



Landsvirkjun

Orkugeta raforkukerfisins og hlýnandi veðurfar

14.11.2006

Annað veldi ehf

Skúli Jóhannsson

**2.V
E
L
D
I**

Efnisyfirlit

	bls
Ágrip og helstu niðurstöður	3
Inngangur	5
Rennslisgögn	8
Rennslistilvik	13
Rennslisorka	17
Orkugeta	20
Aðrir rekstrarþættir	24
Heimildir	27
Viðauki. Rennslisraðir	28

Ágrip og helstu niðurstöður

Vatnsárin 1950-2000 eða 51 ár hafa til skamms tíma verið notuð við að meta orkugetu raforkukerfisins. Í júlí 2006 bættust við vatnsárin 2001-2004, sem eru vatnsrík og liggja nú fyrir 55 vatnsár eða vatnsárin 1950-2004.

Í heimild [01] var gerður tölfræðilegur samanburður á rennslisröðunum fyrir og eftir þessa viðbót og reynt að varpa ljósi á það “hvort nýjar upplýsingar leiði í ljós að hlýnandi veðurfar sé farið að valda auknu rennsli í íslenskum vatnsföllum sem virkjuð eru til raforkuframleiðslu”. Í þessari skýrslu er rennslisaukningin skoðuð nánar og athugað hvaða áhrif aukið rennsli mun hafa á orkugetu kerfisins.

Orkugeta er sá markaður sem kerfið á að geta annað með ákveðnum kröfum um öryggi afhendingar og ásættanlegan kostnað. Við undirbúning fjárfestinga eða skoðun á rekstri virkjunarkerfisins er orkugeta metin með hermunarlíkönum. Þar hafa jafnan verið notaðar rennslisraðir, sem reiknaðar hafa verið og eiga að líkjast mældum röðum sem mest. Gert ráð fyrir því að rennsli framtíðar muni hegða sér eins og rennsli fortíðar.

Athyglisvert er að raforkukerfið hefur ráðið afar vel við álagið, allt frá vetrinum 1981/1982 þegar verið var að ljúka byggingu Hrauneyjafossvirkjunar, eða í aldarfjórðung. Nánast engin hættu hefur verið á orkuskerðingu allan þennan tíma og hverfandi líkindi á því að vatnsmiðlanir tæmdust. Menn hafa stundum nefnt offjárfestingu sem skýringu, en breytt veðurfar er líka í myndinni.

Vísindamenn telja að veðurfar á jörðinni hafi verið að hlýna undanfarin 100 ár, einnig hér á landi og er það farið að koma fram sem aukið rennsli í rennslisröðum. Það samræmist þessu vel, að sú aukning stafar einkum af aukinni bráðnun jökla. Í greinargerðinni hér á eftir eru skoðuð nánar áhrif þessarar aukningar rennslis vatnsfalla á orkugetu.

Verkfræðistofan Vatnaskil ehf hefur reiknað nýjar rennslisraðir fyrir vatnsárin 1950-2004 út frá veðurfari eins og ætlað er að það verði árið 2010. Raðirnar taka tillit til hlýnandi veðurfars og er gert ráð fyrir fastri hitahækkun um 0,25°C/áratug. Í greinargerðinni er vísað í þessar nýju raðir sem rennslistilvik C. Tafla 1 sýnir aukningu í rennslisorku og orkugetu kerfisins eftir Kárahnjúkavirkjun og stækkun Lagarfossvirkjunar fyrir rennslistilvik C og einnig fyrir rennslistilvik B sem er 20 síðustu árin í reiknaðri/mældri rennslisröð. Líta má á rennslistilvik B sem vísbendingu um þá lágmarksbreytingu sem þegar er orðin vegna hlýnandi veðurfars.

Tafla 1.
Aukning orkugetu með hlýnandi veðurfari. GWh/ári

Orka	Rennslis- tilvik B	Rennslis- tilvik C
Rennslisorka	751	2.622
Orkugeta án flutningstakmarkana	437	963
Orkugeta með flutningstakmörkunum	446	898

Rennslistilvik B: Reiknaðar/mældar rennslisraðir. 1985-2004 eða 20 ár.

Rennslistilvik C: Rennslisraðir aðlagðar veðurfari árið 2010. 1950-2004 eða 55 ár

Orkugeta í kerfi Landsvirkjunar er 88-90% af rennslisorku, en ástæða þess að nýting viðbótarrennslis (mælt með rennslisorku) fyrir tilvik B og C er jafn lítið og kemur fram í töflu 9 er aflskortur í virkjunum og að einhverju leyti takmarkanir í flutningsgetu milli landshluta.

Til að setja tölurnar í töflu 1 í samhengi, þá er orkugeta 100 MW jarðgufustöðvar um 800 GWh/ári. 898 GWh/ári jafngildir um 5,3% aukningu á orkugetu landskerfisins eftir Kárahnjúkavirkjun og 446 GWh/ári jafngildir um 2,6% aukningu. Til samanburðar má geta þess að vísindamenn telja að rennsli vatnsfalla á Íslandi muni aukast um hugsanlega 25% frá miðri síðustu öld til ársins 2030 og um 100% til ársins 2100. Er það aðallega vegna hraðari bráðnunar jökla. Til að vinna raforku úr þessu aukna rennsli verða núverandi aflvélar fyrst fullnýttar og síðan þarf að bæta við fleiri og stærri aflvélum og að styrkja flutningskerfið í samræmi við það. Þetta er verkefni framtíðarinnar, ef spár ganga eftir.

Hækkað mat á orkugetu kerfisins, sem fæst með því að taka upp nýjar rennslisraðir, þýðir til dæmis að ef farið verður í stækkun álversins í Straumsvík, þá verður hægt að ganga til samninga um orkuafhendingu án þess að stækka Kröfluvirkjun um 40 MW eins og annars er ráðgert.

Inngangur

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 muni hegða sér eins og rennsli fortíðar. Með því er gert ráð fyrir því að rennsli megi lýsa með stöðugum tilviljanakenndum breytum ('stationary stochastic processes'), þ.e. að líkindadreifing rennslis breytist ekki með tíma.

Breyting á veðurfari getur haft mikil áhrif á rennsli vatnsfalla. 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 aðferðum við rekstrarathuganir í samræmi við það. Það yrði afdrifarík og umfangs-mikil endurskoðun á aðferðafræði sem hefur verið notuð hér á landi sleitulaust frá sjöunda áratugi síðustu aldar.

Í eftirfarandi er allt íslenska raforkukerfið tekið til athugunar, enda hvorki verið að skoða áhrif eignarhalds né viðskipta- og lagaumhverfis á nýtingu vatnsorku.

Við mat á nýjum rennslisröðum er miðað við rekstrarárið 2010 eða strax eftir að Kárahnjúkavirkjun (og stækkun Lagarfossvirkjunar) verður komin í fullan rekstur. Samkvæmt þessu verður samsetning raforkukerfis landsins eins og sýnt er í töflu 2.

Tafla 2
Raforkukerfið á Íslandi eftir Kárahnjúkavirkjun
Framleiðsla og markaður

	Vatnsafl	Jarðgufa	Annað	Samtals
Framleiðsla GWh/ári	12.204	4.723	176	17.103
	71,4%	27,6%	1,0%	100%

	Stóriðja	Almenn Notkun	Samtals
Markaður m/töpum GWh/ári	13.846	3.257	17.103
	81,0%	19,0%	100%

'Annað' er skerðing afgangsorku, olíuvinnsla og skerðing forgangsorku

Eins og fram kemur í töflunni er stóriðja yfirgnæfandi á orkumarkaðnum með 81% af orkunotkun.

Jarðhitahluti raforkukerfisins, sem annar um 28% af orkuframleiðslunni, 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 sem er takmarkað við það, að ekki gangi nema hæfilega á auðlindina.

Vatnsaflshlutinn, sem annar um 71% af orkuframleiðslunni, er hins vegar orkuhannaður. Þar er hinn takmarkandi þáttur aðstreymi vatns sem stjórnast af ákomu, grunnvatnsstöðu, snjóalögum og bráðnun jökla meðan miðlanir skammta vatn eftir þörfum. Uppsett afl vatnsaflsvirkjana er þá hannað til að geta tekist á við afltopp ársins með fullu öryggi, en mestan hluta ársins er fyrir hendi umframafli. Hægt er að grípa til ónotaðs vatnsafls samstundis (snúandi varaafli) eða með stuttum fyrirvara (varaafli). Með auknu rennsli vegna hlýnandi veðurfars og meiri raforkuframleiðslu starfandi virkjana er gengið á þetta varaafli.

Varaafllhluti kerfisins, eða 'Annað' í töflu 2, er aflhannaður en óverulegur, eða aðeins um 1%. Ólíustöðvar eru enn til staðar víða um land vegna hættu á skamm-tíma aflskorti við bilanir, t.d. í flutningskerfinu. Þörf á varaafli í einstökum landshlutum gæti þó aukist í framtíðinni ef veruleg takmörk verða í flutningskerfinu milli landshluta.

Samlegðaráhrif orkuhannaðs vatnsaflskerfis og aflhannaðs jarðhitakerfis eru með ýmsum hætti:

- Með hlutfallslegi meiri jarðvarma er minni hættu á skerðingu forgangsorku ef miðlanir tæmast. Vatnsskortur á yfirborði jarðar hefur ekki áhrif á upptöku jarðgufu á 2-2,5 km dýpi í jörðu, sem er dýpt borhola á háhitasvæðum. Með samkeyrslu vatnsaflsins og jarðhitaafslsins minnkar þörf fyrir ólíustöðvar vegna hættu á langtíma orkuskorti.
- Jarðhitavirkjanir henta best fyrir jafna framleiðslu allt árið, meðan vatnsaflskerfi með vatnsmiðlunum er sveigjanlegra til að takast á við síbreytilegt álag. Vatnsaflsvirkjanir eru því nauðsynlegar í samrekstri við jarðhitavirkjanir. Samrekstur þessara kerfishluta, sem oftast eru í eigu mismunandi aðila, er því hagkvæmur eftir því sem viðskiptahættir í markaðsvæddu raforkukerfi gefa tilefni til.
- Í vatnsaflri er erfitt að áfangaskipta mörgum helstu framkvæmdum eins og stíflum og göngum, svo yfirleitt er best að fullnýta orku hvers virkjunarstaðar í einum áfanga. Áfangaskipting í samræmi við jafnan vöxt markaðar er hins vegar mun auðveldari með jarðvarmavirkjunum, án þess að hagkvæmni skerðist að ráði.

Sérstaða íslenska raforkukerfisins, sem gerir kerfið einstakt sinnar tegundar í heiminum, felst í því, að þessum samlegðaráhrifum þarf að ná fram þó svo að aðföng orkukerfisins, vatnsrennsli og jarðgufa, séu án afgjalds. Til þess þarf að beita reiknilíkönunum til að henda reiður á breytilegri kostnaðarmyndun (skuggaverði) og væri þá hægt að taka mið af því í viðskiptum í markaðsvæddu raforkukerfi. Erlendis eru það mismunandi vélfræðilegir eiginleikar, ásamt afar mismunandi eldneytiskostnaði, sem

¹ Á ýmsum jarðhitasvæðum erlendis t.d. á Geysir-svæðinu í Kaliforníu eru afköst vélbúnaðar (1200 MW) hins vegar töluvert meiri en það afl, 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 með fjölgun borhola og einnig hefur svæðið verið að róast.

mestu ráða um kostnaðarmyndun á framboðshlið raforkumarkaða. 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. Ákvörðun um að taka upp nýjar rennslisráðir með auknu rennsli frá því sem fyrir var, leiðir til þess að endur-skoða þarf uppsett afl virkjana. Líklegt er að hagkvæmt gæti orðið að auka uppsett afl þeirra virkjunarkosta, sem nú eru á hönnunarstigi.

Í greinargerðinni er fyrst fjallað um rennslisgögn og stillt upp þremur rennslis-tilvikum. Þá er fjallað um rennslisorku og orkugetu og að lokum um ýmsa athyglis-verða rekstrarþætti sem hermilíkanið reiknar út. Notað er hermilíkan Landsvirkjunar, HYENA “HYdro ENergy simulAtor”, sem Annað veldi ehf hefur þróað.

Rennslisgögn

Nýjar rennslisraðir fyrir vatnsárin 1950-2004 komu út hjá rennslisgagnanefnd 1.7.2006. Með því bættust við fjögur ár, árin 2001-2004.

Rennslisgögnin eru í formi heildarrennslis á mælistöðum. Reiknað var út hlutrennslis á virkjunarstöðum. Tafla 3 sýnir tölfræðilega eiginleika þeirra rennslisraða, sem mest eru notaðar í rekstrarhermunum.

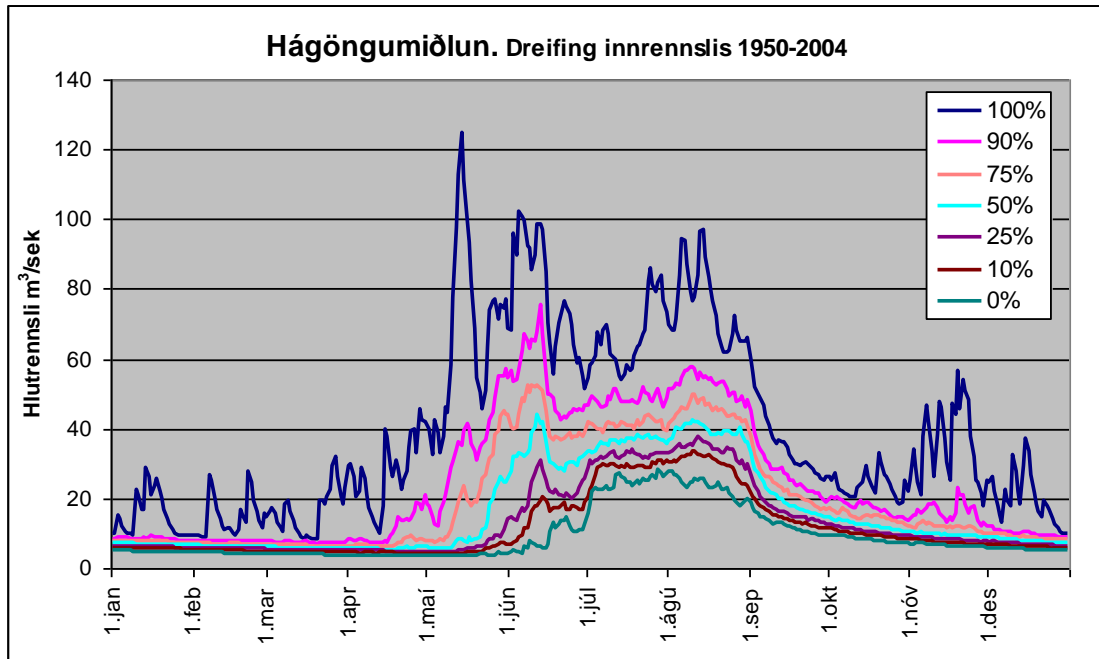
Tafla 3
Hlutrennslis

Hlutrennslis	Meðal- ársrennslis m ³ /sek	Staðal- frávik m ³ /sek	Breyti- leiki	Skakki dreifingar
Háganga	17,4	2,8	16,2%	0,58
Kvíslaveita 5	44,1	4,8	10,8%	0,62
Þórisvatn	28,8	3,1	10,9%	0,49
Vatnsfell	0,0	0,0		
Sigalda	86,1	6,5	7,6%	0,56
Hrauneyjafoss	4,0	0,7	17,8%	0,08
Sultartangi	114,9	10,3	8,9%	0,44
Búrfell	0,6	0,2	26,3%	0,32
Sog	102,2	8,8	8,6%	0,48
Smávirkanir (Ölfusá)	381,9	42,3	11,1%	0,49
Blöndumiðlun	41,5	6,4	15,4%	0,43
Blönduvirkjun	0,8	0,2	27,7%	0,28
Laxa I-III	40,6	1,8	4,3%	0,25
Hraunaveita	9,3	1,9	20,6%	-0,04
Jökulsárveita	23,0	3,6	15,7%	0,87
Kárahnjúkar	101,9	19,2	18,8%	0,53
Lagarfoss	85,0	18,3	21,6%	0,91

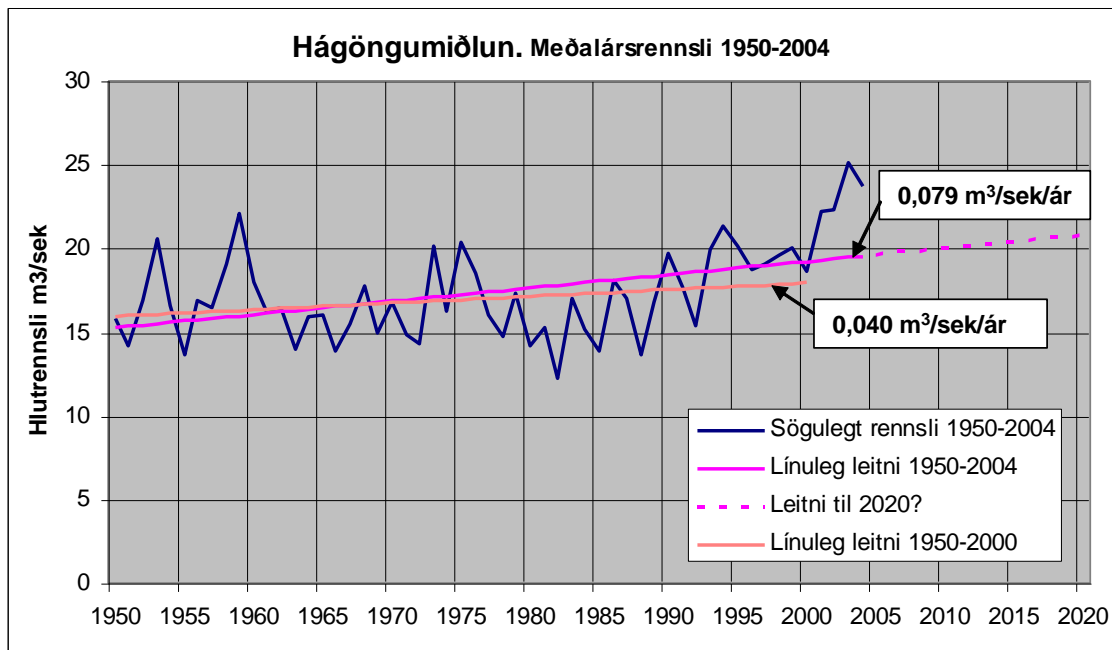
Í fremsta dálki er sýnt meðalársrennslis (1. mómentið) og í næsta dálki staðalfrávik þess (2. mómentið). Breytileiki (coefficient of variation) er = staðalfrávik / meðalrennslis. Skakkin (3. mómentið) er í flestum tilvikum > 0 sem þýðir að vatnsrík ár eru fjær meðaltalinu en þurr ár, eins og jafnan tíðkast um rennslisraðir.

