

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Sulautetut järjestelmät

Tutkintotyö

Sampsa Köppä

**LabView-alustalla toteutettu tiedonkeruuohjelma TSI DustTrak 8520 -mittalaitteelle**

Työn valvoja  
Työn ohjaaja  
Tampere 2008

Yliopettaja Matti Ilmonen  
Tampereen ammattikorkeakoulu, valvojana Tekniikan Tohtori Jarmo Lilja

**Tekijä:** Sampsa Köppä  
**Työn nimi:** LabView-alustalla toteutettu tiedonkeruuohjelma DustTrak 8520 -mittalaitteelle  
**Päivämäärä:** 11.2.2008  
**Sivumäärä:** 31 sivua ja 16 sivua liitteitä  
**Hakusanat:** Pölymittaus, DustTrak, Labview, Reaaliaikainen hiukkasmittaus  
**Koulutusohjelma:** Tietotekniikka  
**Suuntautumisvaihtoehto:** Sulautetut järjestelmät

**Työn valvoja:** Yliopettaja Matti Ilmonen  
**Työn ohjaaja:** TKT Jarmo Lilja  
Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere

Hiukkasmittalaite on pienikokoinen ja kannettava aerosolien mittauslaite. Sillä pystytään mittaamaan reaaliaikaisesti massakonsentraatiota sekä siirtämään mittaustulokset tietokoneelle. Mittalaite havaitsee erikokoiset partikkelit, joten mittaria voidaan käyttää monenlaisissa ympäristöissä. Mittalaitteen mittausmenetelmä perustuu 90 ° sirontaan. Tässä menetelmässä lasersäde osuu mittatilassa oleviin pölyhiukkasiin ja niiden määrä lasketaan ohjelmallisesti. Mittalaitteessa on myös analoginen ulostulo, josta voidaan mitata kaukokäyttöisesti ja reaaliajassa massakonsentraatiota.

Tämän työn tarkoituksena on luoda reaaliaikainen tiedonkeruuohjelma hiukkasmittalaitteelle. Ohjelma on toteutettu siten, että hiukkasmittalaitteen analogiaulostuloon on liitetty 10-bittinen A/D-muunnin, joka muuntaa mittalaitteen antaman mittaustuloksen digitaalisen muotoon. A/D-muunnin on liitetty tietokoneen sarjaliikenneporttiin. Itse tiedonkeruuohjelma on toteutettu graafisella ohjelmointityökalulla.

Ohjelmalla kerätään tieto sarjaliikenneportista, käsitellään se haluttuun muotoon ja lopuksi lasketaan esille massakonsentraatio ja pölyindeksi. Nämä halutut arvot esitetään graafisesti ajan funktiona. Ne tallennetaan tiedostoon mittauksen ollessa käynnissä.

Ohjelma toteutetaan Tampereen ammattikorkeakoulun POLYTEST-hankkeelle.

<b>Author:</b>	Sampsa Köppä
<b>Title:</b>	LabView-based data acquisition program for DustTrak 8520
<b>Date:</b>	11.2.2008
<b>Number of pages:</b>	31 pages and 16 appendix pages
<b>Key words:</b>	Dusting measurement, DustTrak, LabView, Real-time particle measurement
<b>Program:</b>	Computer Systems Engineering
<b>Specialisation:</b>	Embedded Systems

**Supervisor:** Principal Lecturer Matti Ilmonen

**Instructor:** PhD Jarmo Lilja  
TAMK University of Applied Sciences, Tampere

The DustTrak 8520 measuring device is a small and portable aerosol monitor. It can measure real-time mass concentration and it has data logging capability. The measurement results can be transferred to the computer via serial interface. DustTrak can measure different particle sizes like PM10, PM2.5 and PM1.0. DustTrak can be used in different environments, both indoors and outdoors. Its measurement is based on 90 ° light scattering. In that method laser beam hits the dust particles in the closed measurement section and the numbers of the particles are count by software. The DustTrak 8520 measuring device has also an analog output which allows user to remote access the device to measure real-time particle concentration.

This work is about making a real-time data acquisition program for DustTrak 8520 measuring device. The data acquisition program is made by graphic programming tool called LabView. LabView is trademark of the National Instruments. DustTrak 8520 measuring device is connected to the 10-bit analog-to-digital converter and the converter is connected to computer's serial interface. Analog-to-digital converter converts the measurement result from DustTrak's analog output to the digital form and transfers it to the computer via serial interface.

The main idea of the data acquisition program is to read measurement result from serial interface and present it graphically and save the result into the file. The program also computes the dusting index using the measurement results.

The program is made for TAMK University of Applied Sciences, POLYTEST-project to be exact.

## ALKUSANAT

Tämä tutkintotyö on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun POLYTEST-hankkeelle.

Tämä työ sai alkunsa TKT POLYTEST-hankkeessa esille tulleesta tarpeesta kehittää paperin pölyävyyttä reaaliajassa mittaavaa laite. Toimin kesän 2007 Tampereen ammattikorkeakoululla harjoittelijana POLYTEST-hankkeessa. Harjoitteluni jälkeen jatkoin samaisessa hankkeessa tutkintotyöni tekemistä.

Tutkintotyöni aloituspalaveri pidettiin 24.9.2007. Työn tekeminen kesti noin neljä kuukautta. Työtahtia hidasti samanaikainen palkkatöissä käyminen toisessa yrityksessä.

Suuri kiitos työn valmistumisesta menee työn valvoja Matti Ilmoselle sekä työn ohjaajille Jarmo Liljalle, Pasi Arvelalle ja Arto Nikkilälle.

Tampereella 11. helmikuuta 2008

Sampsa Köppä

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ .....	ii
ABSTRACT .....	iii
ALKUSANAT .....	iv
SISÄLLYSLUETTELO.....	v
KÄYTETYT MERKINNÄT JA TERMIT .....	vi
1 JOHDANTO .....	1
2 TYÖSSÄ KÄYTETTY LAITTEISTO JA OHJELMISTO.....	1
2.1 Työssä käytetty laitteisto.....	1
2.1.1 DustTrak 8520 -mittalaite .....	2
2.1.2 Lauri Veistaron suunnittelema 10-bittinen A/D-muunnin .....	4
2.1.3 Tiedonkeruuohjelmaa ajavan PC:n vaatimukset.....	6
2.2 Työssä käytetty ohjelmisto.....	6
2.2.1 LabView 6.1 .....	6
2.2.2 TrakPro-ohjelma .....	8
3 TIEDONKERUUOHJELMAN SUUNNITTELU.....	8
3.1 Ohjelman vaatimukset.....	9
3.2 Laitteiston vaikutus ohjelmaan .....	9
4 TIEDONKERUUOHJELMAN TOTEUTUS.....	10
4.1 Tiedonkeruuohjelman käyttöliittymä.....	11
4.2 Tiedon kerääminen A/D-muuntimelta .....	14
4.3 Tiedon muuntaminen käyttökelpoiseen muotoon .....	17
4.4 Kerätyn tiedon esitys ja tallennus .....	22
4.5 Ohjelman lopetus .....	24
4.6 Virheentarkistus .....	25
5 TIEDONKERUUOHJELMAN TESTAUS.....	26
6 YHTEENVETO .....	30
LÄHDELUETTELO	
LIITELUETTELO	

## KÄYTETYT MERKINNÄT JA TERMIT

Aerosoli	Seos, jossa kiinteät tai nestemäiset hiukkaset leijuvat kaasun joukossa.
Partikkeli	Tässä työssä alle 10 mikrometrin kokoluokkaa oleva hiukkanen
Mikrokontrolleri	Mikropiiri, jossa on mikroprosessori ja liityntälohkoja. Mikrokontrollerilla voi olla myös oma A/D-muunnin.
A/D-muunnin	Analogia-digitaalimuunnin
While-silmukka	Ohjelmasilmukka, jossa ajettava ohjelma pyörii tietyn ehdon mukaisesti.
Case-rakenne	Kaksiosainen ohjelmarakenne, jonka sisältämä ohjelmakoodi suoritetaan sitä ohjaavan ehdon mukaan.
$C_m$	Massakonsentraatio, ilmoittaa näytteen sisältämien hiukkasten määrän tilavuusyksikössä.
DI (dusting index)	Pölyindeksi, ilmoittaa hiukkasten massan pinta-alaa kohti.
$q_v$	Tilavuusvirta, ilmoittaa DustTrak 8520 –mittalaitteen läpi kulkevan aerosolin määrän litroina minuuttia kohti.
t	Näytteenottoaika, ilmoittaa kuinka kauan aikaa kuluu näytettä otettaessa.

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa toimiva reaaliaikainen tiedonkeruu-ohjelma DustTrak 8520 –mittalaitteelle. TSI DustTrak 8520 -mittalaite on aerosolien mittauslaite. Sillä pystytään mittaamaan reaaliaikaisesti massakonsentraatiota. Aloituspalaverissa työ päätettiin aloittaa tutkimalla tietotekniikkapuolen opiskelijan Lauri Veistaron suunnittelemaa ja toteuttamaa 3-kanavaista A/D-muunninta ja mahdollisuutta käyttää sitä DustTrak 8520 -mittalaitteen kanssa. Koska muunnin oli suunniteltu typen oksidien mittauslaitteelle, jonka analogiaulostulo oli täysin samanlainen DustTrakin kanssa, niin todettiin, että muunninta pystyisi käyttämään tässä työssä.

Tästä päätöksestä syntyi myös ongelmia. Muuntimen toiminta oli valitettavasti puutteellisesti dokumentoitu. Ainoat dokumentit muuntimesta löytyivät tietokoneelta, jolla työtä tehtiin. Dokumentit sisälsivät joidenkin käytettyjen komponenttien datalehdyköitä, joista löytyi hieman tietoa muuntimesta. Dokumenttien paikkansapitävyys varmistettiin avaamalla muunnin ja toteamalla, että datalehdykät olivat oikeista osista. A/D-muunninpiirin datalehteä ei löytynyt, mutta se pystyttiin hakemaan internetistä valmistajansa sivuilta, kun sen malli oli todennettu piirin pinnasta. A/D-muuntimena oli tässä tapauksessa käytetty Atmelin 8-bittisen mikrokontrollerin omaa 10-bittistä muunninta. Dokumenttien perusteella selvisivät muuntimen muutkin tärkeät tiedot, lukuun ottamatta tietoa, jolla muunnin ilmoittaa muunnoksen olevan valmis. Tämä tieto löytyi Veistaron typen oksideja mittaavalle laitteelle tekemästä ohjelmasta, josta se kopioitiin tähän ohjelmaan.

Tämä tiedonkeruuohjelma menee Tampereen ammattikorkeakoulun välittömään käyttöön ja sille on tehty myös käyttöohjeet. Nämä käyttöohjeet löytyvät liitteestä 3.

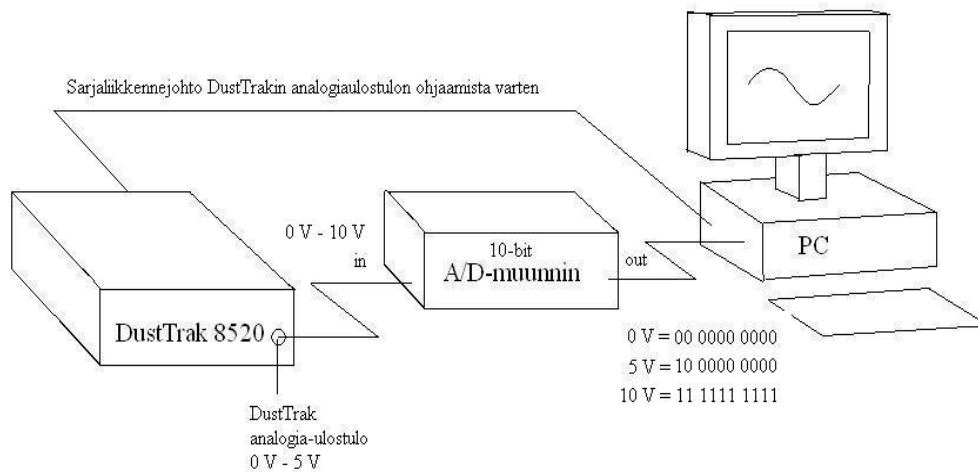
## 2 TYÖSSÄ KÄYTETTY LAITTEISTO JA OHJELMISTO

Tässä työssä jouduttiin huomioimaan käytetyn laitteiston asettamat vaatimukset ja käytetyn ohjelmiston luomat puitteet. Laitteistossa huomioon otettavia tekijöitä löytyi sekä DustTrak 8520 –mittalaitteesta, että käytetystä A/D-muuntimesta. Ohjelman suunnitteluun vaikuttivat DustTrakin analogiaulostulon alue voltteina sekä sen jakaantuminen mittaustuloksen mukaan. Tämä puolestaan aiheutti tiettyjä vaatimuksia A/D-muuntimelle. Kuten edellä todettiin, niin muunnin pystyi tästä suoriutumaan, koska sitä oli käytetty vastaavassa tilanteessa typen oksidien mittauslaitteen kanssa.

### 2.1 Työssä käytetty laitteisto

Laitteisto koostui TSI:n DustTrak 8520 -mittalaitteesta, sen yhdyskaapelista (RS-232 -kaapeli) tietokoneelle sekä tietotekniikkapuolen opiskelijan Lauri Veistaron suunnittelemaa ja toteuttamasta A/D-muuntimesta.

Laitteistoon kuuluu myös PC, jolla ohjelmaa ajetaan. Sen vaatimuksena on kaksi sarjaliikenneporttia. Toiseen sarjaliikenneporttiin kytketään A/D-muunnin, joka on puolestaan kytketty DustTrak 8520 -mittalaitteeseen. Toiseen sarjaliikenneporttiin kytketään DustTrak 8520 -mittalaitteen ja PC:n välinen yhdyskaapeli. Laitteet muodostavat kuvan 1 mukaisen ketjun.



Kuva 1. Laitteistojen muodostama ketju

### 2.1.1 DustTrak 8520 -mittalaite

DustTrak 8520 -mittalaite (kuva 2) on pienikokoinen ja kannettava aerosolien mittaustaite. Sillä pystyy mittamaan reaaliaikaisesti ilmassa olevia hiukkasia eli niiden määrää ja kokoa. Mittaustuloksia pystyy myös tallentamaan laitteen muistiin niiden myöhempää analysointia ja PC:lle siirtoa varten. DustTrak 8520 -mittalaite sopii sekä sisäilman että ulkoilman mittaamiseen. Sillä voidaan tehdä pikamittauksia tai sitä voidaan käyttää loggaustilassa, jolloin käyttäjä voi itse valita, kuinka tiheästi laite suorittaa mittauksia. /3/ /4/



Kuva 2. DustTrak 8520 – mittalaite

DustTrak 8520 -mittalaitteen analogiaulostulon ominaisuudet vaikuttivat sekä tiedonkeruuohjelman suunnitteluun, että A/D-muuntimeen. Työssä käytetty muunnin vastasi DustTrakin analogiaulostulon vaatimuksia. Se on todistettu perustellen kappaleessa 2.1.2.

Suurimman haasteen aiheutti DustTrakin analogiaulostulon muuttuminen mittaustuloksen mukaan. Analogiaulostulon jännitealue on 0 - 5 Volttia, ja se on jakaantunut sataan yhtä suureen osaan eli mittaustuloksen muuttuessa yhden suuremmaksi jännite nousee 0,05 voltia.

Laitteella pystytään mittamaan hiukkasia suurella alueella ( $0 \text{ mg/m}^3 - 100 \text{ mg/m}^3$ ) eikä analogiaulostulo riitä ilmaisemaan koko aluetta tarpeeksi tarkasti. Tämä ongelma on ratkaistu siten, että käyttäjä voi valita neljästä eri mitta-alueesta sopivimman.

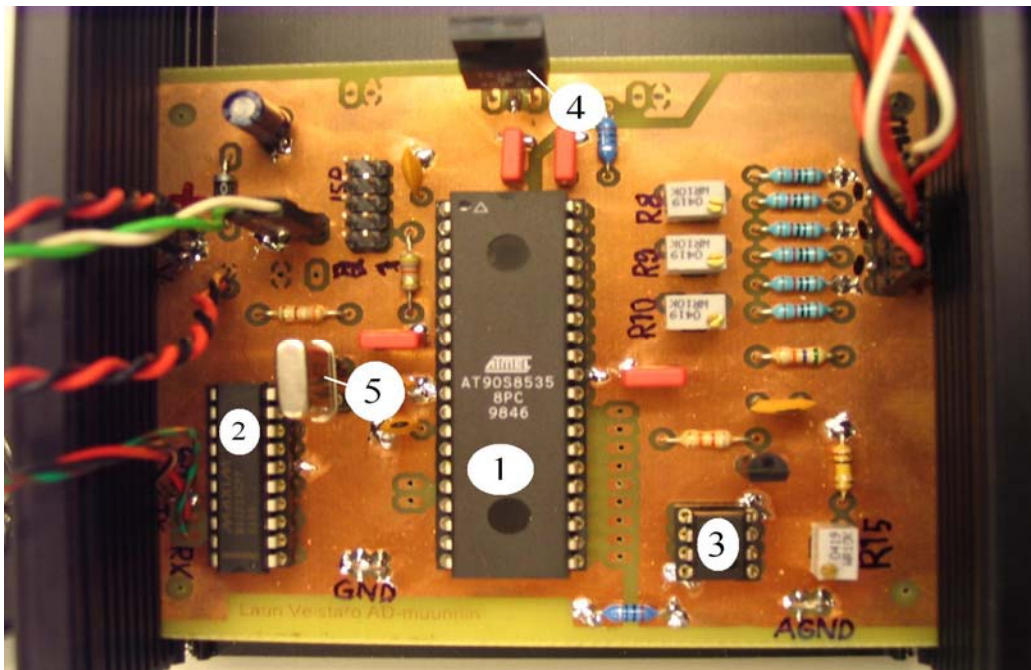
- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| - 0,000 - 0,100 $\text{mg/m}^3$ | (erotuskyky 0,001 $\text{mg/m}^3$ ) /5/ |
| - 0,00 - 1,00 $\text{mg/m}^3$   | (erotuskyky 0,01 $\text{mg/m}^3$ )      |
| - 0,0 - 10,0 $\text{mg/m}^3$    | (erotuskyky 0,1 $\text{mg/m}^3$ )       |
| - 0 - 100 $\text{mg/m}^3$       | (erotuskyky 1 $\text{mg/m}^3$ )         |

Koska DustTrakin analogiaulostulosta välittyy vain jännitearvo (joka ei kerro mitta-alueetta), niin mitta-alue tarvitsee tietää, jotta tulos saadaan laskettua oikein esille tiedonkeruu-ohjelman puolella. Mitta-alueen valintaan TSI:n omalla TrakPro-ohjelmalla käyttäen RS-232-yhdyskaapelia mittalaitteen ja PC:n välillä. Mitta-alueen valinta vaikuttaa ainoastaan analogiaulostulon jännitearvoihin. Eli mittarilla voidaan mitata lähellä  $100 \text{ mg/m}^3$  olevia arvoja, vaikka mitta-alueeksi on valittu 0 - 0,100  $\text{mg/m}^3$ . Tällöin analogiaulostulo pysyy  $0,100 \text{ mg/m}^3$  raja-arvon ylityttyä 5 voltissa.

