



Landsvirkjun

Rennslisraðir til rekstrarhermana Tölfræðilegir eiginleikar

Útgáfa 1. 7. 2006. Vatnsár 1950-2004

21. 7. 2006
Annað veldi ehf
Skúli Jóhannsson

**2.V
ELDI**

Efnisyfirlit bls.

1.	Inngangur	1
2.	Raforkukerfið	2
3.	Nýjar rennslisraðir	4
4.	Rennslisorka.....	5
5.	Rekstrarhermanir	6
6.	Viðauki. Töflur og myndir	9

Töflur bls.

Tafla 1	Rennslisraðir yfirlit.....	1
Tafla 2	Raforkukerfið 2010. Framleiðsla og Markaður í GWh/ári	2
Tafla 3	Raforkukerfið 2010. Rennslisorka vatnasvæða í GWh/ári.....	2
Tafla 4	Árleg aukning hlutrennslis 1950-2004.....	4
Tafla 5	Árleg aukning rennslisorku [GWh/ári/ár]	5
Tafla 6	Rekstrarhermanir. Orkukostnaður [Mkr/ári] Rekstrarár 2010. Vatnsár 1950-2004	7
Tafla 7	Rennslisraðir frá Vatnaskil ehf.....	10
Tafla 8	Rennslisraðir frá Vatnamælingum Orkustofnunar	11
Tafla 9	Rennsli á virkjunarstöðum	11
Tafla 10	Árstölur hlutrennslis 1950-2004. Tölfræðilegir eiginleikar.....	12
Tafla 11	Samfylgni milli staða í ársrennslis. Rennsli 1950-2004.....	13
Tafla 12	Samfylgni í rennslis milli vatnasvæða.....	14

Myndir bls.

Mynd 1	Áhrif aukins rennslis á orkugetu	6
Mynd 2	Orkukostnaður 1950 - 1977	8
Mynd 3	Orkukostnaður 1978 - 2004	8

<u>Myndsíður</u>	bls.
Myndasíða 1 Hitastig í Reykjavík	15
Myndasíða 2 Heildarkerfi, rennslisorka.....	16
Myndasíða 3 Heildarkerfi, miðluð orka	17
Myndasíða 4 Heildarkerfi, ómiðluð rennslisorka	18
Myndasíða 5 Hágöngumiðlun, hlutrennsli	19
Myndasíða 6 Kvíslaveita 6., hlutrennsli.....	20
Myndasíða 7 Kvíslaveita 1.-5., hlutrennsli	21
Myndasíða 8 Norðlingaölduveita.....	22
Myndasíða 9 Þórisvatnsmiðlun, hlutrennsli	23
Myndasíða 10 Skaftárveita, hlutrennsli	24
Myndasíða 11 Sigölduvirkjun, hlutrennsli	25
Myndasíða 12 Hrauneyjafossvirkjun, hlutrennsli	26
Myndasíða 13 Búðarhálsvirkjun.....	27
Myndasíða 14 Sultartangavirkjun, hlutrennsli	28
Myndasíða 15 Búrfellsvirkjun, hlutrennsli	29
Myndasíða 16 Hvammsvirkjun, hlutrennsli	30
Myndasíða 17 Holtavirkjun, hlutrennsli	31
Myndasíða 18 Urriðafossvirkjun, hlutrennsli	32
Myndasíða 19 Sogsvirkjanir.....	33
Myndasíða 20 Smávirkjanir (Ölfusá við Selfoss) , hlutrennsli	34
Myndasíða 21 Blöndumiðlun, hlutrennsli	35
Myndasíða 22 Blönduvirkjun, hlutrennsli.....	36
Myndasíða 23 Laxárvirkjanir, hlutrennsli.....	37
Myndasíða 24 Hraunaveita, hlutrennsli	38
Myndasíða 25 Jökulsárveita, hlutrennsli	39
Myndasíða 26 Háslón, hlutrennsli	40
Myndasíða 27 Lagarfossvirkjun, hlutrennsli	41
Myndasíða 28 Þjórsá við Urriðafoss, heildarrennsli	42

Myndasíða 29	Blönduvirkjun, heildarrennsli	43
Myndasíða 30	Kárahnjúkavirkjun, heildarrennsli	44

1. Inngangur

Hér á eftir er gerð grein fyrir nýjum upplýsingum um rennsli vatnsfalla samkvæmt töflu 1. Í nýju útgáfunni frá 1.7.2006 eru sömu rennslisraðir og frá 1.7.2005, en það hafa bæst við 4 vatnsár, 2001-2004.

Tafla 1 Rennslisraðir yfirlit

	Útgáfa	Tímabil	Vatnsár	Fjöldi ára
Eldri raðir	1.7.2005	1.9.1950-31.8.2001	1950-2000	51 ár
Nýjar raðir	1.7.2006	1.9.1950-31.8.2005	1950-2004	55 ár

Í tilefni þessa er spurningin sú hvort nýjar upplýsingar leiði í ljós að hlýnandi veðurfar sé farið að valda auknu rennsli í íslenskum vatnsföllum sem virkjuð eru til raforkuframleiðslu?

Í greinargerðinni verður fyrst lítillega fjallað um orkureikninga og síðan raforkukerfið hér á landi þar sem olíustöðvar eru nánast að hverfa sem orkuvinnslustöðvar og nær öll framleiðsla kemur frá samrekstri vatnsafls- og jarðgufuvirkjana. Með 68% hlutdeild árið 2010 er vatnsaflíð enn ráðandi í raforkukerfinu og rennsli vatnsfalla, sem er drifkraftur þess, því afgerandi.

Þá eru sýndir helstu tölfræðilegu eiginleikar nýju rennslisraðanna og vísað til tafla og mynda í viðauka.

2. Grunnforsendur orkureikninga

Í rekstri raforkukerfis, þar sem vatnsaflsvirkjanir anna mestum hluta framleiðslunnar, er rennsli vatnsfalla ráðandi óvissuliður. Í rekstrarathugunum fram til þessa, hvort sem tilefnið er að undirbúa fjárfestingar eða skoða rekstur, hefur jafnan verið gert ráð fyrir því að rennsli framtíðar mætti lýsa með stöðugum tilviljanakenndum breytum ('stationary stochastic processes'). Með því er gert ráð fyrir að líkindadreifing rennslis breytist ekki með tíma.

Rennsli vatnsfalla getur breyst af ýmsum ástæðum t.d. vegna breytinga á veðurfarspáttum, t.d. ákomu og hitastigi, sem aftur hefur áhrif á bráðnun jökla. Hlýnandi veðurfar síðustu ára stafar af auknu magni gróðurhúsalofttegunda í lofthjúpi jarðar vegna mannlegra athafna. Ef menn telja að hlýnandi veðurfar sé farið að koma fram í rennslisröðunum með auknu ársrennsli síðustu ára, þá blasir við sú ályktun að rennslisraðirnar séu óstöðugar ('non-stationary') og vaxandi og þyrfti þá að breyta rekstrarathugunum í samræmi við það. Það yrði afdrifarík og umfangsmikil endurskoðun á aðferðafræði sem hefur verið notuð hér á landi sleitulaust frá sjöunda áratugi síðustu aldar.

Til að sýna áhrif nýju rennslisraðanna voru gerðar rekstrarhermanir með HYENA (HYdro ENergy simulAtor) sem er reiknilíkan Landsvirkjunar. Einnig var skoðað hvaða breytingar þyrfti að gera á hugbúnaði HYENA til að ráða við nýja aðferðafræði sem óstöðugar rennslisraðir mundi útheimta. Gekk vel að beita hug-

búnaðnum við breyttar aðstæður og engin ástæða til að ætla að aðlögun hans muni valda erfiðleikum.

Í samráði við fulltrúa Landsvirkjunar var ákveðið að klára drög að greinargerðinni sem allra fyrst og vera ekki að kafa djúpt í tölfræðina eða draga of víðtækar ályktanir á þessu stigi án nánari umræðu innandyra. Ákvarðanir í þessu efni þyrftu að taka mið af almennum viðmiðum sem hafa komið fram á undanförunum árum hjá vísindamönnum og starfshópum sem hafa verið að þróa hnattræn veðurfarslíkön til að lýsa veðurfarsbreytingum komandi áratuga, en Íslendingar hafa verið virkir þátttakendur í þeim rannsóknum. Einnig þarf að taka mið af stefnumótun Landsvirkjunar t.d. hvað varðar uppbyggingu raforkukerfisins, rekstur, arðsemi og áhættu þegar metið er hvort sú varfærni, að taka ekki tillit til hlýnandi veðurfars kunni að vera of mikil.

3. Raforkukerfið

Við mat á orku vatnasvæða er miðað við rekstrarárið 2010 eftir stækkun á álveri Alcan í Straumsvík samfara byggingu Urriðafoss-, Hvamms- og Holtavirkjunar í Neðri Þjórsá ásamt frekari virkjun jarðgufu í Kröflu og á Hellisheiði. Kárahnjúka-virkjun verður komin í gagnið og starfsemi komin á fullt hjá Fjarðaráli á Reyðarfirði.

Samkvæmt þessu verður samsetning orkukerfisins árið 2010 eins og sýnt er í töflu 2.

Tafla 2 Raforkukerfið 2010.
Framleiðsla og Markaður í GWh/ári

	Vatnsafl	Jarðgufa	Annað	Samtals
Framleiðsla	14.470	6.950	10	21.430
	68%	32%	0%	100%
	Stóriðja	AlmennNotkun		Samtals
Markaður	18.080	3.350		21.430
(með töpum)	84%	16%		100%

Með framleiðslu á 21.430 GWh/ári er verið að vinna úr 91,4% af heildarrennslisorku 23.438 GWh/ári samkvæmt töflu 3.

Tafla 3 Raforkukerfið 2010.
Rennslisorka vatnasvæða í GWh/ári

Vatnasvæði	Rennslisorka	Prósent
Heildarkerfi	23.438	100%
Suðvesturland	9.014	38%
Norðurland	2.085	9%
Austurland	6.111	26%
Suðvesturland Jarðhiti	6.228	27%

Jarðhitahluti raforkukerfisins er aflhannaður. Í því felst að hinn takmarkandi þáttur er uppsett afl, en á vinnslusvæðum hérlendis eru afköst boraðra jarðhitahola jafnan meiri en uppsett afl virkjana.¹

Vatnsaflshlutinn er hins vegar orkuhannaður, en hinn takmarkandi þáttur er þá aðstreymi orku vatnsfalla sem stjórnast af ákomu og bráðnun jökla. Uppsett afl vatnsaflsvirkjana er hannað til að geta tekist á við mesta afltopp ársins, en þar utan er þá jafnan fyrir hendi umframafli. Hægt er að grípa til þessa ónotaða vatnsafls samstundis (snúandi varaafli) eða með stuttum fyrirvara (varaafli).

Varaafflshluti kerfisins er aflhannaður en óverulegur.

Samlegðaráhrif orkuhannaðs vatnsaflskerfis og aflhannaðs jarðhitakerfis eru með ýmsum hætti:

- Hætta á heildarhruni kerfisins (total blackout) þegar miðlanir tæmast minnkar. Vatnsskortur á yfirborði jarðar hefur ekki áhrif á upptöku jarðgufu á 2-2,5 km dýpi í jörðu, sem er lengd borhola á háhitasvæðum. Þannig minnkar þörf fyrir vara-afl vegna hættu á langtíma orkuskorti.
- Olústöðvar eru þó enn víða um land vegna hættu á skammtíma aflskorti við bilanir, t.d. í flutningskerfinu. Þörf á varaafli í stöku landshlutum gæti þó aukist í framtíðinni ef veruleg takmörk verða í flutningsvirkjum milli landshluta, en hönnun þar á er hlutverk Landsnets hf í samvinnu við orkuöflunarfyrirtækin.
- Jarðhitavirkjanir henta best fyrir jafna framleiðslu allt árið en vatnsaflskerfi með vatnsmiðlunum er sveigjanlegra við síbreytilegt álag, sem jafnan er til staðar. Samrekstur þessara kerfishluta, sem eru oftast í eigu mismunandi aðila, getur því verið hagkvæmur ef viðskiptahættir í markaðsvæddu raforkukerfi að taka mið þar af.

Sérstaða íslenska raforkukerfisins felst í þessum samlegðaráhrifum sem gerir kerfið einstakt sinnar tegundar í heiminum. Þar sem aðföng, vatnsrennsli og jarðgufa, eru án afgangis þá þarf að beita reiknilíkönum eins og HYENA til að henda reiður á breytilegri kostnaðarmyndun (skuggaverði) sem væri þá hægt að taka mið af í viðskiptum í markaðsvæddu raforkukerfi. Erlendis eru það hinir mismunandi vélfræðilegu eiginleikar ásamt afar mismunandi eldneytiskostnaði sem mestu ráða um kostnaðarmyndun á framboðshlið raforkumarkaða, en þar er vatnsorka sérlega verðmæt vegna sveigjanleika.

Framboð á vatni í landshlutum og breytingar þar á, t.d. vegna hlýnandi veðurfars, hefur mikil áhrif við hönnun á framleiðsluhluta raforkukerfisins, dreifingu virkjana og stóriðju um landið og á flutningskerfi milli landshluta.

Á myndasíðu 1 í viðauka er sýnt línurit yfir ársdreifingu hitastigs í Reykjavík og þróun meðalhitastigs á árunum 1950-2004. Þessar upplýsingar hafa verið notaðar í

¹ Á ýmsum jarðhitasvæðum erlendis t.d. á Geysir-svæðinu í Kaliforníu eru afköst vélbúnaðar (1200 MW) hins vegar töluvert meiri en það sem boraðar jarðhitaholur geta staðið undir til lengri tíma (6-700 MW). Sama má segja um Kröfluvirkjun í kjölfar eldsumbrota á áttunda áratugi síðustu aldar, en nú hefur verið bætt úr því.

HYENA til að leiðrétta almenna markaðinn með tilliti til útihita. Full ástæða er til að taka inn hitastigsraðir í fleiri landshlutum, t.d. á hálendinu til að kanna tengsl hitastigs og rennslis frá jöklum.

4. Nýjar rennslisraðir

Mældar rennslisraðir fengust frá Vatnaskil ehf og Vatnamælingum Orkustofnunar, en heiti raðanna og meðalrennslis er sýnt í töflum 7 og 8 í viðauka.

Rennsli á virkjunarstöðum, sem er reiknað út í HYENA, fæst sem línulegt fall af rennslis á mælistöðum, sbr töflu 9 í viðauka.

Hlutrennslis á virkjunarstöðum, þ.e. rennslis sem kemur fram ofan virkjunar og er ekki frá ofar liggjandi virkjunum, er einnig reiknað út í HYENA. Yfirlit yfir hlutrennslis og tölfræðilega eiginleika þess er sýnt í töflum 10 og 11 í viðauka, en línurit af hlutrennslis er sýnt á myndasíðum 5-27 bæði dreifing innan ársins og þróun ársrennslis, annars vegar 1950-2004 og hins vegar 1950-2000. Hver vatnsdropi í virkjunarrennslis kemur fram í einu og aðeins einu hlutrennslis. Á myndasíðum 28-30 er einnig sýnt heildarrennslis Þjórsár við Urriðafoss, heildarrennslis Blöndumiðlunar og heildarrennslis Kárahnjúkavirkjunar. Inn á línuritinu eru dregnar línur sem sýna línulega nálgun á ársrennslinu og kemur í ljós að árleg aukning í rennslis er yfirleitt stærri en núll og meiri fyrir vatnsárin 1950-2004 en fyrir vatnsárin 1950-2000. Því veldur hátt rennslis vatnsáranna 2001-2004.

Í töflu 4 eru þessar niðurstöður teknar saman.

Tafla 4 Árleg aukning hlutrennslis 1950-2004

	Virkjun	Meðal rennslis m ³ /sek	Línuleg aukning m ³ /sek/ári	Prósent	Aths
1	Hágöngumiðlun	17,4	0,0800	0,46%	Miðlað
2	Kvíslaveita 6. áfangi	9,3	0,0400	0,43%	Miðlað
3	Kvíslaveita 5. áfangi	44,1	0,0800	0,18%	Miðlað
4	Norðlingaölduveita	44,9	0,0950	0,21%	
5	Þórisvatnsmiðlun	28,8	0,0460	0,16%	Miðlað
6	Skaftárveita	20,1	0,1350	0,67%	
7	Sigölduvirkjun	86,1	0,0290	0,03%	
8	Hrauneyjafossvirkjun	4,0	0,0200	0,50%	
9	Búðarhálsvirkjun	20,3	0,0110	0,05%	
10	Sultartangavirkjun	40,5	0,0700	0,17%	
11	Búrfellsvirkjanir	0,6	0,0013	0,20%	
12	Hvammsvirkjun	26,2	0,0300	0,11%	
13	Holtavirkjun	9,2	0,0074	0,08%	
14	Urriðafossvirkjun	12,8	0,0183	0,14%	
15	Sogsvirkjanir	102,2	0,0310	0,03%	
16	Ölfusa við Selfoss (Smásvirkjanir)	381,9	-0,5500	-0,14%	
17	Blöndumiðlun	41,5	0,0840	0,20%	Miðlað
18	Blönduvirkjun	0,8	-0,0014	-0,17%	
19	Laxárvirkjanir í Þingeyjarsýslu	40,6	0,0500	0,12%	
20	Hraunaveita Kárahnjúkavirkjunar	9,3	0,0690	0,74%	Miðlað

	Virkjun	Meðal rennsli m3/sek	Línuleg aukning m3/sek/ári	Prósent	Aths
21	Jökulsárveita Kárahnjúkavirkjunar	23,0	0,1220	0,53%	Miðlað
22	Kárahnjúkavirkjun	101,9	0,2960	0,29%	Miðlað
23	Lagarfossvirkjun	85,0	-0,5228	-0,62%	

Í rekstrarhermunum í kafla 5 verður til bráðabigða reiknað með að miðlað rennsli hafi aukist um 0,30% á ári á árunum 1950-2004, en ómiðlað rennsli um 0,10% á ári á sama tímabili. Þessar tölur eru nokkru lægri en vegið meðaltal aukningarinnar í töflu 4.

Annar möguleiki og vafalaust betri er að nota tölurnar í töflu 4 beint eins og þær koma fyrir, en það mun bíða ákvörðunar sem byggja þarf á tölfræðilegum athugunum, enda hér fremur fjallað um spurningar en svör við þeim.

5. Rennslisorka

Í HYENA er vatnsaflsvirkjunum skipt niður á vatnasvæði eftir langtíma-miðlunum. Unnið hefur verið með þrjú vatnasvæði, Suðvesturland með Hágöngu- og Þórisvatnsmiðlun, Norðurland með Blöndumiðlun og Austurland með Háslóni ofan Kárahnjúkavirkjunar. Í myndasíðum 2-4 er sýnd samarlögð rennslisorka allra vatnasvæða eftir vatnsárum og þar kemur fram hvernig línuleg nálgun á rennsli breytist við að bæta vatnsárunum 2001-2004 við 51 ára röðina 1950-2000. Tafla 5 hér á eftir sýnir hvernig þessar tölur dreifast niður á vatnasvæðin.

Fram kemur t.d. að aukning í rennslisorku 1950-2004 er 36,5 GWh/ári/ár og eru 31,2 GWh/ári/ár vegna aukningar í miðlaðri orku en 5,3 GWh/ári/ár vegna aukningar í ómiðlaðri orku.

Tafla 5 Árleg aukning rennslisorku [GWh/ári/ár]

Rennslisráðir 1950-2004				
Vatnasvæði: Rennsli	Heildar-kerfi	SV-land	N-land	A-land
Heildarrennsli	36,5	13,3	2,0	21,2
Miðlað rennsli	31,2	7,5	1,8	21,9
Ómiðlað rennsli	5,3	5,8	0,2	-0,7
Rennslisráðir 1950-2000				
Vatnasvæði: Rennsli	Heildar-kerfi	SV-land	N-land	A-land
Heildarrennsli	14,9	9,8	0,2	4,9
Miðlað rennsli	11,5	5,9	0,0	5,6
Ómiðlað rennsli	3,4	4,0	0,2	-0,8

Af aukningunni 36,5 GWh/ári/ár má rekja 13,3 GWh/ári/ár til aukningar á Suðvesturlandi, 2,0 GWh/ári/ár til Norðurlands og 21,2 GWh/ári/ár til Austurlands.

Þannig má leggja saman vatnasvæðin lárétt og miðlunarpáttinn lóðrétt.

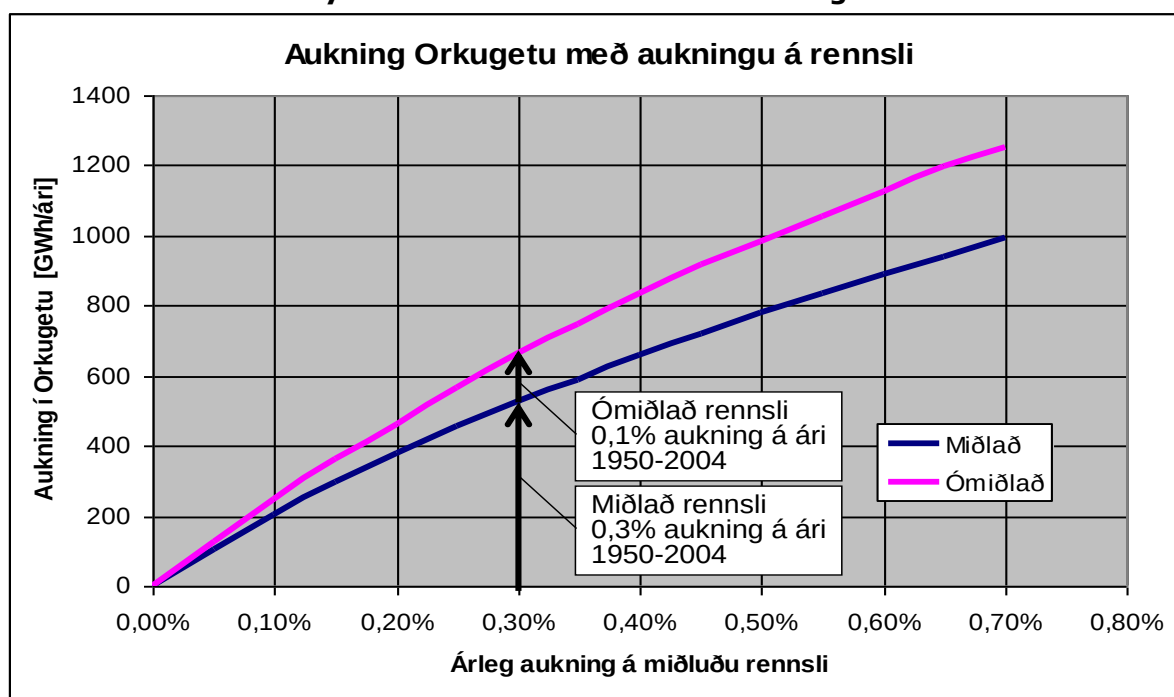
Ef tekin yrði ákvörðun um að taka mið af aukningunni 36,5 GWh/ári/ári fyrir heildarrennsli kerfisins þá hækkaði matið á rennslisorku kerfisins rekstrarárið 2010 um $36,5 * (55/2+6) = 1223$ GWh/ári eða um 5,7%, sbr töflu 2. Ekki er það með sagt að það verði hægt að vinna alla þessa orku í þeim virkjunum sem fyrir eru, en það verður skoðað nánar í næsta kafla.

