



HÁSKÓLI ÍSLANDS  
VERKFRÆÐIDEILD

AÐGERÐAGREINING

---

## BESTUN STUNDATÖFLU Í STOKKAKERFI

---

1. apríl 2014

*Kennari:*

TÓMAS PHILIP RÚNARSSON

*Nemendur:*

Baldur Geir Gunnarsson

Einar Halldórsson

Gestur Hvannberg

Oddur Vilhjálmsson

Trausti Kouichi Ásgeirsson



# Bestun stundatöflu í stökkakerfi

Baldur Geir Gunnarsson, Einar Halldórsson, Gestur Hvannberg,  
Oddur Vilhjálmsón, Trausti Kouichi Ásgeirsson

1. apríl 2014

## 1 Ágrip

Verkfræði og náttúruvísindasvið Háskóla Íslands notast við stökkakerfi við stundatöflugerð. Samtals eru 8 stokkar á hverri önn og raða þarf áföngum niður á þá. Samtals eru 7 stokkar á hverri önn og raða þarf áföngum niður á þá. Oftast eru 5 áfangar á önn sem er 6 einingar hver fyrir sig, samtals 30 einingar. Á myndinni má sjá 7 stokka en við nefndum stökk 8 fyrir alla áfangana sem lenda utan þessara stokka. Markmið okkar var að hanna stundatöflur fyrir allar annir í Eðlisfræði og kanna eiginleika þeirrar lausnar.

	Mánudagur	Þriðjudagur	Miðvikudagur	Fimmtudagur	Föstudagur
08:20-09:00	1	2	3	4	5
09:10-09:50					
10:00-10:40	4	5	1	2	3
10:50-11:30					
11:40-12:20					
Hádegishlé					
13:20-14:00	6	7	6	7	
14:10-15:50					
15:00-15:40					

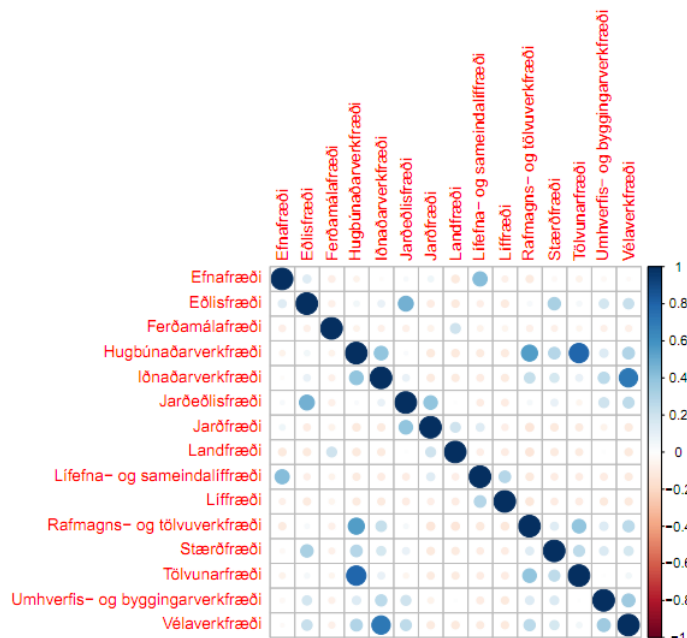
Mynd 1: Stundatafla stokka

Við nefndum svo stökk 8 þar sem áfangar raðast niður utan þessara stokka. Eftir að hafa gert líkan tókst að raða áföngum þannig að þeir tóku bara 1 stökk hver. Gefin var skrá með lista á 1858 nemendum og hvaða námskeið þeir völdu. Við bjuggum til forrit í Gusek sem raðar nemendum upp í æskilega stokka eftir þeim námskeiðum sem þeir velja og reynum að forðast árekstra en því miður þá eru oftast einhverjir

sem lenda í árekstri við önnur fög innan stokksins. Forritið sem við skrifuðum les úr gögnunum sem voru gefin og raðar í stokka. Forritið gefur góða lausn sem hentar eðlisfræðinni vel.