Tätä on käsitelty vielä tarkemmin itse ohjelman esittelyn yhteydessä. Jotta mittaustulos saadaan siis oikein perille, niin joudutaan käyttämään kahta eri ohjelmaa.

### 2.1.2 Lauri Veistaron suunnittelema 10-bittinen A/D-muunnin

Muuntimen avaamisen paljasti, että muuntimessa on käytetty seuraavien valmistajien komponentteja: (1) ATMEL AT90-S8535-8PC-mikrokontrolleria, (2) Maximin MAX233-sarjaliikennepiiriä, (3) Texas Instrumentsin TLC271-operaatiovahvistinta sekä (4)TSC:n TS7805-jännitetasajaa. Osat ovat numeroituna edellä olevan mukaisesti kuvassa 3.



Kuva 3. (1) ATMEL AT90-S8535-8PC-mikrokontrolleri, (2) Maximin MAX233-sarjaliikennepiiri,(3) Texas Instrumentsin TLC271-operaatiovahvistin sekä (4) TSC:n TS7805-jännitetasaja

Tärkeimpänä komponenttina tiedonkeruuohjelman tekemisen kannalta on mikrokontrolleripiiri ja lähinnä sen oma A/D-muunnin. Tämän muuntimen tärkeät tiedot saatiin selville sen datalehdestä. /6/

Kuten edellä todettiin, niin datalehdystä pystyy päättämään muuntimen ominaisuuksia. Muunnin on 10-bittinen, ja sen muuntoalue on 0 - 10 voltia. 10-bittisellä muuntimella on olemassa  $2^{10} = 1024$  eri bittikombinaatiota (eli muuntimen resoluutio on 1024 bittiä) alkaen 00 0000 0000:sta ja loppuen 11 1111 1111:een.

Muuntimen muuntotaso yhtä bittiä kohden on täten  $\frac{10 \text{ V}}{1024 \text{ bittiä}} = 0,00976 \text{ V / bit}$ .

Eli muunnin pystyy erottamaan 0,00976 voltin muutokset. Koska DustTrakin analogiaulostulo muuttuu 0,05 voltin välein ja muuntimen erotuskyky on tätä parempi, niin muunnin toimii DustTrakin kanssa oikein. /5/

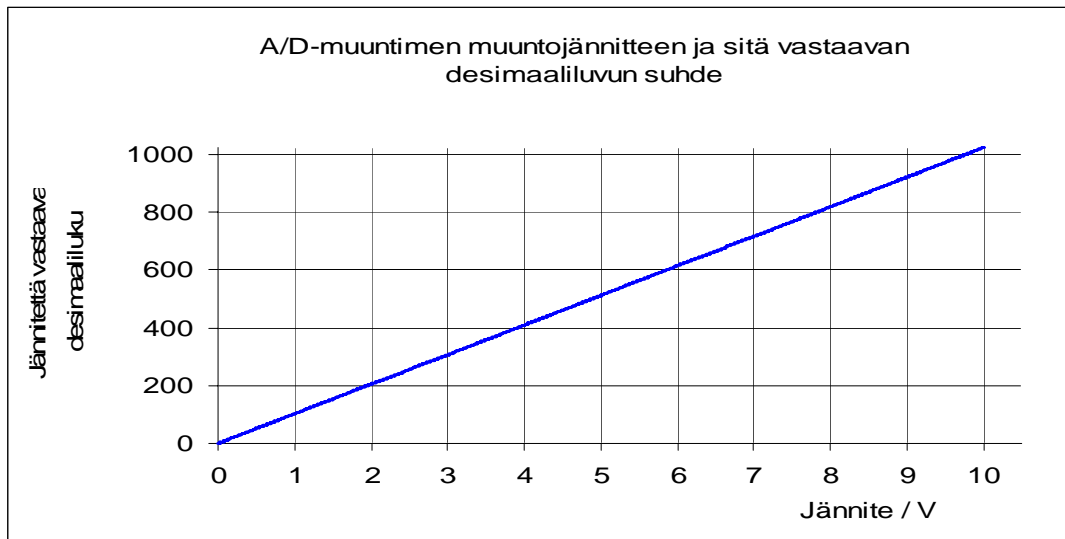
Laitteen muuntobittien ja muuntosuhteen välillä on tietty suhde, joka säilyy samana muuntimen muuntoalueella ideaalisessa tapauksessa. Tämä muuntosuhde on täysin teoreettisesti laskettu, eli siihen ei sisälly mitään mittaustuloksia. Tämä on havainnollistettu taulukossa 1. Taulukkoon ei ole merkitty kaikkia 1024 eri bittikombinaatiota, 1024:ää vastaavaa desimaali-arvoa eikä 1024:ää vastaavaa jännitearvoa. Tässä on siten huomioitu ottaa eri arvoja muuntoalueen alkupäästä, keskeltä sekä loppupäästä. Lisäksi muuntoalueen jännitteen ja bittiensuhteesta on graafinen esitys (kuva 4).

Muuntosuhde saadaan laskettua jakamalla jännitettä vastaava desimaaliluku muunnettavalla jännitteellä. Muuntosuhde on myös kuvan 2 nousevan suoran kulmakerroin.

Taulukko 1. A/D-muuntimen laskettu muuntosuhde

A/D-muuntimen muuntosuhde			
Muuntimelle tuleva jännite / V	Jännitettä vastaava desimaaliluku	Jännitettä vastaava binaariluku	Muuntosuhde jännitteen ja desimaaliluvun välillä
0.00976	1	00 0000 0001	102,3961
1,005898	103	00 0110 0111	102,3961
2,500096	256	01 0000 0000	102,3961
5,000192	512	10 0000 0000	102,3961
7,500288	768	11 0000 0000	102,3961
10,00038	1023	11 1111 1111	102,3961

Muunnettava jännite muodostuu muuntimen muuntotasosta yhden bitin suhteen ja sen monikerroista. Kuten taulukosta 1 huomataan, niin muuntosuhde pysyy täysin samana koko muuntoalueella. Tämä on siis ideaalinen tilanne.



Kuva 4. Muuntimen muuntojännitteen ja sitä vastaavan desimaaliluvun suhde

### 2.1.3 Tiedonkeruuhjelmaa ajavan PC:n vaatimukset

Kuten kohdassa 2.1 todettiin, niin osana laitteistoa on PC, jolla ohjelmaa ajetaan. Siinä pitää olla kaksi sarjaliikenneporttia, joilla siihen kytketään kiinni A/D-muunnin sekä yhdyskaapelilla DustTrak 8520 –mittalaite analogiaulostulon mittausalueen säätämistä varten. Ongelmaksi voi muodostua se, että yleisesti tietokoneissa ei ole kuin yksi sarjaliikenneportti. Näin oli myös PC:ssä, jolla tämä ohjelma tehtiin. Ratkaisuna tähän oli USB-RS232-adapteri eli adapteri joka menee USB –liittimeen kiinni ja muuntaa sen sarjaliikenneportiksi. Tässä oli myös huomioitavaa se, että adapteri tarvitsi ajurit toimiakseen. Ajurit pystyttiin asentamaan vain järjestelmävalvojan oikeuksilla.

## 2.2 Työssä käytetty ohjelmisto

Työssä on käytetty graafista ohjelmointityökalua, NI LabView 6.1:tä. Kun tiedonkeruuhjelma on käynnissä ja DustTrakin mittausalue muuttuu, niin joudutaan käyttämään TSI:n omaa TrakPro-ohjelmaa, jolla saadaan asetettua analogiaulostulo vastaamaan oikeaa mittausaluetta. Näistä kahdesta ohjelmasta on lisää seuraavassa.

### 2.2.1 LabView 6.1

LabView on National Instrumentsin graafinen ohjelmointityökalu. Se koostuu käyttöliittymäosasta ja itse toteutusosasta. Käyttöliittymäosaan tehdään ohjelman käyttöliittymä, eli se osa, joka on näkyvillä, kun ohjelmaa ajetaan. Toteutusosassa on itse ohjelma. Kuvassa 5 on käyttöliittymäosio ja kuvassa 6 on toteutusosio.

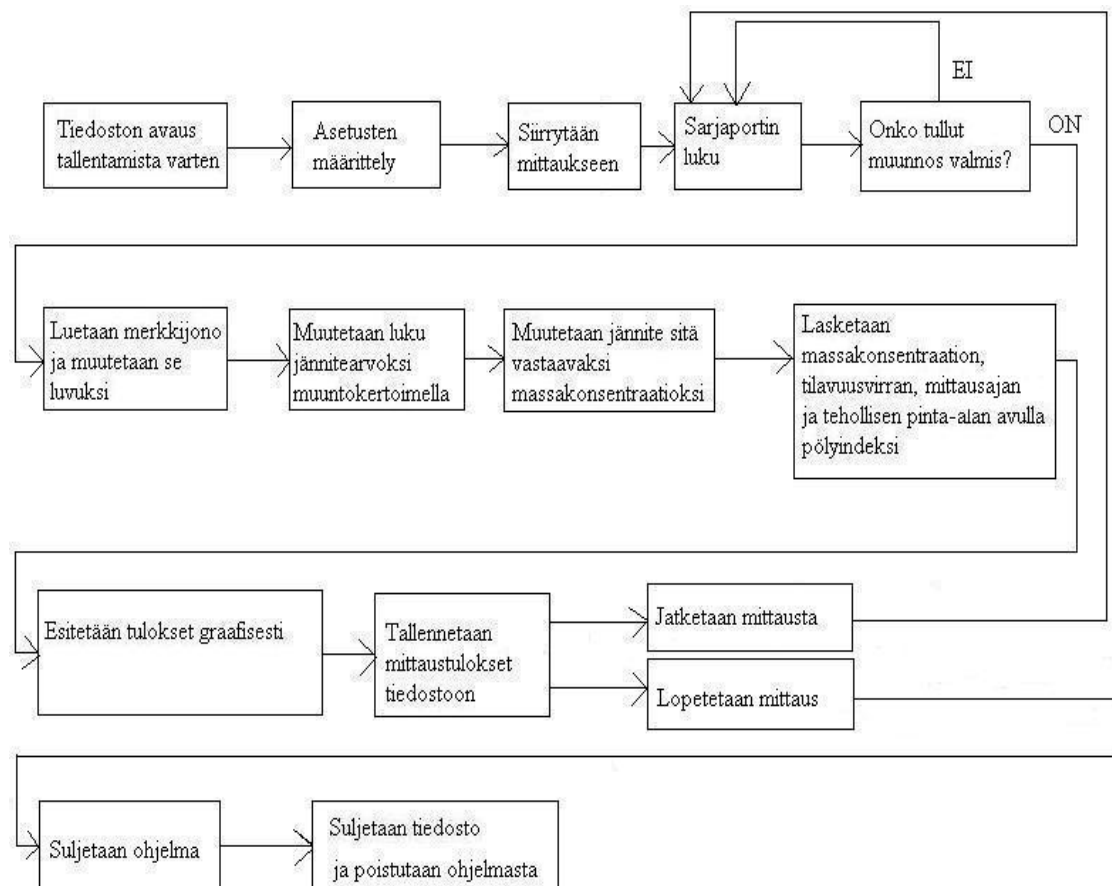


### 2.2.2 TrakPro-ohjelma

TrakPro-ohjelmalla pystyy ohjaamaan TSI:n eri mittalaitteita, kuten DustTrak 8520. TrakPro-ohjelman ainoa tehtävä tässä työssä on ohjata DustTrakin analogiaulostuloa niin, että se vastaa mittausaluetta. Tätä on käsitelty tarkemmin kohdassa 2.1.1.

## 3 TIEDONKERUUOHJELMAN SUUNNITTELU

Tiedonkeruuohjelmaa suunniteltaessa ensimmäinen ratkaistava asia oli, mitä ohjelman tarvitsisi tehdä. Ohjelman tehtävänä on siis hakea ja esittää DustTrak 8520 –mittalaitteen mittamaa dataa reaaliajassa sekä tallentaa nämä tiedot myöhempää analysointia varten. Myös käytetty laitteisto vaikutti ohjelman suunnitteluun. Kuvassa 7 on esitetty lohkoina ohjelman suunnittelu alusta loppuun.



Kuva 7. Ohjelma lohkoesityksenä

Ohjelman toteutus ei noudattanut orjallisesti suunniteltua lohkoaviototeutusta eli lohkot antoivat vaan suuntaviivat ohjelman toteuttamiselle.

### 3.1 Ohjelman vaatimukset

Ohjelmassa on toteutettu reaaliaikainen tiedonkeruu seuraavasti: mittaustulos siirretään DustTrakin analogiaulostulon kautta A/D-muuntimelle, jossa tieto muutetaan digitaaliseksi. Tämän jälkeen mittaustulos siirretään tietokoneelle sarjaliikenneväylää pitkin. Tieto käsitellään ja esitetään graafisesti tallentaen se samanaikaisesti tiedostoon.

### 3.2 Laitteiston vaikutus ohjelmaan

Käytetyllä laitteistolla oli huomattava vaikutus ohjelmaan. Ensiksi DustTrakin mitaama massakonsentraatio muuttuu digitaalisesta analogiseksi jännitearvoksi sen analogiaulostuloon. Tämän jälkeen tieto siirtyy A/D-muuntimelle, jossa se muuttuu takaisin digitaaliseksi. Kun tiedetään muuntimen muuntoalue (0 - 10 V) sekä se, että muuntimen muuntotulos on 10-bittinen, niin saadaan selville muuntimen muuntamaa analogista arvoa tarkasti vastaava digitaalinen binaariarvo. Tätä binaarilukua vastaa jokin tietty desimaaliluku. Tämä asia on tärkeä siksi, että ohjelmassa joudutaan muuntamaan ensin tämä muuntimelta sarjaliikenneporttiin tullut 10-bittinen binaariluku vastaavaksi desimaaliluvuksi ja sitten tämä desimaaliluku muunnetaan sitä vastaavaksi jännitearvoksi. Tämä jännitearvo on sama kuin DustTrakin analogiaulostulosta mitattu jännitearvo. Tästä jännitearvosta ohjelma laskee esille sitä vastaavan massakonsentraation.

Muuntimen ominaisuuksista muutkin seikat vaikuttavat ohjelmaan. Kuten johdannossa todettiin, niin muuntimena toimi Atmelin 8-bittisen mikrokontrollerin oma 10-bittinen muunnin. Mikrokontrollerilla pyöri tietty ohjelma, joka lähettää sarjaliikenneprotokollaa käyttäen tiedon PC:lle muunnoksen valmistumisesta ja muunnoksen tuloksesta. Tältä tieto löydetään lukemalla sarjaliikenne porttia, ja etsiä sieltä muuntimen ilmoittamaa ”muunnos valmis” -merkkijonona. Tämän jälkeen piti muuntaa ”muunnos valmis” -merkkijonoa seuraava mittaustulos sisältävä merkkijono luvuksi ja käsitellä sitä, jotta alkuperäinen mittaustulos saataisiin oikeassa muodossa esille. Johdannossa todettiin myös valitettava virallisten dokumentoinnin puute ja siitä aiheutuvat ongelmat koskien muuntimen ilmoittamaa muunnoksen valmistumista. Tämä asia ratkesi tutkimalla muuntimen suunnittelijan tekemää typen oksidien mittaushjelmaa, jossa oli käytetty tätä kyseistä muunninta. Sieltä onneksi löytyi tieto siitä, minkä merkkijonon mikrokontrolleri lähettää muunnoksen valmistuessa. Tästä on lisää kohdassa 4.2 tiedon kerääminen A/D-muuntimelta.

Myös DustTrakin ominaisuuksilla oli vaikutusta ohjelmaan. Ohjelmassa laskettiin massakonsentraation lisäksi pölyindeksiä. Pölyindeksin laskemista käsitellään tässä työssä sivulta 20 alkaen. Pölyindeksin laskemiseen tarvittiin tietoa DustTrakin säädetyistä tilavuusvirrasta. Tilavuusvirran arvoa säädettiin mekaanisesti eli vääntämällä DustTrakin kyljessä olevaa ruuvia sen ollessa päällä ja katsomalla mitta-asteikolta säädetyin tilavuusvirran arvoa.

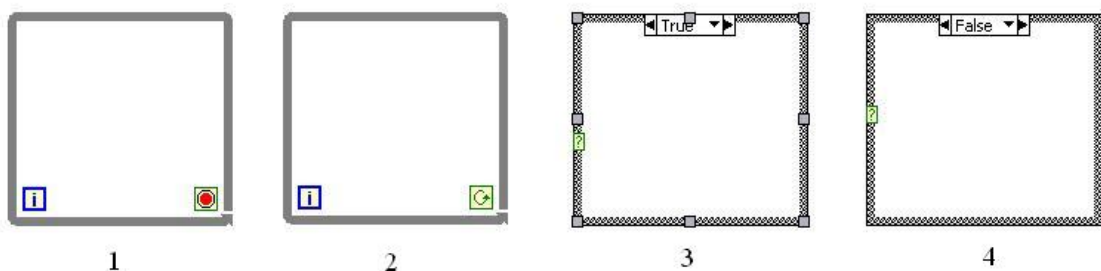
Tilavuusvirran arvo on säädettävissä  $1,4 - 2,4 \frac{1}{\text{min}}$  välillä. Säädetty perusarvo tilavuusvirralle on  $1,7 \frac{1}{\text{min}}$ .

#### 4 TIEDONKERUUOHJELMAN TOTEUTUS

Koska ohjelman toteutusosa on todella laaja, niin se esitellään ensin pienempinä osina. Koko ohjelmakokonaisuus on liitteenä 1. Tiedonkeruuohjelmaa lähdettiin toteuttamaan lohkokaaviosuunnitelman pohjalta. Lohkokaaviot antoivat vaan suuntaa ohjelman toteutukselle, eikä sitä noudatettu orjallisesti. Tiedonkeruuohjelma toteutus aloitettiin käyttöliittymäosiesta. Ensiksi se toteutettiin pääpiirteittäin. Vasta aivan viimeisenä se hiottiin lopulliseen muotoonsa. Suurin ja vaativin osio oli luonnollisesti toteutusosan rakentaminen toimivaksi ja mahdollisimman selkeäksi. Aliohjelmia tehtiin yksi kappale ja kyseinen aliohjelma on pölyindeksin laskeminen. Toteutusosan rakennetta olisi saanut vielä selkeämmäksi toteuttamalla tietyt kohdat aliohjelmilla, mutta sitä ei suunnittelun aikataulun puitteissa enää keritty toteuttamaan.

Tässä työssä esillä olevat kuvat ohjelman LabView-toteutuksesta saattavat hieman poiketa siitä, miltä ohjelma oikeasti näyttää. Tämä johtuu siitä, että ohjelmaa on jouduttu hieman muokkaamaan esittelykuvia varten, jotta kaikki oleellinen informaatio on saatu näkymään. Esimerkkinä tästä on kuvan 11 siirry mittaukseen -kytkin, joka sijaitsee ohjelmassa oikeasti huomattavasti alempana. Tässä tapauksessa sitä on siirretty, jotta kuvan koko saataisiin järkevämmäksi. Ohjelman toimintaan nämä muutokset eivät vaikuta mitenkään.

