



ORKUSTOFNUN

Vatnamælingar

Efnastyrkur í nokkrum jökulám

Svanur Pálsson

Unnið fyrir auðlindadeild Orkustofnunar

1999

OS-99019



ORKUSTOFNUN
Vatnamælingar

Skýrsla
OS-99019
Verknr. 546915

Svanur Pálsson

Efnastyrkur í nokkrum jökulám

Unnið fyrir auðlindadeild Orkustofnunar

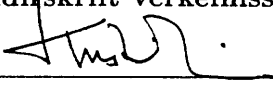
OS-99019

Maí 1999

ISBN 9979-68-032-6

ORKUSTOFNUN: Kennitala 500269-5379 - Sími 569 6000 - Fax 568 8896
Netfang Vatnamælinga vm@os.is - Heimasíða <http://www.os.is/vatnam>



Skýrsla nr: OS-OS-99019	Dags: Maí 1999	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Efnastyrkur í nokkrum jökulám	Upplag: 40	
	Fjöldi síðna: 30	
Höfundar: Svanur Pálsson	Verkefnisstjóri: Kristinn Einarsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Gögn um efnastyrk, samantekt	Verknúmer: 7-546915	
Unnið fyrir: Auðlindadeild Orkustofnunar		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Jafnframt mælingum á svifaur í jökulám er mældur efnastyrkur, en lítið hefur verið unnið úr þeim gögnum. Í þessari samantekt er aðallega lögð áhersla á tengsl efnastyrks og rennslis. Dreifing í gögnunum er mikil, mest á tímabili jökulleysingar. Efnastyrkur er almennt lægstur á snjóleysingartímabilum, en hæstur á vetrum, þegar grunnvatn einkennir rennslíð, en þó eru há gildi oft samfara jökulleysingu. Hæstu gildin tengjast afrennsli frá háhitasvæðum undir jökli, ýmist í hlaupum eða þegar nokkuð er liðið á jökulleysingartímabilið. Reiknaður hefur verið út efnaburður í nokkrum ám og efnanám af vatnasviðum þeirra. Af þeim, sem hér er fjallað um, er efnaburður hæstur í Ölfusá, um 700 þúsund tonn á ári, en efnanám er mest af vatnasviði Hverfisfjós, um 270 tonn af km ² á ári. Heildarefnaburður þeirra vatnsfalla, sem samantektin nær til, er um 3 milljónir tonna á ári, og af landinu öllu gæti efnaburður verið á bilinu 5–10 milljónir tonna á ári.		
Lykilorð: Jökulár, efnastyrkur, rennsli, efnaburður, efnanám	ISBN-númer: 9979-68-032-6	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: ÁSn, HA, HT, KE, OSig	

Ágrip

Jafnframt mælingum á svifaur í jökulám er mældur efnastyrkur í sýnum af árvatninu með þurreimingu, en það hafa verið aukaupplýsingar, sem haldið hefur verið til haga. Til þessa hefur lítið verið unnið úr gögnunum, en tilgangurinn með þessari samantekt er m. a. að kynna þau. Aðallega eru tekin fyrir gögn úr ám, sem svifaursframburður hefur verið reiknaður fyrir á undanförunum árum. Einkum er lögð áhersla á tengsl efnastyrks og rennslis.

Dreifing í gögnunum er mikil, sérstaklega á jökulleysingartímanum. Sem vænta má er efnastyrkur almennt lægstur á snjóleysingartímanum, en hæstur að vetrinum, þegar grunnvatn einkenir rennslíð, en þó eru hæstu gildin oft samfara jökulleysingu. Hæstu gildin eru úr jökulhlaupum frá háhitasvæðum undir jökli (Skaftárkatlar, Grímsvötn). Einnig er álitíð, að há gildi tengist afrennslu frá háhitasvæðum, þegar nokkuð er liðið á jökulleysingartímabilið (Jökulsá á Fjöllum). Há gildi fyrir rennslu og efnastyrk eru gjarnan tengd framhlaupum.

Þá hefur verið reiknaður út efnaburður í nokkrum ám og efnanám af vatnasviðum þeirra. Eins og áður segir, hefur efnastyrkurinn verið mældur með þurreimingu, en þá tapast rokgjörn efni. Við útreikninga á efnaburði hafa gildin verið umreiknuð, svo að þau verði sambærileg við heildarefnastyrk, þar sem lögð eru saman einstök efni úr heildarefnagreiningu. Af einstökum ám er efnaburður mestur í Ölfusá, um 700 þús tonn á ári. Efnanám er mest af vatnasviði Hverfisfjós, um 270 tonn á km² á ári, en það svarar til um 0,1 mm meðalrofs á ári af föstu bergi. Minnst reiknaðist efnanámið á vestanverðu Norðurlandi, um eða undir 50 tonnum á ári, en það svarar til um 0,02 mm meðalrofs af föstu bergi á ári. Þess verður að geta, að efnanámið er ofreiknað sem nemur þeim uppleystu efnunum, sem berast á landið með úrkomu.

Heildarefnaburður þeirra vatnsfalla sem samantektin nær til er um 3 milljónir tonna á ári, og af landinu öllu gæti efnaburður verið á bilinu 5–10 milljónir tonna á ári. Til samanburðar má geta þess, að við venjulegar aðstæður er heildarframburður svifaurs í þessum vatnsföllum sennilega á bilinu 25–30 milljónir tonna á ári, en heildarframburður svifaurs í ám, sem mælingar ná til, er um 50 milljónir tonna á ári og er þá aukinn aurburður í venjulegum jökulhlaupum og vegna framskriðs jökla talinn með.

Efnisyfirlit

Ágrip	2
1 Inngangur	5
2 Efnastyrkur og rennsli	6
3 Efnaburður	26
4 Helstu niðurstöður	29
5 Heimildir	30

Töfluskrá

1 Meðalefnaburður nokkurra vatnsfalla, byggt á þurreimingu	26
2 Lyklar notaðir við útreikninga á efnaburði	27
3 Meðalefnaburður og efnanám, byggt á umreiknuðum gildum samkv. jöfnu . .	28
4 Efnaburður samkv. lyklum og samkv. skýrslu Sigurðar Reynis Gíslasonar o. fl.	28

Myndaskrá

1 Rennsli og heildarefnastyrkur í Hvítá í Borgarfirði við Kljáfoss 1965–96	6
2 Rennsli og heildarefnastyrkur í Blöndu við Löngumýri 1965–70	7
3 Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá vestari við Goðdali 1974–98	7
4 Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá vestari í maí og júní	8
5 Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá vestari í júlí–september	9
6 Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá vestari í október–apríl	9
7 Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá austari við Skatastaði 1974–98	10
8 Rennsli og heildarefnastyrkur í Kolku við Sleitustaði 1964–87	10
9 Rennsli og heildarefnastyrkur í Skjálfandafjótí við Stóruvelli 1965–98	11
10 Rennsli og heildarefnastyrkur í Skjálfandafjótí í maí og júní	12
11 Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Fjöllum við Upptýppinga 1971–98 .	13
12 Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá við Upptýppinga í sept.–nóv.	13
13 Rennsli og heildarefnastyrkur í Kreppu 1971–98	14

14	Rennsli og heildarefnastyrkur í Kreppu 1974, 1979, 1980 og 1981	14
15	Rennsli og heildarefnastyrkur í Kreppu í maí og júní	15
16	Rennsli og heildarefnastyrkur í Kreppu í júlí–september	16
17	Rennsli og heildarefnastyrkur í Kreppu í október–apríl	16
18	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga 1965–98	17
19	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal, Hjarðarhaga, 1979, 1985 og 1986	17
20	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal í maí og júní	18
21	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal í júlí–september	18
22	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal í október–apríl	19
23	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Fljótsdal 1966–98	20
24	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Fljótsdal 1979, 1980 og 1985	20
25	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Fljótsdal í maí og júní	21
26	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Fljótsdal í júlí–september	21
27	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Fljótsdal október–apríl	22
28	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Lóni við Brekku 1974–93	22
29	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Lóni í maí og júní	23
30	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Lóni í júlí–september	23
31	Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Lóni í október–apríl	24
32	Rennsli og heildarefnastyrkur í Djúpá í Fjótshverfi við Rauðaberg 1964–98	24
33	Rennsli og heildarefnastyrkur í Hvítá við Brúarhlöð 1966–98	25

1 Inngangur

Fyrir nokkrum árum var hafist handa við að taka saman niðurstöður svifaursmælinga og reikna framburð. Því er lokið fyrir Hvítá í Borgarfirði og ár á Norður- og Austurlandi, þar sem gögn eru nægileg.

Auk mæligilda svifaurs eru í gagnasafni um svifaursmælingar á Orkustofnun mæligildi heildarefnastyrks. Ástæðan er sú, að mælingum á svifaur hefur verið hagað þannig, að þurft hefur að mæla heildarefnastyrk jafnframt mælingum á leir.

Þess verður að geta, að fram á mitt ár 1991 tókst aðgreining uppleystra efna og fins leirs oft ekki sem skyldi vegna þess að tækjabúnaður var ekki nægilega fullkominn. Þegar aðgreiningin tókst ekki nægilega vel, mældist efnastyrkur of hár, en leirstyrkur að sama skapi of lágur. Þegar nýr búnaður til aðgreiningar (membransúr af möskvastærð 0,45 μm) hafði verið tekinn í notkun, var til samanburðar jafnframt aðgreint með gömlu aðferðinni. Út frá þeim samanburðarmælingum voru eldri gildi endurreiknuð. Við þá reikninga var notast við línulegt samband á milli mismunarins á milli mæligilda efnastyrks, sem fengust með þessum tveimur aðferðum, og styrks svifaurs af leirkornastærð fundins með gömlu aðferðinni. Þessum reikningum er lýst í skýrslu eftir Svan Pálsson og Guðmund H. Vigfússon frá 1996. Niðurstöður slíkra reikninga eru að sjálfsögðu lakari en gildi, sem fengist hefðu með nýju aðferðinni.

Mælingarnar eru allar byggðar á þurreimingu við hitastig um 105–120 °C. Við þurreimingu tapast rokgjörn efni, svo að gildi fyrir heildarefnastyrk fengin á þann hátt eru lægri en gildi fengin með því að leggja saman gildi fyrir einstök efni úr heildarefnagreiningu.

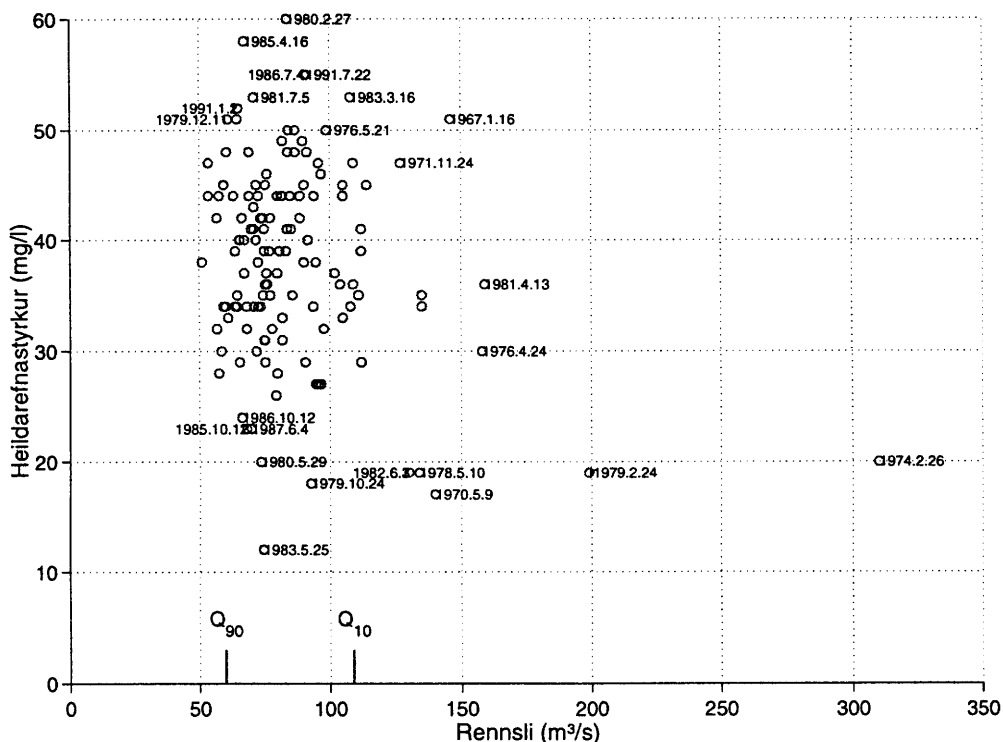
Í gagnasafninu eru mæligildi meira en 9000 sýna. Hingað til hafa efnastyrksgögnin ekkert verið notuð, en gögn svifaursmælinganna hafa verið notuð til útreikninga á framburði. Í þessari skýrslu er lögð áhersla á úrvinnslu efnagagna frá ám á Norður- og Austurlandi og stefnt að því, að framvegis verði unnið úr efnamælingum samhliða úrvinnslu svifaursmælinga.

Í skýrslunni er fjallað um athugun á sambandi rennslis og heildarefnastyrks. Athugað er, hvort sambandið sé breytilegt eftir árstíðum eða einstökum árum. Einnig er reiknaður heildarefnaburður fyrir um tuttugu sýnatökustaði. Hér er ekki ítarleg umfjöllun um gögnin, heldur er þetta byrjunarathugun, sem getur e. t. v. vakið athygli á gagnasafninu, og þess jafnframt vænst, að mótaðar verði hugmyndir um frekari úrvinnslu þess.

2 Efnastyrkur og rennsli

Í þessum kafla verður sýnt, hvernig tengsl heildarefnastyrks og rennslis lýsa sér í allmörgum völdum ám. Byrjað er á Hvítá í Borgarfirði. Síðan eru teknar flestar ár á Norður- og Austurlandi, þar sem jökulleysing kemur við sögu, en á Suðurlandi eru aðeins teknar tvær ár að þessu sinni. Lóðréttu strikin á X-ásnum, sem merkt eru Q_{90} og Q_{10} , afmarka algengasta rennslisbilið. Rennslið er 10% tímans lægra en rennslið, sem merkt er Q_{90} og 10% tímans hærra en rennslið, sem merkt er Q_{10} .