Fyrsta rennslisröðin í töflu 3 er hlutrennsli Hágöngumiðlunar. Mynd 1 sýnir dreifingu rennslisins fyrir alla daga ársins og mynd 2 sýnir ársrennslið fyrir öll vatns-árin 55, 1950-2004. Á mynd 2 eru teiknaðar leitnilínur (trend) sem gefa vísbendingu um að rennslið hafi verið að aukast jafnt og þétt allt tímabilið. Leitni upp á 0,079 m³/sek/ár þýðir 4,3 m³/sek aukningu á 55 árum frá 1950-2004 eða sem nemur um 28%. Síðustu fjögur árin 2001-2004 hafa veruleg áhrif til aukningar eins og kemur fram á myndinni.

Mynd 1
Dreifing innrennslis Hágöngumiðlunar



Mynd 2
Meðalársinnrennsli Hágöngumiðlunar



Línuleg leitni fyrir alla rennslisstaði er sýnd í töflum 4.a-4.c, tafla 4.a fyrir 55 árin 1950-2004, tafla 4.b fyrir 51 árin 1950-2004 og tafla 4.c fyrir 45 árin 1960-2004.

Tafla 4.a
Línuleg leitni og áreiðanleiki
55 ára mældra/reiknaðra rennslisraða 1950-2004

Hlutrennsli	Línuleg leitni m ³ /sek/ári	% af meðal- rennsli	R ²	Áreiðan- leiki
Hágöngumiðlun	0,079	0,46%	20,4%	99,8%
Kvíslaveita 5	0,083	0,19%	7,7%	96,2%
Þórisvatn	0,046	0,16%	5,6%	88,3%
Sigölduvirkjun	0,029	0,03%	0,5%	70,4%
Hrauneyjafossvirkjun	0,020	0,50%	20,5%	99,9%
Sultartangavirkjun	0,219	0,19%	11,7%	99,1%
Búrfellsvirkjun	0,001	0,20%	1,6%	25,0%
Sogsvirkjanir	0,031	0,03%	0,3%	38,9%
Smásvirkjanir (Ölfusá)	-0,554	-0,15%	4,4%	74,9%
Blöndumiðlun	0,084	0,20%	4,4%	86,9%
Blönduvirkjun	-0,001	-0,17%	1,0%	44,8%
Laxárvirkjanir	0,051	0,12%	21,3%	99,7%
Hraunaveita	0,069	0,74%	33,1%	100%
Jökulsárveita	0,122	0,53%	29,7%	100%
Kárahnjúkavirkjun	0,296	0,29%	6,1%	87,3%
Lagarfossvirkjun	-0,523	-0,61%	20,9%	99,8%

Tafla 4.b
Línuleg leitni og áreiðanleiki
51 ára mældra/reiknaðra rennslisraða 1950-2000

Hlutrennsli	Línuleg leitni m ³ /sek/ári	% af meðal- rennsli	R ²	Áreiðan- leiki
Hágöngumiðlun	0,040	0,24%	6,5%	91,2%
Kvíslaveita 5	0,047	0,11%	2,4%	77,1%
Þórisvatn	0,076	0,26%	12,4%	98,6%
Sigölduvirkjun	-0,020	-0,02%	0,2%	11,6%
Hrauneyjafossvirkjun	0,029	0,71%	33,7%	100%
Sultartangavirkjun	0,172	0,15%	6,6%	95,1%
Búrfellsvirkjun	0,002	0,31%	3,1%	51,5%
Sogsvirkjanir	0,108	0,11%	3,3%	81,7%
Smásvirkjanir (Ölfusá)	-0,920	-0,24%	10,0%	96,1%
Blöndumiðlun	0,002	0,00%	0,0%	15,5%
Blönduvirkjun	-0,002	-0,19%	1,1%	48,4%
Laxárvirkjanir	0,061	0,15%	24,8%	99,8%
Hraunaveita	0,055	0,61%	22,7%	100%
Jökulsárveita	0,067	0,30%	14,6%	100%
Kárahnjúkavirkjun	0,004	0,00%	0,0%	26,7%
Lagarfossvirkjun	-0,561	-0,65%	22,4%	99,6%

Tafla 4.b
Línuleg leitni og áreiðanleiki
45 ára mældra/reiknaðra rennslisraða 1960-2004

Hlutrennsli	Línuleg leitni m ³ /sek/ári	% af meðal- rennsli	R ²	Áreiðan- leiki
Hágöngumiðlun	0,134	0,77%	37,2%	100,0%
Kvíslaveita 5	0,129	0,29%	13,7%	98,2%
Þórisvatn	-0,008	-0,03%	0,1%	22,4%
Sigölduvirkjun	0,073	0,08%	2,6%	77,1%
Hrauneyjafossvirkjun	0,008	0,19%	2,8%	59,4%
Sultartangavirkjun	0,300	0,26%	16,2%	99,6%
Búrfellsvirkjun	0,001	0,16%	0,5%	13,2%
Sogsvirkjanir	0,004	0,00%	0,0%	23,8%
Smásvirkjanir (Ölfusá)	0,005	0,00%	0,0%	34,0%
Blöndumiðlun	0,219	0,53%	19,9%	99,7%
Blönduvirkjun	-0,001	-0,17%	0,6%	13,2%
Laxárvirkjanir	0,075	0,18%	29,9%	99,9%
Hraunaveita	0,081	0,85%	30,7%	100%
Jökulsárveita	0,184	0,79%	42,3%	100%
Kárahnjúkavirkjun	0,683	0,68%	22,1%	99,6%
Lagarfossvirkjun	-0,272	-0,34%	6,2%	89,3%

Stuðullinn R² (coefficient of determination) segir til um hve stóran hluta af breytileika tímaraðar má skýra með hinni línulegu leitni.

Mann-Kendall aðferðin var notuð til að kanna hvort leitni í tímaröðum geti talist marktæk. Aðferðin felst í því að prófa þá staðhæfingu að engin leitni sé fyrir hendi og reikna út líkindi á því að sú staðhæfing standist ekki. Til þess að leitni geti talist marktæk þá er yfirleitt miðað við að áreiðanleiki sé hærri en 90%, þ.e. að marktæktarstigið (significance level) sé lægra en 10%. Niðurstaðan fyrir ársrennslið er sýnd í dálknum "áreiðanleiki" í töflum 4.a – 4.c og gefur sú tala til kynna líkindi á því að leitni sé fyrir hendi.

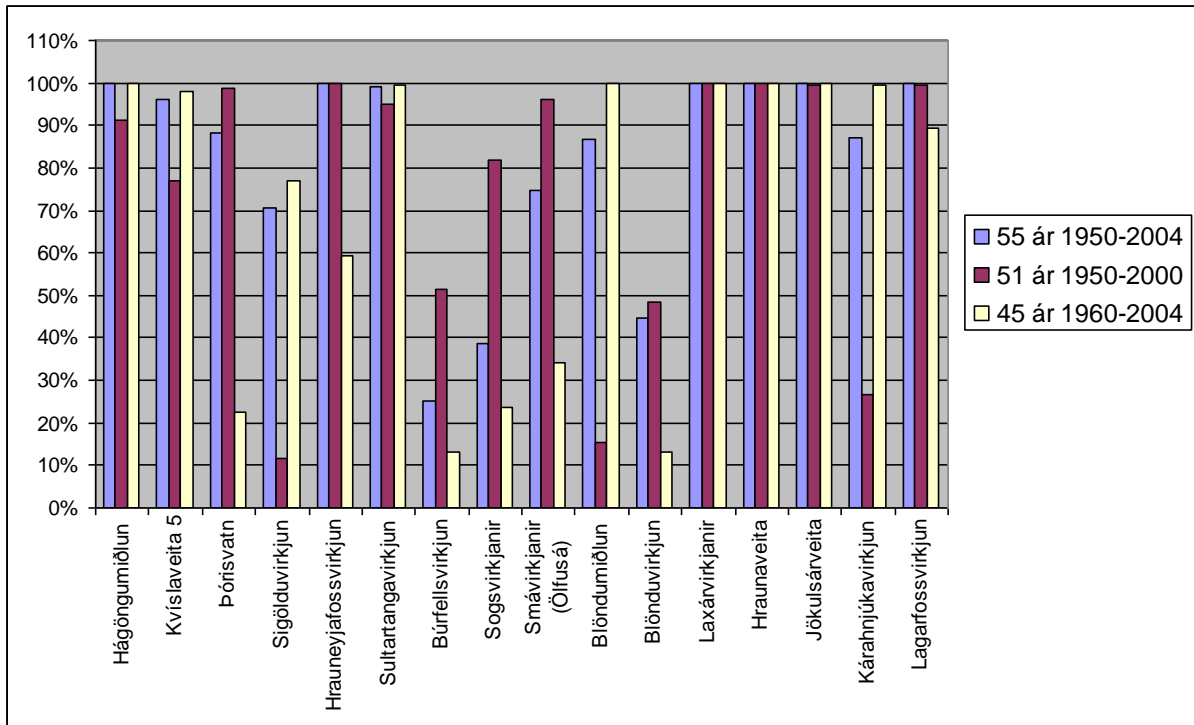
Ef borin eru saman tímabilin 1950-2000 og 1950-2004 þá sýna allar raðir ofan Búrfells í Þjórsá aukna leitni nema hlutrennsli Þórisvatns. Leitni Blöndumiðlunar og Kárahnjúkavirkjunar (Hálslón) eykst einnig. Mikil aukning í leitni á sér stað í Hraunaveitu og Jökulsárveitu.

Almennt er breytingin afgerandi mest í jökulrennslinu sem er stór þáttur í innrennsli vatnsmiðlana kerfisins og drífur að miklu leyti vatnsorkukerfi landsins.

Niðurstöður mælinga vatnsárin 2001-2004 styrkja þannig þá tilgátu að leitni í röðunum sé fyrir hendi og að hlýnandi veðurfar sé farið að valda auknu rennsli í íslenskum vatnsföllum, sem virkjuð eru til raforkuframleiðslu. Þetta er enn eitt atriðið sem gefur vísbendingu um að tímabært sé að taka tillit til aukningarinnar við rekstrarathuganir. Vísindamenn eru almennt sammála um að hlýnunin er orðin viðvarandi.

Mann-Kendall áreiðanleiki sem kemur fram í töflum 4.a – 4.c er tekinn saman á mynd 3.

Mynd 3
Mann-Kendall áreiðanleiki



Eins og kom fram hér að framan þarf áreiðanleiki að vera 90% eða hærri til að teljast marktækur.

Rennslistilvik

Í greinargerðinni er horft er til þriggja rennslistilvika:

- A. Mælt rennsli fyrir vatnsárin 1950-2004, samtals 55 vatnsár. Það sem hér er nefnt 'mælt rennsli' er í raun reiknað út frá veðurröðum með vatnafræðilegum líkönum sem stillt hafa verið af með öllum tiltækum mælingum. Þannig fást samfelldar rennslisraðir yfir þessi 55 ár, þó mælingar nái yfir styttri tíma eða séu götótta. Þessi aðferð hefur verið notuð við rekstrarhermanir allt frá fyrstu tímum virkjunarathugana á 7. áratugnum. Ávallt hefur verið gengið út frá upphafsárinu 1950 og bætt aftan við röðina eftir því tímar liðu og ný mæligögn eða útreiknaðar rennslisraðir einstakra ára lágu fyrir.
- B. Mælt rennsli fyrir vatnsárin 1985-2004, samtals 20 vatnsár. Þetta tímabil er hlutfallslega vatnsríkara en öll árin 1950-2004 í rennslistilviki A. Miðað við þá forsendu að veðurfar sé að hlýna, þá má gera ráð fyrir að rennsli síðustu 20 ára gefi vísbendingu um þá lágmarksbreytingu, sem þegar hefur átt sér stað vegna gróðurhúsaáhrifa og orkugeta reiknuð frá því rennsli sé þess vegna varfærið mat.
- C. Sögulegt rennsli aðlagð veðurfari eins og ætlað er að það verði árið 2010. Vatnsárin 1950-2004 samtals 55 vatnsár. Verkfræðistofan Vatnaskil hefur reiknað þetta rennsli út og er því lýst í heimild [02]. Veðurfarið árið 2010 er áætlað út frá tveimur forsendum eins og þar segir:
- “Mati vísindamanna á loftslagsbreytingum sem nú eigi sér stað á Íslandi og eru hluti af hnattrænum breytingum á veðurfari vegna gróðurhúsaáhrifa.
 - Að loftslagsbreytingar hafi átt sér stað jafnt og þétt frá árinu 1950, og því megi varpa mældu veðri á hverjum tíma eftir það til ársins 2010 með því að leggja við það veðurbreytingu í réttu hlutfalli við tímann sem þá á eftir að líða til ársins 2010. Með þessu fæst tímaháð leiðrétting sem lögð er við mældar veðurraðir frá 1950 til 2004.”

Forsenda C gengur út frá því að framlengja megi væntanlegar framtíðar hitastigsbreytingar aftur í tímann út frá reiknaðri meðalhækkun hita um $0,25^{\circ}\text{C}/\text{ártug}$ frá tímabilinu 1961-1990 til 2071-2100. Hugsanlegt er að slík leiðrétting valdi of háu hitastigi fyrir fyrri hluta mæliskeiðsins 1950-2004 og þar af leiðandi of mikilli jökulbráðnun.

Í töflu 5 er sýnt meðalrennsli þessara þriggja rennslistilvika ásamt fráviki frá mældu 55 ára rennslistilviki A. Rennslistilvik B er hlutmengi af rennslistilviki A. Þetta tímabil 1985-2004, sem er næst nútímanum, ætti að vera nógu langt til að lýsa sæmilega núverandi breytileika rennslis og líkja eftir framtíðinni. Mikil aukning kemur fram í afrennsli frá jöklum í tilvikum B og C samanborið við A, sérstaklega í Hágöngumiðlun og Kárahnjúkavirkjun.