Koska ohjelma tullaan esittämään pienissä osissa, niin on ensiksi syytä kertoa ohjelman isommista rakenteista. Ohjelman ajaminen on toteutettu käytännöllisesti katsoen kokonaan kahdella eri rakenteella. Nämä rakenteet ovat while-silmukka ja Case-rakenne (kuva 8).



Kuva 8. while-silmukka (1 ja 2) ja Case-rakenne (3 ja 4)

While-silmukka toiminnalla on kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäisessä (1), jonka silmukan pyörimisehtona on "stop if true", silmukkaa ajetaan niin kauan kunnes pysäytysehto täyttyy eli punainen pallo saa arvon "true". Toisessa vaihtoehdossa (2), jonka silmukan pyörimisehtona on "continue if true", silmukkaa ajetaan niin kauan kun pyörimisehto (vihreä nuoli) saa arvon "true".

Case-rakenteessa puolestaan toteutetaan ehdon (kuvan 8 rakenteiden 3 ja 4 kyljessä oleva kysymysmerkki) määräämä puoli. Jos ehto on ”true”, niin toteutetaan True-osiossa oleva ohjelmakoodi. Jos ehto on puolestaan ”false”, niin toteutetaan False-osiossa oleva ohjelmakoodi. Case-rakenteen ehtona voi myös käyttää virhetietoja. Eli ehtoina voi olla ”error”, jolloin suoritetaan sitä vastaava ohjelmakoodi sekä ”no error”, jolloin suoritetaan sitä vastaava ohjelmakoodi. Ohjelmassa on käytetty kumpaakin toteutusta while-silmukoista sekä case-rakenteesta.

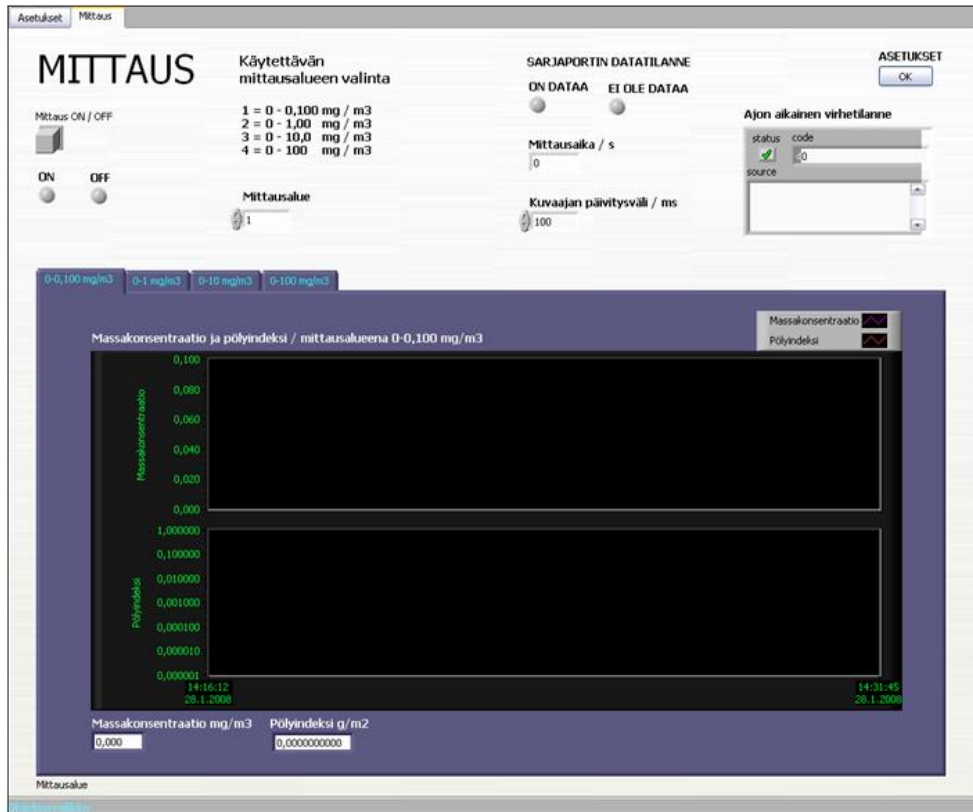
#### 4.1 Tiedonkeruuohjelman käyttöliittymä

Ohjelman käyttöliittymässä on kaksi eri välilehteä. Ensimmäisessä käyttäjän pitää valita ohjelman ajoon vaikuttavat asetukset, kuten portti, johon DustTrak on kytketty. Muita käyttäjän valittavana olevia asioita ovat tiedot pölyindeksin laskemista varten, kuten mikä on DustTrakin säädetty tilavuusvirta, mittauksen tehollinen pinta-ala sekä näytteenottoaika. Näytteenottoaika pitäisi säätää samaksi kuin DustTrak 8520 -mittalaitteen yhden näytteen ottamiseen kuluva aika. Mittausvälilehdelle pääsee siirtymään klikkaamalla siirry mittaukseen - painiketta.

Toisella välilehdellä on itse käytettävä ohjelma. Tällä välilehdellä ensimmäinen valittava asia on mittausalue, jonka tarvitsee vastata TrakPro-ohjelmalla säädettyä mittausaluetta. Toiseksi valitaan painike, jolla ohjelma eli tiedonkeruu käynnistetään. Ohjelma laskee käynnissä ollessaan massakonsentraation eli suureen, jota DustTrak mittaa, sekä laskee siitä pölyindeksin. Sitten ohjelma esittää ne graafisena kuvaajana. Kuvassa 9 ja 10 on esitettyinä ohjelman käyttöliittymä, joka koostuu kahdesta erillisestä välilehdestä.



Kuva 9. Ohjelman käyttöliittymä, asetusarvot

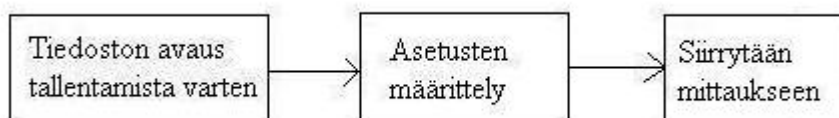


Kuva 10. Ohjelman käyttöliittymä, mittaus

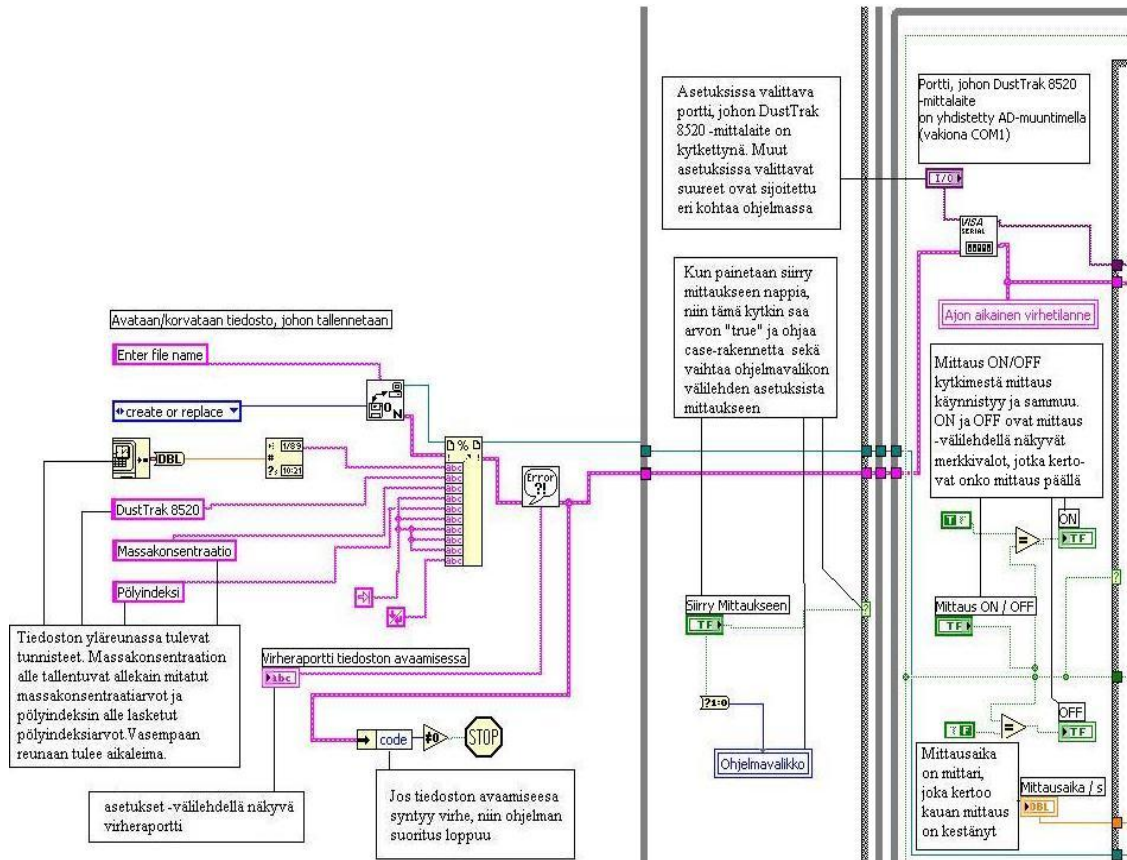
Ohjelmassa on tietyissä tärkeissä kohdissa virheenkäsittelymoduuleja, jotka ilmoittavat virheen synnystä. Näitä virheenkäsittelymoduuleja on ohjelmassa tietyissä tärkeissä kohdissa eli tiedoston avaamisessa, tiedoston sulkemisessa, sarjaportin avaamisessa, sarjaportin sulkemisessa, tavujen haussa sarjaliikenneportista, sarjaliikenneporttiin tulneiden tavujen luvussa sekä tiedon tallentamisessa tiedostoon. Tiedoston avaamisen ja sulkemisen virheenilmoitus tapahtuu asetukset-välilehdellä olevilla huomioikkunoilla. Muiden osien virheenilmoitus tapahtuu yhdellä virheenilmoitusmoduulilla, joka on mittaus-välilehdellä (kuva 10 oikea yläkulma).

Seuraavassa käydään läpi miten käyttöliittymä on toteutettu.

Kuvassa 11 ovat ensimmäiset osalohkot, jotka on toteutettu LabView'illa kuvan 11 mukaisesti.



Kuva 11. Ohjelman ensimmäiset osalohkot



Kuva 12. Tiedoston avaaminen, asetusten määrittely sekä mittausvälilehdelle siirtyminen

Kun ohjelmaa ajetaan, niin se kysyy ensiksi tiedoston nimen, johon tiedot tallennetaan. Jos tiedosto on jo olemassa, niin ohjelma osaa ilmoittaa siitä ja kysyä, tallennetaanko tieto tämän päälle vai eri tiedostoon. Koska tiedoston avaus on uloimman while-silmukan ulkopuolella, niin se suoritetaan vain kerran. While-silmukat ja case-rakenteet ovat esitetty kuvassa 12 vain osittain. Tämä johtuu siitä, että silmukoissa on paljon ohjelmakoodia sisällä eli ne ovat kooltaan suuria ja eivät yksinkertaisesti mahdu kuvaan. Kuvassa 12 olevat vaaleanpunaiset johtimet kuljettavat virhetietoa. Tämä virhetieto pitää sisällään vain sen, onko virhettä syntynyt (error) vai ei (no error). Jos halutaan saada selville tietä, mikä virheen on aiheuttanut, niin virhetietojohdin tulee liittää virheenkäsittelijämoduuliin (Simple Error Handler, General Error Handler tai Error Out 3D -moduuli)

Tiedoston avaamisen on liitetty virheenkäsittelijämoduuli (Simple error handler), joka ilmoittaa virheraportin asetukset-välilehdellä. Jos tiedoston avaamisessa syntyy virhe tai ei valita ollenkaan avattavaa tiedostoa, niin ohjelman suoritus pysähtyy kokonaan.

Asetuksista kuvassa 12 näkyy vain portin valinta. Tämä portti on se, jossa DustTrak 8520 -mittalaite on kiinni A/D-muuntimen välityksellä. Muut asetuksissa valittavat suureet ovat sijoitettu eri kohtaan ohjelmassa. Asetuksissa valittavat suureet olisivat voineet sijaita kaikki uloimmassa while-silmukassa.

Silloin niistä olisi pitänyt kustakin luoda lokaali muuttuja ja asettaa tämä muuttuja sinne kohtaan ohjelmassa, missä sitä olisi tarvittu. Tätä keinoa käytettiin alkuun mutta pian palattiin takaisin siihen versioon, missä suuret sijaitsivat niillä paikoilla, kun niitä ohjelmassa tarvittiin. Tämä johtui siitä, että mittaustuloksen esityksessä alkoi syntyä huomattavaa viivettä, eli ohjelma ei reagoinut heti mittaustuloksen muuttuessa. Alkuun luultiin, että lokaalit muuttujat olisivat aiheuttaneet tämän, mutta oletus oli väärä. Lopulta syylliseksi paljastuivat samaan aikaan uudestaan tehdyt graafiset kuvaajat. Ongelma korjattiin ottamalla vanhat, edellisessä versiossa toimineet kuvaajat käyttöön. Koska ainoa lokaalien muuttujien tuoma etu oli vain hieman selvempi ohjelmarakente (eli kaikki asetettavat suuret samassa paikassa ohjelmaa), niin asetettavat suuret päätettiin jättää niille paikoille, missä ne olivatkin.

Siirry mittaukseen -painike ohjaa puolestaan ohjelmavalikon välilehtiä, joita ovat siis asetukset-välilehti sekä mittaus-välilehti. Kun kytkin saa arvon "true" (eli sitä painetaan), niin siirrytään suorittamaan case-rakenteen "true" arvoa vastaava ohjelmakoodia eli käyttöliittymässä siirrytään mittausvälilehdelle ja toteutusosassa case-rakenteen sisälle. Jos kytkintä ei paineta eli se saa arvon "false", niin suoritetaan sitä vastaa ohjelmakoodi case-rakenteen sisällä. Käyttöliittymässä ei tällöin tapahdu mitään muutosta.

Mittaus ON/OFF -kytkin aloittaa mittauksen sekä ohjaa mittaus-välilehdellä olevia ON - ja OFF -merkkivaloja, jotka palavat sen mukaan onko mittaus käynnissä vai ei. Jos mittaus on käynnissä, niin silloin palaa vihreä merkkivalo. Jos mittaus ei ole käynnissä, niin silloin palaa puolestaan punainen merkkivalo.

Mittausaika on digitaalinen sekuntilaskuri, joka kertoo, kauan mittaus on ollut käynnissä. Se alkaa laskea siitä, kun mittaus käynnistetään mittaus ON/OFF -kytkimestä ja lopettaa siihen kun mittaus lopetetaan painamalla samasta kytkimestä uudelleen. Mittausaika ei nollaannu vaan se jää näkyviin niin kauaksi aikaa, kunnes mittaus käynnistetään uudelleen.

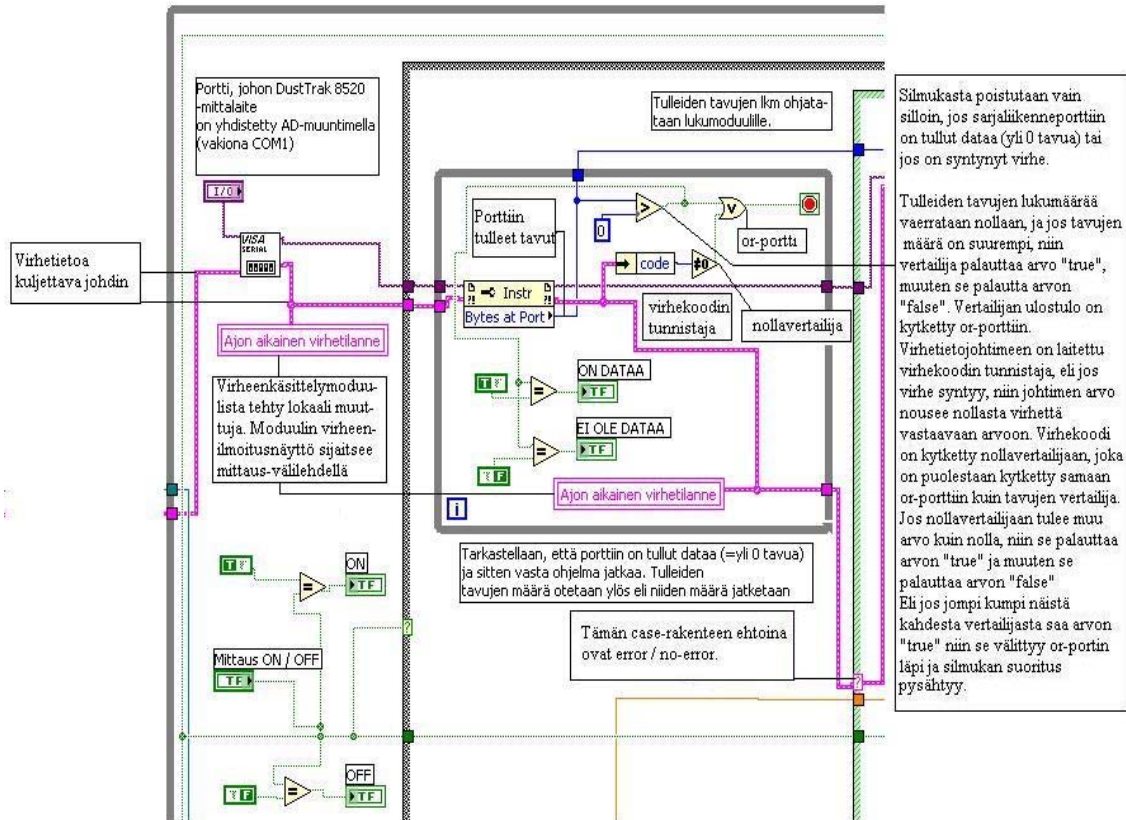
#### 4.2 Tiedon kerääminen A/D-muuntimelta

Tiedon kerääminen A/D-muuntimelta alkaa kuvan 13 osalohkon mukaisesti.



Kuva 13. Osalohko sarjaportin lukemisesta

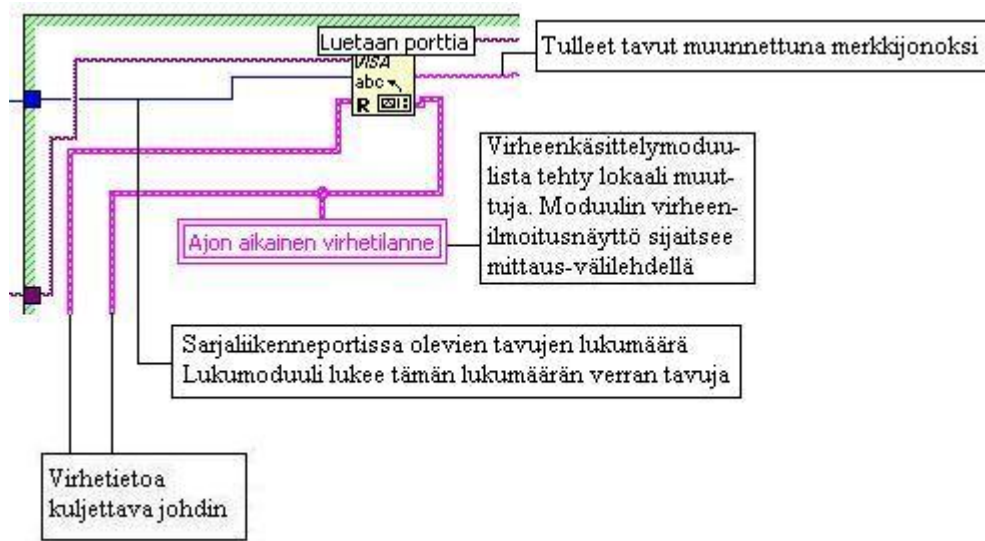
Ensiksi tarkistetaan, että valittuun porttiin on tullut tavuja. Tämä tapahtuu kuvan 14 keskellä olevassa while-silmukassa. Ensiksi siis odotetaan, että tavuja on yli 0. Tällä varmistetaan se, että silmukasta poistutaan vain silloin kun sarjaliikenneporttiin tulee dataa. Toinen ehto silmukasta poistumiselle on se, että on tapahtunut virhe. Jos kumpikaan ehto ei täyty, niin silloin jatketaan silmukan ajoa. Silmukan sisällä on kaksi merkkivaloa, jotka palavat sen mukaan onko sarjaliikenneportissa tavuja (dataa) vai ei.



