



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					

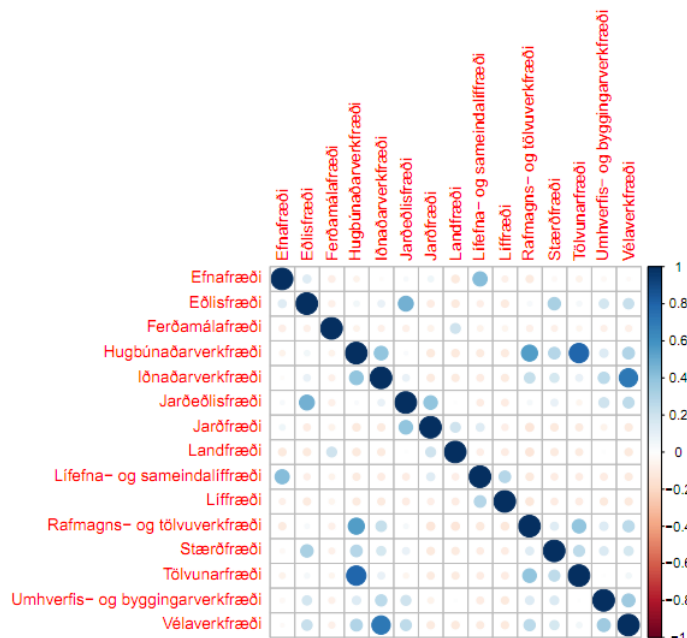
Mynd 1: Stundatafla stokka

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

a) 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.

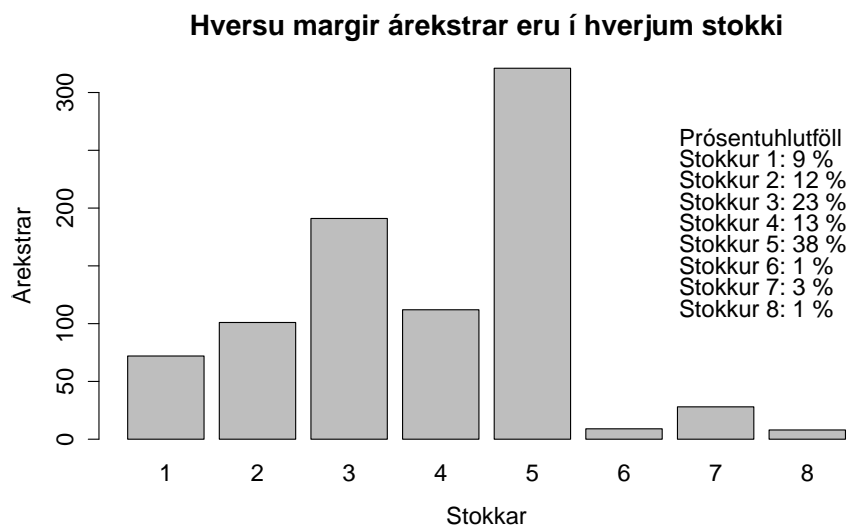
Stundataflan sem við fengum

```
1 #Liður A
2 #Stundataflan sem við fengum
3
4 Misseri 2
5
6 Stokkur 1:
7 Stokkur 2:
8 Stokkur 3:
9 Stokkur 4:
10 Stokkur 5:
11 Stokkur 6:
12 Stokkur 7:
13 Stokkur 8: EFN202G EFN208G EFN209G EFN210G EÐL202G
14           EÐL203G HBV201G JAR202G RAF201G STÆ203G
15           STÆ206G STÆ207G STÆ210G TÖL203G TÖV201G
16           TÖV202G VÉL202G
17
18 Misseri 4
19
20 Stokkur 1:
21 Stokkur 2:
22 Stokkur 3:
23 Stokkur 4:
24 Stokkur 5:
25 Stokkur 6:
26 Stokkur 7:
27 Stokkur 8: EÐL205G EÐL401G EÐL402G EÐL402M EÐL403G
28           EÐL607G EÐL610M EÐL612M EÐL620M JED201G
29           RAF403G RAF406G STÆ401G STÆ405G STÆ411G
```

