

Mittausohjelmiston ja käyttöliittymän kehittäminen sekä uuden laitteistokokoonpanon suunnittelu aallo- tuskartongin painumatestauslaitteelle

Mikko S. Niskanen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Elektroniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mikko Sakari Niskanen	
Työn nimi Mittausohjelmiston ja käyttöliittymän kehittäminen sekä uuden laitteistokokoonpanon suunnittelu aallotuskartongin painumatestauslaitteelle	
Päiväys 7.3.2013	Sivumäärä/Liitteet 39+12
Ohjaaja(t) tutkimusinsinööri Asmo Jakorinne/Savonia-ammattikorkeakoulu	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) tuotepäällikkö Jukka Silvennoinen/Powerflute Oyj	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella mittausohjelmisto ja käyttöliittymä aallotuskartongin eli flutingin painumatestauslaitteelle. Nykyisen CCT₁₀ -prototyypilaitteen ohjelmiston kehitykseen lisättiin painoanturinkalibrointi ja mittaus tulosten raportoinnin automatisointi. Lisäksi tehtiin selvitystä laajennuksesta monen testilaitteen ohjaamiseksi. Tavoitteena oli saada mittaus toimimaan luotettavasti, jotta tilaaja pystyy suorittamaan tuotteelleen kestävyysmittauksia, jotka olisivat vertailukelpoisia kilpailijoiden mittaus tulosten kanssa.</p> <p>Ohjelmisto ja laitteiston tiedonkeruu suunniteltiin käyttämällä LabVIEW-ohjelmistoympäristöä ja National Instrumentsin laitteistoa. Työ perustui aiempaan versioon ohjelmistosta, joka toteutettiin harjoitustyönä ohjaajan avustuksella. Laitteiston mekaniikka on suunniteltu ja valmistettu Savonia-ammattikorkeakoulun konetekniikan koulutusohjelman opiskelijan opinnäytetyönä.</p> <p>Tuloksena saatiin määritettyä laitteistokokoonpano, jolla voidaan mitata ja ohjata 1 - 6 mittalaitetta samanaikaisesti, sekä parannettu versio ohjelmistosta, jota voidaan hyödyntää edelleen usean laitteen ohjaamiseen kehitettävän ohjelmiston runkona.</p>	
Avainsanat CCT10, fluting, aallotuskarttonki, LabVIEW	
Luottamuksellisuus Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electronic Engineering			
Author(s) Mikko Sakari Niskanen			
Title of Thesis Developing Measurement Software and User Interface and Design of New Hardware Configuration for the Determination of Creep Properties of Fluting			
Date	7 March 2013	Pages/Appendices	39+12
Supervisor(s) Mr. Asmo Jakorinne, Research Engineer / Savonia University of Applied Sciences			
Client Organisation /Partners Mr. Jukka Silvennoinen, Research and Development Manager / Powerflute Oyj			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to design the software and user interface for the determination of creep properties of fluting. The present measurement software was improved by designing calibration for the force sensor and automated reporting of test data. The possibility to control more than one test device was also researched. The aim was to design reliable measurement software that can be used to determine the strength of the product.</p> <p>The software and data acquisition was developed by using the LabVIEW System Design Software and National Instruments` DAQ device. The work was based on improving the previous version of the CCT₁₀-test system software which was made during the practical training with the help of the supervisor in 2012. Mechanics for the device were designed and manufactured by a thesis of a student in the degree program of Mechanical Engineering and Production at Savonia UAS. The result of this thesis was a hardware configuration that can measure and control 1 to 6 test devices simultaneously as well as an improved version of the measurement software that can be used to develop measurement software for multiple test devices.</p>			
Keywords CCT10, fluting, LabVIEW			
Confidentiality Public			

ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa, tutkimusinsinööri Asmo Jakorinnettä kärsivällisestä toiminnasta yhteistyössä tehdyn tiedonkeruulaitteiston ja ohjelmiston suunnittelussa sekä ohjaajan roolissa toimimisesta. Lisäksi kiitos Powerflute Oyj:n tuotepäällikkö Jukka Silvennoiselle ja tuotetestauslaboratorion väelle yhteistyöstä. Erityiskiitos vaimolleni Saraille ymmärryksestä ja tuesta projektin aikana.

Kuopiossa 7.3.2013

Mikko Niskanen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	8
2	PAPERI JA KARTONKI.....	9
2.1	Paperi ja kartonki hyödykkeinä	9
2.2	Aaltopahvin valmistus	9
2.3	Paperi- ja kartonkilajit.....	12
2.3.1	Sisäpakkauuskartongit ja graafiset kartongit.....	12
2.3.2	Ulkopakkauuskartongit	13
2.4	Paperin ja kartongin ominaisuuksien hallinta	14
2.4.1	Neliömassa	14
2.4.2	Vetolujuus	15
3	AALLOTUSKARTONGIN PURISTUVUUDEN TESTAUS.....	17
3.1	CCT-mittaus.....	17
3.2	CCT ₁₀ -mittaus.....	17
3.2.1	Mittausmenetelmä.....	18
3.2.2	CCT ₁₀ -mittauksen tulosten käsittely.....	18
4	SUUNNITTELU.....	20
5	TOIMINNALLINEN KUVAUS.....	22
5.1	Laitteisto.....	22
5.1.1	NI USB-6210 -tiedonkeruukortti.....	24
5.1.2	PC	25
5.2	Anturit ja ohjelmisto	25
5.2.1	Voima-anturi.....	26
5.2.2	Etäisyysanturi	28
5.2.3	Käyttöliittymä	31
6	JATKOKEHITYS.....	33
6.1	Tiedonkeruu.....	33
6.2	Ohjelmisto	35
7	TULOKSET JA YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	38

LIITTEET

- Liite 1 Ohjelman toiminnan lohkokaaviot
- Liite 2 Laskuesimerkki, tietokoneen laitteistovaatimukset
- Liite 3 Mittausohjelmiston käyttöohje

1 JOHDANTO

Kartongista valmistetun kuljetuspakkauksen tarkoitus on suojata tuotetta mahdollisilta vaurioilta. Huomioon otettavia ominaisuuksia ovat riittävä lujuus, läpäisemättömyys ja tiivistä sulkeutuva pakkaus. (Hägglom-Ahnger 2005, 8.)

Jotta kuljetuspakkauksien ominaisuudet saadaan testattua, vaaditaan realistista testausmenetelmää luotettavien tulosten saamiseksi. CCT₁₀ (Corrugated Crush Test) on ruotsalaisen pakkauspaperin valmistajan Billerud Ab:n kehittämä testausmenetelmä paremman testituloksen saamiseksi kartongin puristuvuuskestävyydestä. Testaus suoritetaan mahdollisimman realistisissa olosuhteissa, jotka vastaavat olosuhteita, joihin kuljetuslaatikko todennäköisesti joutuu kuljetuksen aikana. Huomioon otettavia seikkoja ovat mm. kuljetuksen kesto ja korkea suhteellinen kosteusprosentti. (BillerudKorsnäs 2013.)

Powerflute Oyj:llä on vakiintunut asema Pohjoismaissa puolikemiallisen aallotuskartongin eli flutingin valmistuksessa. Konsernin yksi tärkein kauppakumppani on sen tytäryhtiö Savon Sellu Oy, joka toimii Kuopiossa. Se tuottaa jopa 300 000 tonnia aallotuskartonkia vuodessa. Yli 40 % myynnistä suuntautuu Euroopan ulkopuolelle. Suuret hedelmien ja vihannesten tuottajamaat ovat tärkeimpiä vientimaita, koska tuote soveltuu ihanteellisesti vientilaatikoihin. (Powerflute 2013; Harvestia 2011.)

Työn tavoitteena on suunnitella valmiin prototyypin pohjalta parannettu versio laitteiston ohjelmistosta ja käyttöliittymästä. Nykyisen CCT₁₀ -prototyypilaitteen ohjelmiston kehitykseen lisätään painoanturikalibrointi, mittaustulosten raportoinnin automatisointi ja tehdään selvitys testin laajentamiseksi usealle laitteelle. Tavoitteena on saada mitaus toimimaan luotettavasti, jotta asiakas pystyy suorittamaan tuotteelleen lujuusmittauksia, jotka ovat vertailukelpoisia kilpailijoiden mittaustulosten kanssa.

Työ sai alkunsa syksyllä 2011, jolloin Powerflute Oyj tilasi Savonialta CCT₁₀-mittalaitteen prototyypin. Savonia-ammattikorkeakoulun konetekniikan opiskelija Aki Virkalevo teki opinnäytetyönsä laitteen mekaniikkasuunnittelusta. (Virkalevo 2012). Savonia-ammattikorkeakoulun ST-alan TKI-yksikön tehtävänä oli suunnitella mittalaitteeseen anturointi ja mittausohjelmisto. Laitteeseen toteutettavan anturointi ja mittausohjelmisto suunniteltiin yhdessä ST-alan TKI-yksikön tutkimusinsinöörin kanssa. Prototyyppi saatiin valmiiksi alkuvuodesta 2012, jonka jälkeen tilaaja otti laitteen omiin testauksiinsa. Tarkoituksena oli kehittää ohjelmistoa ja laitetta, mikäli prototyyppi vaikuttaa toimivalta.

2 PAPERI JA KARTONKI

2.1 Paperi ja kartonki hyödykkeinä

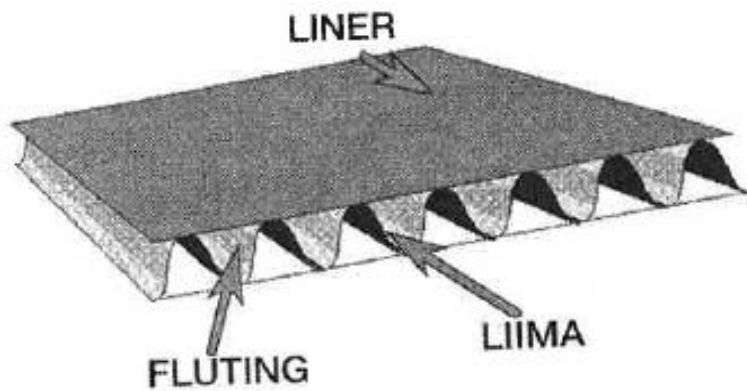
Paperi ja kartonki ovat tärkeimpiä nykyajan hyödykkeitä, esim. öljyn ja kahvin rinnalla. Paperinkulutusta voidaan pitää yhtenä elintason mittana, sillä yleensä kulutus noudattaa bruttokansantuotteen kasvua. Köyhissä maissa paperin kulutus on vuosittain vain muutamia kiloja asukasta kohti, kun taas Yhdysvalloissa kulutus on yli 300 kg asukasta kohti. Suomessa kulutus on noin 250 kg/asukas. (Hägglom-Ahnger 2005, 8.)

Paperi on rakenteeltaan ohut, levyäinen kuitutuote. Sen rakenne riippuu pitkälti kuitujen ominaisuuksista. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat kuitusidokset, kuitujen suuntautuminen ja kuitujakauma. Ominaisuudet tulee optimoida kullekin paperi- ja kartonkilaadulle sopivaksi. (Hägglom-Ahnger 2005, 8,9.)

2.2 Aaltopahvin valmistus

Aaltopahvi on tärkein kuljetuslaatikoiden valmistusmateriaali sen lujuuden ja keveyden vuoksi. Sen valmistus ei poikkea pääpiirteiltään paperin valmistuksesta. Kartongissa on kuitenkin useampi kuitukerros, kun taas paperi on yksikerroksinen. Aaltopahvi muodostuu kahdesta tai useammasta kartonkikerroksesta, joista ainakin yksi on aallotettu. Pahvi tarkoittaa tuotetta, joka on tehty liimaamalla useita kartonkeja yhteen. (Hägglom-Ahnger 2005, 8-9.)

Hylsykartonkia ja aaltopahvin aallotuskartonkia eli flutingia lukuun ottamatta kartongit ovat monikerroksisia (Hägglom-Ahnger 2005, 8). Hylsykartonki on kierre- tai rinnakkais (parallel) -hylsyjen valmistukseen käytetty kartonkilaatu. Hylsykartonkia käytetään yleensä paperirullien pohjina, joiden päälle rulla muodostetaan. Fluting, aaltopahvin aaltokerros, on pahvilaatikon selkäranka. Se on laatikon tärkein tukirakenne, ja pitää sen koossa. Aallotuskartongin tehtävänä on liittää pintakartongit toisiinsa ja pitää ne tietyllä etäisyydellä (= aallonkorkeus) toisistaan. Liner eli pintakartonki on suora kartonkikerros, joka kiinnitetään flutingiin yleensä liimalla. (Aaltopahvi käsikirja 2013.)



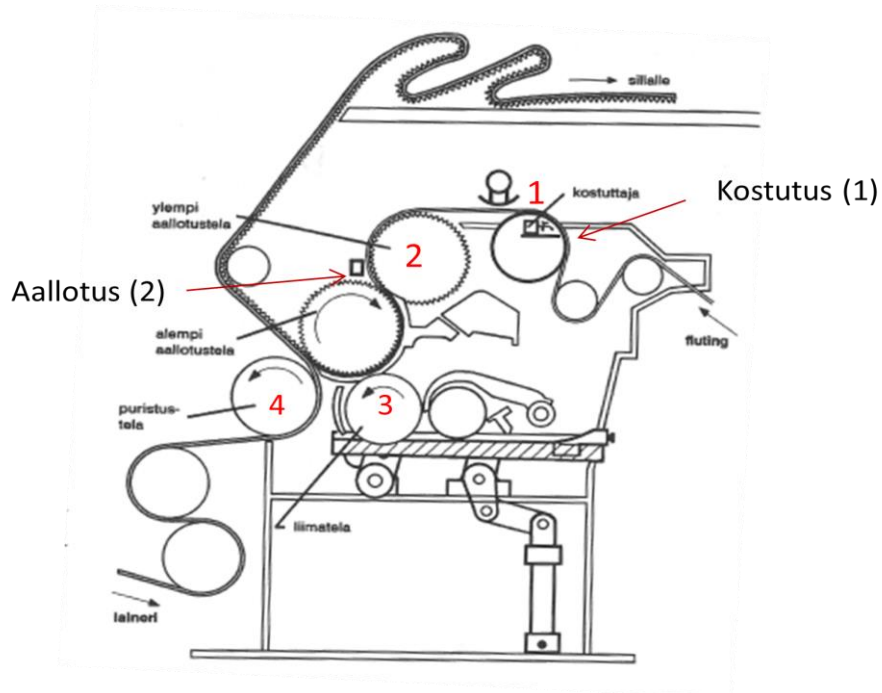
KUVA 1. Kaksipuolinen aaltopahvi (Karhuketo 2004, 156).

Aaltopahvi voi olla yksi-, kaksi- tai kolmiaaltoinen. Aaltoisuus tarkoittaa flutingien lukumäärää aaltopahvissa. Kaksiaaltoinen aaltopahvi koostuu kahdesta pintakartonkikerroksesta, kahdesta aallotuskartonkikerroksesta ja suorasta kartonkikerroksesta, jotka ovat flutingien välissä. Kolmiaaltoinen aaltopahvi koostuu kahdesta pintakartonkikerroksesta, kolmesta aallotuskartonkikerroksesta ja kahdesta suorasta kartonkikerroksesta. (Aaltopahvi käsikirja 2013.)