Kuva 14. Tavujen hakeminen valitusta sarjaliikenneportista

Kuvassa 14 on kaksi virheenkäsittelymoduulista (Error Out 3D -moduuli) luotua lokaalia muuttujaa. Näihin muuttujiin kirjoitetaan virhetieto, jos virhe tapahtuu. Virheenkäsittelymoduulin virheilmoitusnäyttö sijaitsee mittaus-välilehdellä. Virheilmoitusnäyttö on näkyvillä kuvassa 10.

Kun tavuja on tullut sarjaliikenneporttiin, ne ohjataan sarjaportin lukumuodulille (kuva 15). Lukumuoduli lukee "bytes at port" arvon verran tavuja valitusta portista eli tällä pidetään huoli, että kaikki porttiin tulleet tavut myös luetaan. Tämän jälkeen lukumuoduli muuttaa tulleet tavut merkkijonoksi.



Kuva 15. Tavujen lukeminen sarjaliikenneportilta

Merkkijono ohjataan tämän jälkeen vertailumoduuliin (kuva 16), joka etsii merkkijonosta muunnos valmis –merkkijohdistelmää.



Kuva 16. Muunnos valmis -merkkijohdistelmän etsijämoduuli

Kaikki A/D-muuntimet ilmoittavat jotenkin sen, että muunnostulos on valmiina. Koska kyseessä on mikrokontrolleri, niin käytävissä ei ole sellaisia keinoja, joilla sen sisäisen ohjelmarakenteen saisi selville. Tästä sisäisestä ohjelmarakenteesta pystyisi selvittämään miten muunnoksen valmistuttua kontrolleri lähettäisi tiedon sarjaliikennepiirille, ja mikä merkkijono ilmoittaisi muunnoksen valmistumisesta.

Ainoa keino saada tämä merkkijono selville oli tutustua Veistarón tekemään tyyppien oksidien mittausohjelmaan ja kopioida tämä tieto omaani.

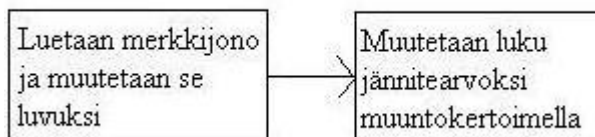
Tässä tapauksessa muunnin lähettää merkkijonon ADC1, kun kanavan yksi muunnos on valmistunut ja merkkijonon ADC2, kun kanavan kaksi muunnos on valmistunut jne. Veistarón suunnittelemassa muuntimessa on kytkettynä vain kolme kanavaa, joissa muunnos voidaan tehdä. Kun tätä merkkijonoa etsitään ja se löydetään, niin muunnoksen tulos on sitä edeltävä merkkijono.

Koska muuntimessa on yhdistettynä kolme kanavaa, joita muunnin muuntaa koko ajan, niin muunnostulokset tulevat peräjälkeen. Siksi data saadaan esille käyttämällä LabView-ohjelman etsimismoduulia (Match Pattern).

Kun moduuli löytää etsittävän merkkijonon, eli tässä tapauksessa ADC1, niin se jakaa koko tulleen merkkijonon osiin. Ensimmäisessä merkkijonossa on kanavan yksi muunnostieto. Toiseen merkkijonoon jäävät muiden kanavien muunnostulokset sekä niitä vastaavat merkkijonot muunnosten valmistumisesta. Jos haluttaisiin käyttää kanavaa kaksi, niin toimittaisiin samalla tavalla, mutta etsittävä merkkijono olisi ADC2.

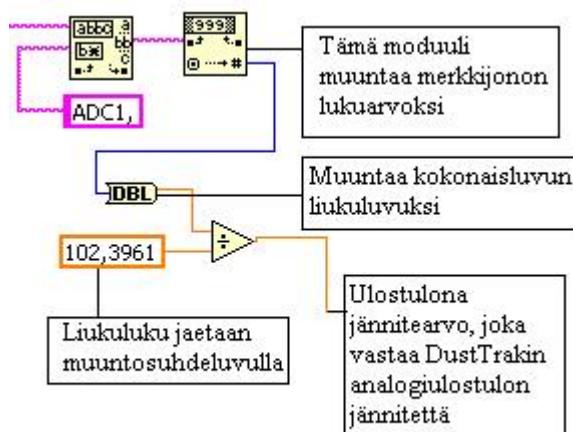
#### 4.3 Tiedon muuntaminen käyttökelpoiseen muotoon

Tämä osio alkaa toteuttamalla kuvan 17 mukainen osalohko.



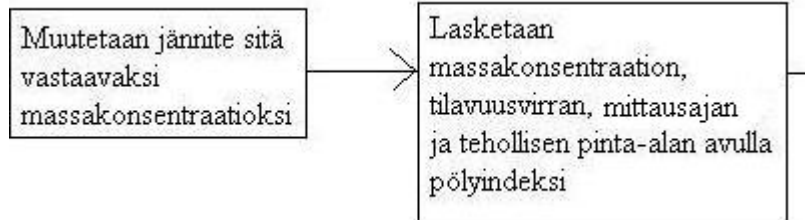
Kuva 17. Osalohko tiedon käsittelystä käyttökelpoiseen muotoon

Kun A/D-muuntimen muuntama merkkijono on tullut, niin se tarvitsee muuntaa käyttökelpoiseen muotoon. Ensin merkkijono muunnetaan lukuarvoon, sitten tämä lukuarvo muutetaan takaisin jännitearvoksi, joka vastaa siis DustTrakin analogiulostulosta mitattua jännitearvoa. Tämä tapahtuu LabView'ssa kuvan 18 mukaisesti.



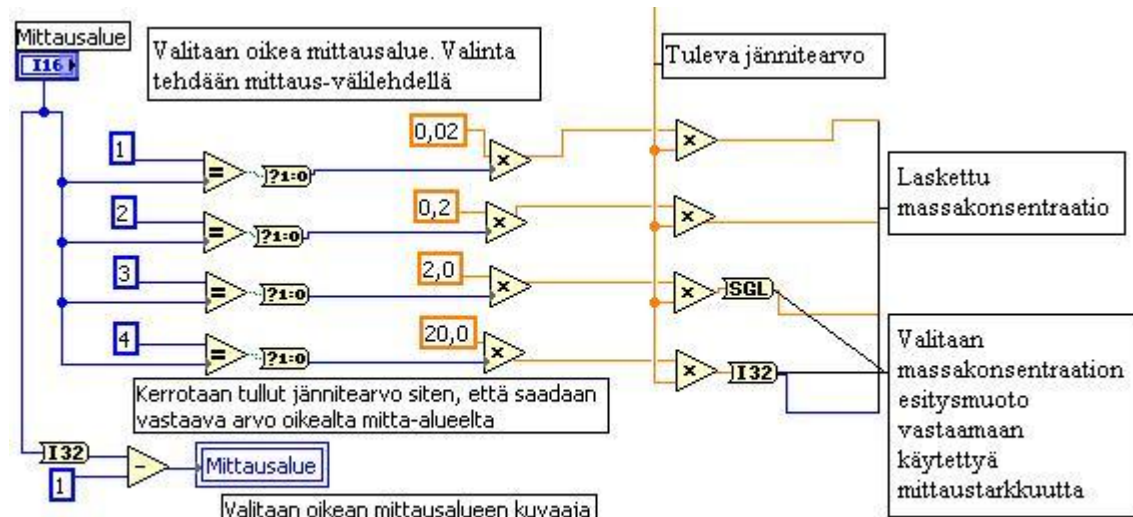
Kuva 18. Merkkijonon muuntaminen luvuksi ja sitä vastaavaksi jännitearvoksi

Tämän jälkeen toteutetaan kuvan 19 mukainen osalohko.



Kuva 19. Osalohko tiedon käsittelystä käyttökelpoiseen muotoon

Tämän jälkeen jännite muunnetaan sitä vastaavaksi massakonsentraatioksi, jonka avulla lasketaan pölyindeksi. Kuvista 20 ja 21 selvitellään graafisesti edellä esiteltyt toiminnot.



Kuva 20. Jännitearvon muuntaminen massakonsentraatioksi

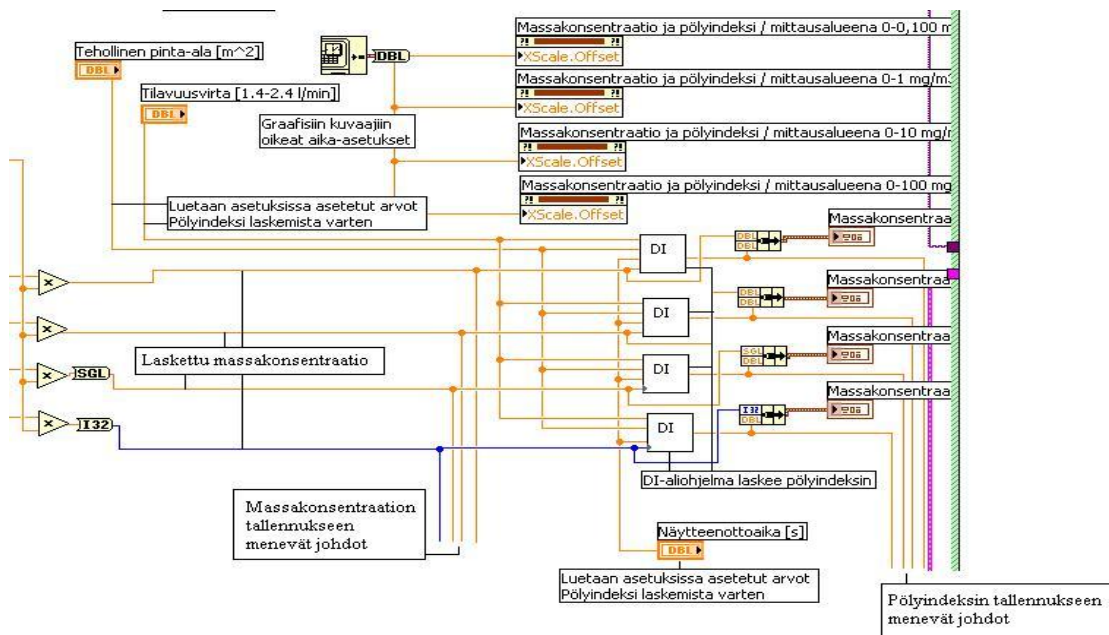
Kuvassa 20 vasemmassa yläkulmassa on mittausalueen valitsin. Käyttöliittymässä tämä sijaitsee mittaus-välilehdellä. Mittausalueen valitsin valitsee vain kertoimen millä laskettu jännitearvo kerrotaan ja samalla se ohjaa mittausalue-välilehteä, eli näyttää valittua mittausaluetta vastaavan graafisen kuvaajan. Mittausalueen valinta vaihtaa sen antamaa numeroarvoa. Mittausalue 0 – 0,100 mg/m<sup>3</sup> palauttaa arvon yksi, mittausalue 0 – 1,00 mg/m<sup>3</sup> palauttaa arvon kaksi, mittausalue 0 – 10,0 mg/m<sup>3</sup> palauttaa arvon kolme ja mittausalue 0 – 100 mg/m<sup>3</sup> palauttaa arvon neljä. Mittausaluetta ohjattaessa arvosta pitää vähentää yksi, koska mittausaluevälilehdet ovat numeroituina nolasta kolmeen.

Välilehdellä nolla on mittausalueen 0 – 0,100 mg/m<sup>3</sup> graafinen kuvaaja, ensimmäisellä välilehdellä on mittausalueen 0 – 1,00 mg/m<sup>3</sup> graafinen kuvaaja, toisella välilehdellä on mittausalueen 0 – 10,0 mg/m<sup>3</sup> graafinen kuvaaja ja kolmannella välilehdellä on mittausalueen 0 – 100 mg/m<sup>3</sup> graafinen kuvaaja

Kun mittausalue on valittu, niin seuraavaksi sen arvo menee neljään vertailijaan. Vertailijat palauttavat arvon "true" jos valittu arvo on yhtä suuri vertailijan kanssa. Yksi neljästä vertailijasta palauttaa arvon "true", riippuen siitä mikä mittausalue on valittuna. Tämän jälkeen boolean arvo muutetaan sitä vastaavaksi nolaksi tai ykköseksi eli "false" muuttuu nolaksi ja "true" ykköseksi. Näin ollen se mittausalue, joka on valittu, kertoo ykkösellä valitun kerroin-arvon.

Esimerkiksi valitaan mittausalueeksi 0 – 10,0 mg/m<sup>3</sup>, joka palauttaa arvoksi kolmosen. Mittausalue-välilehtiä valittaessa tästä kolmosesta vähennetään yksi, jolloin saadaan luku kaksi, joka on juurikin tämä alueen graafista kuvaajaa vastaava välilehti. Seuraavaksi lukuarvo kolme ohjataan vertailijoille. Nyt toiseksi alin vertailija palauttaa arvon "true", koska kolme on yhtä suuri kuin kolme. Muut vertailijat palauttavat arvon "false". Sitten boolean arvot muutetaan luvuiksi eli toiseksi alimmaisesta tulee ykkönen ja muut ovat nolaa. Ainoa ykkönen kertoo vastaavan kertoimen eli luvun 2,0 eli saadaan  $1 \cdot 2,0 = 2,0$ . Muissa tapauksissa kertojina ovat nollat eli  $0 \cdot 0,02 = 0$ ,  $0 \cdot 0,2 = 0$  ja  $0 \cdot 20 = 0$ . Näiden kertolaskujen ulostulo on yhdistettynä laskettuun jännitearvoon.

Oletetaan, että DustTrakin analogiaulostulosta mitattu jännite olisi 2,5 voltia. Tämä arvo tarkoittaa valitulla (0 – 10,0 mg/m<sup>3</sup>) mittausalueella arvoa 5,0 mg/m<sup>3</sup>. Kun jännitearvo 2,5 voltia kerrotaan saadulla luvulla 2,0, niin saadaan jännitettä vastaava massakonsentraatioarvo laskettua eli  $2,0 \cdot 2,5 = 5$  (mg/m<sup>3</sup>). muut ulostulot kertovat jännitteen nolalla eli niistä tulee arvo nolla. Kertolaskun jälkeen kahta alimmaista lukuarvoa muutetaan. Toiseksi alimmaisessa (jonka vastaava mittausalue on 0 – 10,0 mg/m<sup>3</sup>) liukuluvun tarkkuutta pienennetään kahdesta sanasta (double precision) yhteen sanaan (single precision). Alimmaisessa (jonka vastaava mittausalue on 0 – 100 mg/m<sup>3</sup>) liukuluvun tarkkuutta pienennetään kahdesta sanasta (double precision) 32-bittiseksi kokonaisluvuksi (Integer32).



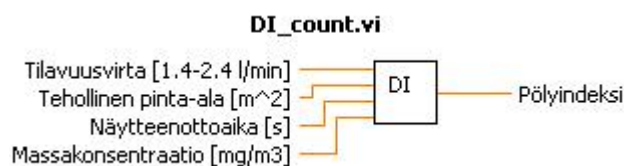
Kuva 21. Pölyindeksin laskeminen DI-aliohjelmassa

Ohjelman teon loppuvaiheessa havaittiin, että saman aliohjelman käyttäminen eri mittaus-alueiden vastaavaa pölyindeksiä laskettaessa johti virheelliseen lopputulokseen. Kuvasta 21 nähdään, että pölyindeksi tallentaminen toimii samalla tavalla kuin massakonsentraation tallentaminen. Eli kaikkien mittaus-alueiden tulokset summataan yhteen ja tallennetaan. Tämähän onnistuu siksi, että vain yhden mittausalueen massakonsentraatio lasketaan ja muiden alueiden vastaavat ovat nollija. Eli tässä tapauksessa yhden mittausalueen pölyindeksiä laskettaessa massakonsentraatio on nolllasta poikkeava, aiheuttaen siis tietyn lasketun pölyindeksin arvon. Muissa tapauksissa pölyindeksit ovat nollija, koska massakonsentraatiot ovat nolllissa, ja nolllalla kertominen aiheuttaa aina nolllan lopputulokseksi. Saman aliohjelman käyttäminen kaikilla mittausalueilla aiheutti aina sen, että kaikilla mittausalueilla oli sama laskettu pölyindeksin arvo. Tämä johtui siitä, että aliohjelman ulostulo oli jokaisella alueella samanniminen muuttuja, eli vaikka aliohjelma laski sisällään tuloksesi nolllan, niin se ei silti ollut nolllaa, vaan se arvo, jonka käytetyn mittausalueen aliohjelma oli laskenut. Ratkaisuna tähän tehtiin neljä eri aliohjelmaa, eli jokaiselle mittausalueelle oma pölyindeksiä laskeva aliohjelma. Näiden nimet ja mittausalueet ovat taulukossa 2.

Taulukko 2. Aliohjelmien nimitykset eri mittausalueita varten

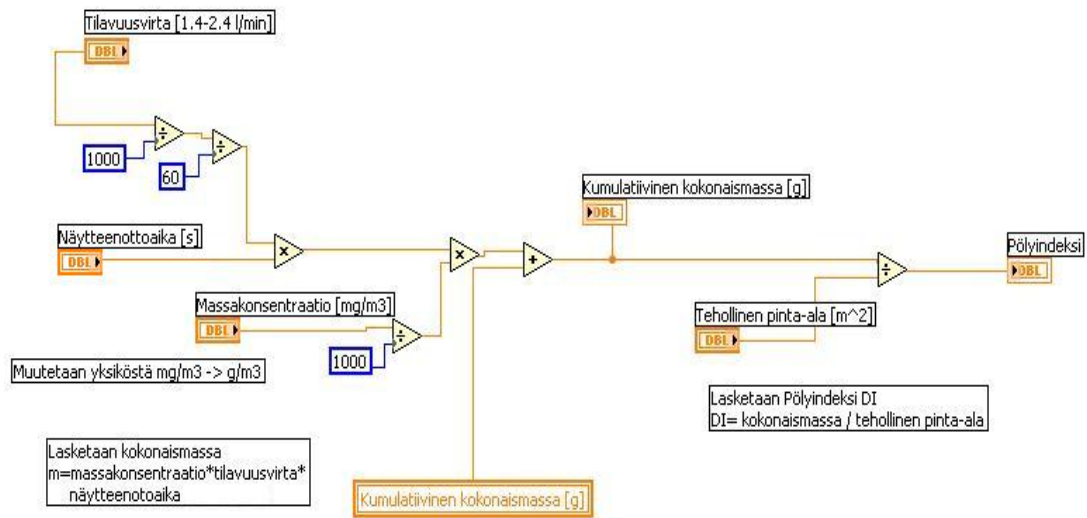
Aliohjelmien nimitykset eri mittausalueita varten		
Aliohjelman nimi	mittausalue	Samannimisiä muuttujia erottava numero
DI_count_0-0100.VI	0 – 0,100 mg/m <sup>3</sup>	1
DI_count_0-1.VI	0 – 1,00 mg/m <sup>3</sup>	2
DI_count_0-10.VI	0 – 10,0 mg/m <sup>3</sup>	3
DI_count_0-100.VI	0 – 100 mg/m <sup>3</sup>	4

Kuvassa 22 on esitelty pölyindeksin laskenta-aliohjelman tarvitseman sisäänmenot sekä ulostulo. Kyseisessä esittelyssä ei ole huomioitu ohjelman nimeämistä mittausalueen mukaan eikä suureiden numeroimista.



