuina, kunnes jäljellä on vain halutun muotoinen kappale – lastuaminen tapahtuu määrämuotoisilla terillä. Tavallisimmin lastuamalla valmistetaan tarkkamittaisia osia, esimerkiksi lähes kaikki testauslaitteen osat ovat joiltakin osin koneistettuja. Lastuavaa työstöä tekevät koneet on nykyisin varustettu paikanmittauksella ja yleensä myös tietokoneohjauksella, jolloin konepajoilla näiden koneiden käyttäjän eli koneistajan tehtäväksi jää uusien ohjelmien laadinta sekä koneen- ja laadunvalvonta. Koneistettavat kappaleet suunnitellaan mahdollisimman helposti ja nopeasti valmistettaviksi. Kuvassa 30 on esitettyä koneistettu ylälevy. /1/



**Kuva 30. Koneistettu ylälevy**

#### Toleranssit

Tuotetta valmistettaessa työkappaleen mittoja ei koskaan saada tarkalleen oikeiksi. Kuitenkin testauslaitteessa olevien osien tulee olla yhteenliittyviltä mitoiltaan riittävän tarkkoja, jotta ne täyttäisivät kolme päävaatimusta:

- Osien tulee toimia vaaditulla tavalla.
- Osien tulee sopia yhteen niin, että testauslaite on kokoonpantavissa.
- Osien tulee olla vaihtokelpoisia esimerkiksi myöhempää huoltoa varten.

Nämä vaatimukset täytetään käyttämällä tuotteen valmistuksessa sallittua mittavaihtelua eli toleranssia. Taulukoissa 3 ja 4 esitetään perustoleranssit sekä toleranssialueet sisä- ja ulkomitoille. /12/

**Taulukko 3. Toleranssit sisämitoille**

Nimellismitta (mm)		Perustoleranssit (mm)							Toleranssialue sisämitoille (mm)												
>	≤	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	D12	F8	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	
	3	0,06	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	+0,12 +0,02	+0,02 +0,006	+0,006 0	+0,01 0	+0,014 0	+0,025 0	+0,04 0	+0,06 0	+0,1 0	+0,14 0	+0,25 0	+0,4 0	
	3	6	0,075	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	+0,15 +0,03	+0,028 +0,01	+0,008 0	+0,012 0	+0,018 0	+0,03 0	+0,048 0	+0,075 0	+0,12 0	+0,18 0	+0,3 0	+0,48 0
	6	10	0,09	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	+0,19 +0,04	+0,035 +0,013	+0,009 0	+0,015 0	+0,022 0	+0,036 0	+0,058 0	+0,09 0	+0,15 0	+0,22 0	+0,36 0	+0,58 0
	10	18	0,11	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	+0,23 +0,05	+0,043 +0,016	+0,011 0	+0,018 0	+0,027 0	+0,043 0	+0,07 0	+0,11 0	+0,18 0	+0,27 0	+0,43 0	+0,7 0
	18	30	0,13	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	+0,275 +0,065	+0,053 +0,02	+0,013 0	+0,021 0	+0,033 0	+0,052 0	+0,084 0	+0,13 0	+0,21 0	+0,33 0	+0,52 0	+0,84 0
	30	50	0,16	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	+0,33 +0,08	+0,064 +0,025	+0,016 0	+0,025 0	+0,039 0	+0,062 0	+0,1 0	+0,16 0	+0,25 0	+0,39 0	+0,62 0	+1 0
	50	80	0,19	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	+0,4 +0,1	+0,076 +0,03	+0,019 0	+0,03 0	+0,046 0	+0,074 0	+0,12 0	+0,19 0	+0,3 0	+0,46 0	+0,74 0	+1,2 0
	80	120	0,22	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	+0,47 +0,12	+0,09 +0,036	+0,022 0	+0,035 0	+0,054 0	+0,087 0	+0,14 0	+0,22 0	+0,35 0	+0,54 0	+0,87 0	+1,4 0
	120	180	0,25	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	+0,545 +0,145	+0,106 +0,043	+0,025 0	+0,04 0	+0,063 0	+0,1 0	+0,16 0	+0,25 0	+0,4 0	+0,63 0	+1 0	+1,6 0
	180	250	0,29	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	+0,63 +0,17	+0,122 +0,05	+0,029 0	+0,046 0	+0,072 0	+0,115 0	+0,185 0	+0,29 0	+0,46 0	+0,72 0	+1,15 0	+1,85 0
	250	315	0,32	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	+0,71 +0,19	+0,137 +0,056	+0,032 0	+0,052 0	+0,081 0	+0,13 0	+0,21 0	+0,32 0	+0,52 0	+0,81 0	+1,3 0	+2,1 0
	315	400	0,36	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	+0,78 +0,21	+0,151 +0,062	+0,036 0	+0,057 0	+0,089 0	+0,14 0	+0,23 0	+0,36 0	+0,57 0	+0,89 0	+1,4 0	+2,3 0
	400	500	0,4	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	+0,86 +0,23	+0,165 +0,068	+0,04 0	+0,063 0	+0,097 0	+0,155 0	+0,25 0	+0,4 0	+0,63 0	+0,97 0	+1,55 0	+2,5 0

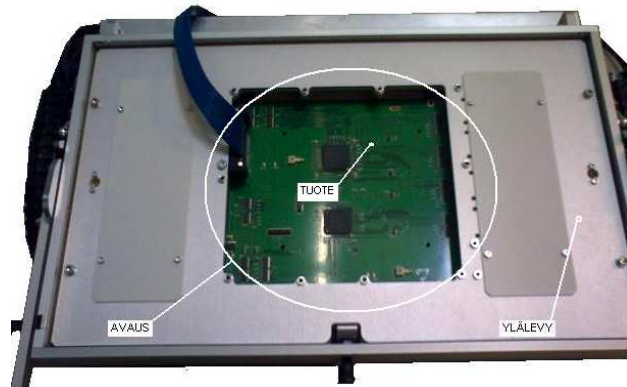
**Taulukko 4. Toleranssit ulkomitoille**