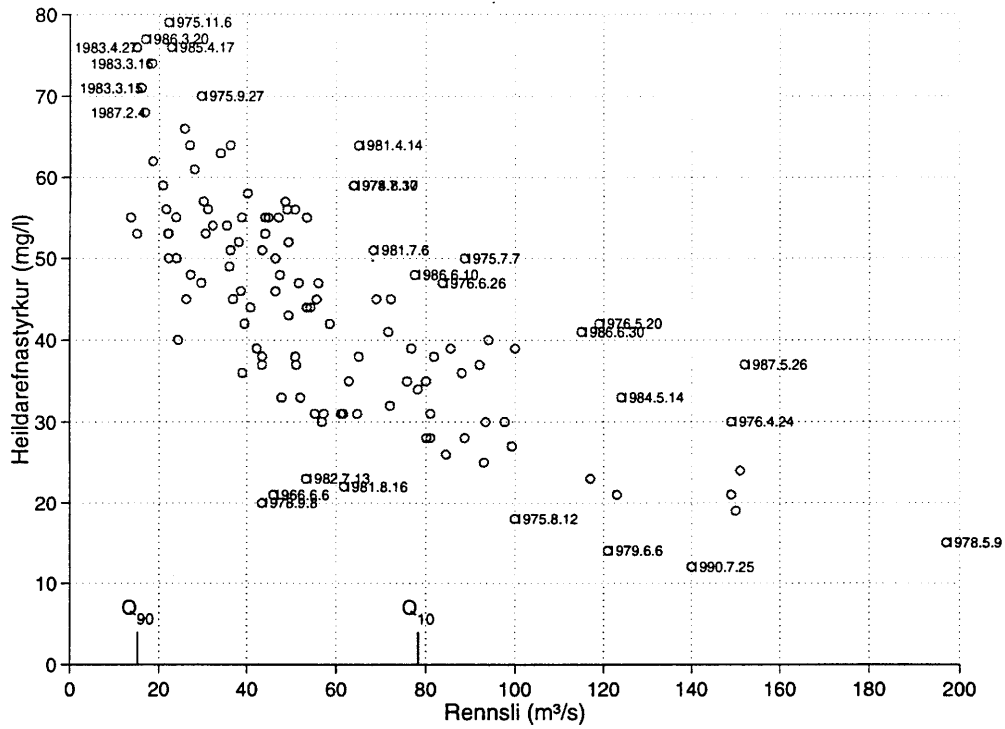
Mynd 1 sýnir efnastyrk á móti rennsli í Hvítá í Borgarfirði við Kljáfoss. Nokkrir punktar á jöðrum dreifarinnar eru auðkenndir með dagsetningum til þess að gera frekar kleift að átta sig á árstíðabundnu viki frá meðallagi, en það virðist vera óljóst. Helst virðist mega greina, að hæsti efnastyrkurinn sé um háveturinn og í júlí, og tengist annars vegar lágrennsli og hins vegar jökulleysingu.



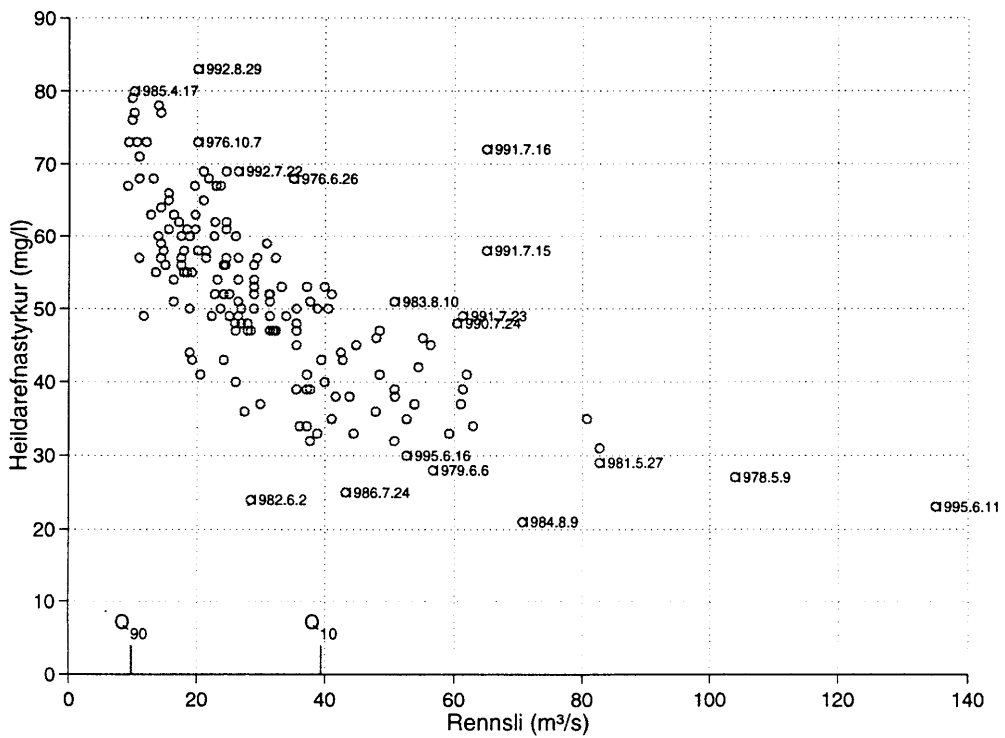
Mynd 1: Rennsli og heildarefnastyrkur í Hvítá í Borgarfirði við Kljáfoss 1965–96.

Mynd 2 sýnir efnastyrk á móti rennsli í Blöndu við Löngumýri fyrir virkjun. Hér kemur mjög greinilega fram, að efnastyrkur fer minnkandi með vaxandi rennsli. Erfitt er að sjá tengsl við árstíðir, þegar ystu punktarnir í dreifinni eru skoðaðir, en þó er ljóst, að flest hæstu efnastyrksgildin eru úr sýnum teknum um hávetur.

Á mynd 3 er sýndur heildarefnastyrkur á móti rennsli í Jökulsá vestari við Goðdali. Greinilegt er, að efnastyrkur minnkar með vaxandi rennsli. Hér er dreifingin minni en víða annars staðar, sérstaklega ef nokkur ystu gildin eru ekki meðtalin. Efnastyrkur er hæstur miðað við rennsli á jökulleysingartímanum, en þó eru til há gildi fyrir efnastyrk frá snjóleysingartímanum að vorinu. Lægstu gildin fyrir efnastyrk eru flest frá snjóleysingartímanum, en þó slæðast þar með gildi frá jökulleysingartímanum. Tvö sérlega há efnastyrksgildi frá því í júlí 1991 eru úr sýnum, sem tekin voru, þegar brennisteinsfýla fannst af ánni.



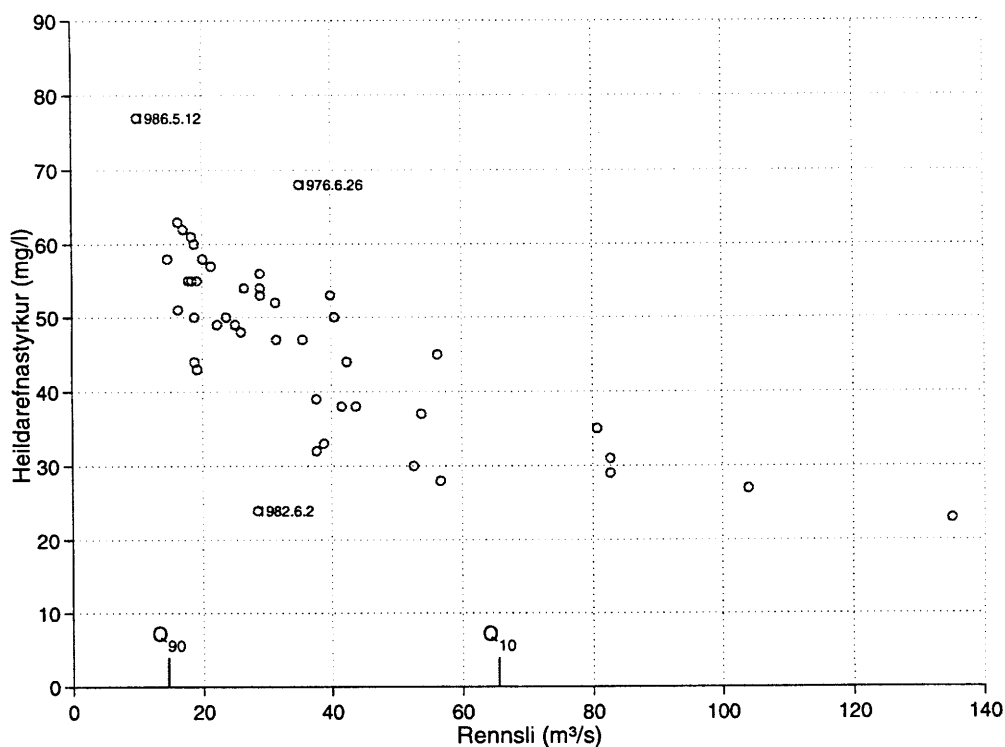
Mynd 2: Rennsli og heildarefnastykur í Blöndu við Löngumýri 1965–90.



Mynd 3: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá vestari við Goðdali 1974–98.

Til þess að reyna að átta sig á breytileika eftir árstíðum voru hér valin sérstaklega til skoðunar sýni tekin í maí og júní, snjóleysingar- og vorflóðatímanum, júlí-september, jökulleysingartímanum, og október-apríl, vetrinum.

Mynd 4 sýnir heildarefnastyrk á móti rennsli í Jökulsá vestari í maí og júní. Hér er dreifingin minni en í öllu gagnasafninu á mynd 3.



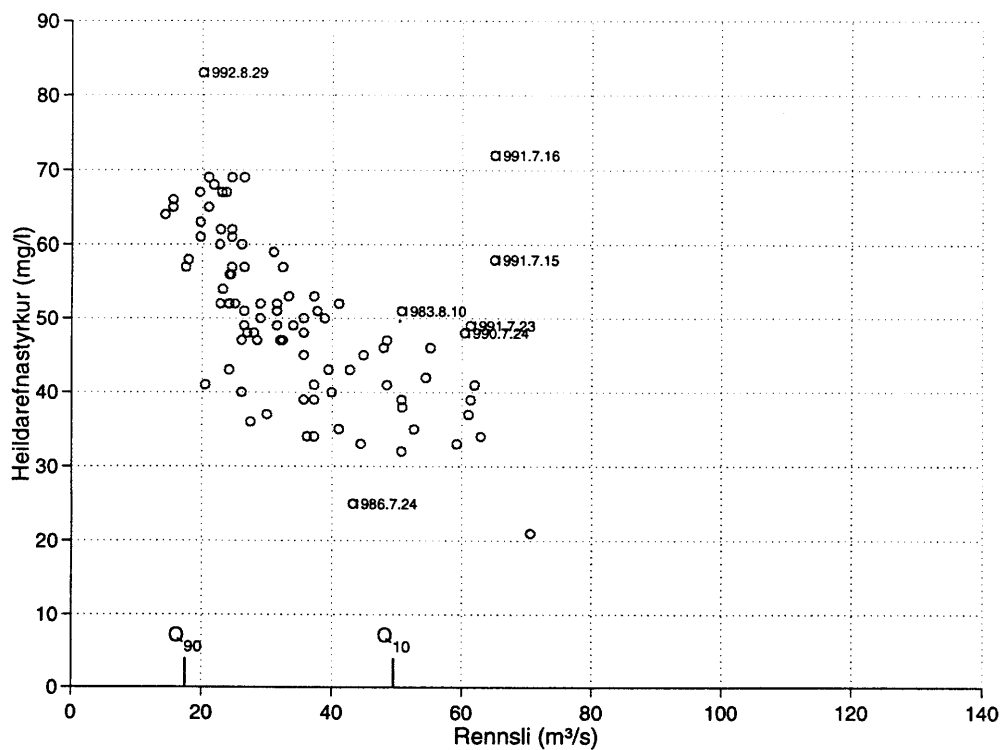
Mynd 4: Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá vestari við Goðdali í maí og júní.

Mynd 5 sýnir rennsli og heildarefnastyrk í Jökulsá vestari í júlí, ágúst og september. Hér er dreifingin mikil, en mest skera sig úr fyrirnefnd tvö gildi frá miðjum júlí 1991, þegar brennisteinsfýla fannst af ánni.

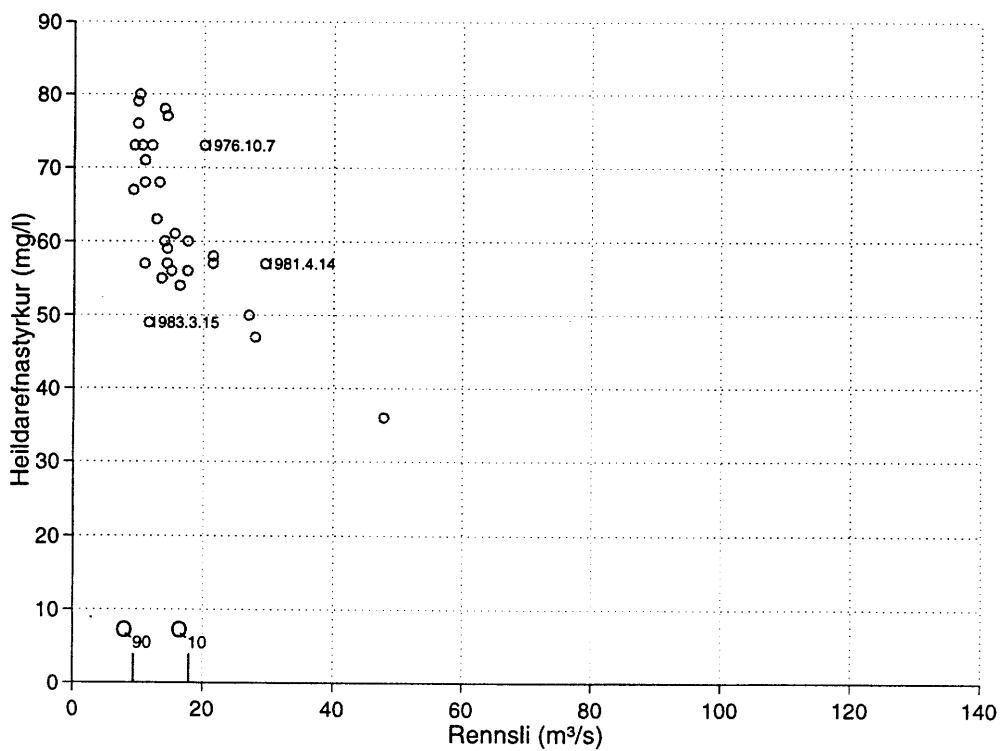
Mynd 6 sýnir rennsli á móti heildarefnastyrk í Jökulsá í október-apríl. Hér er dreifingin ekki mikil, ef ystu gildum er sleppt. Almenn er efnastyrkur hæstur, þegar grunnvatnsþátturinn í rennslinu er hæstur.

