

# Füßsimull

## Newtoni II seaduse simulatsioon

### Dokumentatsioon

**Koostajad:**

Urmas Kvell

Riivo Talviste

**Juhendajad:**

Elmu Mägi (füüsika)

Urmas Palmaru (informaatika)

# Sisukord

Sissejuhatus .....	3
Tehnilised andmed.....	4
Kasutatud tarkvara ja keeled.....	4
Miinimumnõuded arvutile .....	4
Juriidilised andmed.....	4
Põhiprogramm "Füsssimull" .....	5
Programmi käivitamine .....	5
Menüü.....	6
Nupud .....	6
Simulatsioonis kasutatavad parameetrid .....	6
Muudetavad parameetrid .....	6
Arvutatavad parameetrid .....	7
Klaviatuuri klahvid.....	7
Komplekteerija .....	8
Komplektide fail.....	9

# Sissejuhatus

Isaac Newton (1643-1727) oli inglise füüsik, astronoom, matemaatik. Lisaks kõigele muule ta sõnastas mehaanika 3 põhiseadust. Käesoleva tööga vaatleme lähemalt Newtoni II seadust ning kasutame selle näitlikustamiseks kaldpinnal olevat keha.

Vastavalt Newtoni II seadusele on keha kiirendus võrdeline temale mõjuva jõuga ja

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

pöörvõrdeline tema massiga. Valemina oleks see siis  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ , kus  $a$  on keha kiirendus [ $1 \text{ m/s}^2$ ],  $F$  kehale mõjuv jõud [ $1 \text{ N}$ ] ning  $m$  keha mass [ $1 \text{ kg}$ ].

Jõuks nimetatakse lühidalt ühe keha mõju teisele, mis(jõud) ongi keha kiirenduse põhjustajaks. Jõud on vektoriaalne suurus (tal on suund ja moodul). Kui kehale mõjub mitu jõudu korraga, siis leitakse kehale mõjuvate jõudude resultant. Jõu ühikuks on SI süsteemis  $1 \text{ N}$  (njuuton).  $1 \text{ N}$  on selline jõud, mis mõjudes  $1 \text{ kg}$  massiga kehale, põhjustab selle keha kiiruse muutuse  $1 \text{ s}$  jooksul  $1 \text{ m/s}$  võrra.

Käesoleva töö autorid on Urmas Kvell ja Riivo Talviste ning juhendajateks on Elmu Mägi (füüsika) ning Urmas Palmaru (informaatika). Projekt on mõeldud esitamiseks informaatika aastatööna Pärnu Koidula Gümnaasiumile.

Antud dokumentatsiooni uusim versioon on saadaval internetis aadressil <http://riivo.talviste.pri.ee/projektid/fysssimull/doc/>

# **Tehnilised andmed**

## **Kasutatud tarkvara ja keeled**

Põhiprogramm on kirjutatud keeles C ning graafika tegemiseks on kasutatud teeki SDL, SDL\_gfx ja SDL\_ttf.

Komplekteerija on kirjutatud keeles Java.

## **Miimumnõuded arvutile**

- Operatsioonisüsteem, millel on SDL teegi toetus (Windows, Linux, MacOS X)
- Ekraani resolutsioon vähemalt 800x600
- Java JRE 1.5 (Komplekteerija jaoks; loomulikult sobib ja JDK)