Nimellismitta (mm)		Toleranssialue ulkomitoille (mm)																		
>	≤	f9	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14	h15	h16	h17	js14	js15	js16	js17	m6	
	3	-0,008 -0,031	0 -0,006	0 -0,01	0 -0,014	0 -0,025	0 -0,04	0 -0,06	0 -0,1	0 -0,14	0 -0,25	0 -0,4	0 -0,6		±0,125	±0,2	±0,3		+0,008 +0,002	
	3	6	-0,01 -0,04	0 -0,008	0 -0,012	0 -0,018	0 -0,03	0 -0,048	0 -0,075	0 -0,12	0 -0,18	0 -0,3	0 -0,48	0 -0,75	0 -1,2	±0,15	±0,24	±0,375	±0,6	+0,012 +0,004
	6	10	-0,013 -0,049	0 -0,009	0 -0,015	0 -0,022	0 -0,036	0 -0,058	0 -0,09	0 -0,15	0 -0,22	0 -0,36	0 -0,58	0 -0,9	0 -1,5	±0,18	±0,29	±0,45	±0,75	+0,015 +0,006
	10	18	-0,016 -0,059	0 -0,011	0 -0,018	0 -0,027	0 -0,043	0 -0,07	0 -0,11	0 -0,18	0 -0,27	0 -0,43	0 -0,7	0 -1,1	0 -1,8	±0,215	±0,35	±0,55	±0,9	+0,018 +0,007
	18	30	-0,02 -0,070	0 -0,013	0 -0,021	0 -0,033	0 -0,052	0 -0,084	0 -0,13	0 -0,21	0 -0,33	0 -0,52	0 -0,84	0 -1,3	0 -2,1	±0,26	±0,42	±0,65	±1,05	+0,021 +0,008
	30	50	-0,025 -0,087	0 -0,016	0 -0,025	0 -0,039	0 -0,062	0 -0,1	0 -0,16	0 -0,25	0 -0,39	0 -0,62	0 -1	0 -1,6	0 -2,5	±0,31	±0,5	±0,8	±1,25	+0,025 +0,009
	50	80	-0,03 -0,104	0 -0,019	0 -0,03	0 -0,046	0 -0,074	0 -0,12	0 -0,19	0 -0,3	0 -0,46	0 -0,74	0 -1,2	0 -1,9	0 -3	±0,37	±0,6	±0,95	±1,5	+0,03 +0,011
	80	120	-0,036 -0,123	0 -0,022	0 -0,035	0 -0,054	0 -0,087	0 -0,14	0 -0,22	0 -0,35	0 -0,54	0 -0,87	0 -1,4	0 -2,2	0 -3,5	±0,435	±0,7	±1,1	±1,75	+0,035 +0,013
	120	180	-0,043 -0,143	0 -0,025	0 -0,04	0 -0,063	0 -0,1	0 -0,16	0 -0,25	0 -0,4	0 -0,63	0 -1	0 -1,6	0 -2,5	0 -4	±0,5	±0,8	±1,25	±2	+0,04 +0,015
	180	250	-0,05 -0,165	0 -0,029	0 -0,046	0 -0,072	0 -0,115	0 -0,185	0 -0,29	0 -0,46	0 -0,72	0 -1,15	0 -1,85	0 -2,9	0 -4,6	±0,575	±0,925	±1,45	±2,3	+0,046 +0,017
	250	315	-0,056 -0,185	0 -0,032	0 -0,052	0 -0,081	0 -0,13	0 -0,21	0 -0,32	0 -0,52	0 -0,81	0 -1,3	0 -2,1	0 -3,2	0 -5,2	±0,65	±1,05	±1,6	±2,6	+0,052 +0,02
	315	400	-0,062 -0,202	0 -0,036	0 -0,057	0 -0,089	0 -0,14	0 -0,23	0 -0,36	0 -0,57	0 -0,89	0 -1,4	0 -2,3	0 -3,6	0 -5,7	±0,7	±1,15	±1,8	±2,85	+0,057 +0,021
	400	500	-0,068 -0,223	0 -0,04	0 -0,063	0 -0,097	0 -0,155	0 -0,25	0 -0,4	0 -0,63	0 -0,97	0 -1,55	0 -2,5	0 -4	0 -6,3	±0,775	±1,25	±2	±3,15	+0,063 +0,023

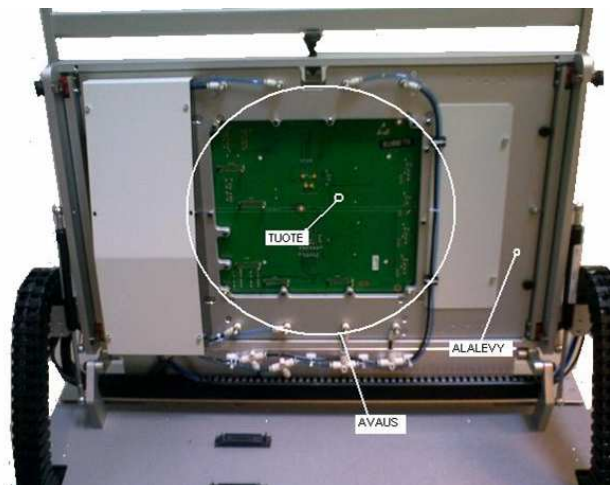


#### 4.5. Mittauksien ja testauksien mahdollistaminen

Testauslaitteen ylä- ja alalevyn suunnittelussa huomioidaan mittausten mahdollistaminen tuotteesta testauksen ja korjauksen aikana. Testauslaitteen ylä- ja alalevy suunnitellaan mahdollisimman avoimeksi – ei kuitenkaan rakenteen kestävyuden kustannuksella. Kuvissa 31 ja 32 on hyvä esimerkki ylä- ja alalevyn avauksesta.



**Kuva 31. Ylälevyn avaus**



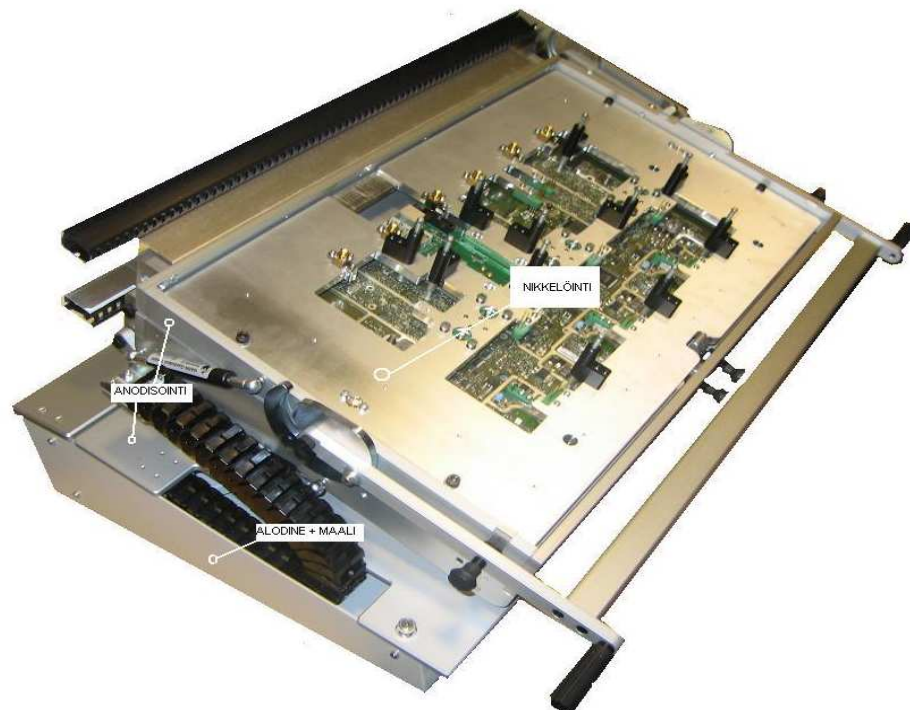
**Kuva 32. Alalevyn avaus**

## 4.6. Pinnoitteet

Pinnoitteita käytetään suojaamaan testauslaitetta mm. ilmaston asettamia vaatimuksia vastaan. Metalliset osat suojataan joko nikkeloinnilla, anodisoinnilla tai pulverimaalauksella – riippuen siitä, millaiset vaatimukset kappaleelle asetetaan. Sääntönä voidaan sanoa, että runkomateriaalit pinnoitetaan maalaamalla (MANTA- ja FLIPPER-rungot). Testauslaitteen muut osat pinnoitetaan nikkeli- tai anodisointipinnoitteella. Taulukossa 3 on esitettyä yleisimmin käytetyt pinnoitteet sekä kuvassa 22 käyttökohte-esimerkki.