Mynd 7 sýnir efnastyrk á móti rennsli í Jökulsá austari við Skatastaði. Hæstu efnastyrks-gildin eru annaðhvort tekin að vetrarlagi eða á jökulleysingartímanum, en að öðru leyti er erfitt að átta sig á árstíðabundinni tilhneigingu varðandi efnastyrk. Flest sýnin hafa verið tekin á snjóleysingartímanum að vorinu og fyrri hluta sumars, en snjóleysingartíminn nær hér fram í júlí. Hér er til boga, hve sýnin eru fá, sérstaklega frá jökulleysingartímanum, einkum við mikið rennsli.

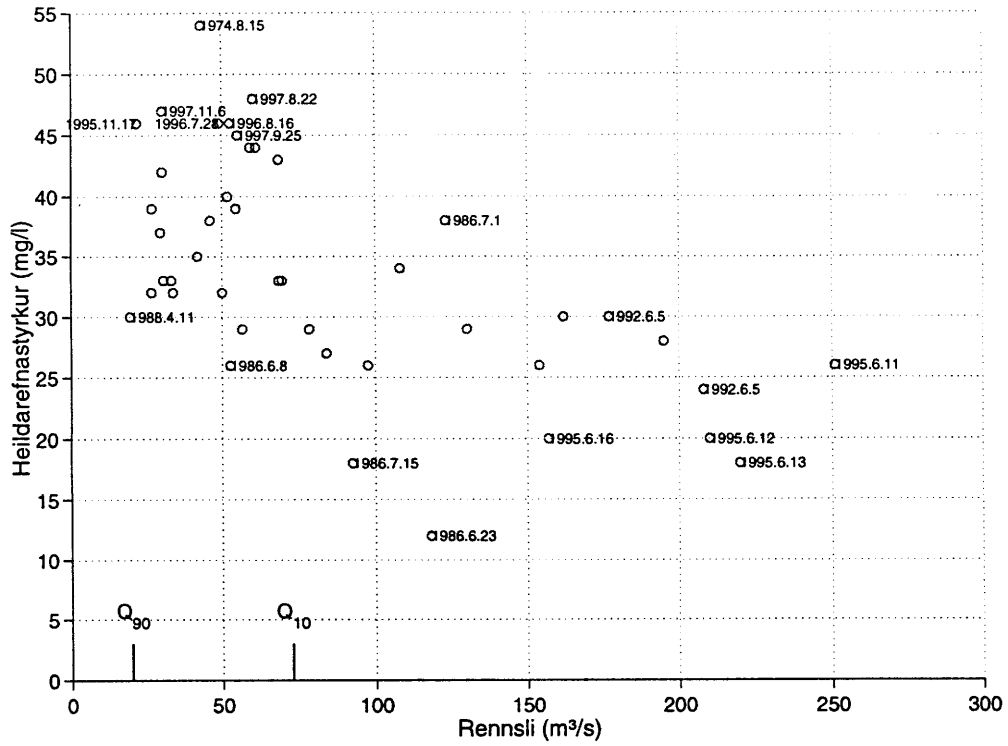
Mynd 8 sýnir efnastyrk á móti rennsli í Kolku við Sleitustaði. Kolka var tekin hér með, þó að hún sé ekki mikið vatnsfall, af því að þaðan eru til sýni tekin við mjög breytilegt rennsli. Hér er dreifingin mjög mikil. Ef eitthvað er, hefur efnastyrkur fremur tilhneigingu til að aukast með rennsli heldur en hitt. Ystu punktar eru auðkenndir með dagsetningum, en ekki verður séð, að frávikin fylgi neinni árstíðabundinni reglu.



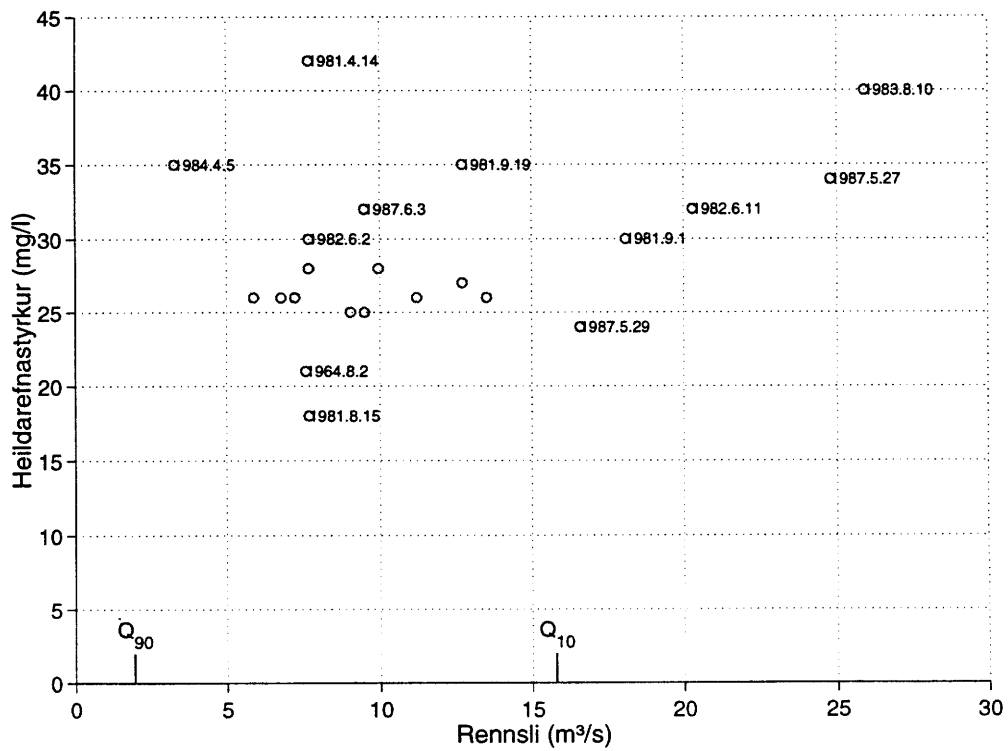
Mynd 5: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá vestari við Goðdali í júlí–september.



Mynd 6: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá vestari við Goðdali í október–apríl.

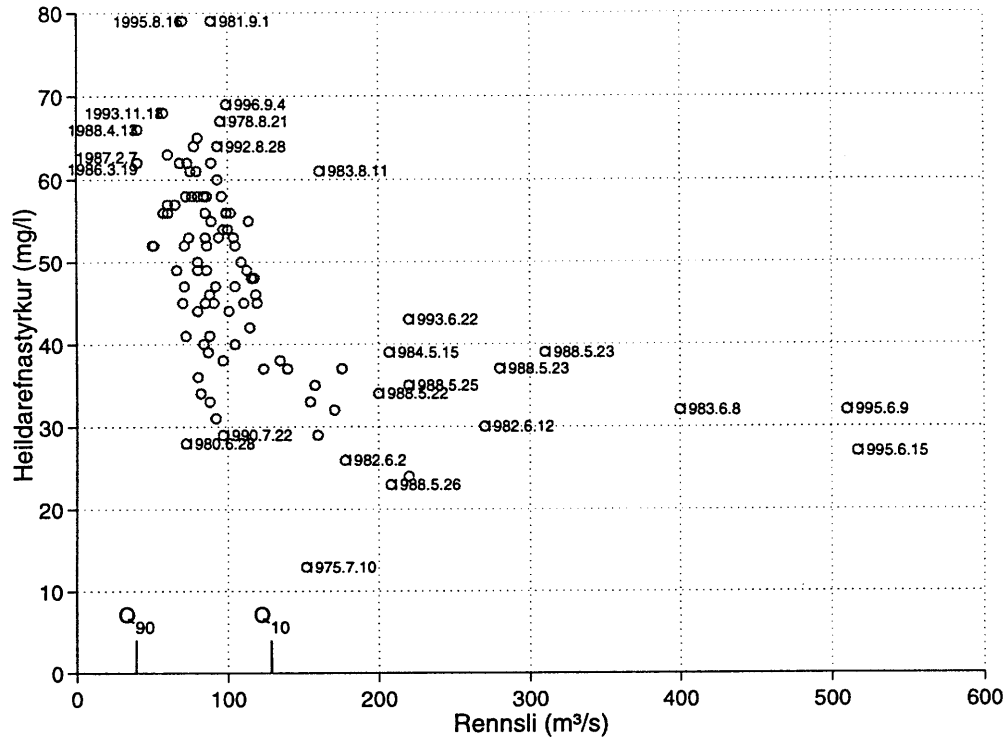


Mynd 7: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá austari við Skatastaði 1974–98.



Mynd 8: Rennsli og heildarefnastykur í Kolku við Sleitustaði 1964–87.

Mynd 9 sýnir heildarefnastyrk á móti rennsli í Skjálfandaflljóti. Hæstu gildi efnastyrks eru frá jökulleysingartímanum og vetrinum, en það er til baka, hversu fá sýni hafa verið tekin að vetrarlagi. Einnig má benda á það, að öll hæstu rennslisgildin eru frá snjóleysingartímanum á vorin, enda er Skjálfandaflljót vorflóðaá. Áhrif jökulleysingar eru tiltölulega lítil.

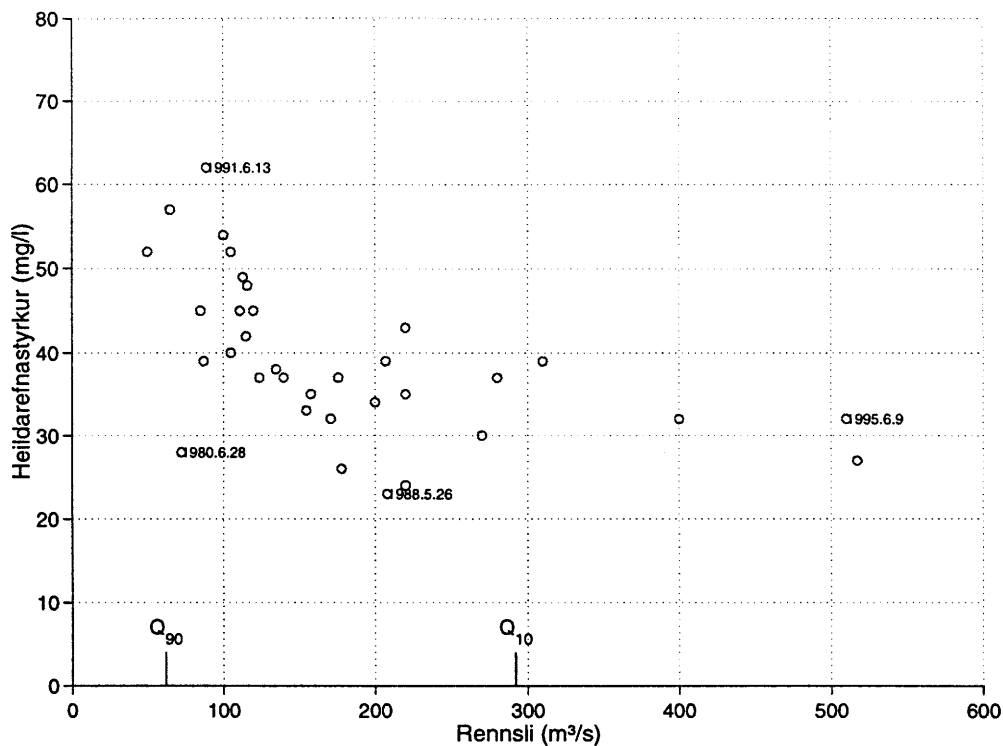


Mynd 9: Rennsli og heildarefnastyrkur í Skjálfandaflljóti við Stóruvelli 1965–98.

Til þess að draga fram einkenni vorflóðatímans í Skjálfandaflljóti er á mynd 10 sýndur heildarefnastyrkur á móti rennsli í maí og júní. Dreifingin er heldur minni en í heildarsafninu.

Á mynd 11 er sýndur heildarefnastyrkur á móti rennsli í Jökulsá á Fjöllum við Upptýppinga. Dreifingin er mjög mikil og minnkun efnastyrks með vaxandi rennsli ógreinileg, en það er sérkennilegt við þennan stað, að efnastyrkur verður stundum svo hár síðsumars og á haustin, að um íblöndun vatns frá háhitasvæði hlýtur að vera að ræða. Hæsta gildið tengist vafalaust gosinu í Gjalp, sem hófst 30. september 1996. Önnur gildi, sem sem mest skera sig úr, hvað varðar háan efnastyrk, eru frá árunum 1988, 1991, 1997 og 1998. Um árið 1991 er það að segja, að um sumarið var jökulleysing með mesta móti.

Til þess að skoða þetta nánar voru athuguð tengsl efnastyrks og rennslis í Jökulsá við Upptýppinga í mánuðunum september–október, sjá mynd 12. Í sýnum frá þeim árstíma var efnastyrkur oftast yfir 80 mg/l og fór oft yfir 100 mg/l. Einnig er sérstakt, að efnastyrkur hefur tilhneigingu til vaxa með rennsli. Svo virðist sem vatn frá háhitasvæði nái gjarnan að komast til Jökulsár seint á jökulleysingartímanum eða á næstu vikum, eftir að honum lýkur. Þess má geta sér til, að síðsumars eða snemma hausts nái gangakerfið undir jöklinum til háhitasvæðis eða háhitasvæða fjarri jökuljaðrinum, sérstaklega ef jökulleysing hefur verið mikil. Þá má hugsa sér, að gangakerfið nái þá annaðhvort til vatns með háum efnastyrk, sem safnast hefur fyrir á milli jökulíssins og bergsins, eða til grunnvatns af sama tagi undir jöklinum, nema hvorttveggja sé. Vitað er um vatn frá háhitasvæði, sem berst til Jökulsár í ánni Volgu, sem kemur undan jökli innan við Sigurðarskála. Það rennsli virðist ekki nægja



Mynd 10: Rennsli og heildarefnastyrkur í Skjálfandafjóti við Stóruvelli í maí og júní.

