

# TIETOKONE DATA-ANALYYSIN APUVÄLINEENÄ – PIKAOPAS

## 1 Johdanto

Oppilaslaboratorion mittausdatan analyysiä voi helpottaa huomattavasti käyttämällä apuna tietokoneohjelmia. Sen sijaan, että esimerkiksi laskisimme mitatusta jännitteestä magneettikentän arvon käsin tai laskimella jokaisessa mittauspisteessä (joita voi olla kymmeniä), mitatut jännitteen arvot voidaan syöttää sopivaan laskentaohjelmaan, jonka jälkeen riittää, että ohjelmaan syötetään haluttu yhtälö kerran. Kuvaajien piirtämisessä tietokoneohjelmat mahdollistavat helpon kuvaajan muokkaamisen ja siistin ammattimaisen lopputuloksen. Kun tarvitaan suoran sovitusta PNS-menetelmällä, useat ohjelmat hoitavat sovituksen automaattisesti, virherajoiheen kaikkineen, jolloin turhaa laskentatyötä jää pois.

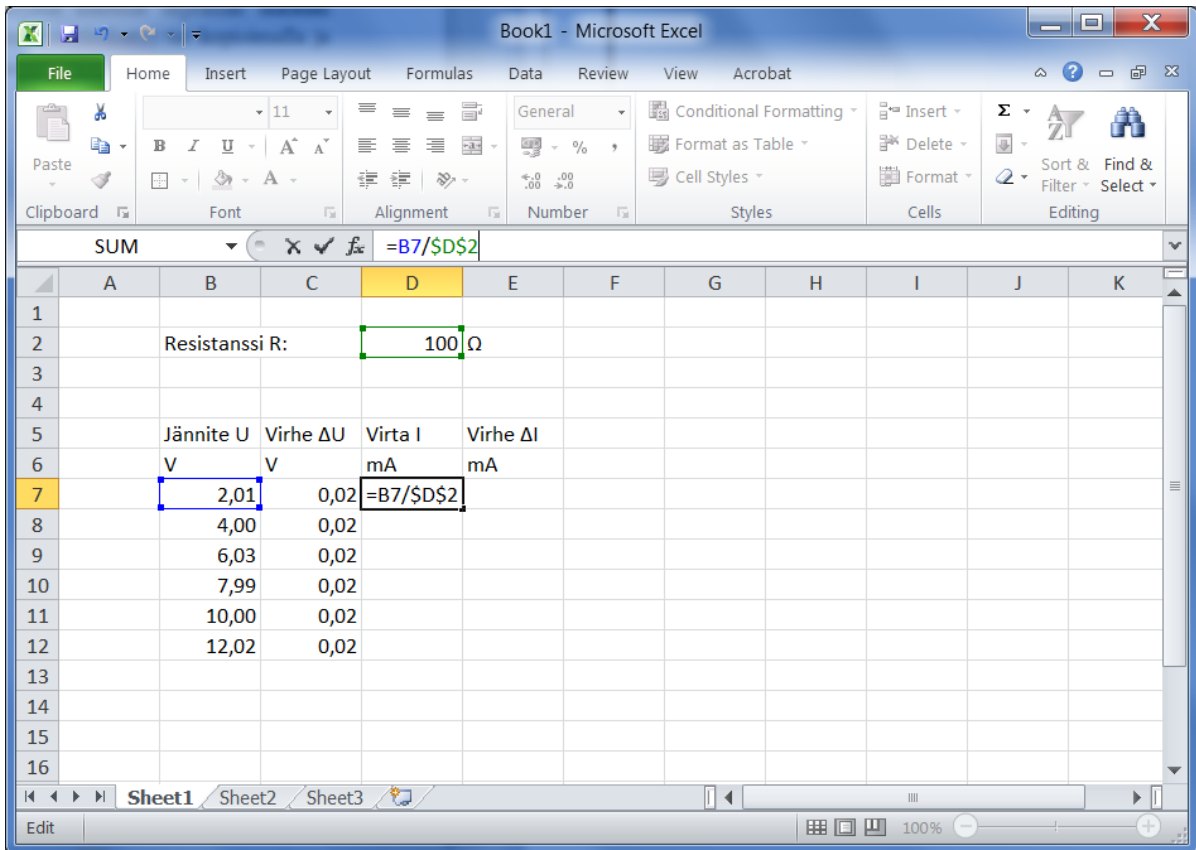
Tämä ohje on nimensä mukaisesti pikaopas joka pyrkii esimerkkien avulla selvittämään muutamia fysiikan oppilaslaboratoriotöiden data-analyysin kannalta tärkeimpiä ominaisuuksia ja niiden käyttöä. Opas ei kuitenkaan ole missään mielessä kattava, vaan suositeltavaa on tutustua myös ohjelmien mukana tulevaan dokumentaatioon, josta löytyy lisää tietoa mm. syntaksista ja ohjelmien niistä ominaisuuksista, joihin tämän oppaan puitteissa ei ole mahdollista paneutua.

## 2 Microsoft Excel (versio 2010)

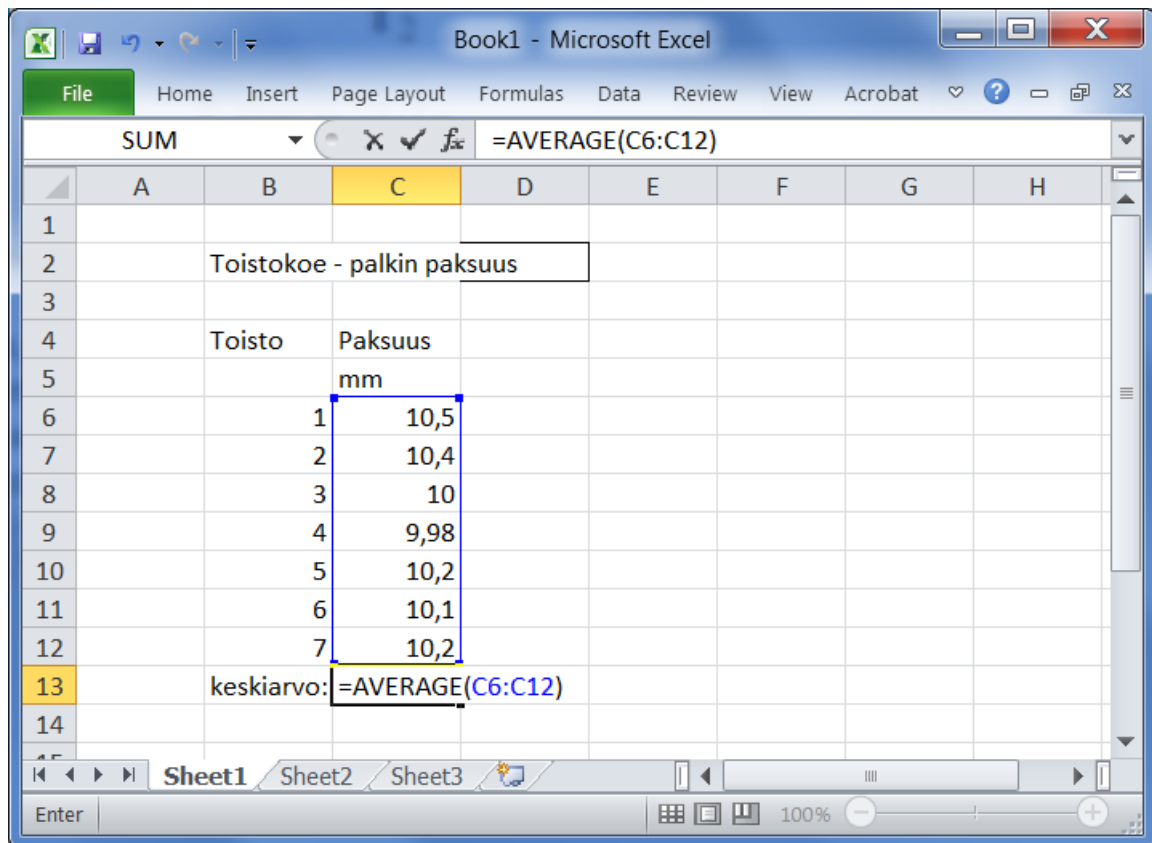
### 2.1 Lyhyt johdatus taulukkolaskentaan