## 2 Inngangur/bakgrunnur

Í þessu verkefni eigum við að raða nemendum sem eru að læra eðlisfræði í ákveðna stokka (mynd 1) eftir námskeiðum sem þeir velja. Gefin er .dat skrá með lista yfir 1858 nemendur sem eru skráðir á verkfræði og náttúruvísindasvið Háskóla Íslands og í þessari sömu skrá er listi yfir 141 námskeið sem eru í boði. Við reynum að láta verklega tíma, dæmatíma og æfingatíma falla utan við stokka (stokkur 8). Hvert námskeið fær tvo daga í viku, annan daginn eru tímarin 2 x 40 mínútur og hinn daginn 3 x 40 mínútur. Stundatöflur fyrir núverandi vormisseri samræmast ekki fyrirfram skilgreindum kennslustokk samkvæmt kennsluskrá. Eitt af okkar verkefnum er að láta stundatöflurnar vera einsleitir frá ári til árs og þá sérstaklega fyrir fyrsta árið. Erfitt er að gera góða stundatöflu fyrir annað og þriðja ár því þá fara val áfangar að koma inn og jafnvel endurtekning námskeiða eftir fall. Við höfum engin áhrif á hvernig námskeið utan eðlisfræðinnar er raðað í stundatöflunni en áhugavert er að sjá hversu tengdar allar 15 námsleiðirnar eru. Á mynd 2 má sjá fylgni námsleiða eftir vali nemenda við viðkomandi námsleið.



Mynd 2: Fylgni milli námskeiða

Við stundatöflugerð er nauðsynlegt að við forgangsörðum áföngum rétt, þ.e.a.s að skyldunámskeið á ákveðnum misserum stangist ekki við önnur skyldunámskeið. Námskeið sem mega ekki lenda í sama stokki mynda námskeiðshóp. Nemendur mynda þessa námskeiðshópa út frá skráningu þeirra í námskeið. Ef námskeið eru skylda þá munu þau vafalaust vera valin af nemendum og skyldunámskeiðshópar þannig myndaðir sjálfkrafa. Eini gallinn er samt að námskeiðshópar sem eru með fáa nemendur geta lent í árekstri. Mikilvægt er að öll gögn séu rétt til að gefa rétta mynd af stöðu mála.

### 3 Niðurstöður, niðurlag og tillögur

**Námskeiðshópur:**  
Stokkur 1, Stokkur 2, Stokkur 3, Stokkur 4, Stokkur 5, Stokkur 6, Stokkur 7, Utan stokka

	Mánudagur	Þriðjudagur	Miðvikudagur	Fimmtudagur	Föstudagur
08:20-09:00	Misseri 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 6: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 8: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G
09:10-09:50	Misseri 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 6: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 8: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G
10:00-10:40	Misseri 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 6: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 8: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G
10:50-11:30	Misseri 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 6: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 8: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G
11:40-12:20	Misseri 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 6: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 8: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G
Hádegishlé					
13:20-14:00	Misseri 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 6: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 8: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G
14:10-15:50	Misseri 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 6: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Misseri 8: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G	Stokkur 2: EFN208G EDL203G STÆ207G TÖV201G VEL202G