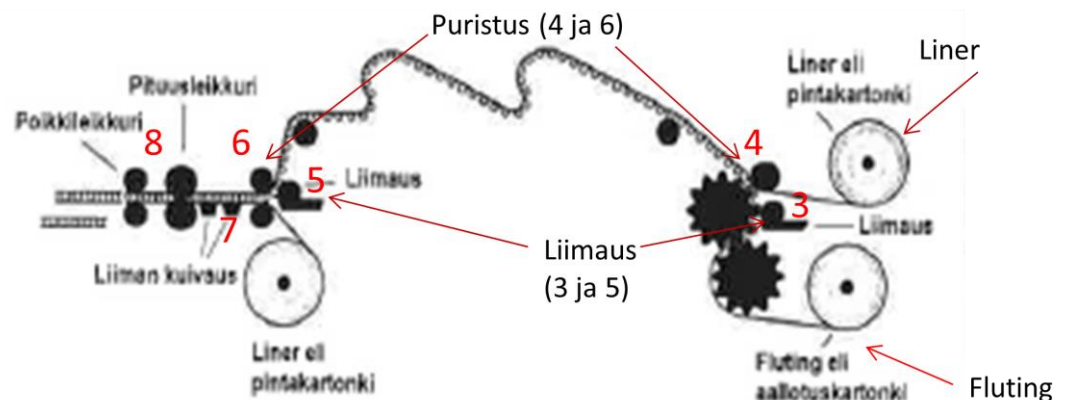
Aaltopahvikone on n. 100 m pitkä kone, jonka toiseen päähän syötetään laineria ja aallotuskartonkia ja jonka toisesta päästä tulee valmiista aaltopahviarkkeja tai yksi- puolista aaltopahvia rullina. Paperikoneeseen verrattuna aaltopahvikoneet ovat hitaita, sillä niiden nopeusalue on 150–280 m/min, kun taas paperikoneen nopeus on n. 2000 m/min. (Karhuketo 2004, 158.)

Aaltopahvin valmistus etenee seuraavasti:

- flutingkartongin esilämmitys ja kostutus (1)
- flutingin aallotus (2)
- liimaus (3)
- lainerin puristus kiinni flutingiin (4)
- liimaus toiselle puolelle (5)
- lainerin puristus (6)
- kuivatus (7)
- leikkaus (8). (Karhuketo 2004, 158,159.)



KUVA 2. Aallotusyksikkö (Karhuketo 2004, 160).



KUVA 3. Aaltopahvin valmistuskaavio (Karhuketo 2004, 159).

Ensimmäisessä vaiheessa flutingkartonki, joka tässä vaiheessa ei ole vielä aallotettu, esilämmitetään höyryllä kuumennetulla sylinterillä (Karhuketo 2004, 159).

Sen jälkeen se kostutetaan, jotta saadaan tarvittava joustavuus. Seuraavaksi kostea flutingkartonki menee kuumennettujen aallotustelojen välistä, jolloin se aallottuu pysyvästi. (Karhuketo 2004, 159.)

2.3 Paperi- ja kartonkilajit

Paperin ja kartongin välille on vaikea vetää selvää rajaa. Ne erottavat kuitenkin niiden käyttötarkoitukset. Paperia käytetään yleensä kirjoitus- ja painotarkoituksiin, kartonkia puolestaan pakkauksiin. (Hägglom-Ahnger 2005, 8.)

2.3.1 Sisäpakkaukartongit ja graafiset kartongit

Pakkauksen tarkoitus on suojata tuotetta mahdollisilta vaurioilta. Lujutta arvioidaan lähinnä puristuskestävyyden avulla. Tämä suure korreloi myös pinoamiskestävyyden kanssa. Myös puhkaisu- ja repäisyjujuus ovat joskus haluttuja ominaisuuksia. Kartongit voidaan jakaa neljään luokkaan:

- sellukartonki (SBS = Solid Bleached)
- valkopintainen keräyskuitukartonki (WLC = White Lined Chipboard)
- valkaisuaton sellukartonki (CNK = Coated Natural Kraft)
- taivekartonki (FBB = Folding Box Board). (Hägglom-Ahnger 2005, 72.)

SBS-kartongin käyttökohteita ovat nestepakkaukset, juomakupit ja lautaset. Tästä syystä haju, maku ja puhtaus ovat tärkeitä ominaisuuksia. SBS-kartonki valmistetaan lehti- ja havupuumassasta. (Hägglom-Ahnger 2005, 73.)

WLC- ja FBB-kartonkia on useimmiten kiillotettu ja päällystetty. Niitä käytetään elintarvike-, kosmetiikka-, alkoholi-, lääke- ja savukepakkauksissa. CNK-kartonki on valkaisuaton sellukartonki, jonka pinnalla on pigmenttipäällystys. (Hägglom-Ahnger 2005, 73.)

2.3.2 Ulkopakkauskartongit

Ulkopakkauskartonkeja ovat

- aaltopahvi
- kraftlaineri
- valkopintainen laineri
- testlaineri
- aallotuskartonki (fluting).
- hylsykartonki. (Hägglom-Ahnger 2005, 75.)

Aaltopahvi on kartongista valmistettujen kuljetuspakkausten tärkein raaka-aine. Aaltopahvin raaka-aineita ovat lainerit ja aallotuskartonki eli fluting. (Hägglom-Ahnger 2005, 75.)

Kraftlaineri eli päällystyskartonki valmistetaan yleensä kahdesta kerroksesta ja sen pinnan tulee olla luja ja hankausta kestävä. Sitä käytetään aaltopahvin pintakerroksena. Kraftlaineria käytetään yleensä esimerkiksi pesupulveripakkauksissa ja pullonkantokartongeissa. (Hägglom-Ahnger 2005, 75.)

Testlaineri valmistetaan pääsääntöisesti keräyskuidusta. Koska testlainerin neliömassa on suurempi kuin kraftlainerin, sille saadaan tyydyttävä jäykkyys- ja lujuustaso. (Hägglom-Ahnger 2005, 75.)

Aallotuskartonki valmistetaan erilaisista kuiduista. Pääajit ovat NSSC-fluting (Neutral Sulphite Semi Chemical eli puoliselu) ja Wellenstoff (Recycled fluting eli uusiokuitupohjainen aallotuskartonki). Flutingin tärkeimpiä ominaisuuksia ovat sen ajettavuus aaltopahvikoneessa ja jäykkyys. Sen täytyy olla huokoinen ja helposti liimautuva. (Hägglom-Ahnger 2005, 75.)

Hylsykartonki on yleisimmin käytetty materiaali kierrehylsyjen valmistamiseen. Hylsykartonki on valmistettu aaltopahvi-, kraftlaineri- sekä nestepakkauskartonkijätteestä. (Hägglom-Ahnger 2005, 76.)

2.4 Paperin ja kartongin ominaisuuksien hallinta

Paperin laatua kuvataan mm. seuraavilla suureilla:

- neliömassa
- kosteus
- paksuus
- jäykkyys eli bulkki
- tuhkapitoisuus
- väri
- opasiteetti eli paperin läpinäkyvyys
- vaaleus
- kuituorientaatio
- veto- ja repäisylujuus
- sileyys
- kiilto (Mäkelä 2006, 12.)

2.4.1 Neliömassa

Paperin neliömassa tarkoittaa paperin tai kartongin massaa grammaa / neliometri (g/m^2). Siihen sisältyvät sekä paperin kuiva-aine että vesi. Paperin neliömassat vaihtelevat 28–150 g/m^2 . Kartongit ovat monikerrostuotteita, joten niiden neliömassat alkavat 100 g/m^2 :stä aina 600 g/m^2 :iin asti. (Hägglom-Ahnger 2005, 78.)

Jalostusprosessia mukautetaan usein paperin tai kartongin ominaisuuksia vastaavaksi. Neliömassan vaihtelut vaikuttavat melkein kaikkiin paperin ominaisuuksiin. Neliömassan kasvaessa paperin lujuus, opasiteetti ja tiiviys paranevat. Neliömassan, joka on tärkeä elementti muissakin paperin ominaisuuksissa, pitää olla tasainen kaikkiin suuntiin kaikkina aikoina. Ominaisuuksien tasaisuus on tärkein tekijä. Ominaisuuksien vaihtelut voidaan jakaa erisuuntaisiin seuraavasti:

- konesuunnan vaihtelut, nopeat (1 - 100 Hz) ja hitaat (< 1 Hz)
- stabiilit poikkisuunnan vaihtelut
- satunnaisvaihtelut eli jäännösvaihtelu (jäännösvaihtelu = kokonaisvaihtelu – (konesuunnan + poikkisuunnan vaihtelut))
- kalibrintivirheet, toimituserien vaihtelut. (Hägglom-Ahnger 2005, 78, 80.)



KUVA 4. (1) Satunnaisvaihtelu, (2) Systemaattinen vaihtelu koneen poikkisuunnassa, (3) Systemaattinen vaihtelu konesuunnassa. (Hägglom-Ahnger 2005, 79).

Konesuunnan vaihteluiden syynä ovat sulpun (vesiliete) nopeuden tai sakeuden vaihtelu perälaatikon huulella (paperikoneen alkupään osassa). Nopeusvaihtelut johtuvat perälaatikossa tai sitä edeltävissä prosesseissa syntyvistä painevaihteluista. Vaihteluita voidaan säädellä syöttämällä lyhyeen kiertoan annostelumassaa, jonka sakeus on n. 3 %. (Hägglom-Ahnger 2005, 78.)

Poikkisuunnan vaihtelut aiheutuvat pääsääntöisesti nopeuden ja huulisuihkun paksuuden vaihtelusta. Huulisuihku on perälaatikon osa, jonka kautta massa virtaa viiralle (tasomainen metalli- tai muovikudos). Paksuutta voidaan säädellä sulkemalla huuliaukkoa reunoilta. (Hägglom-Ahnger 2005, 79.)

Jäännösvaihtelu tarkoittaa vaihtelua, joka jää jäljelle kun vaihtelusta eliminoidaan kone- ja poikkisuunnan vaihtelut. Jäännösvaihteluun vaikuttavat eniten virtaushäiriöt perälaatikon alueella. (Hägglom-Ahnger 2005, 79.)

Neliömassan epätasaisuus aiheuttaa muissakin ominaisuuksissa vastaavaan vaihtelun. Tämä saattaa vaikuttaa merkittävästi paperin ja kartongin valmistus- ja jälkikäsitelyprosessiin. Lisäksi se saattaa huonontaa paperin ja kartongin käyttöominaisuuksia. Haitallisuus neliömassan epätasaisuudessa riippuu sen taajuudesta, vaihtelun intensiteetistä ja vaihtelukomponentista. (Hägglom-Ahnger 2005, 80.)

2.4.2 Vetolujuus

Vetolujuus kasvaa paperin neliömassan kasvaessa. Paperin vetolujuus on n.1 - 10 kN/m ja kartonkien vetolujuus yli 10 kN/m. Kuitujen asettuminen paperiradan pitkittäis- ja poikkisuuntaan on nimeltään kuituorientaatio. Kuituorientaatio vaikuttaa merkittävästi paperin veto- ja repäisylujuuteen. Haluttu suhdeluku pitkittäis- ja poikkisuunnan välillä on yleensä suurempi kuin 1 eli kuidut asettuvat enemmän pitkittäisuuntaan. (Hägglom-Ahnger 2005, 94.)

Paperin indeksoitu vetolujuuden mitta on myös samalla sen katkeamispituus. Katkeamispituuden (m) avulla saadaan selville, kuinka pitkä paperiliuska voi olla ennen katkeamistaan omasta painostaan. Yleensä paperin katkeamispituudet ovat 3 - 9 km, joskus jopa 50 – 150 km. (Hägglom-Ahnger 2005, 94.)

Paperin ja kartongin jäykkyys on verrannollinen paksuuden kolmanteen potenssiin. Paksuus mitataan standardoidulla menetelmällä (ISO 534) ”mikrometrillä 2 cm² mitapäällä, joka painaa paperia 2 kg:n painolla eli paine on noin ilmakehän paineen suuruinen (n. 100 kPa).” (Hägglom-Ahnger 2005, 82.)

3 AALLOTUSKARTONGIN PURISTUVUUDEN TESTAUS

3.1 CCT-mittaus

Aaltopahvikartonkien kestävyttä mitataan asettamalla kartongin päälle tietyn massainen kappale. Kappale romahtaa tietyn ajan kuluessa riippuen massan määrästä. Testaus on tärkeää, sillä kuljetuslaatikko joutuu pitkiä aikoja rasitukselle kuljetuksen aikana. (BillerudKorsnäs 2013.)

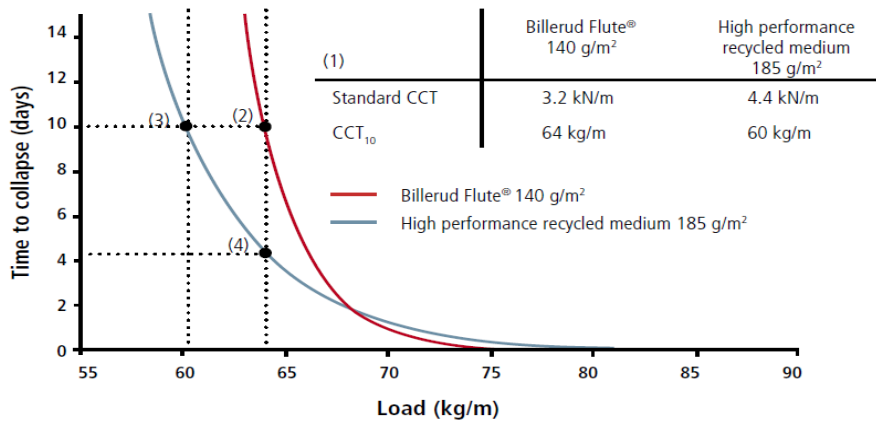
Perinteinen testaustapa aaltopahvin kestävyydelle on CCT (Corrugated Crush Test). Sitä käyttävät paperinvalmistajat ympäri maailmaa. Testissä aallotuskartonkia eli flutingia rasitetaan tietyn suuruisilla massoilla, kunnes se romahtaa. Yleensä käytetty aika on suhteellisen lyhyt, sillä mittauksessa käytetään suuria massoja. Flutingin ominaisuudet määritellään maksimimassan, jonka se kestää ennen romahtamistaan, mukaan. Tätä arvoa käytetään vertailemalla sitä kartongin eri suureisiin. (Billerud-Korsnäs 2013.)

CCT ei kuitenkaan mittaa kestävyyttä. Se ei ota huomioon jatkuvaa kuormaa ja pitkiä aikoja korkeassa suhteellisessa kosteudessa; olosuhteita joihin kuljetuslaatikko joutuu kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Näiden ominaisuuksien testaus on tärkeää, sillä jatkuva kuorma aiheuttaa flutingin hitaan painumisen. Lisäksi muutos normaalista kosteastaan tilaan voi heikentää kuljetuslaatikon kestävyyttä. (Risi 2013.)

3.2 CCT₁₀-mittaus

Billerud AB on kehittänyt CCT₁₀-testimenetelmän paremman testituloksen saamiseksi kartongin puristuvuuskestävyydestä. CCT₁₀-testissä käytetään tasaista vakiokuormaa. Lisäksi testi voi kestää 10 päivää tai enemmän. Myös olosuhteet, joihin kuljetuslaatikko todennäköisesti joutuu matkallaan määränpäähän, otetaan huomioon testissä. Tällaisia ovat pitkä aika ja korkea suhteellinen kosteusprosentti. CCT₁₀-testaus suoritetaan mahdollisimman realistisen tuloksen saamiseksi 90 % suhteellisessa kosteudessa ja 20 °C:ssa. Testi perustuu standardiin CCT-puristuskestävyyden mittauslaitteistoon. Siihen sisältyy testipenkki, joka pystyy pitämään jatkuvaa kuormaa tasaisesti kartongin päällä. Lisäksi puristuvuus pitää pystyä tallentamaan riittävän tarkkuuden saamiseksi. Olosuhdekaappi on tarpeellinen, jotta voidaan simuloida realistisia olosuhteita. Saadut tulokset esitetään muodossa kilogrammaa/metri. (Billerud-Korsnäs 2013.)