5,7% af heildarorkuvinnslunni samsvarar 8,4% aukning á rennslisorku vatnsaflsins árið 2010. Til samanburðar hafa rannsóknir hér á landi bent til þess að jökulrennsli árið 2030 muni aukast um 25% frá því sem nú er og um 100% á næstu 100 árum, en jökulrennsli er lang stærsti hluti aðrennslis langtímamiðlana hér á landi og um leið verðmætasta rennslið fyrir raforkuframleiðsluna.²

Ennfremur mun aðstreymi orku til næstu virkjana þar á eftir aukast og þyrfti þá að auka þar uppsett afl til samræmis.

6. Rekstrarhermanir

Mynd 1 Áhrif aukins rennslis á orkugetu



Mynd 1 sýnir aukningu í orkugetu kerfisins rekstrarárið 2010 ef gert er ráð fyrir aukningu í rennsli. Lárétti ásinn sýnir hlutfallslega árlega aukningu í miðluðu rennsli en aukning í orkugetu vegna þess er sýnt með neðri (bláu) kúrfunni. Ef einnig er gert ráð fyrir aukningu í ómiðluðu rennsli sem nemur 1/3 af aukningu miðlaðs rennslis þá verður aukning í orkugetu það sem efri línan (bleika) sýnir. Miðað við notaðar forsendur eykst þá orkugeta um 660 GWh/ári, sem er þá varfærnislegt mat ef tekið er mið af því að rennslisorkan eykst um 1223 GWh/ári, sbr kafla 4.

² Sjá: "Jóhannesson, T., Aðalgeirsdóttir, G., Björnsson, H., Pálsson, F., and Sigurðsson, O. (2004). Response of glaciers and glacier runoff in Iceland to climate changes. Proc. XXIII Nordic Hydrological Conference, Tallinn, Estonia, Aug 8-12. NHP report no. 48. ISBN 9985-56-921-0. pp. 651-660"

**Tafla 6 Rekstrarhermanir. Orkukostnaður [Mkr/ári]
Rekstrarár 2010. Vatnsár 1950-2004**

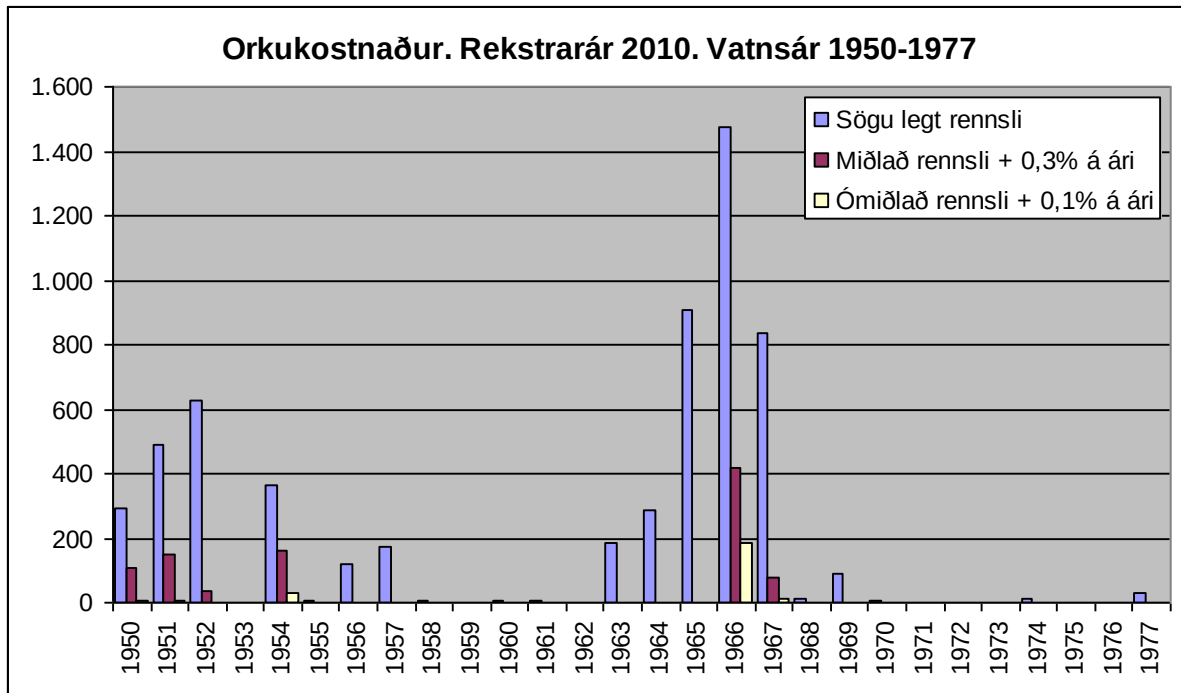
Vatns ár	Sögu legt rennsli	Miðlað rennsli + 0,3% á ári	Ómiðlað rennsli + 0,1% á ári	Vatns ár	Sögu legt rennsli	Miðlað rennsli + 0,3% á ári	Ómiðlað rennsli + 0,1% á ári
1950	290	109	9	1978	438	88	28
1951	489	152	5	1979	1695	740	621
1952	625	37	0	1980	635	192	64
1953	0	0	0	1981	342	277	169
1954	362	158	31	1982	1867	521	409
1955	7	0	0	1983	474	170	78
1956	119	0	0	1984	4	0	0
1957	172	1	0	1985	375	0	0
1958	9	0	0	1986	428	115	6
1959	0	0	0	1987	81	11	2
1960	3	0	0	1988	32	0	0
1961	8	0	0	1989	18	0	0
1962	0	0	0	1990	0	0	0
1963	183	0	0	1991	0	0	0
1964	288	0	0	1992	7	0	0
1965	907	0	0	1993	135	0	0
1966	1476	418	186	1994	15	1	0
1967	834	78	11	1995	0	0	0
1968	15	0	0	1996	9	0	0
1969	91	0	0	1997	1	0	0
1970	9	0	0	1998	33	2	0
1971	0	0	0	1999	0	0	0
1972	0	0	0	2000	17	2	0
1973	0	0	0	2001	0	0	0
1974	14	0	0	2002	0	0	0
1975	0	0	0	2003	0	0	0
1976	0	0	0	2004	0	0	0
1977	29	0	0				
Meðaltal					245	78	51

Tafla 6 sýnir niðurstöður rekstrarhermana fyrir rekstrarárið 2010 og vatnsárin 1950-2004. Meðaltal orkukostnaður er 245 Mkr/ári ef miðað er við sögulegar rennslisraðir en lækkar í 78 Mkr/ári ef gert er ráð fyrir því að miðlað rennsli hafi aukist um 0,3% á ári á tímabilinu 1950-2004 og muni halda áfram að aukast eftir það a.m.k. til 2010. Ef einnig er gert ráð fyrir því að ómiðlað rennsli aukist um 0,1% á ári á sama tímabili þá lækkar orkukostnaðurinn í 51 Mkr/ári.

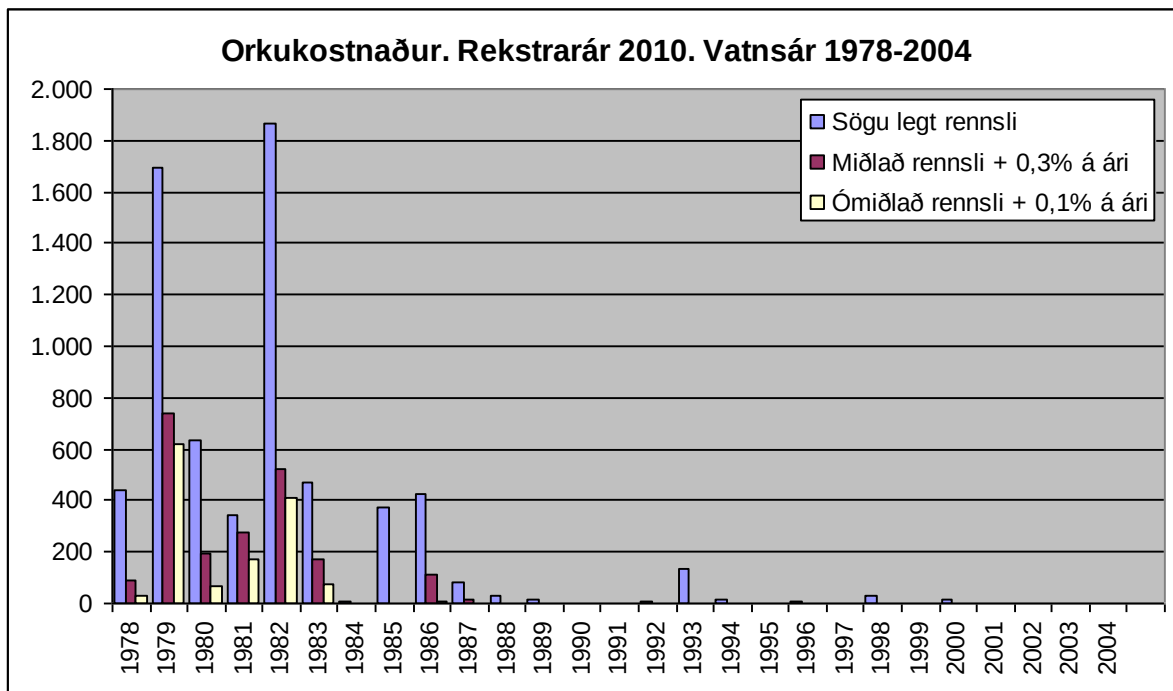
Orkukostnaður lækkar verulega með auknu rennsli. Athygli er vakin á því að í nýju vatnsárunum 2001-2004 kemur ekki fram kostnaður, enda um vatnsrík ár að ræða.

Myndir 1 og 2 sýna tölurnar í töflu 6 í grafi.

Mynd 2 Orkukostnaður 1950 - 1977



Mynd 3 Orkukostnaður 1978 - 2004



7. Viðauki. Töflur og myndir

Tafla 7
Rennslisraðir frá Vatnaskil ehf

Nr	Heiti	Meðalrennsli vatnsárstímabíla, m ³ /s			
		FyrriRennsli	 Nýtt Rennsli		
		1950-2000	1950-2000	1950-2004	2001-2004
R101	Þórisvatn náttúrulegt aðrennsli úr Veiðivatnahrauni	24,2	24,3	24,3	23,3
R102	Þórisvatn náttúrulegur leki	12,7	12,7	12,7	12,9
R104	Þórisvatn yfirborðsrennsli af vatnasviði vatnsins	2,2	2,2	2,2	2,0
R113	Þjórsá við Búrfell	292,9	293,7	295,7	321,5
R172	Þjórsá við Urriðafoss	341,0	342,0	343,9	368,8
R168	Þjórsá við Núp	319,0	320,0	322,0	347,4
R211	Þjórsá við Búða	328,2	329,2	331,2	356,4
R105	Tungnaá við Vatnaöldur.	80,3	80,5	80,9	86,9
R107	Tungnaá við Hrauneyjafoss	89,4	89,6	90,0	95,4
R106	Tungnaá við Sigöldu	85,4	85,5	86,0	91,7
R136	Kaldakvísl við Hágöngur	16,8	16,9	17,4	23,3
R103	Kaldakvísl við Sauðafell	31,9	32,0	32,5	38,0
R112	Tungnaá við Búðarháls	155,2	155,8	156,5	165,3
R108	Tungnaá við ármót Efri – Þjórsár	157,1	157,6	158,3	167,0
R225	Vestasta kvísl Vesturkvíslar ("Beljandi")	3,5	3,5	3,6	5,3
R226	Vesturkvísl	5,4	5,4	5,7	8,9
R139	Kvíslaveita VI	8,9	8,9	9,3	14,2
R109	Kvíslaveita I – V	43,5	43,6	44,1	49,8
R133	Efri - Þjórsá við Norðlingaöldu	96,6	96,8	98,2	116,3
R135	Efri-Þjórsá rennsli neðan Norðlingaölduveitu ofan Dynks og neðan 600 m hæðarlínu.	13,5	13,6	13,6	14,1
R134	Efri-Þjórsá við Dynk	128,8	129,1	130,4	147,8
R111	Efri-Þjórsá við ármót Tungnaár	135,2	135,5	136,8	153,9
R261	Tungnaá innrennsli í Snjóöldulón	47,0	47,0	47,4	52,7
R128	Sog við Ásgarð	105,3	102,7	102,1	95,1
R116	Blanda, innrennsli í Blöndulón	40,7	40,7	41,5	51,8
R117	Blanda innrennsli milli Blöndulóns og virkjunar	0,8	0,8	0,8	0,8
R259	Jökulsá í Fljótsdal, innrennsli í Ufsarlón, breytilegt jökulvatnasvið	22,7	22,7	23,3	31,6
R164	Jökulsá í Fljótsdal, innrennsli í Ufsarlón, fast jökulvatnasvið	22,3	22,3	23,0	31,6
R258	Jökulsá á Dal innrennsli í Háslón, breytilegt jökulvatnasvið	100,7	100,7	103,4	138,3
R198	Jökulsá á Dal innrennsli í Háslón, fast jökulvatnasvið	99,1	99,0	101,8	138,2
R260	Kelduárveita, innrennsli í Ufsarlón	8,9	9,1	9,3	12,4
R245	Skaftárveita um Langasjó, breytilegur jökull	19,6	19,1	20,1	32,5
R262	Skaftárvirkjun, rennsli af vatnasviði Skaftár, breytilegur jökull	80,7	80,7	82,3	103,0
R257	Skaftárveita um Langasjó, fastur jökull	22,6	22,0	22,8	32,6
R256	Skaftárvirkjun, rennsli af vatnasviði Skaftár, fastur jökull	85,5	85,5	86,8	103,9

Tafla 8
Rennslisraðir frá Vatnamælingum Orkustofnunar

Nr	Heiti	Meðalrennsli vatnsárstímabila, m ³ /s			
		FyrriRennsli	 Nýtt Rennsli		
		1950-2000	2001-2004	1950-2004	1950-2000
R127	Lagarfljót við Lagarfoss	114,6	120,2	117,2	117,0
R131	Reykjavík, dagsmeðaltal lofthita	4,5	5,7	4,6	4,5
R204	Ölfusá; Selfoss	383,1	403,8	381,6	379,8

Tafla 9
Rennsli á virkjunarstöðum

ppf_number	Nafn	formula	Ath
V001	Háganga	[R136]	
V002	Þórisvatn	[R101]-[R102]+[R103]+[R104]	
V003	Sigalda	[R106]	
V004	Hrauneyjar	[R107]	
V005	Sultartangi	[R108]+[R111]	
V006	Búrfell	[R113]	
V007	Kvíslaveita I-V	[R109]	
V008	Kvíslaveita VI	[R139]	
V009	Norðlingaalda	[R133]	
V010	Dynkur	[R134]	Ekki Notað
V011	Búðarháls	[R112]	
V012	Skaftárveita	[R245]	
V013	Sog	[R128]	
V014	Blöndulón	[R116]	
V015	Blönduvirkjun	[R117]	
V016	Laxárvirkjanir	[R219]	
V017	Jarðgufustöðvar	[R130]	
V018	Meðalhitastig í Rvk	[R131]	
V019	Villinganesvirkjun	[R132]	Ekki Notað
V020	Lagarfossvirkjun	[R127]	
V021	Kárahnjúkar	[R198]	
V022	Jökulsárveita	[R164]	
V023	Hraunaveita	[R260]	
V024	Smávirkjanir (Ölfusá)	[R204]	
V025	Hvammsvirkjun	[R168]	
V026	Holtavirkjun	[R211]	
V027	Urriðafossvirkjun	[R172]	
V028	Vatnsfell	[R101]-[R101]	

Tafla 10
 Árstölur hlutrennslis 1950-2004. Tölfræðilegir eiginleikar

	Unit:	m ³ /sec	m ³ /sec			
	Virkjun	Meðaltal	Staðal- frávik	Breytileiki	Skekkja	Sjálffylgni milli ára
1	Hágöngumiðlun	17,4	2,83	0,162	0,579	0,493
2	Kvíslaveita 6. áfangi	9,3	2,51	0,268	0,896	0,456
3	Kvíslaveita 5. áfangi	44,1	4,81	0,108	0,615	0,134
4	Norðlingaölduveita	44,9	4,50	0,100	0,770	0,271
5	Þórisvatnsmiðlun	28,8	3,16	0,109	0,488	0,627
6	Skaftárveita	20,1	5,48	0,271	0,900	0,681
7	Sigölduvirkjun	86,1	6,54	0,076	0,564	0,155
8	Hrauneyjafossvirkjun	4,0	0,72	0,178	0,077	0,845
9	Búðarhalsvirkjun	20,3	1,63	0,080	0,555	0,264
10	Sultartangavirkjun	40,5	4,83	0,119	0,523	0,416
11	Búrfellsvirkjanir	0,6	0,17	0,263	0,321	0,072
12	Hvammsvirkjun	26,2	2,59	0,098	0,621	0,264
13	Holtavirkjun	9,2	0,73	0,079	0,778	0,271
14	Urriðafossvirkjun	12,8	1,78	0,139	0,696	0,220
15	Sogsvirkjanir	102,2	8,88	0,086	0,478	0,594
16	Ölfusa við Selfoss (Smásvirkjanir)	381,9	42,59	0,111	0,488	0,319
17	Blöndumiðlun	41,5	6,42	0,154	0,433	0,388
18	Blönduvirkjun	0,8	0,23	0,277	0,276	0,052
19	Laxárvirkjanir í Þingeyjarsýslu	40,6	1,77	0,043	0,248	0,678
20	Hraunaveita Kárahnjúkavirkjunar	9,3	1,93	0,206	-0,043	0,332
21	Jökulsárveita Kárahnjúkavirkjunar	23,0	3,62	0,157	0,865	0,493
22	Kárahnjúkavirkjun	101,9	19,27	0,188	0,529	0,413
23	Lagarfossvirkjun	85,0	18,43	0,216	0,906	0,128

Meðaltal: 1. móment dreifingar
 Staðalfrávik: 2. móment dreifingar
 Breytileiki = Staðalfrávik / Meðaltal
 Skekkja: 3. móment dreifingar
 Sjálffylgni milli ára: "Lag One-Year Auto-Correlation"

Tafla 11
Samfylgni milli staða í ársrennsli. Rennsli 1950-2004

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		Haga	Kv 6	Kv 5	Nord	Thor	Skaf	Siga	Hrfo	Budh	Sult	Burf	Hvam	Holt	Urrf	Sog	Olfu	BlRe	Blön	Laxa	Hrau	Joku	Kara	Lagf
1	Háganga	1,00																						
2	Kvíslaveita 6	0,79	1,00																					
3	Kvíslaveita 5	0,73	0,64	1,00																				
4	Norðlingaalda	0,83	0,85	0,94	1,00																			
5	Þórisvatn	0,12	-0,23	0,50	0,28	1,00																		
6	Skaftárveita	0,86	0,85	0,55	0,72	-0,22	1,00																	
7	Sigalda	0,65	0,40	0,84	0,73	0,55	0,44	1,00																
8	Hrauneyjafoss	0,16	-0,19	0,31	0,18	0,87	-0,18	0,38	1,00															
9	Búðarháls	0,03	-0,24	0,52	0,29	0,88	-0,20	0,51	0,57	1,00														
10	Sultartangi	0,24	-0,07	0,69	0,46	0,94	-0,07	0,69	0,73	0,91	1,00													
11	Búrfell	0,02	-0,17	0,44	0,27	0,70	-0,12	0,38	0,37	0,91	0,74	1,00												
12	Hvammsvirkjun	0,15	-0,13	0,63	0,40	0,90	-0,10	0,60	0,60	0,97	0,95	0,85	1,00											
13	Holtavirkjun	0,04	-0,23	0,49	0,28	0,88	-0,21	0,45	0,60	0,98	0,89	0,90	0,95	1,00										
14	Urriðafossvirkjun	0,07	-0,19	0,55	0,33	0,87	-0,15	0,50	0,56	0,99	0,91	0,90	0,98	0,99	1,00									
15	Sog	-0,08	-0,20	0,41	0,23	0,69	-0,27	0,43	0,54	0,74	0,75	0,60	0,72	0,73	0,72	1,00								
16	Olfusa	0,32	0,14	0,61	0,48	0,50	0,23	0,74	0,19	0,60	0,60	0,51	0,64	0,56	0,60	0,48	1,00							
17	Blanda Reservoir	0,58	0,56	0,66	0,68	0,18	0,62	0,56	0,01	0,28	0,32	0,27	0,35	0,26	0,32	0,18	0,60	1,00						
18	Blönduvirkjun	-0,10	-0,18	0,19	0,06	0,31	-0,06	0,21	0,01	0,51	0,35	0,49	0,47	0,46	0,51	0,36	0,51	0,61	1,00					
19	Laxa I-III	0,01	-0,03	-0,01	0,03	0,15	0,06	-0,08	0,23	0,20	0,11	0,25	0,14	0,19	0,17	0,23	-0,10	0,12	0,15	1,00				
20	Hraunaveita	0,34	0,15	0,32	0,30	0,26	0,30	0,41	0,29	0,26	0,31	0,26	0,31	0,24	0,28	0,23	0,18	0,27	0,04	0,37	1,00			
21	Jökulsárveita	0,63	0,52	0,55	0,61	0,12	0,64	0,53	0,14	0,14	0,25	0,17	0,23	0,12	0,18	0,13	0,30	0,52	0,02	0,29	0,83	1,00		
22	Kárahnjúkar	0,71	0,73	0,66	0,76	0,06	0,68	0,57	0,04	0,05	0,21	0,03	0,15	0,02	0,08	0,12	0,42	0,67	0,07	0,10	0,35	0,75	1,00	
23	Lagarfoss	0,02	0,10	0,08	0,08	-0,08	0,03	0,34	-0,13	-0,07	-0,02	-0,08	-0,07	-0,14	-0,12	0,07	0,20	-0,02	-0,13	-0,07	0,14	0,19	0,23	1,00

Tafla 12
Samfylgni í rennsli milli vatnasvæða
Nýjar rennslisraðir 1950-2004

Heildar Ársrennsli

	Heildar-kerfi	SV-land	N-land	A-land
Heildarkerfi	1,00			
Suðvesturland	0,86	1,00		
Norðurland	0,75	0,61	1,00	
Austurland	0,93	0,61	0,66	1,00

Heildar Dagsrennsli

	Heildar-kerfi	SV-land	N-land	A-land
Heildarkerfi	1,00			
Suðvesturland	0,87	1,00		
Norðurland	0,67	0,70	1,00	
Austurland	0,94	0,65	0,50	1,00

Miðlað Ársrennsli

	Heildar-kerfi	SV-land	N-land	A-land
Heildarkerfi	1,00			
Suðvesturland	0,77	1,00		
Norðurland	0,75	0,61	1,00	
Austurland	0,98	0,63	0,67	1,00

Miðlað Dagsrennsli

	Heildar-kerfi	SV-land	N-land	A-land
Heildarkerfi	1,00			
Suðvesturland	0,78	1,00		
Norðurland	0,64	0,66	1,00	
Austurland	0,97	0,63	0,53	1,00