Mittausdata voidaan siirtää Exceliin joko kirjoittamalla käsin ylöskirjatut lukemat ohjelman ikkunan taulukkoon, avaamalla sopivassa muodossa tallennettu datatiedosto (esim. csv-tiedosto) tai kopioimalla ja liittämällä mittausdata tekstitiedostosta tai esim. Logger Pro –ohjelman taulukosta.

Esimerkki Excel-ohjelman ikkunasta on esitetty kuvassa 1. Mitatut jännitelukemat virheineen on syötetty kuvassa näkyvään taulukkoon. Virran laskemiseksi soluun D7 on syötetty yhtälö. Yhtälön syöttäminen aloitetaan ”=”-merkillä ja yhtälön muuttujiin viitataan solujen ”koordinaatteja” käyttämällä. Yleisesti solun kaavaa kopioidessa taulukon viittaukset siirtyvät vastaavasti. Dollarimerkit koordinaatin edessä aiheuttavat sen, ettei kyseinen muuttuja muutu kopioidessa. Esimerkkitapauksessamme halutaan laskea virran arvo kaikissa mittauspisteissä. Koska resistanssin arvo solussa D2 on kaikille mittauspisteille sama, on solun koordinaattien eteen laitettu \$-merkit, jotta sama yhtälö voidaan kopioida soluihin D8–D12 ilman muutoksia. Excel sisältää myös paljon erilaisia valmiita funktioita, joista esimerkki keskiarvon laskemisesta on esitetty kuvassa 2. Kuten esimerkkitapauksessakin, funktion argumentit syötetään sulkujen sisään. Syöttämisen helpottamiseksi on haluttu solu/alue mahdollista syöttää maalaamalla haluttu alue taulukossa hiirellä. Taulukossa 1 on listattu muutamia hyödyllisimmistä funktioista.



Kuva 1. Yhtälön syöttäminen Excel-taulukkoon.



Kuva 2. Keskiarvon laskeminen Excelillä.

**Taulukko 1.** Hyödyllisiä Excel-funktioita.

Funktio	Toiminta
^	eksponentti, esim. "2^2"
ABS	itseisarvo
ACOS	arkuskosini
ASIN	arkussini
ATAN	arkustangentti
AVERAGE	keskiarvo
COS	kosini
EXP	e
LINEST	PNS-menetelmä
MAX/MIN	alueen suurin/pienin luku, esim.
PI	syötetään "=PI()". Piin arvo
SIN	sini
SQRT	neliöjuuri
STDEV	keskihajonta
SUM	valitun alueen lukujen summa.
TAN	tangentti

## 2.2 Kuvaajan piirtäminen

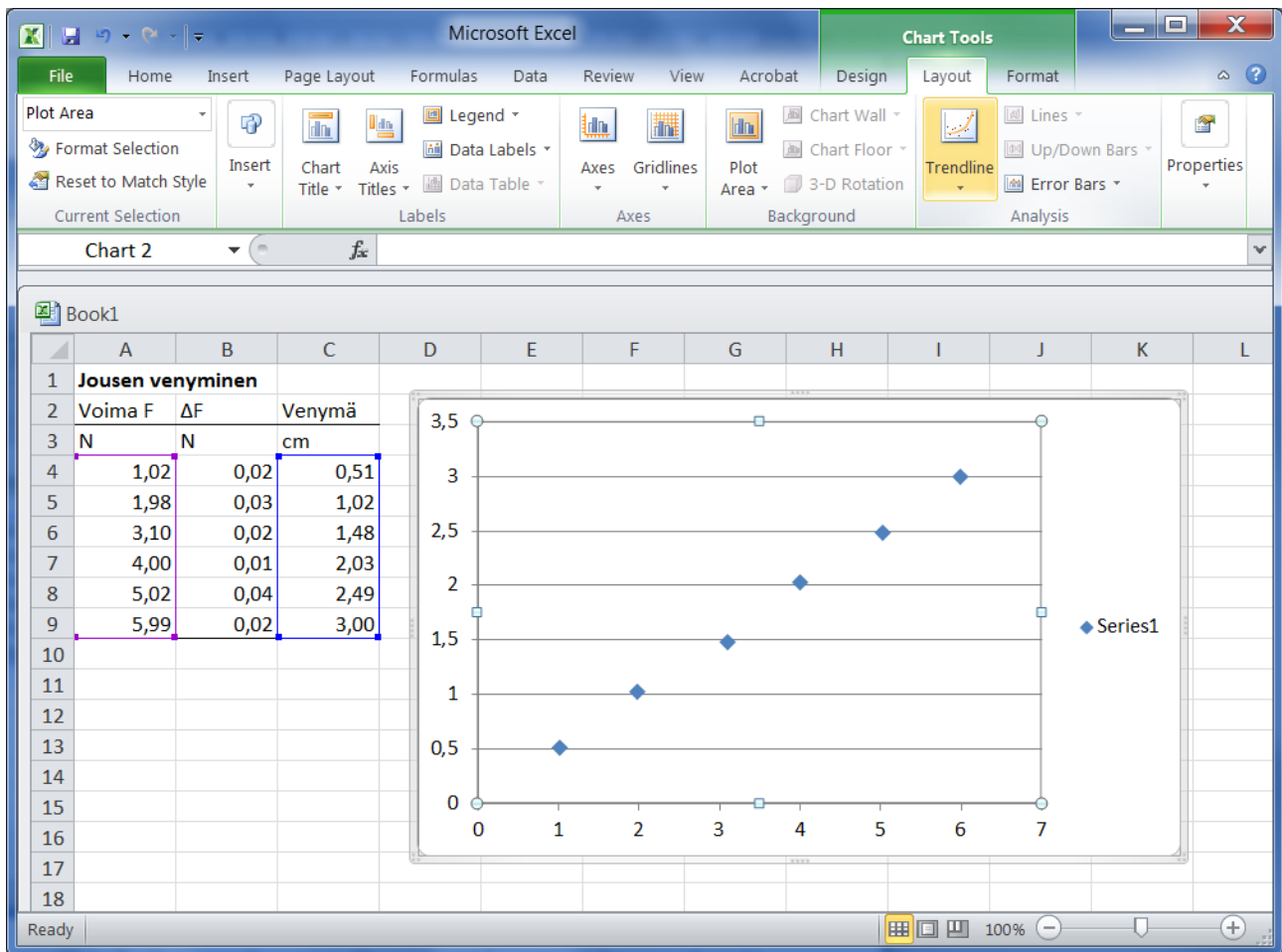
Yksinkertaiset kuvaajat voidaan piirtää Excelillä, varsinkin, jos data-analyysin takia data on jo ohjelmassa valmiiksi. Kuvaajan piirtäminen kannattaa aloittaa maalaamalla haluttu data-alue taulukosta. Tämän jälkeen valitaan Insert → Charts → Scatter → Scatter with only Markers. Nyt näkyviin tulee kuvaaja, joka ei vielä välttämättä näytä halutunlaiselta, sillä tässä vaiheessa tietokoneohjelma lähinnä arvaa mm. mitä akseleita yms. käyttäjä haluaa.