Comparison of performance



KUVA 5. CCT- ja CCT₁₀ – testaukset (BillerudKorsnäs 2013).

3.2.1 Mittausmenetelmä

Testiliuskat kartongista valmistetaan SCAN-P 42-standardin mukaan. Näytekappaleet asetetaan olosuhdekaappiin asettaen kuormaksi 10 N. Tämän jälkeen kuorma laskeaan näytteen päälle tasaisella nopeudella (10 mm/min). Heti aloituskuorman saavuttamisen jälkeen kuormaa lisätään nopeudella 100 N/s, kunnes haluttu kuorma on saavutettu. Kuorma pidetään vakiona, kunnes näytekappale saavuttaa romahduspisteen. (Scandinavian Pulp 2013; Carrierbag 2013.)

3.2.2 CCT₁₀-mittauksen tulosten käsittely

CCT₁₀-arvo esitetään muodossa kilogrammaa per metri ja se lasketaan seuraavasti:

$$CCT_{10} = \frac{F}{g \cdot l} \quad (1)$$

jossa

F: kuorma (N)

g: standardi putoamiskiihtyvyyys (9,81 N/kg)

l: näytekappaleen pituus (standardin mukaan 0,152 m).

Tulokseen sovellettu eksponentiaalifunktio on muotoa:

$$y = Ae^{-Bx} \quad (2)$$

jossa y on romahduspisteen saavuttamiseen kulutettu aika ja x on kuorma Newtonneissa. Vakiot A ja B saadaan sovittamalla käyttämällä pienimmän neliösumman menetelmää (PNS-menetelmä) ja ratkaisemalla yhtälö. Kuorma F , jonka näytekappale todennäköisesti kestää 240 h (10 d) on

$$F = \frac{\ln\left(\frac{A}{240}\right)}{B}. \quad (3)$$

(Liite 2). (BillerudKorsnäs 2013.)

4 SUUNNITTELU

Työ suunniteltiin yhteistyössä Savonia-ammattikorkeakoulun konetekniikan opiskelijan Aki Virkalevon ja ohjaajan Mikko Huuskon kanssa. Powerflute Oyj tilasi Savonialta prototyypin CCT₁₀-mittalaitteesta yrityksen omiin, oman tuotteen eli flutingin, kestävyden mittaustarkoituksiin. Konealan opiskelija teki opinnäytetyönsä laitteen mekaanikkasuunnittelusta.

Antureiden ja mittausohjelmiston suunnittelussa täytyi ottaa huomioon asiakkaan vaatimukset mittauksen tarkkuudelle. Käyttöliittymän oli näytettävä romahdusajanhetki ja millä kuormalla testi oli suoritettu. Flutingin puristuvuutta tuli pystyä seuraamaan reaaliaikaisesti ja mittausarvot tuli pystyä tallentamaan arkistoon. Billerudin käyttämästä mittausmenetelmästä kävi ilmi, että testi loppuu painuman raja-arvon ylitettyä 500 µm, tai kun fluting romahtaa. Antureiden tuli olla tarpeeksi tarkkoja suorittamaan vaadittua mittausta.

Etäisyysantureiden valintaan vaikuttivat tarkkuus, olosuhdekestävyys, liitettävyys laitteen mekaniikkaan ja PC:hen, sekä hinta. Aluksi hyväksi vaihtoehdoksi osoittautui SICK:in laser-etäisyysanturi (SICK OD2-P30W04A0, Sick AG, Saksa, Waldkirch). Perusteluina laserin valintaan vaikuttivat laseranturin eteen tehdyn esiselvityksen ja luotettavuuden toteaminen aikaisemmista projekteista, ja valmis hyödynnettävä ohjelmakoodi etäisyyden mittaamiseen. Olosuhdetestien perusteella laseranturi toimi oikein kosteissa olosuhteissa eikä olosuhdekaapin tärinä vaikuttanut mittaukseen. Vaihtoehtoiset menetelmät olivat magneettinauha tai jousipinni. Lopulta päädyttiin kuitenkin valitsemaan etäisyysanturiksi Micro-Epsilonin "MAIN" MDS-magneettianturi (Micro-Epsilon, USA, Raleigh, NC), jonka erottelukyky oli riittävä. Valintaan vaikutti myös laseranturin korkea kappalehinta. Tarkoituksena oli myöhemmin "monistaa" laite, jolloin antureita tarvittaisiin useampi kappale. Tällöin kappalehinnan merkitys kasvaisi entisestään. Tarkkuuden parantamiseksi tarvittiin 2 kpl magneettiantureita, jolloin voitiin minimoida mittausvirheiden mahdollisuudet, esim. asetinkelkan mahdollisen vinouden vuoksi.

Myös voima-anturin valintaan vaikuttivat hinta ja vaadittava tarkkuus. Kuorman mittaus ei tapahdu µm:n tarkkuudella, joten sen ei tarvinnut olla tarkkuudeltaan etäisyysanturin luokkaa. Hyväksi voima-anturiksi osoittautui Vetek:n (Vetek AB, Ruotsi, Vaddo) 50 kg:aan asti mittaava venymäliuska-anturi.

Anturit tarvitsevat ulkoisen virtalähteen toimiakseen, koska tiedonkeruukortista ei saada otettua tarvittavaa käyttöjännitettä/virtaa etäisyysantureille ja voima-anturin vahvistimelle. Tarvittava sisääntulojännite on 11,5 – 30 V. Virtalähteeksi valittiin erillinen MW 24 V DC 5A-virtalähde (Mean Well DR-120 - 24, Mean Well Enterprises Co, Taiwan).

Jotta mittaus-signaalit saataisiin PC:lle, tarvittiin tiedonkeruukortti, jossa on tarvittavat analogiset sisääntulot. Sisääntuloja tarvittiin yhteensä vähintään 3 kpl (2x etäisyysanturi + kuorma-anturi). Mittaus tapahtuu RSE (referenced single-ended mode)-menetelmällä. Sisääntulojännitettä verrataan 0 V jännitteeseen. Tällöin anturilta tarvitaan vain ulostulojännite eli 1 johto/anturi. Tarvittavat signaalien vaihteluvälit etäisyysanturilla on 2 - 10 V, kuorma-anturilla 0 - 10 V.

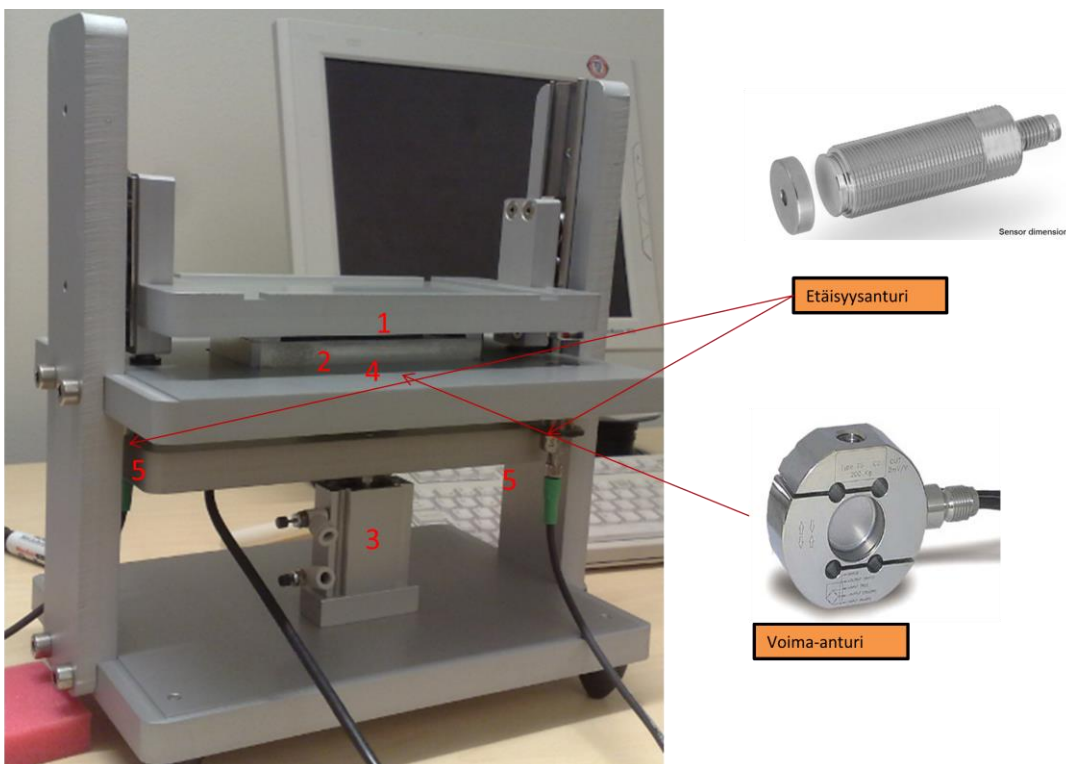
Koska mittausohjelmiston suunnitteluun käytettäväksi ohjelmaksi oli valittu LabVIEW (2011 v11.0, National Instruments, USA, Austin, TX) valittiin myös National Instrumentsin tiedonkeruukortti. Riittävän tarkkuuden ja toistettavuuden vuoksi mittauslaitteen resoluution tuli olla riittävä. National Instrumentsin USB-6210 (National Instruments, USA, Austin, TX) ominaisuudet olivat sopivat käyttötarkoitukseen. Lisäksi riittävät sisääntulot laitteessa mahdollistivat myöhemmät laajennuskohteet.

Ohjelmiston suunnittelussa tuli ottaa huomioon vaadittavat seikat käyttöliittymän ja tarkkuuden osalta. Aiemmin valmistetun prototyyppilaitteiston käyttäjäpalautteen perusteella havaittuja muutostarpeita olivat kuorma-anturin epätarkkuus, tiedostonnimeämisen hankaluus sekä automaattisen raportoinnin puuttuminen. Testi voi kestää useita viikkoja, joten luotettava automaattinen mittaus on tarpeen.

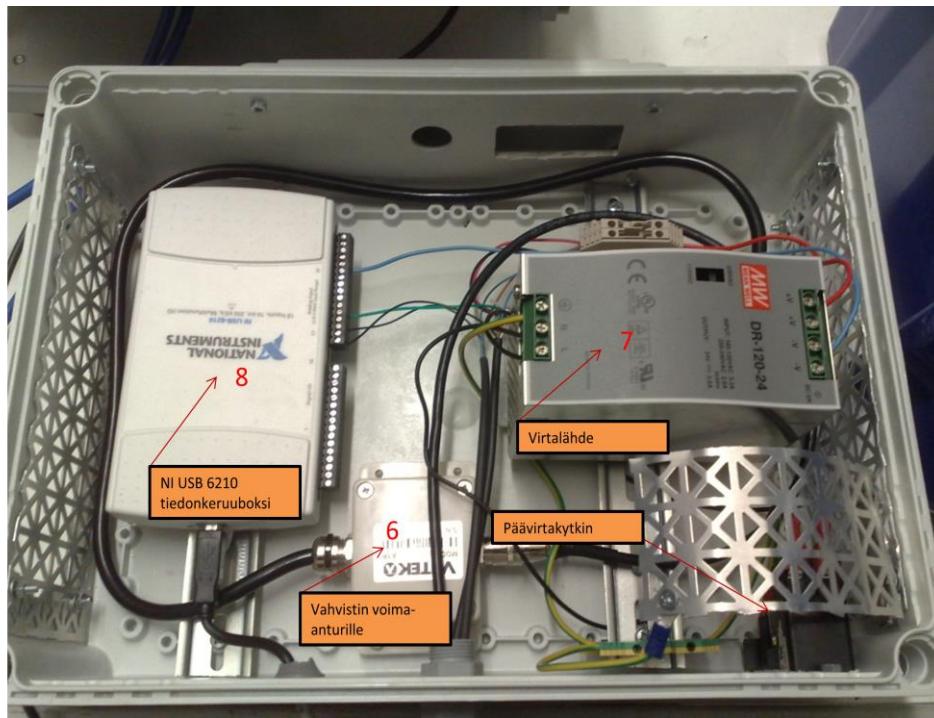
5 TOIMINNALLINEN KUVAUS

5.1 Laitteisto

Laitteisto koostuu mekaanisesta osasta (kuva 6), joka koostuu laakeroidusta painovoimaisesti liikkuvasta painokelkasta (1), kammasta, johon näytekappale asetetaan (2), paineilmasylinteristä (3), voima-anturista (4), kahdesta etäisyysanturista (5), kuorma-anturin vahvistimesta (6), virtalähteestä (7) sekä tiedonkeruukortista (8) (kuva 7). Itse mittauslaitteisto on asetettu Fibox-koteloon (Fibox Euronord, Fibox Oy Ab, Suomi. Espoo) (kuva 8).



KUVA 6. Laitteiston mekaniikka ja anturit (Laitte: Niskanen 2012; Anturit: Vetek 2013, Micro-Epsilon 2013).



KUVA 7. Tiedonkeruulaitteisto (Niskanen 2012).



KUVA 8. Tiedonkeruulaitteisto Fibox-kotelossa (Niskanen 2012).

5.1.1 NI USB-6210 -tiedonkeruukortti

National Instrumentsin USB-6210 on DAQ (data acquisition) -tiedonkeruulaite, jossa on 16 analogista sisääntuloa, 4 digitaalista sisään- ja ulostuloa, 250 kS/s yksikanavainen käsittelynopeus ja 4 ohjelmoitavaa sisääntuloaluetta ($\pm 0,2$ - ± 10 V) / kanava. Laite ei tarvitse erillistä virtalähdettä, vaan se saa tarvittavan käyttöjännitteen tietokoneen USB-väylästä. (National Instruments 2013.)



KUVA 9. NI 6210-tiedonkeruulaite (National Instruments 2013).

Tiedonkeruulaite on 16-bittinen, mikä merkitsee käytännössä sitä, että se pystyy ilmaisemaan 2^{16} (=65536) eri arvoa. Anturista saatava analoginen signaali muunnetaan digitaaliseen muotoon AD-muuntimella (analogia-digitaalimuunnin). (National Instruments 2013.) Kun analoginen signaali muutetaan digitaaliseksi, ajan ja amplitudin suhteen jatkuva signaali pitää tehdä diskreetiksi sekä aika-että amplituditasossa. Nyquistin teoreeman mukaan analogisesta signaalista tulee ottaa näytteitä taajuudella, joka on suurempi kuin kaksinkertainen alkuperäisessä signaalissa esiintyvään suurimpaan taajuuteen nähden. Suurin taajuus saadaan määriteltä kaavalla

$$f_{max} = \frac{1}{2T_s} \quad (4)$$

Mikäli taajuus on tätä suurempi, näyte laskostuu, jolloin epätarkkuus kasvaa.

Näytteenoton ja digitalisoinnin vuoksi alkuperäisen analogisen signaalin informaatiosta osa menetetään. Mitä useampibittinen AD-muunnin on käytössä, sitä parempi resoluutio voidaan saavuttaa.