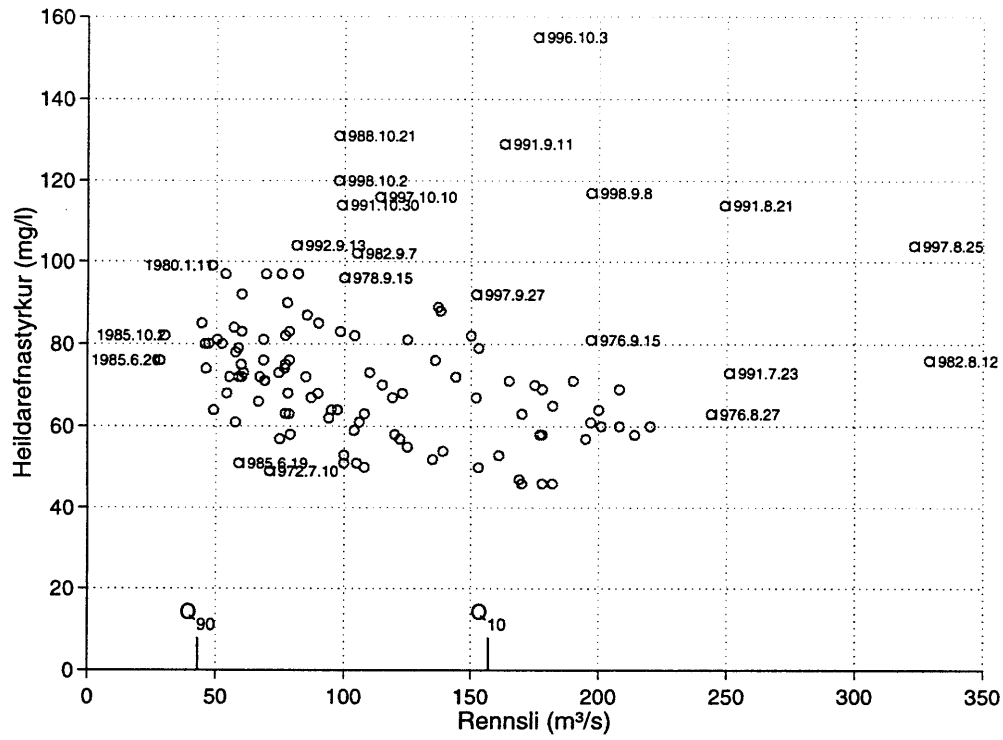
til þess að skýra þá árstíðabundnu hækkun í efnastyrk, sem hér um ræðir. Ekki er hægt að gera sér grein fyrir af þeim gögnum, sem hér eru til skoðunar, hvað hár efnastyrkur helst langt fram á vetur, því að aðeins hafa verið tekin örfá sýni að vetrarlagi. Hækkunar á efnastyrk á þessum árstíma hefur líka orðið vart í sýnum úr Jökulsá við Grímsstaði, en ekki eins greinilega og við Upptýppinga, enda áin orðin blandaðri.

Í Kreppu er dreifing gildanna mikil, þegar öll sýnin eru skoðuð, sjá mynd 13, en hún er miklu minni, þegar valin eru saman ár með lítilli jökulleysingu, sjá mynd 14. Þar voru valin árin 1974, 1979, 1980 og 1981. Ekki verður séð á þessum myndum, að tiltölulega lágur efnastyrkur sé bundinn við snjóleysingartímann.

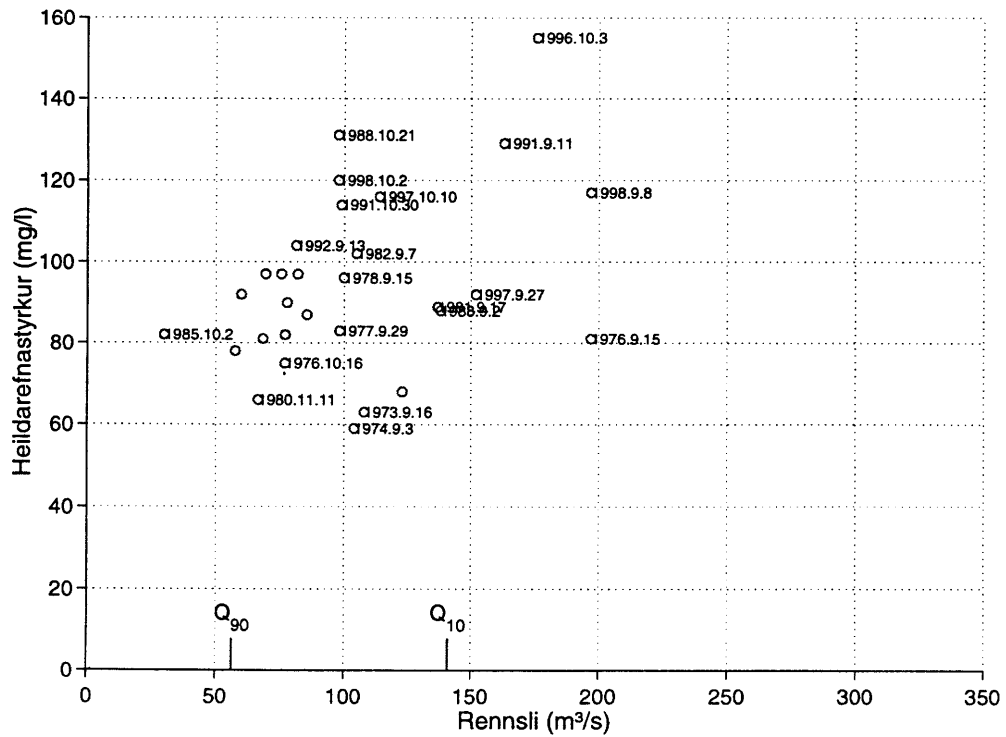
Mynd 15 sýnir heildarefnastyrk á móti rennsli í Kreppu í mánuðunum maí og júní. Dreifingin er ekki mjög mikil. Hins vegar er dreifingin mikil á jökulleysingartímanum í júlí–september, sjá mynd 16. Dreifing gildanna frá Kreppu að vetrarlagi (október–apríl) er ekki mikil, sjá mynd 17. Athyglivert er, hve efnastyrkur verður hár, þegar rennslið er lægst að vetrinum. Líklega er það vegna jarðhitavatns, en jarðhitavatn berst til Kverkár og þar með til Kreppu frá austurhluta Kverkfjalla, sjá Magnús Ólafsson o. fl. 1990.

Á mynd 18 er sýnt allt gagnasafnið frá Jökulsá á Dal. Dreifingin er mjög mikil. Lægstu efnastyrksgildin eru gjarna frá snjóleysingartímanum í maí og júní, en þó er það ekki einhlítt. Punktarnir í efsta hluta dreifarinnar (hæstu efnastyrksgildin) eru sumir líka frá snjóleysingartímanum, en flestir eru frá jökulleysingartímanum. Það veikir áreiðanleika efnastyrksgildanna frá Jökulsá á Dal, að breytingar urðu þar tiltölulega miklar við endurreikninga á mæligildum frá því fyrir 1991, en um þá reikninga er getið í inngangi þessarar skýrslu.

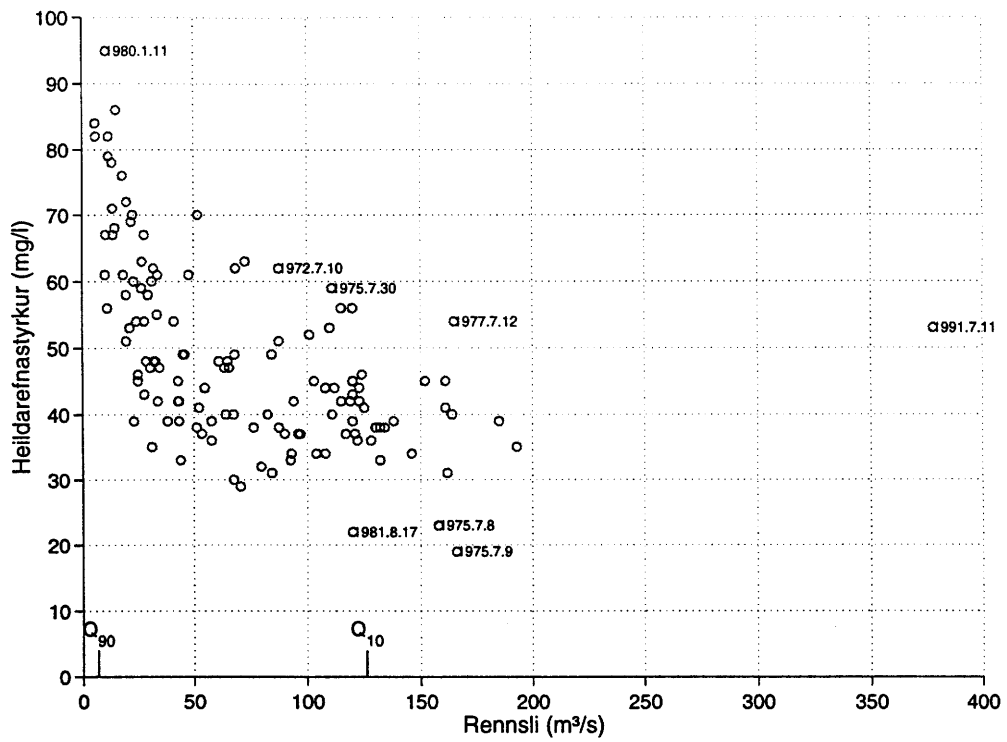
Til þess að reyna að átta sig betur á dreifingunni var prófað að taka fyrir fimm ára tímabil. Dreifingin var samt mikil. Því næst var prófað að velja saman annars vegar gögn frá árum,



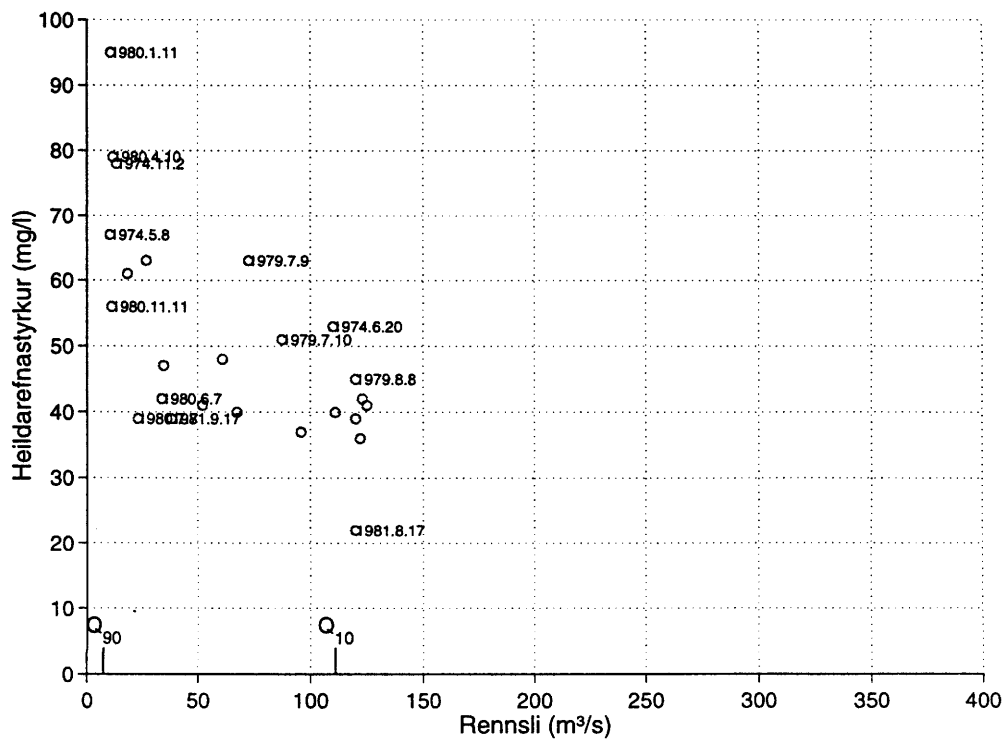
Mynd 11: Rennslí og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Fjöllum við Upptýppinga 1971–98.



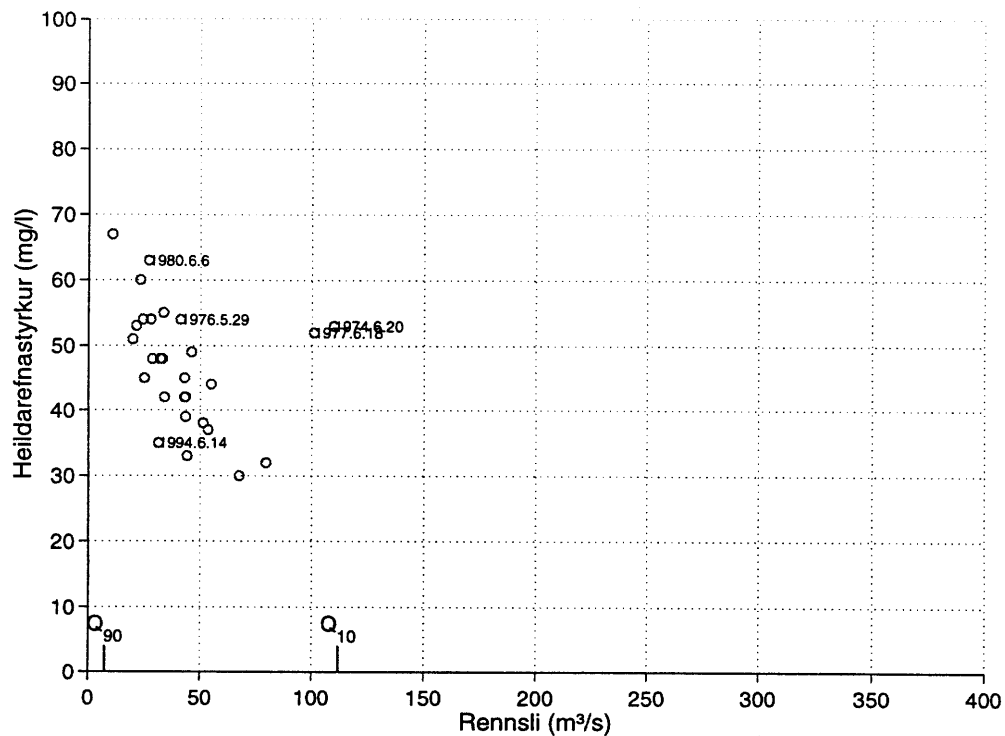
Mynd 12: Rennslí og heildarefnastyrkur í Jökulsá við Upptýppinga í sept.-nóv.



Mynd 13: Rennsli og heildarefnastykur í Kreppu við brú 1971–98.



Mynd 14: Rennsli og heildarefnastykur í Kreppu árin 1974, 1979, 1980 og 1981.



Mynd 15: Rennsli og heildarefnastyrkur í Kreppu í maí og júní.