## **Juriidilised andmed**

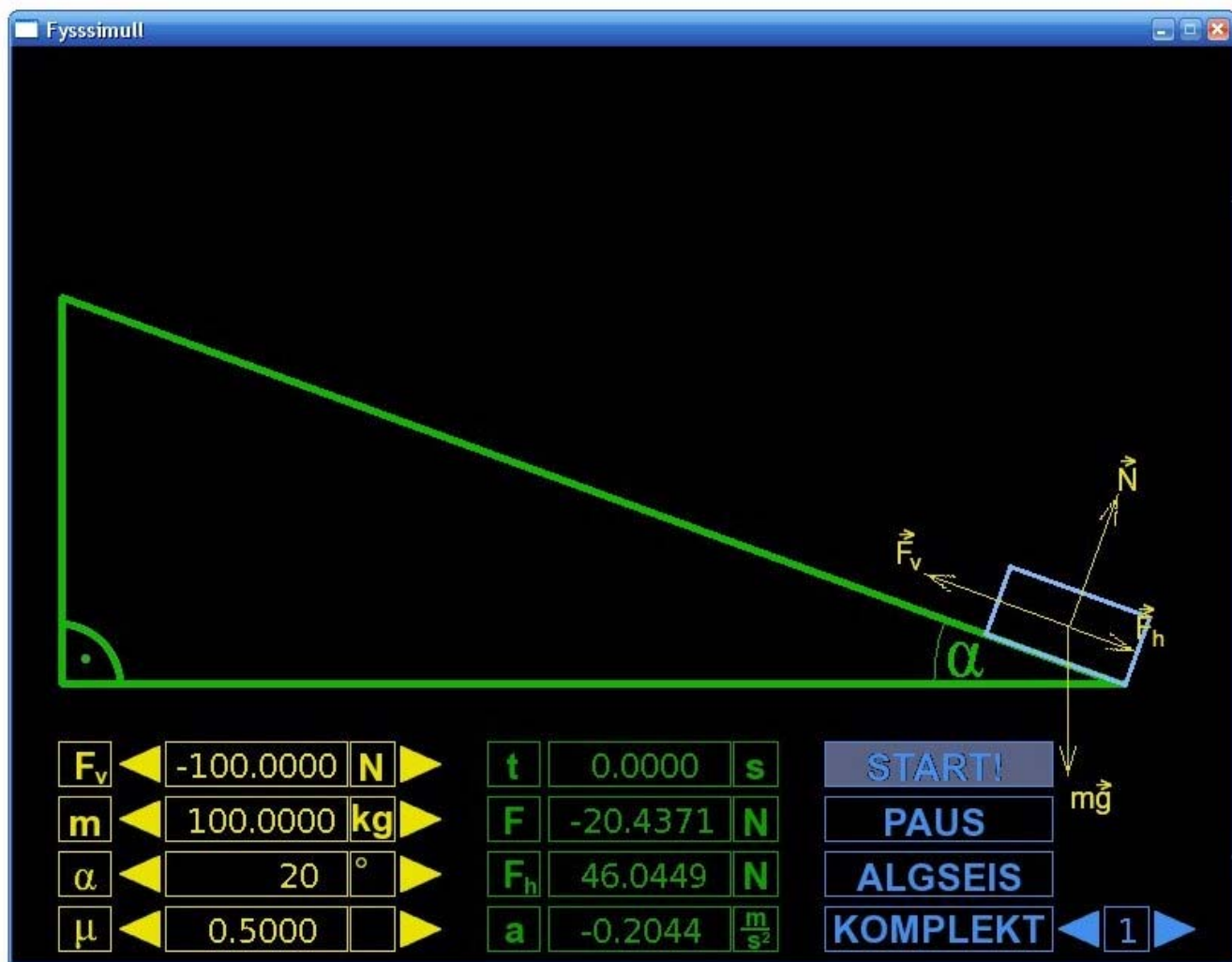
Nii põhiprogramm Füssumull kui ka Komplekteerija on litsenseeritud GNU General Public License (GPL) all, mis annab igäihele õiguse antud programmi lähtekoodi muuta ja tulemust levitada, kuid seda ainult GNU GPL litsentsi all. GNU GPL litsents on kaasas failis gpl.txt. Samas on soovitatav lugeda ka faili readme.txt (inglise keeles), kus on kirjas täpsem info nii põhiprogrammi, komplekteerija kui ka kasutatavate teekide litsentside kohta.

# Põhiprogramm "Füsssimull"

## Programmi käivitamine

Põhiprogramm käivitatakse failist fysssimull.exe. Ekraanile ilmub aken (*Joonis 1*) suurusega 800x600 pikselit (sinna sisse ei arvestata akna tiitelriba ja ääriseid). Aken on jaotatud kaheks osaks, millest ülemisel on kujutatud simulatsiooni ennast (kaldpind ja keha) ning alumises osas asub menüü.

Kui aken ei ilmu või see kaob koheselt ekraanilt, siis tasub vaadata tekkinud faili stderr.txt, kuhu programm peaks kirjutama oma veateated.



Joonis 1: Füsssimull

## Menüü



Joonis 2: Menüü

## Nupud

Menüü parempoolsem osa koosneb nuppudest, mis on ääristatud sinise joonega. Aktiivset menüü nuppu saab käivitada, kui vajutada sellel [ENTER]. Menüüs on järgmised elemendid: START - Käivitab simulatsiooni

PAUS - Jätab simulatsiooni seisma ning taaskäivitab selle. Algselt saab sellega ka simulatsiooni käivitada (kiirklahv: [SPACE]).