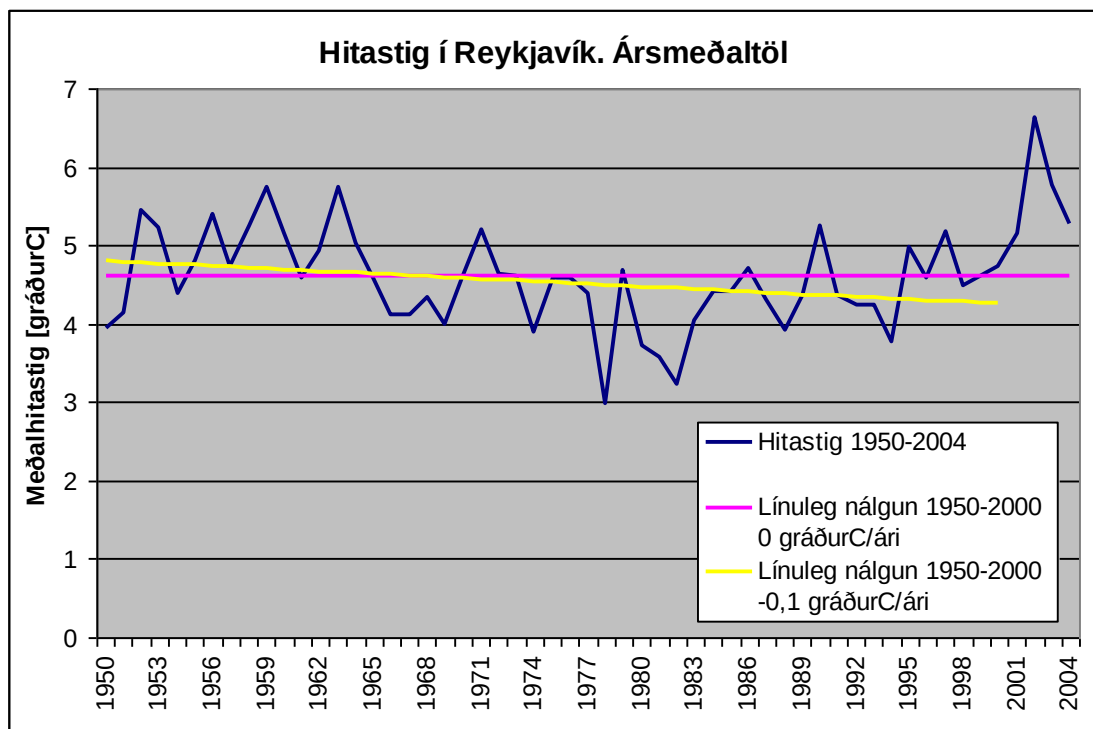
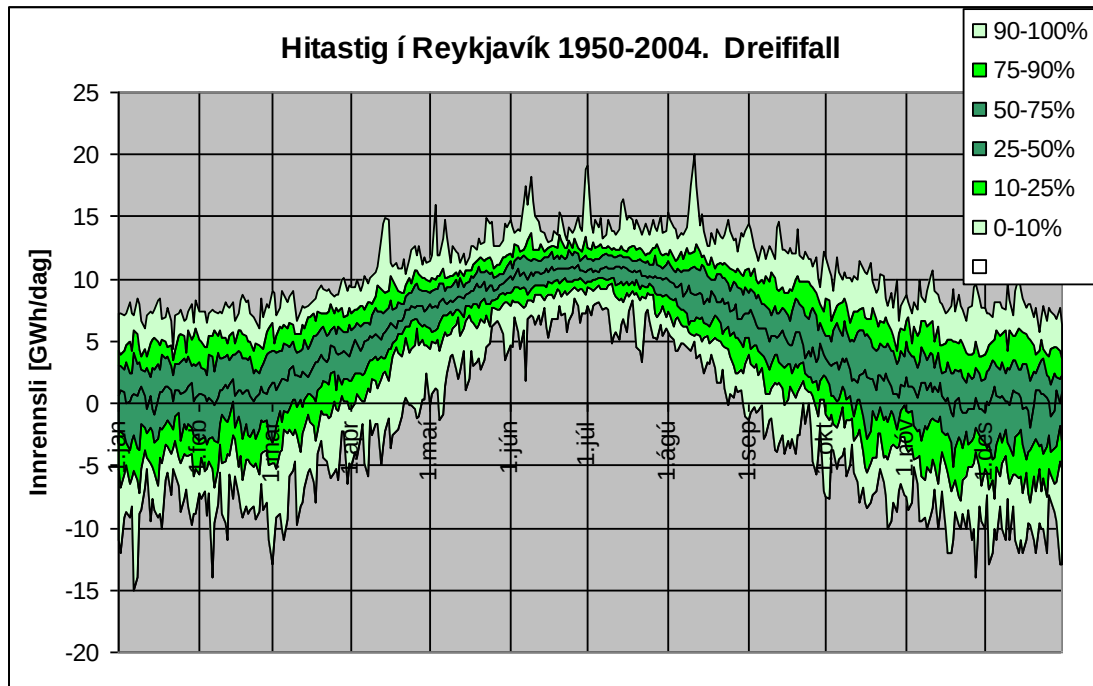
Ómiðlað Ársrennsli

	Heildar-kerfi	SV-land	N-land	A-land
Heildarkerfi	1,00			
Suðvesturland	0,998	1,00		
Norðurland	0,44	0,42	1,00	
Austurland	0,30	0,26	0,02	1,00

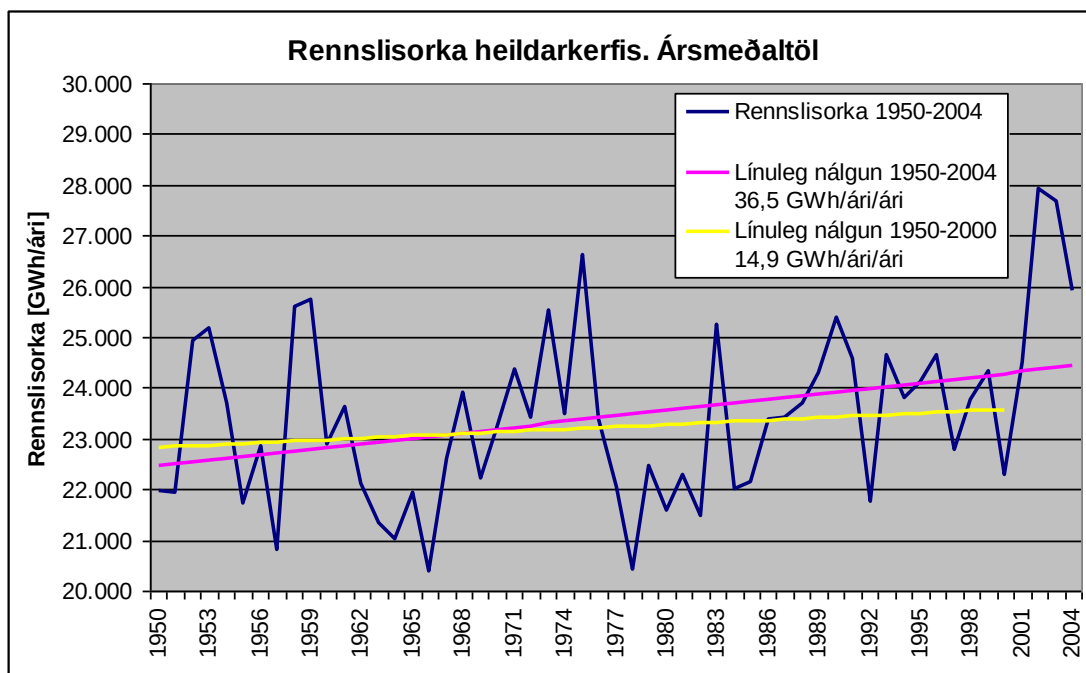
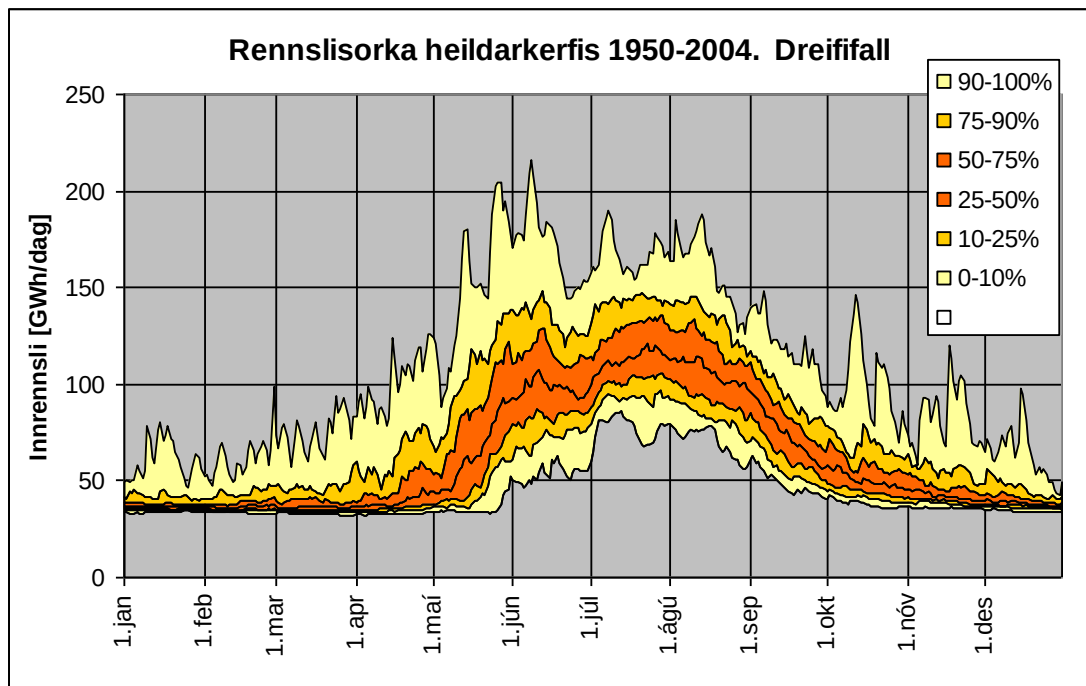
Ómiðlað Dagsrennsli

	Heildar-kerfi	SV-land	N-land	A-land
Heildarkerfi	1,00			
Suðvesturland	0,999	1,00		
Norðurland	0,33	0,30	1,00	
Austurland	0,57	0,55	0,21	1,00

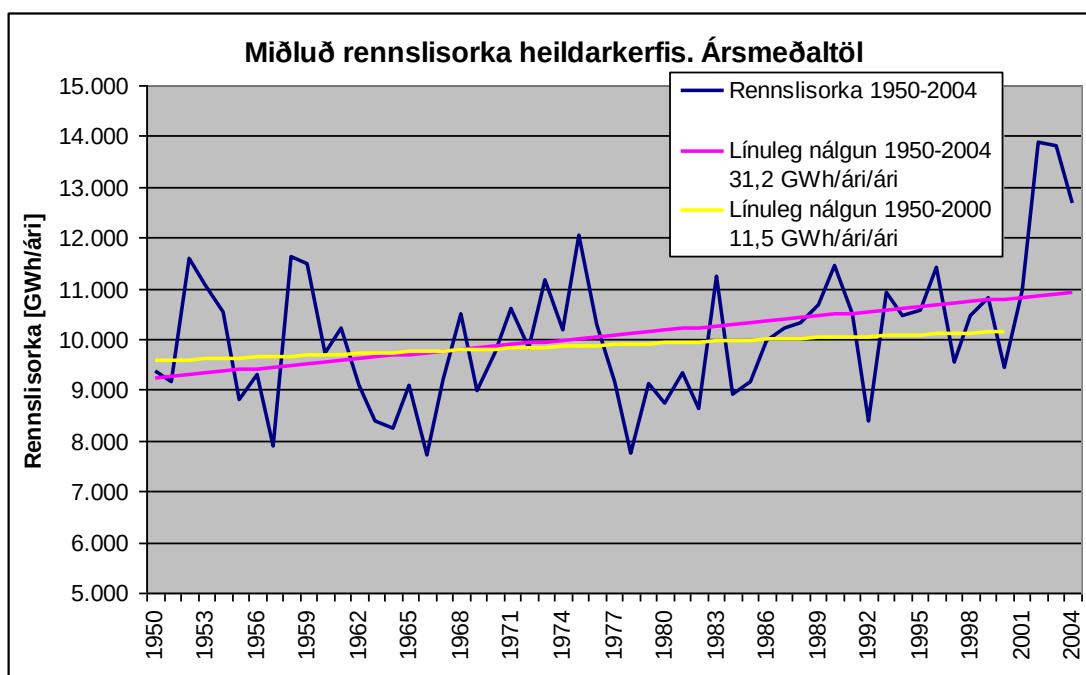
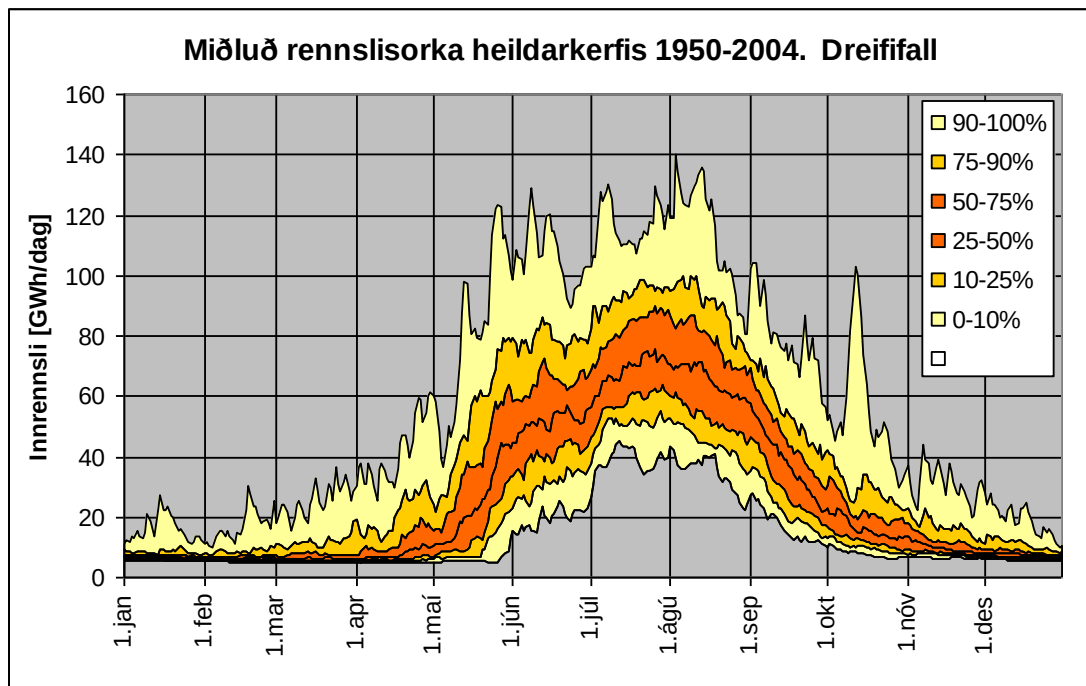
Myndasíða 1 Hitastig í Reykjavík



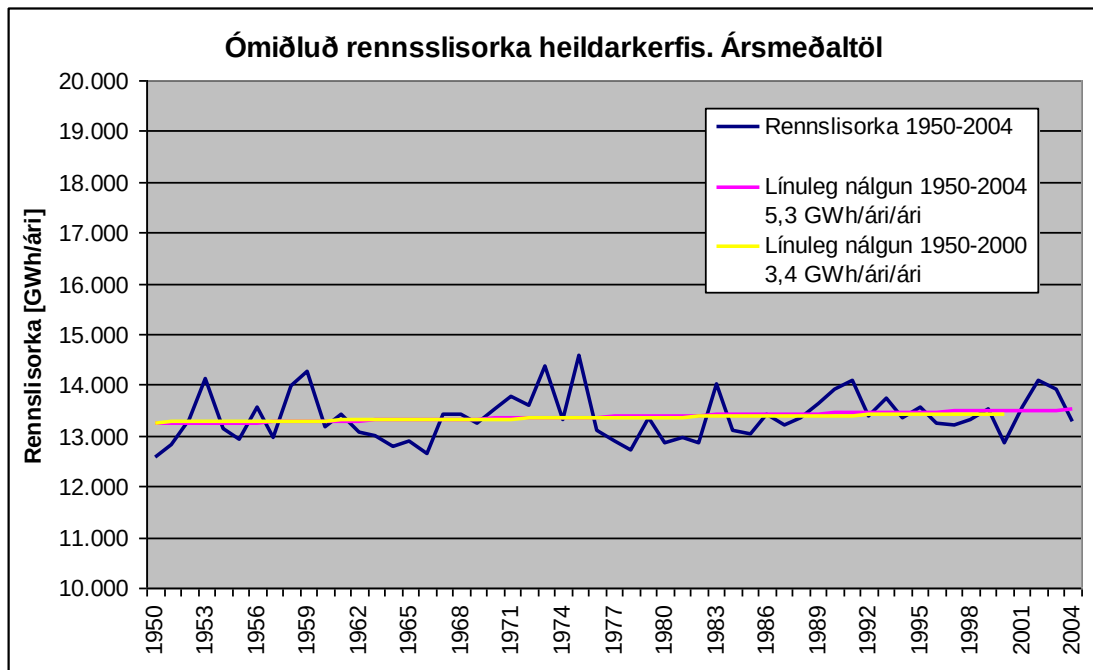
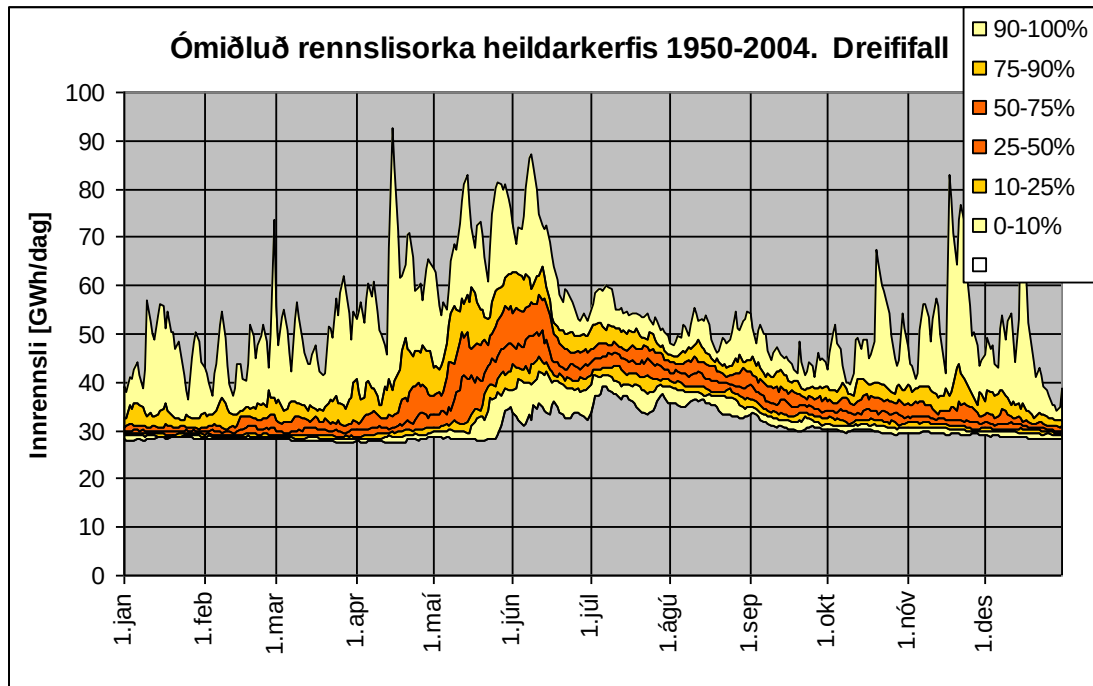
Myndasíða 2 Heildarkerfi, rennslisorka



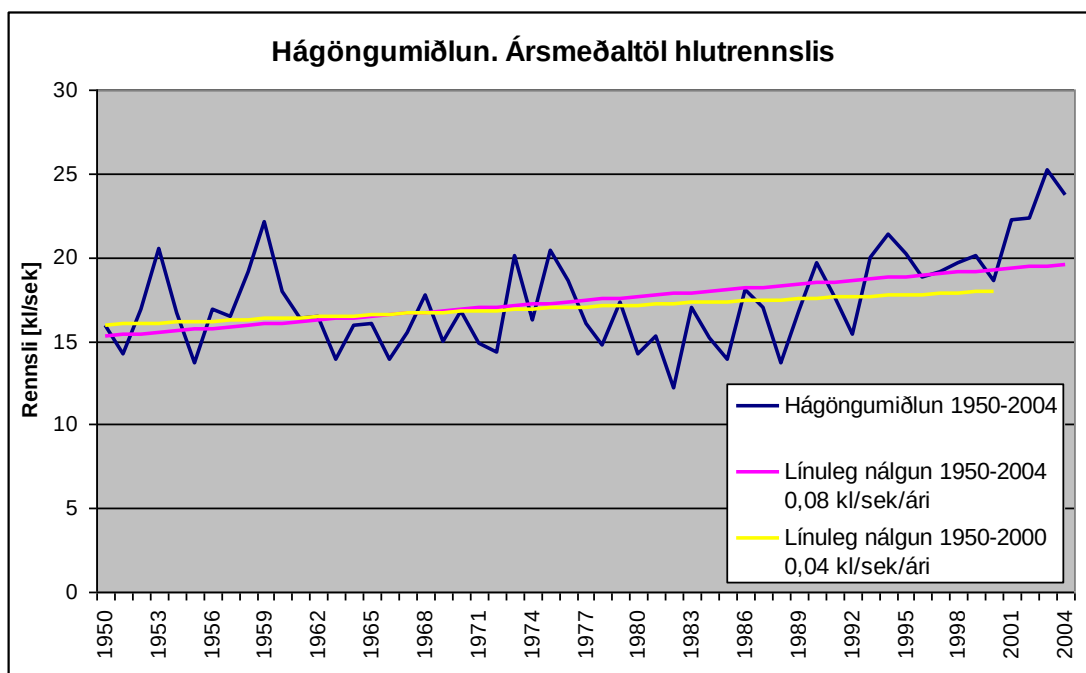
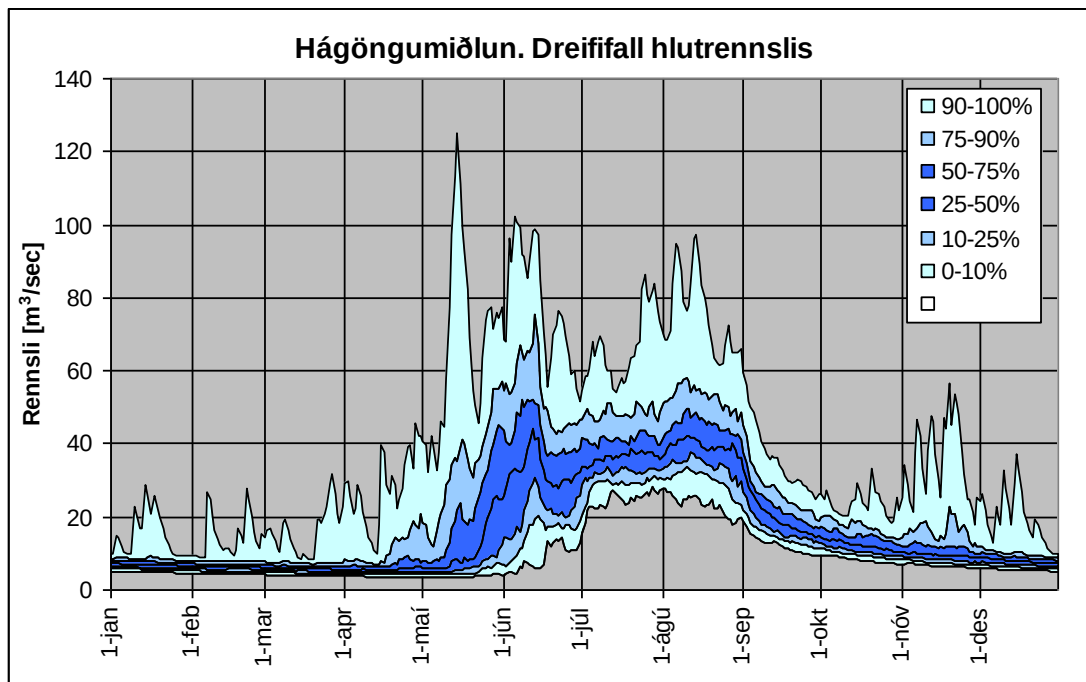
Myndasíða 3 Heildarkerfi, miðluð orka