Tafla 5
Meðalrennsli

Hlutrennsli	Rennsli A m ³ /sek	Rennsli B m ³ /sek	Aukning A til B	Rennsli C m ³ /sek	Aukning A til C
Háganga	17,4	19,1	10%	25,2	45%
Kvíslaveita 5	44,1	45,9	4%	46,6	6%
Þórisvatn	28,8	29,1	1%	30,5	6%
Vatnsfell	0,0				
Sigalda	86,1	86,7	1%	92,8	8%
Hrauneyjafoss	4,0	4,2	6%	3,7	-7%
Sultartangi	114,9	119,4	4%	118,8	3%
Búrfell	0,6	0,7	3%	0,6	-6%
Sog	102,2	103,3	1%	104,9	3%
Smávirkjanir (Ölfusá)	381,9	373,7	-2%	381,9	0%
Blöndumiðlun	41,5	43,1	4%	45,1	9%
Blönduvirkjun	0,8	0,8	-5%	0,8	-5%
Laxa I-III	40,6	41,6	2%	40,6	0%
Hraunaveita	9,3	10,5	13%	9,5	2%
Jökulsárveita	23,0	25,5	11%	26,3	14%
Kárahnjúkar	101,9	110,0	8%	142,5	40%
Lagarfoss	85,0	78,9	-7%	81,5	-4%

Tafla 6
Leitnistuðlar og áreiðanleiki.

Hlutrennsli	Mann-Kendall. Leitni og áreiðanleiki			
	Rennsli A		Rennsli C	
	Leitni m ³ /sek/ár	Áreiðan- leiki	Leitni m ³ /sek/ár	Áreiðan- leiki
Háganga	0,0793	100%	-0,0798	100%
Kvíslaveita 5	0,0827	96,2%	-0,0046	5,8%
Þórisvatn	0,0463	88,3%	0,0486	84,5%
Vatnsfell				
Sigalda	0,0289	70,4%	-0,1213	88,7%
Hrauneyjafoss	0,0201	100%	0,0260	100%
Sultartangi	0,2194	99,1%	0,0626	65,5%
Búrfell	0,0013	28,3%	0,0028	90,8%
Sog	0,0311	38,9%	0,0705	66,9%
Smávirkjanir (Ölfusá)	-0,5539	74,9%	-0,5539	74,9%
Blöndumiðlun	0,0838	86,9%	-0,0493	48,6%
Blönduvirkjun	-0,0014	43,9%	-0,0001	6,9%
Laxa I-III	0,0507	100%	0,0507	100%
Hraunaveita	0,0689	100%	0,0627	100%
Jökulsárveita	0,1224	100%	0,0122	3,5%
Kárahnjúkar	0,2960	87,3%	-0,4397	98,3%
Lagarfoss	-0,5228	100%	-0,4064	98,5%

Í töflu 6 er sýnd leitni og áreiðanleiki fyrir rennslisraðir A og C fyrir tímabilið 1950-2004, og í töflu 6.b. er sérstaklega tekið fyrir tímabilið 1960-2004 fyrir rennslisráðir A og C. Athyglisvert er að leitni Kárahnjúka breytist frá því að vera 0,296 m³/sek/ári í tilviki A yfir í -0,4397 m³/sek/ári í tilviki C og með meiri áreiðanleika. Hins vegar ef tímabilið 1960-2004 er skoðað þá er leitni í tilviki C -0,0127 m³/sek/ári og ekki markverð. Þetta

Samræmist umfjöllun hér á undan um að hugsanlega sé hitastigsleiðréttingin í tilviki C of há fyrir fyrri hluta mæliskeiðsins 1950-2004.

Tafla 6.b
Leitnistuðlar og áreiðanleiki
fyrir rennslistilvik C með árunum 1960-2004

Hlutrennsli	Línuleg leitni m ³ /sek/ári	% af meðal- rennsli	R ²	Áreiðan- leiki
Hágöngumiðlun	-0,039	-0,16%	4,0%	80,7%
Kvíslaveita 5	0,0484	0,10%	2,0%	52,5%
Þórisvatn	-0,0214	-0,07%	0,9%	52,5%
Sigölduvirkjun	-0,0909	-0,10%	3,8%	69,6%
Hrauneyjafossvirkjun	0,0145	0,37%	8,9%	93,3%
Sultartangavirkjun	0,1675	0,14%	5,3%	88,9%
Búrfellsvirkjun	0,0023	0,38%	2,8%	61,6%
Sogsvirkjanir	-0,0163	-0,02%	0,1%	0,8%
Smásvirkjanir (Ölfusá)	0,0049	0,00%	0,0%	34,0%
Blöndumiðlun	0,098	0,22%	4,5%	85,5%
Blönduvirkjun	-0,0002	-0,03%	0,0%	17,8%
Laxárvirkjanir	0,0745	0,18%	29,9%	99,9%
Hraunaveita	0,0754	0,77%	26,6%	99,9%
Jökulsárveita	0,0805	0,31%	10,7%	90,9%
Kárahnjúkavirkjun	-0,0127	-0,01%	0,0%	35,4%
Lagarfossvirkjun	-0,1625	-0,21%	2,4%	70,5%

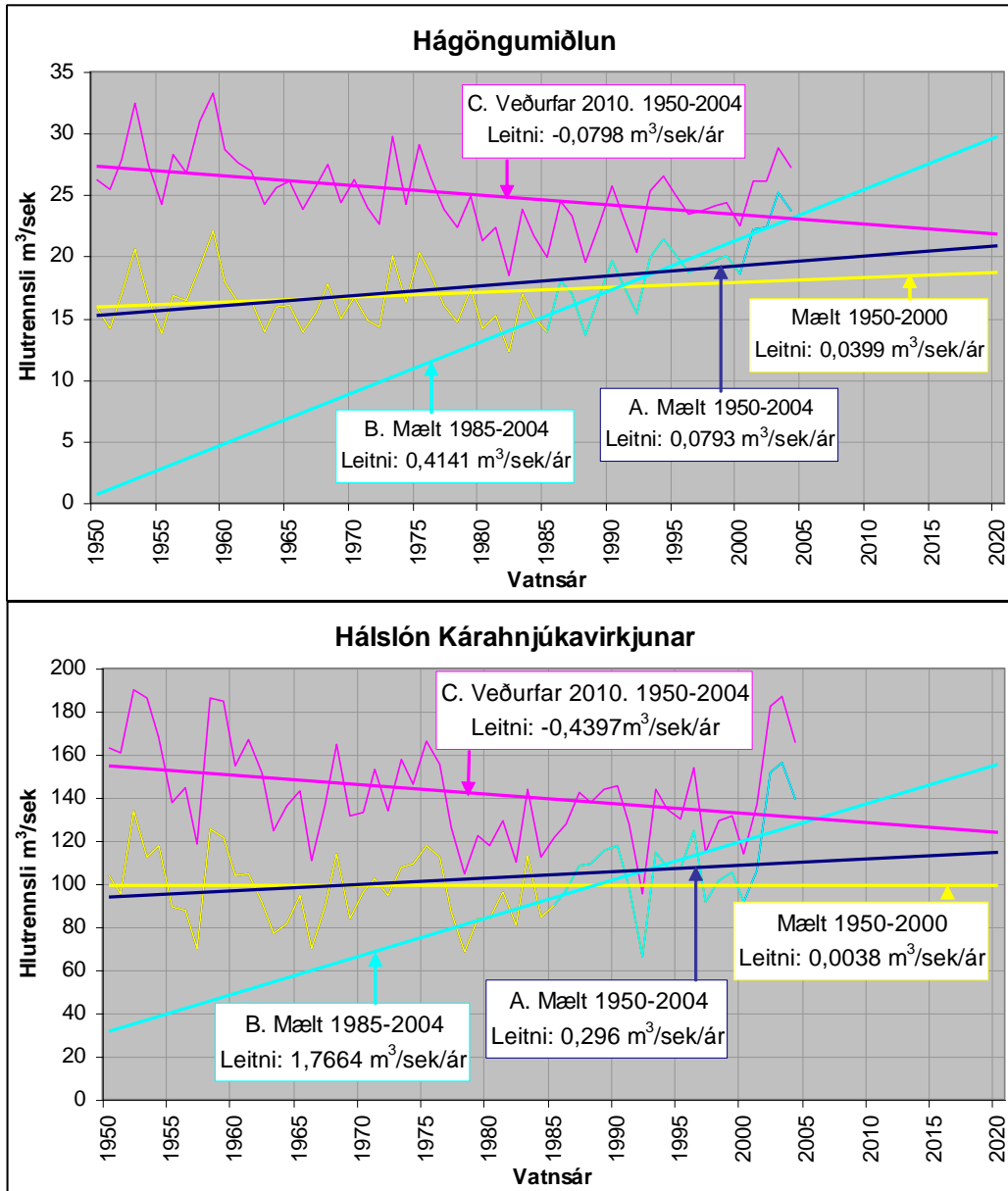
Á mynd 4 er borið saman innrennsli Hágöngumiðlunar og Háslóns samkvæmt tilviki A og aðlagð veðurfari 2010 (tilvik C). Myndin sýnir hvernig leitni niður á við er svipuð eða meiri í tilviki C en leitni upp á við í tilviki A. Hugsanlegt er eins og fram kemur að ofan að í tilviki C sé hitastigsleiðréttingin á tímabilinu 1950-1960 ofáætluð en þetta tímabil virðist skera sig úr á myndinni. Jafnframt ber að taka mið af því að veðurfarsmælingar á hálendi landsins ná ekki langt aftur í tímann, og hófust t.d. við Kárahnjúka árið 1998. Þar sem að mestu er um jökulvatnasvið að ræða bæði fyrir Hágöngumiðlun og Háslón, þá er viðkvæmni fyrir hitabreytingum mjög mikil. Vanmat eða ofmat á ætluðum hitastigli með hæð getur haft mikil áhrif á líkanreiknaðar raðir.

Í tilviki B er leitnin upp á við mun meiri en leitnin í tilvikum A og C. Síðustu ár hafa verið óvenju hlý jafnvel þó tekið sé tillit til gróðurhúsaáhrifa. T.d. er mælt innrennsli í Háslón (mælt við Brú í Jökuldal) árunum 2001-2004 um 141,5 m³/s og líkanreiknað rennsli sömu ára með rennslistíkani Vatnaskila um 138,2 m³/s. Þetta er um 40% yfir meðalrennsli árunum 1950-2004, en aftur á móti svipað og meðalrennsli fyrir veðurfar aðlagð að árinu 2010 sbr. töflu 5.

Í töflum sem hér koma á eftir er allt tímabilið 1950-2004 notað í tilviki C.

Mynd 4.

Ársinnrennsli Hágöngumiðlunar og Háslóns Kárahnjúkavirkjunar



Rennslisorka

Rennslisorka er sú raforka sem hægt er að vinna úr öllu tiltæku vatnsmagni ef nægjanlegt vélarafli og markaður er fyrir hendi. Rennsli er mælt í m³/sek eða Gl/ári, en rennslisorka er mæld í GWh/ári.

Rennslistilvik A. 55 ára mældar rennslisraðir 1950-2004

Með rennlistilviki A er meðalársrennslisorka kerfisins 19.289 GWh/ári, sbr töflu 7. Jarðgufuvirkjanir eru láttnar fylgja með aftast.

Orkustuðull hlutrennslis er eiginlega mat á tæknilegu gengi vatns á hverjum stað. Með því að margfalda orkustuðul með vatnsgildi, sem tekur mið af stöðu miðlana, takmarkana í vélarafli og flutningskerfi, þá fæst markaðsgengi vatns á hverjum tíma. Rekstrarlíkön sem beita hermunum og bestunum eru notuð til að reikna vatnsgildi kerfisins, bæði við athuganir á rekstri og útbýggingu. Vatnsgildi Háslóns Kárahnjúkavirkjunar er sýnt síðar, á mynd 10.

Tafla 7.
Rennslisorka fyrir rennlistilvik A

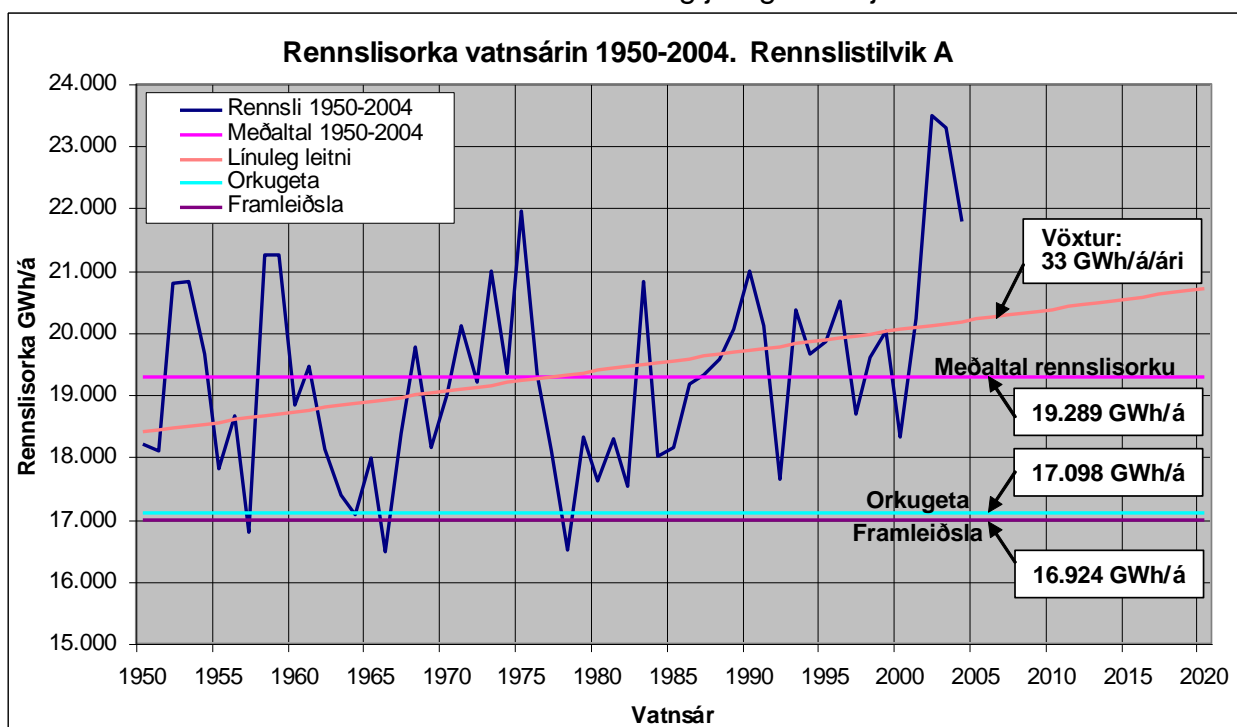
Hlutrennslis	Meðal- ársrennslis Gl/ári	Orku- stuðull GWh/Gl	Rennslis- orka GWh/ári	Hlutfall Orkustuðul a
Háganga	549	0,929	510	23,8
Kvíslaveita 5	1.391	0,929	1.292	23,8
Vatnsfell	0	0,929	0	23,8
Þórisvatn	909	0,929	844	23,8
Sigalda	2.714	0,77	2.090	19,7
Hrauneyjafoss	126	0,601	76	15,4
Sultartangi	3.625	0,388	1.406	9,9
Búrfell	20	0,273	5	7,0
Sog	3.223	0,169	545	4,3
Smávirkanir (Ölfusá)	12.042	0,0205	247	0,5
Blöndumiðlun	1.309	0,683	894	17,5
Blönduvirkjun	26	0,683	18	17,5
Laxa I-III	1.282	0,1666	214	4,3
Hraunaveita	294	1,424	419	36,5
Jökulsárveita	725	1,424	1.032	36,5
Kárahnjúkar	3.213	1,424	4.575	36,5
Lagarfoss	2.681	0,039	105	1,0
Jarðgufa			5.018	
Samtals			19.289	

Í aftasta dálki töflu 7 er til fróðleiks sýnt hlutfall orkustuðla rennslis út frá orkustuðli Lagarfossvirkjunar (sem viðmiðun velja mætti hvaða virkjun sem er). Þannig er 1 m³/sek af vatni efst á Þjórsásvæðinu 23,8 sinnum verðmætari en sama vatnsmagn ofan Lagarfossvirkjunar og 1 m³/sek í Kárahnjúkavirkjun 36,5 sinnum verðmætari.

Rennslisorka er hentugur mælikvarði þegar skoða á kerfið í heild sinni t.d. við túlkanir á áhrifum hnattrænna breytinga eins og hlýnandi veðurfari.

Mynd 5 sýnir rennslisorku kerfisins eftir virkjun Kárahnjúka fyrir rennslitilvik A og vatnsárin 1950-2004. Meðalársrennslisorkan er 19.289 GWh/ári (sbr. töflu 7). Línuleg leitni sýnir aukningu upp á 33 GWh/ári/ár með 98,6% áreiðanleika samkvæmt Mann-Kendall að-ferðinni, þannig að aðeins 1,4% líkindi eru á því að leitni sé engin. $R^2 = 11,4\%$ af breytileika ársrennslisorkunnar má skýra með hinum línulega vexti. Orkugeta kerfisins með þessu rennsli er 17.098 GWh/ári eða um 88,6% af rennslisorku. Við það álag er áætlað að framleiðsla í vatnsafls- og jarðgufuvirkjunum verði 16.924 GWh/ári. Til samanburðar gerir áætlun fyrir árið 2010 ráð fyrir framleiðslu upp á 16.713 GWh/ári eða aðeins undir orkugetu.

