

# Kuvaajien sovittaminen mittausdataan gnuplot-ohjelmalla

Sini-Jatta Suonio

2010-06-10

## Sisällysluettelo

1	Mikä on gnuplot? .....	3
2	Datatiedostot .....	3
2.1	Ascii-tiedostojen luominen .....	4
2.1.1	DataStudio.....	4
2.1.2	Microsoft Excel 2007.....	5
3	Gnuplotin käyttäminen.....	5
3.1	Komennot.....	6
3.2	Komentotiedoston tekeminen ja käyttäminen .....	7
3.3	Ääkköset ja erikoismerkit.....	8
4	Funktiot ja käyrän sovittaminen mittausdataan .....	10
5	Kuvaajan liittäminen työselostukseen.....	11
6	Valmis esimerkkikoodi .....	12

Liite 1 Syntax for postscript enhanced option & PostScript Character Codes

# 1 Mikä on gnuplot?

Gnuplot on komentorivipohjainen ohjelma, joka on tarkoitettu kaksi- ja kolmiulotteisten kuvaajien tekemiseen. gnuplotin käyttö voi tuntua alkuun hankalalta, mikäli on tottunut työskentelemään hiiren kanssa. Alun vaikeuksien jälkeen gnuplot osoittautuu varsin käteväksi. Tarvittavien komentojen määrä on loppujen lopuksi vähäinen ja muutaman käyttökerran jälkeen ne muistuvat mieleen helposti.

Gnuplot toimii sekä Windows että Linux ja Unix koneissa. Tämä ohje on kuitenkin laadittu vain Windows-koneita käyttävälle, koska fysiikan laitoksen ATK-luokan koneet ovat Windows-käyttöjärjestelmän omaavia. Mikäli haluat opetella käyttämään gnuplotia Linux-koneessa, kannattaa tutustua gnuplotin kotisivuihin [www.gnuplot.info](http://www.gnuplot.info).

Tässä ohjeessa käydään lyhyesti ja mahdollisimman selkeästi peruskomennot ja toiminnot, joita fysiikan kuvaajia tehdessä tarvitaan. Laboratoriotöitä ajatellen kaksiulotteiset kuvaajat ovat riittäviä, joten pääpaino on niissä. Lopussa lyhyesti kerrotaan, miten kolmiulotteisia kuvaajia pystyy tekemään.

## 2 Datatiedostot

Gnuplotissa ei ole valmista taulukkoa, johon mittausdatan arvot voisi laittaa (vrt. Origin). Tämän takia datan tiedot tulee antaa erillisenä (teksti)tiedostona. Gnuplot erottelee datatiedostot riveihin ja sarakkeisiin ja sen takia yhdellä rivillä tulee olla yksi mittauspiste virheineen. Sarakkeet erottelevat mittauspisteen sijainnin ja virheet. Sarakkeet erotellaan toisistaan joko välilyönnillä tai sarkaimilla (tabulaattori, TAB). Kaksi sarkainta peräkkäin tarkoittaa samaa kuin yksi sarkain, eli peräkkäiset erottimet tulkitaan aina yhdeksi. Kommenttirivi, jossa kannattaa selvyiden vuoksi merkitä datapisteiden merkitys, tulee aloittaa #-merkillä. Tällöin ohjelma ymmärtää kyseessä olevan kommenttirivin eikä yritä ottaa kyseistä tekstiä huomioon. Mikäli risuaidan unohtaa, gnuplot ei suostu piirtämään mittapisteitä eikä minkäänlaista kuvaaja muodostu. Risuaidan unohtaminen on alussa yksi tavallisimmista virheistä. Komentojen sekaan voi laittaa kommenttirivejä kuinka paljon vain itse haluaa.

Mittausdatan sisältävä tekstitiedoston alku voisi näyttää esimerkiksi tältä:

```
# xarvot yarvot xError yError
0      5      0.1    0.2
1      6      0.1    0.2
5      8      0.5    0.2
6     10      0.5    0.7
```

## 2.1 Ascii-tiedostojen luominen

Gnuplot haluaa datan ascii-tiedostona eli esimerkiksi juuri .txt päätteellä. Kaikki ohjelmat eivät kuitenkaan suoraan tallenna tiedostoja ascii-muodossa. Seuraavassa käydään lyhyesti läpi, miten tiedostot vai muuttaa gnuplotin tukemaan muotoon.