ALGSEIS - Seiskab simulatsiooni ning paigutab keha (kasti) kaldpinna algusesse või lõppu vastavalt sellele, kas keha hakkab resultantjõu mõjul liikuma üles või alla (kiirklahv: [BACKSPACE]).

KOMPLEKT - Saab muuta ning taaslaadida komplekte. Vajutades vasakule-paremale nooli saab vahetada aktiivseid komplekte (loomulikult seisatakse selle peale ka simulatsioon) ning vajutades nuppu [ENTER] seisatakse simulatsioon ning taaslaetakse aktiivse komplekti parameetrid (juhul, kui neid on käsitsi vasakpoolsest tulbast muudetud).

## Simulatsioonis kasutatavad parameetrid

Menüü kaks esimest tulpa (kollane ja roheline) näitavad simulatsioonis kasutatavaid parameetreid. Parameeter (x) esitatakse kümnendmurruna, kui  $|x| = (10^{-4}; 10^4)$  ning ülejäänud juhtudel standardarvuna. Vektoriaalsete suuruste ees on miinusmärk, kui vastav vektor on suunatud kaldpinnast üles.

Simulatsiooni mõõtkava on  $1px = 1m$ , mis tähendab, et näiteks raskuskiirendus  $9,8 m/s^2$  on tegelikult  $9,8 px/s^2$ . Ekstreemsemate kiirenduste saamiseks võib suurendada veojõudu ja vähendada keha massi või vastupidi.

## Muudetavad parameetrid

Vasakpoolseima tulpa elemendid on ääristatud kollase joonega ning nende väärtusi saab muuta nii enne simulatsiooni käivitamist kui ka selle ajal. Muudetavad parameetrid on järgmised (kantsulgedes on antud parameetri ühik):

$F_v$  - veojõud [1 N]

$m$  - keha mass [1 kg]

$\alpha$  - kaldpinna kaldenurk [1 deg]

$\mu$  - hõõrdetegur kaldpinna ja keha vahel [1]

Neid parameetreid saab muuta, kui liikuda üles-alla nooltega vastava parameetri peale (tagataust värvub halliks) ning vajutada vasakule-paremale nooli. Vajutades noolt vasakule, vähendatakse parameetri väärtust sammu võrra ning vajutades noolt paremale, suurendatakse

parameetri väärtust sammu võrra. Parameetrite muutumispiirkonnad on järgmised (koos muutmissammudega):

$F_v = [-5000; 5000]$ , samm  $\pm 100$

$m = [10; 500]$ , samm  $\pm 10$

$\alpha = [0; 90]$ , samm  $\pm 5$

$\mu = [0; 1]$ , samm  $\pm 0.1$

Kui parameetritele on vaja anda täpsemaid väärtusi, kui seda võimaldavad sammud, siis saab seda teha komplekteerijas.

Kui muuta parameetrit simulatsiooni töötamise ajal, siis nullitakse aeg (t), kuna keha hakkab liikuma uue liikumisvõrrandi alusel ja vana aeg ei oma siinjuures enam praktilist tähtsust.

### **Arvutatavad parameetrid**

Menüü keskmise tulba elemendid on ääristatud rohelise joonega ning nende väärtused muutuvad perioodiliselt ( $T = \sim 100$  ms) simulatsiooni käigus. Arvutatavad parameetrid on järgmised (kantsulghes on antud parameetri ühik):

t - simulatsiooni aeg [1 s] (muudetava parameetri muutumisel aeg nullitakse, vt. eelmist alajaotust)

F - resultantjõud [1 N] (raskusjõu (mg), toereaktsiooni (N), veojõu ( $F_v$ ) ja hõõrdejõu ( $F_h$ ) vektorite summa)

$F_h$  - hõõrdejõud [1 N]

a - keha kiirendus [1 m/s<sup>2</sup>]

Erand: kui hõõrdejõud ( $F_h$ ) on suunatud kaldpinnast üles ning tema absoluutväärtus on suurem kaldpinnast allapoole mõjuvast jõus, siis on resultantjõud null ( $F = 0$  N), kuna keha ei saa hakata hõõrdejõu mõjul liikuma kaldpinnast üles.