Mynd 5.
Rennslisorka vatnsafls- og jarðgufuvirkjana



Rennslitilvik B. 20 ára mældar rennslisraðir 1950-2004

Þetta rennslitilvik er síðustu 20 árin af hluti af 55 ára mældu rennslisröðinni á mynd 5. Fyrir þetta tilvik er meðalársrennslisorkan 20.040 GWh/ári og orkugetan 17.535 GWh/ári án flutningstakmarkana. Hækkunin er vegna meira rennslis og vatnsrýru árin, þar sem rennslisorkan fer niður fyrir orkugetu á mynd 5, falla brott. Nánari samanburður er birtur í töflu 9.

Rennslitilvik C. Rennslisraðir 1950-2004 sem aðlagðar að veðurfari 2010.

Tafla 8 sýnir rennslisorku kerfisins fyrir vatnsárin 1950-2004 í rennslitilvikum A og C. Meðalársrennslisorkan fyrir tilvik C er 21.911 GWh/ári og hefur hækkað frá rennslitilvik A um 2.622 GWh/á. Samanburður á rennslisorkunni er sýndur á mynd 6.

Orkugetan er 17.535 GWh/ári án flutningstakmarkana. Línuleg leitni í tilviki C er neikvæð -20,4 GWh/ári/ár með 81% áreiðanleika (ekki marktækt) samkvæmt Mann-Kendall aðferðinni, en jákvæð með 98,6% áreiðanleika (marktækt) fyrir rennslistilvik A.

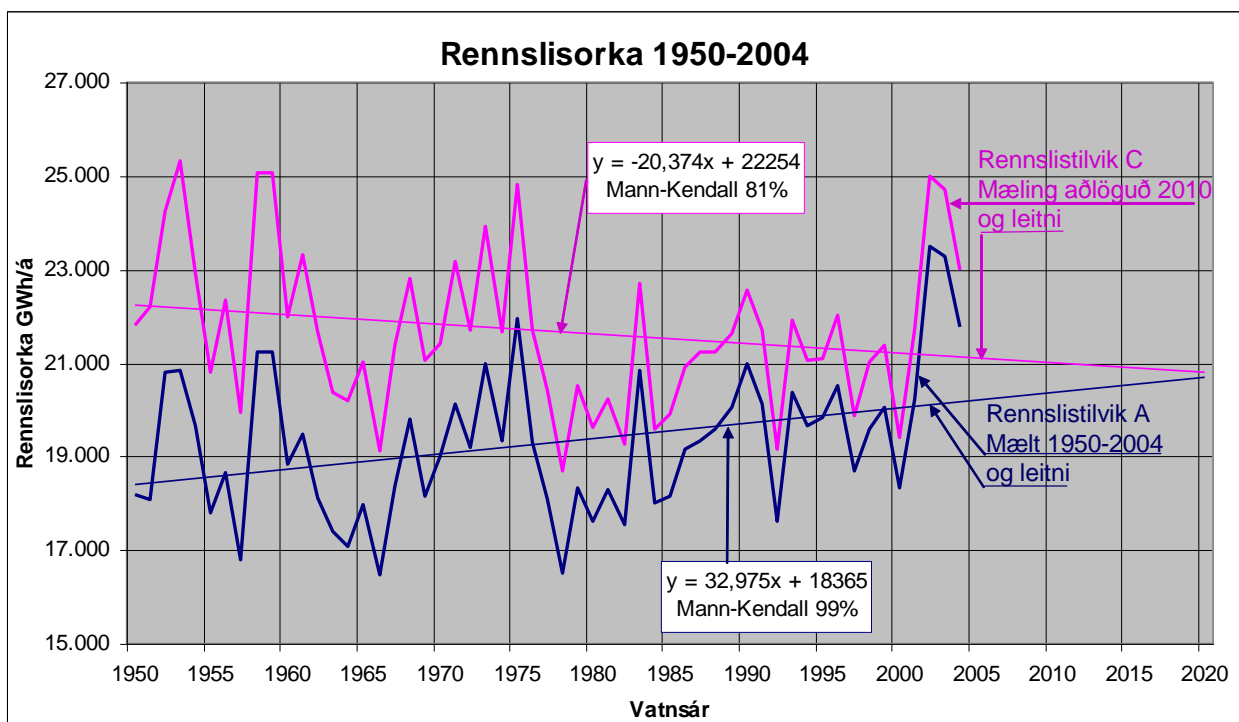
Tafla 8.

Rennslisorka. Rennslistilvik C og A

VirkJun	Rennslisorka hlutrennslis GWh/á		
	Rennsli A	Rennsli C	C-A
Háganga	510	739	229
Kvíslaveita 5	1.292	1.366	74
Þórisvatn	844	893	49
Vatnsfell	0	0	0
Sigalda	2.090	2.253	163
Hrauneyjafoss	76	71	-5
Sultartangi	1.406	1.453	47
Búrfell	5	5	0
Sog	545	559	14
Smávirkjanir (Ölfusá)	247	247	0
Blöndumiðlun	894	972	78
Blönduvirkjun	18	17	-1
Laxa I-III	214	214	0
Hraunaveita	419	428	9
Jökulsárveita	1.032	1.179	147
Kárahnjúkar	4.575	6.398	1.822
Lagarfoss	105	100	-4
Jarðgufa	5.018	5.018	0
Samtals	19.289	21.911	2.622

Mynd 6

Rennslisorka fyrir rennslistilvik A mæld og C veðurfar 2010



Orkugeta

Orkugeta er sá markaður sem kerfið á að geta annað með viðunandi öryggis-kröfum. Þær eru skilgreindar þannig að það jafngildi því að rekstrarkostnaður kerfisins í formi skerðingar afgangsortku og keyrslu olíustöðva sé að meðaltali 230 Mkr/ári samkvæmt keyrslu hermílikansins. Stundum er notað 300 Mkr/ári.

Tafla 9 sýnir orkugetu kerfisins eftir Kárahnjúkavirkjun fyrir rennlistilvikin þrjú A-C bæði með og án flutningstakmarkana í línunum og flóðgáttum. Einnig er rennlistorkan sýnd til samanburðar.

Tafla 9
Rennlistorka og orkugeta

Án flutningstakmarkana

Rennlistilvik	Rennlistorka GWh/ári	Orkugeta GWh/ári	Nýting	Breyting renn.orku GWh/ári	Breyting orkugetu GWh/ári	Nýting
A. Mælt. 1950-2004	19.289	17.098	88,6%	0	0	
B. Mælt. 1985-2004	20.040	17.535	87,5%	751	437	58,2%
C. Veðurfar 2010. 1950-2	21.911	18.061	82,4%	2.622	963	36,7%

Með flutningstakmörkunum

Rennlistilvik	Rennlistorka GWh/ári	Orkugeta GWh/ári	Nýting	Breyting renn.orku GWh/ári	Breyting orkugetu GWh/ári	Nýting
A. Mælt. 1950-2004	19.289	16.974	88,0%	0	0	
B. Mælt. 1985-2004	20.040	17.420	86,9%	751	446	59,4%
C. Veðurfar 2010. 1950-2	21.911	17.872	81,6%	2.622	898	34,2%

Breyting v/flutningstakmarkana

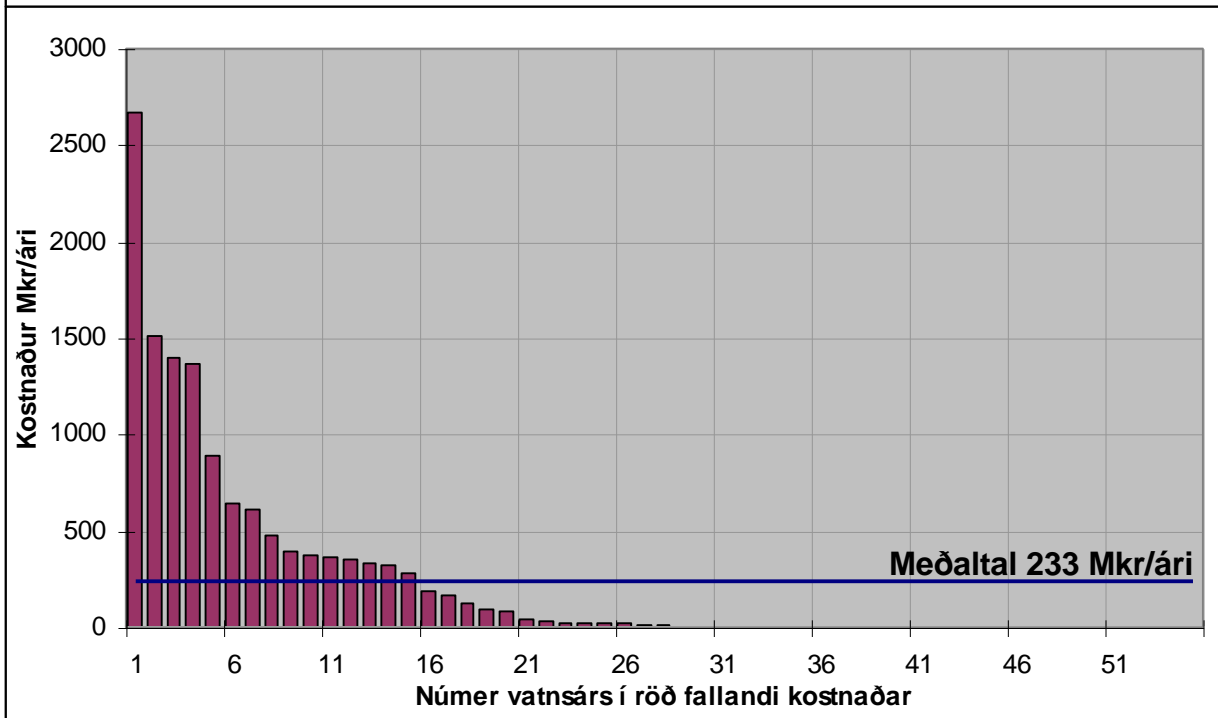
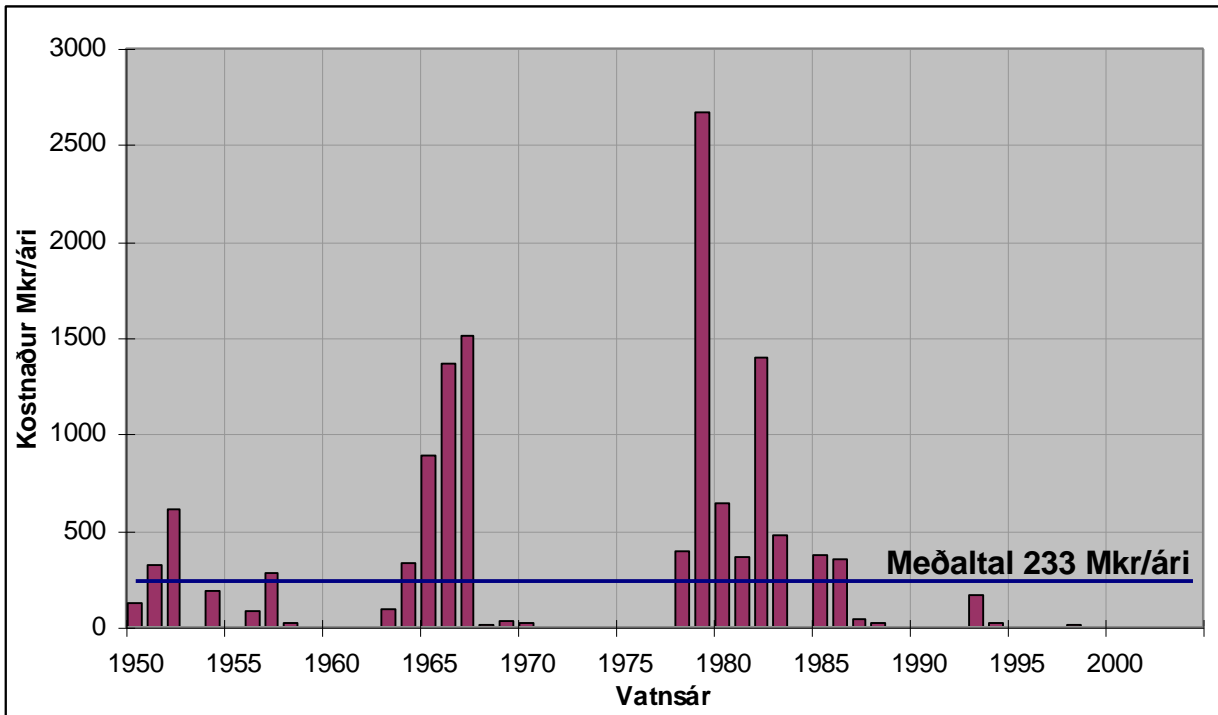
Rennlistilvik	Rennlistorka GWh/ári	Orkugeta GWh/ári
A. Mælt. 1950-2004	0	-124
B. Mælt. 1985-2004	0	-115
C. Veðurfar 2010. 1950-2	0	-189

Orkugeta kerfisins eykst um 446 GWh/ári með rennlistilviki B og um 898 GWh/ári með rennlistilviki C, ef tekið er mið af flutningstakmörkunum. Segja má að flestar virkjanir kerfisins sjái um þessa auknu orkugetu, samanber töflu 11 hér á eftir. Lága nýtingu á aukinni rennlistorku má að miklu leyti skýra með afltakmörkunum í virkjunum.

Rekstrarkostnaður kerfisins er mjög háður vatnsári eins og sýnt er á mynd 7 þar sem meðaltalið er lítið eitt hærra en skilgreind orkugeta segi til um eða 233 Mkr/ári.

Á efri hluta myndar 7 er kostnaðurinn sýndur fyrir hvert vatnsár en á neðri hluta myndarinnar hefur vatnsárununum verið raðað upp í röð fallandi kostnaðar. Fram kemur að kostnaðurinn er meiri en meðaltalið í 15 árum af 55 eða í 27% tilvika. Í 4 árum eða í 7% tilvika er kostnaður meiri en 1.000 Mkr/ári. Þetta sýnir fram á mikilvægi þess að geta hugsanlega spáð fyrir um rýr vatnsár, svo að bregðast megi við á fyrirbyggandi hátt til þess að lágmarka kostnað.

Mynd 7
 Rekstrarkostnaður kerfis í orkugetu skv. rennslistilviki A.



Tafla 10 sýnir, fyrir rennslistilvik A, B og C, orkugetu þriggja mismunandi vatnsaukandi aðgerða á Þjórsársvæðinu:

- ✓ Norðlingaölduveita með 6. áfanga Kvíslaveitu. 25-30 MW afl þarf fyrir dælu í Norðlingaölduveitu til að pumpa vatni upp til Þórisvatns.
- ✓ 6. áfangi Kvíslaveitu einn sér
- ✓ Skaftárveita ein sér

Hugmyndin með þessu er sú að skoða hvort aukið rennsli með tilvikum B og C skapi breytt svigrúm fyrir þessar framkvæmdir.

Sýnd er breyting í orkugetu landskerfisins

- ✓ annars vegar eftir Kárahnjúkavirkjun, án frekari framkvæmda á Þjórsársvæðinu og
- ✓ hins vegar eftir Neðri-Þjórsárvirkjanir, stækkun álversins í Straumsvík, og 200 MW stækkun Hellisheiðavirkjunar.

Tafla 10
Orkugeta vatnsaukandi aðgerða á Þjórsársvæðinu.

Vatnsaukandi aðgerð	Rennsli A Mælt/Reiknað 1950-2004	Rennsli B Mælt/Reiknað 1985-2004	Rennsli C Veðurfar 2010 1950-2004
<u>Eftir Kárahnjúkavirkjun</u>			
Norðlingaölduveita og 6. áfangi Kvíslaveitu	610	495	525
6. áfangi Kvíslaveitu án Norðlingaölduveitu	145	140	165
Skaftárveita	340	385	405
<u>Eftir Neðri-Þjórsárvirkjanir</u>			
Norðlingaölduveita og 6. áfangi Kvíslaveitu	640	490	490
6. áfangi Kvíslaveitu án Norðlingaölduveitu	165	165	180
Skaftárveita	430	430	440

Hafa ber enn í huga að á Þjórsársvæðinu eru rennslistilvik B og sérstaklega C vatnsmeiri en tilvik A. Orkugeta aðgerðanna í töflu 10 ættu því að aukast með rennslistilvikum B og C. Hins vegar hefur í tilvikum B og C talsvert verið gengið á laust afl í virkjunum á svæðinu áður en hinar vatnsaukandi aðgerðir koma í gagnið.