Mynd 3: Röðun námskeiða í stundatöflur fyrir allar vorannir

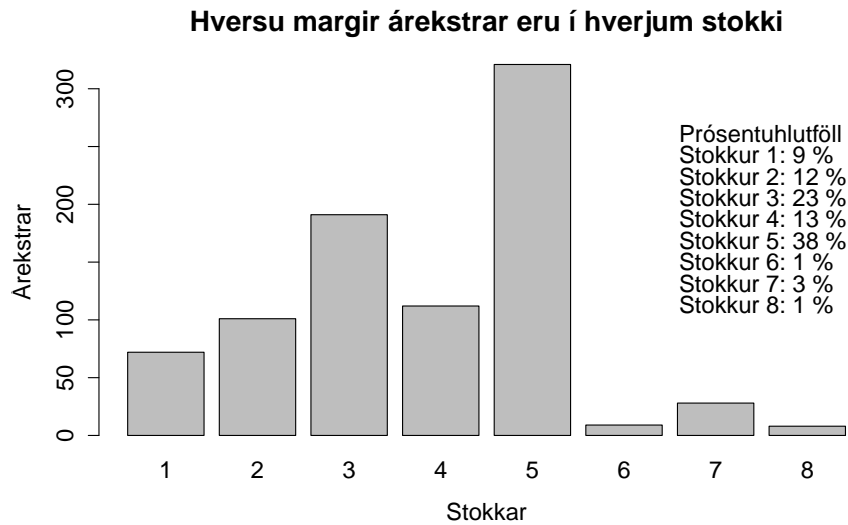
Byrjuðum á því að setja þá skorðu að hvert námskeið sé kennt aðeins einu sinni og hver stokkur taki að hámarki 5 kennslustundum samtals nema stokkur 8 sem getur tekið við afgangstímum. Þössuðum upp á að eitt námskeið við námskeiðshóp væri kennt í einu svo nemendur í þeim hópum lentu ekki í árekstrum. Lögleg lausn fannst á þessu keyrsluforriti.

Markfalli var svo bætt við sem hámarkaði fjölda námskeiða í stokki 1-5 og lágmarkaði þá sem lenda þeirra stokka, eða þeirra sem væru eftir hádegi. Samkvæmt þessu ættu 10 áfangar að vera eftir hádegi.

c) tölfræði árekstra, hvers eðlis eru árekstrarnir fyrir Eðlisfræðina, núverandi stundatöflur fyrir vormisseri, bæta við fleiri námskeiðshópum?.....bæta við og leysa aftur

Sjáum hér á grafi fyrir neðan að langflestir árekstrar myndast í stokki 5 eða um 37%.

d)



Mynd 4: Árekstrar í hverjum stökk

Fjöldi námskeiða sem lenda í æskilegum stökk eða stökkum 1-5 á hverju misseri fyrir sig sig:

Æskileg skipting á misseri 2 = 18

Æskileg skipting á misseri 4 = 28

Æskileg skipting á misseri 6 = 17

Núna eru 14 áfangar eftir hádegi sem er aukning um 4. Því er í raun verra að nota fyrirfram skilgreinda stökka samkvæmt þessu.

e)kennslustofunýting, námskeið fyrir hádegi

Til að stofunýting sé sem best skrifuðum við kóða sem lágmarkar tómar skólastofur

f)besta útfærsla stundatöflu....heildarfjöldi árekstra

## 4 Aðferðir

frásögn þannig að annar nemandi skilji það og að aðrir geti í grundval laratriðum endurtekið niðurstöðurnar

- Fræði
- Tækni
- Greining
- Reiknirit

Almennt línulegt bestunarlíkan er þar sem gefið er:

Hráefni(e.resources) með takmörkuðu framboði  $b_i$ , á hráefni  $i$  þar sem:

$$i = 1, \dots, m$$

Framleiðsluvörur(e.activities), ákvarðað er  $x_j$  sem er framleitt magn eininga af vöru  $j$  þar sem:

$$j = 1, \dots, m$$

Hagnaður  $c_j$  af hverri einingu  $j$ .

Notkun hráefnis  $i$  í vöru  $j$  þar sem  $a_{ij}$ .

Verkefnið er að hámarka(eða lágmarka):

$$\max_{x_1, \dots, x_n} Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

með skordum  $i=1, \dots, m$ .