**Taulukko 5. Pinnoitteet**

Pinnoite	Käyttökohte	Kuva
Elektrolyyttinen nikkelointi, Ni15b	Sähkönjohtavuutta vaativat osat.	33
Anodisointi, ISO 7599, 10 µm clear	Alumiiniosat.	33
Alodine pinnoite + maalaus RAL 7035R	Alumiinipellit	33



**Kuva 33. Pinnoitteiden käyttökohteita**

## 4.7. Anturit ja liittimet

Testauslaitteissa käytetään monia erilaisia kaupallisia liittimiä ja antureita (probet) testausten suorittamiseen.. Taulukossa 6 on esitettyä yleisimpiä käytössä olevia liittintyyppiä, käyttötarkoitus ja kuvat liittimistä.

INC-neuloilla ja antureilla (probet) kytkeydytään testattaessa, piirilevyn pienille 1 - 2 mm. halkaisijaltaan oleville johdinpinoille. Anturi ja INC-neula on mittalaitteen osa, jonka reagoitua ympäristön kanssa, esimerkiksi sähkönjohtavuuden muutosta, käytetään avuksi mittauksissa. Anturissa itsessään ei ole näyttöä tai osoitinlaitetta, vaan anturi välittää mittauksen tiedon eteenpäin mittarille tai testausjärjestelmälle.

USB (Universal Serial Bus) ohjaa tuotetta ja mittaa digitaalisia lähtöjä.

LAN (Local Area Network) liittimen välityksellä ollaan yhteydessä tietokoneeseen ja ohjataan tuotetta ohjelmiston välityksellä.

**Taulukko 6. Liitintyyppiä**

<b>Liitintyyppi</b>	<b>Käyttötarkoitus</b>	<b>Muuta</b>	<b>Kuva</b>
HARTING type: HAN 16A-STI-S	Sähkönsyöttö	Suojakotelo: HARTING, type: HAN 16A-agg-LB-K	34
N-liitin	Kaapelointi		35
USB UO9-AF-BF	Oheislaitteiden liittäminen tietokoneeseen		36
LAN P/N 555052-1	Tietoliikenne		37
K-50L-QG	Testausanturi		38
K-50L	Testausanturi		39
GKS-075 Probe	ICT testausneula	Runko, KS-075 47 G	40
GKS-100	ICT testausneula	Runko, KS-100 47	41



**Kuva 34. Sähkösyöttöliitin**



**Kuva 35. N-liitin**



**Kuva 36. USB-liitin**



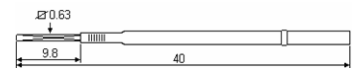
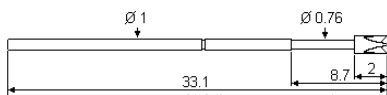
**Kuva 37. LAN-liitin**



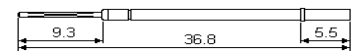
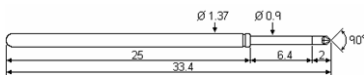
**Kuva 38. Testausprobe K-50L-QG**



**Kuva 39. Testausprobe K-50L**



**Kuva 40. GKS-075 ICT-neula ja KS-075 47 G -runko**



**Kuva 41. GKS-100 ICT-neula ja KS-100 47 -runko**

#### 4.8. Liittimien kiinnitystuet

Testauslaitteessa käytetään monenlaisia komponentteja testauksessa, kuten ICT-neuloja, antureita (probet), piirikortteja yms. Näille joudutaan suunnittelemaan erilaisia kiinnitystukia, joilla voidaan kiinnittää testauslaitteen ylälevyyn. Kuvissa 42 – 45 esitetään muutamia malleja eri käyttökohteista.



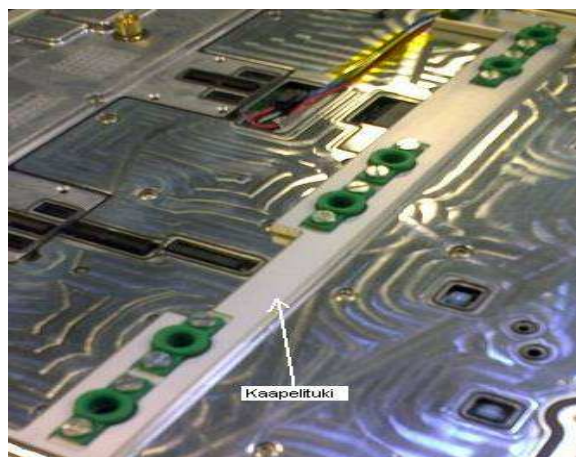
Kuva 42. ICT testausneulan tuki



Kuva 43. Piirilevyn kiinnitystuki



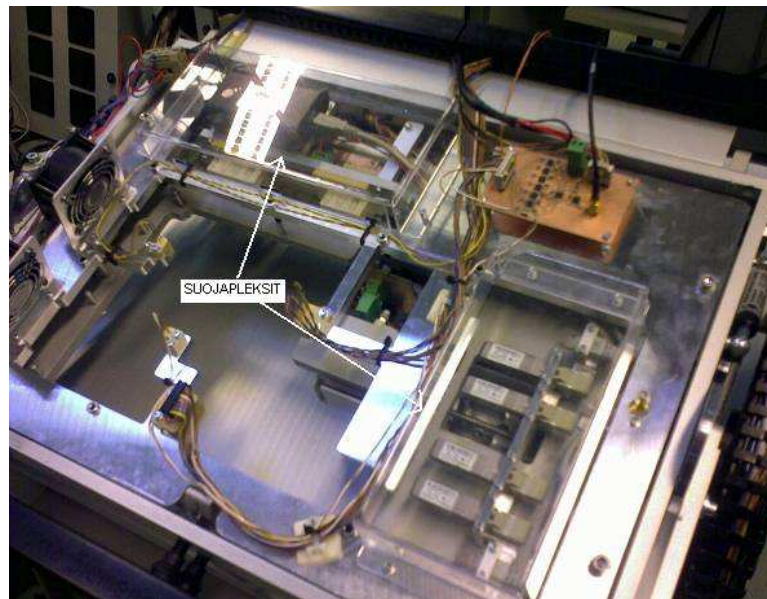
Kuva 44. Proben kiinnitystuki (kaksi eri mallia)



Kuva 45. Kaapelituki

## 4.9. Sähköturvallisuus

Testauslaitteen mekaniikan suunnittelussa on otettava huomioon sähköisten komponenttien sijoitukset siten, ettei niistä aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Rakenteissa pitää käyttää riittäviä suojaetäisyyksiä jännitteellisistä komponenteista. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon maakohtaiset sähköturvallisuusasetukset sekä standardit. Mikäli testauslaitteeseen joudutaan kytkemään yli 60V ylittäviä jännitteitä, niin sähköturvallisuuteen liittyvät asiat pitää käydä läpi yhdessä sähköpuolen asiantuntijan kanssa. Suojakoteloidille huomioidaan kiinnitysmahdollisuudet testauslaitteessa, lähinnä kierteelliset reiät mihin suojat voidaan kiinnittää. Kuvassa 46 on esitettyä ylälevyn sähköisten osien suojakotelointi. /10/