### 2.1.1 DataStudio

DataStudiota käytetään varsin monessa mittauksessa datan keräämiseen. DataStudion data voidaan tallentaa ascii-muodossa valitsemalla File → Export Data. Valitaan avautuvasta ikkunasta haluttu data ja sen jälkeen nimetään tiedosto ja tallennetaan se haluttuun kansioon. DataStudion antama .txt-tiedosto on alla olevan näköinen:

```
Editable Data, Data
X ( )   Y ( )
0.00   2.00
1.00   5.00
```

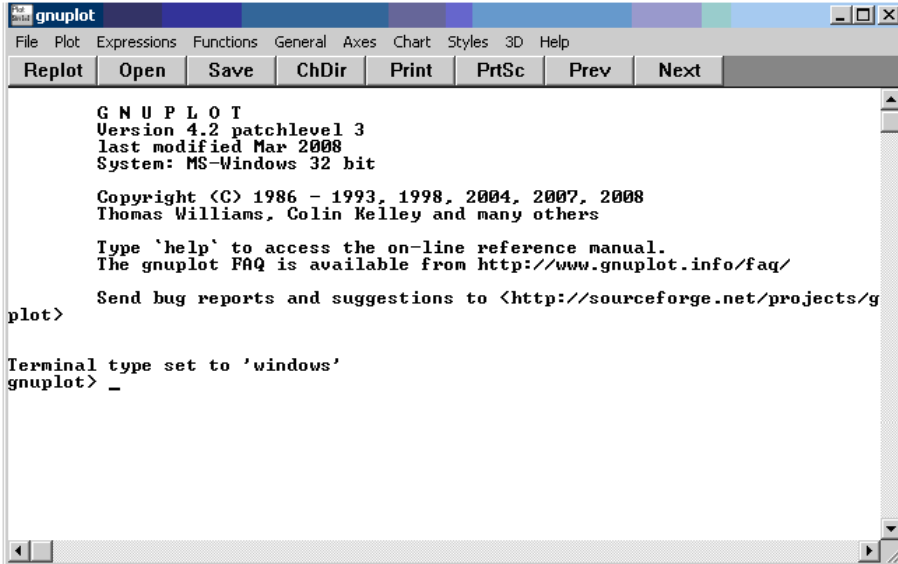
Tätä tiedostoa joudutaan hieman muokkaamaan esimerkiksi Muistiossa (Notepad), sillä DataStudio tallentaa tiedoston alkuun pari tekstiriviä, jotka tulee muuttaa kommenttiriveiksi lisäämällä #-merkki niiden eteen. Rivit voi myös poistaa kokonaan, varsinkin ensimmäinen rivi on turha.

## 2.1.2 Microsoft Excel 2007

Excelin taulukon saa tallennettua .txt-muotoon, mutta se vaatii hieman taistelua. Kun tiedosto halutaan tallentaa .txt-muotoon, valitaan Tallenna nimellä → Excel-asiakirja ja valitaan tallennusmuodoksi Teksti (sarkainerotin). Excel varoittaa, että valittu tiedostomuoto ei tue kaikkia työkirjoja. Valitaan OK. Tämän jälkeen tulee vielä varoitus, että kaikki ominaisuudet ei välttämättä ole yhteensopivia valitun tiedostomuodon kanssa. Valitaan Kyllä. Kaikki muokkaukset kannattaa tehdä tämän jälkeen .txt-tiedostossa, koska Excelissä tehtyjen muokkauksien tallentaminen .txt-tiedostoon on varsin tuskallista.

## 3 Gnuplotin käyttäminen

Gnuplot löytyy jokaisesta fysiikan ATK-luokan ja oppilaslaboratorion koneesta. Kun gnuplotin käynnistää, aukeaa kuvassa 1 esitetty ikkuna. Ylhäällä olevista valikoista löytyy varsin monia tarpeellisia komentoja valmiina. Esimerkiksi valikon *plot* takaa löytyvät kohdat *plot* ja *3D plot*, joiden avulla pystyy tekemään 2- ja 3-ulotteisen kuvaajan. Samat toiminnot saadaan kirjoittamalla *plot* ja *splot*. Tässä ohjeessa käydään asiat läpi komentojen avulla, eikä yläpalkin valikkoja käyttämällä.



```
gnuplot
File Plot Expressions Functions General Axes Chart Styles 3D Help
Replot Open Save ChDir Print PrtSc Prev Next
GNU P L O T
Version 4.2 patchlevel 3
last modified Mar 2008
System: MS-Windows 32 bit
Copyright (C) 1986 - 1993, 1998, 2004, 2007, 2008
Thomas Williams, Colin Kelley and many others
Type 'help' to access the on-line reference manual.
The gnuplot FAQ is available from http://www.gnuplot.info/faq/
Send bug reports and suggestions to <http://sourceforge.net/projects/g
plot>
Terminal type set to 'windows'
gnuplot> _
```