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, n$$

Fylkjaform:

$$\max_x Z = c^T x$$

með skordum:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

Byrjum á því að setja verkefnið okkar upp í gusek með gefnum mengjum og breytum:

```

1 #Mengi
2 # Námskeiðshópur innan við námsleið
3 set Hopur := {1..7};
4 # Nemi
5 set Nemi := {1..1858};
6 # Stokkar 7 og stokkur 8 (táknar utan stokka)
7 set Stokkur := {1..8};
8 # Á vorin erum við með þessi 3 misseri
9 set Misseri := {2,4,6};
10 # Námskeiðin
11 set Namskeid := {1..141};
12 # Tegundir námsleiða þær eru 15 samtals
13 set Namsleidir;
14 # Skilgreininir námskeiðshóp innan námsleiðar
15 set NamskeidHopur {Namsleidir, Hopur} within Namskeid;
```

```

16
17 #Breytur
18 # Eskilegur stokkur fyrir námskeið, annars núll
19 param NamskeidStokkur{Namskeid};
20 # Hvaða misseri tilheyrir námskeiðið.
21 param NamskeidMisseri{Namskeid};
22 # Hvað þarf námskeiðið marga tíma í stökkakerfið, oftast 5.
23 param NamskeidTimar {Namskeid};
24 # Í hvaða námskeið er nemi skráður.
25 param NemiSkradur {Nemi,Namsleidir,Namskeid}, binary;

```

Þar á eftir skilgreingum við ákvörðunarbreytunar  $V[n,s]$ , námskeiðið sé kennt aðeins einu sinnu og að hver stokkur taki að hámarki við 5 kennslustundum (nema stokkur 8).

```

1 #Ákvörðunarbreyta
2 #Skilgreini  $V[n,s]$ 
3 var V{n in Namskeid,s in Stokkur},binary;
4
5 #námskeiðið sé kennt aðeins einu sinni
6 s.t. NamskeidKennt {n in Namskeid}: sum{s in Stokkur:  $s \leq 8$ } ...
   V[n,s]=1;
7 #Stokkur taki að hámarki við 5 kennslustundum (nema stokkur 8)
8 s.t. FimmTimarPerStokk {s in Stokkur, ell in Namsleidir, h ...
   in Hopur:  $s < 8$ }: sum{n in NamskeidHopur[ell,h]} ...
   NamskeidTimar[n]*V[n,s]  $\leq 5$ ;
9
10 solve;

```

Til að hámarka fjölda námskeiða sem lenda í stokki 1-5 bætum við eftirfarandi skorðu við:

```

1 minimize EftirHadeqi: sum{n in Namskeid, s in Stokkur:  $s > 5$ } ...
   V[n,s];

```

Því næst þurfum við að skoða árekstrana sem myndast

```

1 param Arekstrar {k in Nemi, s in Stokkur}
2 := sum{n in Namskeid, ell in Namsleidir: NemiSkradur[k, ell, ...
   n] == 1} V[n,s];
3 param Bin {k in Nemi,s in Stokkur} := if Arekstrar[k,s]>1 ...
   then 1 else 0;
4 param Arekstur {s in Stokkur}:= sum{k in Nemi} Bin[k,s];

```

Breytum nú markfallinu þannig að við komum námskeiðunum fyrir í fyrirfram skilgreinda stokka:



```

1 #Liður D
2 #Fyrri hluti
3 #Þetta markfall virkar þannig að það leggur saman öll ...
   námskeiðin sem lenda í æskilegum stokki, og dregur svo frá
4 #summu þeirra námskeiða sem lenda eftir hádegi eða utan stokka
5 maximize AEskilegSkipting: (sum{n in Namskeid: ...
   NamskeidStokkur[n]>0} V[n,NamskeidStokkur[n]])-sum{n in ...
   Namskeid, s in Stokkur: s>5} V[n,s];
6
7 solve;
8 #Fjöldi námskeiða sem lenda í æskilegum stokki á hverju ...
   misseri fyrir sig (Sanity check: það eru bara 82 námskeið ...
   með skilgreindan uppáhaldsstokk, þannig að summa þessara ...
   þriggja talna getur ekki verið stærri en 82)
9 param AEskilegSkiptingPerMisseri {m in Misseri}:= sum{n in ...
   Namskeid: NamskeidStokkur[n]>0} if ...
   V[n,NamskeidStokkur[n]]==1 and NamskeidMisseri[n]==m then ...
   1 else 0;
10 #display V;
11 param EftirHadegi := sum{n in Namskeid, s in Stokkur: s>5} ...
   V[n,s];
12 display EftirHadegi;#Hversu mörg námskeið eru eftir hádegi ...
   eða utan stokka
13 display AEskilegSkipting;
14 display AEskilegSkiptingPerMisseri;