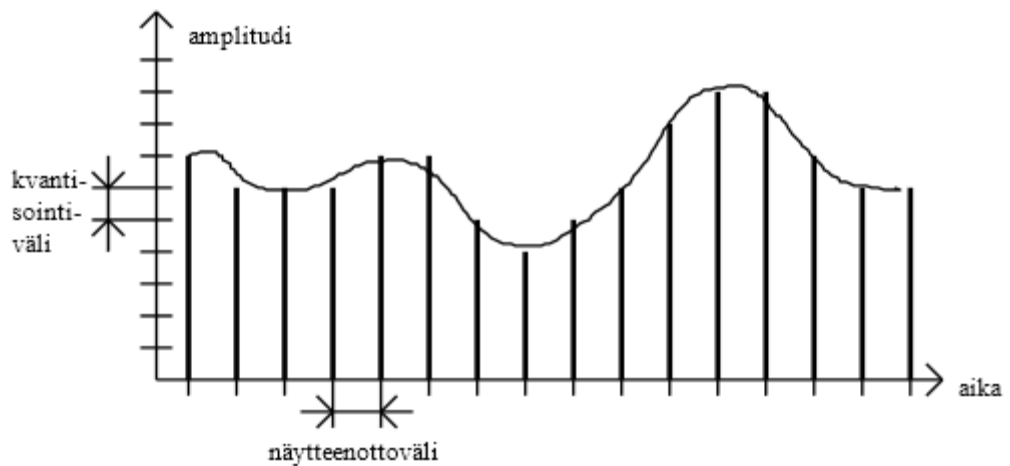
Kvantisoinnista aiheutuva virhe tai epätarkkuus on enimmillään

$$\pm \frac{1}{2^n} \quad (5)$$

jossa

n: bittien määrä. (Rantala 2012.)

Laitteen maksimiepätarkkuus on siis 0,001 %.



KUVIO 1. Analogiasignaalin kvantisointi (Rantala 2012).

5.1.2 PC

LabVIEW-ohjelmisto asettaa tietyt vaatimukset tietokoneelle. Ohjelman toiminta ei tuota ongelmia nykyaikaiselle tietokoneelle. Tietokoneessa tulee olla asennettuna LabVIEW "runtime-engine", joka asennetaan ohjelmiston asennuksen yhteydessä. (Liite 2). (National Instruments.)

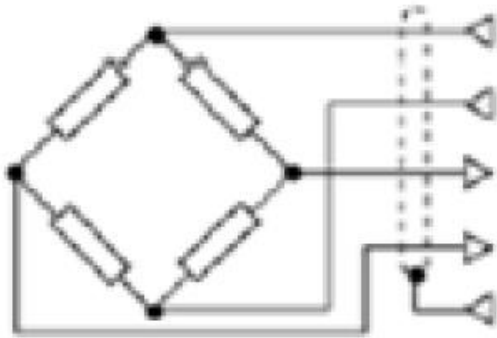
5.2 Anturit ja ohjelmisto

Laitteen antureita ovat voima-anturi ja kaksi etäisyysanturia. Ohjelmisto toteutettiin LabVIEW-ohjelmistolla.

5.2.1 Voima-anturi

Voima-anturi muuntaa voiman ulostulojännitteeksi. Kuorman kasvaessa jännitearvo kin kasvaa. Voiman mittaamiseen on useita vaihtoehtoja, mutta käytetyin on venymäliuska-anturi. (Aumala 2001, 114.)

Venymäliuska-anturissa olevan metallijohteen muoto muuttuu venytyksen vuoksi, ja siksi myös johteen resistanssi muuttuu. Resistanssin muutos on pieni suhteessa anturin kokonaisresistanssiin. Anturit asennetaan yleensä sähköisesti siltakytkentään ns. Wheatstonen siltakytkentää käyttäen. Wheatstonen silta on kaksihaarainen piiri, jossa kummassakin haarassa on kaksi vastusta. Toinen vastuksista on tuntematon ja sen resistanssi voidaan määrittää tunnettujen vastusten resistansseista. (Aumala 2001, 114.)



KUVA 10. Wheatstonen siltakytkentä (Vetek 2013).

Vetek-voima-anturi OIML R60 C2 on venymäliuska-anturi, jonka maksimikuorma on 50 kg. Sen herkkyys on 2 mV/V ja ulostuloresistanssi $352 \pm 2 \Omega$.



KUVA 11. Vetek OIML R60 C2 50 kg voima-anturi (Vetek 2013).

Pienen ulostulojännitteen vuoksi tarvitaan vahvistinta tarkkuuden parantamiseksi ja kohinan poistamiseksi. Vahvistin antaa voima-anturin ulostulojännitteen 0 - 5 V, 0 - 10 V tai 4 - 20 mA.



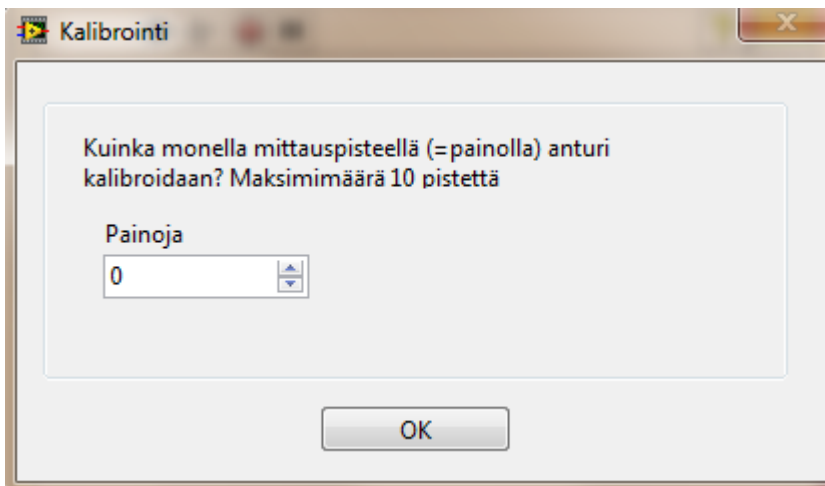
KUVA 12. Vetek voima-anturin vahvistin (Vetek 2013).

Voima-anturin arvo lasketaan ohjelman käynnistettyä ennen mittauksen aloitusta sekä mittauksen aikana. Kun haluttu kuorma asetetaan flutingin päälle, ja se on tasoittunut, kuorma tallennetaan muistiin. Vaikka anturi on kalibroitu ko. tarkoitukseen ennen mittausten aloittamista, voima-anturi on tarpeellista kalibroida uudelleen säännöllisin väliajoin. Voima-anturin kalibrointi voidaan tehdä CCT₁₀-laitteen omalla painopalkalla käynnistämällä erillinen kalibrointiohjelma LabVIEW-käyttöliittymästä.



KUVA 13. Kalibrointi-ikkuna (Niskanen 2013).

Kalibrointi voidaan tehdä vähintään kahdella ja enintään 10 erillisellä tunnetulla painolla. Kalibrointiohjelma laskee automaattisesti käytettyjen painojen ja anturin jännitteen välille sovituksen joka tallennetaan pääohjelman muistiin.

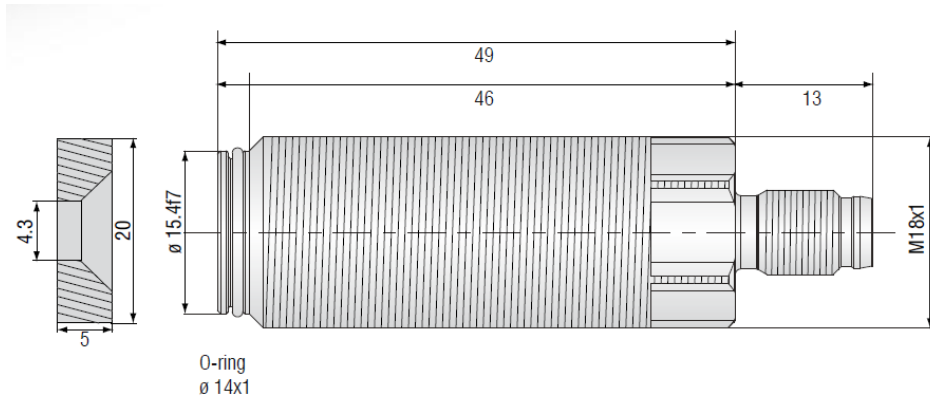


KUVA 14. Kalibroinnin suorittaminen (Niskanen 2013).

Anturin ulostulojännite vastaa tietyn kalibroidun arvon mukaista massaa. Tämän jälkeen ohjelma laskee yhtälön käyttämällä LabVIEW Linear fit –funktiota. Vahvistin antaa ulostulojännitteen, joka syötetään tiedonkeruulaitteen sisääntuloon. Kuorma saadaan laskettua ohjelmistossa, koska anturin herkkyyden tiedetään olevan 2 mV/V. Sensorin ulostulojännitteellä (excitation voltage) 10 V kuorma on 50 kg, 1 V jännitteellä 5 kg, ts. 40 mV/kg. Painumamittaus voidaan aloittaa, kun kuorma on tasoittunut.

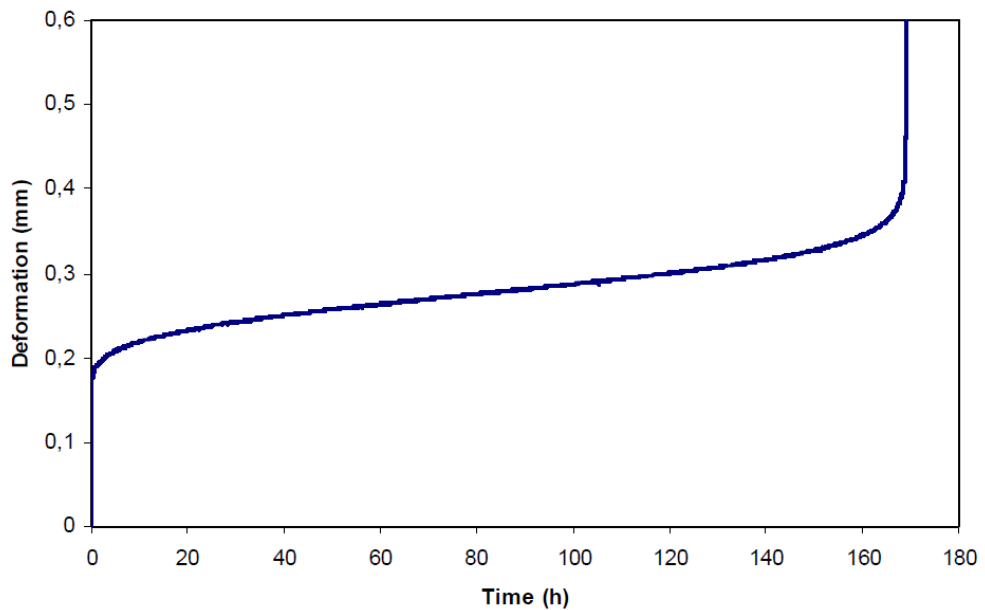
5.2.2 Etäisyysanturi

Micro-Epsilonin MDS-45-M18-SA on anturi etäisyyden mittaukseen magneettisesta kohteesta. Anturi pystyy mittaamaan etäisyyttä 45 mm:iin asti, minimietäisyyden ollessa 2,25 mm. Saatavilla on vaihtoehtoja 20 – 55 mm. Käytössä oleva magneetikappale toimii 20 mm mittausalueella. Etäisyys pystytään laskemaan ulostulojännitteen avulla. Etäisyyden kasvaessa jännitearvokin kasvaa. Anturin mittaus perustuu sekä magneettiseen että induktiiviseen mittausmenetelmään. Anturin kelaan syötetään vaihtovirtaa, jolloin se synnyttää magneettikentän. Maxwellin teorian mukaan magneettikenttä indusoi jännitteen, kun siihen tuodaan magneettinen kappale. Anturissa on kalvo, joka vaimentaa magneettikentän pyörrevirtoja magneettikentän voimakkuuden mukaan. Tällöin etäisyyden ja ulostulojännitteen välille saadaan lineaarinen suhde. (Micro-Epsilon 2013.)



KUVA 15. Micro-Epsilon MDS-45-M18-SA -mitat (Micro-Epsilon 2013).

Etäisyysanturi mittaa flutingin asetinkelkan etäisyyttä anturin pintaan. Mittauksen alettua ohjelma laskee etäisyyden anturista kelkkaan ja laittaa arvon muistiin. Etäisyys anturin ja asetinkelkan välillä kapenee flutingin painuessa. Erot ovat pieniä, yli 100 h aikana flutingin puristuma on vain n. 0,1 mm (kuvio 2).

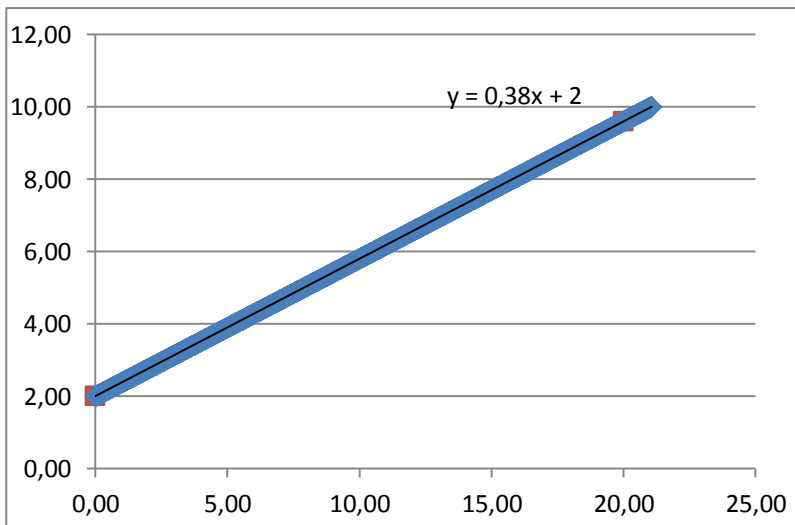


KUVIO 2. Painuma ajan funktiona (BillerudKorsnäs; Carrierbag 2013).

Anturi kalibroidaan tekemällä tarkka asteikko etäisyydelle ja merkitsemällä jännitearvo ko. etäisyydelle. Tämä toistetaan kahdelle mittauspisteelle, ja tehdään sovitus suoralle kaavalla:

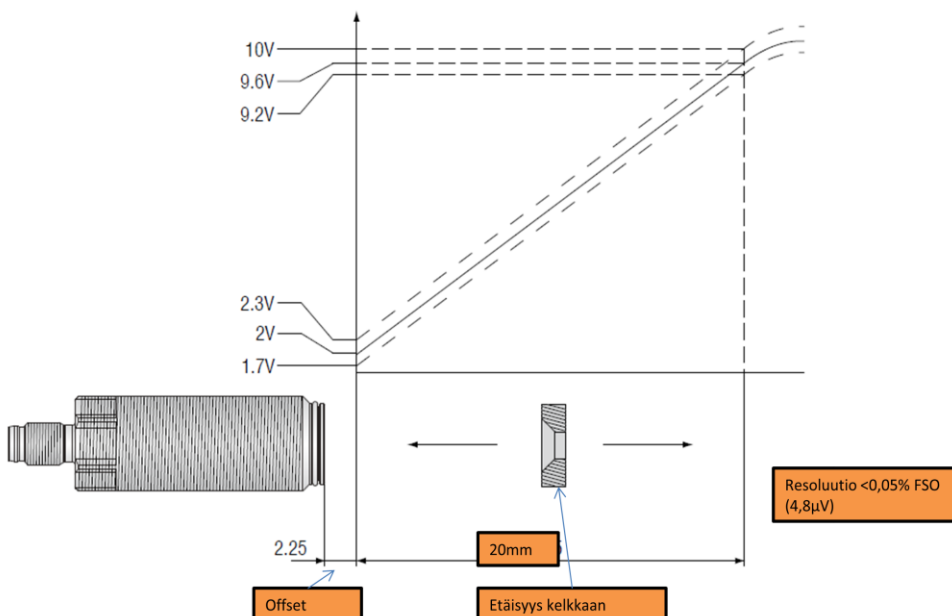
$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (4)$$

Tämän jälkeen voidaan laskea tarkat arvot, joiden mukaan etäisyys saadaan määritettyä lineaarisesti ulostulojännitteen funktiona.