**Kuva1.** Gnuplotin aloitusruutu.

### 3.1 Komennot

Gnuplot siis ottaa vastaan komentoja, joita voi suoraan kirjoittaa auki olevaan ruutuun. Komennoilla on tietyt vaatimukset siitä, missä järjestyksessä ne tulee kirjoittaa, jotta kuvaajasta tulee halutunlainen. Esimerkiksi, jos halutaan kuvaaja  $\sin(x)$ , jossa  $x$  saa arvot 0:sta  $\pi$ :hin, tulee ensin määrittää  $x$ :lle vaihteluväli.

Komennolla *help* aukeaa *HelpTopics*-ikkuna, jonka avulla voi etsiä ratkaisua ongelmaan. Sovelluksen voi sulkea komennolla *exit* tai *quit*. Taulukkoon 1 on koottu muutamia hyödyllisiä komentoja.

**Taulukko 1.** Gnuplotin tavallisimmat komennot

Komento	Toiminta	Esimerkki
quit/exit	Lopettaa ohjelman	Quit
pwd	Näyttää käytössä olevan hakemiston	Pwd
cd	Vaihtaa hakemistoa	cd "U:/kansio"
set	Muuttaa asetuksia	set xrange [a:b]
plot	Piirtää 2D-kuvaajan	plot 2*x+x
splot	Piirtää 3D-kuvaajan	splot x*y
replot	Toistaa edellisen plot/splot -komennon	Replot
fit	Sovittaa käyrän pistejoukkoon	fit f(x) "U:/data.txt" via A,B
show	Näyttää asetusten nykyiset arvot	show title

Gnuplot-ikkunassa (Kuva 1) työskentelyn voi aloittaa yksinkertaisilla kokeiluilla. Esimerkiksi antamalla komennot

*set xrange [0:2\*pi]*

*set yrange [-1:1]*

*plot cos(x)*

ohjelma piirtää kosini-kuvaajan, jossa x-akselilla menee arvot 0:sta  $2\pi$ :hin ja y-akselilla -1:stä 1:teen. Huomaa, että kirjoittamalla *plot cos x*, ohjelma herjaa määrittelemättömästä muuttujasta. Argumentin ympärillä on aina oltava sulut. Vastaavalla tavalla voi kokeilla piirtää sini-funktion kuvaajan. Komennolla *help functions* saa näkyviin listan gnuplotin ymmärtämistä funktioista.

Kyseinen kuvaaja ei kuitenkaan ole fysiikan työselostusten näkökulmasta välttävä. Kuvaajassa tulee olla muun muassa akselien nimet näkyvillä. Akselit voidaan nimetä komennolla *set xlabel "argumentti"* ja vastaavasti *set ylabel "argumentti"*, missä *argumentti* on haluttu akselin teksti. Näin on päästy hyvään alkuun. Tekstit tulee kirjoittaa joko lainausmerkkien " tai yläpil-kun ' sisällä.

Kirjoitettaessa komentoja ohjelman käyttöliittymässä (Kuva 1) edellisiä komentoja pystytään selaamaan nuolinäppäimillä. Tämä helpottaa jossain määrin. Jos gnuplotia käyttää työselostusten kuvaajien tekemiseen, suosittelen kuitenkin vahvasti, että komennot annetaan erillisenä komentotiedostona. Tällöin samat komennot voi ajaa uudelleen vaikka seuraavana päivänä eikä kaikkea tarvitse kirjoittaa alusta lähtien uudelleen.