Klikkaamalla kuvaajaa oikealla hiiren näppäimellä, saat näkyviin valikon, josta valitaan Select Data. Näkyviin avautuu kuvan 4 mukainen ikkuna, josta valitaan Add. Nyt pystyt maalaamaan haluamasi x- ja y-arvot taulukosta, mutta myös nimeämään pisteistön jollakin kuvaavalla nimellä (tämä tosin ei ole usein tarpeellista yhden pisteistön tapauksessa).

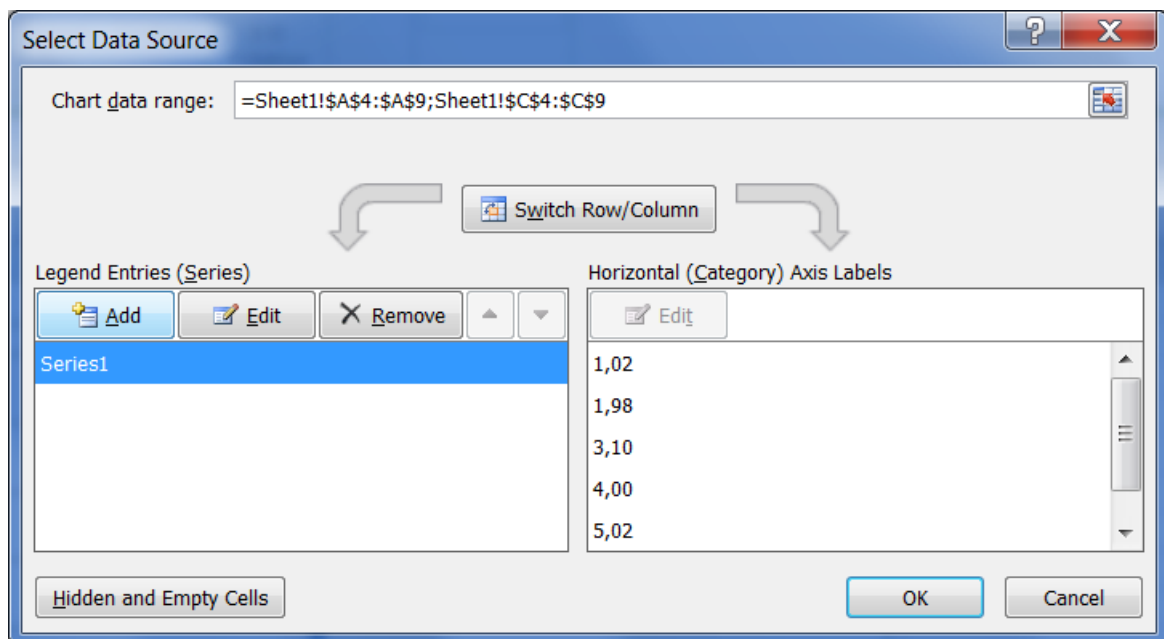
Tässä vaiheessa kannattaa tutustua ylävalikon Chart Tools -menun Layout-työkaluihin ja muokata kuvaajan akselit ja muu ulkoasu siistiksi oppilaslaboratorion muiden ohjeiden mukaisesti. Layout-valikon työkalujen avulla akselit voidaan skaalata ja nimetä, pisteille voidaan lisätä virherajat Error Bars -toiminnon avulla. (Huom! Valitsemalla Error Amount="Custom", voit määrittellä kullekin mittauspisteelle oman virherajan tapauksessa, jossa pisteiden virherajat ovat keskenään erisuuret.)

Suoran sovittaminen pisteistöön onnistuu klikkaamalla pisteistöä oikealla hiirennäppäimellä ja valitsemalla Add Trendline.... Eteen avautuu ikkuna, jossa suora on oletusvaihtoehto. Lisäksi suoraa voidaan jatkaa päistään ja suoran yhtälö on mahdollista asettaa näkyville. Lopputulos on esitetty kuvassa 5.

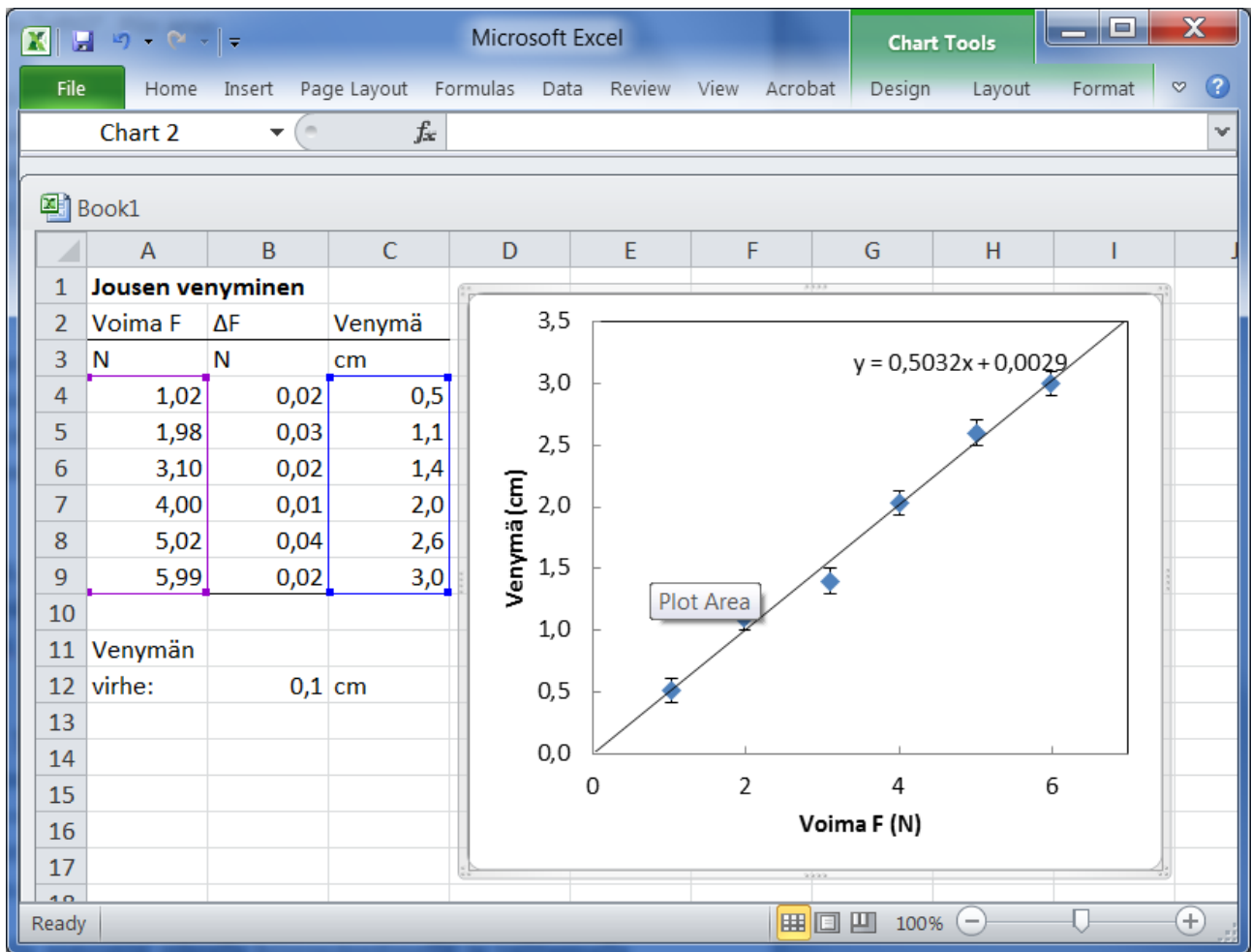
Jos kuvaajaan halutaan piirtää varsinaisen suoran lisäksi virhesuorat, tämä onnistuu kätevimmin tekemällä kaksi datasettiä lisää, jotka sisältävät maksimi- ja minimivirhesuorien alku- ja loppupisteet. Sovittamalla näihin pisteistöihin suorat, saadaan sekä virhesuorat, että näiden kulmakertoimet. Huomaa, että virhesuorien määrittämiseen käytettyjen pisteiden paikkoja voi tämänkin jälkeen muuttaa, jolloin virhesuorat siirtyvät samalla.