**Kuva 46. Ylälevyn suojakotelointi**

### 4.9.1. EMC-suojaus

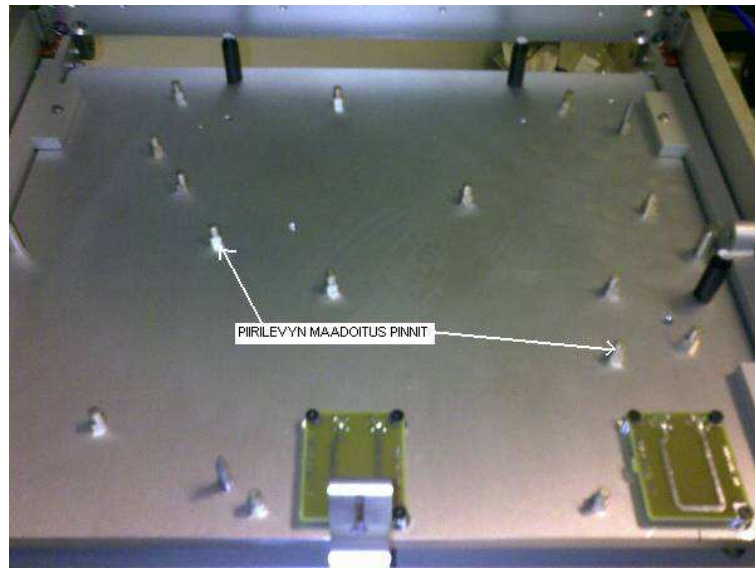
EMC-suojauksessa vaativat levyt testataan yleensä FLIPPER-testauslaitteella, jossa on väliseinillä erotetut koteloitunut osastot, eli allastukset (kuva 47). Ylä- ja alamekaniikan välissä on jyrksitty ura nikkeligrafiittitiivisteelle, jonka tarkoituksena on estää EMC-vuotoja. Testauslaitteelta edellytetään sen turvallisuuden, luotettavuuden ja huollettavuuden lisäksi moitteetonta toimintaa muiden laitteiden kanssa sille tarkoitetuissa toimintaympäristöissä. Häiriöttömän toiminnan takaa samaan käyttöympäristöön tarkoitettujen laitteiden sähkömagneettinen yhteensopivuus (EMC, electromagnetic compatibility). Sähkölaite ei saa kohtuuttomasti lähettää ympäristöönsä häiriöitä, toisaalta, sen on siedettävä riittävässä määrin muualta tulleita häiriöitä. Laitteen ympäristöönsä päästämäksi häiriöksi luetaan kaikki ne sähkömagneettiset ilmiöt, jotka eivät ole sen hyötykäyttöön tarkoitettuja. Häiriöt leviävät laitteesta toiseen joko johtimia pitkin tai säteilemällä. /4/



**Kuva 47. Allastukset FLIPPER-rungossa**

### 4.9.2. Maadoitukset

Testauslaitteen alalevyllä on maadoituspinnit (kuva 48), joista MANTA-rungossa testattava piirilevy maadoitetaan ja tuetaan painikkeilla testauksen aikana. Kaikki sähkökaapeloinnit maadoitetaan huolellisesti ja asianmukaisilla liittimillä esim. abikoita ja ruuviliitosrimaa käyttäen.

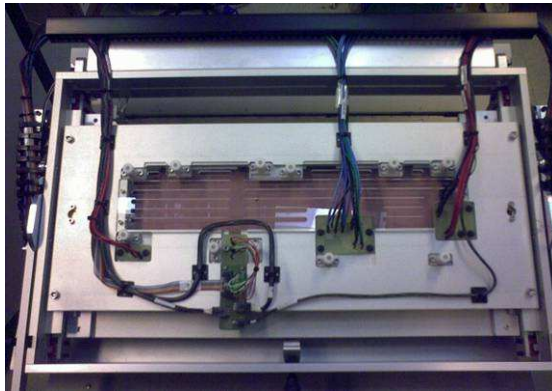


**Kuva 48. Maadoituspinnit alalevyllä**



#### 4.10. Kaapeloinnit

Testauslaitteessa testauskomponentit sijoitetaan kaapelointia ajatellen siten, että kaapeloinnit saadaan asennettua siististi ja riittävän väljästi niille tarkoitettuihin kaapelikouruihin. Liikkuvassa mekaniikassa pitää huomioida kaapeleiden liikkumavara, jotta kaapelit eivät joutuisi puristuksiin tai liian tiukalle testauslaitteen mekaniikan liikkumisen aikana. Kuvissa 49 ja 50 on havainnollistettu MANTA-testauslaitteen ylälevyn- ja kotelon kaapeloinnit.



**Kuva 49. Ylälevyn kaapelointi**



**Kuva 50. Kotelon kaapelointi**

## 4.11. Pneumatiikka

Pneumatiikkaa käytetään melkein kaikilla teollisuuden aloilla, esimerkiksi metalli-, auto-, lentokone-, kaivos-, puhelin-, elektroniikka-, puunjalostus-, muovi-, kumi-, elintarvike-, tekstiili- ja lääketeollisuudessa sekä avaruustekniikassa. Pneumatiikka sellaisena kuin sitä nykyisin teollisuudessa käytetään, on hyvin nuori tekniikan ala. Suomessa pneumaattiset komponentit tulivat yleiseen käyttöön 1950-luvulla.

### Pneumatiikan ominaisuuksia

Pneumatiikalla on monia hyviä ominaisuuksia, joiden ansiosta sitä kannattaa käyttää moniin käytännön sovellutuksiin. Näistä voidaan mainita:

- Ilma: Ilmaa on kaikkialla, joten paineilman kehittäminen on mahdollista kaikkialla, missä sitä tarvitaan.
- Siirtäminen: Paineilman siirtäminen putkistoja pitkin on helppoa. Ilmalla on hyvät välitysominaisuudet. Sen dynaaminen viskositeetti eli virtauksessa syntyvä sisäinen kitka on pieni, joten painehäviö on pieni suurillakin virtausnopeuksilla ja pitkillä siirtoetäisyyksillä. Tämän vuoksi ja myös siitä syystä, että poistoilmalle ei tarvitse rakentaa putkistoja, paineilmaa kannattaa siirtää melko pitkiäkin matkoja.
- Varastoiminen: Paineilmaan varastoituu energiaa. Tämä on helppo varastoida säiliöön, josta se tarvittaessa voidaan ottaa helposti käyttöön.
- Lämpötila: Paineilmalaitteet ovat varmatoimisia melko suurella lämpötila-alueella.
- Räjähdyks ja tulipalo: Pneumatiikka ei aiheuta räjähdys- tai tulipalovaaraa esimerkiksi pölyisissä tai muuten palo- ja räjähdysalttiissa ympäristöissä.
- Nopeus: Ilma on nopea väliaine. Siksi sen avulla on mahdollista saada aikaan nopeita liikkeitä.
- Sääto: Liikenopeuksia ja voimia on helppo säätää.
- Ylikuormitus: Pneumaattisten järjestelmien ylikuormitus voidaan helposti estää.
- Paineilmakoneet ja -laitteet voidaan kuormittaa pysähdyksiin asti, eivätkä ne vaurioidu.
- Automaatio: Jatkuvasti toistuvat toiminnat on helppo automatisoida pneumatiikan avulla.