### 3.2 Komentotiedoston tekeminen ja käyttäminen

Erillinen komentotiedosto on varsin kätevä sovituksia tehdessä. Silloin saa suoraan yhteen tiedostoon kirjoitettua kaikki komennot ja kuvaajakin muodostuu omaksi tiedostokseen varsin kätevästi. Ennen kuin komentotiedostoa lähtee tekemään, tulee tarkistaa tiedostopolut, joita gnuplot käyttää. Komennolla *pwd* (gnuplot-ikkunassa, Kuva 1) saa selville, mitä hakemistoa ohjelma käyttää. Varsin usein oletuksena on **C:\Program Files\gnuplot\bin**, johon käyttäjällä ei ole kirjoitusoikeutta. Hakemisto kannattaa vaihtaa esimerkiksi omalle U-asemalle komennolla *cd "U:/tiedosto"*, jossa kohtaan *tiedosto* voi kirjoittaa kansion nimen, johon haluaa kaikki tiedostot tallentaa. **Huomaa**, että tiedoston nimi, kuten myös kaikki muut tekstit (otsikot ja selitteet), tulee kirjoittaa joko lainausmerkkien " tai yläpil-kun ' sisään! Lainausmerkkien sisällä kenoviiva tulkitaan jonkin komennon osaksi, esimerkiksi *title "Rivin \n vaihto"* tuottaa kuvaajan kaksirivi-

sen otsikon, jossa vaihto tapahtuu komennon `\n` kohdassa. Siksi Windowsin hakemistopolkujen kenoviivat (U:\) tulee korvata kauttaviivalla (U:/).

Kun datatiedosto (ks. Luku 2) on kasassa ja tallennettuna samaan kansioon, kuin mitä gnuplot käyttää, voidaan alkaa tehdä komentotiedostoa. Komentotiedoston voi tehdä Muistiolla (Notepad) ja tallentaa sen .txt muodossa. Komentotiedostossa annetaan kaikki tarvittavat komennot, jotta saadaan kuvaaja tehtyä. Ensin täytyy määritellä koodaustapa ja tulostusterminaali. Luvussa 6 esitetty valmis komentotiedosto, jota voi käyttää halutessaan pohjana komentotiedostoa tehdessä. Siinä on myös yksityiskohtaisesti kerrottu, mikä kunkin komennon tarkoitus on.

Tehty komentotiedosto kannattaa tallentaa valittuun kansioon tunnisteella .gp. Kone saattaa kysyä, haluatko varmasti muuttaa tunnisteeseen .txt:stä .gp:ksi. Tämän jälkeen, kun tiedosto on tallennettu, se voidaan avata gnuplotilla.

Mene tiedoston päälle ja paina hiiren oikean puoleisella korvalla ja valitse *Open*. Tämän jälkeen aukeaa ikkuna, jossa sanotaan, että Windows ei pysty aukaisemaan ko. tiedostoa. Valitse *Select the program from a list*. Mikäli valikosta ei löydy suoraan gnuplotia, joudut hakemaan sen *Browse*-painikkeen takaa. Valitse kansio *gnuplot* → *bin* → *pgnuplot.exe*. Nyt voit valita, että kaikki muotoa .gp tiedostot avataan aina automaattisesti pgnuplotilla. Tämän jälkeen, klikkaamalla tiedoston päällä hiiren oikealla korvalla ja valitsemalla *Open with* → *pgnuplot* ohjelma muodostaa .eps-kuvaajan, joka muodostuu samaan kansioon.

Muokattu komentotiedosto tulee aina tallentaa (Ctrl+S) ennen kuin sen avaa pgnuplot-ohjelmalla. Kun tiedosto on avattu gnuplotilla, samalla päivittyy kuvaaja ja lokitiedosto. Mikäli kuvaaja ei tule näkyviin (koko 0 KB) GSview-ohjelmalla, luultavimmin koodissa on jokin virhe. Huomaa, että avattaessa tiedostoa pgnuplotilla ei varsinaisesti aukea mitään erillistä ikkunaa. Gnuplot vain käsittelee komennot ja muodostaa kuvaajan sekä tulostaa dataa lokitiedostoon.

### 3.3 Ääkköset ja erikoismerkit

Gnuplotilla saattaa olla ongelmia ääkkösten tulostamisessa. Valitsemalla koodaustapa Latin-1, tältä ongelmalta yleensä vältytään. Jos skandinaaviset kirjaimet eivät tästä huolimatta tule näkyviin niille, tulee käyttää numerokoodeja (Taulukko 2). Pääsääntöisesti kuitenkin ATK-luokkien koneilla riittää, että koodaustapa muutetaan komennolla *set encoding iso*.