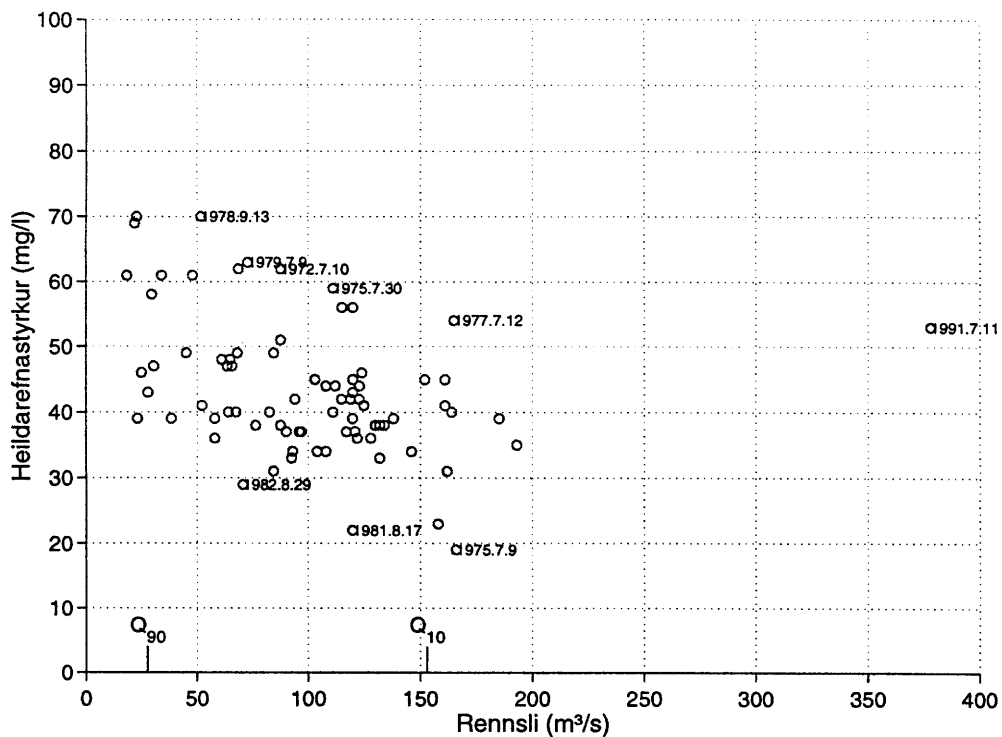
Þegar jökulleysing var lítil og hins vegar mikil. Þegar jökulleysing var mikil, var dreifingin mikil, en hún var miklu minni, þegar jökulleysing var með minnsta móti, sjá mynd 19, en þar eru valin þau þrjú ár, sem jökulleysing var einna minnst. Ystu punktarnir og þeir, sem svara til lægsta og hæsta rennslisins, eru auðkenndir með dagsetningum. Efnastyrkur er minnstur miðað við rennsli á snjóleysingartímanum í júní. Efnastyrkur er mestur að vetrinum allt fram að þeim tíma að snjóleysing hefst að vorinu. Efnastyrkur er að jafnaði meiri á jökulleysingartímanum en snjóleysingartímanum, en þó finnast undantekningar.

Athugaður var breytileiki eftir árstíðum í Jökulsá á Dal, en dreifingin er alltaf mikil. Mynd 20 sýnir gildi frá því í maí og júní. Athyglivert er, að þau gildi, sem skera sig mest úr, hvað varðar háan efnastyrk, eru frá því seint í júní. Engin skýring hefur fundist á því. Mynd 21 sýnir gildi frá júlí–september og mynd 22 gildi frá október–apríl. Dreifingin er enn meiri en fyrir gildin frá maí og júní.

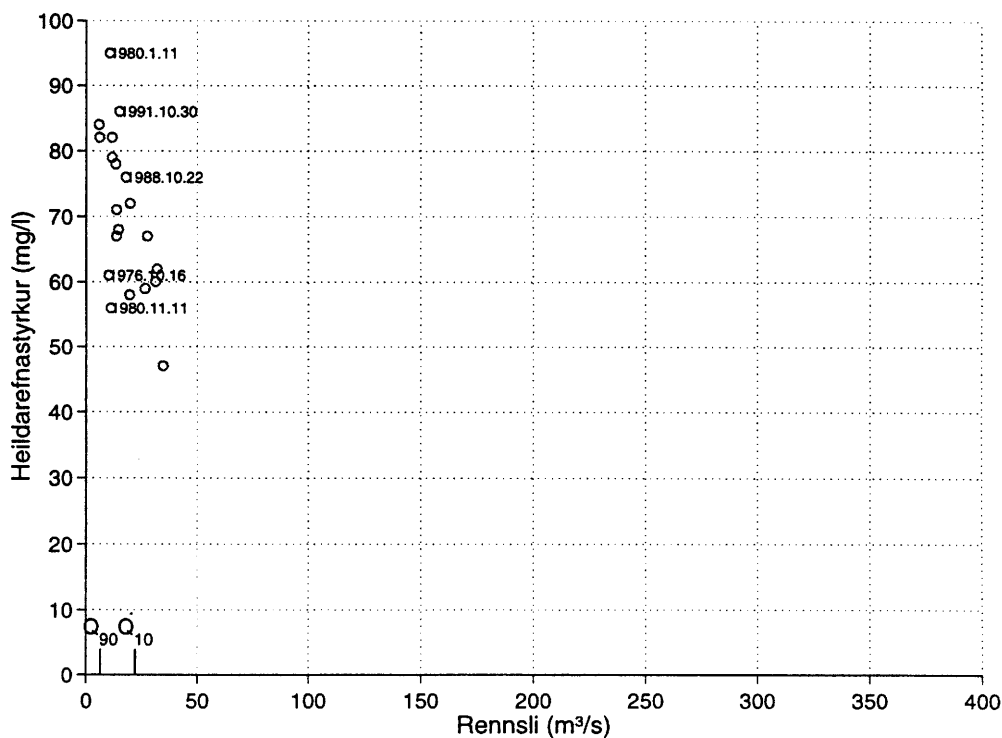
Í gagnasafninu frá Jökulsá í Fljótsdal er heldur minni dreifing en í safninu frá Jökulsá á Dal. Mynd 23 sýnir efnastyrk á móti rennsli í öllu gagnasafninu frá Jökulsá í Fljótsdal við Hól. Sýnin, sem mest skera sig úr með háan efnastyrk miðað við rennsli, voru flest tekin á jökulleysingartímanum, en lægstu gildin eru frá snjóleysingartímanum.

Þegar valin eru saman þau þrjú ár, sem jökulleysing var einna minnst, er dreifingin miklu minni, sjá mynd 24. Þar er áberandi, að efnastyrkur er lægstur á vorin, en hæstur miðað við rennsli á sumrin eða haustin. Allra hæstur er efnastyrkurinn á veturna, einkum um miðjan vetur eða á útmánuðum.

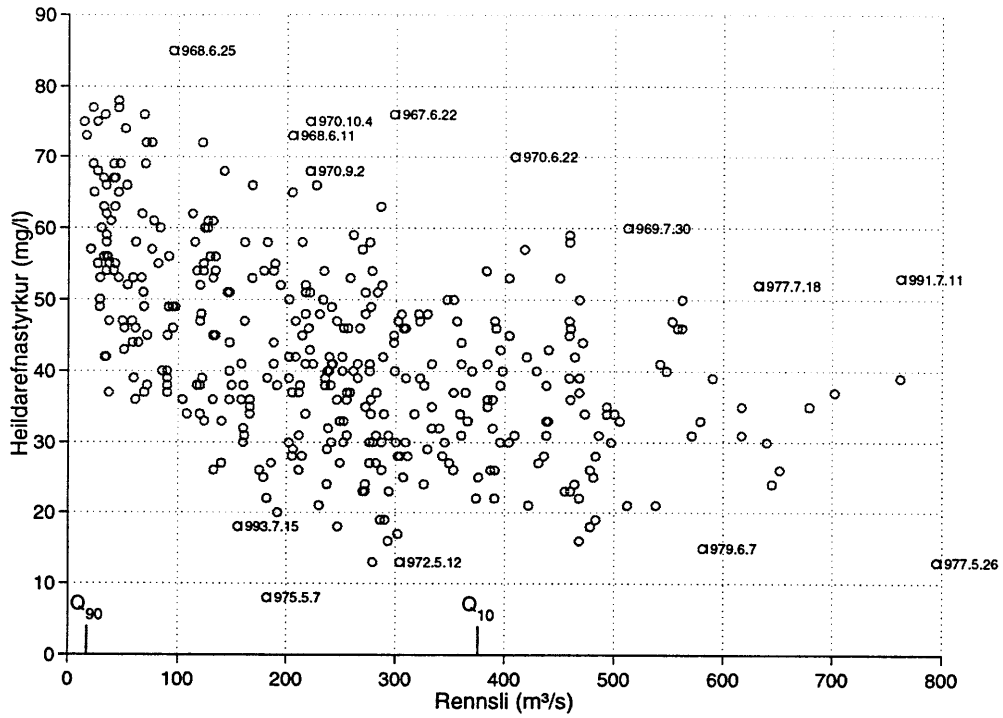
Athugaður var breytileiki eftir árstíðum í Jökulsá í Fljótsdal, en dreifingin er alltaf mikil. Mynd 25 sýnir gildi frá maí og júní. Tvö há efnastyrksgild frá því í júní 1968 vekja athygli, en ekki er þekkt nein skýring á þeim. Einnig má benda á, að hár efnastyrkur mældist einnig



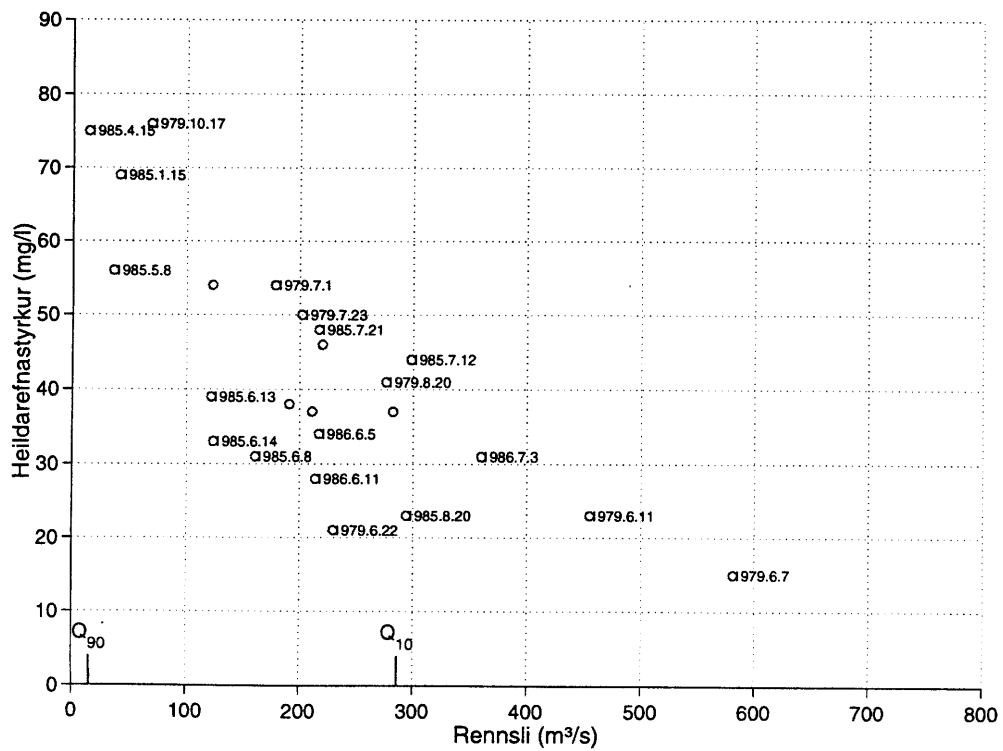
Mynd 16: Rennslí og heildarefnastykur í Kreppu í júlí–september.



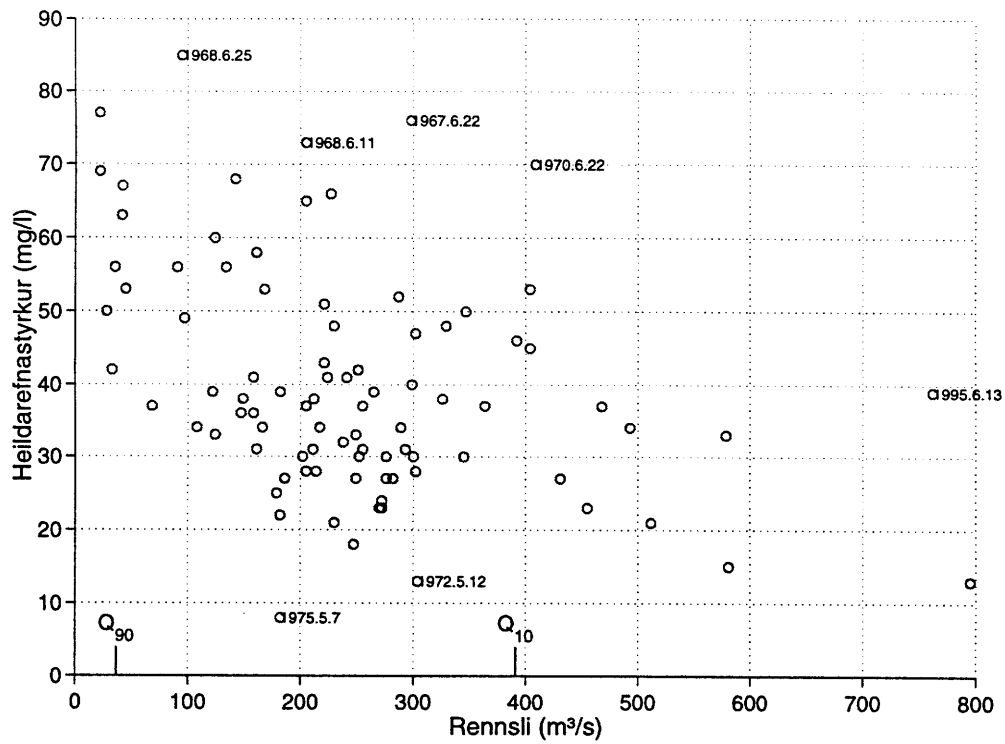
Mynd 17: Rennslí og heildarefnastykur í Kreppu í október–apríl.



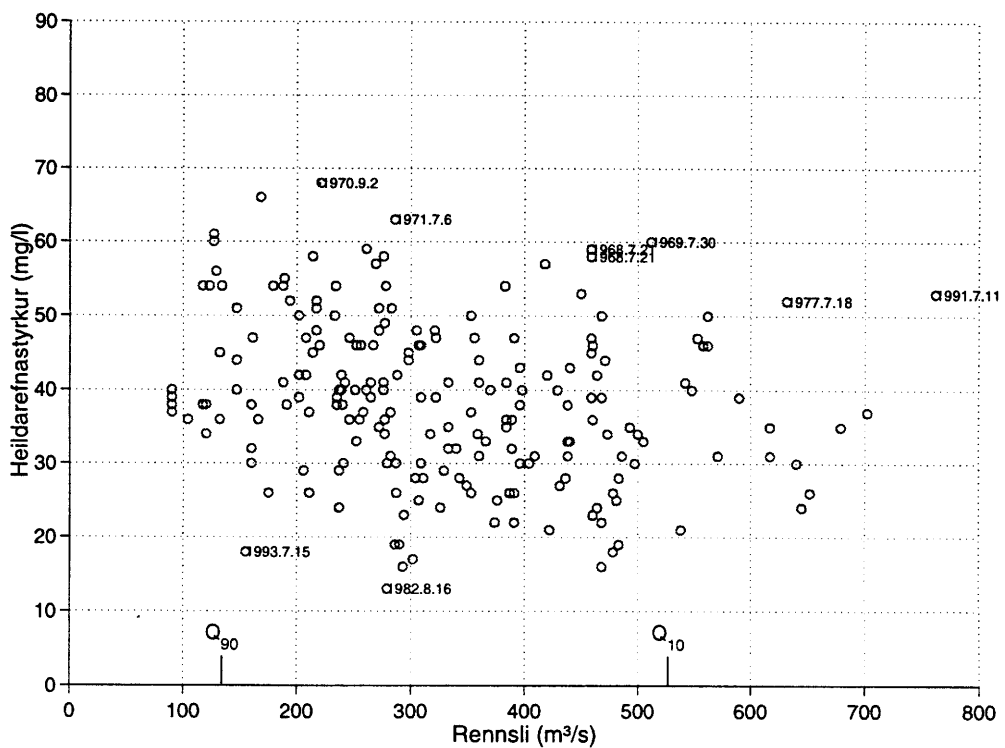
Mynd 18: Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga 1965–98.