Kuva 22. DI-aliohjelman esittely

Kuvassa 22 vasemmalla olevat suureet ovat aliohjelmaan liitettäviä tuloja eli muuttujia, joista itse pölyindeksi lasketaan. Tilavuusvirta, tehollinen pinta-ala ja näytteenottoaika ovat ohjelman asetuksissa säädettäviä suureita. Massakonsentraatio on puolestaan ohjelman laskema suure. Oikealla on aliohjelman lähtö, joka on laskettu pölyindeksi. Kuvassa 23 on pölyindeksin laskennan toteutus.



Kuva 23. DI-aliohjelman toteutus

Kuvassa 23 olevassa DI-aliohjelman toteutuksessa ei ole huomioitu suureiden numeroimista.

Aliohjelmassa toteutetaan pölyindeksin laskemisessa tarvittavat kaavat (1 ja 2). Janne Heinilä on tutkintotyössään kertonut tarkemmin massakonsentraation ja pölyindeksiin liittyvästä teoriasta. /2/

Kerätyn pölyn kokonaismassa voidaan laskea seuraavan kaavan (1) mukaisesti:

$$\sum m = \sum C_m q_v t , \quad (1)$$

jossa:  $C_m$  = massakonsentraatio,  
 $q_v$  = tilavuusvirta ja  
 $t$  = näytteenottoaika

Jotta yksiköt sopisivat kaavan yksi mukaisesti, niin niitä tarvitsee hieman muuttaa. Kuvassa 22 vasemmassa yläreunassa tilavuusvirta jaetaan ensiksi tuhannella ja sitten kuudellakymmenellä. Tämä muuttaa tilavuusvirran yksikön arvosta l/min arvoon m³/s. Näytteenottoaika ei tarvitse muuttaa, sillä se on jo valmiiksi oikeassa yksikössä eli sekunteina. Tämän jälkeen kuvassa 22 muunnetaan massakonsentraatio arvosta mg/m³ arvoon g/m³ jakamalla se tuhannella. Muita muunnoksia ei tarvitse tehdä. Ohjelma laskee ensiksi kokonaismassa kertomalla tilavuusvirran (m³/s), näytteenottoajan (s) sekä massakonsentraation (g/m³). Näin saadaan yksiköksi massan yksikkö. Tämän jälkeen yksikkö laskee kumulatiivista kokonaismassaa, eli se summaa edellisen kokonaismassan arvon seuraavaan laskettuun. Kokonaismassa kasvaa siis ajan mukana.

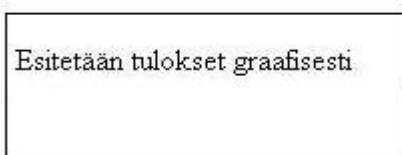
Kun kokonaisuudessa on laskettu, niin sen jälkeen voidaan laskea itse pölyindeksi. Sen laskeminen tapahtuu seuraavan kaavan mukaisesti:

$$DI = C_{m/a} = \frac{\sum m}{A_{ef}} \quad (2)$$

Kaavassa (2) esiintyvä  $A_{ef}$  on tehollinen pinta-ala./2/

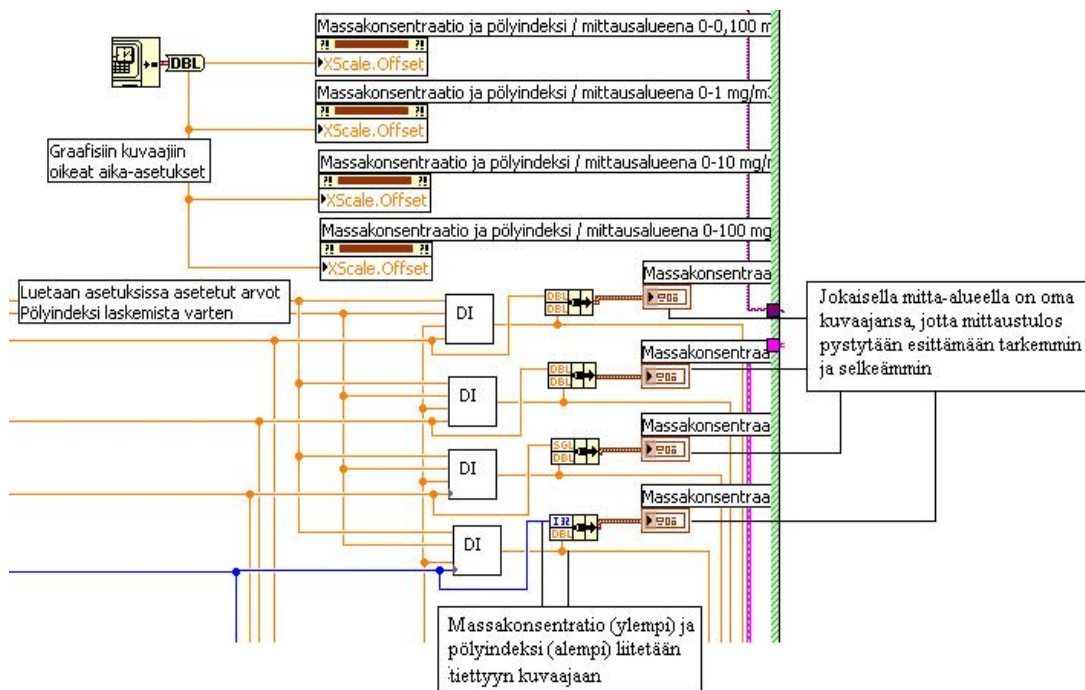
#### 4.4 Kerätyn tiedon esitys ja tallennus

Tämä osio alkaa toteuttamalla kuvan 24 mukainen osalohko.



Kuva 24. Osalohko tiedon esityksestä

Kun muuntimen muuntama tieto on saatu muunnettua käyttökelpoiseen muotoon (massakonsentraatio ja pölyindeksi), niin se esitetään graafisesti ajan funktiona. Kuvasta 25 käydään vielä läpi graafisen esityksen LabView-toteutus.



Kuva 25. Tiedon graafinen esitys

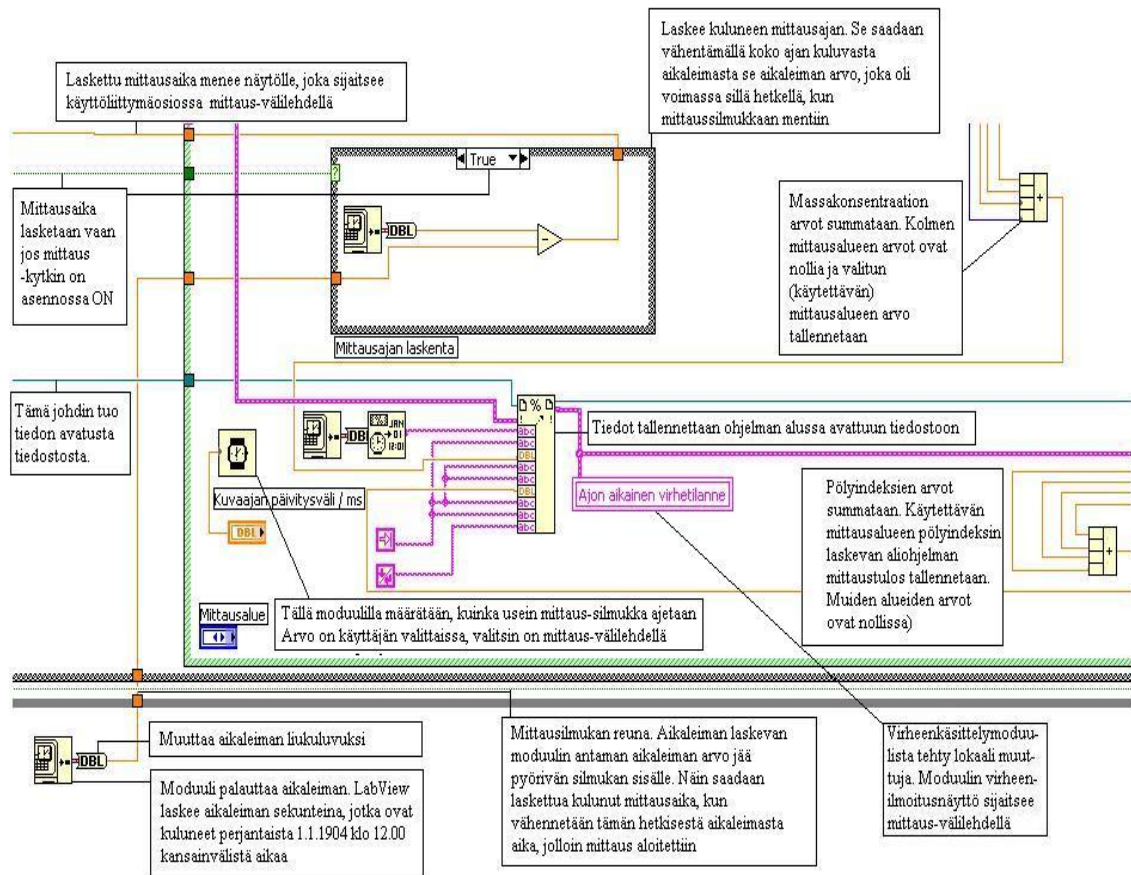
Graafiset kuvaajat sijaitsevat mittausvälilehdellä. Jokaisen mittausalueen kuvaaja sijaitsee omalla mittausaluevälilehdellä. Kun mittaus on käynnissä, niin mittausaluevälilehdet vaihtuvat vain silloin kun mittausaluetta vaihdetaan, eli esillä on aina vain valitun mittausalueen graafinen kuvaaja.

Kuvassa 26 on esitetty seuraava käsiteltävä osalohko

Tallennetaan  
mittaustulokset  
tiedostoon

Kuva 26. Osalohko tiedon tallentamisesta

Tämän osalohkon toteutus on kuvassa 27.



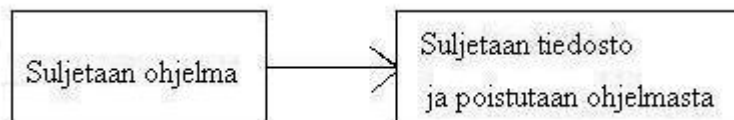
Kuva 27. Tiedon tallentamisen toteutus

Tiedot tallennetaan alussa avattuun tiedostoon. Tiedostolistauksessa vasempaan reunaan tulee aikaleima. Tämän jälkeen tulee massakonsentraation ja pölyindeksin arvo. Arvot tulevat allekkain niin, että massakonsentraation arvot tulevat massakonsentraatio-otsakkeen alle ja pölyindeksin arvot puolestaan tulevat pölyindeksi-otsakkeen alle. Liitteenä 2 on tulostettuna tiedostolistaus esimerkkimittauksesta.

Kun tutkitaan tiedostoon tallentunutta mittaustulosta, niin pitää muistaa eri mittausalueiden mittaustarkkuudet. Liitteenä 2 olevasta tiedostolistauksesta huomataan, että tulokset ovat kuuden desimaalin tarkkuudella. Näistä tuloksista pitää erottaa oikeat tarkkuudet mittausalueen mukaan. Mittausalueet ja niiden tarkkuudet ovat esiteltynä kohdassa 2.1.1 DustTrak 8520 –mittalaite. Ylimääräiset desimaalit johtuvat siitä, että DustTrakin antama jännite ei ole tasan 0,05 voltia tai sen monikertoja. Ainoastaan suurimman mittausalueen (0 – 0,100 mg/m<sup>3</sup>) tulokset ovat aina oikein, koska sen mittausalueen laskettu massakonsentraatio on muutettu kokonaisluvuksi, eli tiedostossa sen alueen tuloksissa desimaalit ovat kaikki nolliä. Tässä kohden tuli myös aikataulu vastaan, ja desimaalien määrän karsiminen mittausalueen tarkkuutta vastaavaksi olisi hyvä kehityskohde.

#### 4.5 Ohjelman lopetus

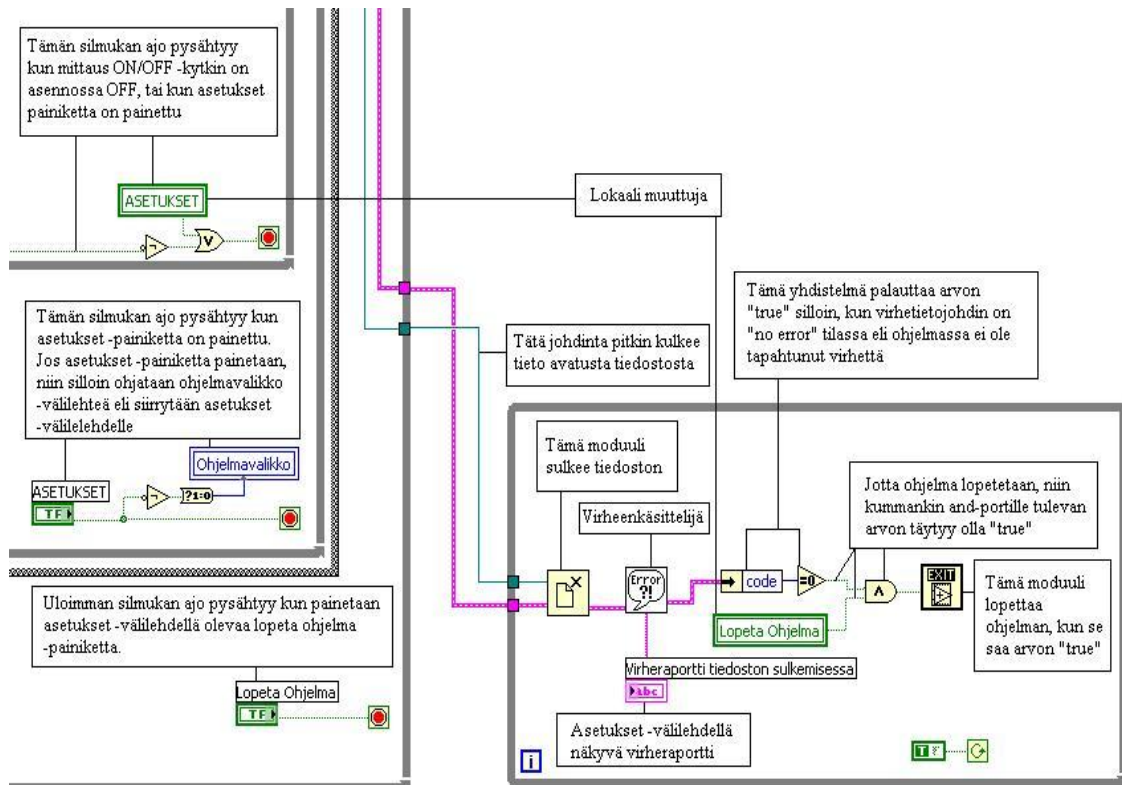
Kuvassa 28 on esiteltynä seuraava toteutettava osalohko.



Kuva 28. osalohko ohjelman sulkemisesta.

Kun ohjelma halutaan lopettaa, niin se tapahtuu painamalla asetukset-välilehdellä olevaa lopeta ohjelma –painiketta. Ohjelman lopettamisen toteutus on esiteltynä kuvassa 29. Kun lopeta ohjelma –painiketta painetaan, niin se pysäyttää ohjelmarakenteen uloimman while-silmukan ajon ja siirtyy toteuttamaan while-silmukkaa, missä suoritetaan itse ohjelman lopetus. Ohjelman lopetussilmukassa on ensimmäisenä moduuli, joka sulkee ohjelmassa käytetyn tiedoston. Tämän jälkeen on virheenkäsittelijämoduuli (Simple Error Handler), joka ilmoittaa virheraportin asetukset –välilehdessä, jos ohjelmassa on tapahtunut virheitä. Tämän jälkeen on moduuli, joka kertoo virhekoodin, sekä nollavertailija. Nollavertailijalta palautuu arvo "true", jos ohjelmassa ei ole tapahtunut virhettä eli virhekoodi on nolla. Jos ohjelmassa on tapahtunut virhe, niin tämä nollavertailija palauttaa arvon "false". Nollavertailija on kytketty and-porttiin yhdessä lopeta ohjelma –painikkeen lokaalin muuttujan kanssa. Tämä lokaali muuttuja lukee koko ajan kyseisen painikkeen tilaa. Jos painiketta on painettu, niin muuttuja palauttaa arvon "true" ja jos sitä ei ole painettu, niin se palauttaa arvon "false".

And-portti toimii siten, että kummatkin siihen kytketyistä tuloista tarvitsevat olla "true"-tilassa, jotta portin ulostulo palauttaa arvon "true". Muutoin and-portti palauttaa arvon "false". And-portin jälkeen silmukassa on moduuli, joka lopettaa ohjelman ajon. Tämä moduuli lopettaa ohjelman ajon vain silloin, kun se saa arvon "true".



Kuva 29. Ohjelman sulkeminen, tiedoston sulkeminen ja ohjelmasta poistuminen

#### 4.6 Virheentarkistus

Tietyissä ohjelman kohdissa (tiedoston avaamisessa, tiedoston sulkemisessa, sarjaportin avaamisessa, sarjaportin sulkemisessa, tavujen haussa sarjaliikenneportista, sarjaliikenneporttiin tulleiden tavujen luvussa sekä tiedon tallentamisessa tiedostoon) on virheenkäsittelymoduuli, joka muuntaa virhetietojohtimessa kulkevan virhekoodin virheraportiksi. Virhetieto kulkee läpi ohjelman vaaleanpunaisessa johtimessa.

Virheenkäsittelyä yritettiin tehdä Simple Error Handlerilla muihinkin ohjelman kohtiin kuin tiedoston avaamisen ja sulkemiseen. Tämä ei kuitenkaan onnistunut, vaan lopputuloksena oli se, että ohjelma antoi virheilmoituksia myös sen toimiessa oikein. Tämä on myös yksi hyvä kehityskohde, jos ohjelmaa tullaan vielä kehittämään.