KUVIO 3. Etäisyys saadaan määritettyä lineaarisesti ulostulojännitteen funktiona. (Niskanen 2013).

Tietämällä anturin resoluutio ja lineaarisuus saadaan laskettua 20 mm mitta-alue. Anturin resoluutio on $<0,05\%$ FSO:sta (Full Scale Output) ja lineaarisuus on $\pm 3\%$ FSO. Tällöin FSO (9,6 V) jännitteellä resoluutio on 0,0048 mm. Ulostulojännitteellä 2 V etäisyys on 0 mm. Etäisyys 0,0048 V:n välein voidaan laskea seuraavasti: $\frac{0,0048}{0,38} \approx 0,0126$ mm. Kulmakerroin suoralle on saatu suoran yhtälöstä. Näin 9,6 V jännitteellä etäisyys on 20 mm.



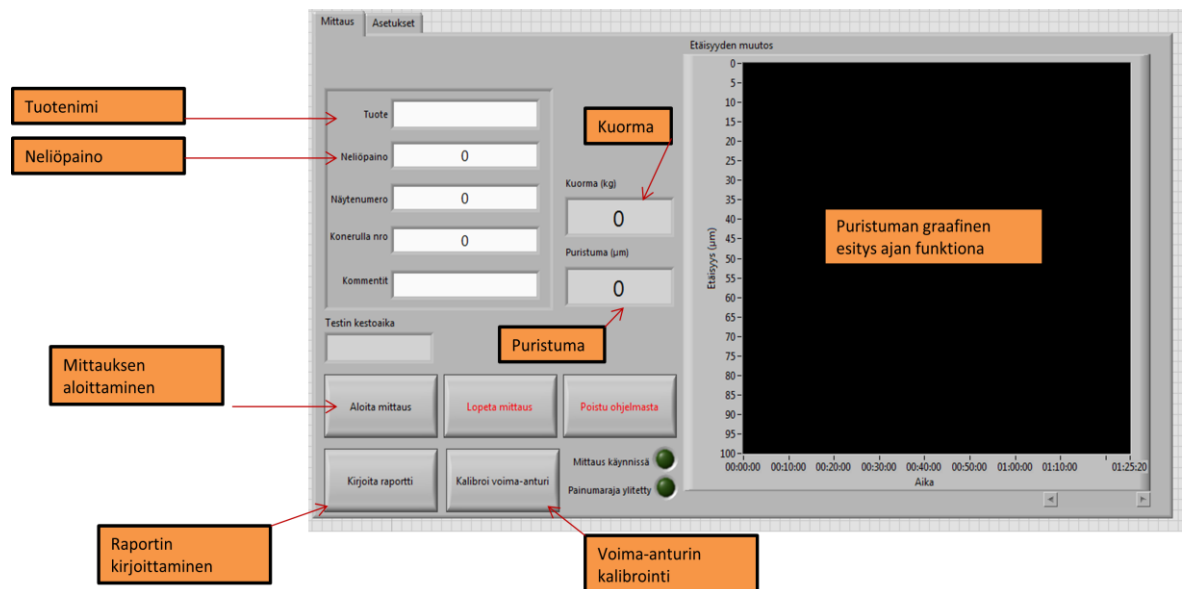
KUVIO 4. Etäisyys saadaan määritettyä ulostulojännitteen avulla (Micro-Epsilon 2013).

5.2.3 Käyttöliittymä

Ohjelmiston käyttöliittymän tuli olla selkeä ja helppokäyttöinen. Siinä tuli olla vaadittavat syöttöparametrit ja riittävät hallintaominaisuudet. Tärkeimmät syötettävät parametrit ovat tuotteen nimi sekä neliöpaino.

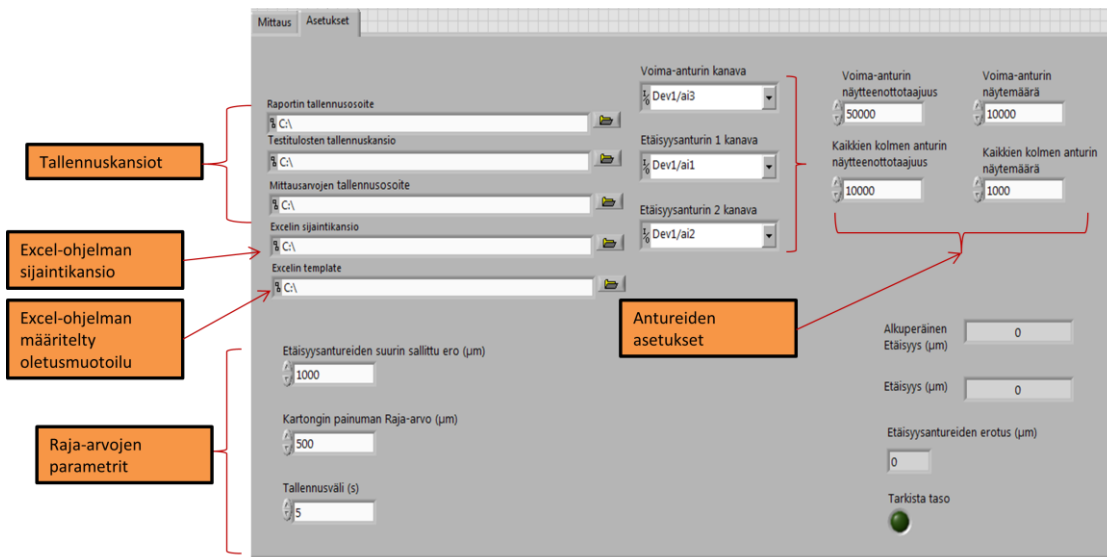
Ohjelmointiympäristönä käytettiin National Instruments LabVIEW-ohjelmistoa. Se on graafinen ohjelmointikieli, joka on suunniteltu erityisesti mittaus- ja testaussovelluksien suunnitteluun.

Syöttöparametrit ovat selkeästi esillä käyttöpaneelin yläreunassa vasemmalla. Mittauksen aloitus-, kalibrointi- ja raportin kirjoituspainikkeet ovat alareunassa helposti havaittavissa ja käytettävissä. Mittauksen aikana kuorma ja puristuma ovat esitettyinä reaaliaikaisena. Puristuma näytetään myös ajan funktiona graafisena.



KUVA 16. Käyttöliittymän pääikkuna (Niskanen 2013)

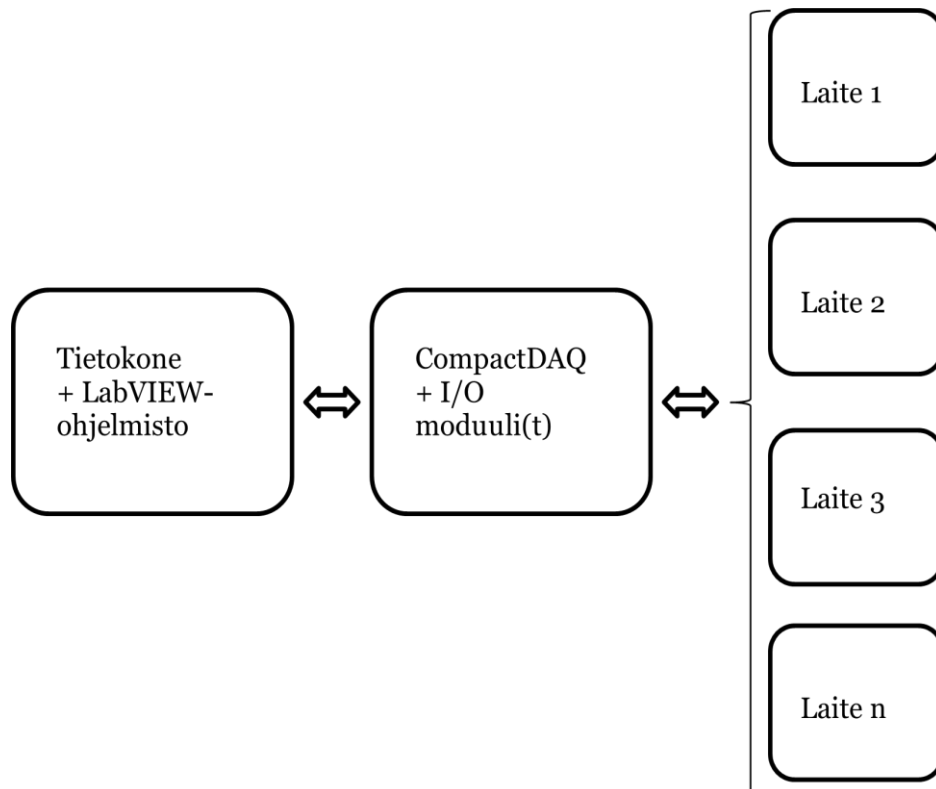
Asetukset -valikosta asetetaan tallennuskansiot, ja voidaan asettaa antureiden kanavat, näytämäärät sekä painuman raja-arvo tarvittaessa. Asetukset on määritelty ohjelmaan oletusasetuksina, joten käyttäjän ei tarvitse normaalikäytössä muuttaa niitä. Ainoastaan mittaustulosten tallennusosoitteet täytyy määritellä uudelleen, mikäli ohjelma käynnistetään uudelleen. Testauksen päätyttyä ohjelma palaa tilaan, jossa uusi testi voidaan aloittaa ilman asetusten muuttamista.



KUVA 17. Asetukset-valikko (Niskanen 2013).

6 JATKOKEHITYS

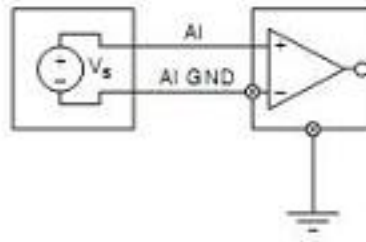
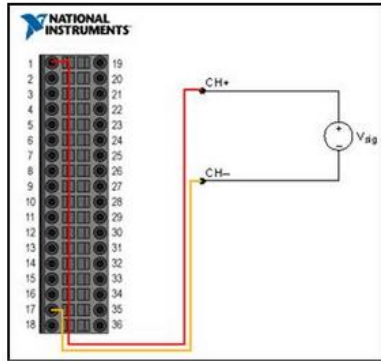
Laitteen ohjelmistoa ja laitteistoa on tarvetta kehittää. Ohjelman tulee pystyä kontrolloimaan useita testilaitteita. Testit alkavat eri aikaan, ja loppuvat flutingin romahdettua. Käyttäjän tulee pystyä käynnistämään eri laitteiden testi jo käynnissä olevien testien lisäksi, ja lopettamaan se tarvittaessa ilman muiden testien lopetusta. Ohjelman tulee pystyä havaitsemaan eri antureilta tuleva signaali ja lopettamaan kyseinen testi romahduspisteen saavutettuaan, ja jatkaa muiden laitteiden testejä.



KUVIO 5. Periaatekuva usean laitteen ohjaamisesta (Niskanen 2013).

6.1 Tiedonkeruu

Nykyisessä tiedonkeruulaitteessa NI USB-6210 on 16 analogista sisääntuloa (16-bit, 250 kS/s). Testauksen aikana havaittiin, että laitteen näytteenottotaajuus puolittuu jokaisen käytössä olevan sisääntulokanavan yhteydessä, mikäli kanavat alustetaan mittamaan rinnakkain. Yhtäaikainen mittaaminen ei ole tarpeellista, joten näytteenottotaajuus on riittävä usealle anturille. Mittaaminen voidaan tehdä siten, että ensimmäisenä luetaan laitteen 1 arvot, seuraavaksi laitteen 2 arvot, jne.



KUVA 18. RSE- jännitemittaus (National Instruments 2013).

Tulevaisuuden laitehankintojen kannalta olisi kuitenkin käytännöllisempää muuttaa tiedonkeruu kompaktimpaan muotoon. National Instruments tarjoaa mahdollisuuksia tähän. Sen compactDAQ-moduulirakenteiset mittauslaitteet soveltuvat vaativaan käyttöön.

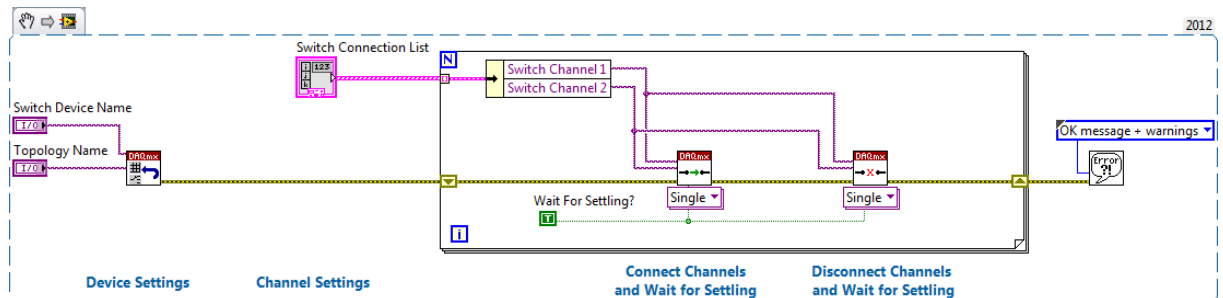
Taulukko 1: Vaihtoehtoisia tiedonkeruulaitteistoja (National Instruments 2013).

Tyyppi	Malli	Ominaisuudet	Hinta
Chassis USB	NI cDAQ-9171	1 moduulipaikka ei integroitua virtalähdettä	233 €
Chassis USB	NI cDAQ-9174	Virtalähde 9-30 V 4 moduulipaikkaa	699 €
Chassis Ethernet	NI cDAQ-9184	Virtalähde 9-30 V 4 moduulipaikkaa IEEE 802.3ab Gigabit Ethernet	899 €
Chassis Ethernet, RS232	NI cRIO-9075	Virtalähde 9-30 V 4 moduulipaikkaa LX25 FPGA	1249 €
Moduuli	NI 9201	8-Ch, 12-Bit, ± 10 V, 500 kS/s	369 €
Moduuli	NI 9221	8-Ch, 12-Bit, ± 60 V, 800 kS/s	779 €
Moduuli	NI 9205	32/16-Ch, 16-Bit, ± 10 V, 250 kS/s	529 €

NI cDAQ-9171 - tiedonkeruualustan ominaisuudet riittävät käyttötarkoitukseen. Tarvi-
taan vain yksi tiedonkeruumoduuli, joten sen yksi moduulipaikka riittää. NI 9205 on
käyttökelpoisin moduuleista: sen ominaisuudet ovat riittävät kaikkien anturisignaalien
mittaamiseen. Lisäksi tarvitaan 24 V DC 5A-virtalähde, koska NI:n moduuleista ei saa
otettua käyttöjännitettä antureille ja voima-anturin vahvistimelle. Nykyisessä tiedonke-
ruulaitteistossa olevaa virtalähdettä ei tarvitse vaihtaa.