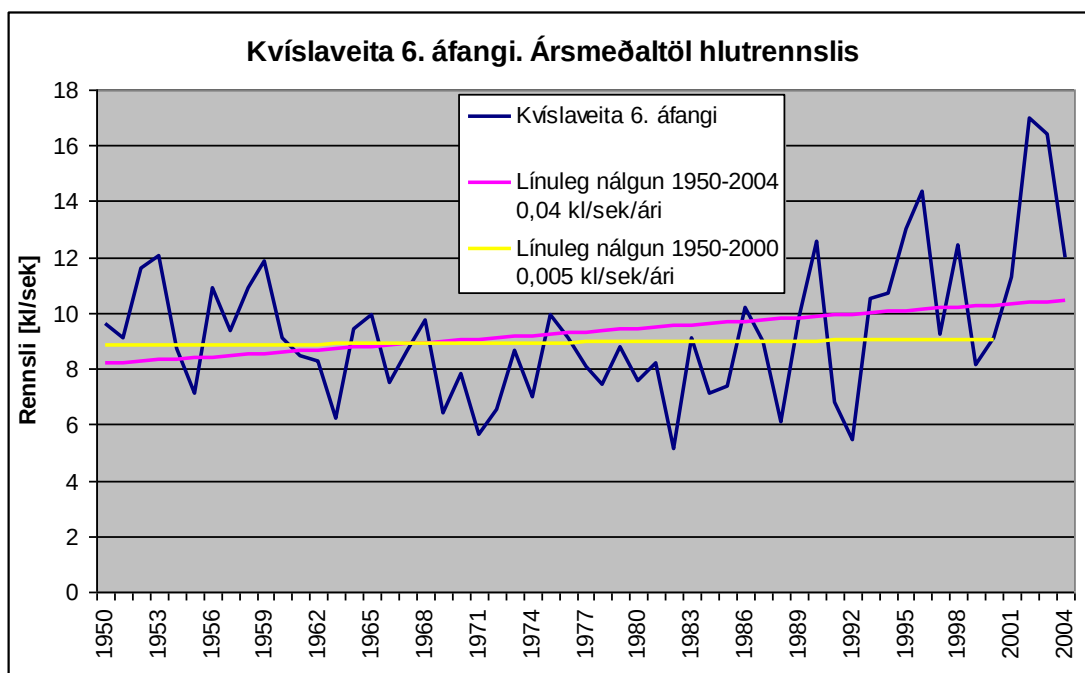
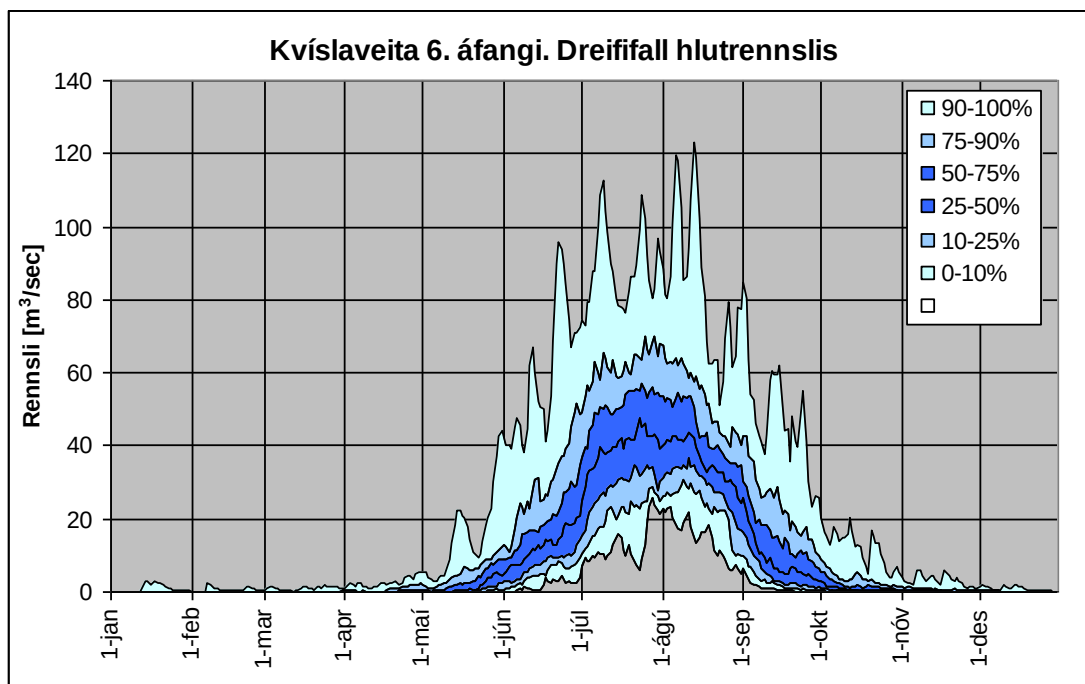
Myndasíða 4 Heildarkerfi, ómiðluð rennslisorka



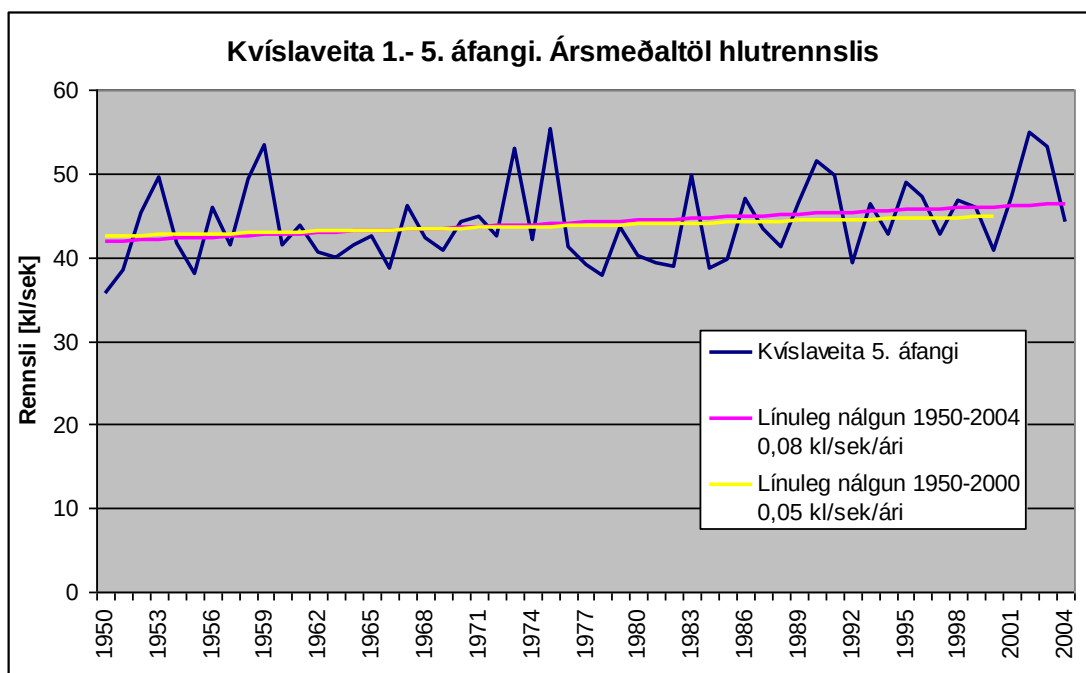
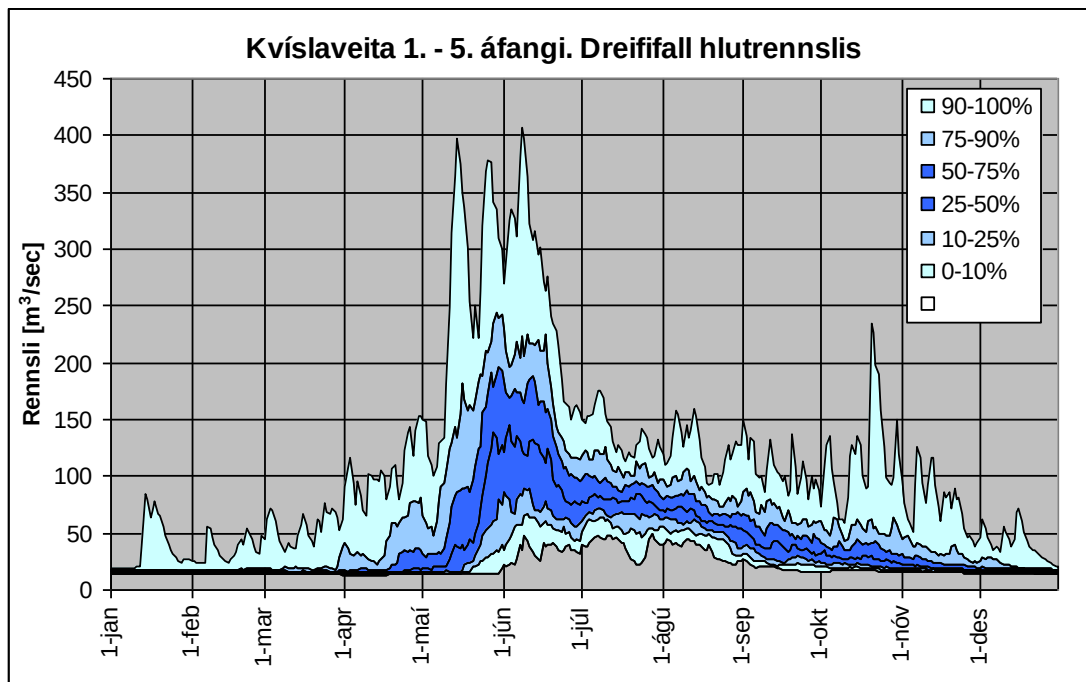
Myndasíða 5 Hágöngumiðlun, hlutrennsli



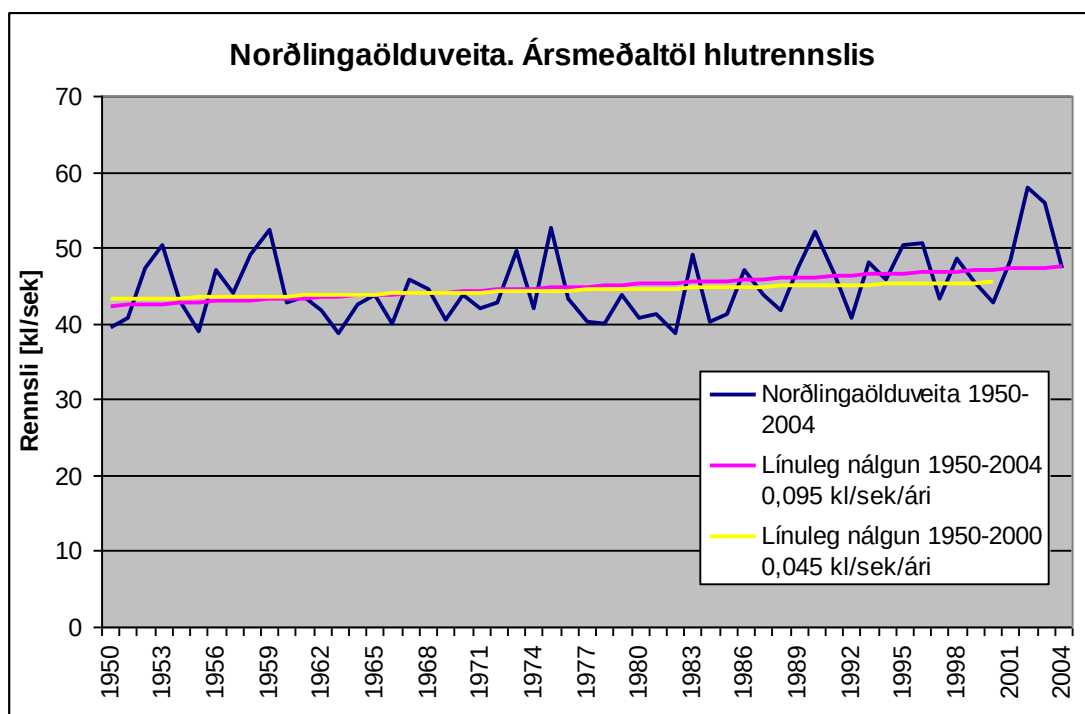
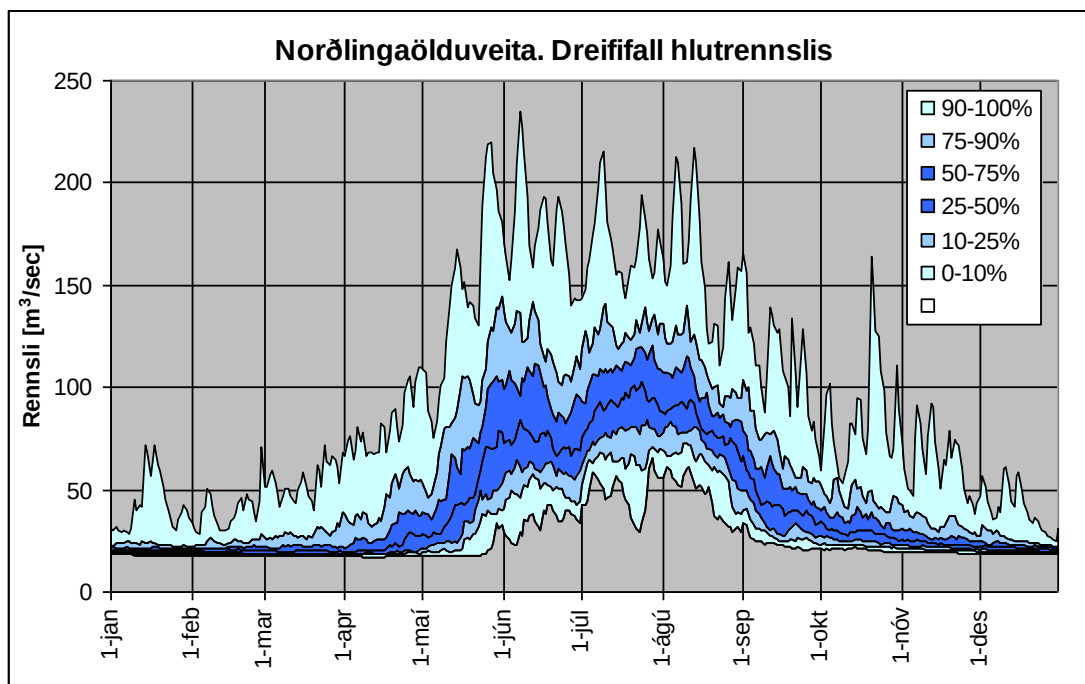
Myndasíða 6 Kvíslaveita 6., hlutrennsli



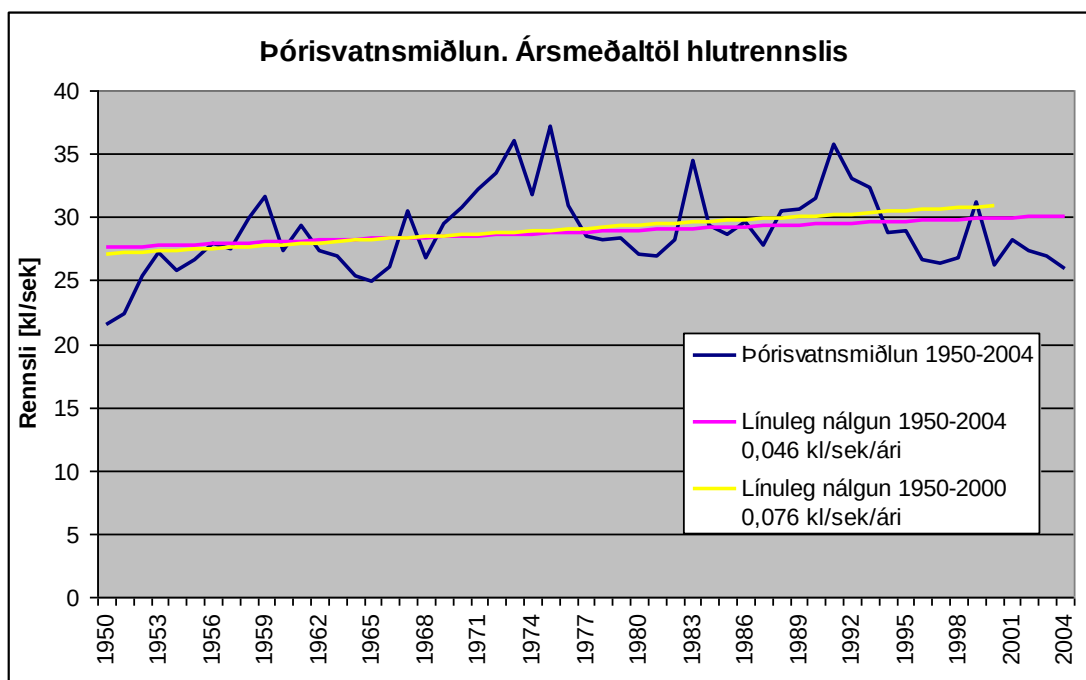
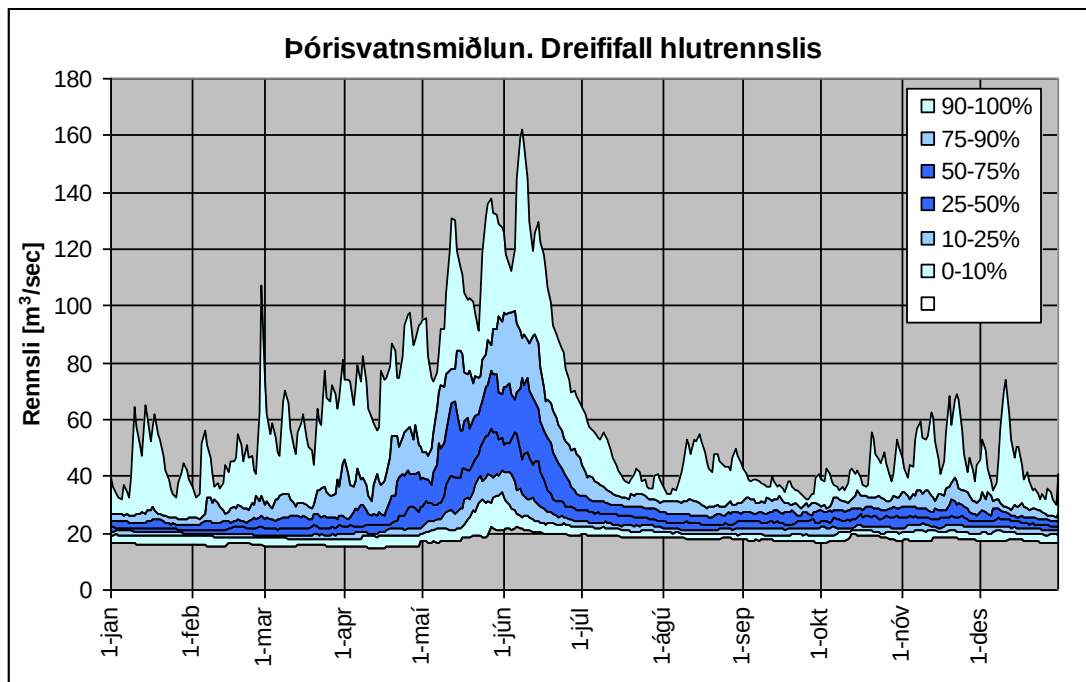
Myndasíða 7
Kvíslaveita 1.-5., hlutrennsli



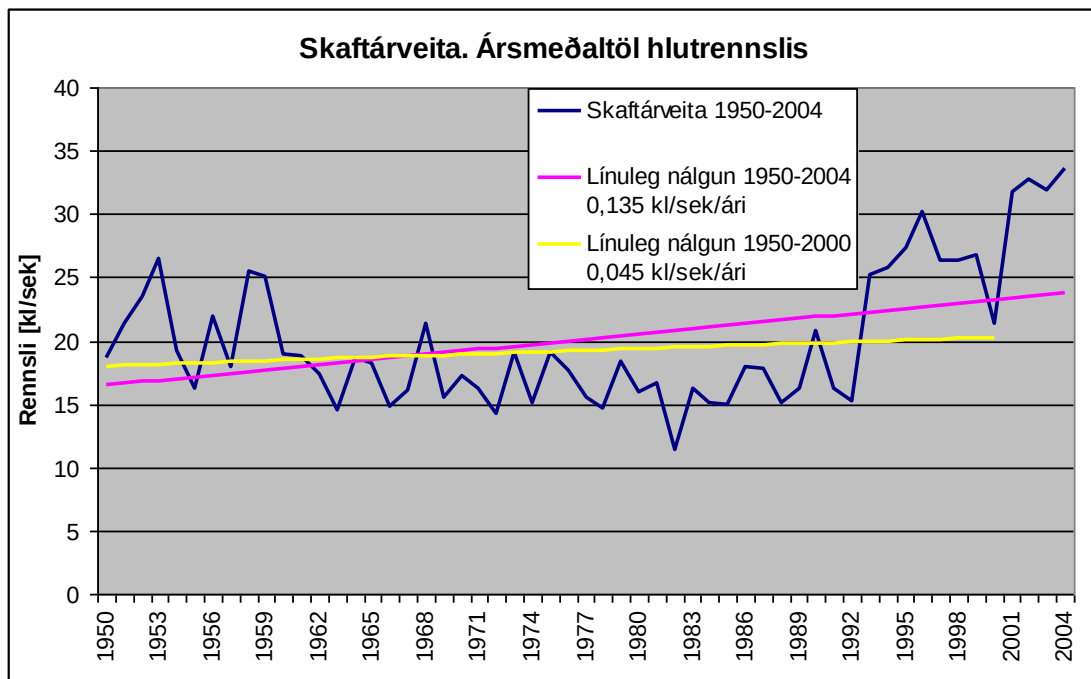
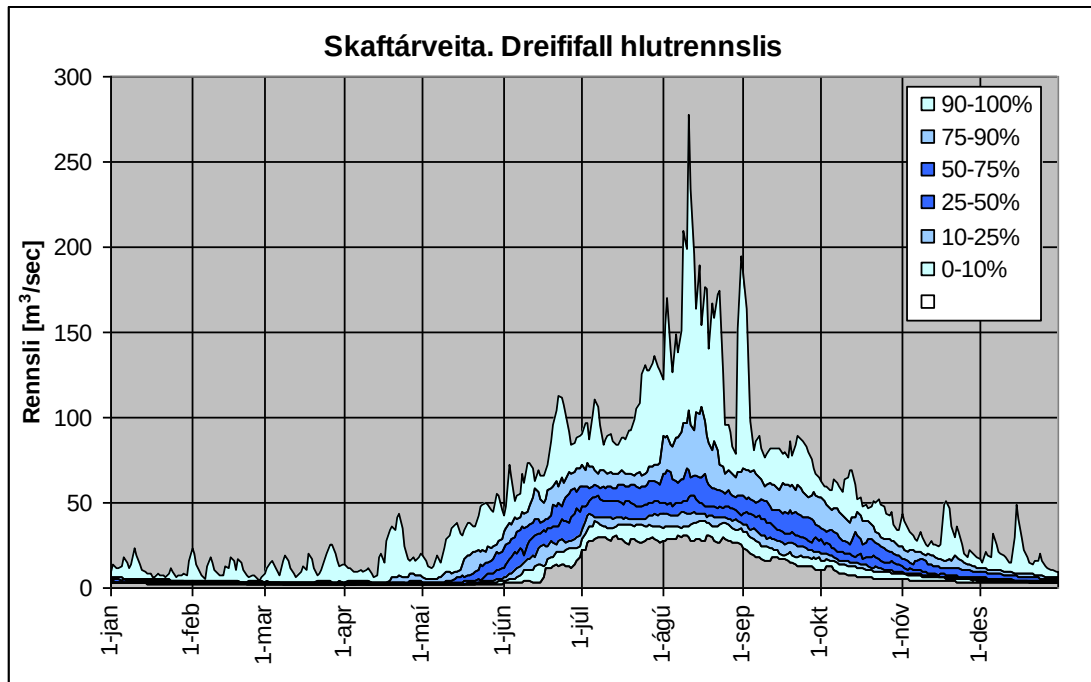
Myndasíða 8 Norðlingaölduveita