## 5 TIEDONKERUUOHJELMAN TESTAUS

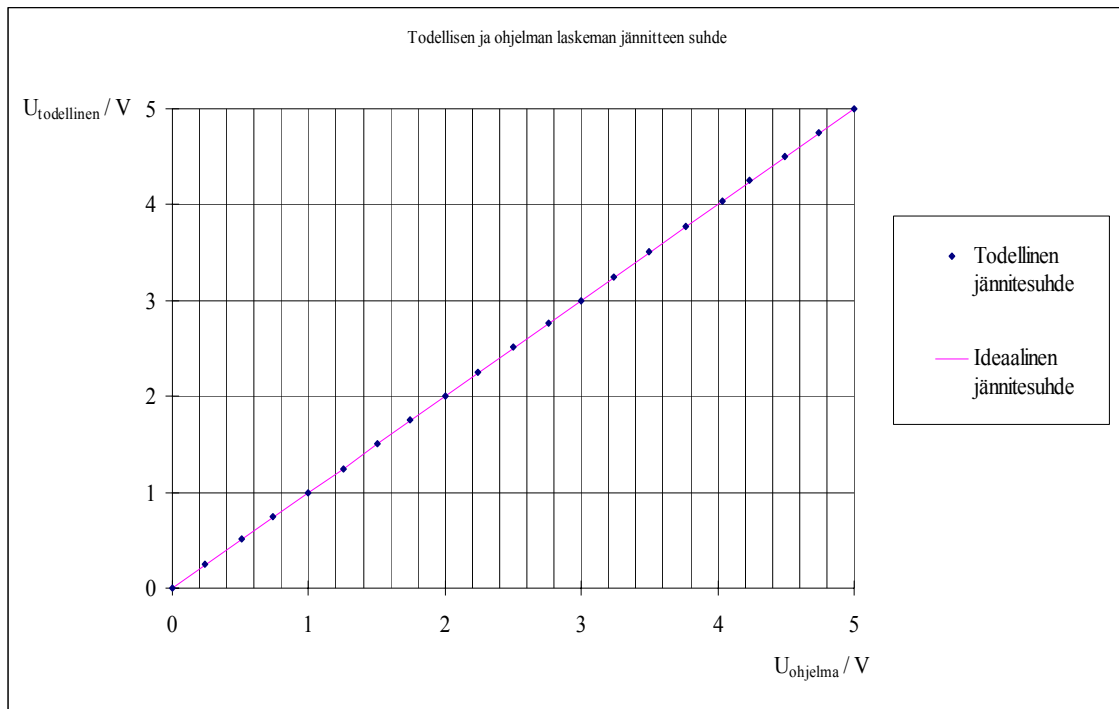
Ensimmäisiä ohjelmaversioita testattiin aluksi pelkän ulkoisen jännitelähteen avulla, jotta nähtiin, että muunnin muuntaa oikein ja tieto saadaan oikeana perille. Aluksi jännitelähteenä toimi tavallinen AA-paristo ja tämän jälkeen erillinen jännitelähde.

Ohjelman toimivuutta ja siirtotien vaikutusta mittaustulokseen testattiin yksinkertaisella jännitekokeella. Tässä A/D-muuntimelle syötettiin jännitelähteestä jännitettä  $U_{\text{todellinen}}$ , joka mitattiin jännitemittarilla. Tästä jännitearvosta laskettiin myös sitä vastaava lukuarvo. Laskuun vaikutti kohdassa 2.1.2 todettu muuntimen ominaisuus eli sen muuntotaso yhtä bittiä kohden, joka on 0,00976 voltia / bitti. Tämän jälkeen katsottiin mikä oli ohjelman ilmoittama lukuarvo sekä luvusta laskettu jännitearvo. Jännitelähteenä toimi Telemerkki TM MLP/SLV jännitelähdevaunun PS3005L virtalähde ja jännitemittarina Fluke-79III. Jännitemittarin huonona puolena kyseisessä mittauksessa on se, että yli 4 voltin arvoissa se ei pystynyt näyttämään kuin kaksi desimaalia. Tulokset ovat taulukoituna taulukossa 3.

Taulukko 3. Todelliset mitatut jännitearvot sekä ohjelman laskemat vastaavat arvot.

Todelliset mitatut jännitearvot sekä ohjelman laskemat vastaavat arvot				
$U_{\text{todellinen}} / \text{V}$	$U_{\text{todellista}}$ vastaava luku	Ohjelman ilmoittama luku	$U_{\text{ohjelma}} / \text{V}$	Todellisen ja ohjelman välisen jännitteen ero $\Delta U / \text{V}$
0	0	0	0	0
0,251	25	23	0,244	0,007
0,513	52	52	0,508	0,006
0,745	76	76	0,742	0,003
1,001	102	102	0,996	0,005
1,250	128	128	1,250	0
1,504	154	154	1,504	0
1,753	179	179	1,748	0,005
2,004	205	205	2,002	0,002
2,250	230	229	2,246	0,004
2,509	256	256	2,500	0,009
2,760	282	282	2,754	0,006
2,999	307	306	2,998	0,001
3,246	332	332	3,242	0,004
3,504	358	358	3,496	0,008
3,767	385	385	3,760	0,007
4,038	413	413	4,033	0,005
4,25	435	434	4,238	0,012
4,50	460	460	4,492	0,008
4,75	486	486	4,746	0,004
5,00	512	512	5,000	0

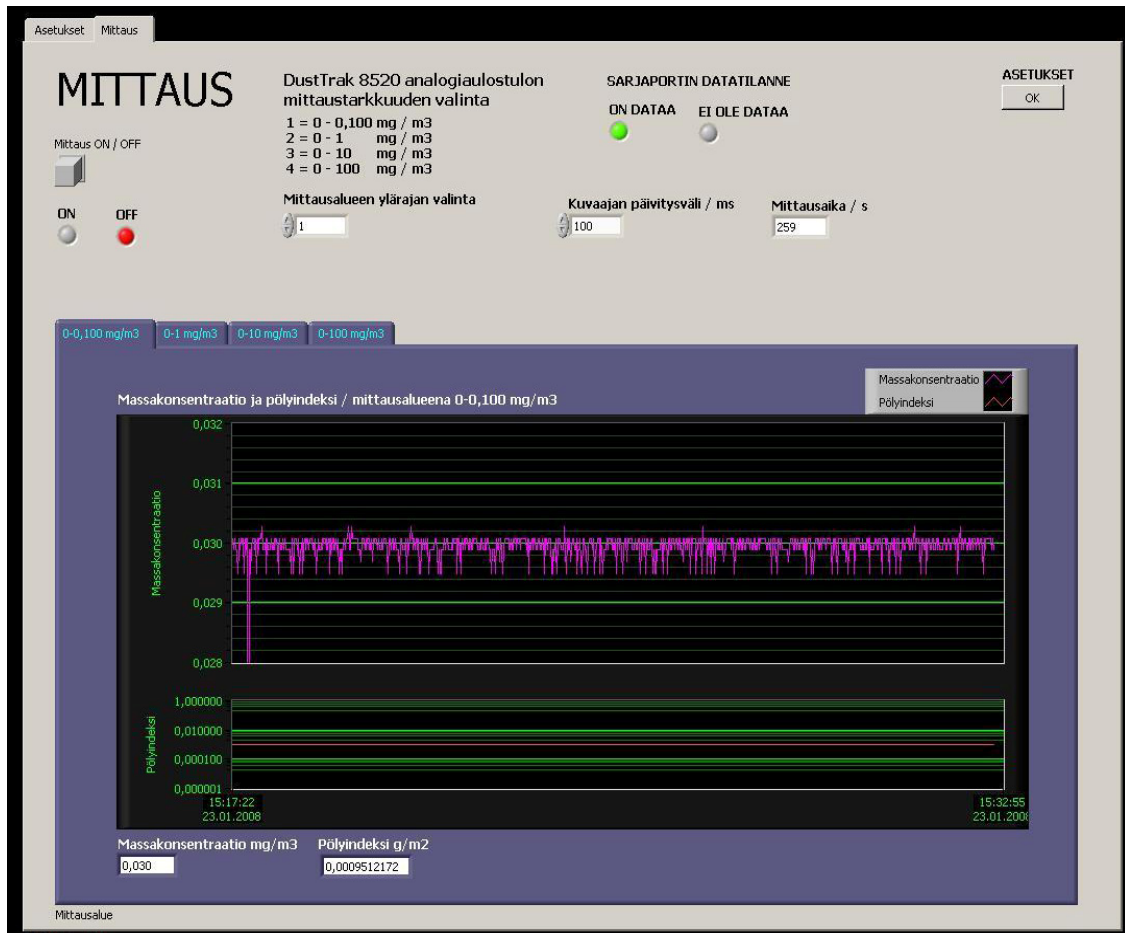
Liitteenä 4 on todellisen ja mitatun jännitteen poikkeaman kuvaaja.



Kuva 30. Todellisen jännitteen suhde ohjelman laskemaan jännitteeseen

Kuvassa 30 on Excelillä tehty lineaarinen regressio todelliselle jännitemittarilla mitatulle jännitteelle ja sitä vastaavalle tiedonkeruuohjelman laskemalle jännitteelle. Kuvassa todellinen jännitesuhde on todellisen ja ohjelman laskeman suhde. Kuvaajaan on piirretty myös kuvaaja ideaalisesta tilanteesta. Tässä tilanteessahan todellinen jännite on yhtä suuri kuin ohjelman laskema jännite. Excelin laskeman R-kertoimen arvo on 0,999998.

Tästä mittauksesta voidaan päätellä, että käytettävä laitteisto ja siirtotie aiheuttavat hieman kohinaa, joka puolestaan vaikuttaa ohjelman laskemaan tulokseen. Tätä havainnollistaa vielä kuva 31. Tässä esimerkissä muuntimelle on syötetty jatkuvasti 1,505 voltin jännitettä, joka vastaa siis DustTrakin mittaamana  $0,030 \text{ mg/m}^3$  arvoa (kun analogiaulostulo on asetettuna mittausalueelle  $0 - 0,100 \text{ mg/m}^3$ ). Kuvasta 31. havaitaan, että mittaustulos ei pysy vakaana  $0,030 \text{ mg/m}^3$  arvossa vaan se heilahtelee, johtuen edellä mainitusta kohinasta.



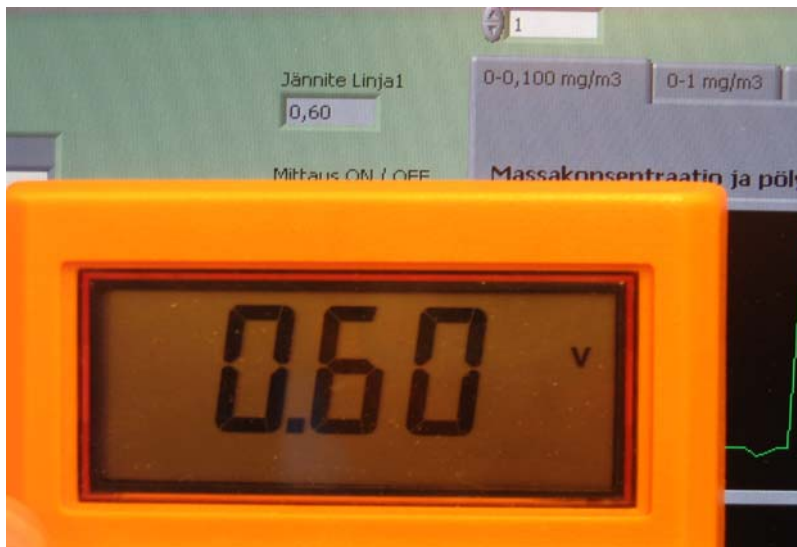
Kuva 31. Kohinan vaikutus mittaukseen.

Vaikka kohinaa esiintyikin, niin ohjelma toimi silti pääasiallisesti oikein. Kuten taulukosta 2 nähdään, niin siirtotien aiheuttama kohina vaikuttaa ohjelmassa jännitearvon kahteen viimeiseen desimaaliin. Tämä puolestaan saattaa aiheuttaa virhetilanteen siinä kohdin, kun mittauks tuloksen pitäisi muuttua yhden isommaksi tai yhden pienemmäksi. DustTrakin ominaisuuksia käsiteltäessä todettiin, että sen analogiaulostulon jännite nousee tai laskee 0,05 voltin välein mittauks tuloksen kasvaessa yhdellä tai pienetessä yhdellä. Tilannetta voidaan havainnollistaa yksinkertaisella esimerkillä. Mittausalueen ollessa 0 – 0,100 mg/m<sup>3</sup> jännite 0,550 voltia edustaa massakonsentraation arvoa 0,011 mg/m<sup>3</sup>. Siirtotiellä saattaa siis syntyä kohinaa, joka vaikuttaa ohjelman laskemaa jännitearvoon esimerkiksi siten, että ohjelma tulkitsee DustTrakin analogiulostulosta mitatun jännitteen olevan 0,548 voltia. Tämä jännitearvo puolestaan edustaa massakonsentraatiota 0,010 mg/m<sup>3</sup>. Koska kohina vaikuttaa vain jännitearvon kahteen viimeiseen desimaaliin, niin siitä johtuva virhe massakonsentraation laskussa aiheuttaa virhettä vain kunkin mittausalueen vähiten merkittävään lukuun. Virherajat ovat eri mittausalueilla erilaiset ja ne ovat taulukoituna taulukossa 4.

Taulukko 4. Kohinasta havaittu virhe.

Kohinasta havaittu virhe	
Mittausalue	virheraja
0 – 0,100 mg/m <sup>3</sup>	± 0,001 mg/m <sup>3</sup>
0 – 1,00 mg/m <sup>3</sup>	± 0,01 mg/m <sup>3</sup>
0 – 10,0 mg/m <sup>3</sup>	± 0,1 mg/m <sup>3</sup>
0 – 100 mg/m <sup>3</sup>	± 1 mg/m <sup>3</sup>

Aina siirtotiellä ei esiinny kohinaa niin paljoa, että se vaikuttaisi mittaustulokseen. Tästä on esimerkkinä kuvat 32 ja 33.



Kuva 32. Ohjelman oikean toiminnan toteaminen, testaus ulkoisella jännitelähteellä

Kun ohjelmaan saatiin lisää matematiikkaa massakonsentraation ja pölyindeksin laskemista varten, niin ohjelmaa testattiin itse DustTrak 8520 –mittalaitteen avulla. Mittalaite oli aivan tietokonemonitorin vieressä ja sille annettiin ärsykeitä liitupölyn sekä käsipaperipölyn merkeissä.



Kuva 33. Ohjelman testaus DustTrakilla

## 6 YHTEENVETO

Aikaisemmat LabVIEW-ohjelmointikokemukset perustuivat ammattieläinlaboratorioissa suoritettuun ohjelmointityöhön, eli kokemusta ohjelman käyttämisestä oli hieman. Nämä tiedot ja taidot karttuivat merkittävästi työn edistyessä. Jos kokemusta olisi ollut enemmän, niin ohjelman kehitys olisi tapahtunut huomattavasti nopeammin. Nyt jouduttiin etenemään monesti yritys-erehdys menetelmällä.

Ohjelman käytettävyyttä kärsii huomattavasti siitä, että DustTrakin analogiaulostuloa (eli mittausaluetta) pitää säätää aina erikseen TSI:n omalla TrakPro-ohjelmalla. Laitteen maahantuojaan otettiin yhteyttä ja kysyttiin mahdollisuutta saada analogiaulostulon ohjauskomentoja tietoon, kun näitä ei mistään yleisestä jakelusta löytynyt. Vastausta ei vaan työn aikataulun puitteissa saatu. Jos tieto olisi saatu, niin ohjelmaan olisi saatu analogiaulostulon ohjaus, jolloin TrakPro-ohjelmaa ei tarvitsisi käyttää. Tämä olisi antanut huomattavia etuja. Mittaustulos on väärin, kun ollaan rajakohdassa eli esimerkiksi analogiaulostulo pysyy 5 voltin maksimiarvossa mittausalueen ylittyessä ja ohjelma tallentaa mittaustuloksena raja-arvoa vaikka todellisuudessa arvo on noussut sen ylitse. Virhetilanne kestää sen aikaa kun TrakPro-ohjelman kautta saadaan säädettyä analogiaulostulo oikealle mittausalueelle ja sitten tiedonkeruuohjelma vastaavalle mittausalueelle. Ohjelmaa pystytään siis kehittämään tulevaisuudessa, jos nämä ohjauskomennot vaan saataisiin maahantuojalta.

Ohjelman mittausvirhettä (eli massakonsentraation virhettä) ei aikataulun puitteissa ehditty tarkastelemaan riittävän yksityiskohtaisesti. Tämä on siis myös hyvä kehityskohde tämän ohjelman parissa jatkavalle. Koska mittaustuloksessa on DustTrakin analogiaulostulosta, A/D-muuntimesta sekä siirtolinjasta johtuvaa kohinaa, kuten kohdassa 5 ohjelman testaus esitettiin, niin tämä aiheuttaa hieman virhettä ohjelmalla laskettuun tulokseen. Tämän virheen suuruutta voi tutkia mm. vertailemalla ohjelman tallentamia massakonsentraation mittaustuloksia DustTrakin sisäiseen muistiin jäävien mittaustuloksien kanssa. Näin saadaan suoraan vertailtua oikeaa arvoa laskettuun arvoon. Myös tiedostoon tallennetun massakonsentraation desimaalien määrän karsiminen mittausalueen tarkkuutta vastaavaksi olisi hyvä kehityskohde.

Työn edetessä syntyneet eri ohjelmaversiot on luovutettu Tampereen ammattikorkeakoulun käyttöön, joten jos ohjelmaa tullaan tulevaisuudessa kehittämään tai muuttamaan, niin tiedot siihen ovat saatavilla.