Pneumatiikan huonoista puolista ja rajoituksista voidaan mainita:

- Hinta: Pneumaattinen energia on suhteellisen kallis energiamuoto. Tämä johtuu melko huonosta hyötysuhteesta.
- Voima: Yleensä pneumatiikkaa ei kannata käyttää suurten voimien aikaan saamiseen. Tavanomaisella 0,6 MPa:n ylipaineella suurimmat voimat ovat yleensä noin 50000 N.
- Liikkeen epätasaisuus: Paineilmallalla on vaikea saada aivan tasaista liikettä. Tasainen liike saadaan aikaan käyttämällä pneumatiikan yhteydessä nestevakautusta.
- Poistoilma: Poistoilma aiheuttaa jonkin verran ääntä. Tätä voidaan vähentää sopivilla äänenvaimentimilla.

Pneumatiikan käytössä on kiinnitettävä erityistä huomiota turvallisuusnäkökohtiin. Pneumatiikalla liikkuvat osat on suojattava niin hyvin, ettei käyttäjälle ja tuotteelle ole vaaraa joutua puristuksiin mekaniikan liikkuesssa. Pneumatiikkaa käytetään mm. FLIPPER-testauslaitteessa ylä- ja alalevyn liikuttamiseen (kuva 51). Taulukossa 7 on esitettyinä yleisimmät käytössä olevat pneumatiikkakomponentit. /6/ ja /9/



**Kuva 51. FLIPPER-paineilmakomponentit**

**Taulukko 7. Paineilmakomponentit**

Tyyppi	Komponentti	Käyttötarkoitus	Kuva
MGPL 20TF-30	Sylinteri	Liittimien kytkennät	52
LRMA-QS-4	Paineenalennus-venttiili	Järjestelmän paineensäätö	53
SYJ 3243	Magneettiventtiili	Sylintereiden ohjaus	54
CDQMA 100TF-25	Sylinteri	Alalevyn nosto- ja lasku sylinteri	55
CDU16-20D	Sylinteri	Kannen lukitus sylinteri	56
AS2301F	Vastusvastaventtiili	Sylintereiden nopeuden säätö	57
KJT04-00	T-haara	Paineilmaletkujen liittäminen	58



**Kuva 52. MGPL 20TF-30**



**Kuva 53. LRMA-QS-4**



**Kuva 54. SYJ 3243**



**Kuva 55. CDQMA100TF-25**



**Kuva 56. CDU16-20D**



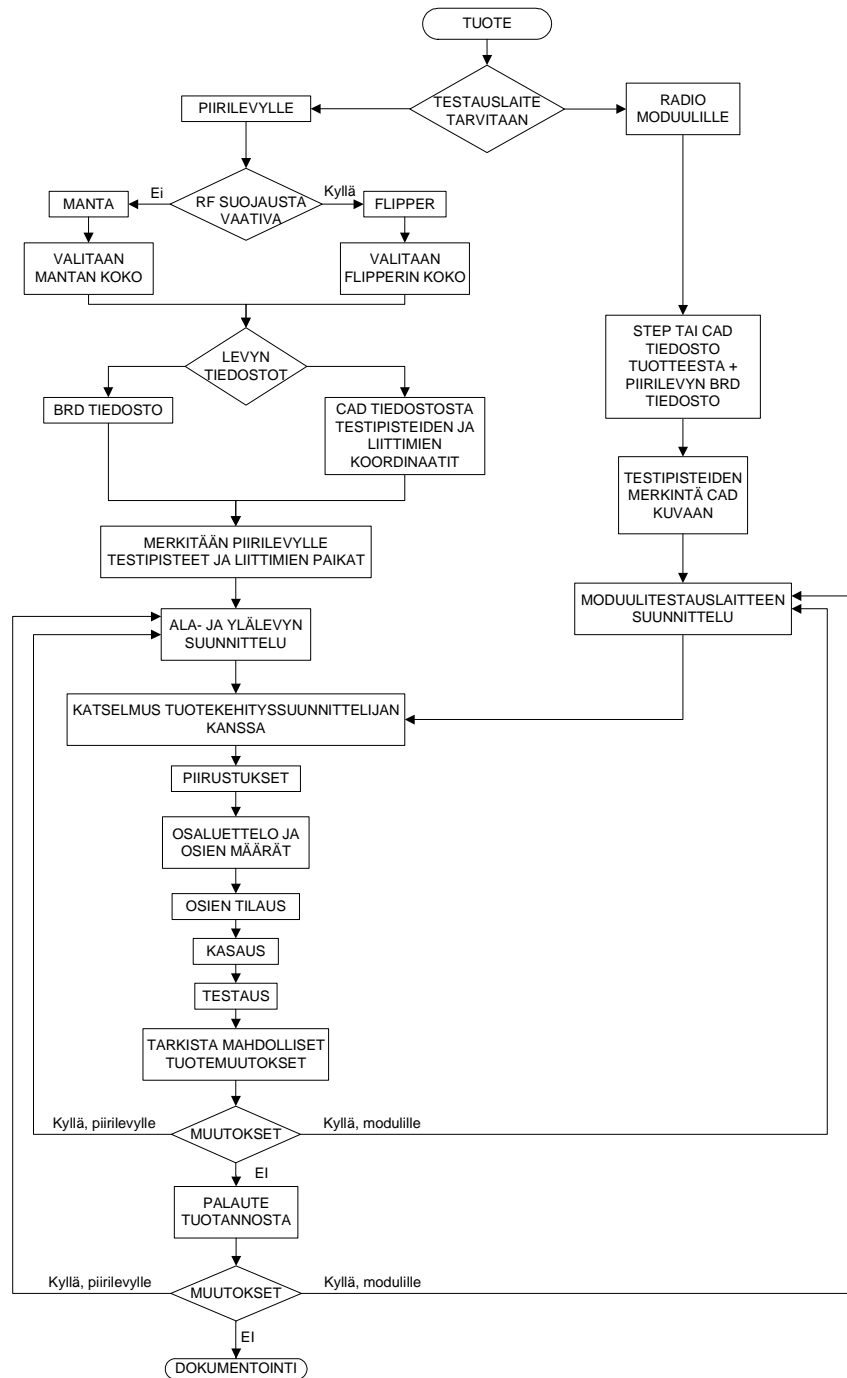
**Kuva 57. AS2301F**



**Kuva 58. T-haara**

## 5. SUUNNITTELUN ETENEMINEN

Kaaviossa 1 on havainnollistettu suunnittelun etenemisjärjestys. Kaaviossa esitetään testauslaitteen suunnittelujärjestys piirilevylle sekä moduulille. Kohdissa 5.1.1 – 5.1.7 käydään läpi kaavion eri lohkoja sekä selvitetään tarkemmin suunnittelun etenemistä.