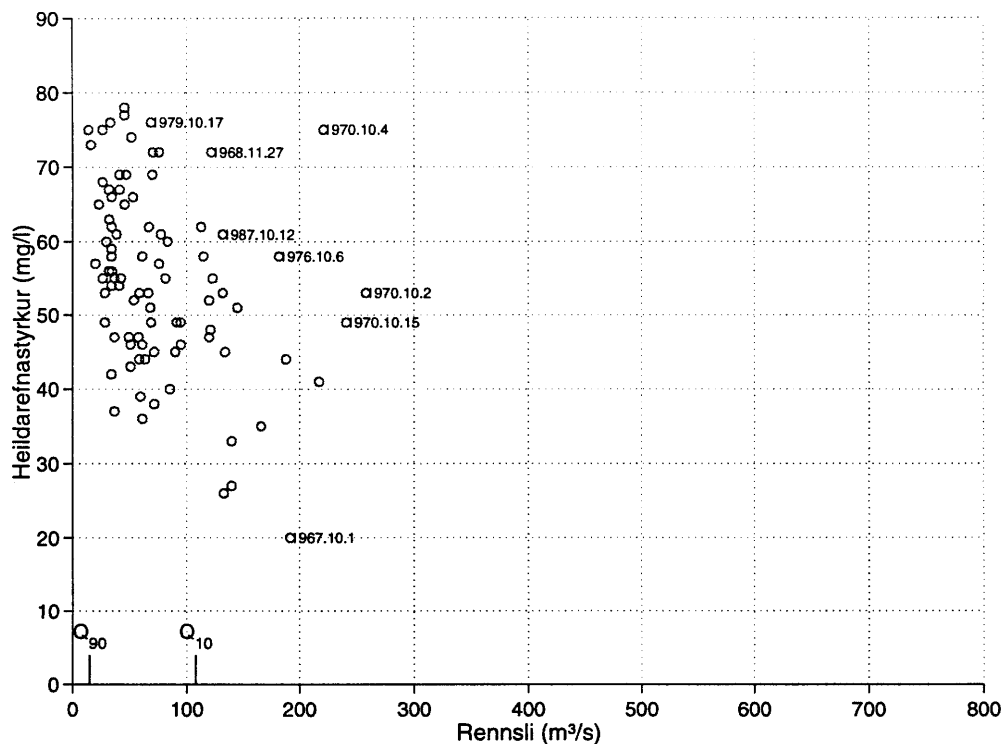
Mynd 19: Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal, Hjarðarhaga, 1979, 1985 og 1986.



Mynd 20: Rennslí og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal 1965-98 í maí og júní.



Mynd 21: Rennslí og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal 1965-98 í júlí-september.

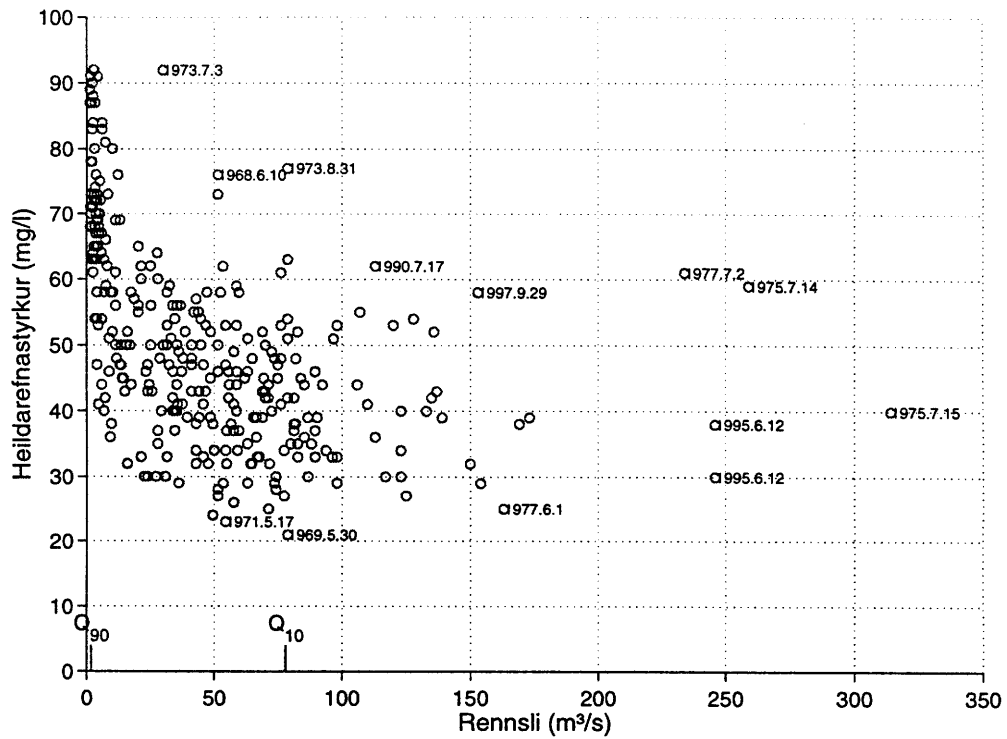


Mynd 22: Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá á Dal 1965-98 í október–apríl.

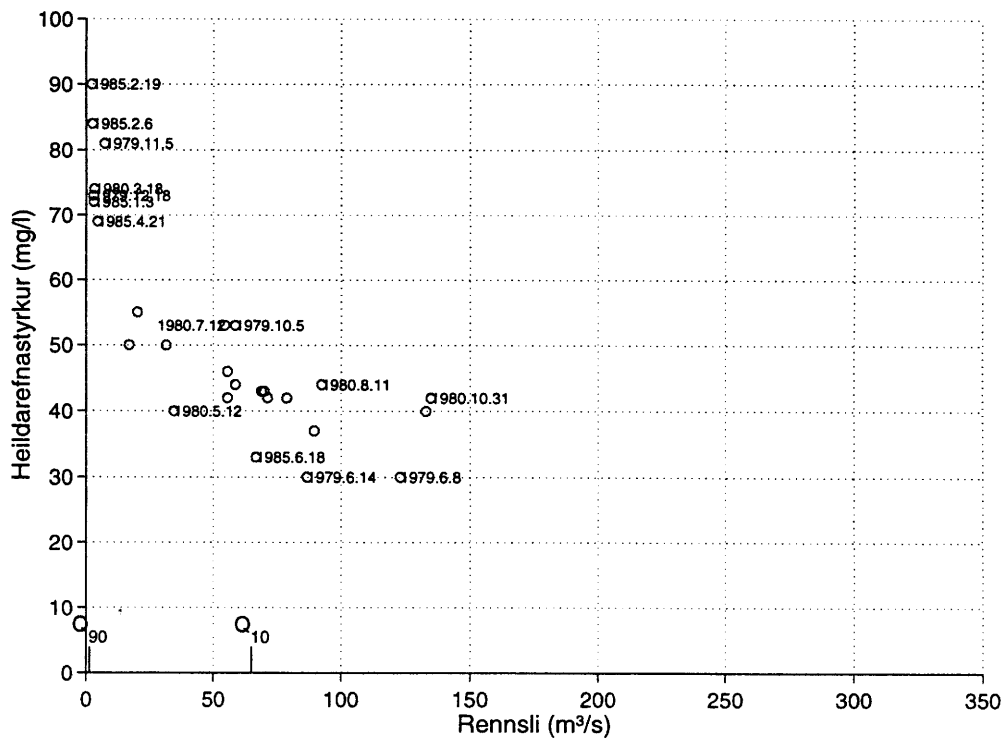
í Jökulsá á Dal í júní 1968, sjá mynd 20. Mynd 26 sýnir gildi frá júlí–september. Rétt er að benda á, að tvö hæstu efnastyrksgildin eru frá því sumarið 1973, en síðsumars árið áður hófst framhlaup í Eyjabakkajökli. Mynd 27 sýnir gildi frá október–apríl. Athyglivert er, hversu hár efnastyrkurinn getur orðið, þegar rennslið er lægst. Líklega er það vegna jarðhitavatns, en jarðhiti er við Egilsstaði og Kleif í Fljótsdal og jarðhitavatn er í Heitulækjum, Laugará og Hafursá, sem renna í Jökulsá, (Oddur Sigurðsson, jarðfræðingur, munnlegar upplýsingar).

Mynd 28 sýnir heildarefnastyrk á móti rennsli í Jökulsá í Lóni. Dreifingin er mikil. Þess verður að geta, að einu sýni var sleppt. Það var tekið 11. ágúst 1977 í regnflóði. Rennslið var um $550 \text{ m}^3/\text{s}$, sem er langt fyrir ofan það rennsli, sem önnur sýni hafa verið tekin við. Hefði það verið haft með, hefðu önnur gildi þjappast mjög saman og orðið erfitt að átta sig á þeim. Gildið fyrir efnastyrk í því sýni (68 mg/l) er eflaust allt of hátt, því að leirstyrkur var mjög hár, en ekki hafa verið tók á að endurmeta efnastyrksgildi úr Jökulsá í Lóni, því að sýnataka hefur að mestu lagst þar af eftir 1990. Því skortir samanburðarmælingar. Lítil ástæða er til að vantreysta flestum þeim efnastyrksgildum, sem hér koma við sögu, því að leirstyrkur er mjög sjaldan hár í Jökulsá í Lóni. Um gildin á mynd 28 er það annars að segja, að dreifingin er mikil. Engin rennismælistöð er í Jökulsá í Lóni, svo að ekki er unnt að afmarka bilið á milli Q_{90} og Q_{10} .

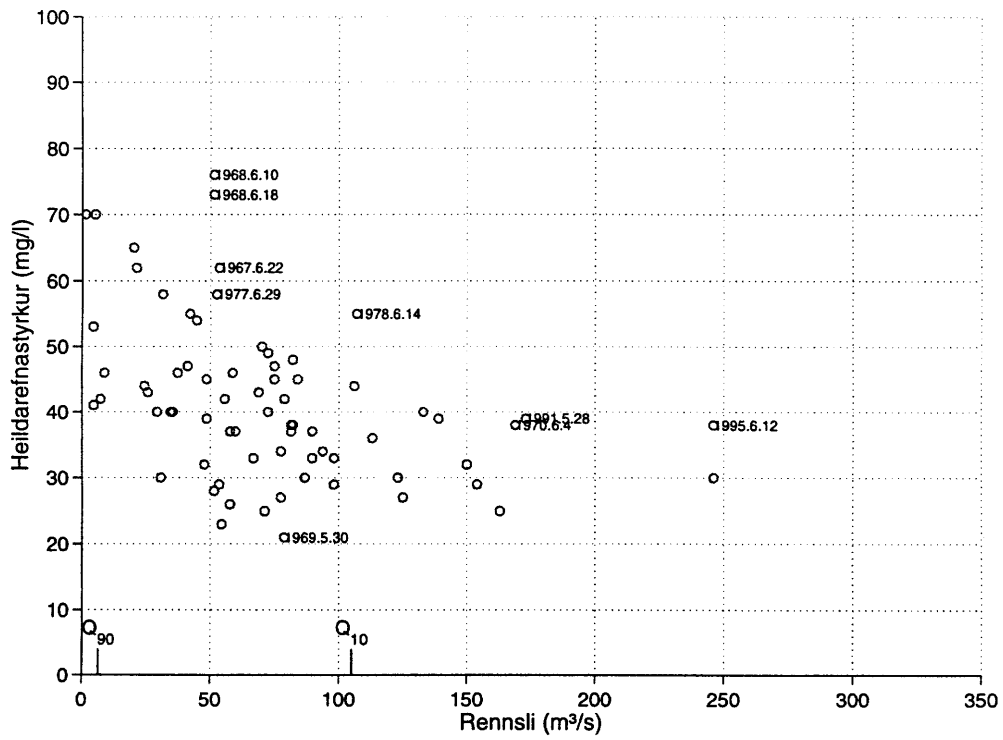
Mynd 29 sýnir heildarefnastyrk á móti rennsli í Jökulsá í Lóni í maí og júní, mynd 30 í júlí–september og mynd 31 í október–apríl. Dreifingin er alls staðar mikil, nema helst að vetrinum, ef einu sýni væri sleppt.



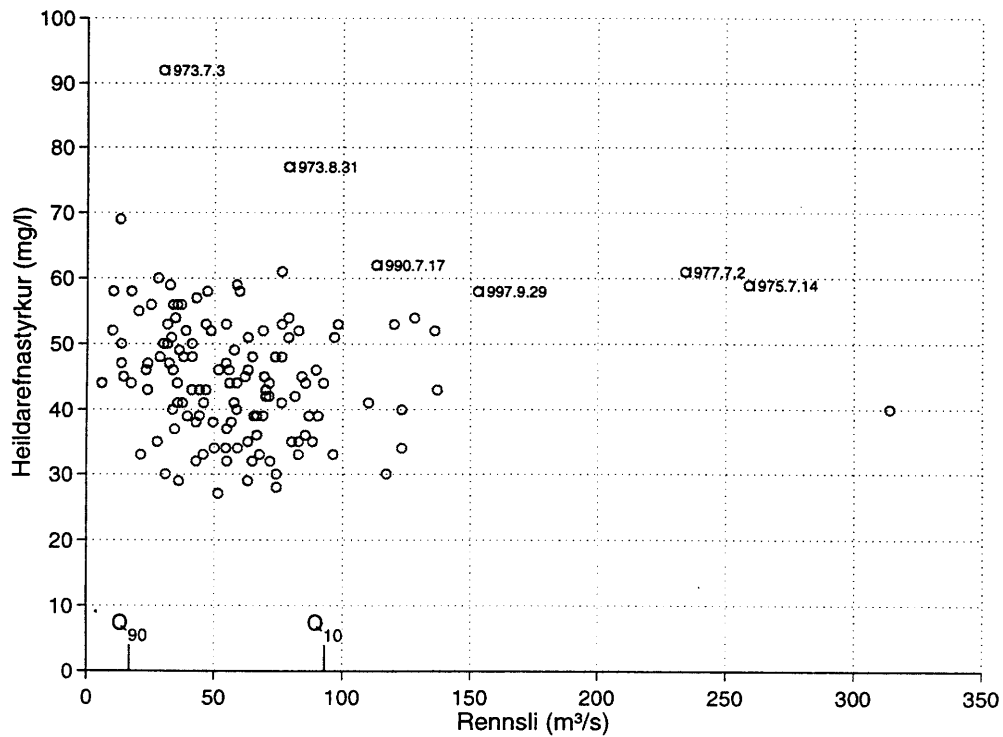
Mynd 23: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá í Fljóttdal við Hól 1966–98.