## LÄHDELUETTELO

### Painetut lähteet

1. National Instruments, LabVIEW Basics 1 – Hands-on course
2. Heinilä, Janne, A Comparison of the paper linting and dusting measurement methods used in the POLYTEST –project, Final Thesis, TAMK, Paper Technology, Tampere 2007 (Luottamuksellinen)

### Painamattomat lähteet

3. TSI Incorporatedin www-sivuilla oleva tuote-esittely DustTrak 8520 -mittalaitteesta.  
<http://www.tsi.com/Product.aspx?Pid=11> (8.2.2008)
4. DustTrak 8520 –mittalaitteen maahantuoja Teknocalor Oy:n sivuilla oleva tuote-esittely kyseisestä mittalaitteesta.  
[http://www.teknocalor.fi/mittauslaitteet/sisailman\\_laatu/dusttrak8520hiukkasmittari.htm](http://www.teknocalor.fi/mittauslaitteet/sisailman_laatu/dusttrak8520hiukkasmittari.htm) (8.2.2008)
5. TSI Incorporatedin www-sivuilla oleva pdf-esite DustTrak 8520 -mittalaitteen analogiaulostulon ominaisuuksista.  
[http://www.tsi.com/documents/iti\\_073.pdf](http://www.tsi.com/documents/iti_073.pdf) (8.2.2008)
6. Atmel Corporationin www-sivuilla oleva pdf-esite AT90-S8535-8PC-mikrokontrollerista  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/DOC1041.PDF](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC1041.PDF) (8.2.2008)

## LIITELUETTELO

Liite 1.	Koko ohjelman LabVIEW –tulostus	10 sivua
Liite 2.	Tallennetun mittaustuloksen esimerkkilistaus	3 sivua
Liite 3.	Ohjelman käyttöohje	2 sivua
Liite 4.	Todellisen ja tiedonkeruuohjelman mittaaman jännitteen poikkeaman kuvaaja	1 sivu

## DustTrak\_Data\_Acq\_FINAL.vi

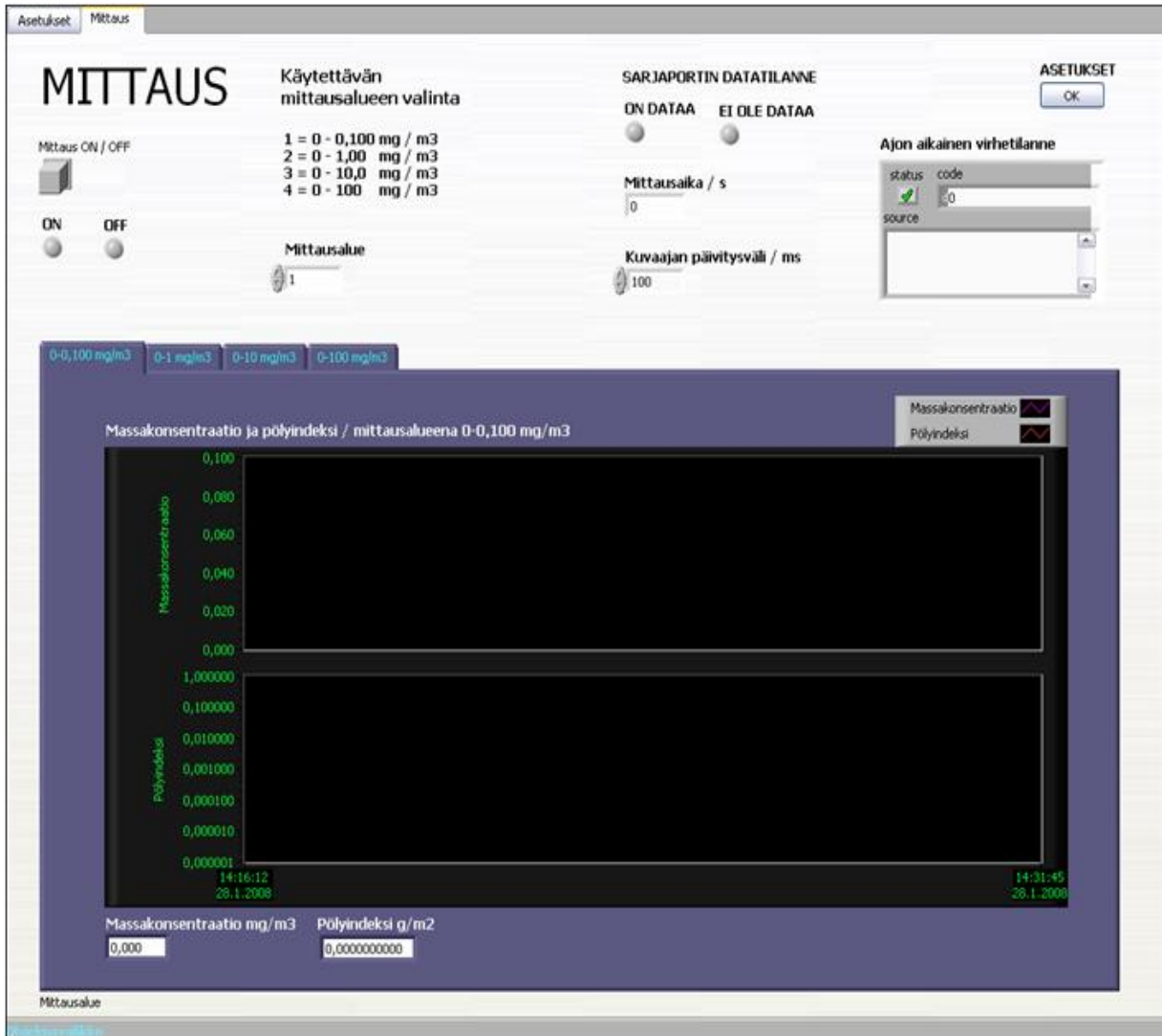
### Connector Pane

data  
acq  
DT




















### Front Panel



Front Panel



### Controls and Indicators

-  Tilavuusvirta [1.4-2.4 l/min]
-  Tehollinen pinta-ala [m<sup>2</sup>]
-  Ohjelmavalikko
-  Mittausalue
-  Mittaus ON / OFF
-  Lopeta Ohjelma
-  Mittauksen kesto [s]
-  Kuvaajan päivitysväli / ms
-  Portti, johon DustTrak 8520 -mittalaite on yhdistetty AD-muuntimella (vakiona COM1)
-  Mittausalue
-  Siirry Mittaukseen
-  ASETUKSET
-  OFF
-  ON
-  Mittausaika / s
-  EI OLE DATAA
-  ON DATAA
-  Massakonsentraatio ja pölyindeksi / mittausalueena 0-0,100 mg/m<sup>3</sup>
-  Massakonsentraatio ja pölyindeksi / mittausalueena 0-1 mg/m<sup>3</sup>



**Massakonsentraatio ja pölyindeksi / mittausalueena 0-10 mg/m<sup>3</sup>**



**Massakonsentraatio ja pölyindeksi / mittausalueena 0-100 mg/m<sup>3</sup>**



**Virheraportti tiedoston avaamisessa**



**Ajon aikainen virhetilanne** The **error out** cluster passes error or warning information out of a VI to be used by other VIs.

The pop-up option **Explain Error** (or Explain Warning) gives more information about the error displayed.



**status** The **status** boolean is either TRUE (X) for an error, or FALSE (checkmark) for no error or a warning.

The pop-up option **Explain Error** (or Explain Warning) gives more information about the error displayed.



**code** The **code** input identifies the error or warning.

The pop-up option **Explain Error** (or Explain Warning) gives more information about the error displayed.



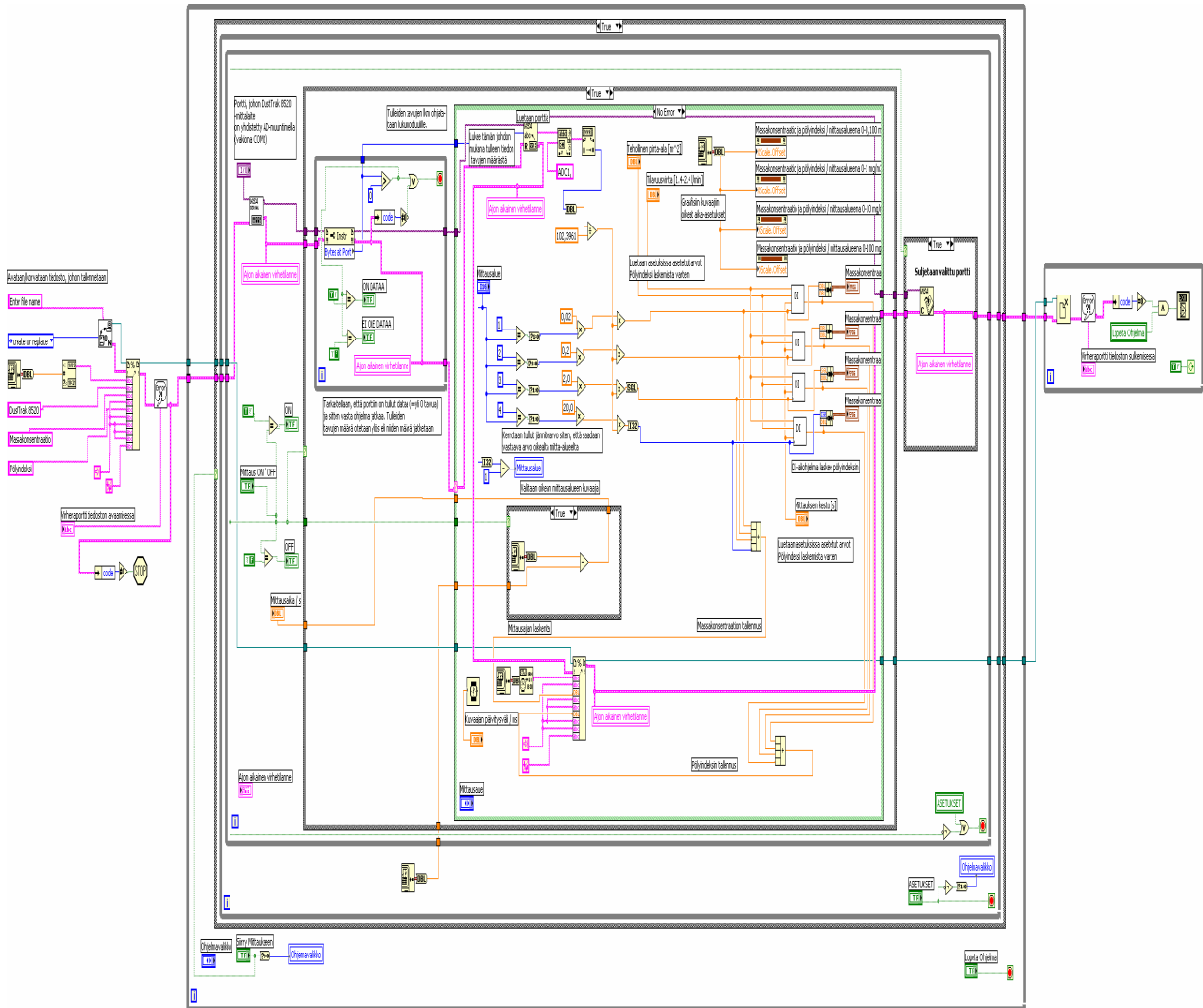
**source** The **source** string describes the origin of the error or warning.

The pop-up option **Explain Error** (or Explain Warning) gives more information about the error displayed.

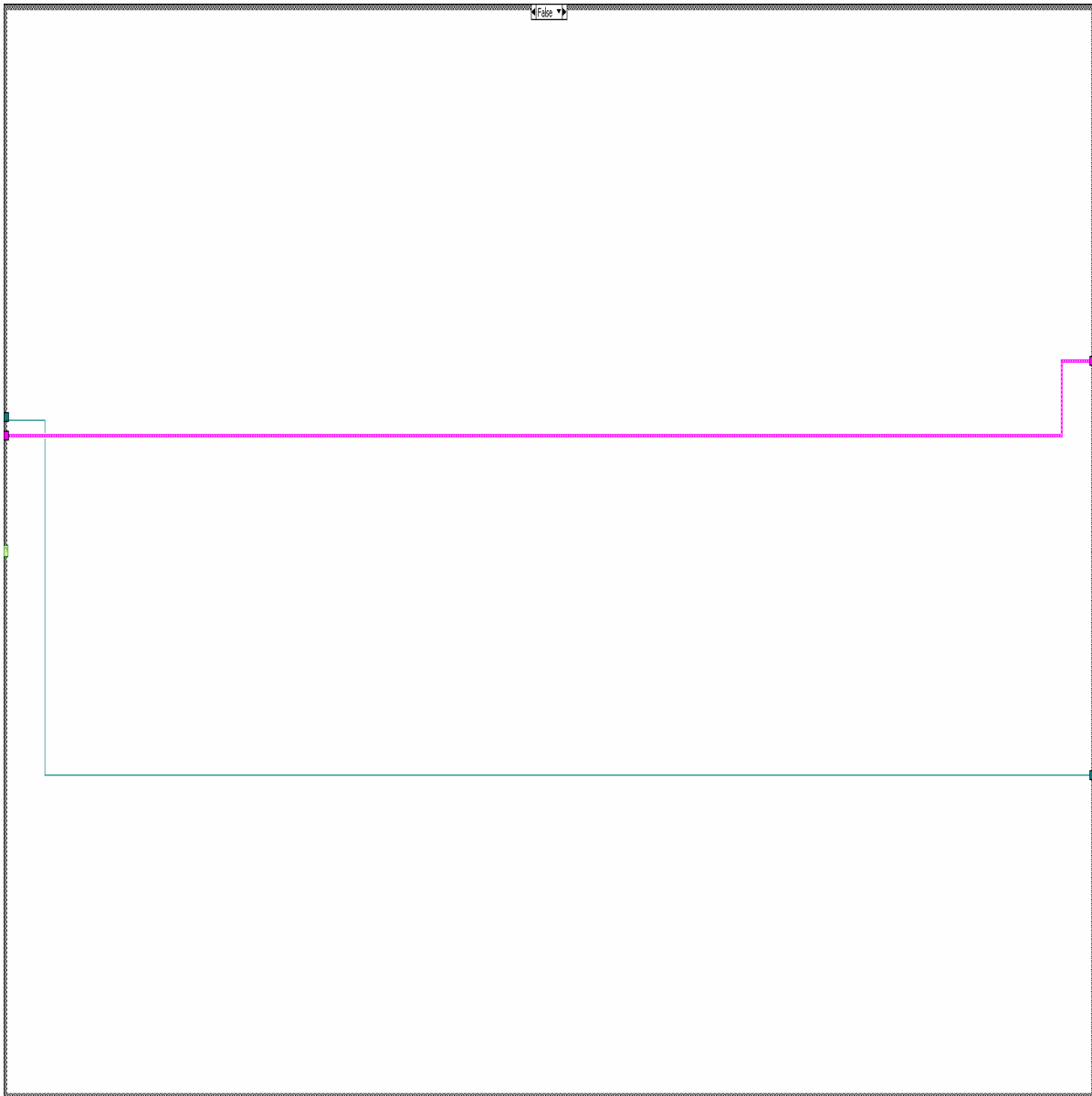


**Virheraportti tiedoston sulkemisessa**

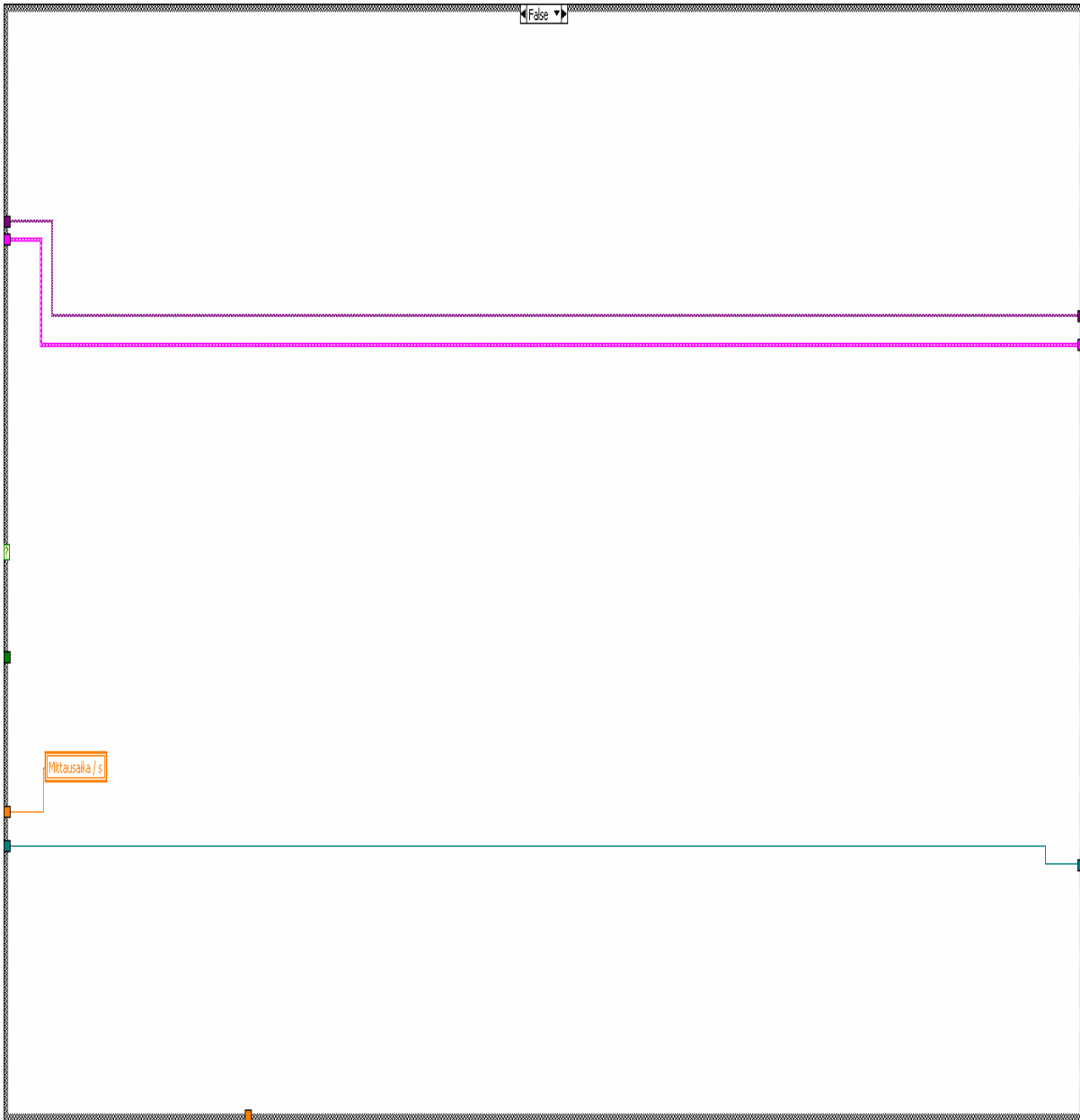
Block Diagram



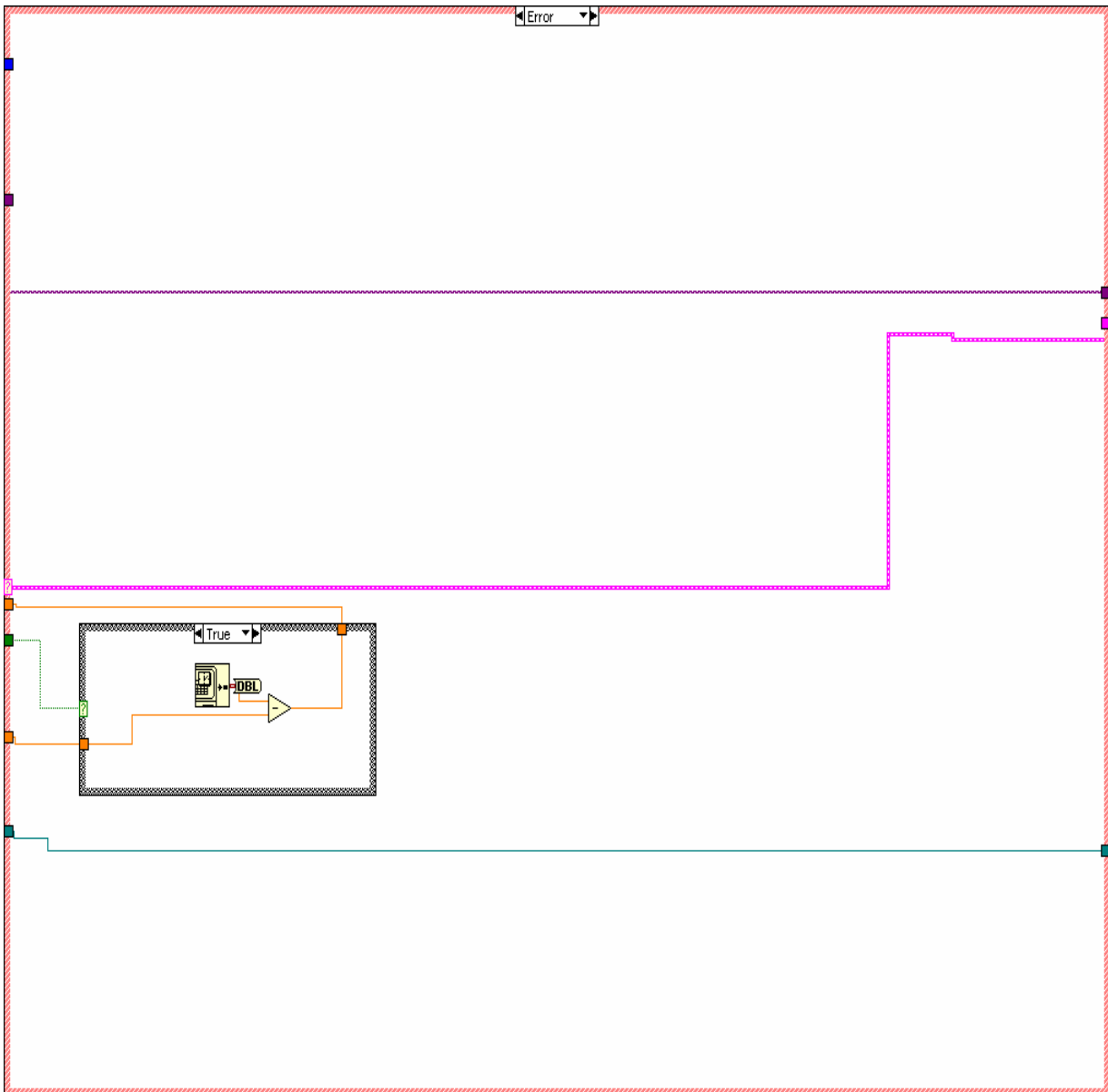
Liite 1 Koko ohjelman LabVIEW –tulostus 6(10)