Með því að nota rennsli B eða C skila 6. áfangi Kvíslaveitu og Skaftárveita meiri eða svipaðri orkugetu og fæst með rennsli A.

Norðlingaölduveita með 6. áfanga Kvíslaveitu skilar aftur á móti mun minni orkugetu með því að nota rennsli B eða C í stað rennsli A.

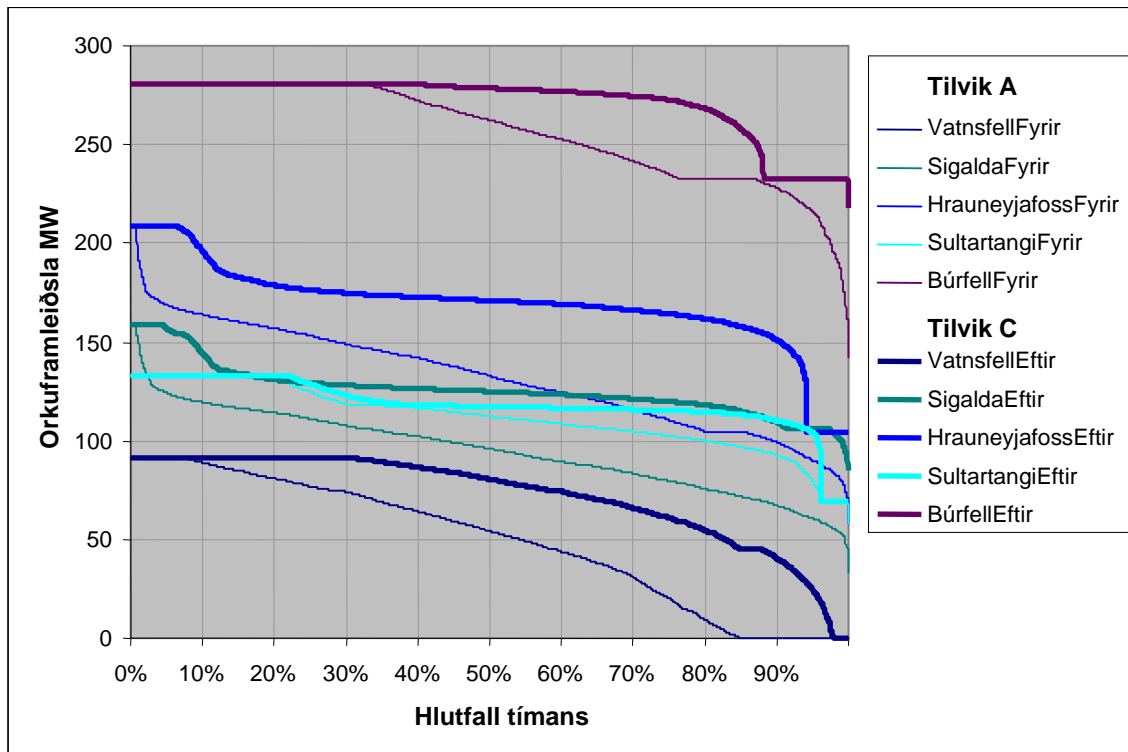
Ekki liggur hvort þessar vatnsaukandi aðgerðir eru yfirleitt raunhæfar vegna umhverfissjónarmiða. Þær eru einungis notaðar hér til að útskýra rekstrarlega eiginleika kerfisins og hvernig vatnsaukandi aðgerðir og stækkun kerfisins gengur á það uppsett afl sem fyrir er.

Langæislínur framleiðslu virkjana á Þjórsársvæðinu, fyrir tvenns konar stöðu í útbyggingu landskerfisins, eru sýndar á mynd 8. Annars vegar með rennsli A eftir

Kárahnjúkavirkjun (þunn lína, merkt 'Fyrir') og hins vegar með rennsli C eftir Neðri-Þjórsárvirkjanir, 200 MW aflaukningu á Hellsisheiði, stækkun álvers Alcan í Straumsvík, Norðlingaölduveitu og 6. áfanga Kvíslaveitu (þykk lína merkt 'Eftir').

Tímaeining er vika og álag á kerfið er í orkugetu bæði í kerfisstöðu 'Fyrir' og 'Eftir'.

Mynd 8
Langæislínur framleiðslu virkjana á Þjórsársvæði



Tafla 10.a sýnir nýtingartíma afls í helstu virkjunum landkerfisins í kerfisstöðu 'Fyrir' og 'Eftir' samkvæmt skilgreiningu hér að framan.

Tafla 10.a
Nýtingartími afls í virkjunum

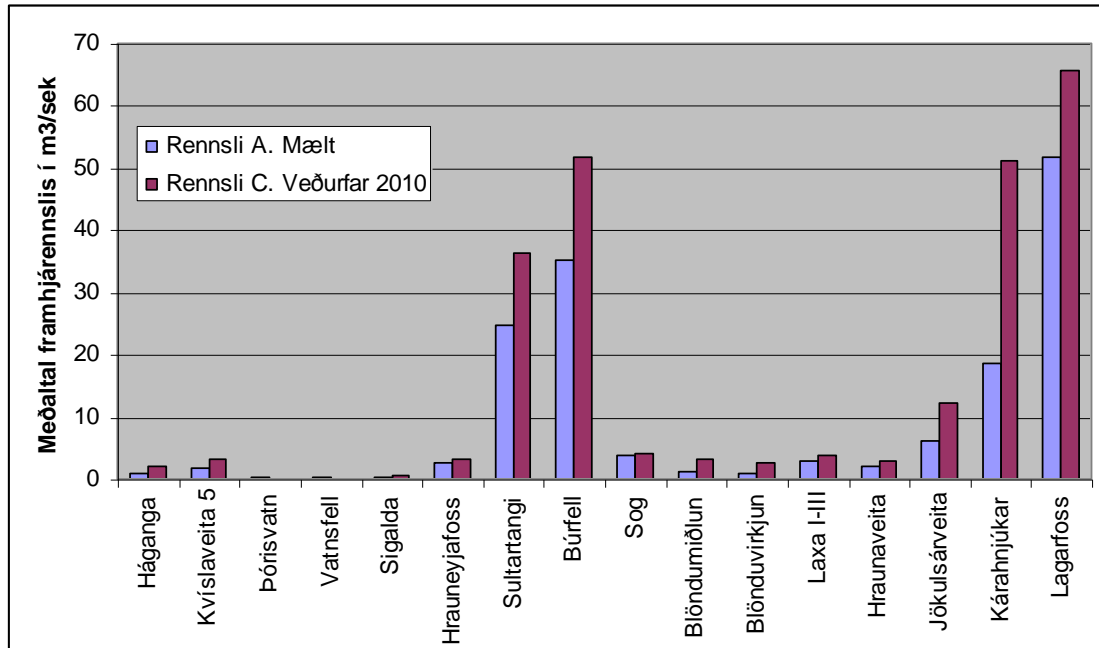
Virkjun	Fyrir klst/ári	Eftir klst/ári	Hækkun
Vatnsfellsvirkjun	4.718	6.954	47,4%
Sigölduvirkjun	5.259	6.957	32,3%
Hrauneyjafossvirkjun	5.556	7.120	28,2%
Sultartangavirkjun	7.359	7.802	6,0%
Búrfellsvirkjun	8.023	8.479	5,7%
Sogsvirkjanir	7.971	8.179	2,6%
Blönduvirkjun	5.896	6.400	8,5%
Kárahnjúkavirkjun	6.688	7.266	8,6%

Greinilega kemur fram aukinn nýtingartími virkjana með rennsli C, sérstaklega á Þjórsársvæðinu.

Aðrir rekstrarþættir

Mynd 9 sýnir hvernig framhjárennsli eykst með því að nota rennsli C í stað rennsli A. Mesta aukningin er á Austurlandi en einnig í Sultartanga- og Búrfells-virkjun. Af þessu tilefni væri jafnvel ástæða til að kanna hagkvæmni Búrfellsvirkjunar 2 ef taka á upp rennslistilvik C.

Mynd 9
Framhjárennsli við rennslistilvik A og C



Fjöldi ferðamanna mun líklega stórukast í framtíðinni á Austurlandi vegna Kárahnjúkavirkjunar. Ef rennsli C verður tekið upp er lag að skoða nánar framhjárennslið og þann möguleika að stjórna vatnsnotkun Kárahnjúkavirkjunar þannig að markmiðum umhverfismála verði sem best þjónað. Samanber úrskurð ráðherra um rennsli á fossum í Jökulsá í Fljótsdal og Kelduá yfir ferðamannatímamann á sumrin.

Tafla 11 sýnir breytingu í orkuframleiðslu virkjana í rennslistilvikum B og C frá rennslistilviki A. Langmesta aukning framleiðslu er í Kárahnjúkavirkjun en þar eykst líka rennslið mest. Einkum eru það virkjanir sem reiða sig á rennsli frá jöklum sem auka framleiðslu.

Virkjanir á Þjórsársvæðinu auka allar framleiðslu sína með því að ganga á eigið varaafli. Ef nýtt rennsli verður tekið upp verður nauðsynlegt að fara yfir aflmál allra virkjana í rekstri og aflhönnun virkjana sem eru í undirbúningi til þess að nýta framtíðarrennsli sem best.

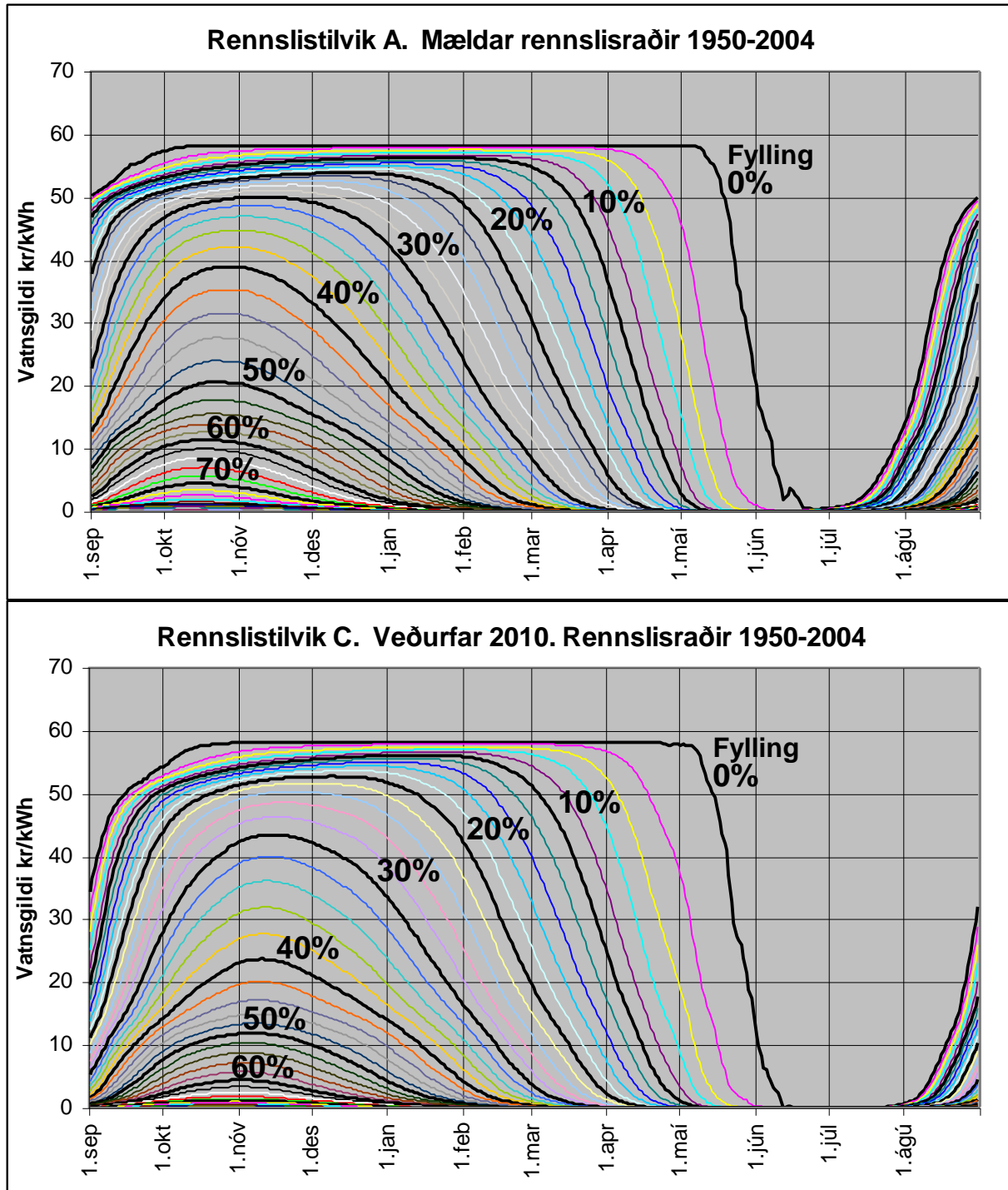
Tafla 11
Framleiðsla virkjana

Virkiun	Framleiðsla virkjunar GWh/á				
	Rennsli A	Rennsli B	B-A	Rennsli C	C-A
Háganga	0	0	0	0	0
Kvíslaveita 5	0	0	0	0	0
Þórisvatn	0	0	0	0	0
Vatnsfell	428	452	25	486	59
Sigalda	830	865	35	934	105
Hrauneyjafoss	1.154	1.190	36	1.270	116
Sultartangi	979	999	21	1.037	59
Búrfell	2.246	2.275	29	2.331	86
Sog	525	530	5	538	14
Smávirkiunir (Ölfusá)	236	232	-4	236	0
Blöndumiðlun	0	0	0	0	0
Blönduvirkiun	873	914	41	949	76
Laxa I-III	199	206	6	202	2
Hraunaveita	0	0	0	0	0
Jökulsárveita	0	0	0	0	0
Kárahnjúkar	4.547	4.706	159	4.943	396
Lagarfoss	186	185	-1	180	-6
Jarðgufa	4.722	4.759	37	4.757	35
Samtals	16.924	17.312	389	17.863	939
Orkugeta	17.098	17.535	437	18.061	963

Án flutningstakmarkana

Mynd 10 sýnir hvernig vatnsgildi á Austurlandi rekstrarárið 2010 breytist með því að nota rennsli C í stað rennslis A. Rennsli C, sem er töluvert meira en rennsli A á Austurlandi, leiðir til þess að vatnsgildið lækkar.

Mynd 10
Vatnsgildi Austurlands rekstrarárið 2010



Án flutningatakmarkana

Heimildir

- [01] Landsvirkjun: Tölfræðilegir eiginleikar rennslisraða, sem notaðar eru í rekstrarhermunum. Annað veldi ehf, Skúli Jóhannsson, 21.7.2006.
- [02] Landsvirkjun: Rennslisraðir fyrir árið 2010. Verkfræðistofan Vatnaskil, 29.sept.2006.

Viðauki. Rennslisraðir

Í viðaukanum er að finna gröf sem lýsa eftirtöldu hlutrennsli:

- Háganga
- Kvíslaveita 5
- Þórisvatn
- Sigalda
- Sultartangi
- Sog²
- Blöndumiðlun
- Hraunaveita
- Jökulsárveita
- Kárahnjúkar

Sýnd er dreifing rennslis innan ársins bæði fyrir rennslistilvik A sem er mælt og rennslistilvik C sem er aðlagð veðurfari 2010. Einnig er sýnt þróun meðalársrennslis 1950-2004, leitni og Mann-Kendall áreiðanleiki. Að lokum eru sýndar nokkrar tölfræðiupplýsingar.

Eftirtaldar raðir eru með mjög litlu hlutrennsli og eru þess vegna ekki sýndar sérstaklega. Lýsingu á dreifingu mældu raðanna er að finna í heimild [01].