**Taulukko 2.** Skandinaavisten merkkien koodit. Koodi annetaan muodossa ”\304” (Ä).

Skandinaavinen kirjain	Koodi
Ä	304
ä	344
Ö	326
ö	366
Å	305
å	345

**Taulukko 3.** Ylä- ja alaindeksit sekä muita erikoismerkkejä

Merkintä	Esimerkki	Lopputulos
Yläindeksi	”10{-9}”	$10^{-9}$
Alaindeksi	”t_{min.}”	$t_{\min.}$
Ylä- ja alaindeksi	”t@^3_{min.}”	$t_{\min.}^3$
Kreikkalaiset kirjaimet	”{/Symbol ab}”	$\alpha\beta$
Erikoismerkit (&,{,},_,@,^)	”\&”	&
	”\173 \175”	{ }

Erikoismerkitkin saadaan varsin helposti tehtyä, kun käytössä on laajennettu postscript-termiinaali (ks. 3.2). Taulukossa 3 näkyy yksinkertaistetusti, miten mm. ala- ja yläindeksit saadaan aikaiseksi. Huomaa, että yläindeksi -9 tulee olla kaarisulkujen sisällä. Mikäli näin ei ole,

pelkästään miinusmerkki tulee yläindeksiin. Myös kreikkalaisten kirjainten komennossa symboli tulee kirjoittaa isolla. Testaa, mitä tapahtuu, jos sen kirjoittaa pienellä. Valitettavasti joidenkin erikoismerkkien kanssa on ongelmia. Jotkin erikoismerkit saa näkyviin normaalisti (esim. &), mutta aaltosulut ({,}) täytyy tehdä numerokoodilla, sillä jostain syytä ne ei toimi normaalisti Windows-ympäristössä. Jotkin numerokoodit tulee antaa kahdella kenoviivalla. Joissain tapauksissa kenoviivojen (tai kauttaviivojen) määrä riippuu käytetäänkö lainausmerkkiä vai yläpilkkua. Kattava lista koodeista on liitteessä 1, jossa on myös kerrottu, milloin toimii yksi kenoviiva ja milloin ei. Valitettavasti joissain tapauksissa joutuu kokeilemaan, mikä tapa toimii.

## 4 Funktiot ja käyrän sovittaminen mittausdataan

Funktioiden määrittäminen ja sovittaminen mittausdataan on kohtalaisen yksinkertaista gnuplotilla. Esimerkiksi mittausdataan sovitettavan suoran saa komennolla  $f(x)=A*x+B$ . Huomaa, että kertomerkki \* on aina kirjoitettava, muuten gnuplot ei osaa tulkita asiaa oikein. Potenssimerkintä on kaksi peräkkäistä kertomerkkiä \*\* ( $x**2 = x^2$ ). Kuten edellä on jo mainittu funktioiden argumentit tulee aina kirjoittaa sulkuihin.

Kun sovitettava käyrä (tässä tapauksessa suora) on määritetty, se voidaan sovittaa mittausdataan komennolla `fit f(x) "U:/gplot_ohje/data.txt" via A,B`. Tällaisella komennolla gnuplot selvittää arvot vakiolle A ja B ja tallentaa sovituksen lokitiedoston käytettävään hakemistoon fit.log tiedostoksi. Tiedostosta löytyy sovitusparametrien arvot virheineen (Final set of the parameters). Gnuplot tallentaa kaikki sovitukset samaan tiedostoon, joten tiedosto kannattaa välillä poistaa, ettei se turhaan kasva monien satojen kilobittien kokoiseksi.

Sovitusta tehdessä gnuplot ei automaattisesti ota huomioon tiedostossa olevia virhetermejä. Sovitukseen saadaan kuitenkin virheen aiheuttama painotus, joskin gnuplot osaa huomioida vain yhden painokertoimen. Jos halutaan, että y-akselin suuntaista virhe otetaan huomioon sovituksessa, annetaan komento

`fit f(x) "U:/gplot_ohje/data.txt" using 1:2:4 via A,B`

Tällöin gnuplot siis tulkitsee sarakkeen neljä arvon  $y:n$  keskihajonnaksi ja siitä saatavaa arvoa  $1/s^2$  käytetään painona, missä  $s$  on annettu virhe.