### **Klaviatuuri klahvid**

[ENTER] - Aktiveerib aktiivse nupu

[BACKSPACE] - Aktiveerib nupu "ALGSEIS"

[SPACE] - Aktiveerib nupu "PAUS"

[ESC] - Väljub programmist

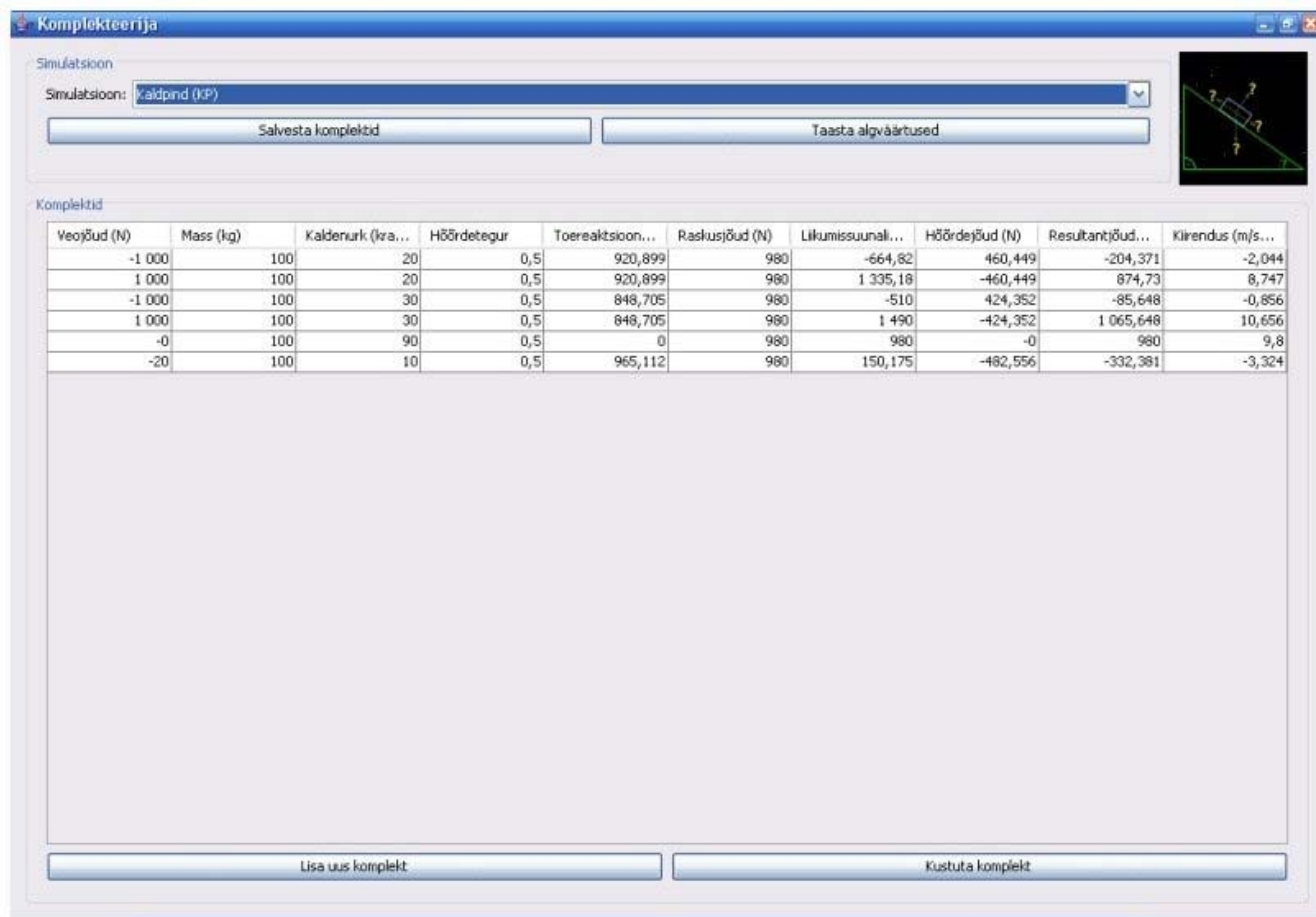
[F1] - Vahetab akna ning täisekraani (800x600 pikselit) vahel

[üles-alla nooled] - Menüüs edasi-tagasi liikumine

[vasakule-paremale nooled] - Aktiivse parameetri väärtuse muutmise ning komplektide vahetamine

# Komplekteerija

Komplekteerija (*Joonis 3*) on programm, mis on mõeldud andmekomplektide tegemiseks põhiprogrammi tarvis. Komplekteerija käivitatakse failist komplekteerija.bat. Soovitav on tekkinud aken suurendada üle terve ekraani, kuna vastasel juhul ei pruugi olla nähtavad kõik tabeli päised.