**Kuva 3.** Kuvaajan lisääminen ja Chart Tools -menun Layout-valikon komennot. Huomioi, että kuvaaja ei kuvassa ole vielä muokattu, joten se ei ole vielä hyvä kuvaaja. Jotta kuvaajasta saataisiin ymmärrettävä, siihen on lisättävä vähintään akselien otsikot ja yksiköt. Usein on myös tarpeen säätää akselien skaalausta, lisätä pisteille virherajat ja sovittaa pisteistön PNS-menetelmällä määritetty suora.

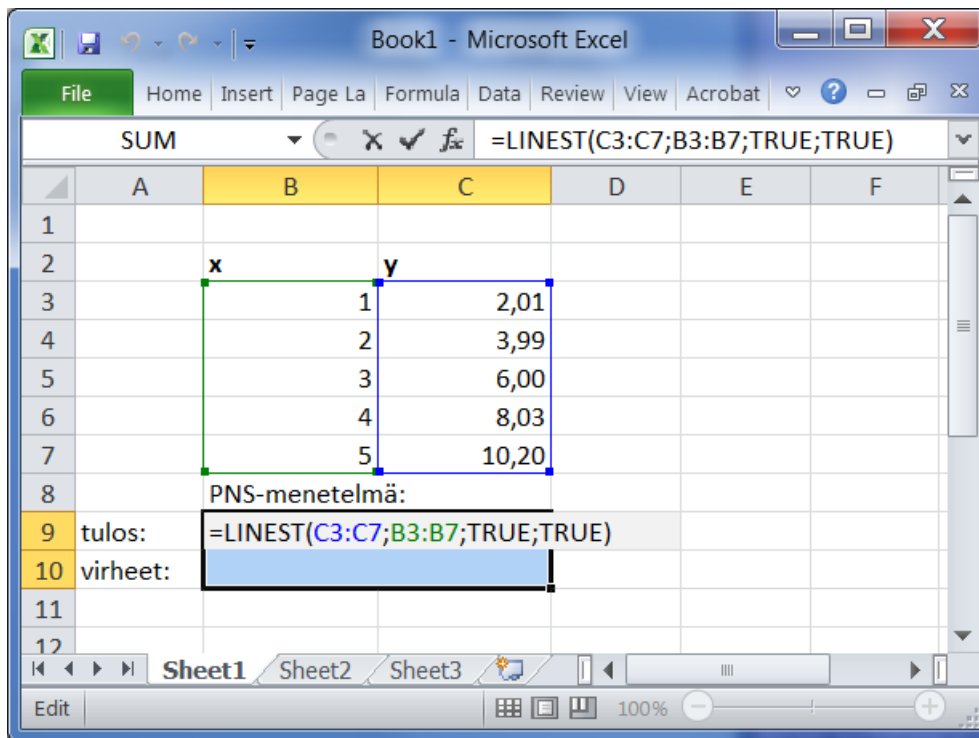


**Kuva 4.** Pisteistön arvojen syöttäminen kuvaajaan.

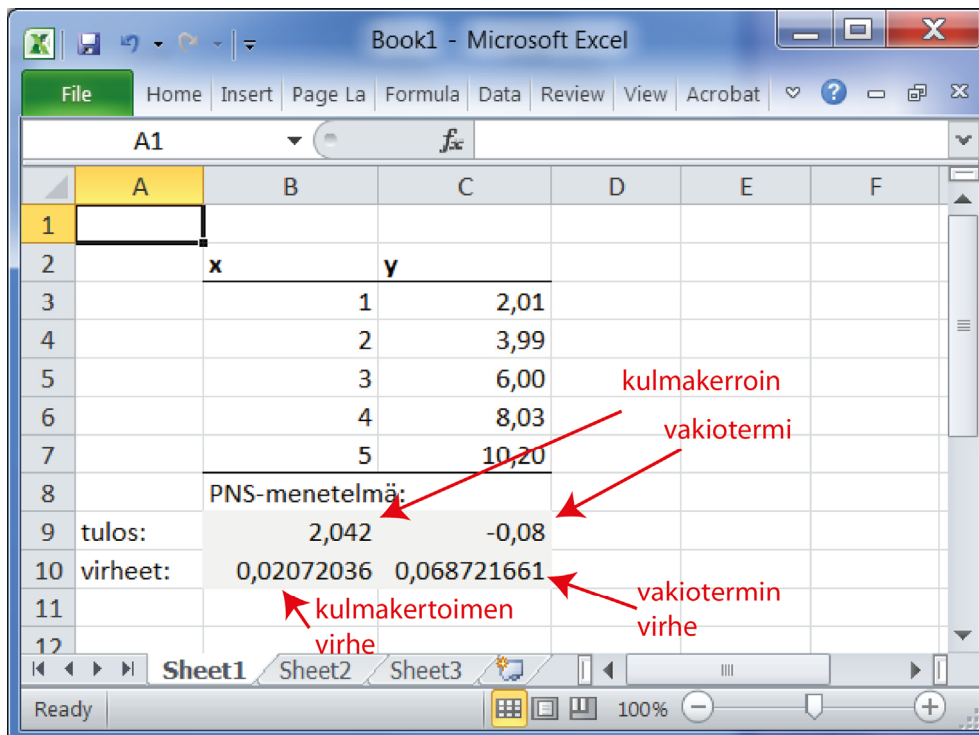


**Kuva 5.** Excelillä piirretty kuvaaja ja siihen soviettu suora.





Kuva 7. LINEST-funktion syöttäminen.