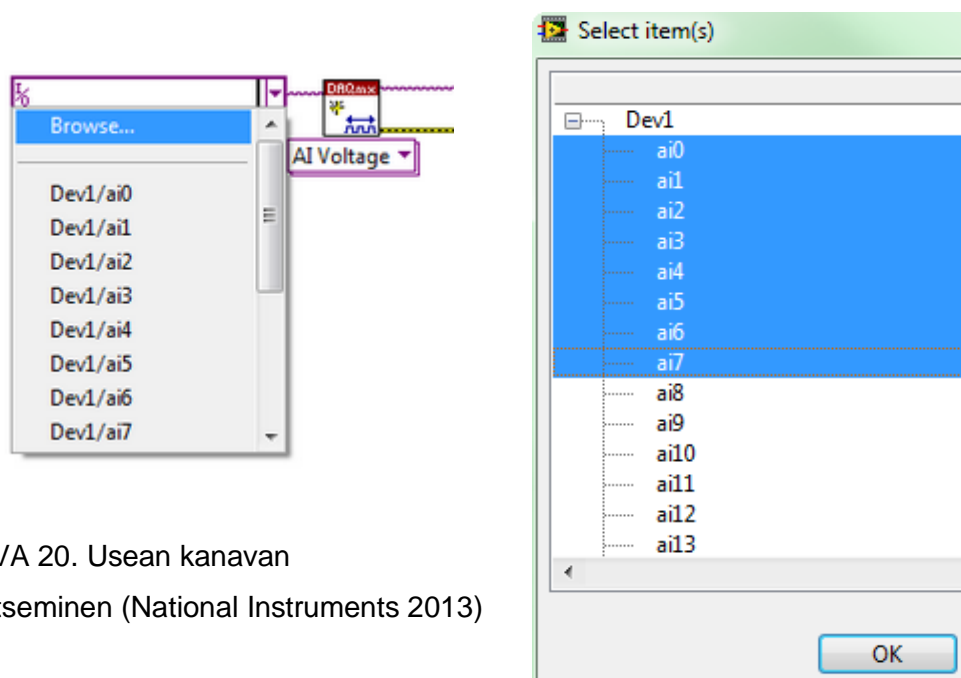
6.2 Ohjelmisto

Ohjelma tulee muuttaa siten, että se pystyy lukemaan eri antureilta tulevaa analogista
signaalia usealta kanavalta. National Instrumentsin esimerkkikoodeista löytyy valmiita
usean kanavan lukuun tarkoitettu ohjelmia (liite 1).



KUVA 19. Esimerkki usean kanavan analogisignaalin lukemisesta (National Instru-
ments 2013).

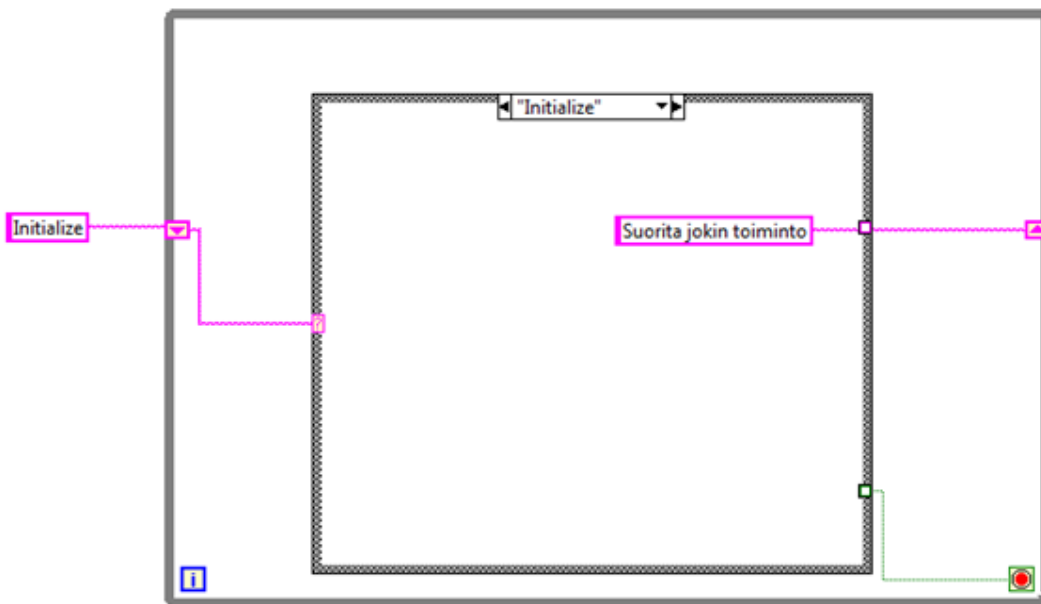
LabVIEW:n DAQmx-funtiossa pystyy valitsemaan useamman kuin yhden kanavan.



KUVA 20. Usean kanavan
valitseminen (National Instruments 2013)

Tämän jälkeen ohjelmassa voidaan käyttää funktiota ja ohjelmoida usean kanavan luku käyttämällä sopivaa arkkitehtuuria (State Machine).

State Machine eli tilakone on yksi LabVIEW:n perusarkkitehtuureja, jolla voidaan nopeasti tehdä sovelluksia. Siihen voidaan sisällyttää monimutkaisia algoritmeja. Algoritmit noudattavat Mooren kone -periaatetta. Mooren koneessa toiminnot tapahtuvat tietyn tilan sisällä. Tilakonetta käytetään sovelluksissa, joissa on erillisiä tiloja ja toimintoja, esim. käyttöliittymän suunnittelussa. Jokainen tila voi johtaa yhteen seuraavaan tai useampaan tilaan, se voi myös lopettaa ohjelman kulun. Tilakoneen suunnitteluun tarvitaan LabVIEW:ssa while-silmukka, case-structure, siirtorekisteri ja toiminto, joka siirtää ohjelman seuraavaan tilaan. Case-rakenteisiin voidaan ohjelmoida N kpl tiloja. Jokaisesta tilasta siirrytään valinnaisesti ennalta määrättyyn tilaan tai idle-tilaan, jolloin odotetaan käyttäjän syöttämää käskyä. Valittu tila pysyy muistissa siirtorekisterin avulla. Tilaan voidaan ohjelmoida aliohjelmia (Sub VI) (alustukset, mittaus, tiedonkäsittely, tiedon esittäminen, tiedon tallennus, lopetus). (National Instruments 2013.)



KUVA 21. Esimerkki tilakoneen toiminnasta (Niskanen 2013).

7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Laite rakennettiin yrityksen omiin mittaustarpeisiin. Aiemmin tilaajayritys teki testimitauksia manuaalisesti eli tilaajalle oli käytettävissä yksinkertainen laite, johon asetettiin painot ja näytekampa. Testin tulosten seuranta oli vaikeaa. Uuden laitekonstruktion, tiedonkeruulaitteiston ja ohjelmiston myötä testi voidaan suorittaa luotettavasti ja myös tulosten tallennus ja käsittely on huomattavasti helpompaa. Tämän opinnäytetyön tuloksena saadut lisäparannukset parantavat tulevaisuudessa testitulosta entisestään.

Tiedonkeruulaitteiston selvitys ja ohjelmiston muokkaaminen mahdollistavat jatkokehityksen usean laitteen ohjaamiseksi. Tiedonkeruulaitteen vaihtaminen ei ole välttämättä tarpeellista. Mikäli CCT₁₀-laitteita on kuitenkin useampi kuin 6 ja jokaisessa laitteessa on oma voima-anturinsa, tarvitaan useampikanavainen tiedonkeruulaite.

Etäisyysantureiden kalibrointiohjelma olisi tarpeellinen lisä ohjelmistoon. Se olisi voima-anturin kalibrointiohjelmaa vastaava. Lisäksi pitää kehittää menetelmä tarkan etäisyyden määrittämiseksi, koska anturin ja magneetin välinen etäisyys pitää saada määritetyksi μm :n tarkkuudella. Tätä tunnettua etäisyyttä käytetään anturin signaalin (V) kalibroimiseksi etäisyyden mittayksikköön (m). Anturin ja magneetikappaleen väliin voidaan laittaa jokin ei-magneettinen kappale, jonka paksuus tiedetään μm :n tarkkuudella. Tällöin saadaan tarkka etäisyys anturin jännitearvolle.

Hyvää ja opettavaista koko projektissa oli toimivan tiedonkeruulaitteiston, anturoinnin ja ohjelmiston saaminen vaadittavalle tasolle ohjaajan avustuksella. LabVIEW-ohjelmisto tuli tutuksi projektin aikana. Lisäksi tiedonkeruulaitteiston suunnittelu, aika-
taulukus ja yhteistyö eri alojen ammattilaisten kanssa antoi oppia tulevaisuuden varalle.

Ohjelmiston suunnittelun toteutus ei onnistunut parhaalla mahdollisella tavalla. Ohjelmiston olisi voinut suunnitella helpommin muokattavaksi. Suurien muutoksien tekeminen ohjelmistoon nykyisellä toimintatavalla on hieman hankalaa, ja muutokset voivat vaikuttaa ohjelmiston toimintaan huomattavasti; ohjelmisto ei välttämättä toimi oikein. Tämä olisi pitänyt ottaa huomioon ohjelmiston suunnittelussa. Kalibrointi ja käyttöliittymän parantaminen oli mahdollista toteuttaa nykyiseen ohjelmistoon, mutta monen laitteen yhtäaikainen käyttö vaatii muutoksia ohjelmiston arkkitehtuuriin.

LÄHTEET

Aumala, O. *Mittaustekniikan perusteet*.2001.Otatieto.s.114.

BillerudKorsnäs AB. Yrityksen www-sivut. 2013. [Viitattu 21.2.2013]. Saatavissa
http://www.billerud.se/PageFiles/6155/cct10_ENG_ny%20profil.pdf ;
http://www.billerud.se/PageFiles/6155/cct10_ENG_ny%20profil.pdf

Carrierbag www-sivut. 2013. [Viitattu 25.2.2013]. Billerud. Saatavissa
<http://www.carrierbag.nu/PageFiles/6318/cct10method.pdf>

Harvestia metsänomistajalehti Syksy 2011. Saatavissa
<http://www.harvestia.fi/binary/file/-/id/3/fid/99>

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P.2005. *Kemiallinen metsäteollisuus II: Paperin ja kartongin valmistus*.Jyväskylä:Gummerus

Jakorinne, A. & Virkalevo A. 2012. *CCT10-mittalaite kokoonpano- ja käyttöohje*. Julkaisematon dokumentti. Savonia-ammattikorkeakoulu ST-alan TKI-yksikkö; Powerflute Oyj, Kuopio.

Karhuketo H., Seppälä M J., Törn T. & Viluksela P. *Kemiallinen metsäteollisuus III: Paperin ja kartongin jalostus*.P.2004. Opetushallitus

LabVIEW wiki. Yhteisön www-sivut. 2013. [Viitattu 6.3.2013]. Saatavissa
http://labviewwiki.org/State_Machine

Mäkelä, M. P.2006. *Paperin laatusuureiden mittaus ja säätö*. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry

Micro-Epsilon Group. Yrityksen www-sivut.2013. [Viitattu 25.2.2013]. Saatavissa
<http://www.micro-epsilon.de/download/manuals/ass--mainSENSOR-MDS-45-M18--de-en.pdf>

National Instruments. Yrityksen www-sivut. 2013. [Viitattu 25.2.2013]. Saatavissa
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/fi/nid/203223>;
<http://sine.ni.com/np/app/main/p/ap/daq/lang/fi/pg/1/sn/n17:daq,n24:cDAQ/>

National Instruments. Yrityksen www-sivut. 2013.[Viitattu 6.3.2013]. Saatavissa
<http://www.ni.com/white-paper/3024/en>

Powerflute Oyj. Yrityksen www-sivut. 2013. [Viitattu 21.2.2013]. Saatavissa
<http://www.powerflute.fi>

Savonia-ammattikorkeakoulu.2013. Oppilaitoksen www-sivut. [Viitattu 21.2.2013].
Saatavissa <http://portal.savonia.fi/amk/fi/tki-ja-palvelut/asiantuntijapalvelut/sensori-ja-informaatiotekniikan-palvelut>

Rantala, P. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. 2012. Oppilaitoksen www-sivut [Viitattu 6.3.2013].

Saatavissa

http://www.tekniikka.oamk.fi/~pekka/Autom_ele/juttuja/Datamuuntimet.pdf

Risi www-sivut. 2013. [Viitattu 6.3.2013]. Saatavissa

<http://www.risiinfo.com/techchannels/papermaking/The-packaging-of-tomorrow.html>

Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee. *SCAN-P 42:81.1981*. [Viitattu 21.2.2013]. Saatavissa

http://www.pfi.no/Documents/Scan_test_methods/P/P_42-81.pdf

Suomen Aaltopahviihdistys ry. Yhdistyksen www-sivut. 2013. [Viitattu 6.3.2013].

Saatavissa <http://aaltopahvi.fi/aaltopahvi/kasikirja/>

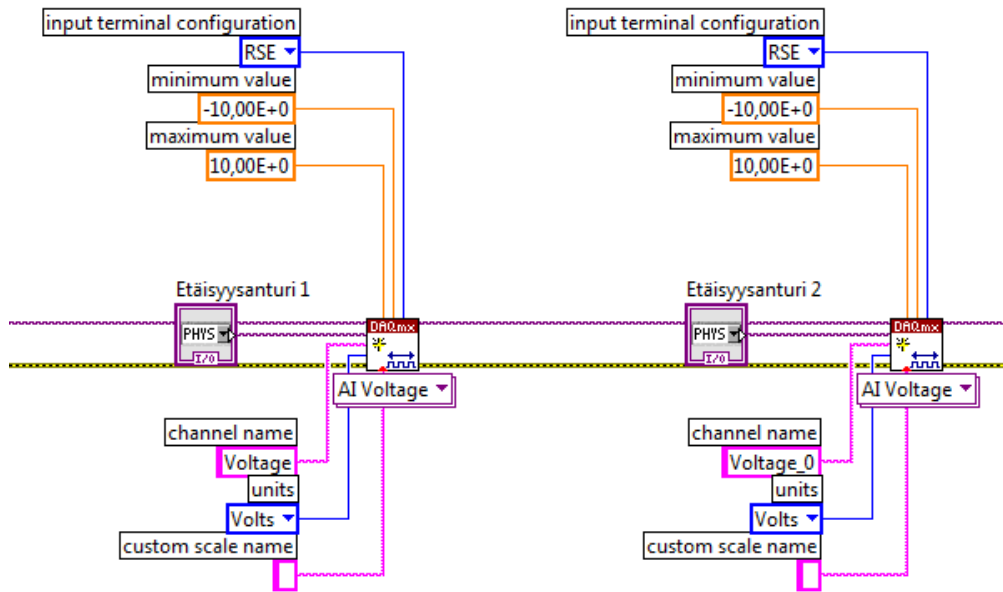
Vetek AB. Yrityksen www-sivut. 2013. [Viitattu 25.2.2013]. Saatavissa

<http://www.vetek.com/Dynamics/Documents/132e6aad-f69a-4df6-a374-28ada95591d0/DATASHEET-TS.pdf>;

<http://www.vetek.com/Dynamics/Documents/c45939fd-ce18-4fcb-9223-4ef2f9ed8a9e/Manual%20A2P-B%20%28A1P%29.pdf>

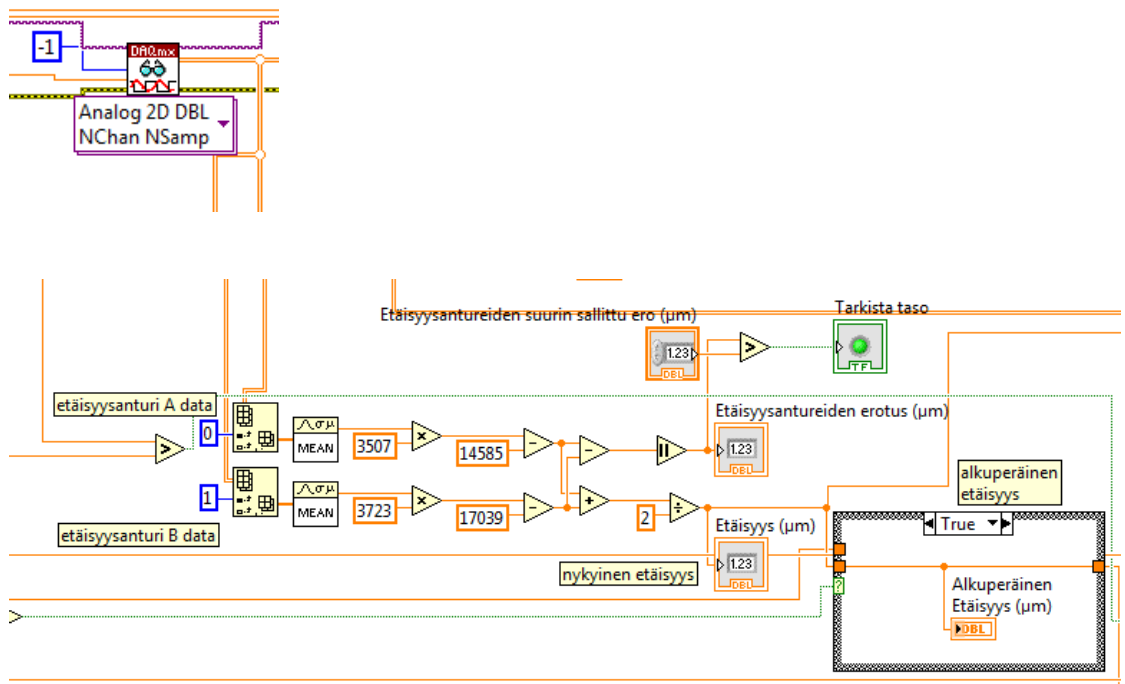
Virkalevo, A. 2012. *CCT10–testilaitteen suunnittelu ja testaus*. Julkaisematon AMK-opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu.