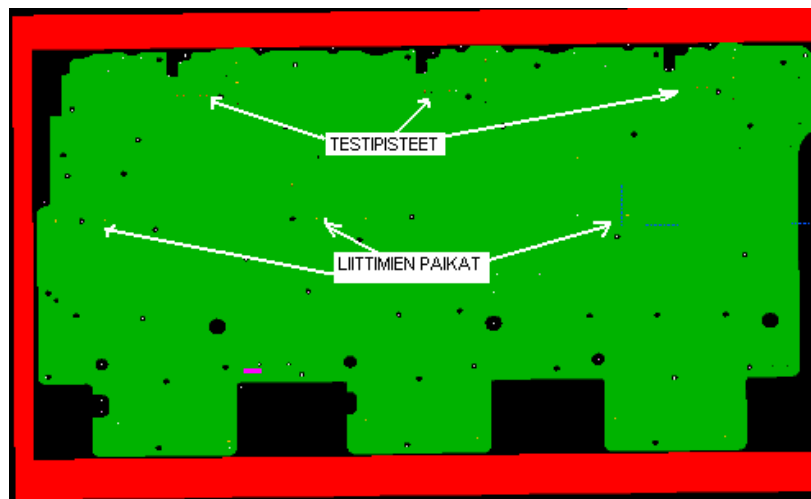
Kaavio 1. Suunnittelun eteneminen

## 5.1. Tuotteen tiedot

Tuotekehitysinsinööriltä pyydetään ne tuotetta koskevat tiedot, jolle testauslaite suunnitellaan. Testauslaitetta suunniteltaessa piirilevylle tarvitaan piirilevyn CAD- ja brd-tiedostot. Jos testauslaite suunnitellaan modulille, tarvitaan koko tuotteen CAD-tiedosto sekä piirilevyn brd-tiedosto mitä testataan. Seuraavaksi on hyvä selvittää tuotteen EMC-suojauksen tarve, jos suojausta tarvitaan, niin valitaan testauslaitteen rungoksi FLIPPER-testauslaitteen runko. Vastaavasti, jos suojausta ei tarvita – rungoksi valitaan MANTA-testauslaitteen runko.

## 5.2. Testauspisteiden merkitseminen

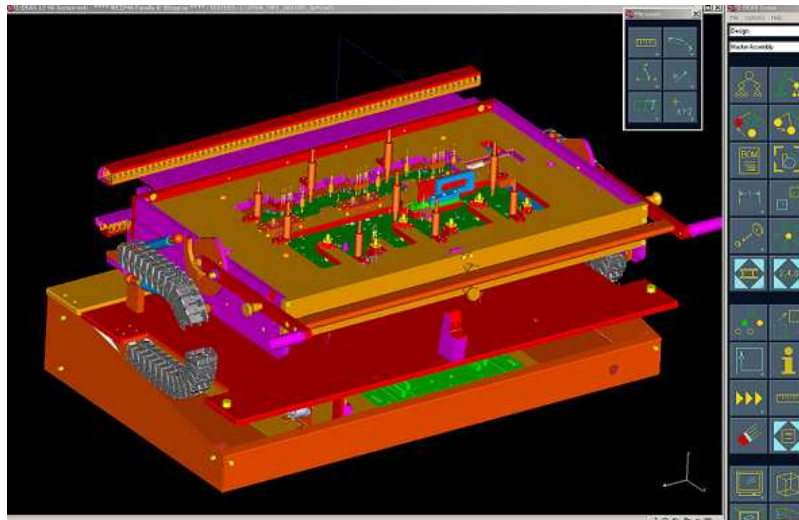
Tuotekehitysinsinööri antaa testauslaitesuunnittelijalle tarvittavat koordinaatit tuotteen piirilevyn testauspisteistä ja liittimien paikoista, joihin testattaessa täytyy liittyä. Suunnitteluohjelmaan ladataan piirilevyn brd- tiedosto – tämän jälkeen merkitään testauspisteet piirilevylle koordinaattien mukaan. Piirilevylle merkittävät testauspisteet voivat olla halkaisialtaan esim. 1 mm. ja 0.1 mm. pursotuksella – seuraavaksi merkitään liittimien paikat. Kuvassa 61 esitetään erään tuotteen piirilevy, missä on merkittynä liittimien paikat ja testauspisteet.



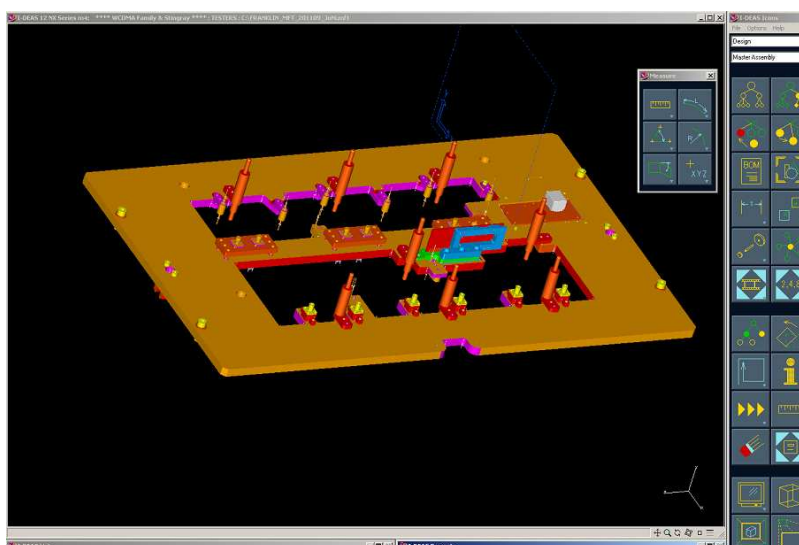
Kuva 61. Testauspisteet

### 5.3. Mallintaminen

Testauspisteiden merkitsemisen jälkeen, tuotteesta tehdään suunnitteluohjelmalla kokoonpanokuva, johon suunnitellaan testauslaitteeseen tulevat osat yksittäisosina. Mallintamisessa kannattaa hyödyntää valmiiksi mallinnettuja osia mahdollisimman paljon - näin nopeutetaan suunnittelua huomattavasti. Vain ylä- ja alalevy joudutaan suunnittelemaan jokaiselle tuotteelle omakseen. Kuvassa 62 on testauslaitteen kokoonpanokuva mallinnettuna MANTA 600 - rungolle. Kuvassa 63 on esitettyä ylälevy kalustettuna testausneuloilla, testausantureilla ja liitäntäpiirilevyillä.