- Lagarfossvirkjun
- Hrauneyjafossvirkjun
- Búrfellsvirkjun
- Blönduvirkjun

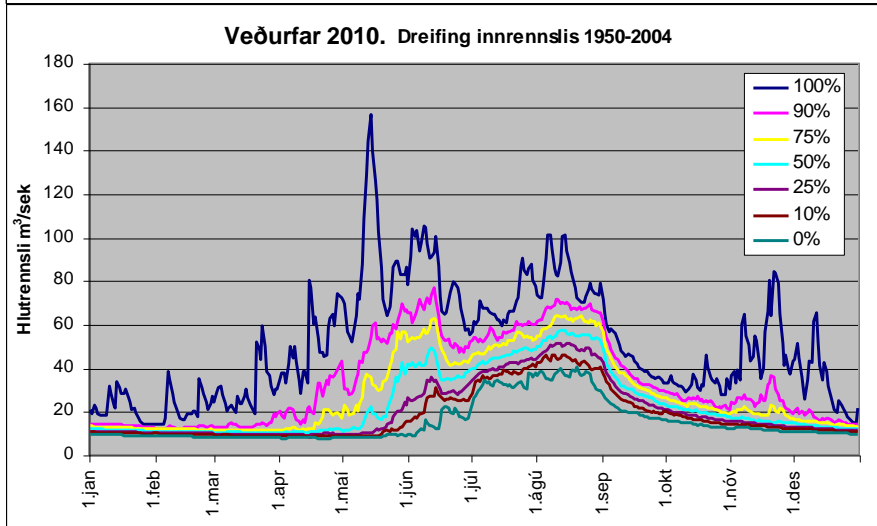
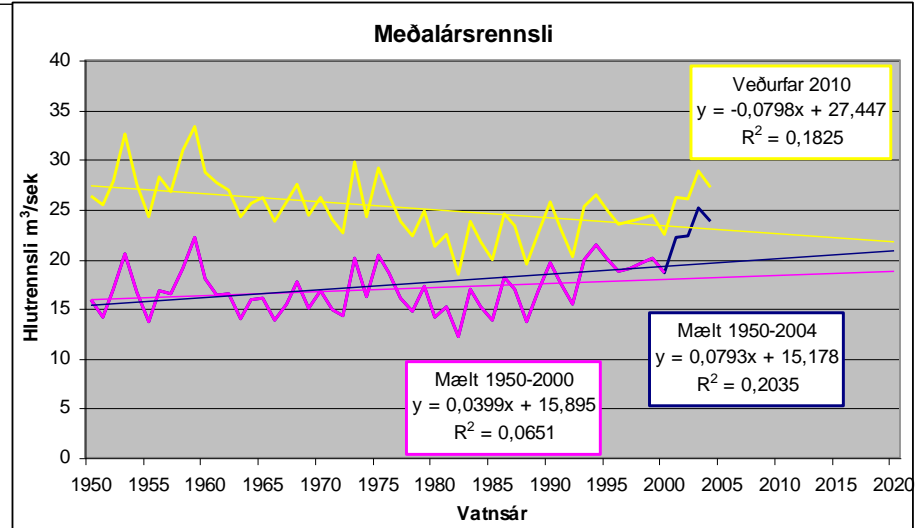
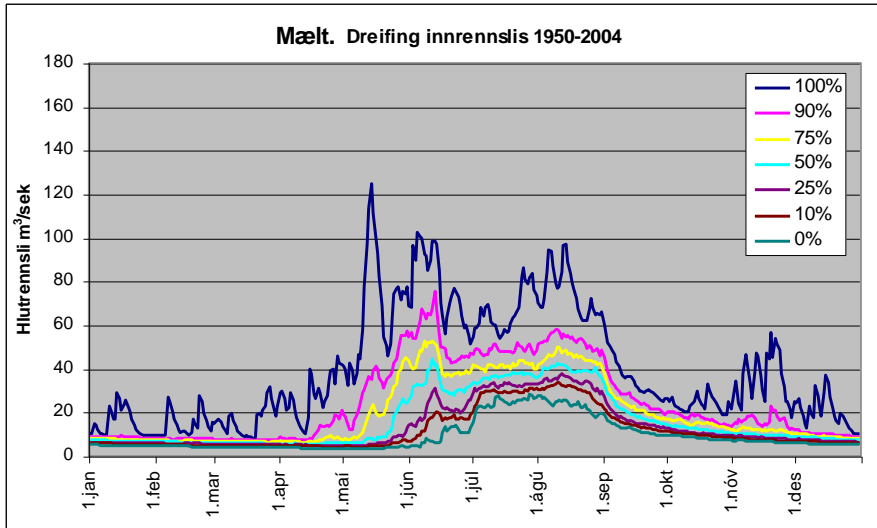
Lýsingu á eftirtöldum röðum, sem eru eins í öllum rennslistilvikum, er einnig að finna í heimild [01]:

- Smávirkjanir (Ölfusá)
- Laxárvirkjanir

Ekki voru teknar inn nýjar hitastigsraðir fyrir Reykjavík í rennslistilviki C og er hitastigsröðin því sú sama og í rennslistilviki A. Hitastigið hefur aðeins áhrif á almennt álag í hermunarlíkaninu og er álag almennrar notkunar því hið sama í öllum rennslistilvikum.

² Ekki er tekið tillit til vatnstöku Orkuveitu Reykjavíkur úr Þingvallavatni á síðustu árum vegna Nesjavalla.

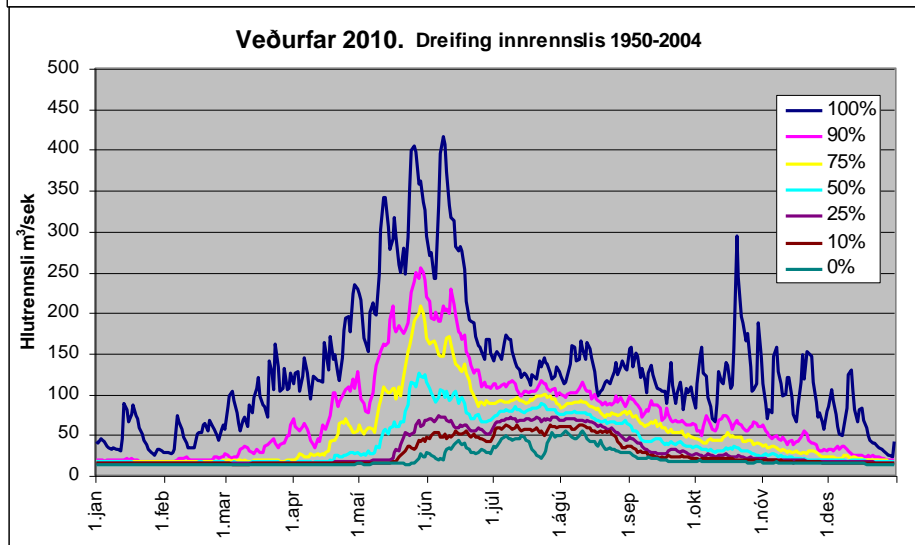
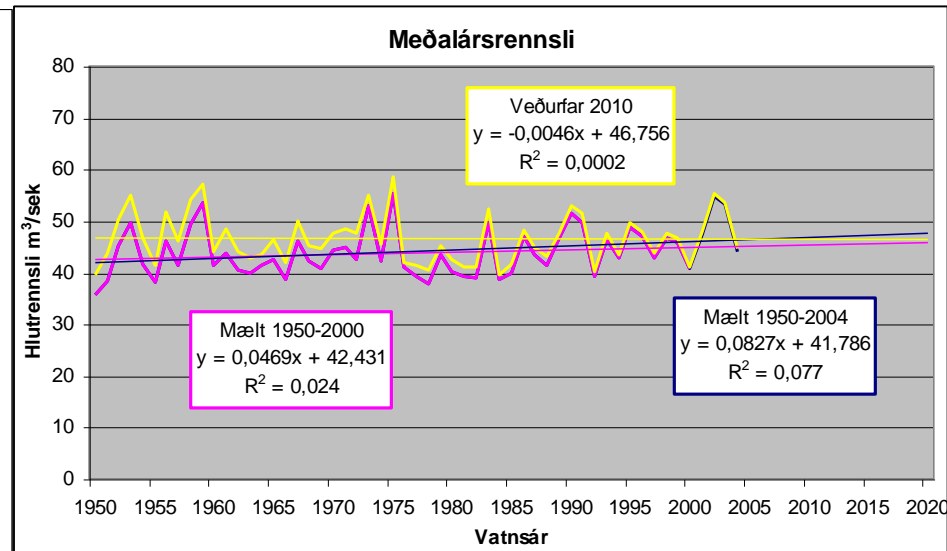
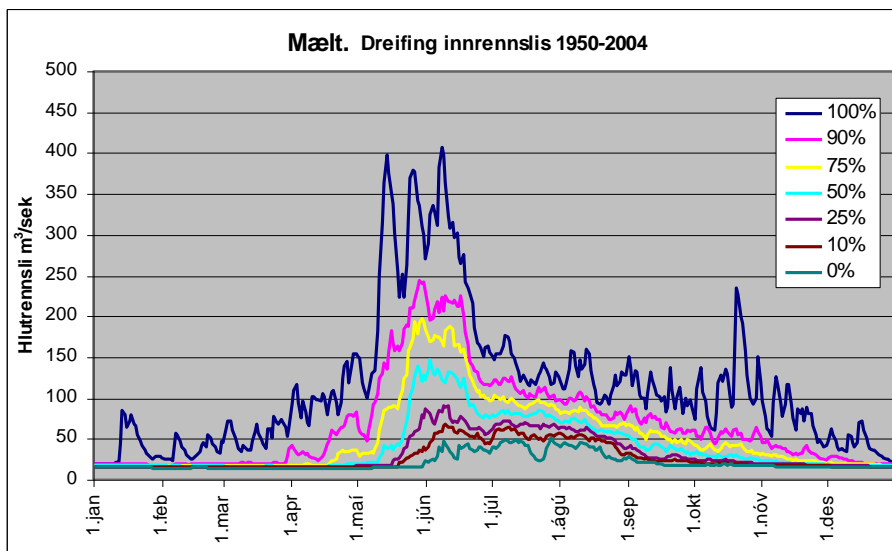
Hágöngumiðlun, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	17,4	25,2	45%
Staðalfrávik m ³ /sek	2,8	3,0	6%
Breytileiki	16%	12%	
Skakki	0,58	0,30	

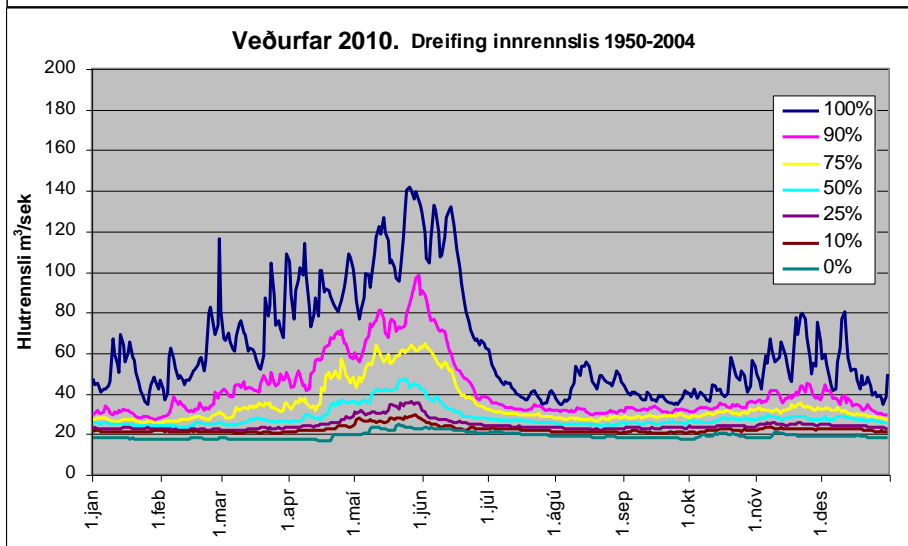
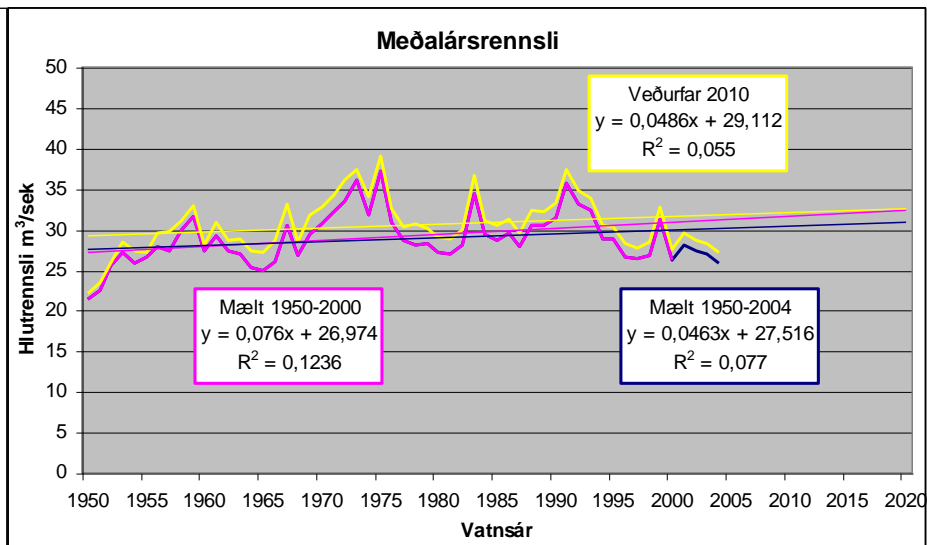
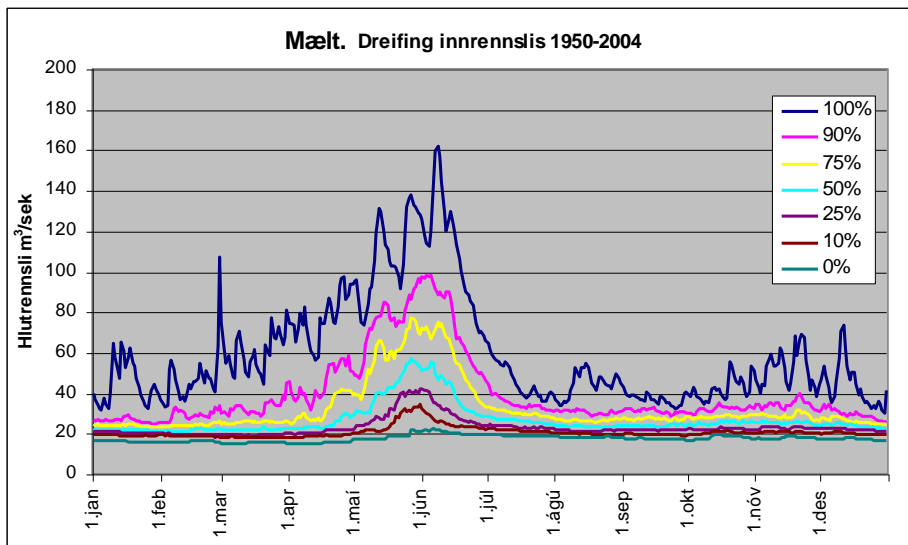
Kvíslaveita 1.-5. áfangi, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	44,1	46,6	6%
Staðalfrávik m ³ /sek	4,78	4,81	1%
Breytileiki	11%	10%	
Skakki	0,62	0,58	