LIITTEET



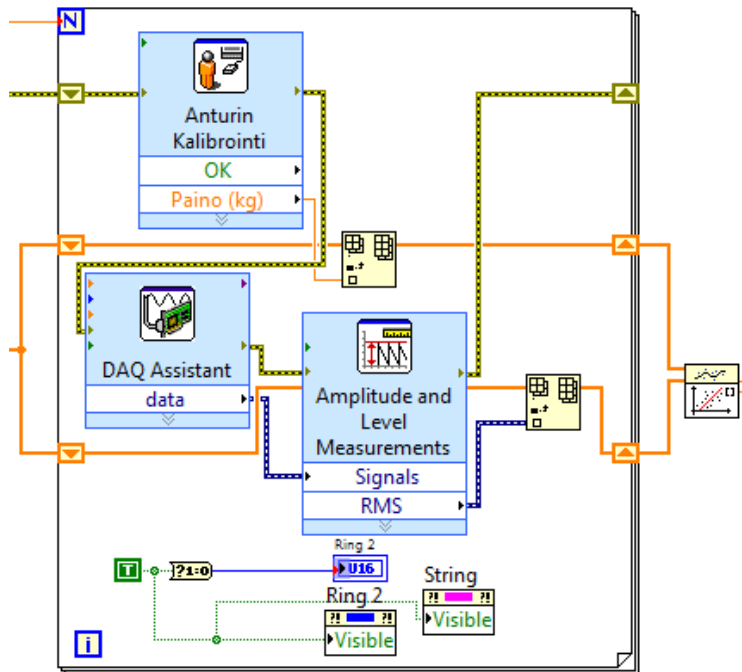
KUVA 1. Etäisyysantureiden ulostulojännitteen mittaus (Niskanen 2013).

Ohjelma käyttää LabVIEW:n DAQmx-funktioita lukemaan analogiasignaalia kahdelta etäisyysanturilta.



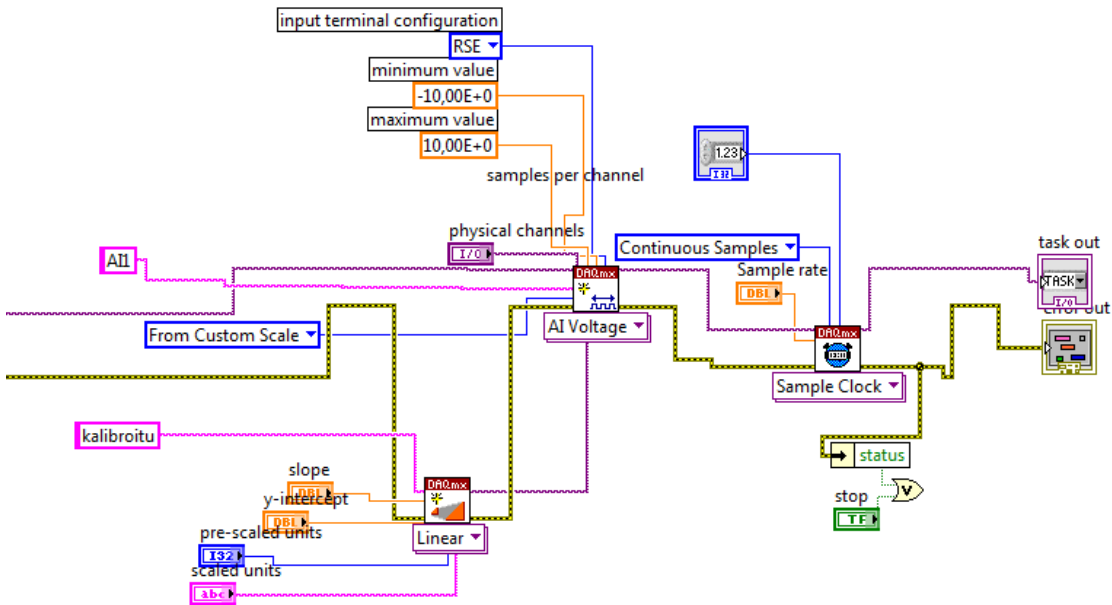
KUVA 2. Etäisyyden mittaus (Niskanen 2013).

Ohjelma tallentaa antureiden ulostulojännitteen arvon taulukkoon ja siitä otetaan keskiarvo. Kerto- ja vähennyslaskujen arvot on saatu mittaamalla jännitearvot kolmella eri tunnetulla etäisyydellä erikseen molemmille antureille. Suoran sovitukselta saadun kulmakertoimen arvo sijoitetaan ohjelmaan etäisyyden laskemiseksi. Erot kahden antureiden välillä johtuvat antureiden sisäisestä valmistajan tehtaalla tehdystä kalibroinnista.

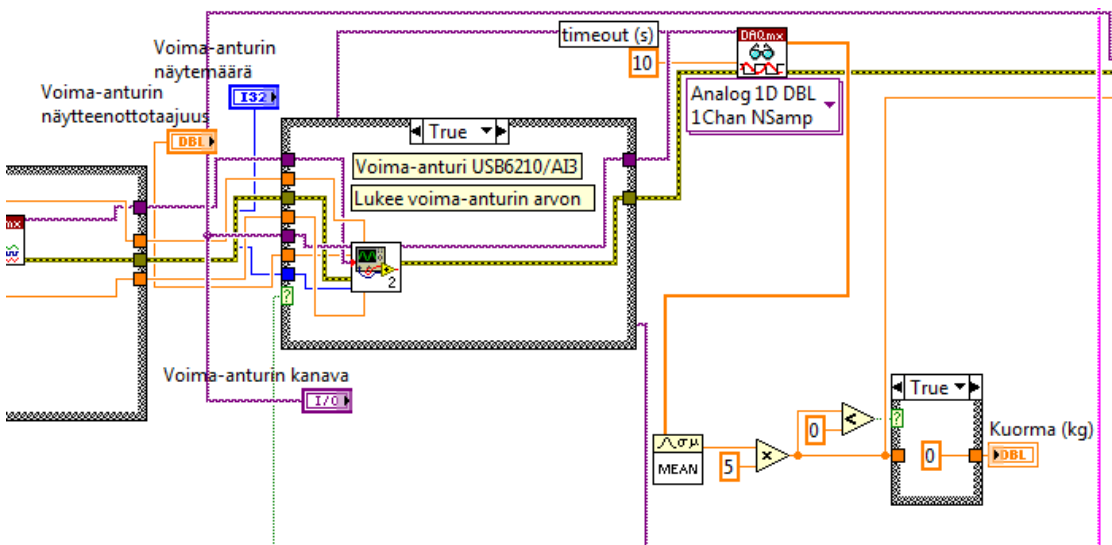


KUVA 3. Voima-anturin kalibrointi (Niskanen 2013).

Ohjelma kysyy aluksi monellako painolla anturi kalibroidaan, jonka jälkeen luetaan jännitearvot ko. kuormalle. Arvot tallennetaan taulukkoon ja tehdään sovitus Linear Fit-funktiolla.

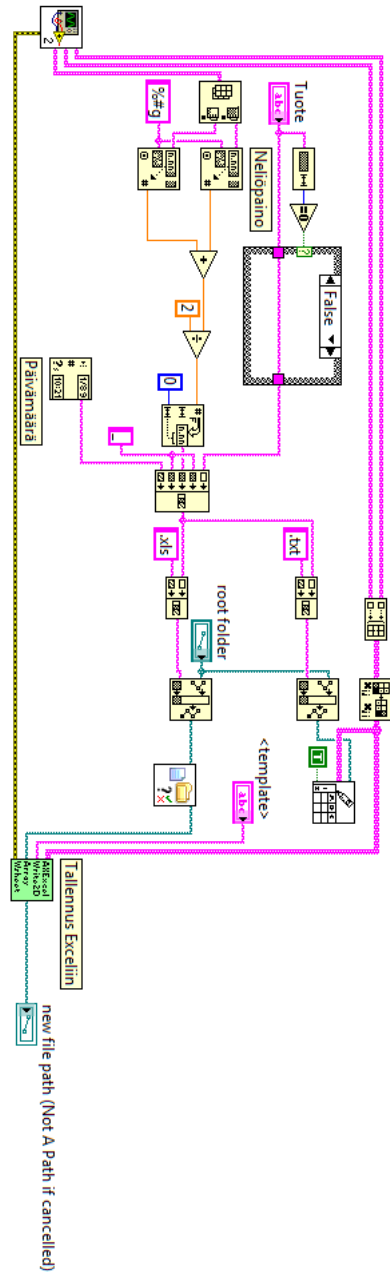


KUVA 4. Voima-anturin mittaus (Niskanen 2013).

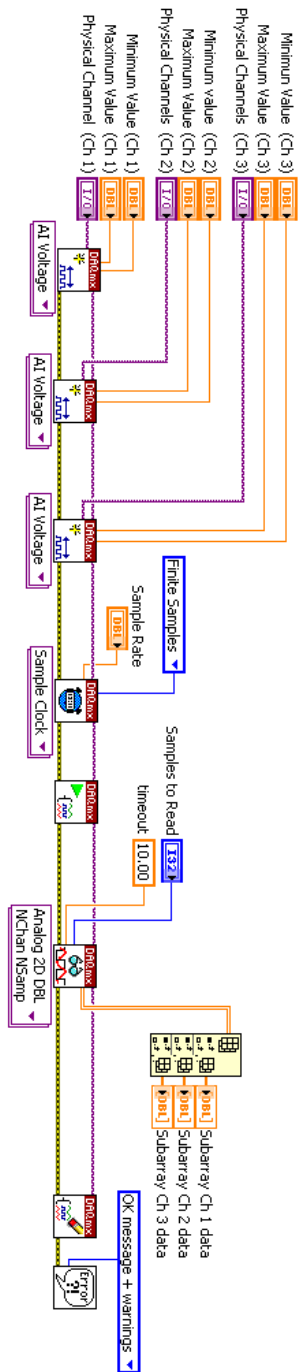


KUVA 5. Voima-anturin mittaus (Niskanen 2013).

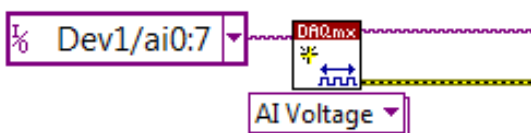
Ohjelma toimii samalla periaatteella kuin etäisyysanturin signaalin luku. Ohjelma mittaa kuormaa koko testauksen ajan.



KUVA 6. Raportoinnin lohkokkaavio (Niskanen 2013).

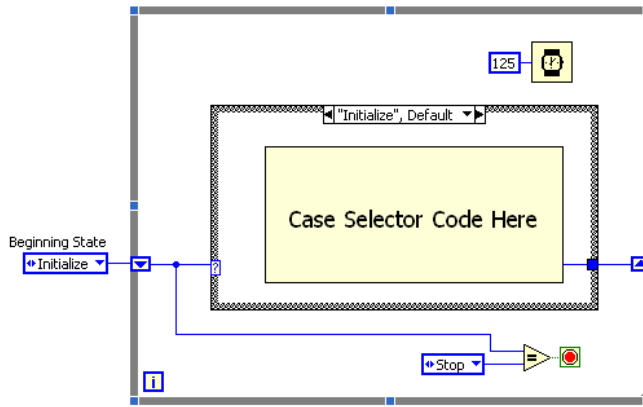


KUVA 7. Usean kanavan luku (National Instruments 2013).

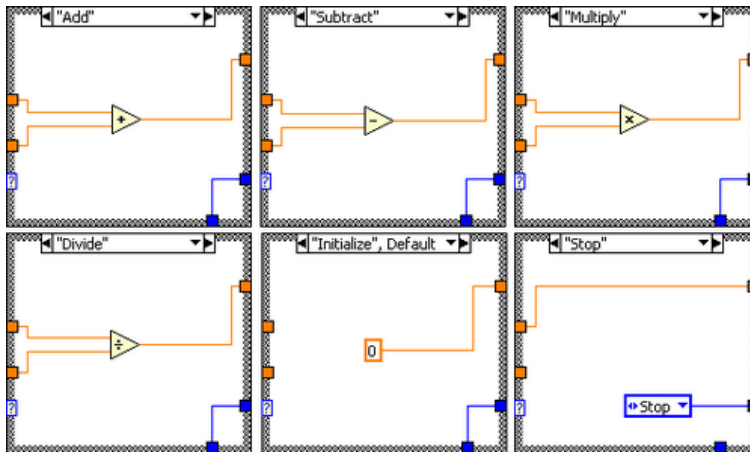


KUVA 8. DAQmx-funktion käyttäminen ohjelmassa (National Instruments 2013).

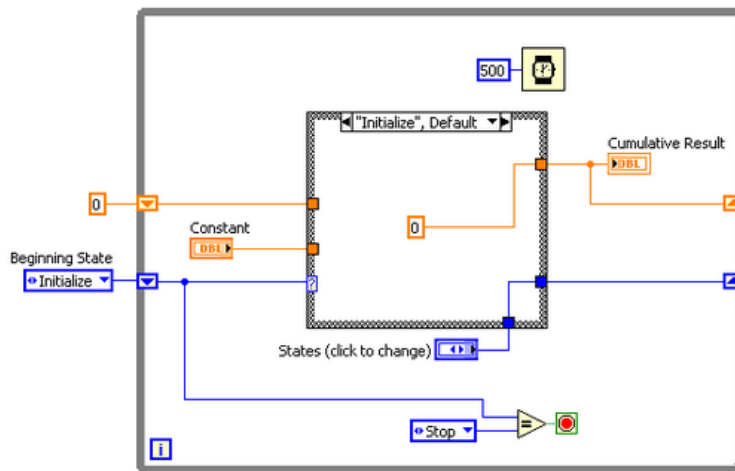
6



KUVA 9



KUVA 10



KUVAT 9-11. State Machine-arkkitehtuuri (National Instruments 2013).