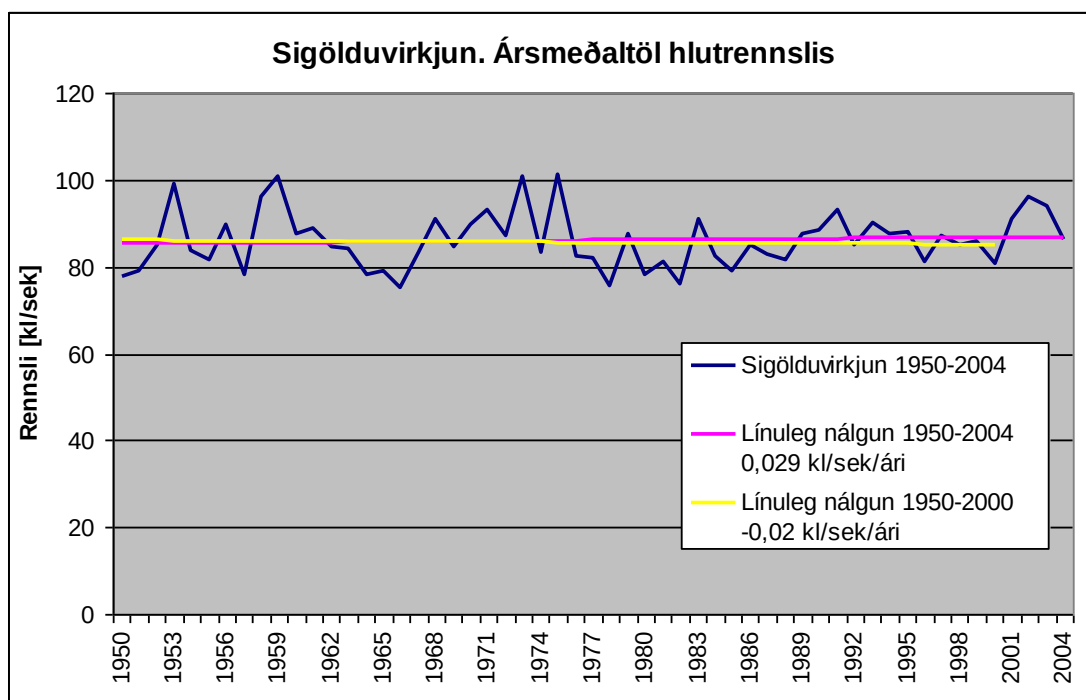
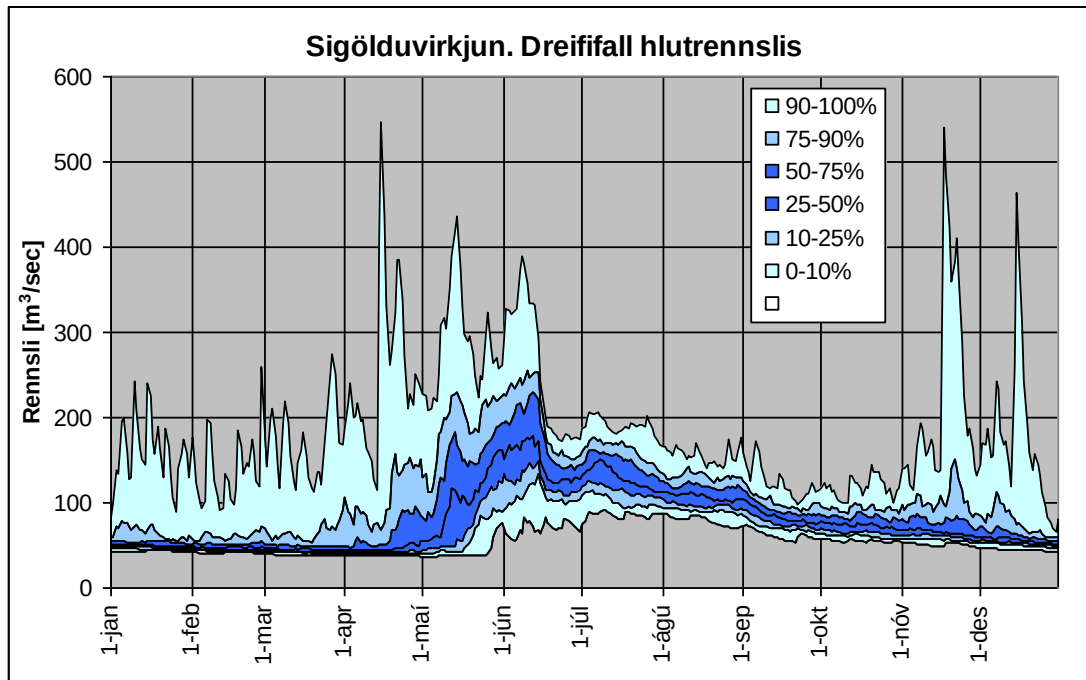
Myndasíða 9 Þórisvatnsmiðlun, hlutrennsli



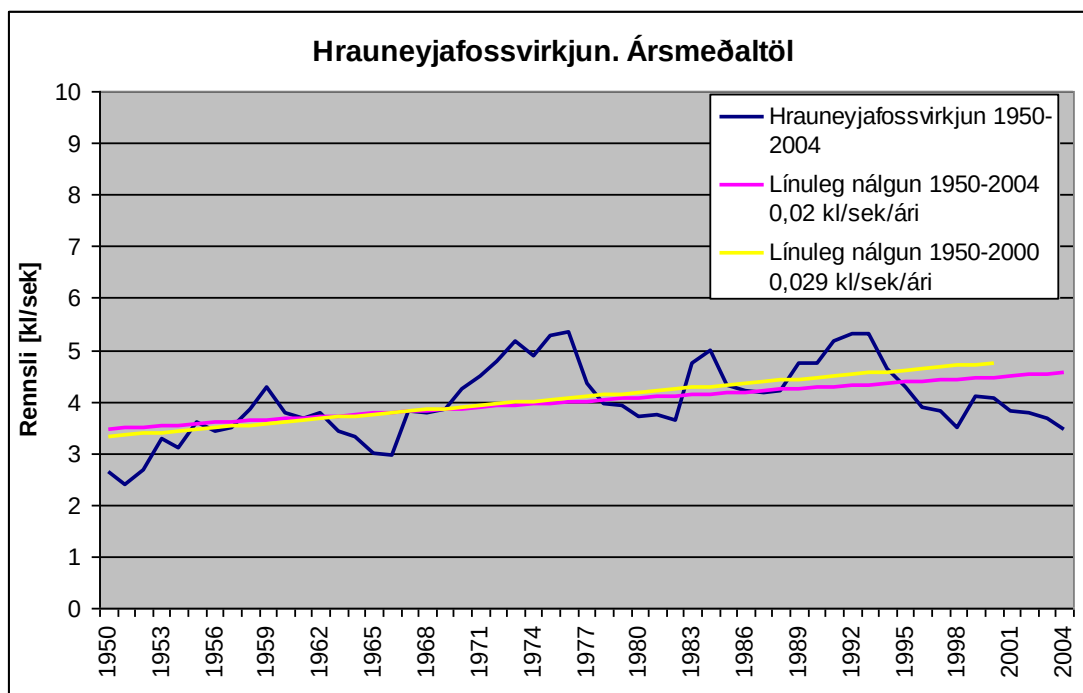
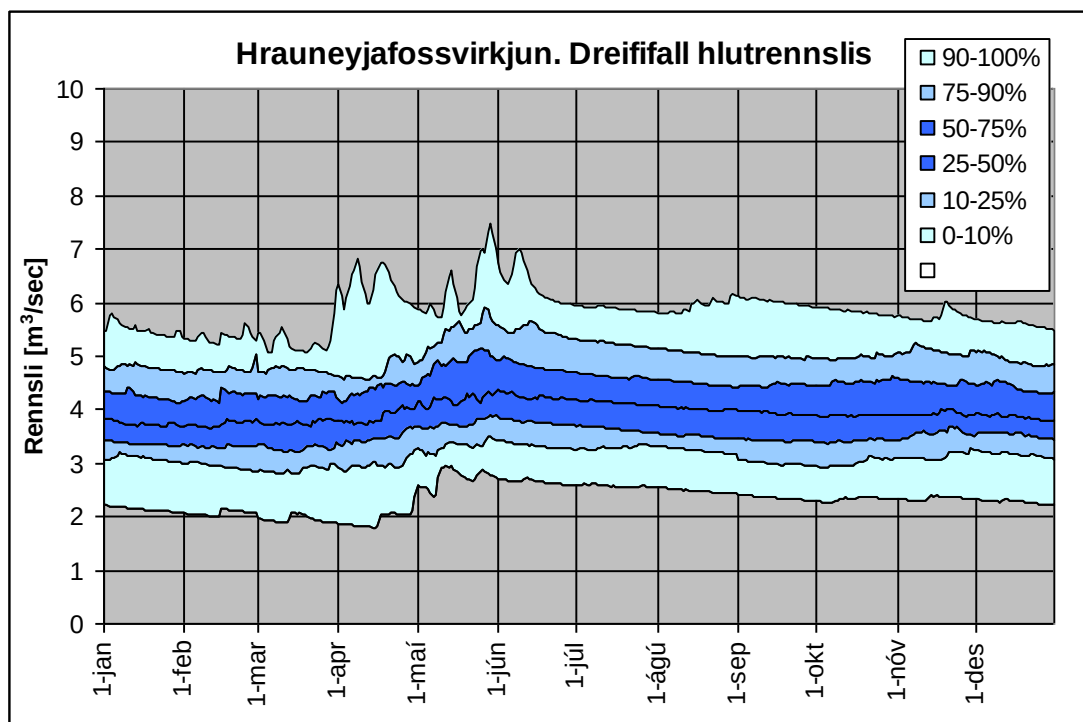
Myndasíða 10 Skaftárveita, hlutrennslis



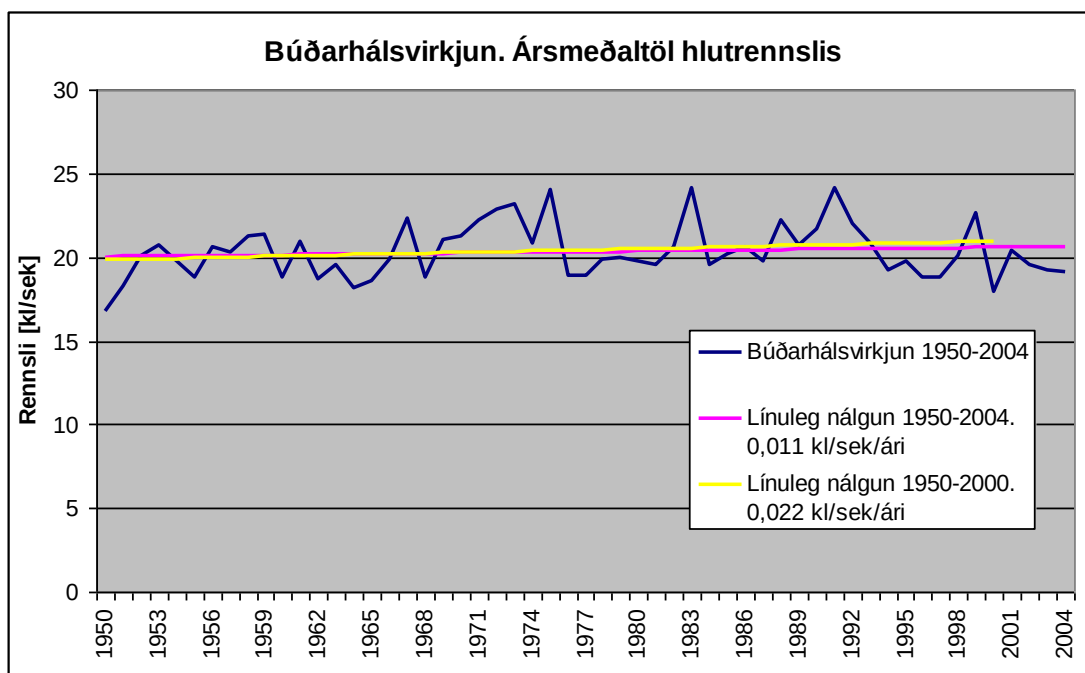
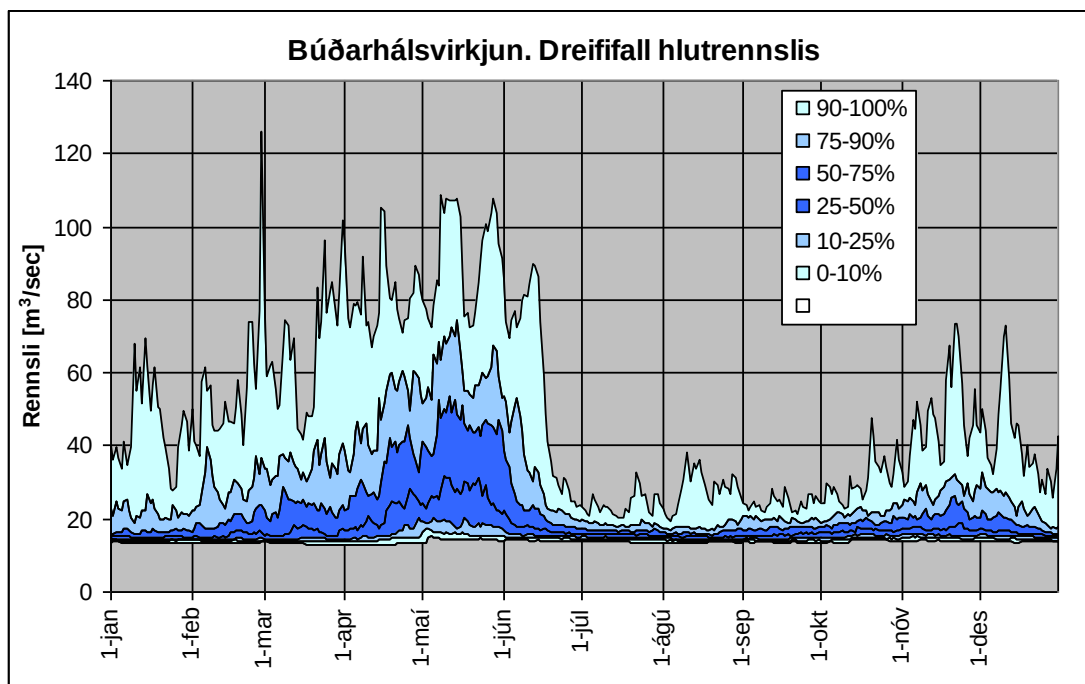
Myndasíða 11 Sigölduvirkjun, hlutrennsli



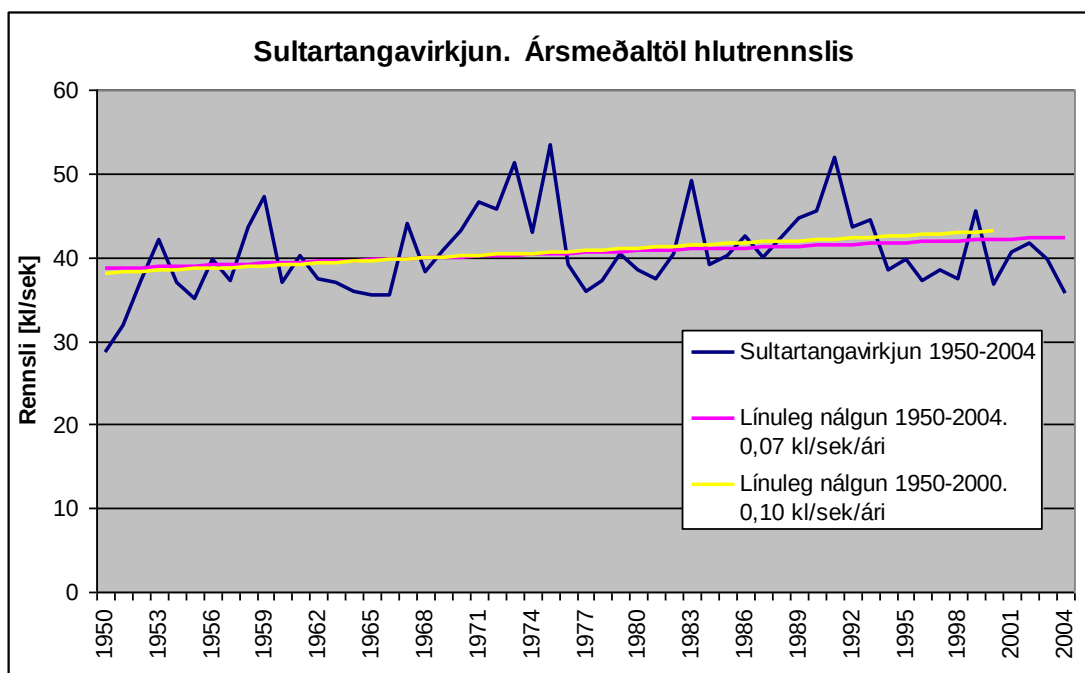
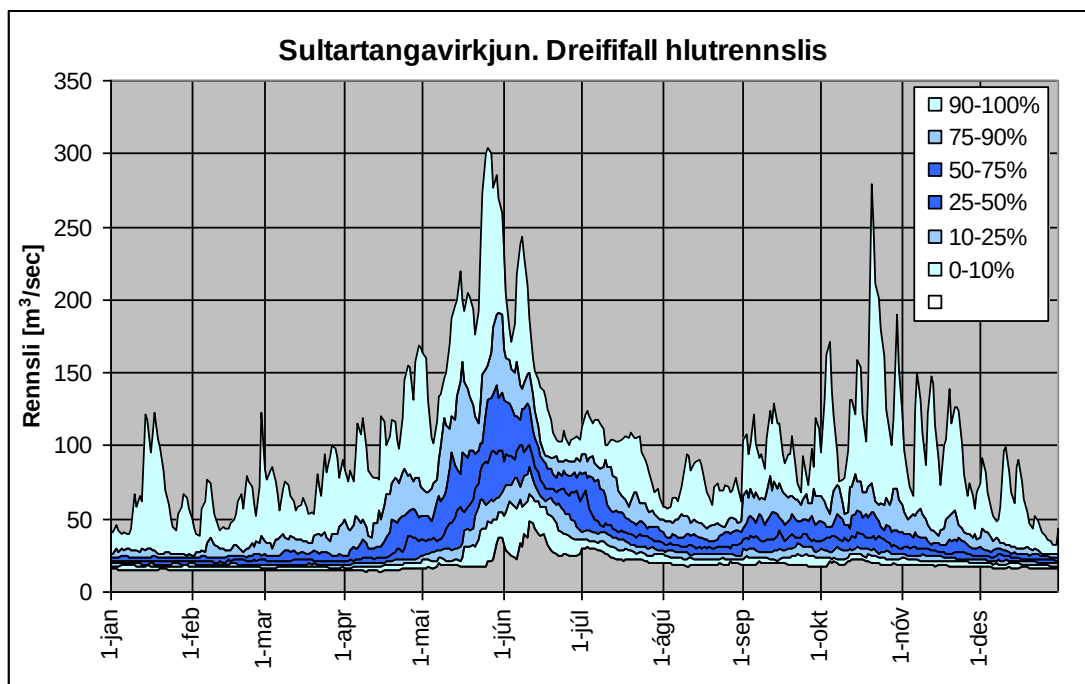
Myndasíða 12 Hrauneyjafossvirkjun, hlutrennsli