```

Skilgreinum nú markfallið þannig að við uppfylfum fyrst fyrirfram skilgreinda stokka fyrir misseri 2, svo 4 og loks 6.

```

1 #Þetta markfall virkar þannig að það leggur saman öll ...
   námskeiðin sem lenda í æskilegum stokki og margfaldar
2 #þá summu með stórum fasta, svo dregur það frá summu þeirra ...
   námskeiða sem lenda eftir hádegi eða utan stokka
3 #(það er líka hægt að setja fasta á það til að gera það ...
   mikilvægara)
4 #Með því að fíkta í þessum föstum er hægt að fá mismunandi ...
   niðurstöður
5 maximize AEskilegSkipting: (sum{m in Misseri, n in Namskeid: ...
   NamskeidStokkur[n]>0} if NamskeidMisseri[n]==2 then ...
   10000*V[n,NamskeidStokkur[n]] else ...
   V[n,NamskeidStokkur[n]])-100*sum{n in Namskeid, s in ...
   Stokkur: s>5} V[n,s];
6
7 solve;
8 #Fjöldi námskeiða sem lenda í æskilegum stokki á hverju ...
   misseri fyrir sig (Ath það eru bara 82 námskeið með ...
   skilgreindan uppáhaldsstokk)
9 param AEskilegSkiptingPerMisseri {m in Misseri}:= sum{n in ...
   Namskeid: NamskeidStokkur[n]>0} if ...
   V[n,NamskeidStokkur[n]]==1 and NamskeidMisseri[n]==m then ...
   1 else 0;

```

```

10 #display V;
11 param EftirHadeði := sum{n in Namskeid, s in Stokkur: s>5} ...
    V[n,s];#Hversu mörg námskeið eru eftir hádegi eða utan stokka
12 display EftirHadeði;
13 display AEskilegSkiptingPerMisseri;#hversu mörg námskeið ...
    lenda í æskilegum stokki

```

Reynum nú að raða áföngunum betur til að stofunýting sé sem best og athugum hvaða áhrif það hefur ef flest námskeið væru fyrir hádegi

```

1 #Fyrri hluti:
2 var Z;
3 maximize Breyta: Z;
4 s.t. Breytuheiti {s in Stokkur}: sum{n in Namskeid} ...
    V[n,s]/FjoldiNamskeid[n] ≥ Z;
5
6 #námskeiðið sé kennt aðeins einu sinni
7 s.t. NamskeidKennt {n in Namskeid}: sum{s in Stokkur: s ≤ 8} ...
    V[n,s]=1;
8 */
9
10
11 #Seinni hluti (breyti markfallinu þannig að það reyni að ...
    setja sem flest námskeið fyrir hádegi)
12 var Z;
13 maximize Breyta: Z-sum{n in Namskeid, s in Stokkur: s>5} V[n,s];
14 s.t. Breytuheiti {s in Stokkur}: sum{n in Namskeid} ...
    V[n,s]/FjoldiNamskeid[n] ≥ Z;
15
16 #námskeiðið sé kennt aðeins einu sinni
17 s.t. NamskeidKennt {n in Namskeid}: sum{s in Stokkur: s ≤ 8} ...
    V[n,s]=1;

```

Kóðarnir í heild sinni með prentskipunum má svo finna í viðauka.