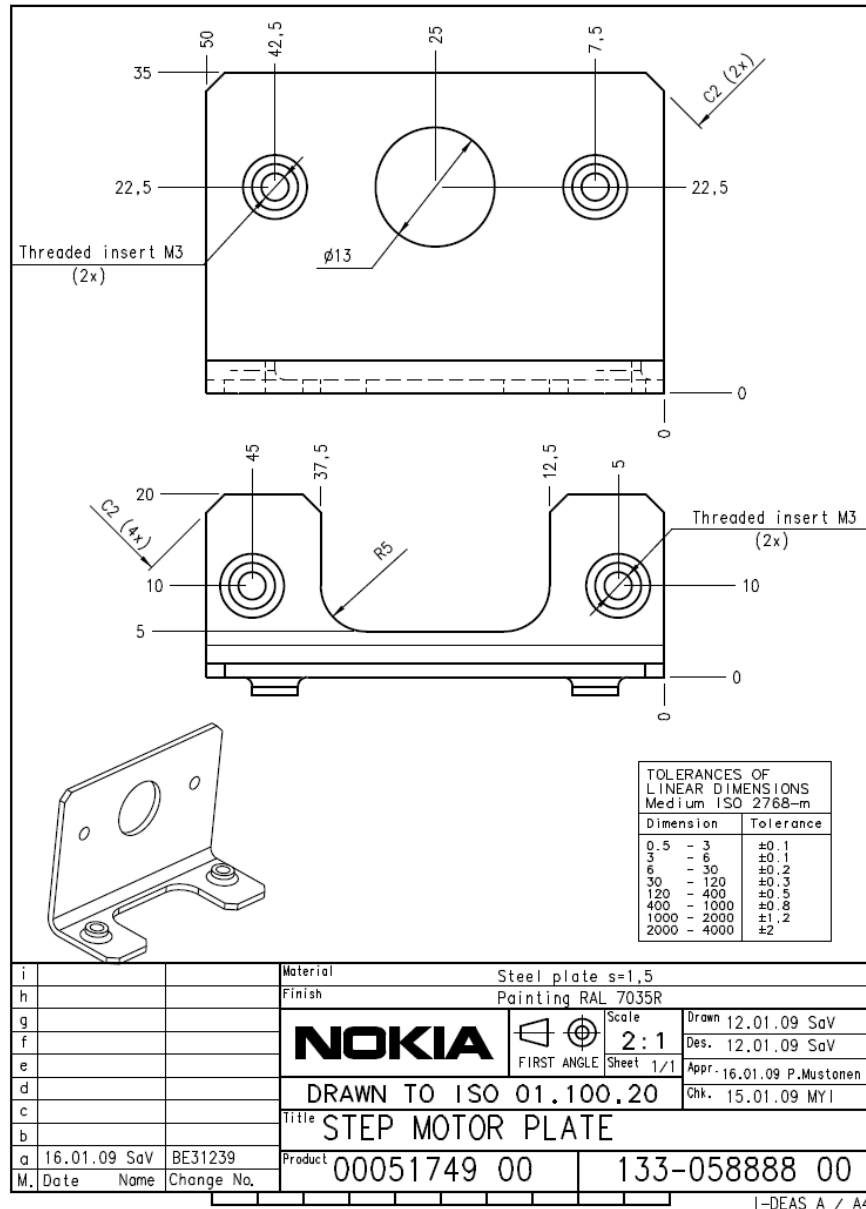
**Kuva 62. Kokoonpanokuva**



**Kuva 63. Ylälevy kalustettuna**

### 5.4. Piirustukset

Piirustuksiin merkitään kappaleen ulkoiset mitat, reiät, kierteet, jyrinnät sekä kulmien säteet. Piirustuksiin laitetaan mukaan myös toleranssitaulukko ja tarvittaessa merkitään jo mitoituksiin toleranssit sekä pinnan karheudet. Otsikkotauluun merkitään kappaleen nimi, mittasuhteet, piirtäjä, suunnittelija, päiväykset, valmistusmateriaali, mahdolliset pinnoitteet sekä tuotteen ematrix koodit. Kuvassa 64 on esitettyä osapiirustus tarvittavine tietoineen.



Kuva 64. Osapiirustus



## 5.5. Osaluettelo ja tilaus

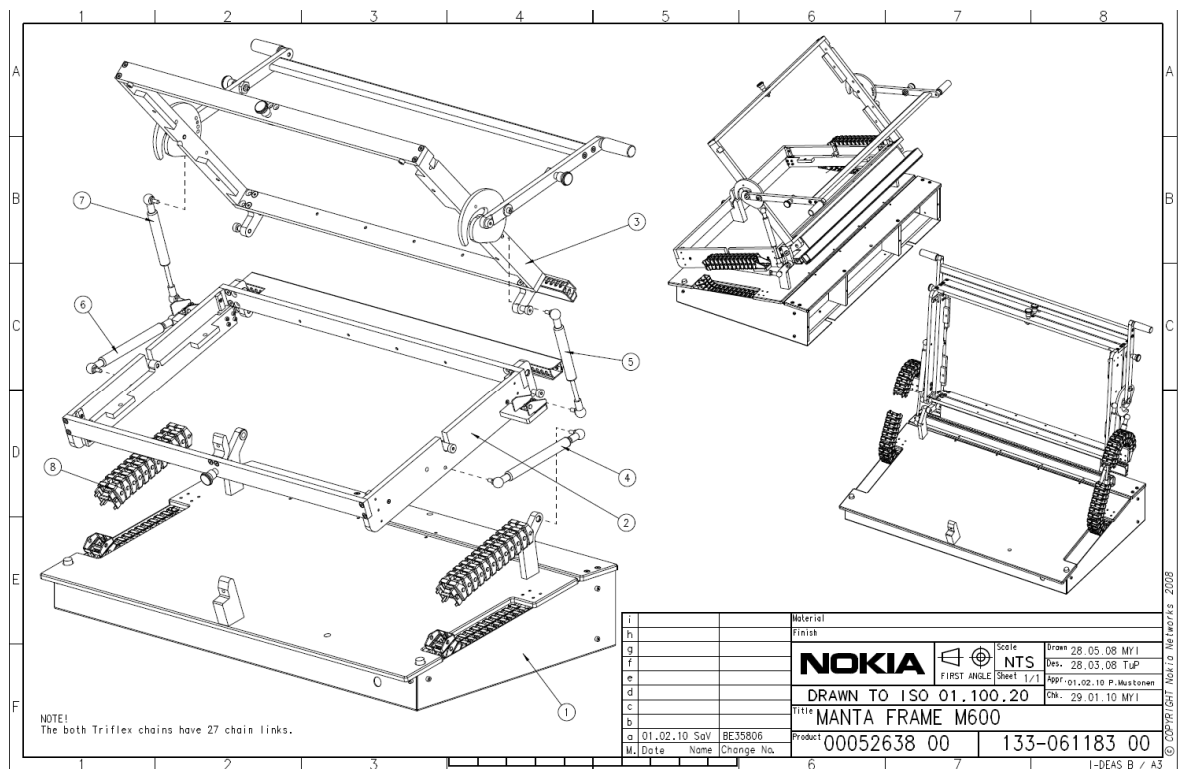
Testauslaitteesta tehdään osaluettelo osien tilausta ja dokumentointia varten. Osaluetteloon merkitään osan nimi, osakoodi, kappalemäärä, sekä mahdollinen pinnoite. Tilattavista osista pyydetään toimittajalta tarjous, mihin sisällytetään osaluettelo sekä kappaleista stp- ja pdf-tiedosto. Tarjouksen saavuttua tehdään päätös tilauksesta.

## 5.6. Muutokset

Tuotteeseen tai testauslaitteeseen voi tulla muutoksia projektia aikana useastikin. Ennen osien tilaamista on hyvä varmistaa tuotekehitysinsinöörin kanssa, onko mahdollisesti tuotteeseen tullut muutoksia mitkä ovat jääneet huomioimatta testauslaitetta suunniteltaessa. Muutoksia testauslaitteeseen tai tuotteeseen voi tulla myös ensimmäisien testauksien jälkeen tai testauslaitteen ollessa jo tuotantokäytössä. Jos muutoksia tehdään testauslaitteen osiin, korvataan piirustuksessa X1 versio (ensimmäinen versio) X2 (toinen versio) versiolla jne. kunnes saavutetaan versio 00, eli hyväksytty ja tarkastettu versio (lopullinen versio).

## 5.7. Dokumentointi

Kun testauslaitteesta on saatu lopullinen versio (versio 00), testauslaitteesta laaditaan kokoonpanokuvat. Testauslaitteesta tehdään kokoonpanokuva mistä selviää testauslaitteen osien sijoittelu testauslaitetta kasattaessa. Osat numeroidaan, nimetään sekä merkitään kappalemäärät. Kuvassa 58 on esitettyä MANTA 600 rungon kokoonpanokuva.