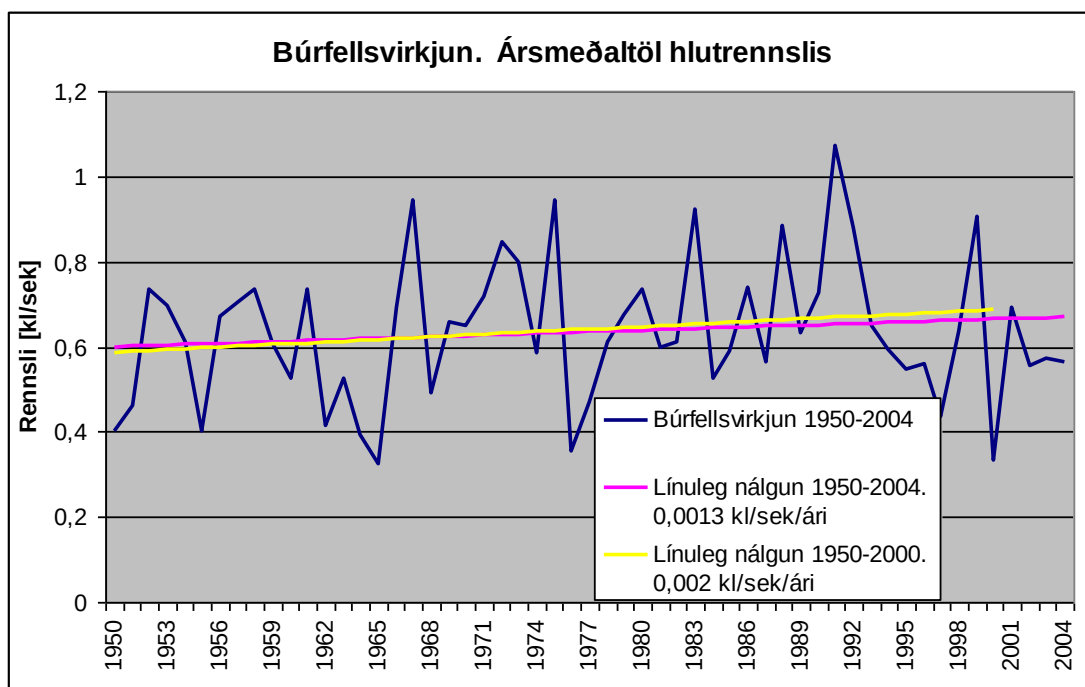
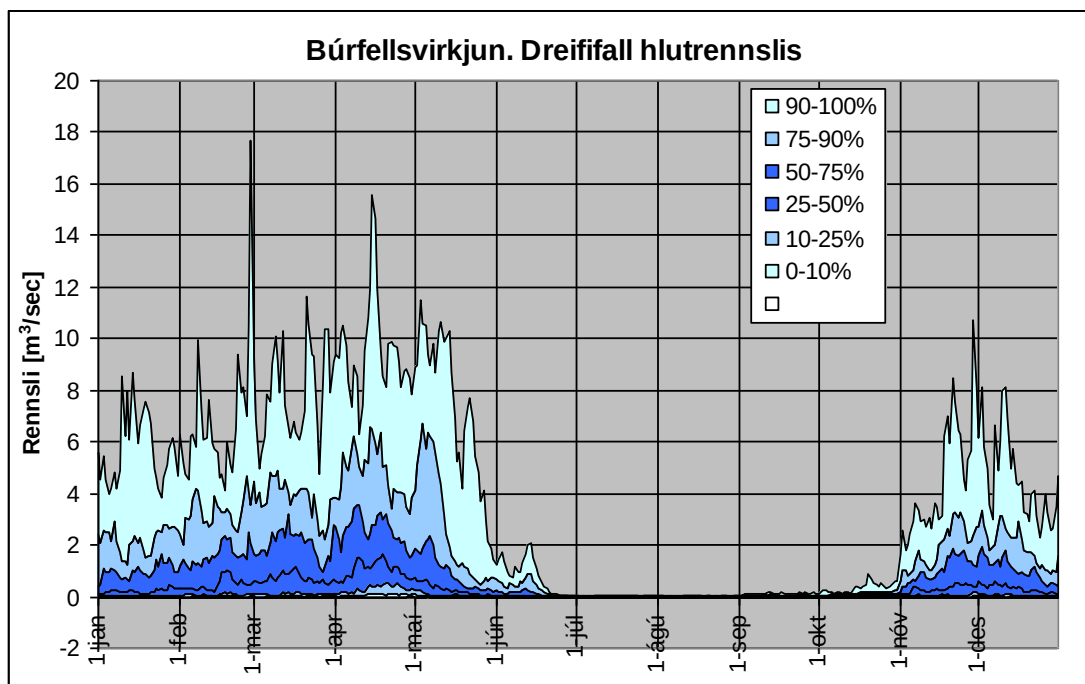
Myndasíða 13 Búðarhálsvirkjun



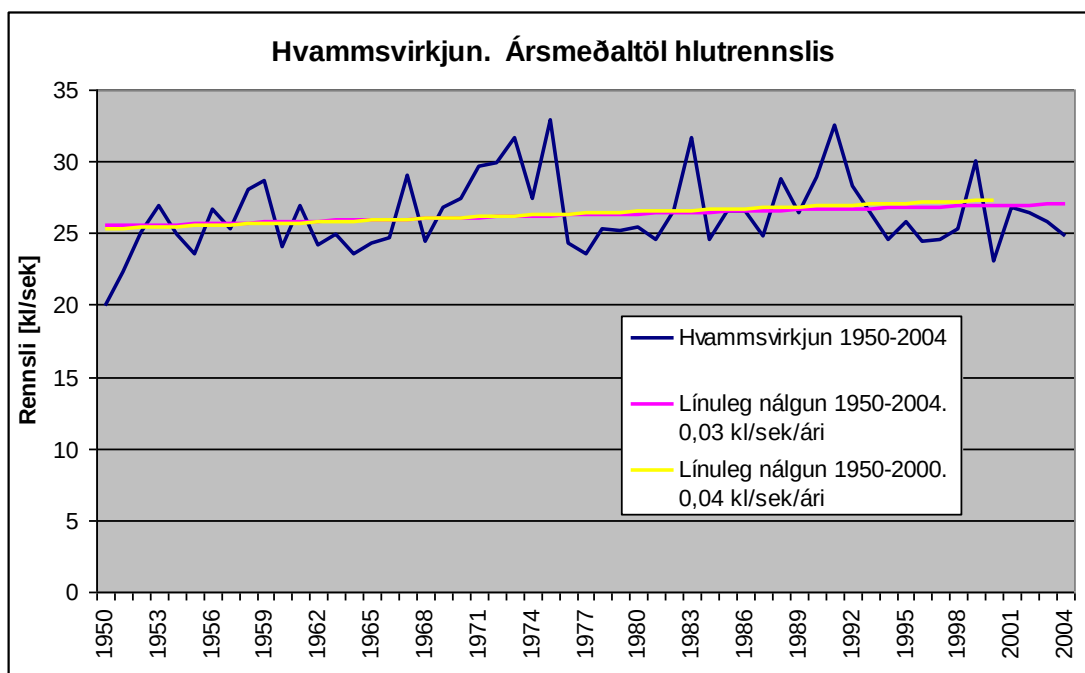
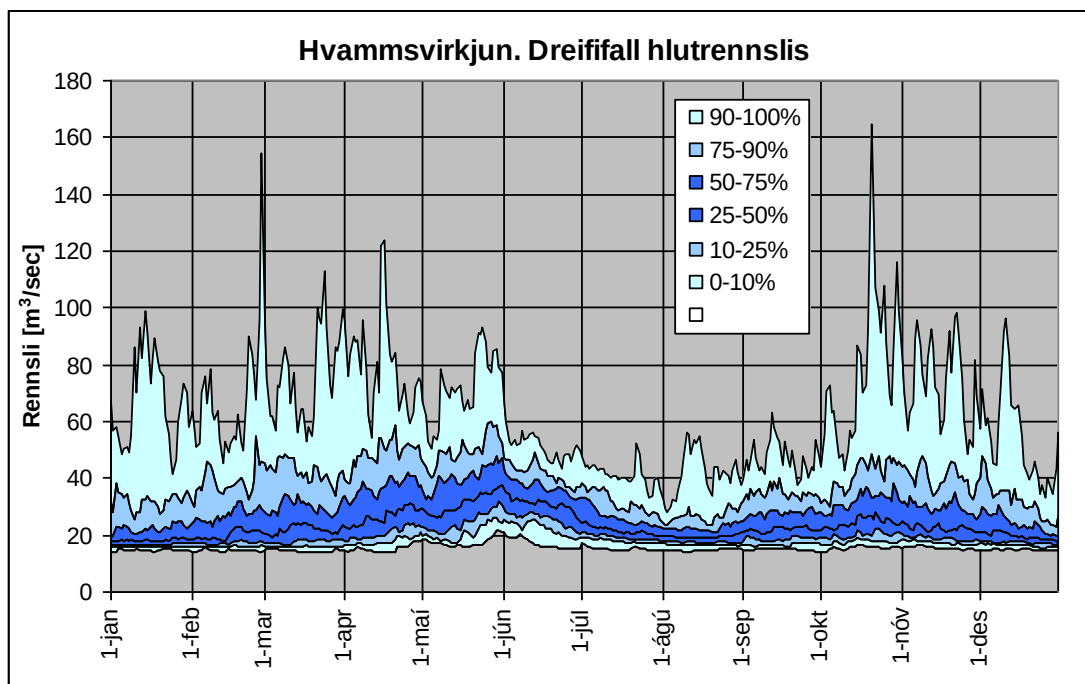
Myndasíða 14 Sultartangavirkjun, hlutrennsli



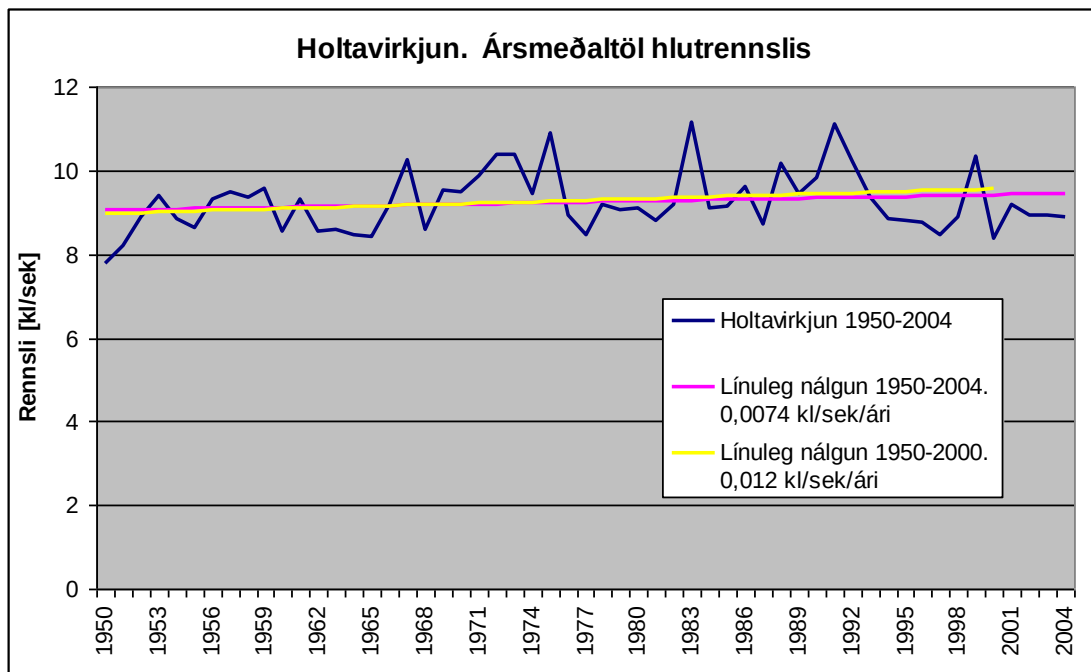
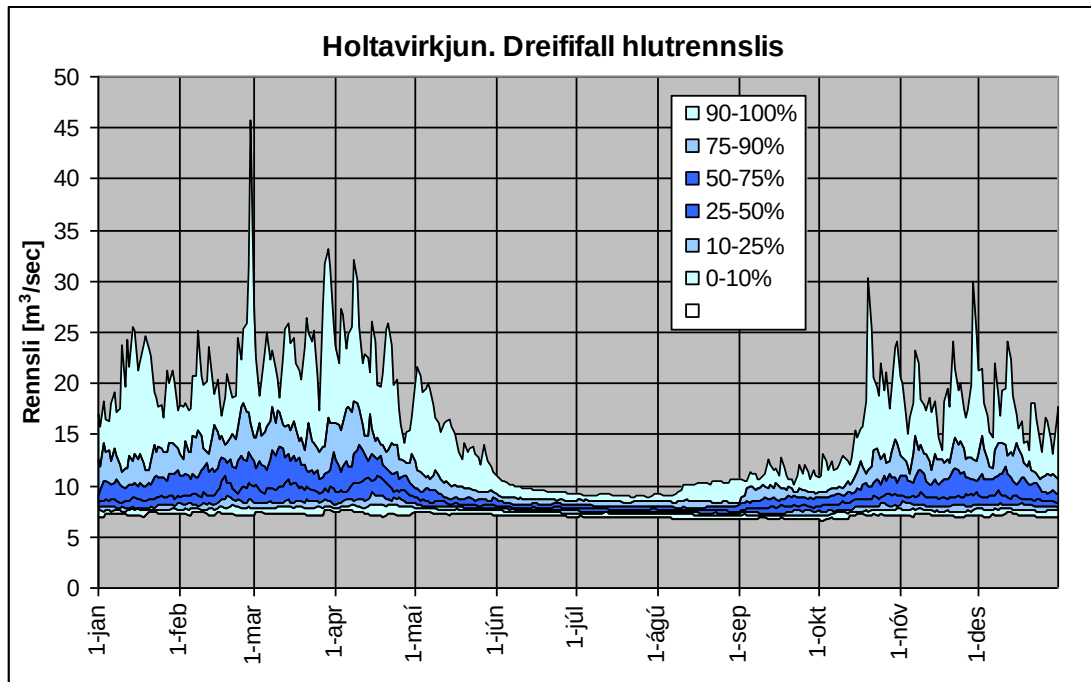
Myndasíða 15 Búrfellsvirkjun, hlutrennsli



Myndasíða 16 Hvammsvirkjun, hlutrennsli

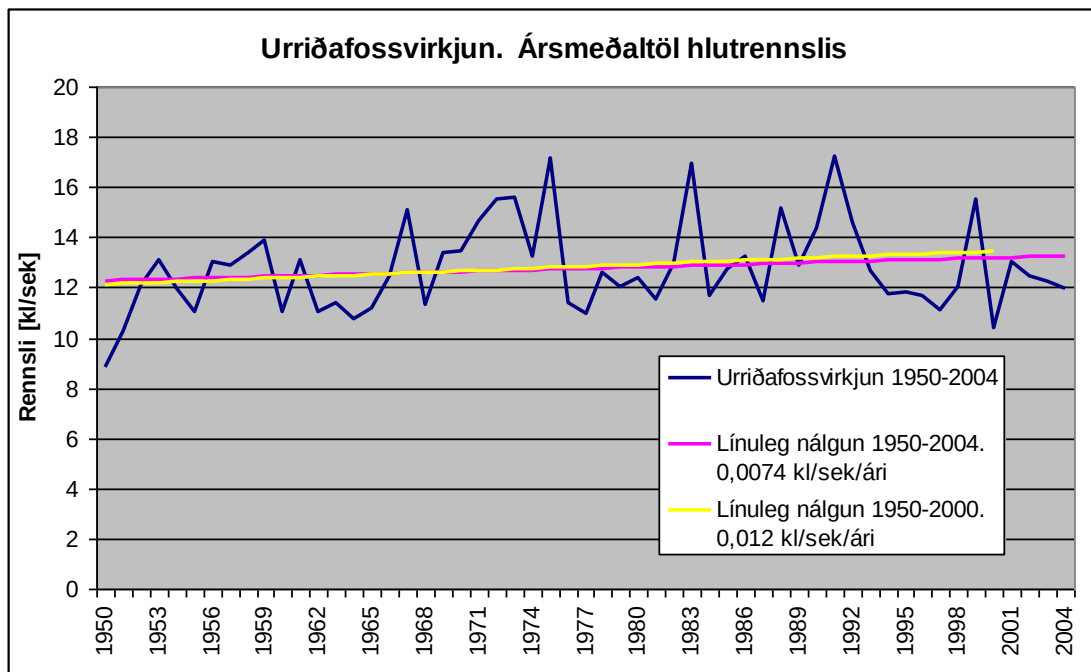
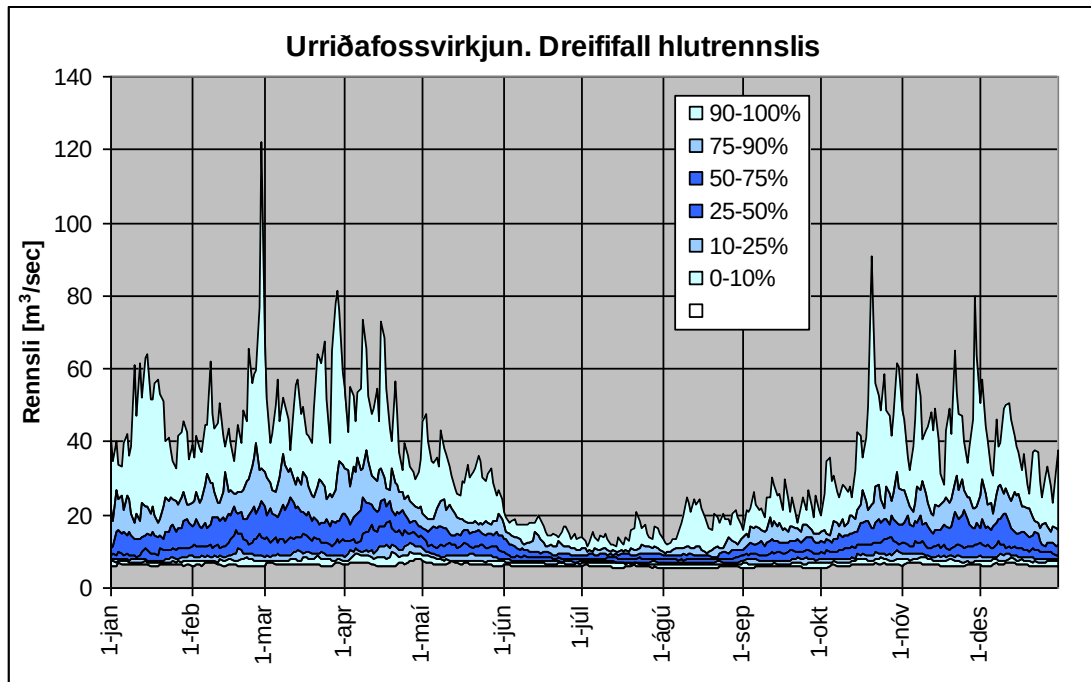


Myndasíða 17 Holtavirkjun, hlutrennslis

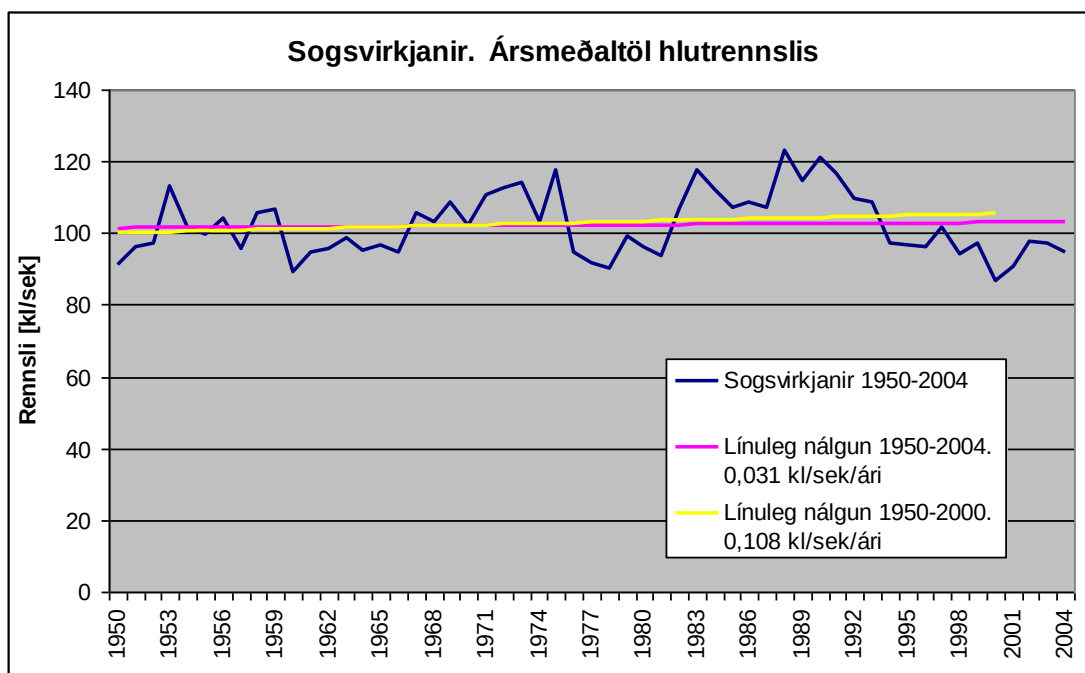
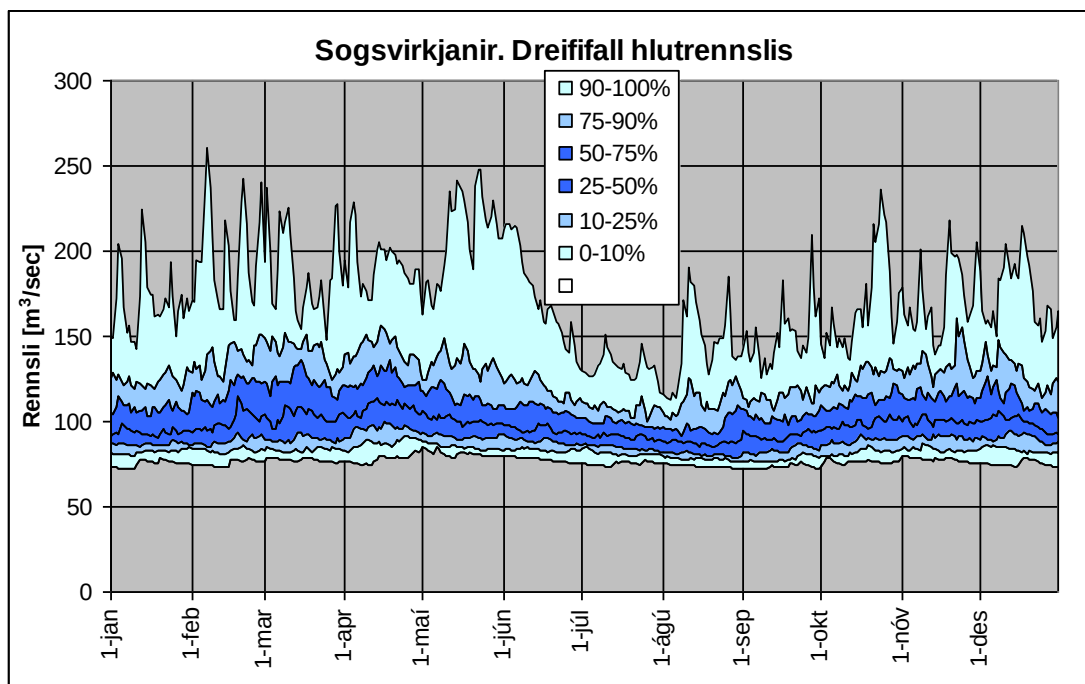