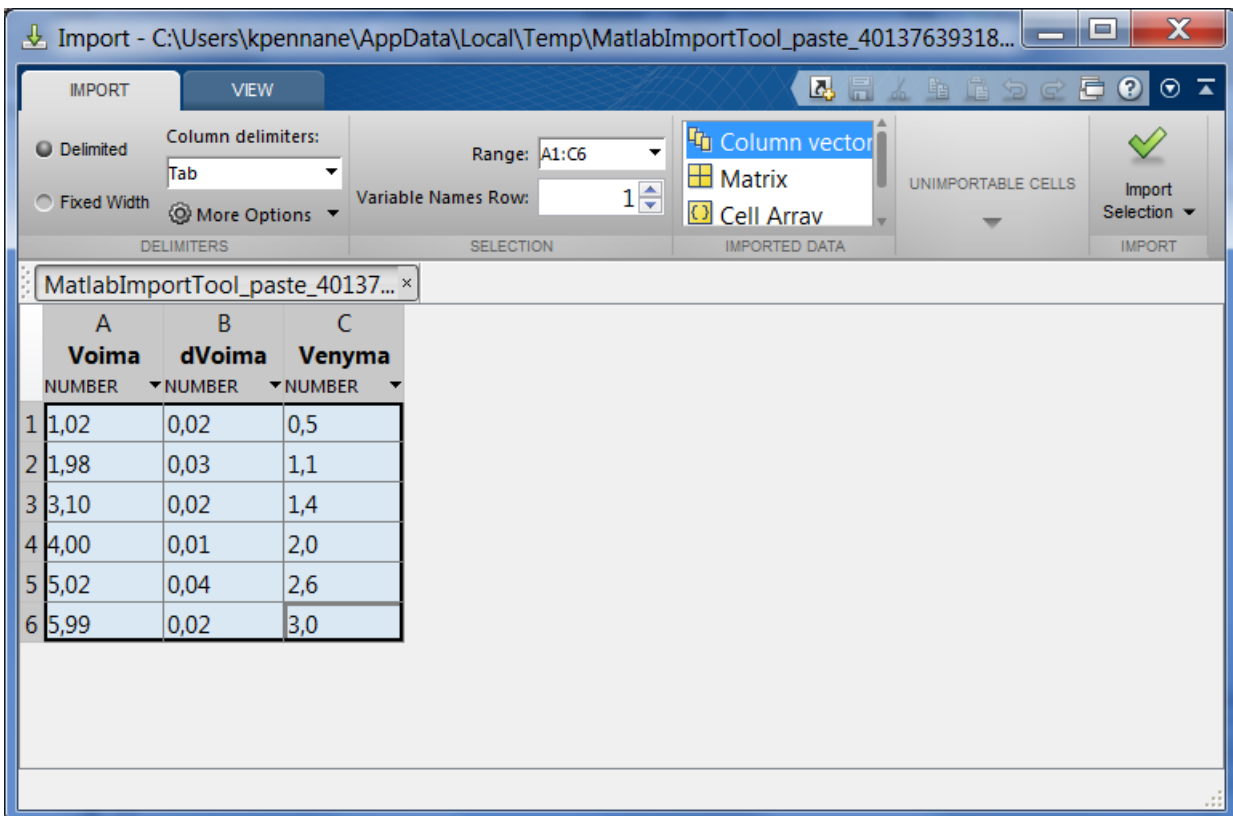


Kuva 8. LINEST-funktion antama tulos.

## Matlab (2012 versio)

### 2.4 Datan tuominen Matlabiin

Datan tuominen Matlabiin onnistuu ehkä helpoiten kopioimalla haluttu data esim. tekstitiedostosta tai taulukkolaskentaohjelmasta ja käyttämällä Matlabin Import-toimintoa. Tämä tapahtuu klikkaamalla Matlabin pääikkunan oikeassa reunassa olevan Workspace-ikkunan oikean yläreunan ympyrää, jossa on nuoli alaspäin ja valitsemalla Paste. (Jos Workspace-ikkuna ei ole syystä tai toisesta näkyvissä, sen saa esille ikkunan yläreunan Home-välilehden Layout nappulan takaa klikkaamalla Workspace.) Nyt näkyviin tulee kuvan 9 näköinen ikkuna, jossa pitäisi näkyä leikepöydällä oleva data. Tässä vaiheessa kannattaa nimetä datavektorit, mikä onnistuu kaksoisklikkaamalla vektorin nimeä. (Esimerkissä: ”Voima”, ”dVoima” ja ”Venyma”). Lopuksi valitaan Import Selection ja datan kopiointi Matlabin vektoreiksi on valmis.



Kuva 9. Matlabin Import-ikkuna.

### 2.5 Peruskomennot

Matlabiin ladatuilla vektoreilla voidaan tehdä erilaisia laskutoimituksia. Esimerkkinä kuvitellaan tilanne, jossa Venymä-vektoriin halutaan lisätä vakioarvo. Määritellään vakio nimeltä ”offset\_vakio” Matlabin komentoikkunassa kirjoittamalla:

```
>> offset_vakio=3
```

ja painamalla Enter, jolloin komentoikkunaan tulostuu:

```
offset_vakio =
```



Katja Kuitunen, 28.6.2013

Lisätään nyt Venymä-vektoriin määrittelemämme vakio:

```
>> Venyma=Venyma+offset_vakio

Venyma =

    3.5000
    4.1000
    4.4000
    5.0000
    5.6000
    6.0000
```

Lisää tietoa Matlab-syntaksista löydät Matlabin laajasta dokumentaatiosta, jonka saat näkyviin painamalla F1. Varsinkin ensimmäistä kertaa Matlabia käyttävälle suosittelen tutustumaan osioon ”Getting Started with MATLAB”.

## 2.6 PNS-menetelmä

PNS-menetelmän käyttö Matlabilla on helppoa. Yllä olevassa esimerkkitapauksessa sovitusta tehdään komennolla:

```
>> fit(Venyma,Voima,'poly1')

ans =

Linear model Poly1:
ans(x) = p1*x + p2
Coefficients (with 95% confidence bounds):
p1 =      1.966   (1.699, 2.233)
p2 =     -5.853  (-7.147, -4.56)
```

Kuten tulosteesta voi päätellä, Matlab antaa myös kulmakertoimen p1 ja vakiotermin p2 95% luottamusrajat. Luottamusrajoja voi myös muuttaa confint-käskyllä:

```
>> confint(fit(Venyma,Voima,'poly1'),0.68)

ans =

    1.8570    -6.3819
    2.0752    -5.3248
```

## 2.7 Kuvaajan piirtäminen

Kuvaajan piirtäminen onnistuu plot-komennolla (”figure” luo uuden kuvaajan, mutta sitä ei välttämättä tarvita), ’o’ määrittää kuvaajan pisteiden ulkonäön ja erilaisia optioita on muitakin:

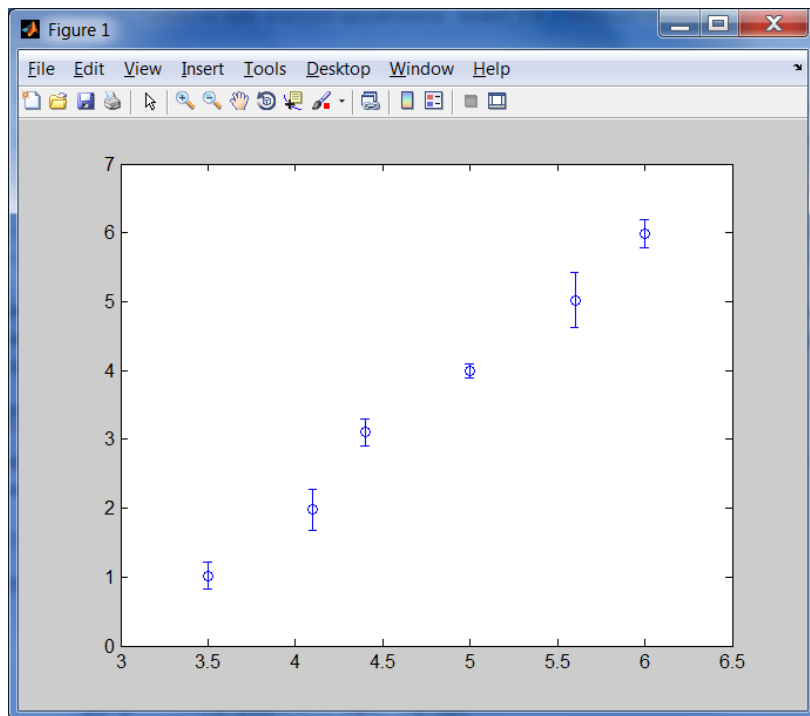
```
figure;plot(Venyma,Voima,'o')
```

Silloin, kun halutaan pisteille virherajat näkyviin, voidaan plottaus tehdä suoraan komennolla:

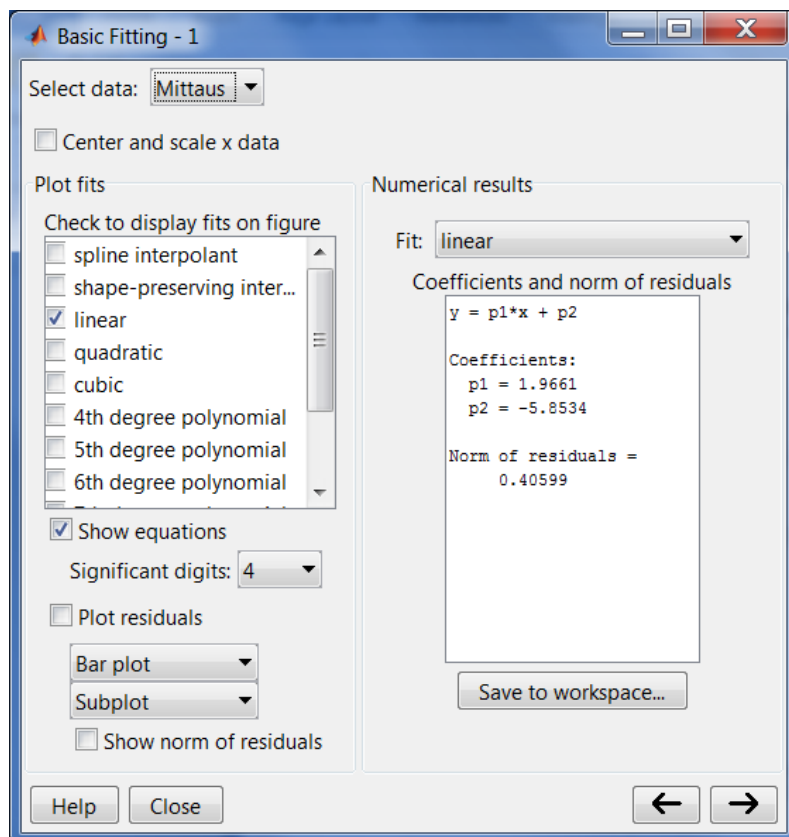
```
>> errorbar(Venyma,Voima,dVoima,'o')
```

Lopputulokset on esitetty kuvassa 10. Kuvaajan ikkunan työkaluilla voidaan nimetä kuvaajan akselit ja muokata muutenkin kuvaajan ulkoasua. Myöskin suoran sovitusta onnistuu suoraa kuvaajasta valitsemalla Tools → Basic Fitting, jolloin eteen aukeaa kuvan 11 ikkuna, josta valitaan sovitusmenetelmäksi ”Linear”.

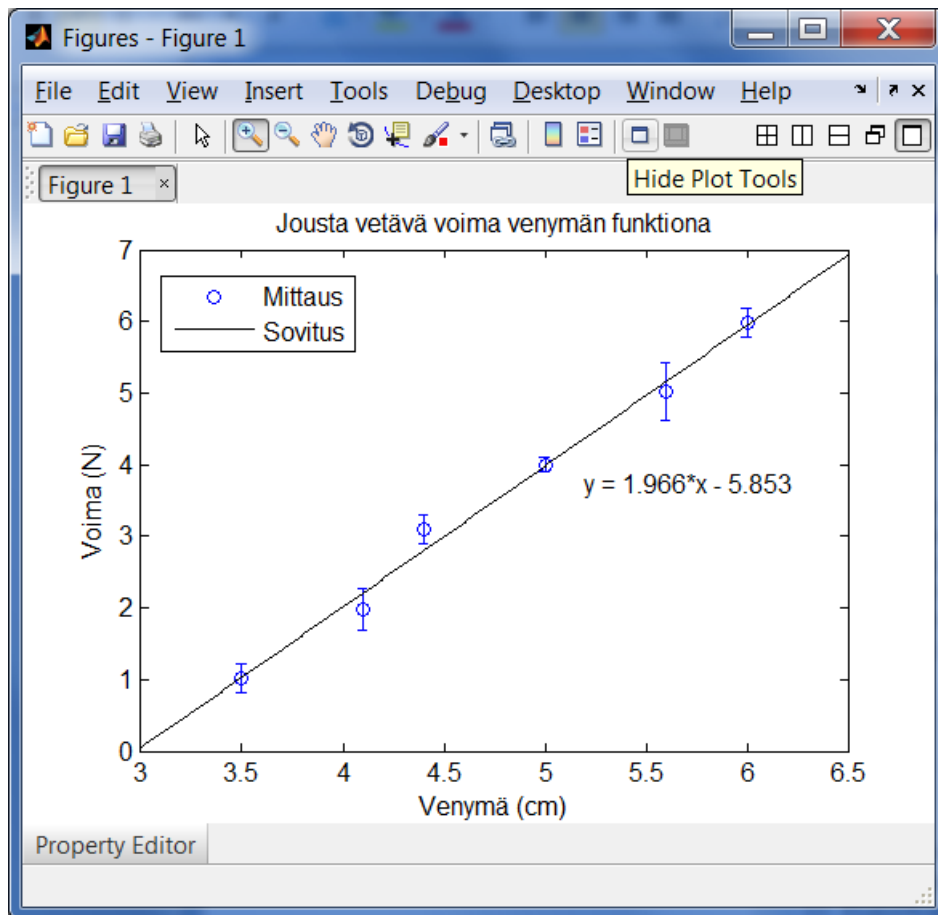
Valitsemalla ”Show Equations”-kohdan, saadaan myös sovitetun suoran yhtälö näkyviin. Kannattaa kuitenkin valita tarpeeksi monta merkitsevää numeroa näkyviin. Lopullinen kuvaaja näyttää toivottavasti samantapaiselta kuin kuvassa 12.