*Joonis 3: Komplekteerija*

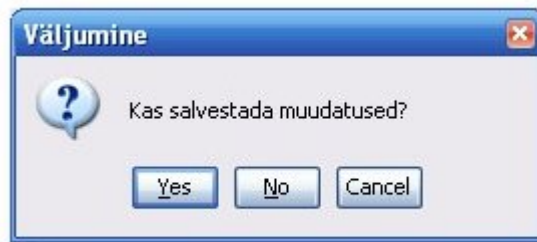
Rippsmenüüst "Simulatsioon" (*Joonis 4*) saab valida simulatsiooni, mille jaoks hakatakse andmekomplekte tegema. Hetkel on seal ainuke valikuvõimalus "Kaldpind (KP)".

Nupp "Salvesta komplektid" (*Joonis 4*) salvestab tabelis olevad andmekomplektid faili ning nupp "Taasta algväärtused" (*Joonis 4*) loeb komplektide failist uuesti sinna eelnevalt salvestatud andmekomplektid. Programmist väljumisel küsitakse samuti, et kas salvestada andmekomplektide muudatused või mitte (*Joonis 5*).



*Joonis 4: Simulatsiooni valimine, salvestamine ja algväärtuste taastamine*





Joonis 5: Väljumise kinnitus

Allpool asub tabel (Joonis 6), milles on andmekomplektid. Tabeli päises on parameetrid (sulgudes nende ühikud) ning iga tabeli rida kujutab eraldiseisvat andmekomplekti. Tulpades "Veojõud", "Mass", "Kaldenurk" ning "Hõõrdetegur" olevad väärtused on muudetavad, tehes hiire topeltklõpsu vastava lahtri peal. Nende parameetrite muutumispiirkonnad on samad, mis põhiprogrammis samadel parameetritel, samuti kehtivad samad reeglid miinusmärgi kohta. Arvud võib sisestada kümnendmurruga või standardarvudena. Ülejäänud tulpade väärtused arvutatakse vastavalt muudetevatele parameetritele.

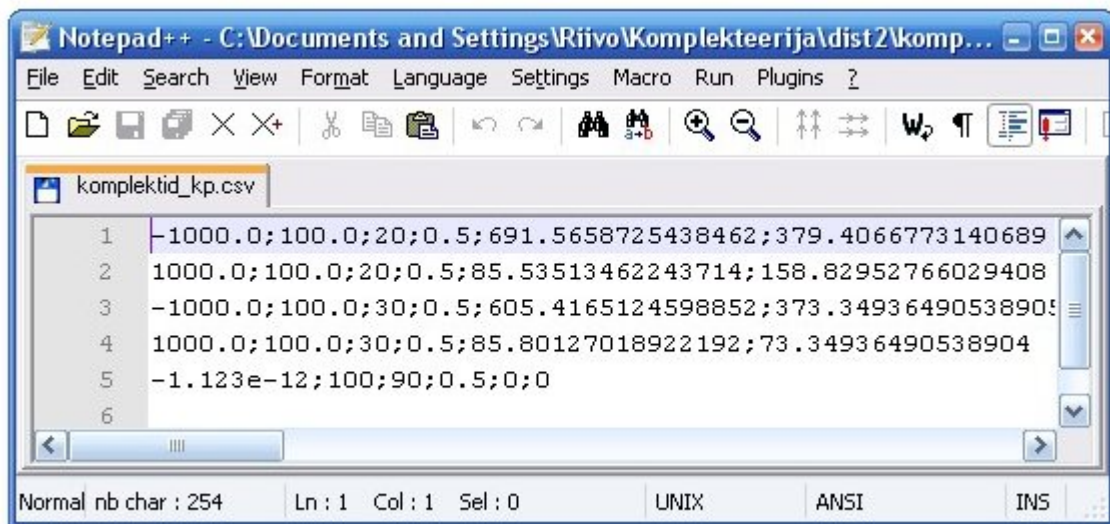
Nupp "Lisa uus komplekt" (Joonis 6) lisab tabeli lõpp uue rea (andmekomplekti) ning nupp "Kustuta komplekt" (Joonis 6) eemaldab tabelist aktiivse rea.