## 5 Kuvaajan liittäminen työselostukseen

Valmis kuvaaja on varsin helppo liittää työselostukseen. Wordilla tehtyyn selostukseen .eps kuvaajan voi liittää seuraavasti *Lisää* → *Kuva* ja valitsemalla halutun kuvaajan. Valitettavasti kuvan resoluutio ei ole kovin hyvä. Kuva kannattaa tuoda gnuplotista suoraan oikeankokoisena. Jos kuvaa alkaa muokata Wordissa (mikä on mahdollista), myös tekstien koko muuttuu, joka entisestään tekee kuvaajasta suttuisen näköisen. Kokoa voi muuttaa komennolla *set size <koko>*, jossa koon lukema 1 tarkoittaa oletuskokoa ja esimerkiksi luku 0.5 tarkoittaa puolta oletuskoosta.

Latexilla kuvaajan liittäminen on myös helppoa, mutta komentotiedostoon täytyy tehdä muutoksia. Luvussa 2 esitetty koodi tulee muuntaa tulostuksen osalta. Komennot täytyy muuttaa siten, että kuvaajat eivät tulostu .esp –muotoon vaan .ps. Tämä onnistuu siten, että muutetaan koodin alku. Uusi koodi näyttää seuraavalta:

```
set term post enh mono 16 solid
```

```
set enco iso
```

```
set output "kokeilua.ps"
```

Kuvaaja muodostuu edelleen samaan kansioon, mutta .ps muotoon. Kun tiedostoa klikkaa, Acrobat Distiller muuttaa sen .pdf:ksi. Pdf-muotoisen kuvan voi liittää Latex-dokumenttiin normaalilla tavalla, esimerkiksi seuraavilla riveillä

```
\begin{figure}  
\centering  
\includegraphics[width=0.5\textwidth]{Kuva1.pdf}  
\caption{Kuvatekstiä}  
\label{fig:viittausvain}  
\end{figure} .
```

## 6 Valmis esimerkkikoodi

Alla on esimerkkikoodi, johon on kommentoitu (#-merkkien jälkeen) kunkin komennon tarkoitus.

*set enco iso*

#Kokonaisuutena koodi olisi set encoding iso\_8859\_1, mutta lyhyempi versio käy, kunhan se on yksikäsitteinen.

# Valitaan koodaustapa, joka tulee ääkkösiä. Käytetty komento muuttaa koodaustavan ns. Latin-1:ksi.

*set term post eps enh mono 16 solid*

#set terminal postscript eps enhanced monochrome 16 solid

# Valitaan tulostusterminaaliksi postscript ja tiedostomuodoksi .eps. Kuvaaja siis automaattisesti muodostuu (/päivityy) valittuun kansioon, kun komentotiedostoa päivittää.

# Enh(anced) tarkoittaa, että tekstin kokoa ja fonttia voi muuttaa. Myös ala- ja yläindeksit sekä kreikkalaiset aakkoset ovat käytössä.

# Mono tekee kuvaajasta mustavalkoisen (color värillisen) ja 16 on käytettävä fonttikoko. Solid vielä määrittelee, että kuvaajaan sovitettavasta käyrästä tulee tasapaksu eikä katkoviivallinen (oletus).

*set output "Kuvaaja.eps"*

# Gnuplot tulostaa valittuun kansioon kuvaajan tiedostonimellä Kuvaaja.eps

*set xlabel "x-akseli"*

*set ylabel "y-akseli"*

# Määrittelee x- ja y-akselien nimet

*set xrange [0 to 15]*

*set yrange [0 to 20]*

# Voit valita akselien skaalauksen. Väli annetaan joko erotettuna kaksoispisteellä : tai kirjoittamalla väliin *to*.

*f(x)=A\*x+B*

# Määrittelee sovitettavan käyrän muodon.

*fit f(x) "U:/gplot\_ohje/data.txt" via A,B*

# Sovittaa yo. käyrän haluttuun mittausdataan, käyttäen vakioiden A ja B arvoja, jotka ohjelma on laskenut. Gnuplot muodostaa tiedoston fit.log, johon tulostuu aina mm. sovitusparametrien A ja B arvot.

*set title "Kuvaajan 1 otsikko"*

# Määrittelee kuvaajan otsikon, jota kylläkään ei työselostuksissa tarvitse olla. Kuvateksti tulee olla asianmukaisesti paikallaan.

*plot "U:/gplot\_ohje/data.txt" title "Datapiste" with xyerror, f(x) title "Suoran sovitus"*

# Piirtää kuvaajan, jossa valittuun mittausdataan piirretään x- ja y-suuntaiset virhepalkit. Mittausdatapisteet saavat selitykseksi tekstin 'Datapiste' ja sovitetulle suoralle tulee selite 'Suoran sovitus'.