30	VÉL401G	VÉL402G
31		
32	Misseri 6	
33		
34	Stokkur 1:	
35	Stokkur 2:	
36	Stokkur 3:	
37	Stokkur 4:	
38	Stokkur 5:	
39	Stokkur 6:	
40	Stokkur 7:	
41	Stokkur 8: EÐL616M	HBV601G

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 stunda-töflur fyrir vormisseri, bæta við fleiri námskeiðshópum?.....bæta við og leysa aftur Sjáum á mynd 4 neðan að langflestir árekstrar myndast í stokki 5 eða um 38%.



Mynd 3: Árekstrar í hverjum stokk

d) Fjöldi námskeiða sem lenda í æskilegum stokk eða stokkum 1-5 á hverju misseri fyrir sig sig:

Æskileg skipting á misseri 2 = 17

Æskileg skipting á misseri 4 = 26

Æskileg skipting á misseri 6 = 18

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

Fjöldi námskeiða sem lenda í æskilegum stokk eða stokkum 1-5 á hverju misseri fyrir sig sig þegar misseri 2 hefur hærra vægi:

Æskileg skipting á misseri 2 = 22

Æskileg skipting á misseri 4 = 22

Æskileg skipting á misseri 6 = 16

```
1 #D liður:
2 #Stundataflan fyrir fyrri hluta
3
4 Misseri 2
5
6 Stokkur 1: EFN210G   STÆ207G   TÖV201G
7 Stokkur 2: EÐL202G
8 Stokkur 3: EFN208G   JAR202G   STÆ210G   TÖL203G
9 Stokkur 4: EFN202G   HBV201G   RAF201G   VÉL202G
10 Stokkur 5: EFN209G   EÐL203G   TÖV202G
11 Stokkur 6: STÆ203G
12 Stokkur 7:
13 Stokkur 8: STÆ206G
14
15 Misseri 4
16
17 Stokkur 1: EÐL612M   STÆ401G   STÆ411G
18 Stokkur 2: EÐL401G   EÐL402M   EÐL607G   EÐL610M   EÐL620M
19 Stokkur 3: STÆ405G
20 Stokkur 4: EÐL205G   RAF406G   VÉL401G
21 Stokkur 5: EÐL403G   RAF403G   VÉL402G
22 Stokkur 6: JED201G
23 Stokkur 7: EÐL402G
24 Stokkur 8:
25
26 Misseri 6
27
28 Stokkur 1:
29 Stokkur 2:
30 Stokkur 3: EÐL616M
31 Stokkur 4: HBV601G
32 Stokkur 5:
33 Stokkur 6:
34 Stokkur 7:
35 Stokkur 8:
36
37 #D liður:
38 #Stundataflan fyrir seinni hluta
39
40 Misseri 2
```

```
41
42 Stokkur 1: STÆ206G
43 Stokkur 2: EÐL202G
44 Stokkur 3: EFN208G JAR202G TÖL203G
45 Stokkur 4: EFN202G HBV201G RAF201G STÆ207G VÉL202G
46 Stokkur 5: EFN209G EÐL203G TÖV202G
47 Stokkur 6:
48 Stokkur 7:
49 Stokkur 8: EFN210G STÆ203G STÆ210G TÖV201G
50
51 Misseri 4
52
53 Stokkur 1: EÐL612M STÆ401G STÆ411G
54 Stokkur 2: EÐL402M EÐL607G EÐL610M EÐL620M
55 Stokkur 3: EÐL205G EÐL402G
56 Stokkur 4: EÐL401G RAF406G VÉL401G
57 Stokkur 5: EÐL403G JED201G RAF403G VÉL402G
58 Stokkur 6:
59 Stokkur 7:
60 Stokkur 8: STÆ405G
61
62 Misseri 6
63
64 Stokkur 1:
65 Stokkur 2: HBV601G
66 Stokkur 3: EÐL616M
67 Stokkur 4:
68 Stokkur 5:
69 Stokkur 6:
70 Stokkur 7:
71 Stokkur 8:
```