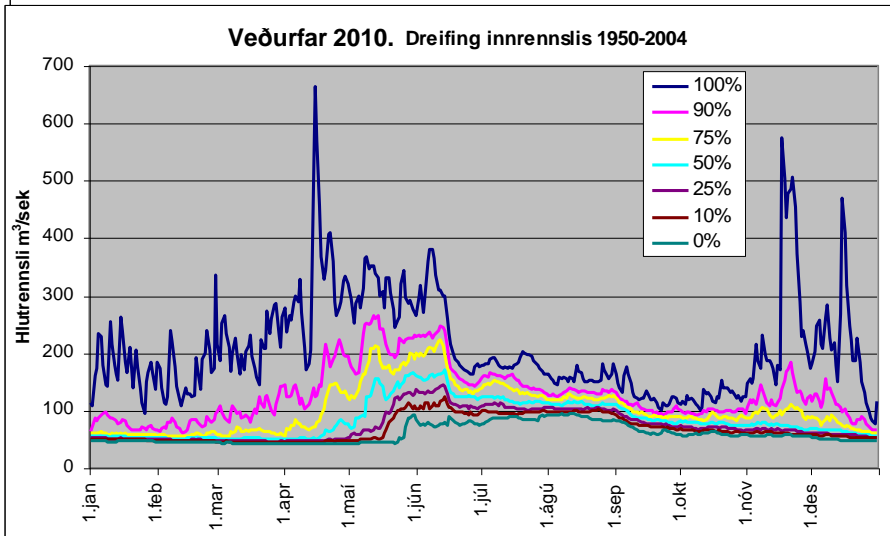
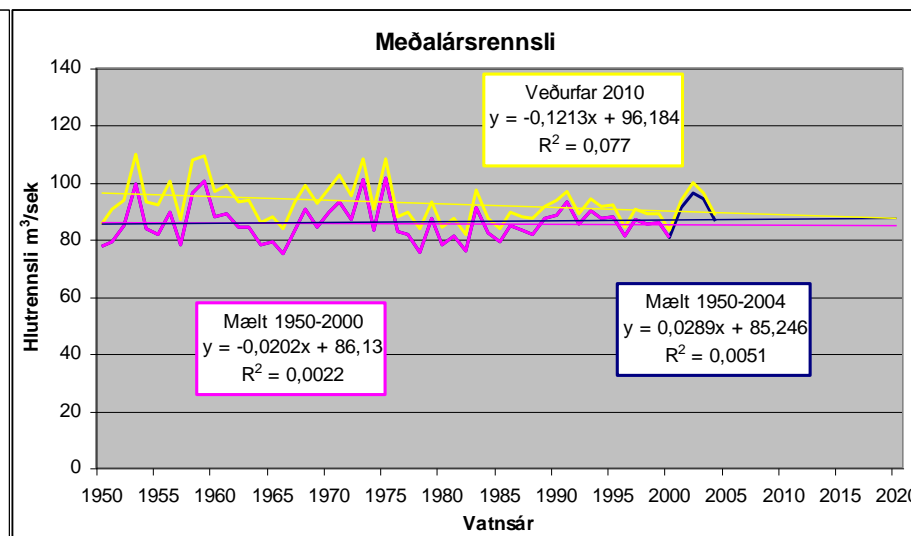
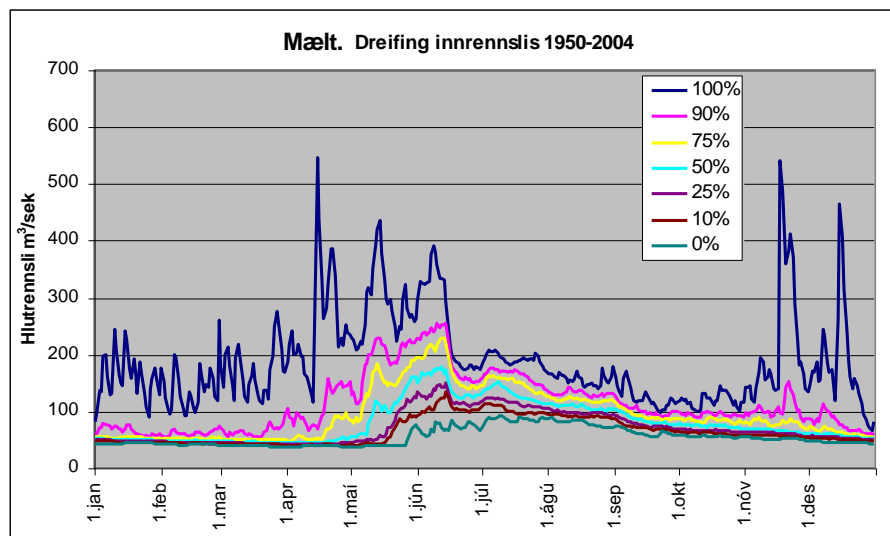
Þórisvatn, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	28,8	30,5	6%
Staðalfrávik m ³ /sek	3,14	3,32	6%
Breytileiki	11%	11%	
Skakki	0,49	0,31	

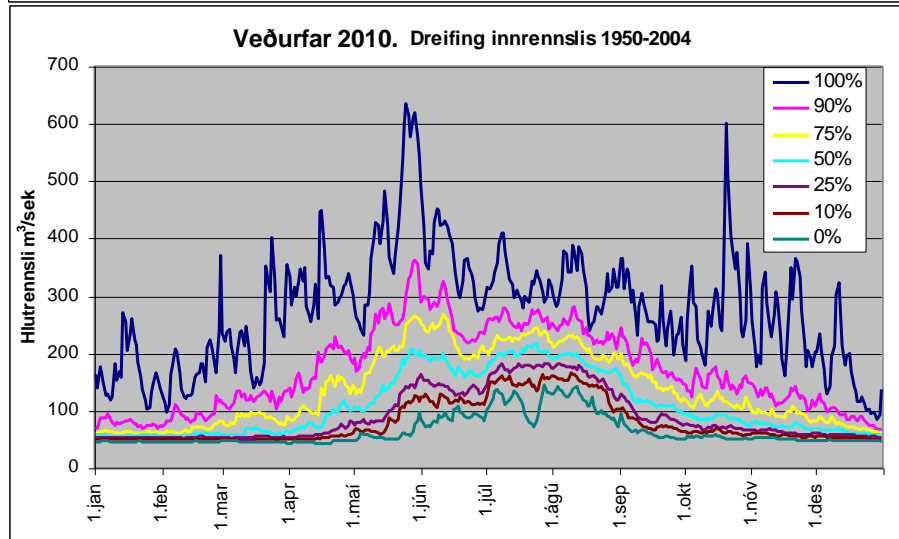
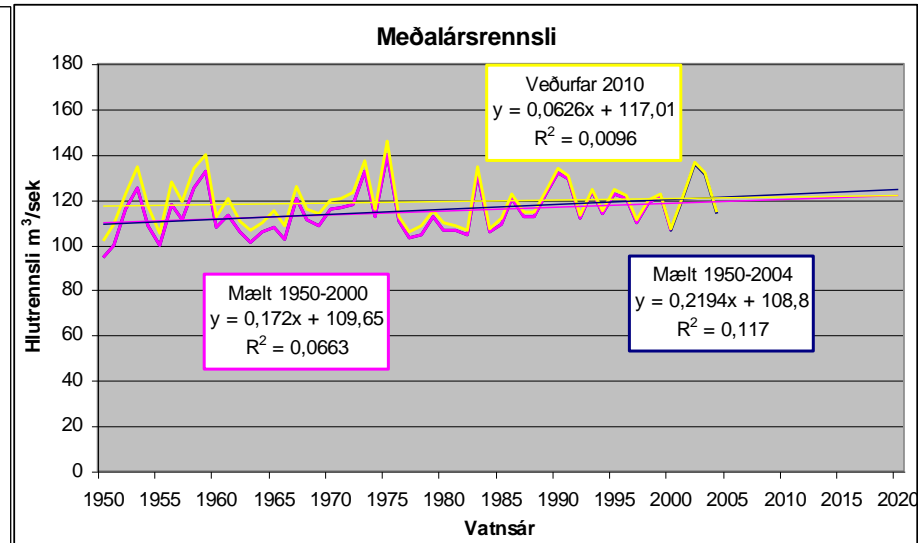
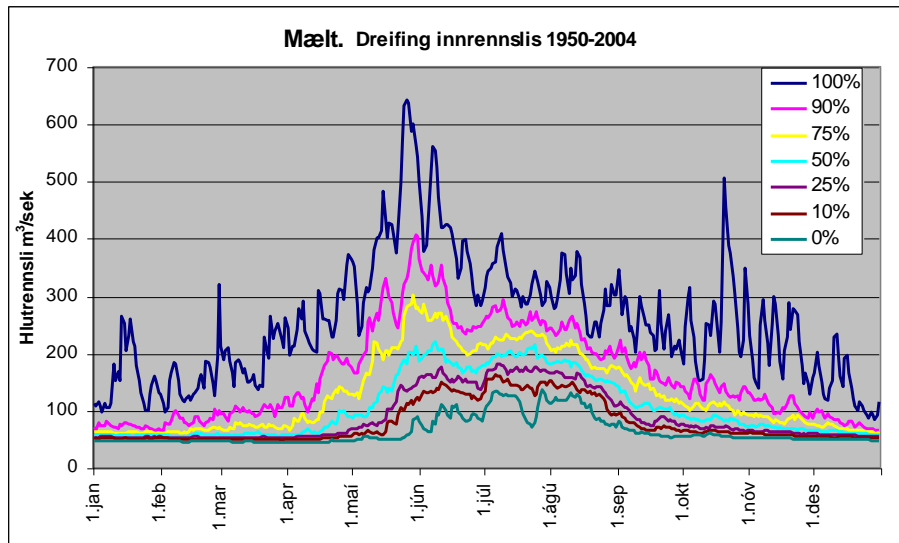
Sigalda, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	86,1	92,8	8%
Staðalfrávik m ³ /sek	6,5	7,0	8%
Breytileiki	8%	8%	
Skakki	0,54	0,84	

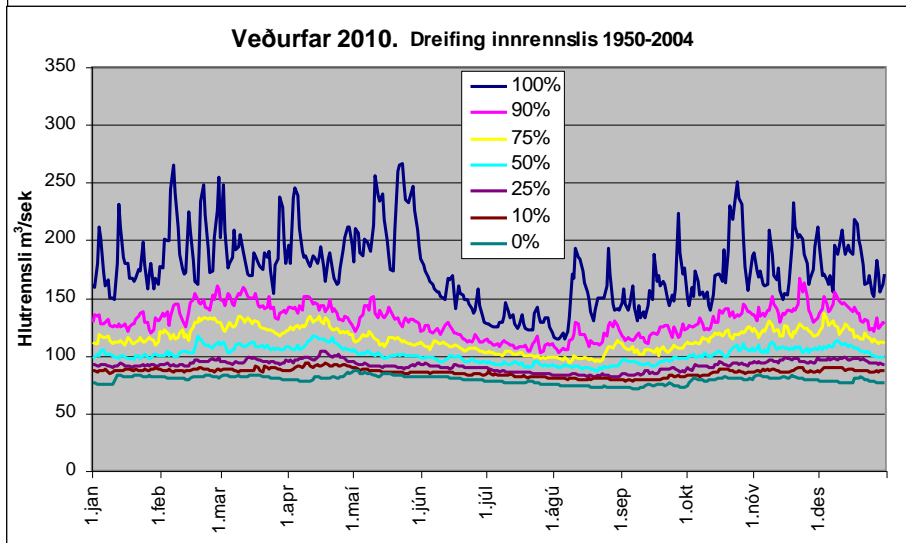
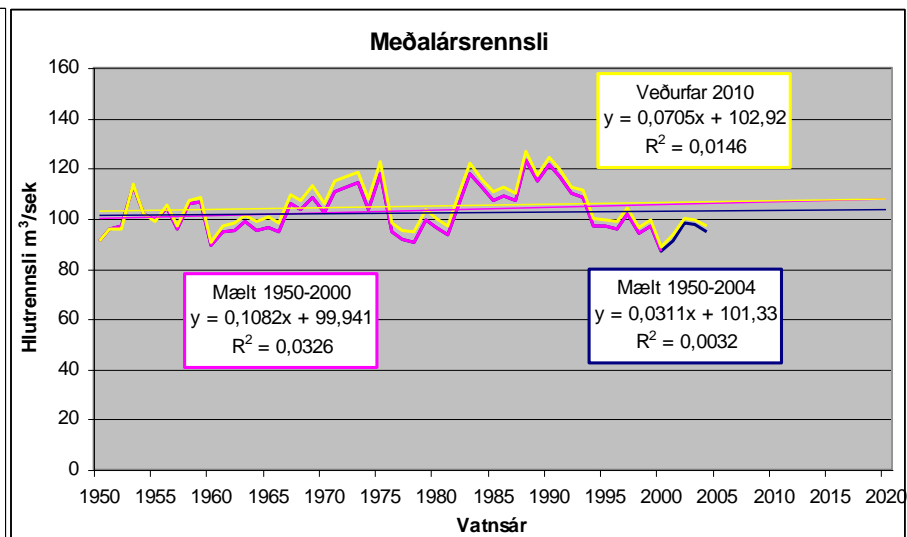
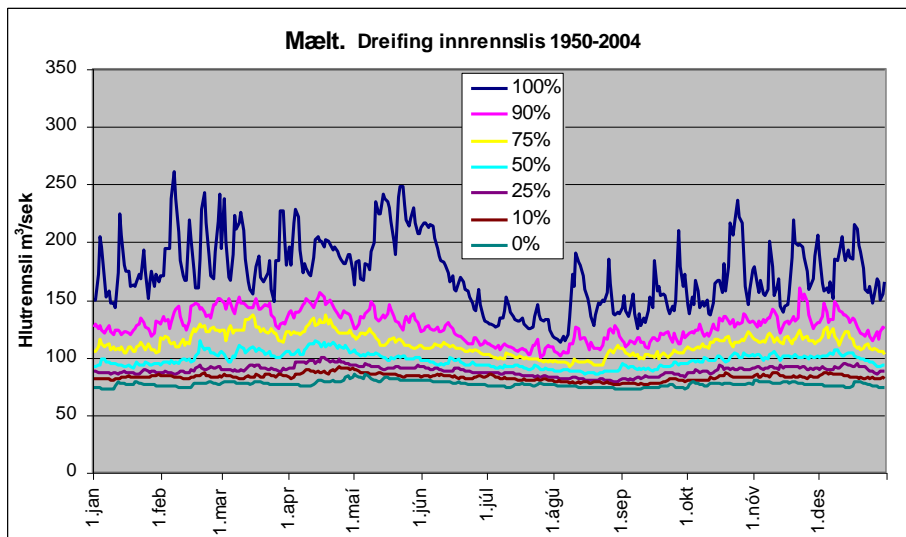
Sultartangi, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	114,9	118,8	3%
Staðalfrávik m ³ /sek	10,3	10,2	0%
Breytileiki	9%	9%	
Skakki	0,44	0,61	

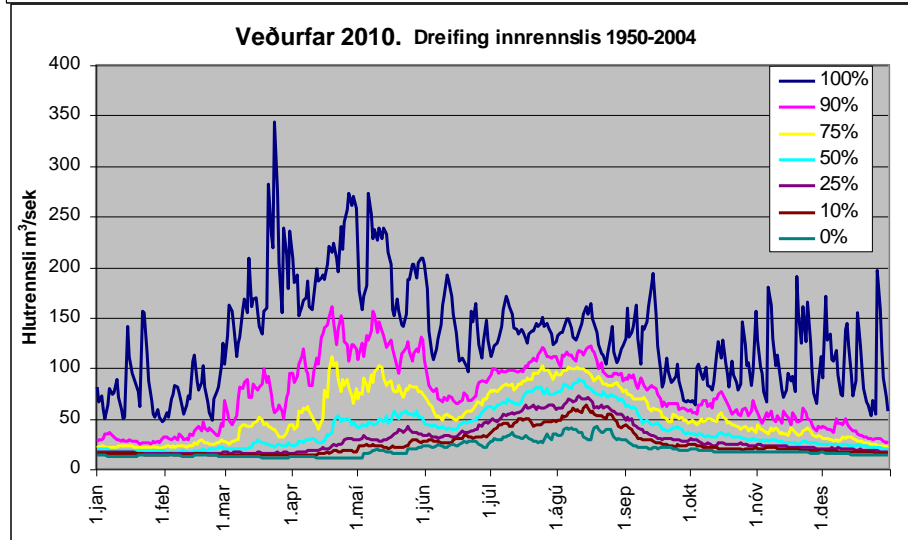
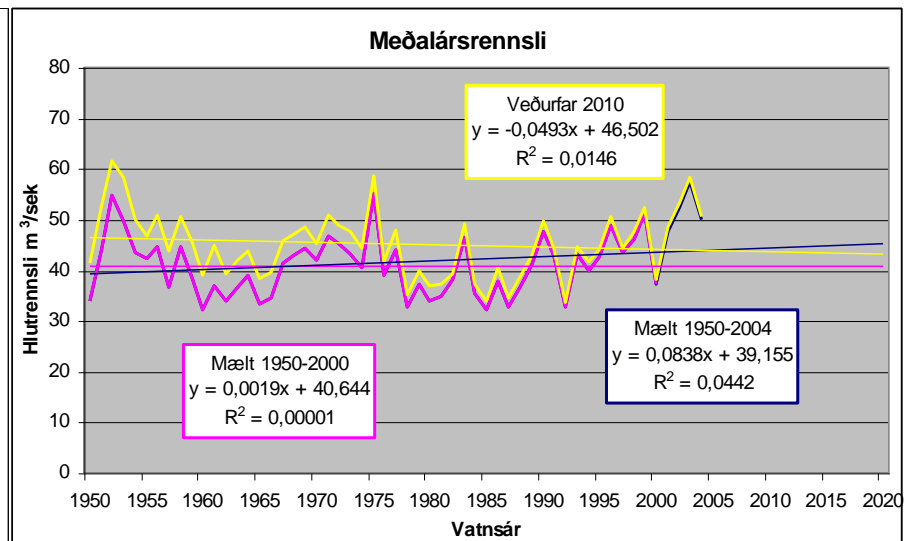
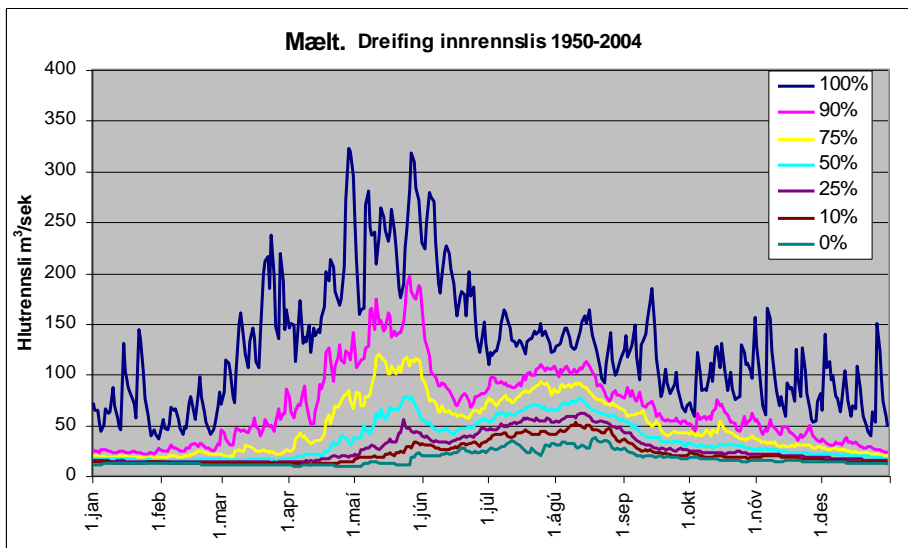
Sogsvirkjanir, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	102,2	104,9	3%
Staðalfrávik m ³ /sek	8,82	9,35	6%
Breytileiki	9%	9%	
Skakki	0,48	0,48	