**Kuva 10.** Errorbars-käskyllä piirretty kuvaaja.



**Kuva 11.** Suoran sovitus kuvaajan pisteistöön.



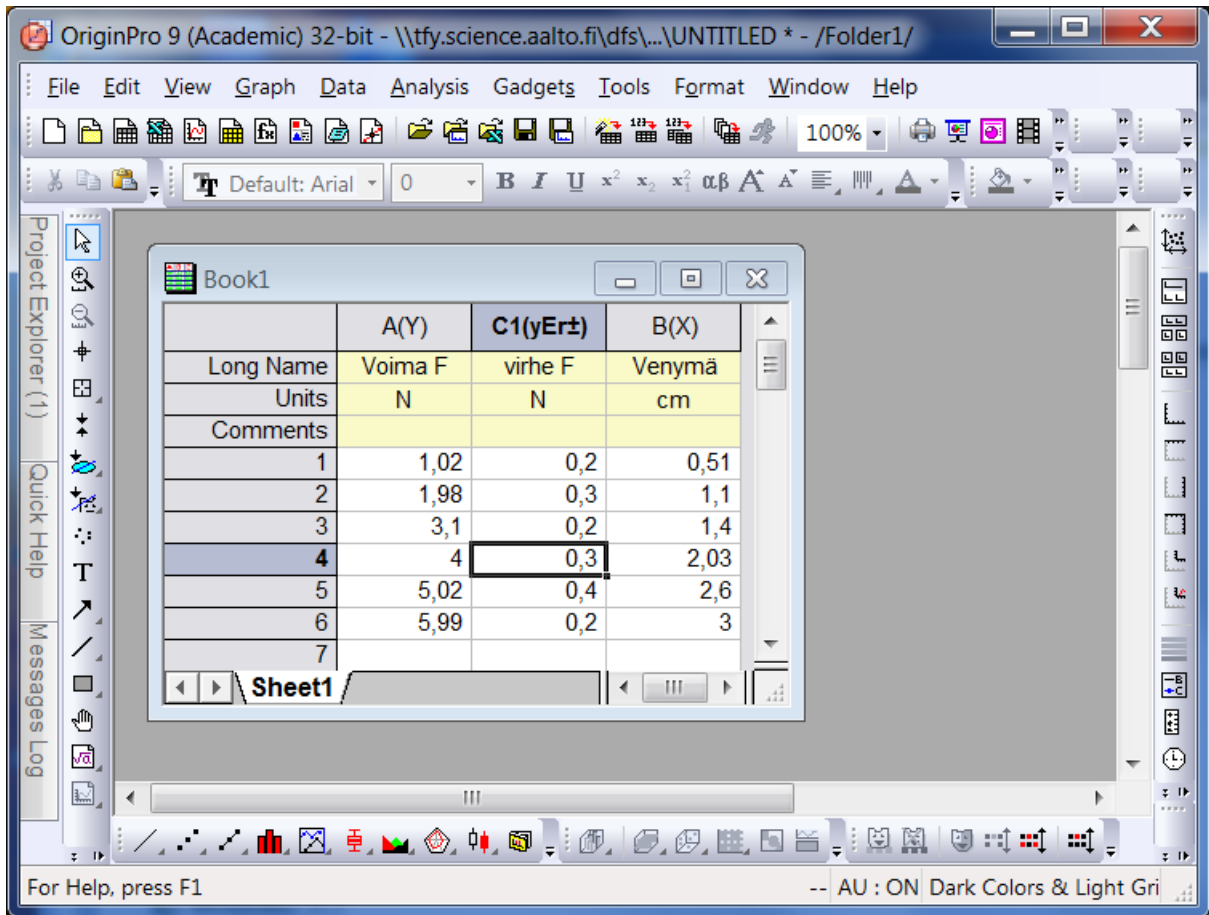
Kuva 12. Matlabilla tehty kuvaaja, johon on sovitettu suora PNS-menetelmällä.

### 3 Origin

Origin on ohjelma, jota käytetään pääasiallisesti data-analyysiin ja kuvaajien piirtämiseen. Kun data on valmiiksi taulukkomuodossa esim. Excelissä, se on helppo kopioida Originiin, jolla siistien kuvaajien piirtäminen ja suoran sovittaminen on helpompaa ja nopeampaa kuin Excelillä.

#### 3.1 Datan siirtäminen

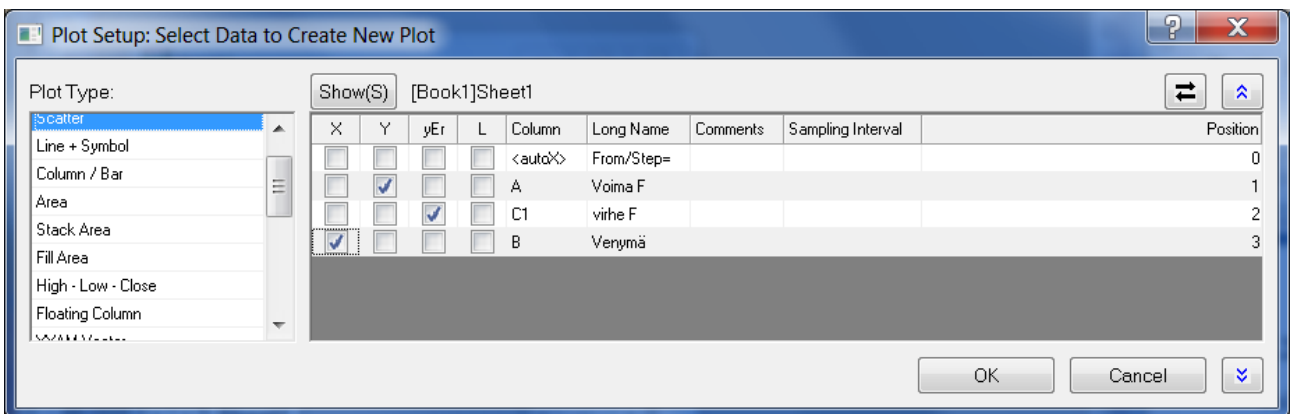
Originin ikkuna on esitetty kuvassa 13. Datan voi kirjoittaa Originin taulukkoon suoraan tai sen voi kopioida ja liittää suoraan esim. Excelin taulukosta. Lisää palstoja saa taulukkoon klikkaamalla oikealla hiirennäppäimellä taulukon otsaketta (Esim. "A(Y)") Otsakkeissa sulkujen sisällä oleva kirjain kertoo sen, halutaanko palstalla olevia lukuja käyttää kuvaajan x- vai y-akselilla, vai kenties mittauspisteiden virheinä, joten saman tien kopioinnin jälkeen kannattaa klikata otsaketta oikealla hiiren painikkeella ja valita valikosta "Set As" sopiva käyttötarkoitus. Tämä helpottaa kuvaajien piirtämistä.



Kuva 13. OriginPro 9:n pääikkuna.

### 3.2 Kuvaajan piirtäminen

Valitse ylävalikosta Plot → Symbol → Scatter, jolloin saat eteesi kuvan 14 mukaisen Plot Setup -ikkunan. Valitse kuvaajan data akseleille haluamallasi tavalla ja paina OK. Saat nyt eteesi kuvaajan, jota voit muokata mieleiseksesi.

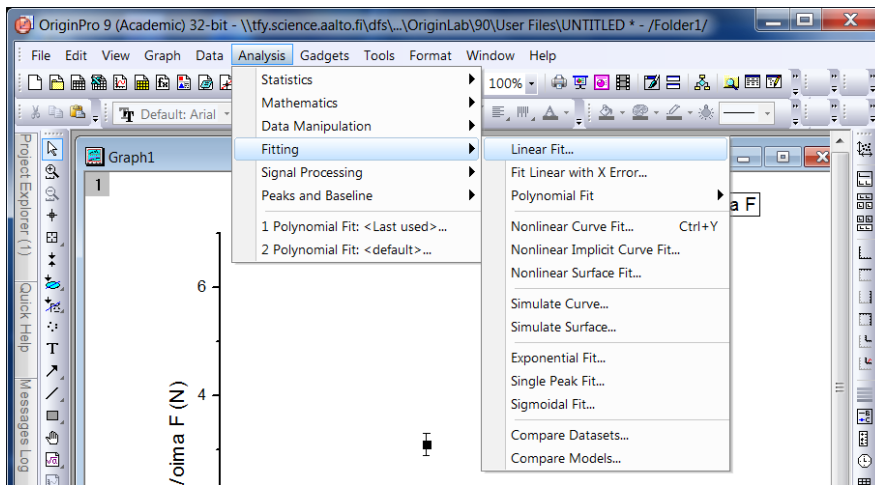


Kuva 14. Plot Setup -ikkuna.