e) Til að stofunýting sé sem best skrifuðum við kóða sem lágmarkar tómar skóla-  
stofur

```
1 Misseri 2:
2
3 Stokkur 1: 1250
4 Stokkur 2: 95
5 Stokkur 3: 154
6 Stokkur 4: 422
7 Stokkur 5: 115
8 Stokkur 6: 177
9 Stokkur 7: 795
10 Stokkur 8: 603
11
12 Misseri 4:
13
14 Stokkur 1: 613
15 Stokkur 2: 69
16 Stokkur 3: 280
17 Stokkur 4: 336
```



```
18 Stokkur 5: 248
19 Stokkur 6: 62
20 Stokkur 7: 74
21 Stokkur 8: 980
22
23 Misseri 6:
24
25 Stokkur 1: 79
26 Stokkur 2: 136
27 Stokkur 3: 270
28 Stokkur 4: 529
29 Stokkur 5: 9
30 Stokkur 6: 250
31 Stokkur 7: 159
32 Stokkur 8: 297
```

Breytum markfallinu þannig að það reyni að setja sem flest námskeið fyrir hádegis:

```
1 Misseri 2:
2
3 Stokkur 1: 1250
4 Stokkur 2: 95
5 Stokkur 3: 154
6 Stokkur 4: 422
7 Stokkur 5: 115
8 Stokkur 6: 177
9 Stokkur 7: 795
10 Stokkur 8: 603
11
12 Misseri 4:
13
14 Stokkur 1: 613
15 Stokkur 2: 69
16 Stokkur 3: 280
17 Stokkur 4: 336
18 Stokkur 5: 248
19 Stokkur 6: 62
20 Stokkur 7: 74
21 Stokkur 8: 980
22
23 Misseri 6:
24
25 Stokkur 1: 79
26 Stokkur 2: 136
27 Stokkur 3: 270
28 Stokkur 4: 529
29 Stokkur 5: 9
30 Stokkur 6: 250
31 Stokkur 7: 159
32 Stokkur 8: 297
```

f)besta útfærsla stundatöflu....heildarfjöldi árekstra

## 4 Aðferðir

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 skorðum  $i=1, \dots, m$ .

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

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

Fylkjaform:

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

með skorðum:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

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 stökkur 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;

```

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];
5
6 param Arekstrar2 {k in Nemi, s in Stokkur}
7 := sum{n in Namskeid: NemiSkuradur[k, "EDL", n] == 1} V[n,s];
8 param Bin2 {k in Nemi,s in Stokkur} := if Arekstrar2[k,s]>1 ...
    then 1 else 0;
9 param Arekstur2 {s in Stokkur}:= sum{k in Nemi} Bin2[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 upphaldsstokk, 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 uppfyllum 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 EftirHadeqi := sum{n in Namskeid, s in Stokkur: s>5} ...
  V[n,s];#Hversu mörg námskeið eru eftir hádegi eða utan stokka
12 display EftirHadeqi;
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 #Seinni hluti (breyti markfallinu þannig að það reyni að ...
  setja sem flest námskeið fyrir hádegi)
11 var Z;
12 maximize Breyta: Z-sum{n in Namskeid, s in Stokkur: s>5} V[n,s];
13 s.t. Breytuheiti {s in Stokkur}: sum{n in Namskeid} ...
  V[n,s]/FjoldiNamskeid[n]≥Z;
14
15 #námskeiðið sé kennt aðeins einu sinni
16 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

má setja á tölvudisk með góðum útskýringum

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