Veojõud (N)	Mass (kg)	Kaldenurk (kr...)	Hõõrdetegur	Toereaktsioon...	Raskusjõud (N)	Liikumissuunali...	Hõõrdejõud (N)	Resultantjõud...	Kiirendus (m/s...
-1 000	100	20	0,5	920,899	980	-664,82	460,449	-204,371	-2,044
1 000	100	20	0,5	920,899	980	1 335,18	-460,449	874,73	8,747
-1 000	100	30	0,5	848,705	980	-510	424,352	-85,648	-0,856
1 000	100	30	0,5	848,705	980	1 490	-424,352	1 065,648	10,656
-0	100	90	0,5	0	980	980	-0	980	9,8

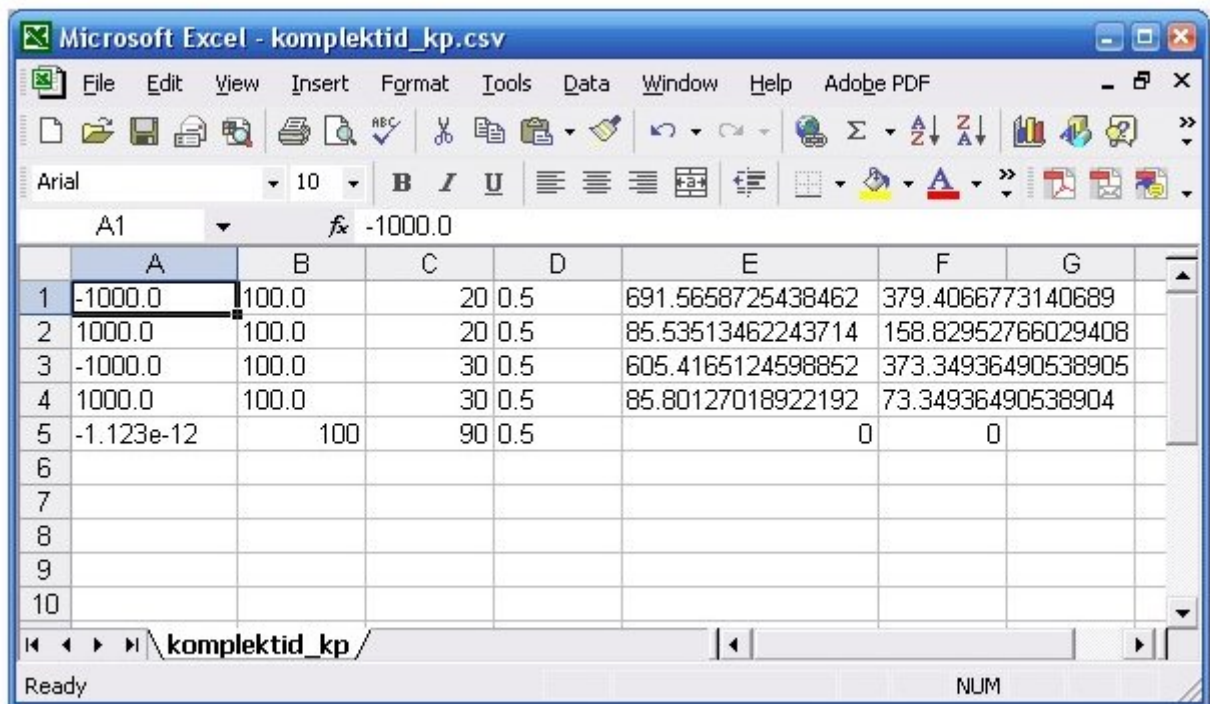
Joonis 6: Andmekomplektide tabel, komplektide lisamine ja kustutamine

## Komplektide fail

Kaldpinna andmekomplektid salvestatakse faili komplektid\_kp.csv. Vajadusel võib seda faili ise käsitsi muuta, kuid sel juhul tuleb ise jälgida, et parameetrite väärtused oleks korrektsed. Failis on read kujul (veojõud);(mass);(kaldenurk);(hõõrdetegur);(x-koordinaat);(y-koordinaat) (ilma sulgudeta) ning iga rida kujutab eraldiseisvat andmekomplekti. Viimased kaks parameetrit võib käsitsi muutes võrdsustada ka nulliga, sest need näitavad keha algkoordinaate ekraani suhtes ning arvutatakse põhiprogrammi käivitamisel uuesti. Komplektide faili muutmiseks sobib näiteks ilma formaatimiseta tekstiredaktor, mis toetab UNIX-tüüpi realõppe (Notepad++; Joonis 7) või tabelitöötlusprogramm (MS Excel; Joonis 8), kuna fail on CSV formaadis.



*Joonis 7: Komplektide muutmine programmis Notepad++*



*Joonis 8: Komplektide muutmine programmis MS Excel*