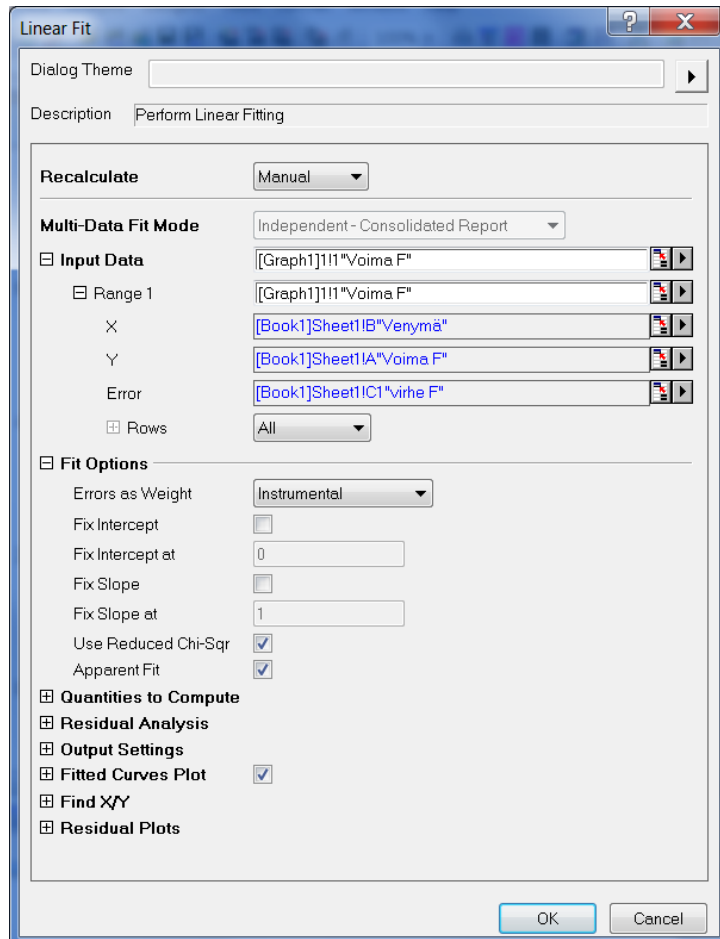
### 3.3 Suoran sovittaminen Originilla

Kuvaajan pisteistön sovitetään suora Fitting-toiminnon avulla. Valitse Analysis → Fitting → Linear Fit..., kuten kuvassa 15 ja saat eteesi kuvassa 16 esitetyn Linear Fit -ikkunan. Tässä ikkunassa voi valita

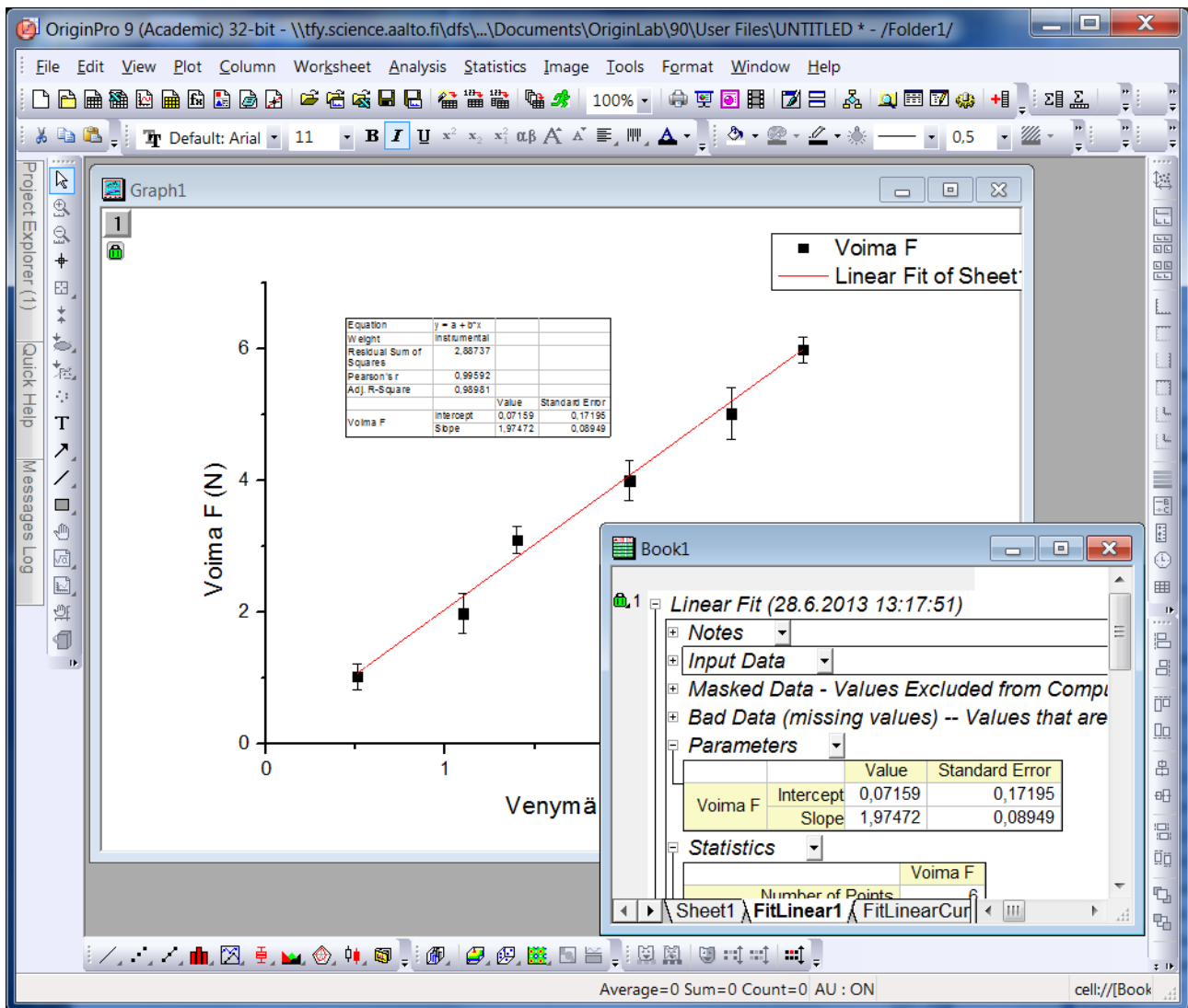
sovitukseen otettavan datan ja sen mahdollisen painoituksen silloin, kun pisteiden y-suuntaiset virherajat ovat erisuuret. Hyväksy asetukset painamalla OK.



Kuva 15. Suoran sovittaminen kuvaajan pisteistöön Originissa.



Kuva 16. Linear Fit -ikkuna. X-, Y- ja Error rivit saat esiin klikkaamalla +-ruutua kohdassa Range 1. Fit Options kohdasta voidaan valita, otetaanko virherajat mukaan suoran sovittukseen, jolloin käytetään ns. painotettua PNS-menetelmää. Sovituksen voi tehdä myös ilman painoituksia, jolloin Errors as Weight -kohdasta valitaan "No Weighting".



**Kuva 17.** PNS-sovituksen tulos. Sovitettu suora näkyy kuvaajassa ja PNS-menetelmällä saadut kulmakerroin (Slope) ja vakiotermin (Intercept) virheineen (Standard Error) kuvaajan taulukossa ja taulukkoikkunan FitLinear-välilehdellä.

Kuvassa 17 on esitetty Origin sovituksen lopputulos. Kulmakerroin saadaan kohdasta Slope ja vakiotermin kohdasta Intercept. Molempien termien virheet löytyvät kohdasta Standard Error.