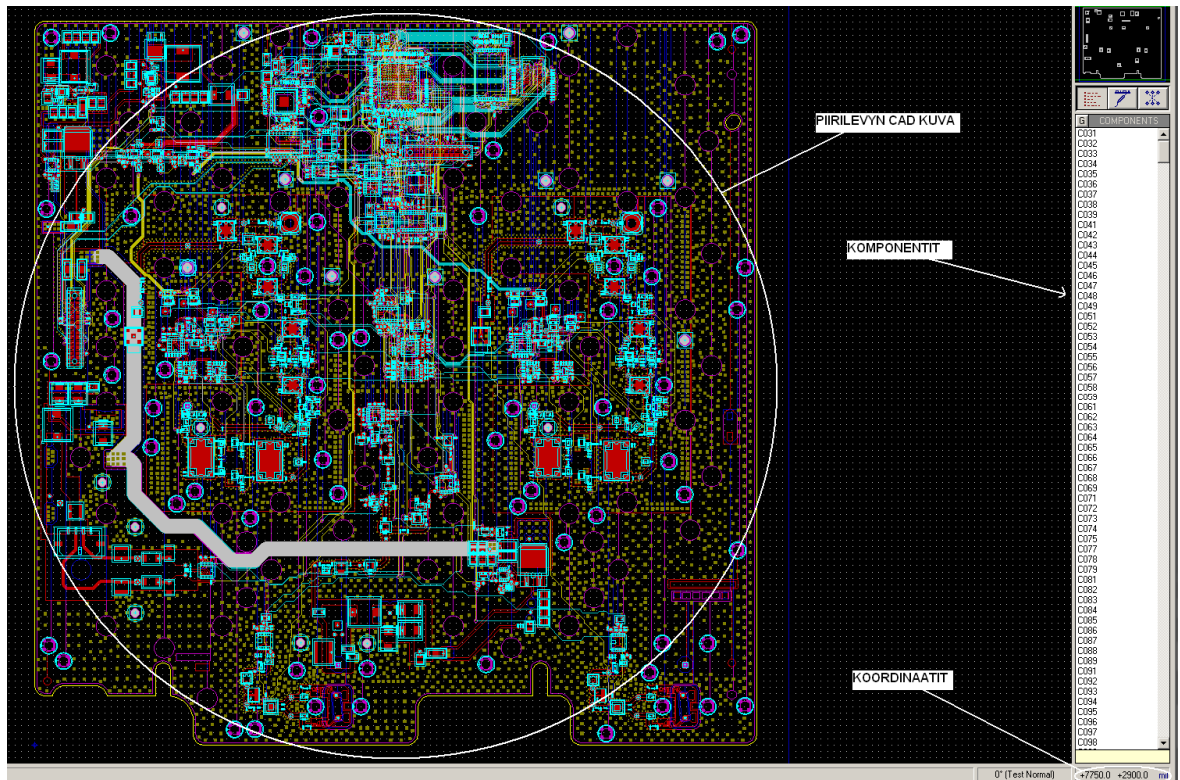


Kuva 65. Kokoonpanokuva

## 6. AVUKSI SUUNNITTELUUN

### IGE viewer -ohjelmisto

Voit halutessasi ladata koneelle IGE viewer -ohjelman, jolla voi tarkastella piirilevyn CAD-kuvasta testipisteiden, liittimien, komponenttien ja läpivientien koordinaatteja. Ohjelma listaa kaikki osat, testipisteet sekä läpiviennit nähtäville. Koodia klikkaamalla haettu kohde näkyy piirilevyllä vaaleampana - IGE viewer näyttää myös kaikki johdotukset. Alapalkista tupla klikkaamalla saa näkyviin ”Displayed Layers” -ikkunan, josta voi valita halutun kohteen. Esimerkiksi, jos haluaa nähdä vain komponentit ja levyn reunat, valitse valikosta kohdat Component Top, Component Bottom ja Edge. System valikosta ”Save preferences” -kohdasta voit halutessasi tallentaa valitut asetukset ja seuraavalla käynnistyskerralla ohjelma näyttää vain nämä. S-kirjainta painamalla voit etsiä komponentti koodia seuraavasti, valitaan ”Device PART Attribute” ja esimerkiksi ”Contains 434” jolloin ohjelma näyttää kaikki 434 -alkuiset komponentit valkoisella (jos niitä löytyy). Hiiren vasemmalla painikkeella saa näytettävällä puolella (TOP / BOTTOM vaihto F) olevien komponenttien tiedot. Kuvassa 66 näkymä IGE viewer -ohjelmasta.



Kuva 66. IGE viewer -ohjelma

## 7. YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tehtiin suunnitteluohjeistus Nokia Siemens Networks - tukiasematuotannon moduuli- ja yksikkötestauksen testauslaitteille. Työn tarkoituksena oli päivittää testauslaitteen suunnitteluohjeistus vastaamaan tämän päivän vaatimuksia ja samalla helpottaa uusia suunnittelijoita pääsemään nopeammin sisään suunnitteluprosessiin. Ohjeistuksessa käydään läpi testauslaitteen suunnittelua varsin laajasti, mutta kuitenkin vain pintaa raapaisemalla. Työssä sai hyvän käsityksen siitä, miksi testaus on tärkeä osa-alue elektroniikkalaitteiden valmistuksessa. Työ antaa hyvät lähtökohdat testauslaitteen suunnitteluun, mutta jättää suunnittelijalle kuitenkin vapaat kädet testauslaitteen suunnittelun toteuttamiseen.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin mielestäni varsin hyvin. Tämän työn perusteella pystyy ymmärtämään, kuinka monipuolista testauslaitteen suunnittelu on, ja kuinka testauslaitteet toimivat ja mihin niitä tarvitaan. Testauslaitteen suunnittelussa tarvitaan monenlaista tietoa ja ymmärrystä eri aihealueilta. Työ oli haastava, mielenkiintoinen ja opettava.

## 8. LÄHDELUETTELO

- /1/ Aaltonen, Kalevi, Andersson, Paul, Kauppinen, Veijo, Koneistustekniikat, 1. painos, WSOY, 1997.
- /2/ Annanperä, Sauli, FSM-testilaitteistojen vertailu ja kehittäminen, Insinööriyö, Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2002.
- /3/ Doversberger, Kenneth, Miller, Robert, Testing Electronic Products, 30. painos, IEEE, 2006.
- /4/ 004/108/EY EMC-direktiivi, 1. painos, EUR-LEX, 2004.
- /5/ Hecht, Oded, Dishon, Giora, Automatic Optical Inspection (AOI), 1.painos, IEEE, 2002.
- /6/ Hulkkonen, Veli, Pneumatiikan perusteita, Fluid Finland 13, Suomen lehtiyhtymä, 2005.
- /7/ Kovacs, Gizella, Environmental Conditions And Environmental Testing, 2. painos, IEEE, 2002.
- /8/ Korpela, Arja, Tuotannollisen testerin suunnittelu tiedonsiirtolinkkikortille, Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2005.
- /9/ SFS EN 983 Koneturvallisuus, Pneumatiikka, 2. painos, Suomen Standardisoimisliitto, 2009.
- /10/ SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset, 1. painos, Suomen Standardisoimisliitto, 2007.
- /11/ SFS EN 45020 Standardin määritelmä, 3. painos, Suomen Standardisoimisliitto, 2007.
- /12/ SFS EN 22768 ISO-toleranssit, 1. painos, Suomen Standardisoimisliitto, 2008.
- /13/ Valtonen Pietari, Rasituskarsinta, KOTEL 239, KOTEL, 1999.
- /14/ Wickham, Martin, Hunt, Christopher, Benchmarking Assisted & Automatic Optical Inspection of Electronical Assemblies, 1. painos, NPL Report CMMT (A), 1999.