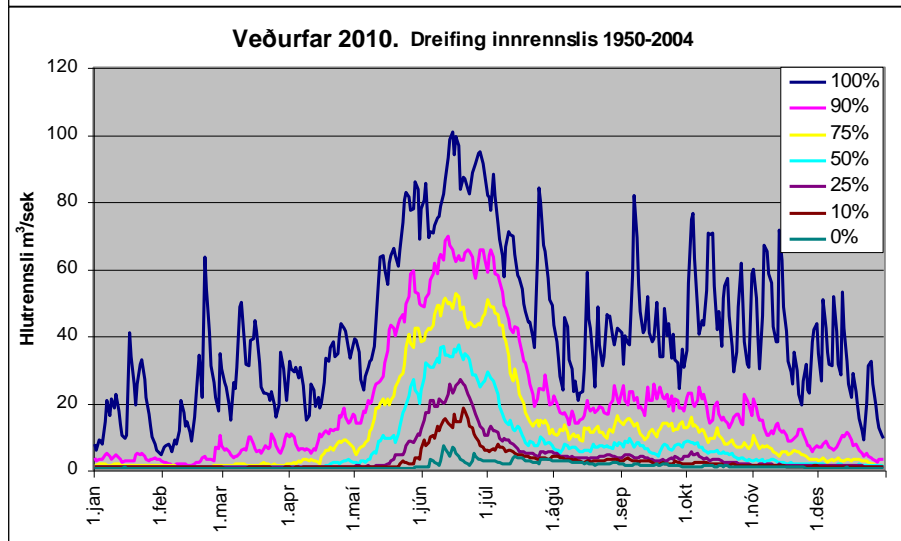
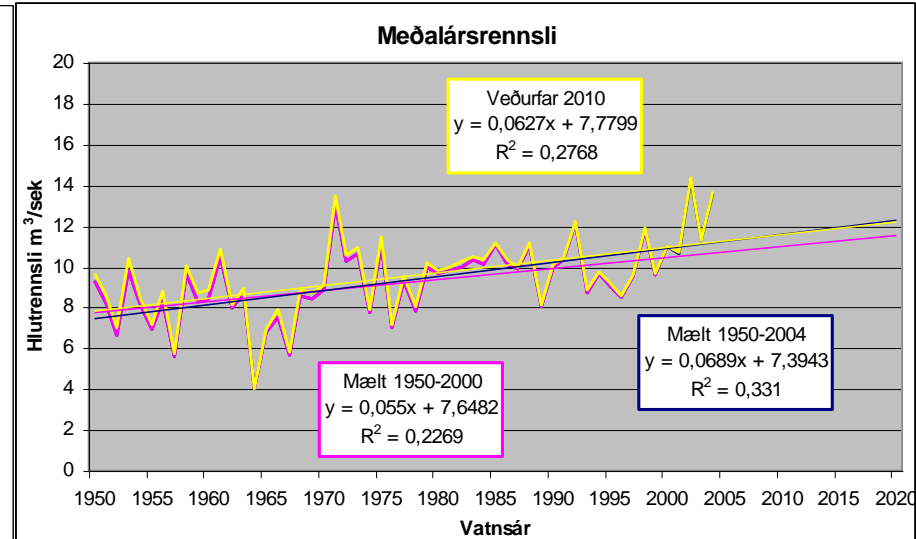
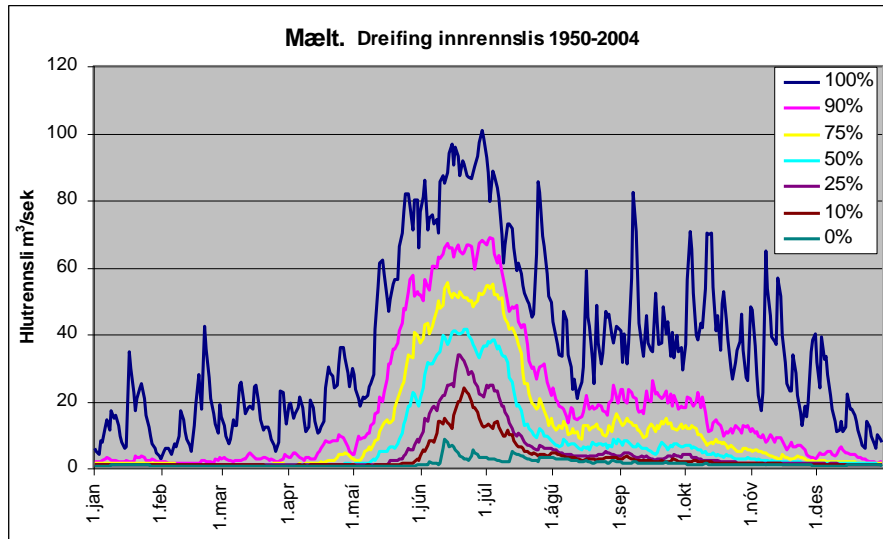
Blöndumiðlun, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	41,5	45,1	9%
Staðalfrávik m ³ /sek	6,39	6,53	2%
Breytileiki	15%	15%	
Skakki	0,43	0,36	

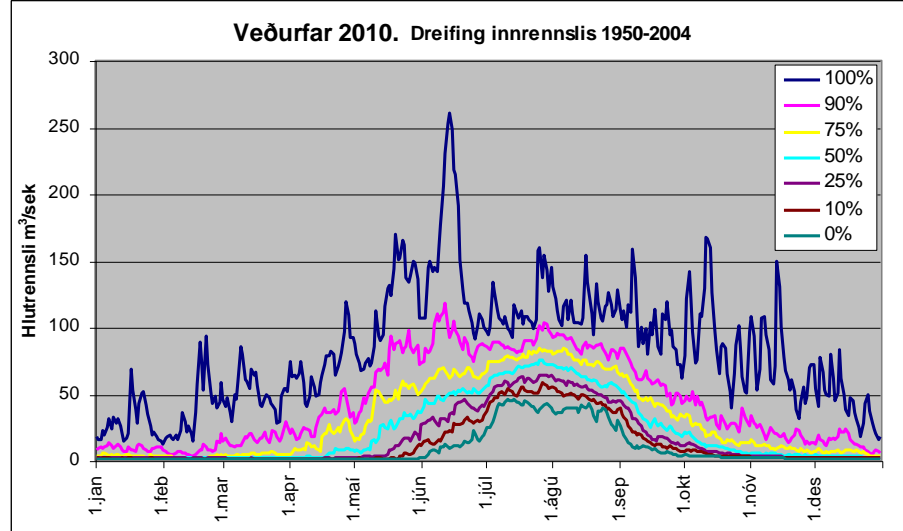
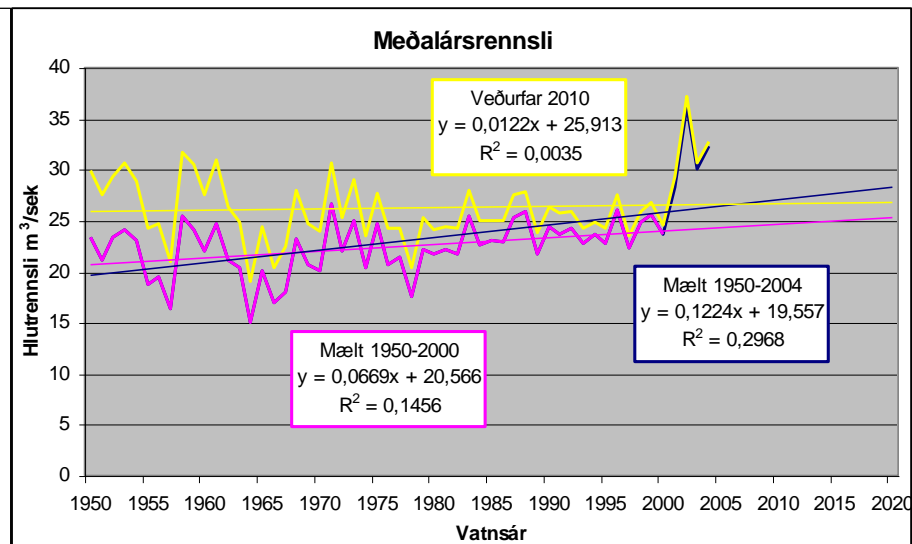
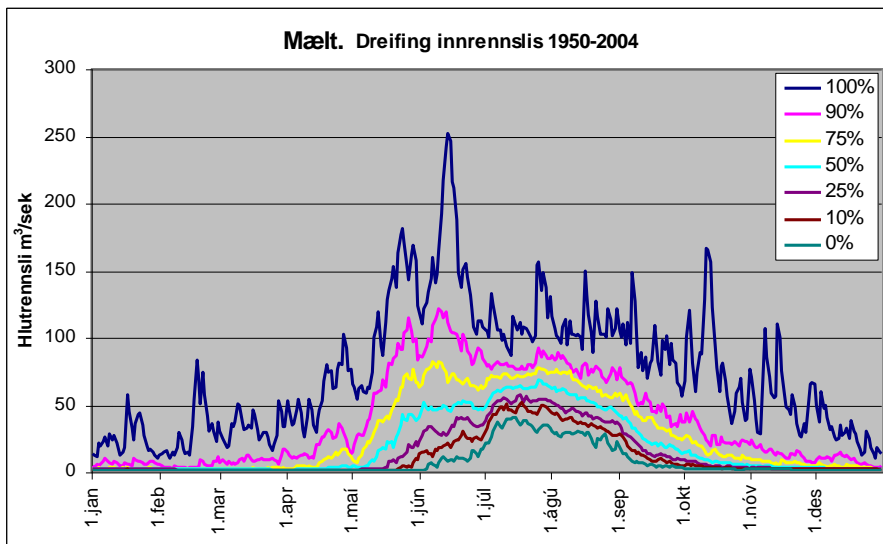
Hraunaveita, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	9,3	9,5	2%
Staðalfrávik m ³ /sek	1,92	1,91	0%
Breytileiki	21%	20%	
Skakki	-0,04	-0,14	

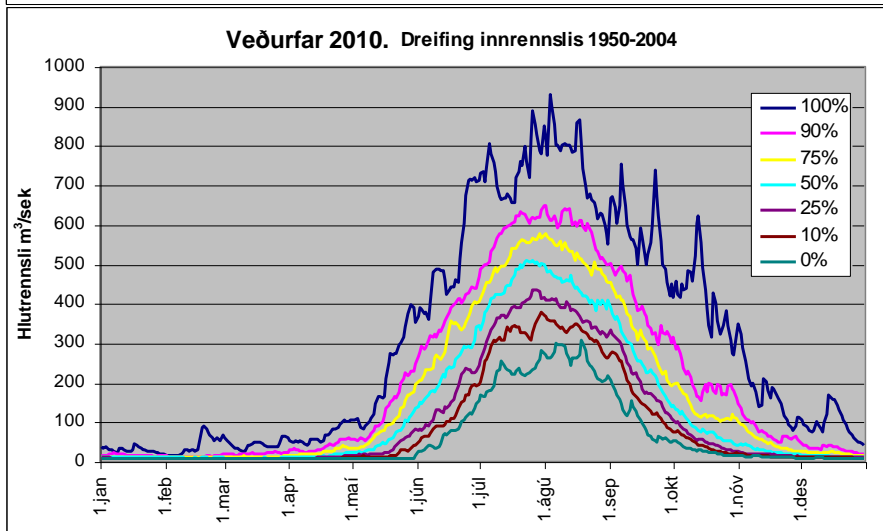
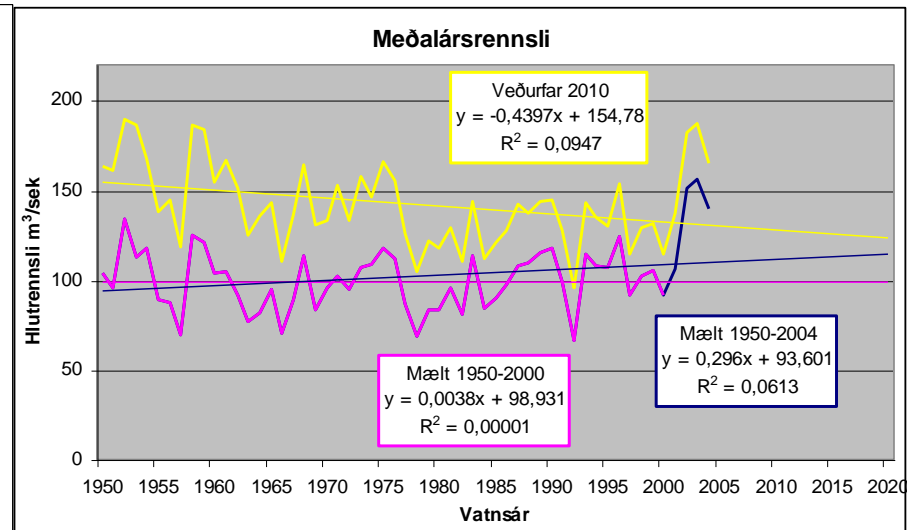
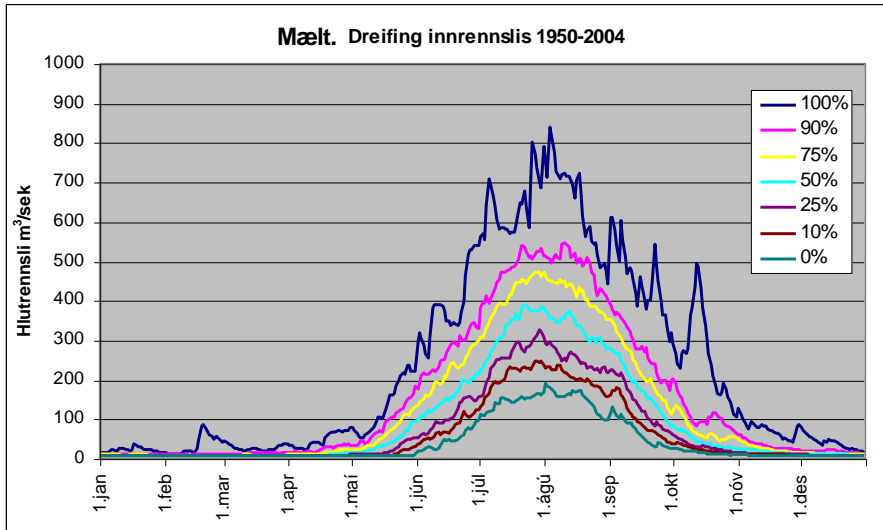
Jökulsárveita, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	23	26,3	14%
Staðalfrávik m ³ /sek	3,6	3,32	-8%
Breytileiki	16%	13%	
Skakki	0,87	0,59	

Háslón Kárahnjúkavirkjunar, hlutrennsli



Rennsli 1950-2004

	A. Mælt	C. Veður 2010	Breyting
Meðaltal m ³ /sek	101,9	142,5	40%
Staðalfrávik m ³ /sek	19,2	22,9	20%
Breytileiki	19%	16%	
Skakki	0,53	0,33	