Myndasíða 18

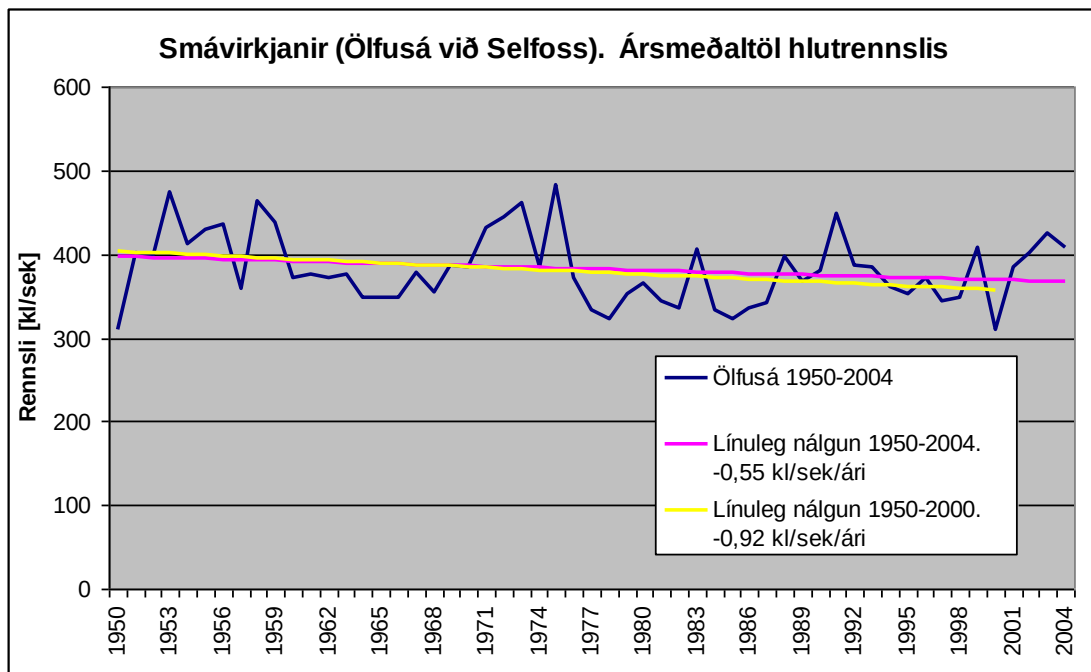
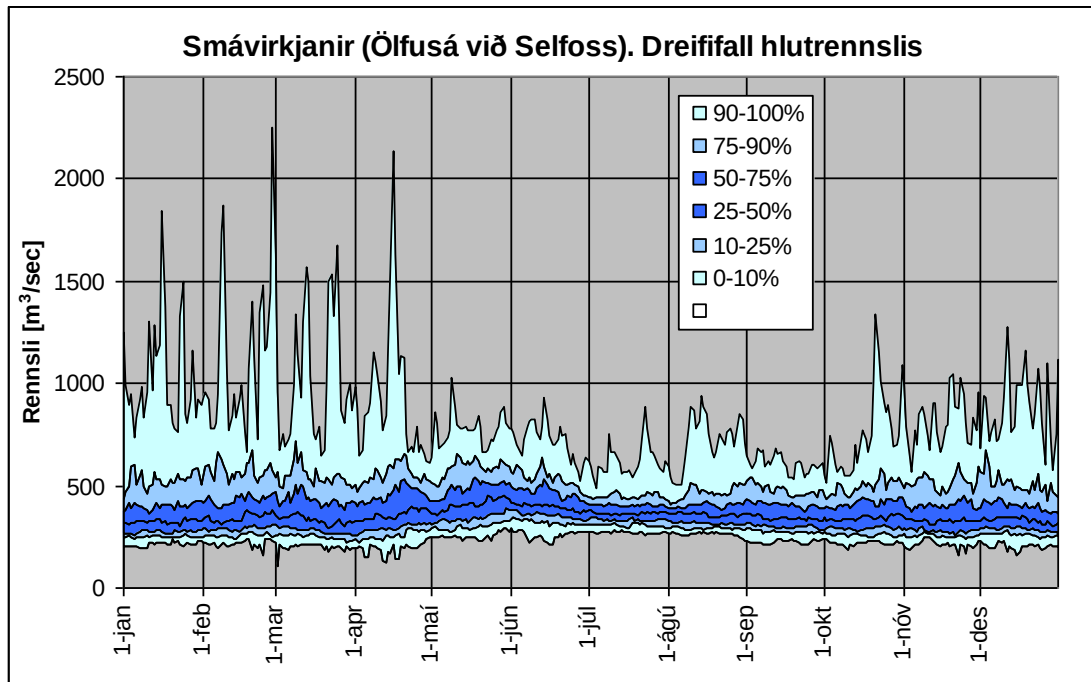
Urriðafossvirkjun, hlutrennsli



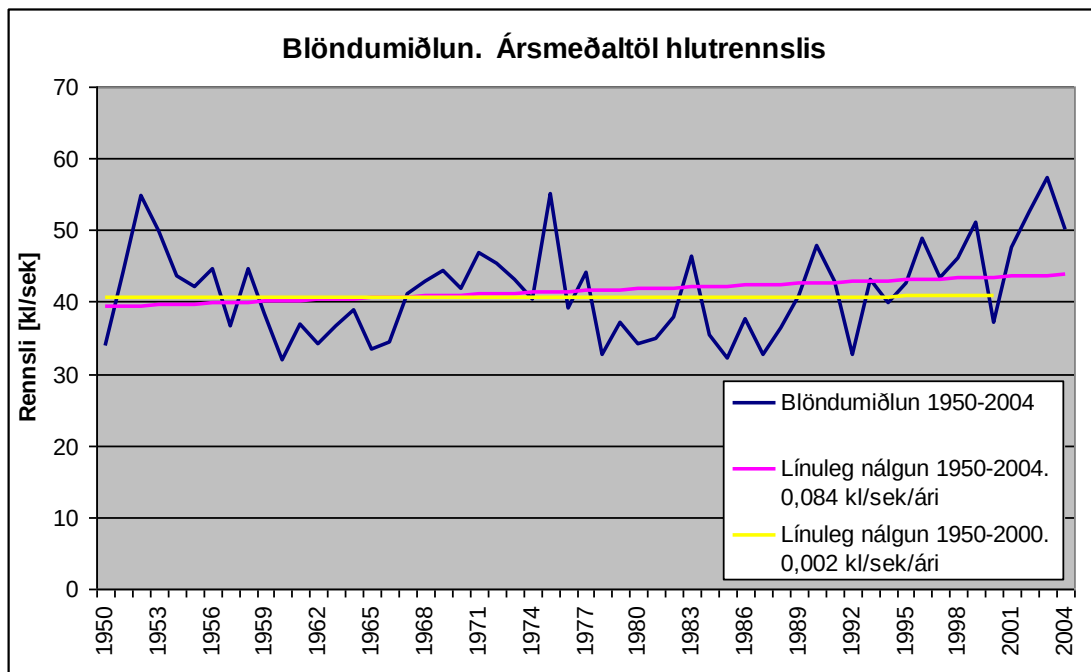
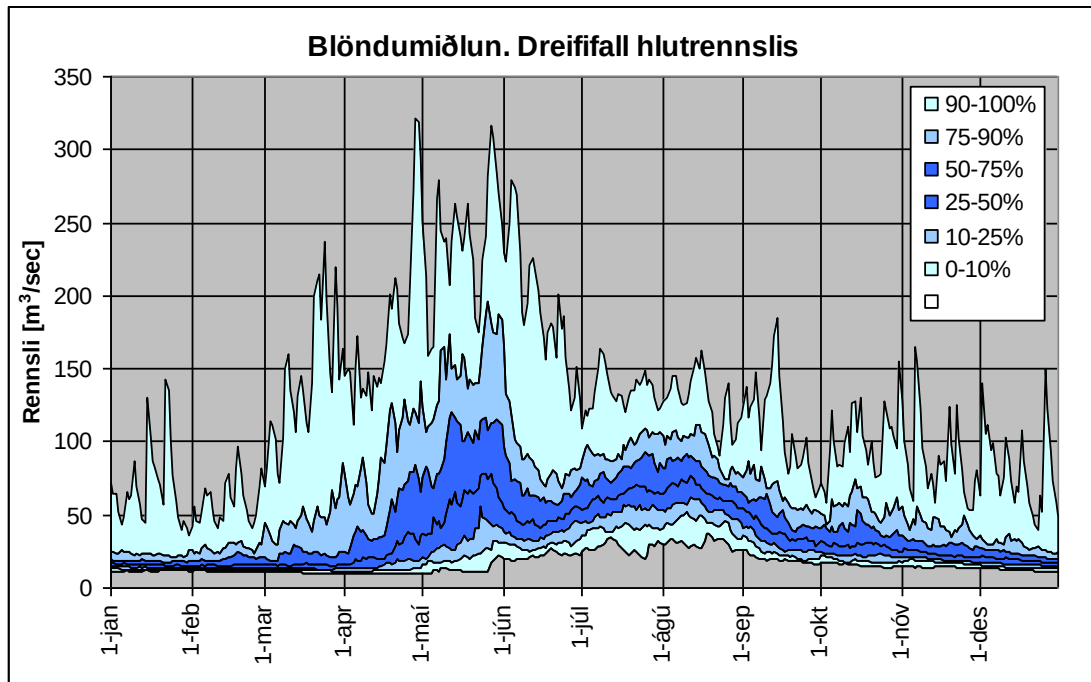
Myndasíða 19 Sogsvirkjanir



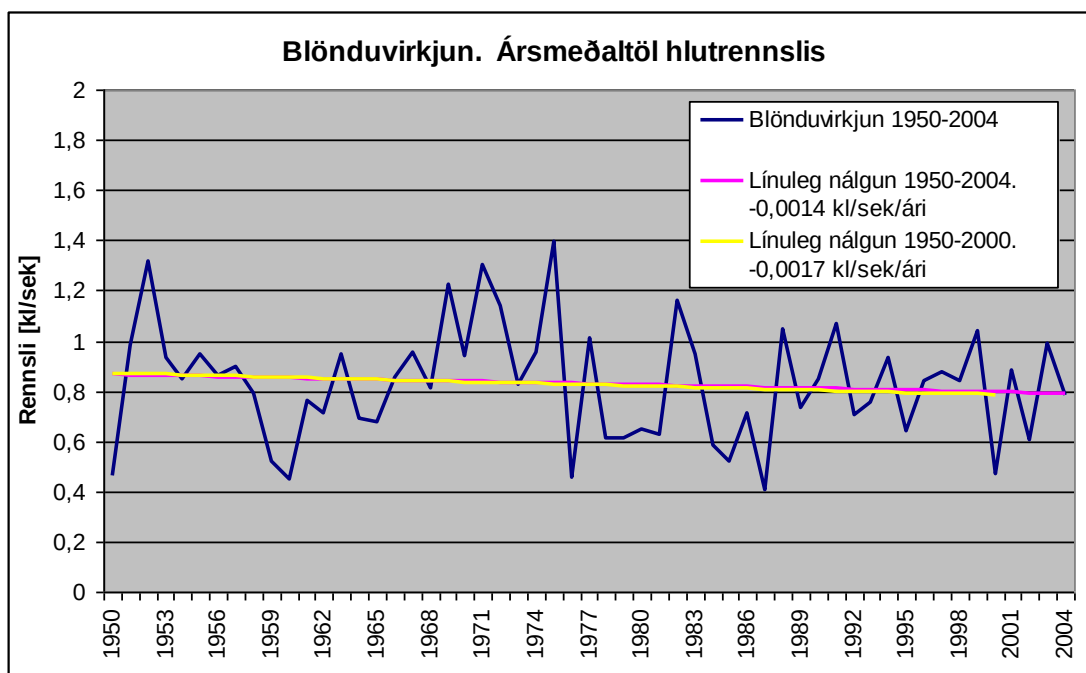
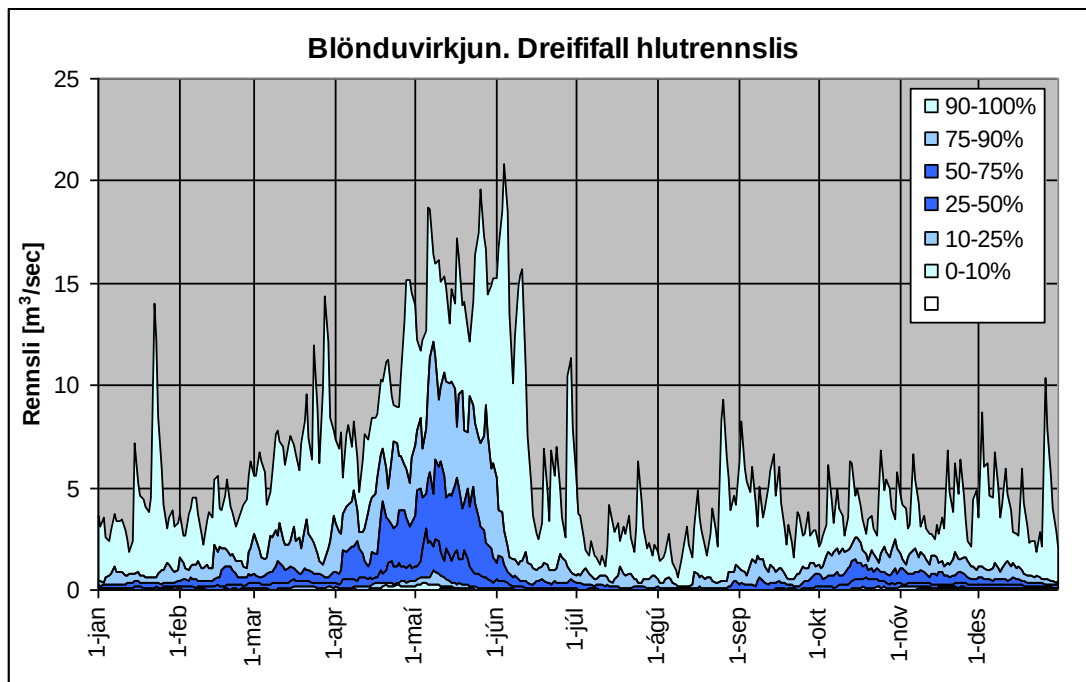
Myndasíða 20
Smávirkjanir (Ölfusá við Selfoss) , hlutrennsli



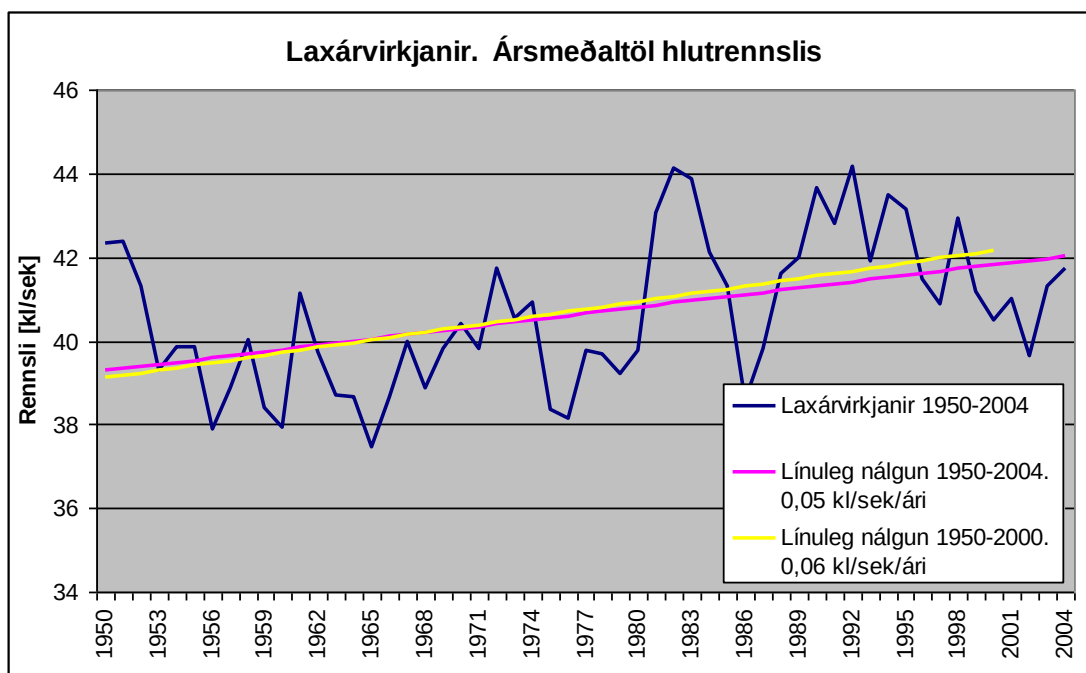
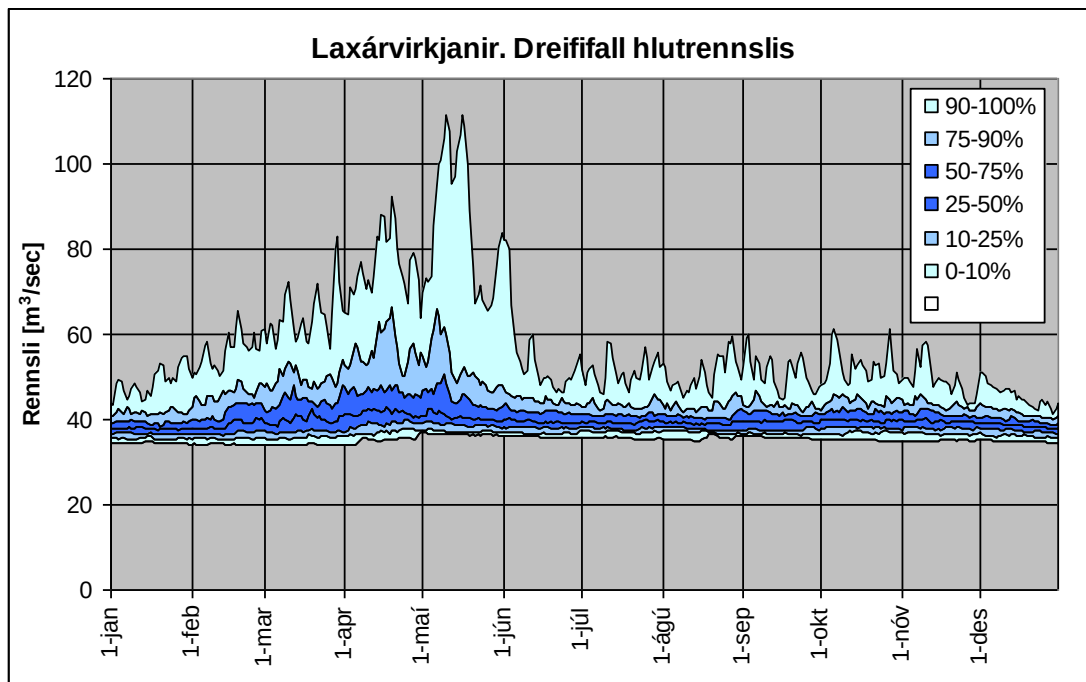
Myndasíða 21 Blöndumiðlun, hlutrennsli



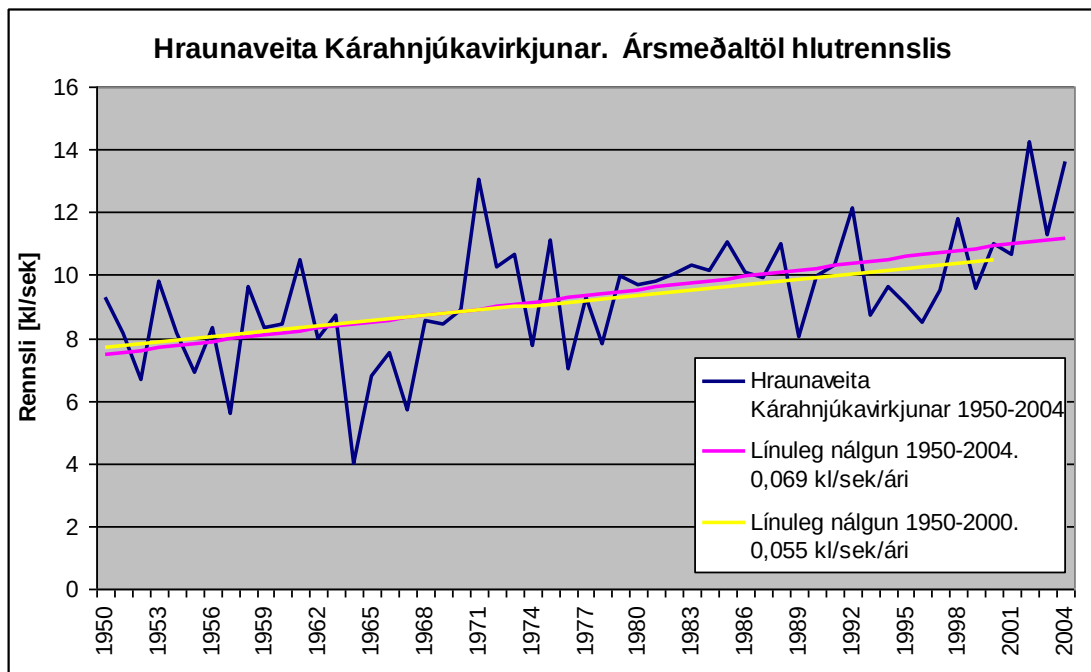
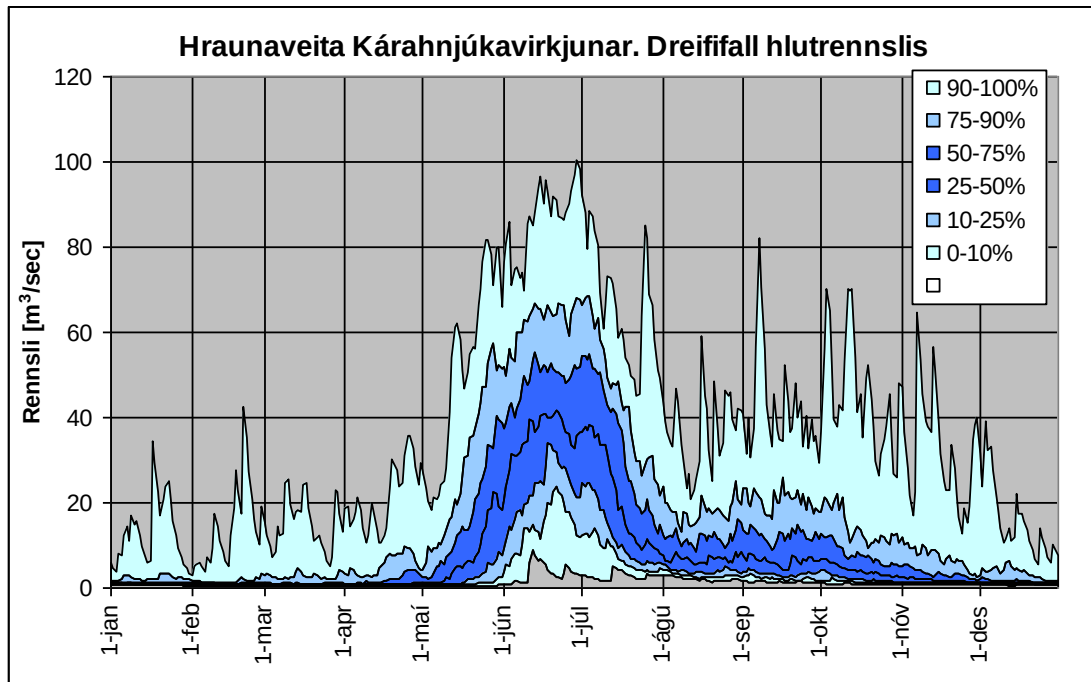
Myndasíða 22 Blönduvirkjun, hlutrennsli