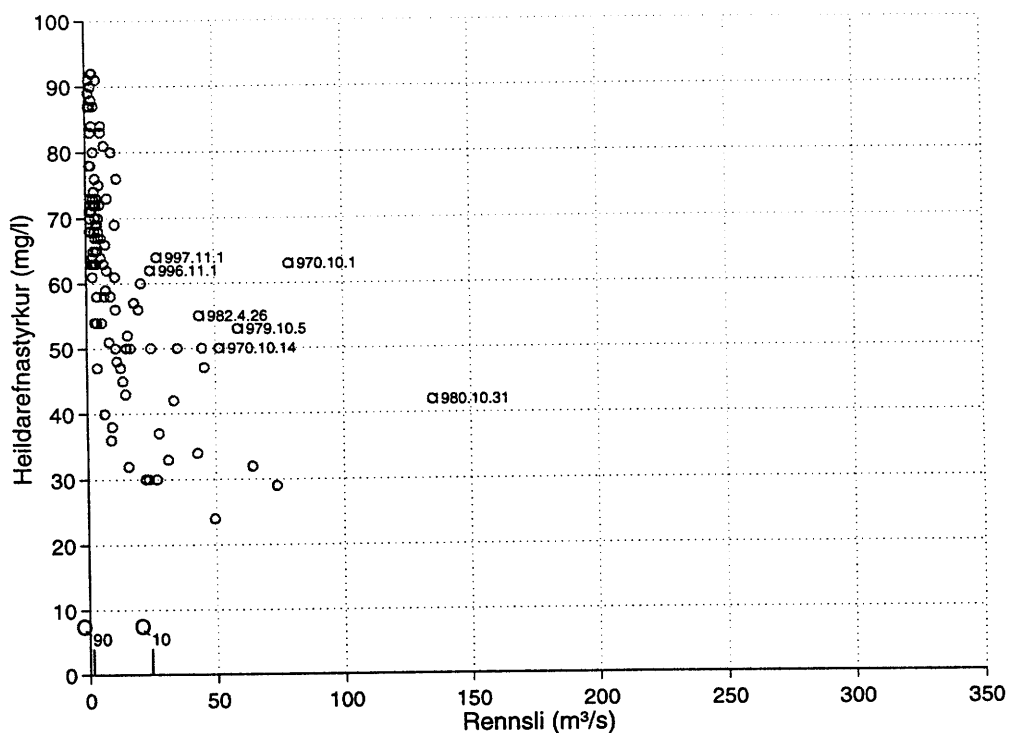
Mynd 24: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá í Fljóttdal 1979, 1980 og 1985.



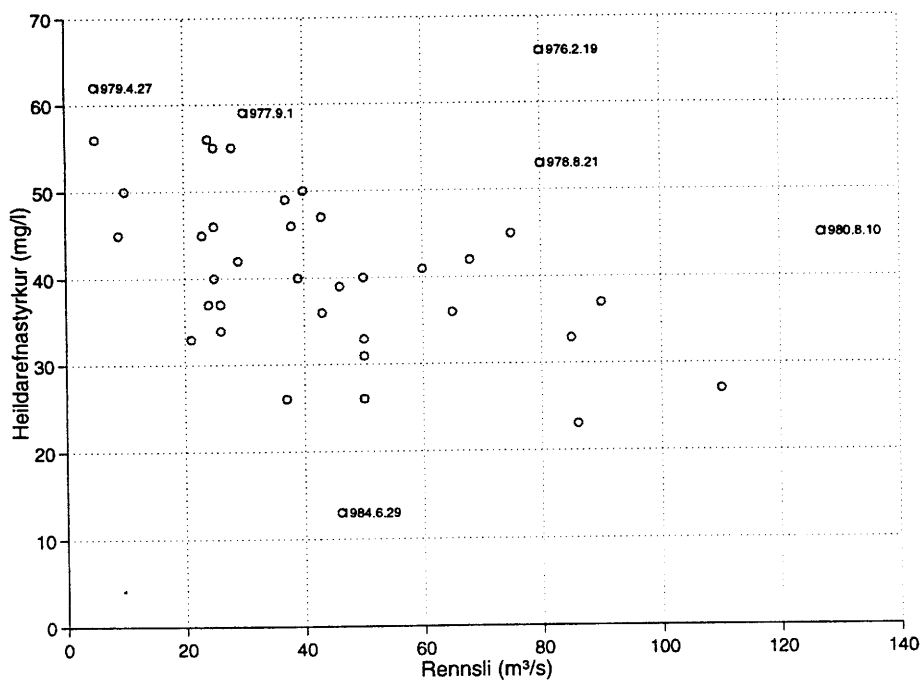
Mynd 25: Rennslí og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Fljótsdal í maí og júní.



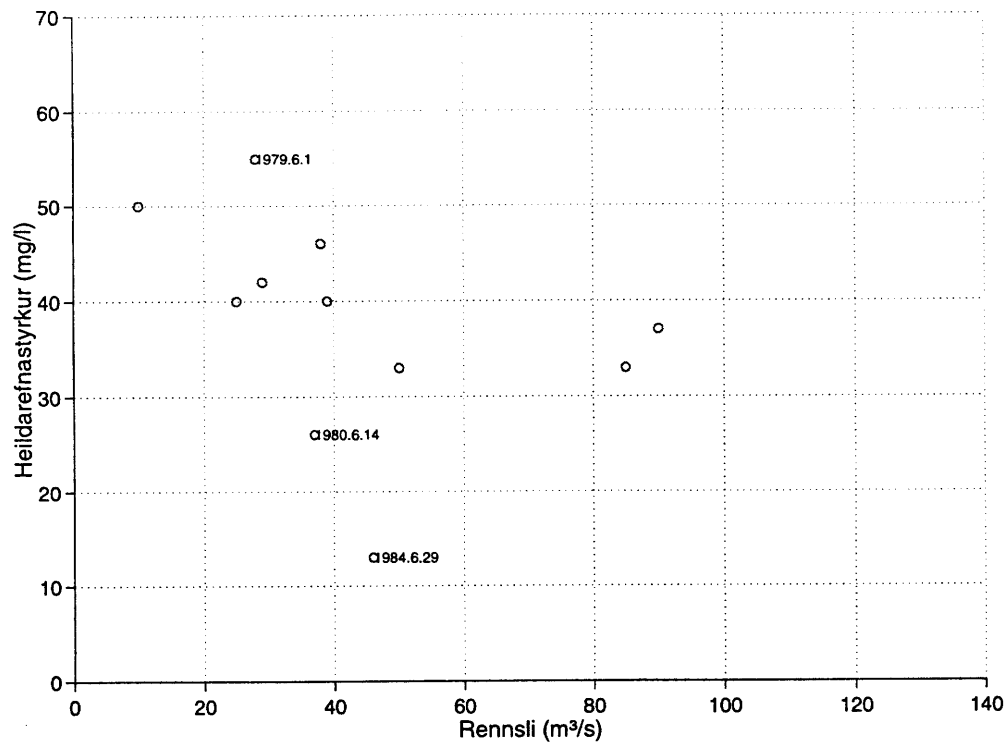
Mynd 26: Rennslí og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Fljótsdal í júlí-september.



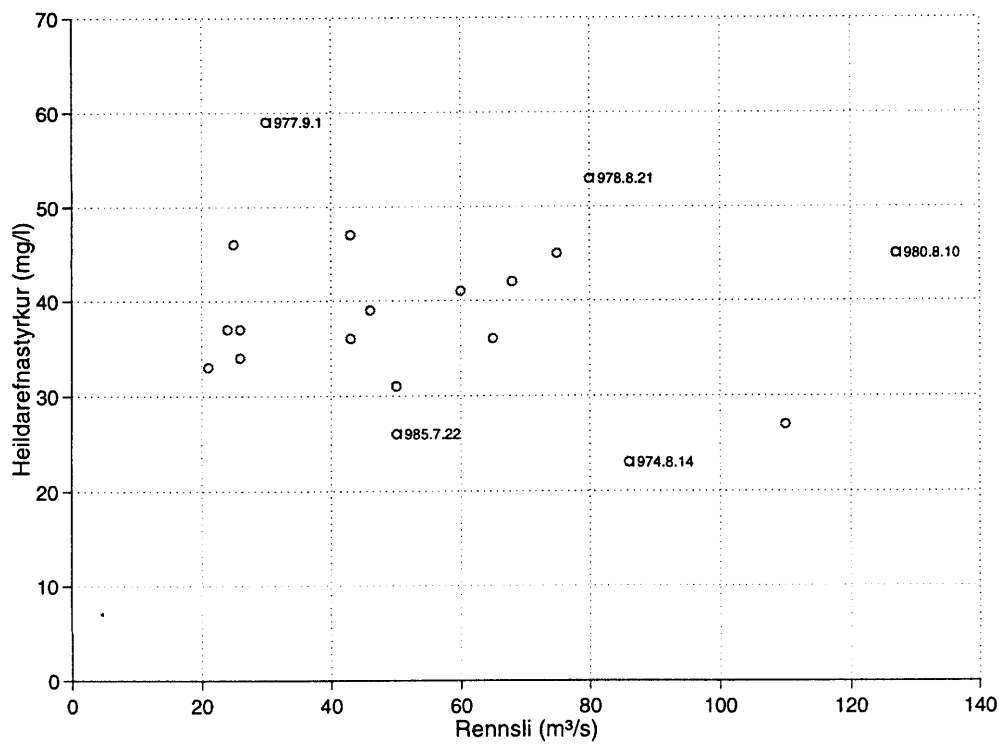
Mynd 27: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá í Fljótsdal í október–apríl.



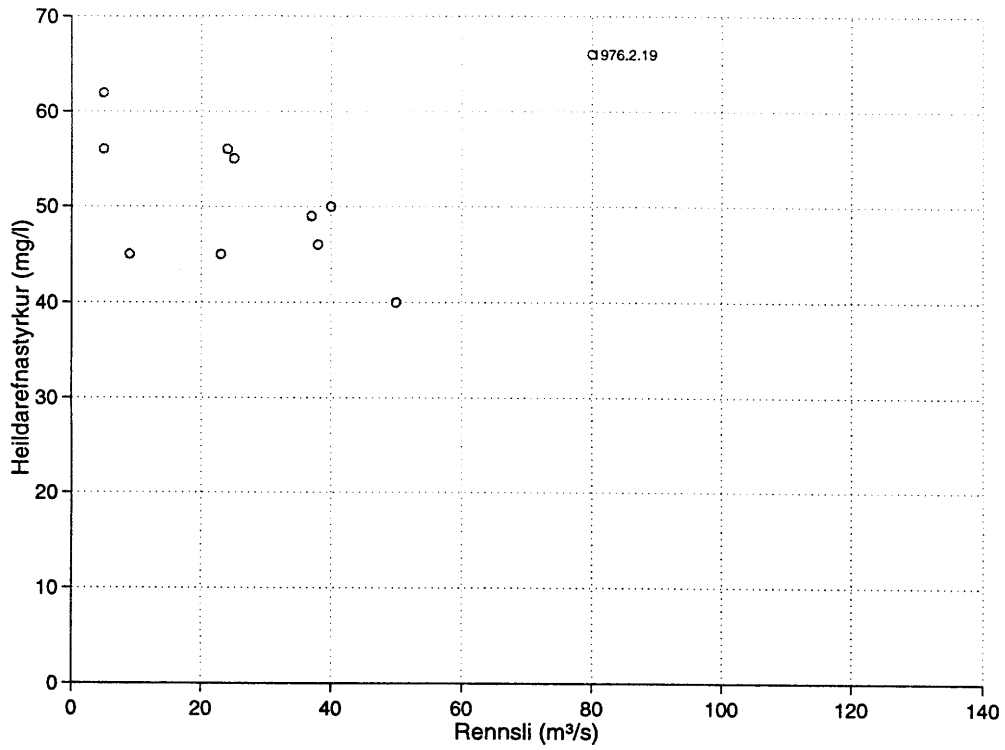
Mynd 28: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá í Lóni við Brekku 1974–93.



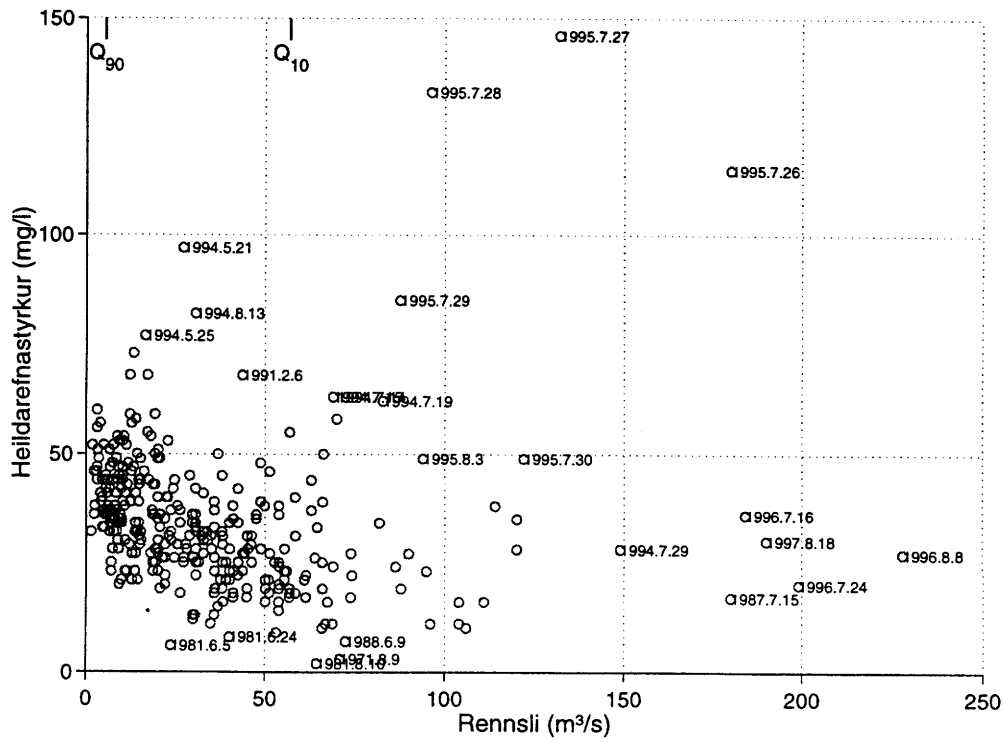
Mynd 29: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá í Lóni við Brekku í maí og júní.