## 5 Almenn umfjöllun....sleppa??

- Skyld verkefni
- Skyld rit
- Aðrar leiðir sem hafa ekki verið prófaðar

## Heimildir

- [1] Vinnuseðill í Aðgerðagreiningu (IÐN401G) , *Bestun stundatöflu í stökkagerð*,  
*Tómas Philip Rúnarsson*, Vorönn 2014.
- [2] Linear Programming: Foundations and Extensions , *Robert J. Vanderbei*, 2008.

## 6 Viðauki

b)

```

1  #Mengi
2  # Námskeiðshópur innan við námsleið
3  set Hopur := {1..7};
4  # Nemi
5  set Nemi := {1..1858};
6  # Stokkar 7 og stokkur 8 (táknar utan stokka)
7  set Stokkur := {1..8};
8  # Á vorin erum við með þessi 3 misseri
9  set Misseri := {2,4,6};
10 # Námskeiðin
11 set Namskeid := {1..141};
12 # Tegundir námsleiða þær eru 15 samtals
13 set Namsleidir;
14 # Skilgreinir námskeiðshóp innan námsleiðar
15 set NamskeidHopur {Namsleidir, Hopur} within Namskeid;
16
17 #Breytur
18 # Eskilegur stokkur fyrir námskeið, annars núll
19 param NamskeidStokkur{Namskeid};
20 # Hvaða misseri tilheyrir námskeiðið.
21 param NamskeidMisseri{Namskeid};
22 # Hvað þarf námskeiðið marga tíma í stökkakerfið, oftast 5.
23 param NamskeidTimar {Namskeid};
24 # Í hvaða námskeið er nemi skráður.
25 param NemiSkradur {Nemi,Namsleidir,Namskeid}, binary;
26
27 #Ákvörðunarbreyta
28 #Skilgreini V[n,s]
29 var V{n in Namskeid,s in Stokkur},binary;
30 #var temp, ≥0, integer;
31
32 minimize EftirHadeqi: sum{n in Namskeid, s in Stokkur: s>5} ...
    V[n,s];
33
34 #námskeiðið sé kennt aðeins einu sinni
35 s.t. NamskeidKennt {n in Namskeid}: sum{s in Stokkur: s≤8} ...
    V[n,s]=1;
36 #Stokkur taki að hámarki við 5 kennslustundum (nema stokkur 8)
37 s.t. FimmTimarPerStokk {s in Stokkur, ell in Namsleidir, h ...
    in Hopur: s≤8}: sum{n in NamskeidHopur[ell,h]} ...
    NamskeidTimar[n]*V[n,s]≤5;
38
39 solve;
40
41 #%%%
42 param Arekstrar {k in Nemi, s in Stokkur} := sum{n in ...

```

```

    Namskeid, ell in Namsleidir: NemiSkraður[k, ell, n] == 1} ...
    V[n,s];
43 param Bin {k in Nemi,s in Stokkur} := if Arekstrar[k,s]>1 ...
    then 1 else 0;
44 param Arekstur {s in Stokkur}:= sum{k in Nemi} Bin[k,s];
45
46 #printf " " > "lidur_c.txt";
47 #printf{s in Stokkur}: "%d ", Arekstur[s] >> "lidur_c.txt";
48 #printf "\n" >> "lidur_c.txt";
49 display Arekstur;#Niðurstöður hjá Oddi: 145 156 115 105 295 ...
    0 20 0
50 #####
51
52
53
54
55 #Fjöldi nema í námskeiði má reikna svona:
56 param FjoldiNamskeid {n in Namskeid} := sum{i in Nemi, ell ...
    in Namsleidir} NemiSkraður[i, ell, n];
57
58 #####
59
60 #display Arekstrar;
61
62
63 #display V;
64 display EftirHadeqi;
65
66 end;
```

má setja á tölvudisk með góðum útskýringum

- Stærðfræðileg líkön
- Flæðirit
- Gögn
- Stórar töflur með niðurstöðum