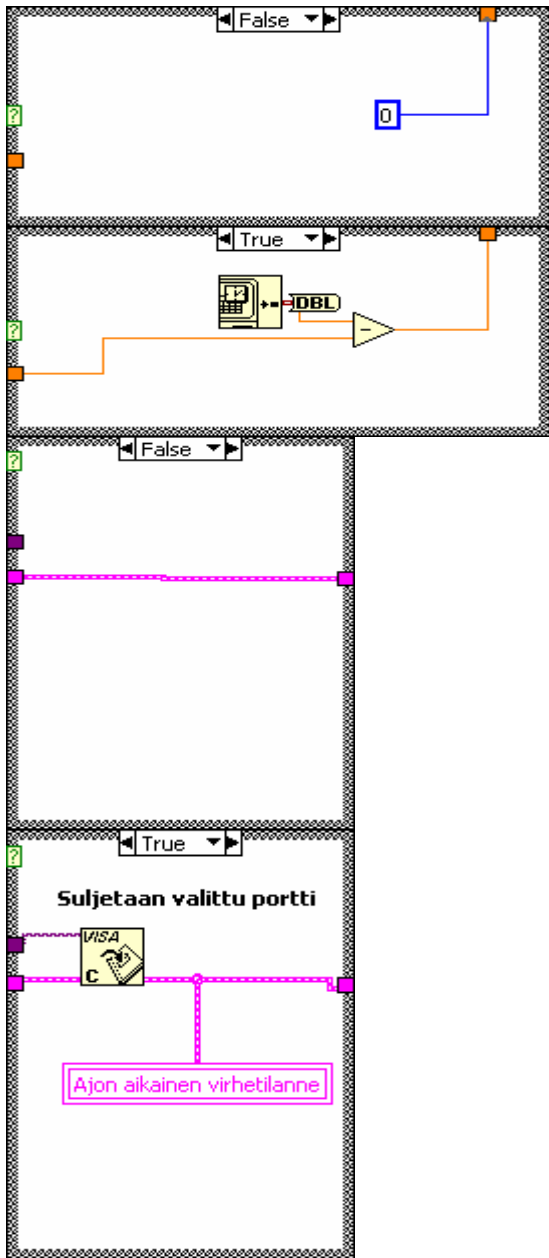


Liite 1 Koko ohjelman LabVIEW –tulostus 7(10)



Liite 1 Koko ohjelman LabVIEW –tulostus 8(10)







Liite 2 Tallennetun mittau tuloksen esimerk kilistaus 1(3)

11.02.2008 DustTrak 8520 Massakonsentraatio mg/m3	Pölyindeksi g/m2
11.02.2008 12:43:52	0,011915
11.02.2008 12:43:52	0,012305
11.02.2008 12:43:53	0,012305
11.02.2008 12:43:54	0,012305
11.02.2008 12:43:54	0,013477
11.02.2008 12:43:55	0,023048
11.02.2008 12:43:56	0,026368
11.02.2008 12:43:56	0,030079
11.02.2008 12:43:57	0,035353
11.02.2008 12:43:58	0,039650
11.02.2008 12:43:58	0,042580
11.02.2008 12:43:59	0,054299
11.02.2008 12:44:00	0,071292
11.02.2008 12:44:00	0,077347
11.02.2008 12:44:01	0,079105
11.02.2008 12:44:02	0,079300
11.02.2008 12:44:02	0,086331
11.02.2008 12:44:03	0,087699
11.02.2008 12:44:04	0,089457
11.02.2008 12:44:04	0,089261
11.02.2008 12:44:05	0,089457
11.02.2008 12:44:06	0,086917
11.02.2008 12:44:06	0,080667
11.02.2008 12:44:07	0,081253
11.02.2008 12:44:08	0,810578
11.02.2008 12:44:08	0,744169
11.02.2008 12:44:09	0,695339
11.02.2008 12:44:10	0,621117
11.02.2008 12:44:10	0,580100
11.02.2008 12:44:11	0,699245
11.02.2008 12:44:12	0,759795
11.02.2008 12:44:12	0,777373
11.02.2008 12:44:13	0,611351
11.02.2008 12:44:14	0,523457
11.02.2008 12:44:14	0,412125
11.02.2008 12:44:15	0,345716
11.02.2008 12:44:15	0,326184
11.02.2008 12:44:16	0,560568
11.02.2008 12:44:17	0,603539
11.02.2008 12:44:17	0,710965
11.02.2008 12:44:18	0,812531
11.02.2008 12:44:19	0,896519
11.02.2008 12:44:19	0,941442
11.02.2008 12:44:20	0,947302
11.02.2008 12:44:21	0,955115
11.02.2008 12:44:21	0,955115
11.02.2008 12:44:22	0,953161
11.02.2008 12:44:23	0,953161
11.02.2008 12:44:23	9,512081

## Liite 2 Tallennetun mittau tuloksen esimerkkilistaus 2(3)

11.02.2008 12:44:24	7,676074	0,000010
11.02.2008 12:44:25	7,011986	0,000012
11.02.2008 12:44:25	6,699474	0,000014
11.02.2008 12:44:26	6,308834	0,000016
11.02.2008 12:44:27	5,742406	0,000017
11.02.2008 12:44:27	5,351766	0,000019
11.02.2008 12:44:28	0,000000	0,000019
11.02.2008 12:44:29	6,347898	0,000021
11.02.2008 12:44:29	6,738538	0,000023
11.02.2008 12:44:30	6,992454	0,000025
11.02.2008 12:44:31	7,246370	0,000027
11.02.2008 12:44:31	7,793265	0,000029
11.02.2008 12:44:32	7,969054	0,000031
11.02.2008 12:44:33	8,476886	0,000034
11.02.2008 12:44:33	8,750333	0,000036
11.02.2008 12:44:34	7,988585	0,000038
11.02.2008 12:44:34	6,250238	0,000040
11.02.2008 12:44:35	5,390831	0,000042
11.02.2008 12:44:36	4,355635	0,000043
11.02.2008 12:44:36	3,964995	0,000044
11.02.2008 12:44:37	3,750143	0,000045
11.02.2008 12:44:38	3,750143	0,000046
11.02.2008 12:44:38	3,418099	0,000047
11.02.2008 12:44:39	4,082187	0,000048
11.02.2008 12:44:40	4,687678	0,000050
11.02.2008 12:44:40	5,195510	0,000051
11.02.2008 12:44:41	6,250238	0,000053
11.02.2008 12:44:42	6,484622	0,000055
11.02.2008 12:44:42	7,226838	0,000057
11.02.2008 12:44:43	7,422158	0,000059
11.02.2008 12:44:44	74,000000	0,000080
11.02.2008 12:44:44	61,000000	0,000097
11.02.2008 12:44:45	56,000000	0,000113
11.02.2008 12:44:46	49,000000	0,000127
11.02.2008 12:44:46	59,000000	0,000143
11.02.2008 12:44:47	71,000000	0,000164
11.02.2008 12:44:48	75,000000	0,000185
11.02.2008 12:44:48	53,000000	0,000200
11.02.2008 12:44:49	47,000000	0,000213
11.02.2008 12:44:50	41,000000	0,000225
11.02.2008 12:44:50	39,000000	0,000236
11.02.2008 12:44:51	35,000000	0,000246
11.02.2008 12:44:52	32,000000	0,000255
11.02.2008 12:44:52	29,000000	0,000263
11.02.2008 12:44:53	38,000000	0,000274
11.02.2008 12:44:54	55,000000	0,000289
11.02.2008 12:44:54	61,000000	0,000307
11.02.2008 12:44:55	63,000000	0,000325
11.02.2008 12:44:56	64,000000	0,000343
11.02.2008 12:44:56	65,000000	0,000361

## Liite 2 Tallennetun mittau tuloksen esimerkkilistaus 3(3)

11.02.2008 12:44:57	65,000000	0,000379
11.02.2008 12:44:58	45,000000	0,000392
11.02.2008 12:44:58	0,000000	0,000392
11.02.2008 12:44:59	37,000000	0,000403
11.02.2008 12:45:00	51,000000	0,000417
11.02.2008 12:45:00	56,000000	0,000433
11.02.2008 12:45:01	58,000000	0,000449
11.02.2008 12:45:01	62,000000	0,000467
11.02.2008 12:45:02	51,000000	0,000481
11.02.2008 12:45:03	42,000000	0,000493
11.02.2008 12:45:03	4,140783	0,000495
11.02.2008 12:45:04	4,043123	0,000496
11.02.2008 12:45:05	3,672015	0,000497
11.02.2008 12:45:05	3,476695	0,000498
11.02.2008 12:45:06	2,832139	0,000499
11.02.2008 12:45:07	2,207115	0,000499
11.02.2008 12:45:07	1,699283	0,000500
11.02.2008 12:45:08	2,148519	0,000500
11.02.2008 12:45:09	3,925931	0,000501
11.02.2008 12:45:09	4,882998	0,000503
11.02.2008 12:45:10	5,449426	0,000504
11.02.2008 12:45:11	6,426026	0,000506
11.02.2008 12:45:11	7,090114	0,000508
11.02.2008 12:45:12	7,578413	0,000510
11.02.2008 12:45:13	6,758070	0,000512
11.02.2008 12:45:13	5,234574	0,000514
11.02.2008 12:45:14	4,707211	0,000515
11.02.2008 12:45:15	4,257975	0,000516
11.02.2008 12:45:15	4,707211	0,000518
11.02.2008 12:45:16	0,414078	0,000518
11.02.2008 12:45:17	0,353529	0,000518
11.02.2008 12:45:17	0,306652	0,000518
11.02.2008 12:45:18	0,324231	0,000518
11.02.2008 12:45:19	0,238290	0,000518
11.02.2008 12:45:19	0,201180	0,000518
11.02.2008 12:45:20	0,152350	0,000518
11.02.2008 12:45:21	0,462908	0,000518
11.02.2008 12:45:21	0,658228	0,000518
11.02.2008 12:45:22	0,753935	0,000519
11.02.2008 12:45:23	0,785186	0,000519
11.02.2008 12:45:23	0,791046	0,000519
11.02.2008 12:45:24	0,886753	0,000519
11.02.2008 12:45:24	0,949255	0,000520
11.02.2008 12:45:25	0,951208	0,000520
11.02.2008 12:45:26	0,953161	0,000520
11.02.2008 12:45:26	0,966834	0,000520
11.02.2008 12:45:27	1,168013	0,000521
11.02.2008 12:45:28	0,933629	0,000521
11.02.2008 12:45:28	0,923863	0,000521
11.02.2008 12:45:29	0,921910	0,000522

## **REAALIAIKAISEN TIEDONKERUUOHJELMAN KÄYTTÖOHJE**

### **TOIMENPITEET ENNEN TIEDONKERUUOHJELMAN KÄYNNISTÄMISTÄ ON TÄRKEÄÄ, ETTÄ OIKEAA JÄRJESTYSTÄ NOUDATETAAN!**

1. Kytke laitteisto paikalleen.

-Kytke A/D-muunnin kiinni tietokoneen COM1 –porttiin (sarjaliikenneportti). Jos COM1 portti ei ole vapaana, niin kytke COM2-porttiin. Muuntimen pitää olla kytkettynä toiseen edellä mainituista porteista.

- Kytke DustTrak 8520 –mittalaitteen analogiaulostulo A/D-muuntimeen

- Kytke DustTrak 8520 –mittalaite kiinni tietokoneen sarjaliikenneporttiin sen omalla RS-232-kaapelilla.

2. Kytke virta DustTrak 8520 –mittalaitteeseen.

3. Avaa TrakPro-ohjelma.

4. Ota yhteys TrakPro-ohjelmalla DustTrak 8520 –mittalaitteeseen ja valitse käytettävä mittausalue. Jos aluetta ei tiedetä, niin mittausalueen valinta tarvitsee silti tehdä. Tällöin mittausalueeksi voi valita minkä tahansa neljästä eri vaihtoehdosta.

5. Kytke A/D-muuntimeen virta.

### **TOIMENPITEET TIEDONKERUUOHJELMAN KÄYNNISTÄMISEN JÄLKEEN**

1. Avaa tiedonkeruuohjelma. Ohjelman nimi on DustTrak\_Data\_Acq\_FINAL.VI.

2. Aja tiedonkeruuohjelma ”run continuously” -valinnalla.

2. Säädä asetukset –välilehdeltä oikeat arvot.

3. Siirry mittaukseen painamalla ”siirry mittaukseen” –painiketta.

4. Valitse TrakPro-ohjelmalla valittua mittausaluetta vastaava mittausalue.

5. Aloita / lopeta mittaus ”Mittaus ON/OFF” –painikkeella.

6. Säädä kuvaajan päivitysväli vastaamaan DustTrak 8520 –mittalaitteen mittausnopeutta.

### **MUUTA HUOMIOITAVAA**

- Jos haluat takaisin asetuksiin mittauksen ollessa pois päältä, niin paina ”asetukset” –painiketta.

### Liite 3 Ohjelman käyttöohje 2(2)

- Jos haluat takaisin asetuksiin mittauksen ollessa päällä, niin paina ”asetukset” –painiketta muutama sekunti.

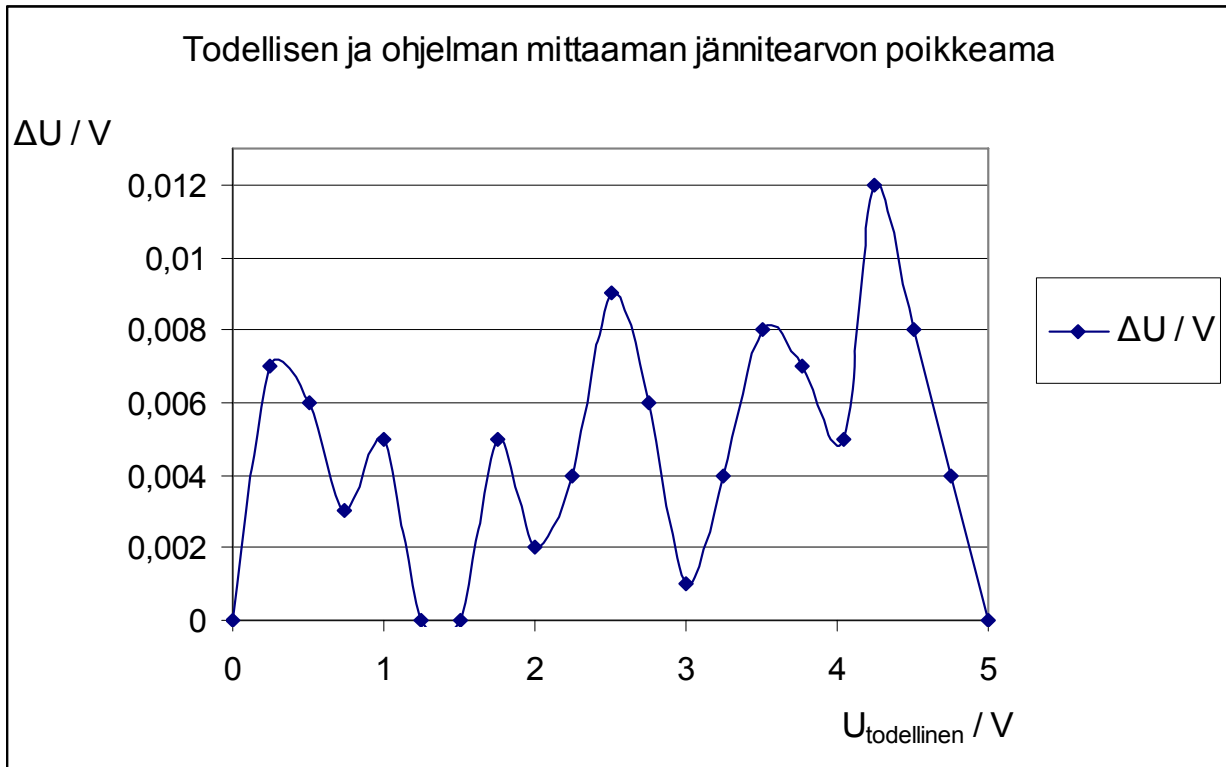
- Ohjelma saattaa välillä vilkuttaa seuraavaa virhettä:

Code : 1073676294  
Source : VISA Read in  
DustTRAK\_Data\_Acq\_Final.VI

Tämä johtuu siitä, että sarjaportissa ei ole väliaikaisesti dataa.

- Jos DustTrakin mittaama mittaustulos on suurempi kuin valitun mittausalueen yläraja, niin ohjelmassa massakonsentraatio pysyy maksimiarvossansa. Tällöin on TrakPro-ohjelmalla valittava sopiva mittausalue mahdollisimman nopeasti ja vasta tämän jälkeen on valittava tiedonkeruuohjelmasta vastaava mittausalue. Samanlainen ilmiö esiintyy myös, jos käytetään mittausaluetta, jonka tarkkuus ei riitä. Tällöin massakonsentraatio pysyy jatkuvasti nollassa, vaikka se saattaa suurempi. Asia ratkaistaan samalla tavalla kuin edellä olevalla tavalla.

Kuvassa 1 on esitettyä todellisen jännitteen ja ohjelman mittaaman jännitearvon poikkeama  $\Delta U$ .



Kuva 1. Todellisen ja tiedonkeruuohjelman mittaaman jännitteen poikkeama