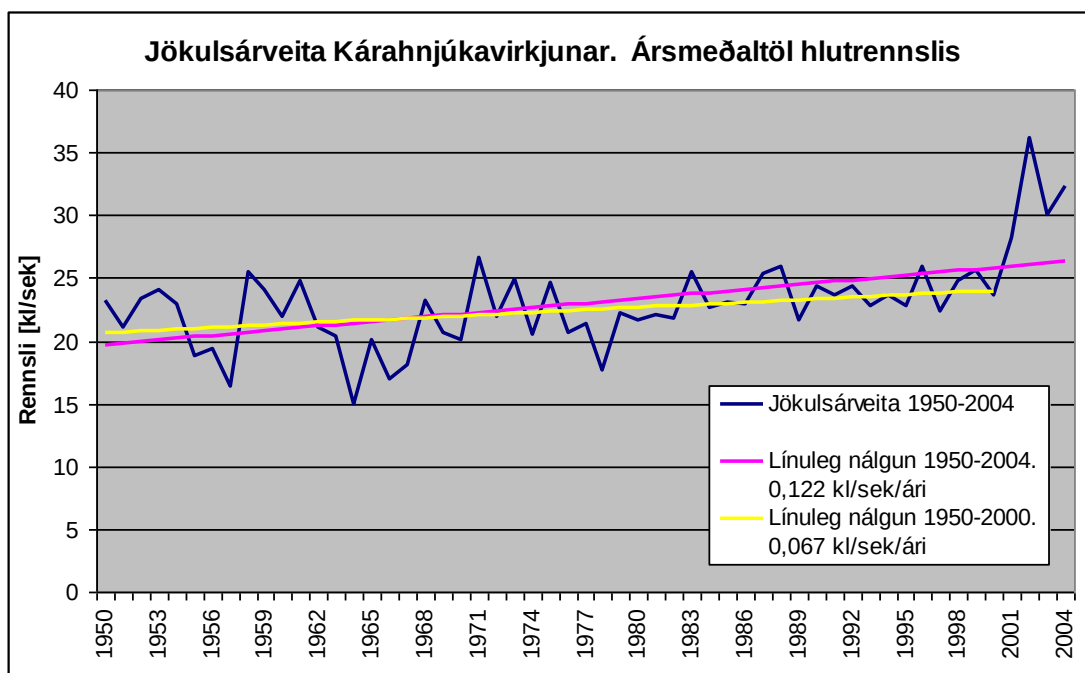
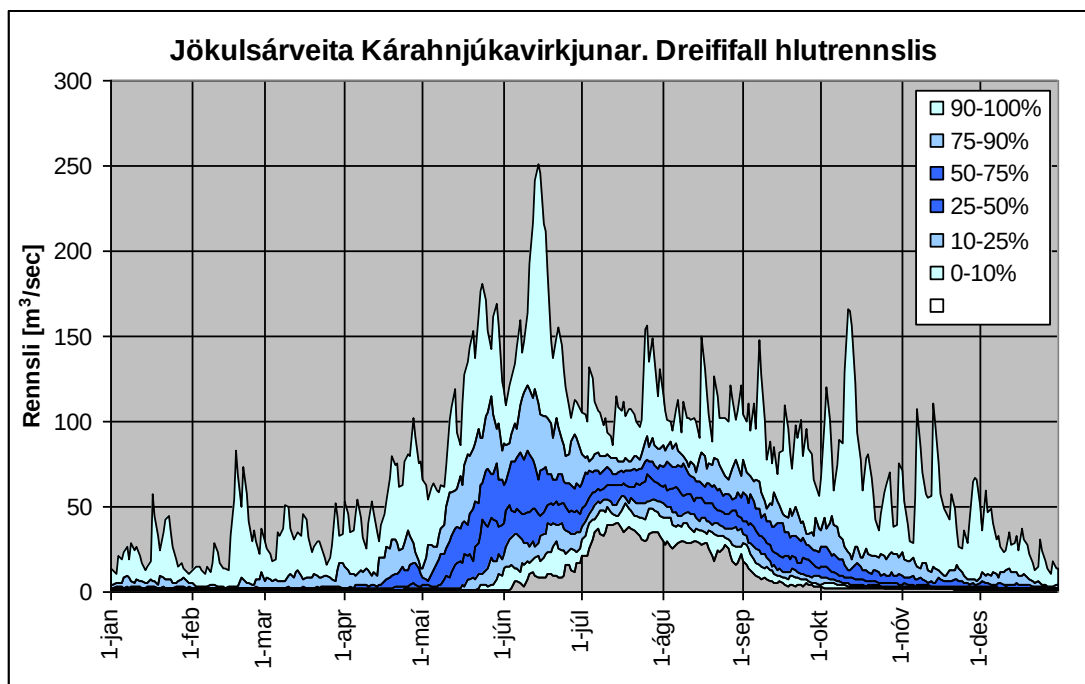
Myndasíða 23 Laxárvirkjanir, hlutrennsli



Myndasíða 24 Hraunaveita, hlutrennsli

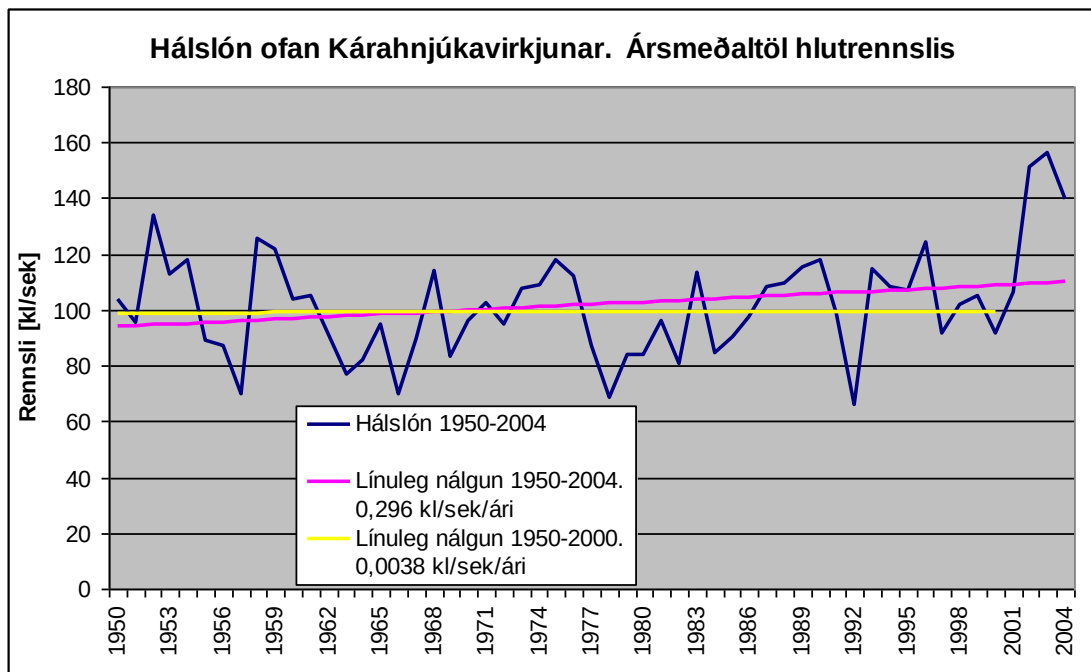
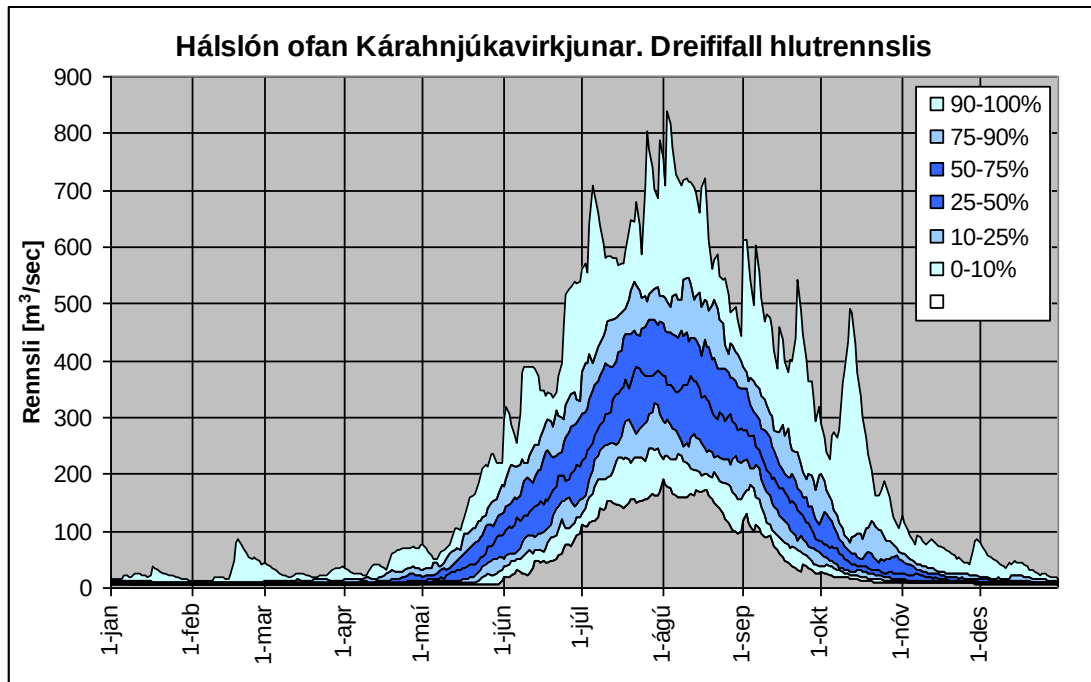


Myndasíða 25 Jökulsárveita, hlutrennsli

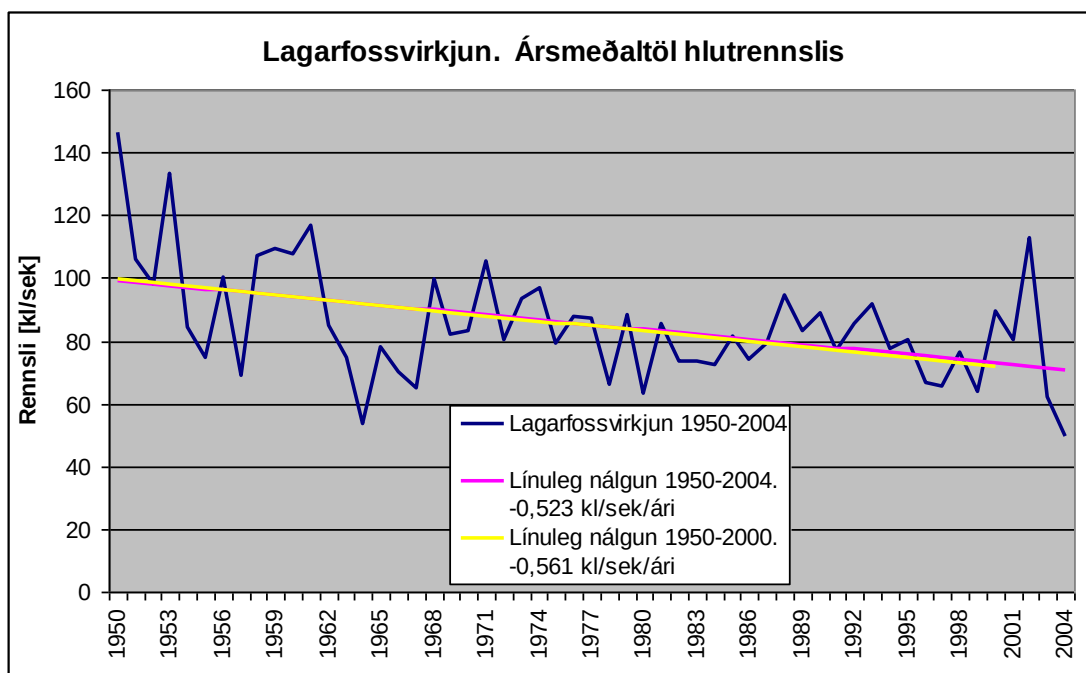
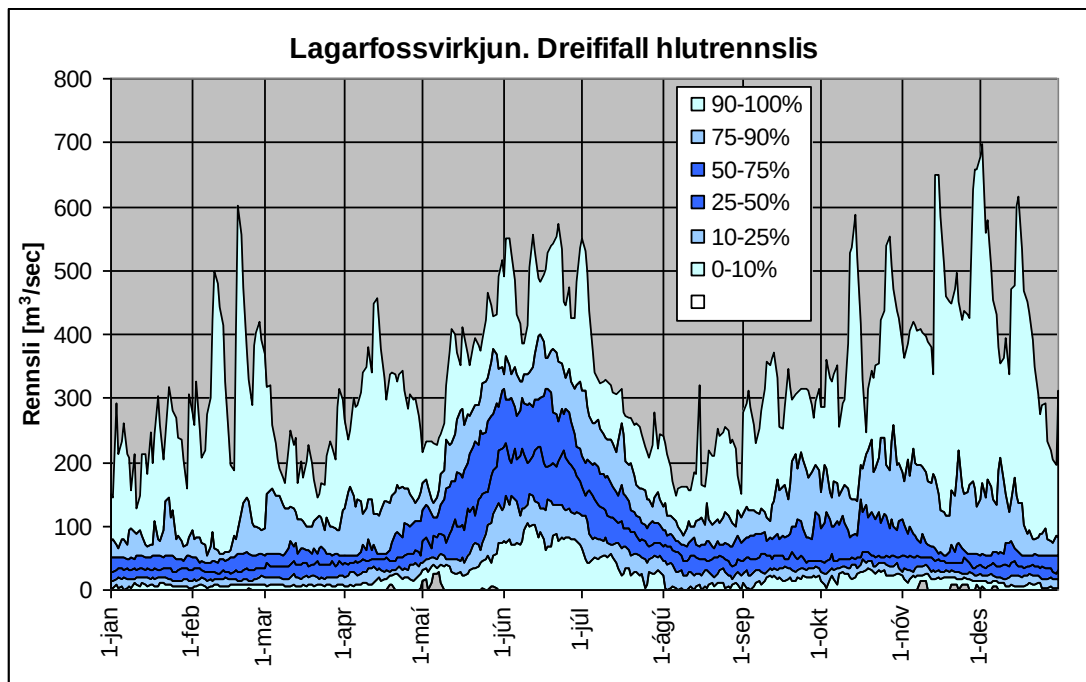


Myndasíða 26

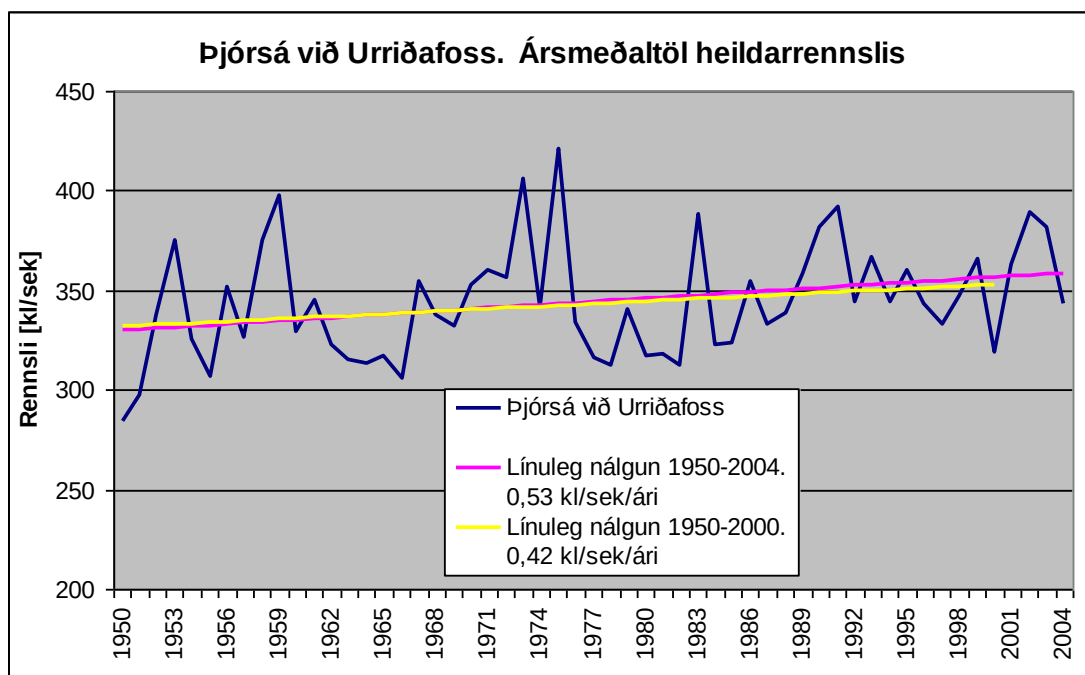
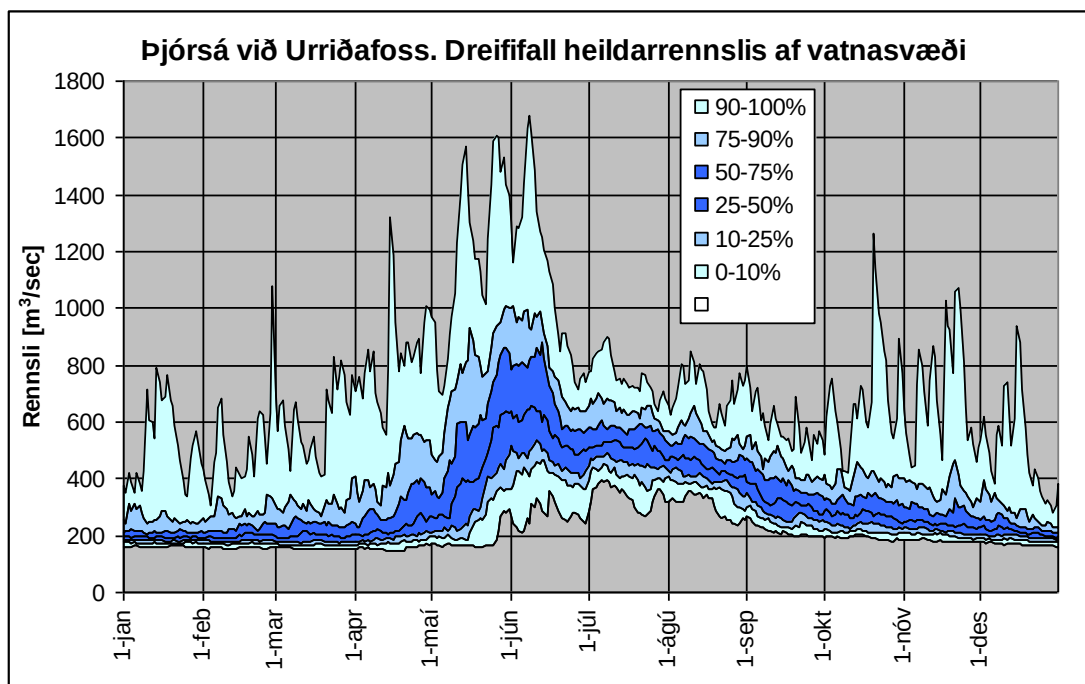
Háslón, hlutrennsli



Myndasíða 27 Lagarfossvirkjun, hlutrennslis

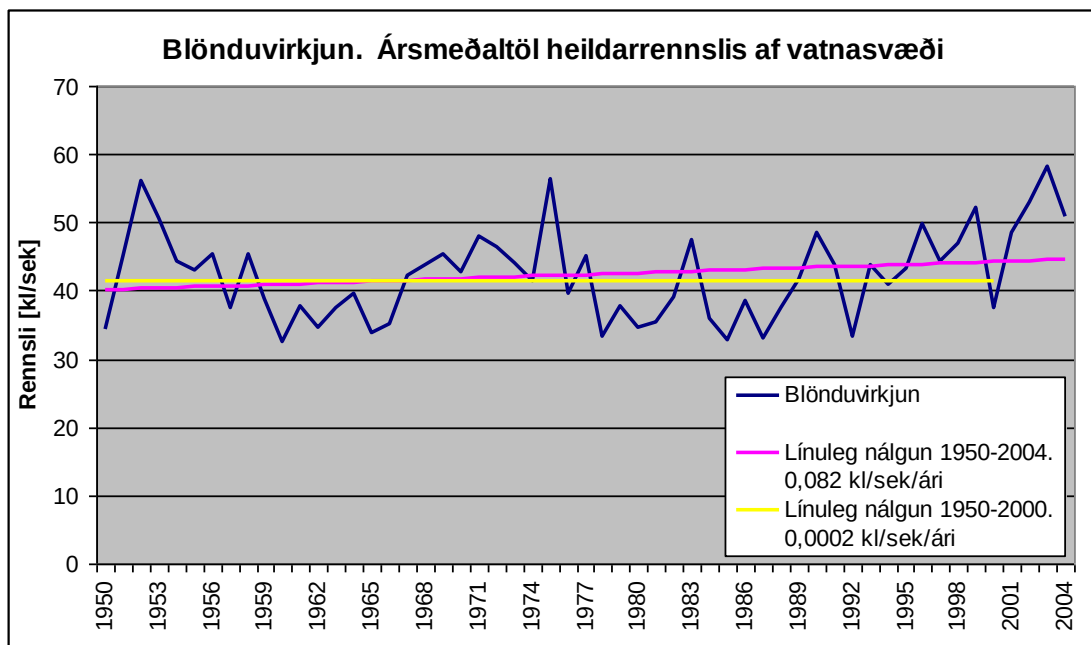
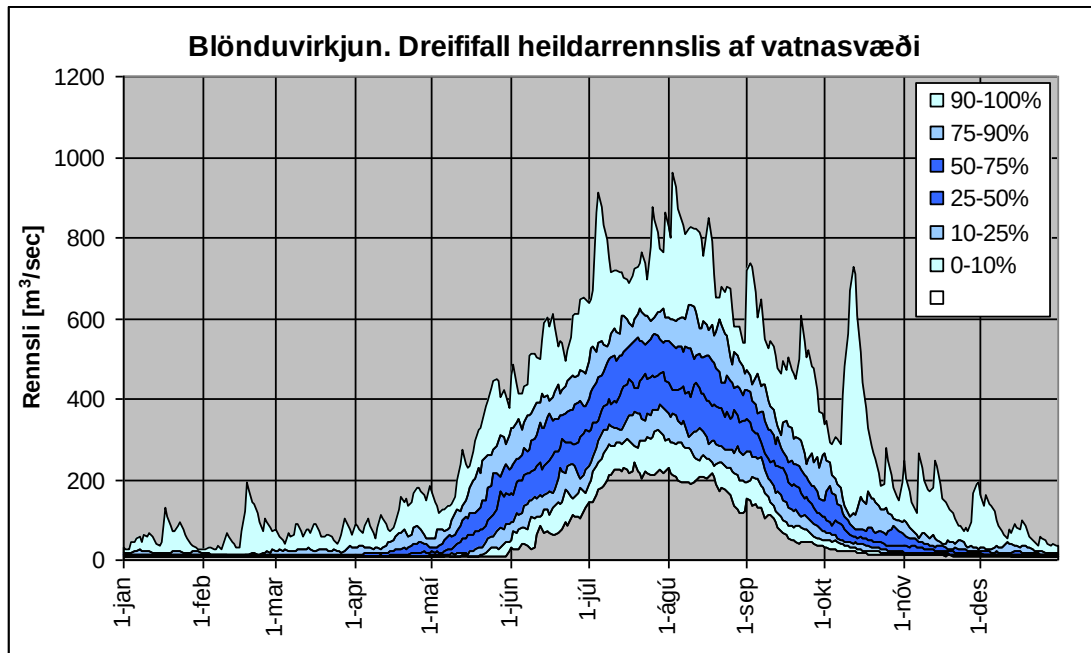


Myndasíða 28
Þjórsá við Urriðafoss, heildarrennslí



Myndasíða 29

Blönduvirkjun, heildarrennsli



Myndasíða 30 Kárahnjúkavirkjun, heildarrennslis