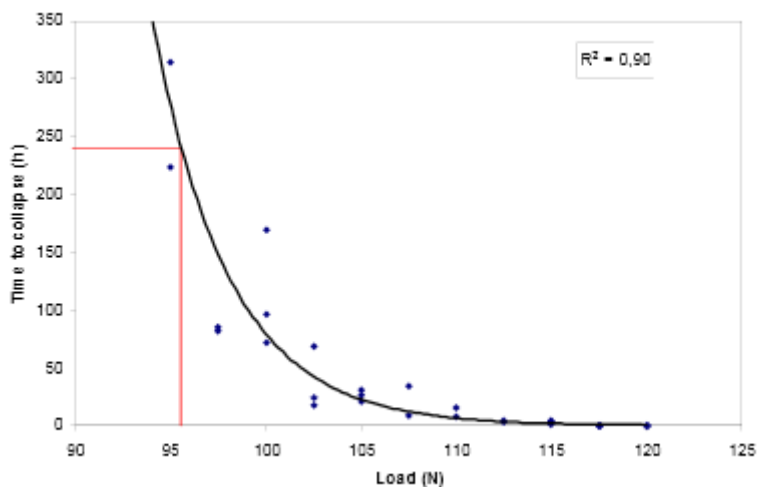
Windows	Run-Time Engine
Processor	Pentium III/Celeron 866 MHz or equivalent
RAM	256 MB
Screen Resolution	1024 × 768 pixels
Operating System	Windows 7/Vista/XP SP2/ Windows Server 2003 R2 (32-bit)/ Windows Server 2008 R2 (64-bit)
Disk Space	340 MB

Kuva 1. LabVIEW laitteistovaatimukset (National Instruments 2013).

$$y = 6,20 * 10^{12} e^{-0,251x}$$

$$F = \frac{\ln\left(\frac{6,20 * 10^{12}}{240}\right)}{0,251} \approx 95,5 \text{ N}$$

$$CCT_{10} = \frac{F}{g * l} = \frac{95,5}{9,81 * 0,152} \approx 64 \text{ kg/m}$$

Kuva 2. Esimerkki CCT₁₀-arvon laskemisesta (Billerud 2013).

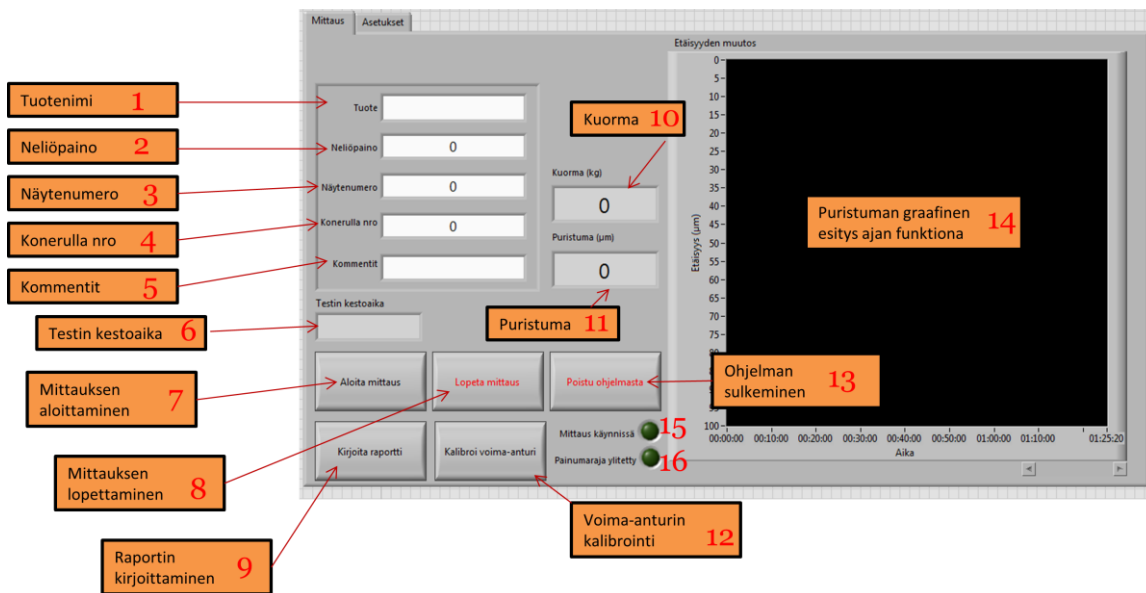
LAITTEEN KÄYTTÖ

CCT₁₀-mittalaitteen käyttöön vaaditaan paineilmaa. Laitteen paineilma-verkon tarvitsee olla paineistettuna vain kun paininta liikutetaan.

Ennen mittauksen tapahtuman aloittamista mittalaitteen painimen tulee olla kuormaamaton ja yläasennossa sekä mittausohjelma nollattuna. Painimen asentoa säädetään erillisellä käsiventtiilillä, joka näkyy pneumaattikaaviossa. Myös edellä mainitut silmämääräiset tarkistukset tulee suorittaa.

- Aseta haluttu kuorma yläasennossa olevan painimen päälle.
- Aseta CCT-kampa painimen alle omalle paikalleen.
- Käännä käsiventtiilistä painin laskemaan.
- Seuraa mittausohjelmiston näytöltä kuorman asettumista näytteen päälle.
- Aloita mittaus, kun kuorma on kokonaan näytteen päällä.
- Odota kunnes mittausohjelma ilmoittaa mittauksen päättymisestä tai antaa virheilmoituksen.
- Käännä käsiventtiilistä painin nousemaan.
- Ota CCT-kampa näytteineen pois painimen alta.

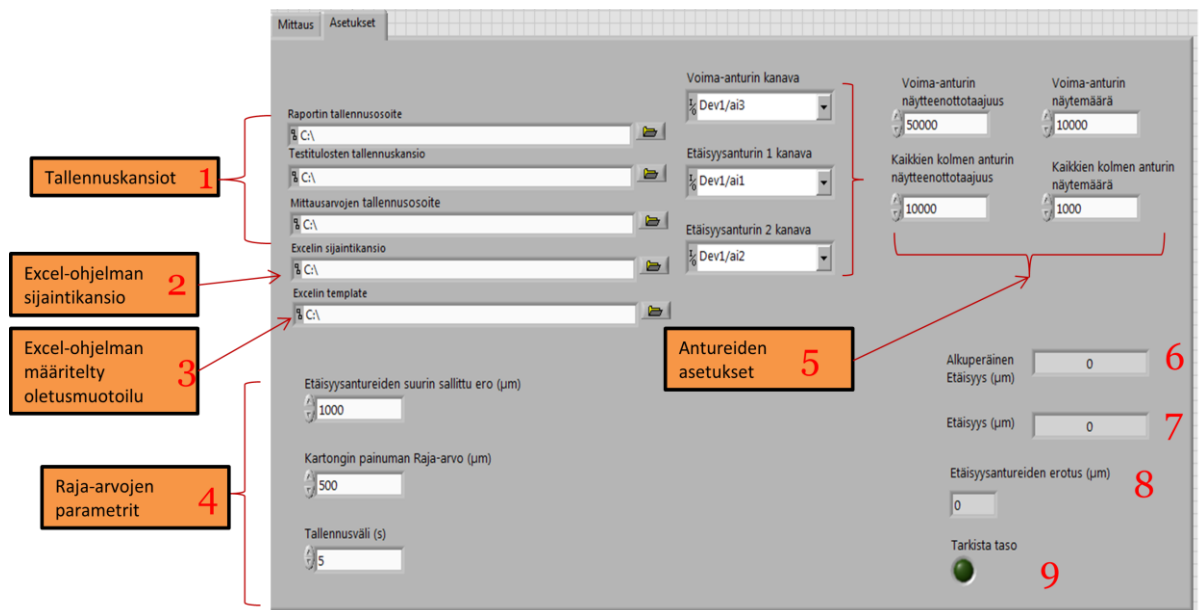
MITTAUSOHJELMISTON KÄYTTÖLIITTYMÄ



KUVA 1. CCT-10 mittalaitteen ohjelmiston käyttöliittymän mittaus välilehti (Niskanen 2013).

- **Tuotenimi (1)** kenttään määritellään tarvittaessa testattava tuote.
- **Neliöpaino (2)** kenttään käyttäjä voi kirjoittaa neliöpainon.
- **Näytenumero (3)** kenttään syötetään näytteen järjestysnumero.
- **Konerulla numero (4)** kenttään käyttäjä voi kirjoittaa konerullan numeron.
- **Kommentit (5)** kenttään käyttäjä voi vapaasti kirjoittaa testiin liittyviä kommentteja. Kommentteja voi kirjoittaa enemmän kuin tekstikenttään mahtuu.
- **Testin kesto aika (6)**
- **Aloita mittaus (7)** napilla aloitetaan mittausarvojen tallentaminen. Aloita mittaus nappi poistuu käytöstä, kun testi on käynnissä. Ohjelma mittaa kartongin puristumaa automaattisesti niin kauan kunnes asetettu raja-arvo ylittyy.
- **Lopeta mittaus (8)** nappi aktivoituu kun testi on käynnistetty. Käyttäjä voi lopettaa testin manuaalisesti.
- **Raportin kirjoittaminen (9)** nappi käynnistää valikon, jossa valitaan kirjoitettava testitiedosto Excel-tiedostoksi.
- **Kuorma (10)** ilmaisee laitteen mittaaman kartonkiin kohdistuvan kuorman mittaushetkellä.
- **Puristuma (11)** ilmaisee laitteen mittaaman kartongin puristuman mittaushetkellä.
- **Voima-anturin kalibrointi (12)** käynnistää erillisen kalibrointiohjelman.
- Mittausohjelma suljetaan **poistu ohjelmasta (13)** napilla.

- **Etäisyyden muutos** (14) näyttöruutu, johon piirtyy kartongin puristuma ajan funktiona.
- **Mittaus käynnissä** (15) ledi palaa vihreänä, kun mittaus on käynnissä ja tuloksia tallennetaan tiedostoon. Mittaus on päättynyt, kun ledi on sammunut.
- **Painumaraja ylitetty** (16) ledi palaa vihreänä, jos mittaus on päättynyt käyttäjän asettaman painumarajan ylitykseen.



KUVA 2. CCT-10 mittalaitteen ohjelmiston käyttöliittymän asetukset välilehti (Niskanen 2013).

- **Tallennuskansiot** (1)
 - **Raportin tallennusosoite** kenttään käyttäjä hakee tai kirjoittaa ja nimeää kansion, jonne Excel-ohjelman tekemä raportti tallennetaan. Ohjelma määrittelee tiedostonimen syöttöparametrien perusteella.
 - **Testituloksen tallennusosoite** kenttään käyttäjä hakee tai kirjoittaa kansion, jonne testiulos tallennetaan. Mikäli tiedosto on jo olemassa, ohjelma kirjoittaa tuloksen tiedoston perään. **Testitulos tiedostoon** tallentuu Konerullanumero, Neliöpaino, Näytenumero, Kommentit, Kuorma mittauksen alussa, Painuman asetettu raja-arvo, Testin aloitusaika, Testin lopetusaika, Kartongin puristuma ja Testin kokonaiskesto aika.
 - **Mittausarvojen tallennusosoite** kenttään käyttäjä hakee tai kirjoittaa hakemistopolun ja nimeää tiedoston (.txt) – muotoisena. Mikäli tiedosto on jo olemassa, ohjelma kirjoittaa mittausarvot ja aikaleimat tiedoston pe-

rään. **Mittausarvot tiedostoon** tallentuu otsikko (Konerulla numero, Neliöpaino, Näytenumero, Kommentit ja Kuorma mittauksen alussa) sekä käyttäjän asettamalla tallennusnopeudella mittalaitteen keräämät mittausarvot Kartongin puristumasta ja Kuormasta.

- **Excelin sijaintikansio** (2) määrittää Office Excel-ohjelman hakemistopolun. Yleensä se on muotoa C:\Program Files\Microsoft Office\Office12\EXCEL (Office 2007).
- **Excelin template** (3) kenttään annetaan valmiiksi määritelty Excelin muotoiluasetus raportin kirjoitusta varten. Template sijaitsee CCT₁₀-ohjelmiston asennuskansiossa, ja se tarvitsee määrittää vain kerran ohjelman käynnistyttyä.
- **Raja-arvojen parametrit** (4)
 - Etäisyys antureiden suurin sallittu ero ilmaisee kahden etäisyysanturin mittausten välistä eroa. Mikäli ero on suurempi kuin asetettu arvo, painonkelkan tasapaino on hyvä tarkistaa.
 - Kartongin painuman raja-arvo lopettaa mittauksen kun raja-arvo ylittyy.
 - Tallennusväli voidaan asettaa sekunnin tarkkuudella. Tallennusväli ilmaisee kuinka tiheästi mittausarvoja tallennetaan mittauksen aikana tiedostoon. Pitkäkestoisissa mittauksissa, joissa kartonkiin kohdistuu pieni voima ja muutokset ovat hitaita, tallennusväli voidaan asettaa esimerkiksi viiteen minuuttiin (300 sekuntia) .
- **Antureiden asetukset** (5)
 - **Voima-anturi** on oletusarvoisesti kytketty USB mittakortin Analog Input 3 kanavaan.
 - **Voima-anturin näytteenottotaajuus** vaikuttaa mittauksen tarkkuuteen. Suurella näytteenottotaajuudella saadaan mitattua nopeasti tarkkoja arvoja.
 - **Voima-anturin näytemäärä** ilmaisee kuinka monta mitta-arvoa luetaan ennen kuin niiden keskiarvo lasketaan.
 - **Etäisyysanturi 1** on oletusarvoisesti kytketty USB mittakortin Analog Input 1 kanavaan.
 - **Etäisyysanturi 2** on oletusarvoisesti kytketty USB mittakortin Analog Input 2 kanavaan.
 - **Voima-anturin ja kahden etäisyysanturin käyttämä näytteenottotaajuus.** Näytteenottotaajuuden ja näytemäärän välinen suhde määrittää kuinka nopeasti mitattu tulos on mahdollista päivittää.
 - **Voima-anturin ja kahden etäisyysanturin käyttämä näytemäärä.** Tallennettava anturin mittaustulos on näytteiden keskiarvo.

- **Alkuperäinen etäisyys** (6) on ohjelman muistiin tallentuva etäisyysantureiden mittaama tulos, painokelkan ja mittaustason välillä, kun mittaus aloitetaan. Mittauksen aikaista painumaa verrataan alkuperäiseen etäisyyteen.
- **Etäisyys** (7) ilmaisee mikä on mittauksen aikainen painokelkan ja mittaustason välinen etäisyys.
- **Etäisyysantureiden erotus** (8) ilmaisee kuinka paljon kahden etäisyysanturin välisissä mittauksissa on eroa. Tason liike lasketaan kahden etäisyysanturin mittaustausarvojen keskiarvona.
- **Tarkista taso** (9) led palaa vihreänä jos etäisyysantureiden erotus (8) on suurempi kuin etäisyysantureiden suurin sallittu ero (4). (Jakorinne 2012, 11-14, Niskanen 2013).