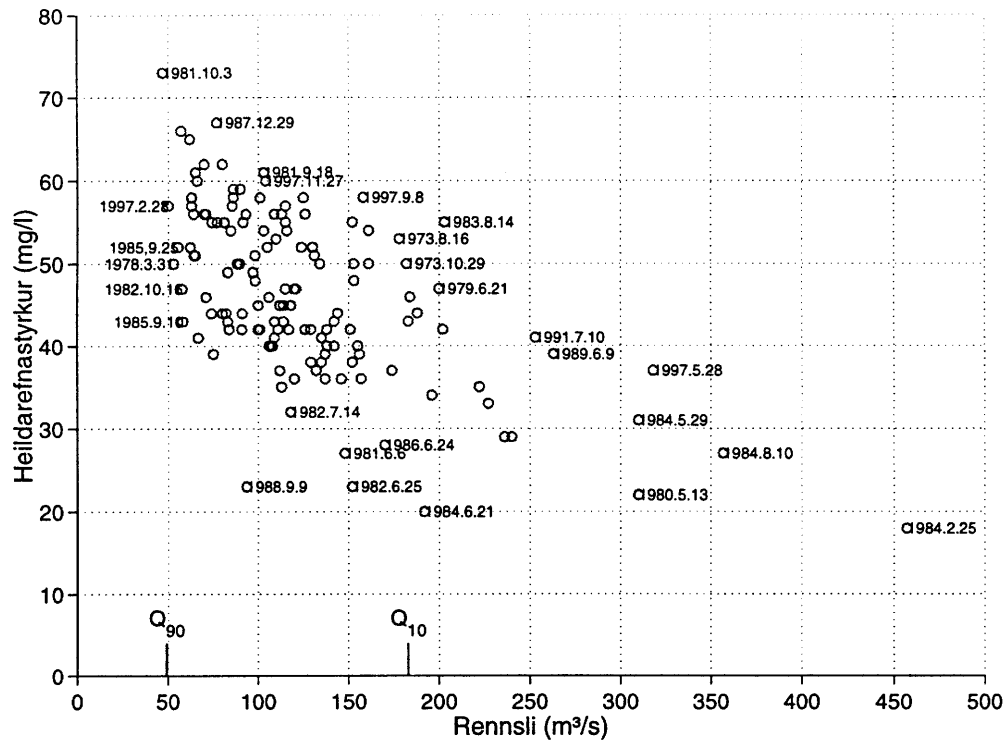
Mynd 30: Rennsli og heildarefnastykur í Jökulsá í Lóni við Brekku í júlí–september.



Mynd 31: Rennsli og heildarefnastyrkur í Jökulsá í Lóni við Brekku í október–apríl.



Mynd 32: Rennsli og heildarefnastyrkur í Djúpa í Fjótshverfi við Rauðaberg 1964–98.



Mynd 33: Rennsli og heildarefnastykur í Hvítá við Brúarhlöð 1966–98.

Á mynd 32 er sýndur efnastykur á móti rennsli í Djúpá í Fljótshverfi við Rauðaberg. Dreifing punktanna er mikil. Fjögur gildi frá því júlí 1995 skera sig mjög úr vegna hárra efnastyrgilda. Þau eru úr hlaupi úr Eystri-Skaftárkatli, sem að þessu sinni náði til Djúpár, auk Skaftár og Hverfisfljóts. Hér er á ferðinni íblöndun af háhitavatni. Einnig má benda á há efnastyrgildi frá því um vorið og sumarið 1994, en gangur var í Síðujökli veturinn áður.

Í Hvítá í Árnassýslu við Brúarhlöð er dreifingin reglulegri en víðast annars staðar, sjá mynd 33. Lægstu rennslisgildin eru að sjálfsögðu flest frá vetrinum. Gildin ofan til í punktadreifinni eru flest frá jökulleysingartímanum eða vetrinum, en þó finnast þar gildi frá vorleysingartímanum. Lægstu efnastyrgildin eru flest frá vorleysingartímanum, en þó finnast þar gildi frá öðrum árstímum.

Hér verður látið staðar numið í þessari athugun á sambandi rennslis og heildarefnastyks. Til eru gögn frá allnokkrum stöðum til viðbótar, flestum á Suðurlandi, sem taka mætti til athugunar síðar.

3 Efnaburður

Orðið efnaburður er hér notað um heildarmagn uppleystra efna, sem berst fram með tilteknu vatnsfalli á tilteknu tímabili, t. d. ári. Gerðir voru lykklar til útreikninga á efnaburði hliðstæðir við þá lykla, sem notaðir hafa verið til þess að reikna framburð svifaurs. Niðurstöður útreikninganna eru í töflu 1. Þar er bæði sýndur efnaburður samkvæmt lykklum, þar sem efnaburðurinn er reiknaður dag fyrir dag út frá meðalrennsli sólarhringsins, og til samanburðar efnaburður reiknaður út frá ársmeðalrennsli og meðalefnastyrk sýnanna. Gildi, sem byggð eru á lykklum ættu að vera áreiðanlegri, a. m. k. ef lykklarnir eru viðunandi. Einnig er í töflunni sýnt meðalrennsli. Forvitnilegt hefði verið að reikna efnaburð fyrir fleiri ár, einkum í Skaftafellssýslum, en vegna þess að margar ár á þeim slóðum eru auravötn, skortir gögn um meðalrennsli.

Tafla 1: Meðalefnaburður nokkurra vatnsfalla (þúsundir tonna á ári).

Byggt á efnastyrk fengnum með þurreimingu (E_u)

Sýnatökustaður	Tímabil	Meðalrennsli m ³ /s	Efnaburður	
			Meðaltöl	Samkvæmt lykklum
Hvítá í Borgarfirði, Kljáfossi	1952-98	83,6	100	97
Blanda, Löngumýri	1950-90	42,7	59	57
Jökulsá vestari, Goðdölum	1972-98	21,4	35	35
" austari, Skatastöðum	1972-97	39,1	42	44
Kolka, Sleitustöðum	1957-84	6,86	6,3	6,2
Skjálfandafljót, Stóruvöllum	1950-96	84,2	121	123
Jökulsá á Fjöllum, Ferjubakka	1940-91	191	398	451
" " " Grímsstöðum	1971-91	166	330	330
" " " Upptyppingum	1973-82	79,7	189	184
Kreppa við brú	1973-82	40,8	63	58
Jökulsá á Dal, Hjarðarhaga	1971-94	143	198	171
" " " Brú	1971-93	120	144	127
" í Fljótsdal, Hóli	1966-94	29,2	47	40
Djúpá í Fljótshverfi	1969-98	25,9	29	24
Hverfisfljót	1982-97	42,5	64	67
Skaftá, Skaftárdal	1981-97	98,4	211	212
Þjórsá, Urriðafossi	1948-98	355	560	525
" Sandafelli	1976-98	302	496	485
Tungná, Vatnaöldum	1951-97	81,1	159	157
Ölfusá, Selfossi	1951-98	385	571	557
Hvítá, Brúarhlöðum	1950-83	108	157	151
" neðan Hvítárvatns	1960-83	48,2	59	57

Lyklarnir, sem notaður voru við útreikningana, eru sýndir í töflu 2. Eins og við er að búast, eru þeir misjafnlega trúverðugir, því að fylgnin er misjöfn. Sumir lykklarnir hafa ágæta fylgni, en nokkrir lélega og fyrir aðra liggur fylgnin þar á milli.

Eins og getið er um í inngangi, eru allar efnastyrksmælingarnar byggðar á þurreimingu við hitastig um 105–120 °C. Við þurreimingu tapast rokgjörn efni, svo að gildi fyrir heildarefnastyrk fengin á þann hátt eru lægri en gildi fengin með því að leggja saman gildi fyrir einstök efni úr heildarefnagreiningu.

Í töflu 1 í grein eftir Sigurð Reyni Gíslason o. fl. 1996 eru meðaltalsgildi fyrir heildarefnastyrk í ám á Suðvesturlandi og í Borgarfirði frá árunum 1972–1974, en gildin eru sótt í þrjár skýrslur eftir Halldór Ármannsson o. fl. 1973 og Sigurjón Rist 1974 og 1986. Þar eru bæði

Tafla 2: Lyklar notaðir við útreikninga á efnaburði.

Sýnatökustaður	Tímabil	Lykill	Fylgni
Hvítá í Borgarfirði, Kljáfossi	1964-96	$M = 0,104 \times Q^{0,766}$	0,62
Blanda, Löngumýri	1965-90	$M = 0,254 \times Q^{0,538}$	0,77
Jökulsá vestari, Goðdölum	1974-98	$M = 0,173 \times Q^{0,626}$	0,88
" austari, Skatastöðum	1974-98	$M = 0,097 \times Q^{0,739}$	0,90
Kolka, Sleitustöðum	1964-87	$M = 0,0226 \times Q^{1,10}$	0,94
Skjálfafljót	1965-98	$M = 0,260 \times Q^{0,626}$	0,80
Jökulsá á Fjöllum, Ferjubakka	1969-96	$M = 0,397 \times Q^{0,688}$	0,92
" " " Grímsstöðum	1963-98	$M = 0,509 \times Q^{0,598}$	0,71
" " " Upptyppingum	1971-98	$M = 0,101 \times Q^{0,929}$	0,89
Kreppa við brú	1971-98	$M = 0,116 \times Q^{0,772}$	0,95
Jökulsá á Dal, Hjarðarhaga	1971-94	$M = 0,132 \times Q^{0,77}$	0,91
" " " Brú	1970-96	$M = 0,0708 \times Q^{0,87}$	0,93
" í Fljótsdal, Hóli	1966-98	$M = 0,0813 \times Q^{0,84}$	0,98
Djúpa í Fljótshverfi	1963-97	$M = 0,0557 \times Q^{0,814}$	0,86
Hverfisfljót	1982-98	$M = 0,0421 \times Q^{1,04}$	0,94
Skaftá, Skaftárdal	1964-98	$M = 0,0331 \times Q^{1,15}$	0,91
Þjórsá, Urriðafossi	1962-98	$M = 0,941 \times Q^{0,493}$	0,59
" Sandafelli	1964-98	$M = 0,429 \times Q^{0,63}$	0,73
Tungná, Vatnaöldum	1962-98	$M = 0,164 \times Q^{0,781}$	0,87
Ölfusá, Selfossi	1965-98	$M = 0,251 \times Q^{0,716}$	0,84
Hvítá, Brúarlöðum	1966-98	$M = 0,242 \times Q^{0,645}$	0,81
" neðan Hvítárvatns	1964-97	$M = 0,0129 \times Q^{1,27}$	0,81

gildi byggð á þurreimingu og samlagningu einstakra efna úr heildarefnagreiningum, alls 21 par. Út frá þeim var reiknað eftirfarandi samband milli gilda fyrir heildarefnastyrk, þar sem annars vegar var um að ræða þurreimingu (E_u) og hins vegar samlagningu einstakra efna (E_s).

$$\text{Jafna 1: } E_s = 0,07 + 1,29 \times E_u$$

Fylgni jöfnunnar er mjög góð, 0,997. Samkvæmt jöfnunni þarf að hækka efnastyrkgildi fengin með þurreimingu um 29% til þess að fá gildi svarandi til heildarefnastyrkgilda, sem fengin eru með því að leggja saman einstök efni. Samkvæmt fyrrnefndri töflu, sem gögnin eru sótt í, svarar munurinn til um helmings bikarbonsins (HCO_3^-).

Jafnan var notuð til þess að umreikna gildin fyrir efnaburð í töflu 1, og eru niðurstöðurnar birtar í töflu 3. Þar er einnig sýnt efnanám af km^2 á ári, en efnanám er hér notað um efnaburð af flatareiningu. Það er mjög breytilegt. Af þessum ám er efnanám afgerandi mest á vatnasviði Hverfisfljóts, um 270 tonn af km^2 á ári, sem jafngildir 0,1 mm rofi af föstu bergi. Lægst er efnanámið á vestanverðu Norðurlandi um 1/5 af því, sem það er á vatnasviði Hverfisfljóts. Þess verður að geta, að efnanámið er ofreiknað sem nemur þeim uppleystu efnum, sem berast á landið með úrkomu. Samkvæmt grein eftir Freysteinn Sigurðsson 1990 er styrkur klóríðs í grunnvatni á meginhluta vatnasviða þeirra vatnsfalla, sem hér um ræðir á bilinu $<1-5 \text{ mg/l}$, en klóríð er talið komið úr úrkomu. Áhrif úrkomu á efnastyrk nema þá fáeinum mg/l eða að meðallagi kannski allt að 10% efnastyrksins.

Í skýrslu eftir Sigurð Reyni Gíslason o.fl. 1997 eru niðurstöður útreikninga á efnaburði nokkurra vatnsfalla. Byggt er á sýnum frá árunum 1996 og 1997. Heildarefnastyrkur er samanlagður styrkur efnastakra efna úr heildarefnagreiningum E_s .

Tafla 3: Meðalefnaburður og efnanám nokkurra vatnsfalla.

Byggt á efnastyrk umreiknuðum samkvæmt jöfnu 1 (E_s)

Sýnatökustaður	Tímabil	Meðal- rennsli m^3/s	Efnaburður (þúsundir tonna á ári)		Efnanám samkv. lyklum ($tonn/km^2$ á ári)
			Meðaltöl	Samkv. lyklum	
Hvítá í Borgarfirði, Kljáfossi	1952-98	83,6	129	125	75
Blanda, Löngumýri	1950-90	42,7	76	74	43
Jökulsá vestari, Goðdölum	1972-98	21,4	45	45	53
" austari, Skatastöðum	1972-97	39,1	54	57	52
Kolka, Sleitustöðum	1957-84	6,86	8,1	8,0	50
Skjálfandafjót, Stóruvöllum	1950-96	84,2	156	159	50
Jökulsá á Fjöllum, Ferjubakka	1940-91	191	513	582	82
" " " Grímsstöðum	1971-91	166	426	426	82
" " " Upptypingum	1973-82	79,7	244	237	103
Kreppa við brú	1973-82	40,8	81	75	87
Jökulsá á Dal, Hjarðarhaga	1971-94	143	255	221	67
" " " Brú	1971-93	120	186	164	79
" í Fljótsdal, Hóli	1966-94	29,2	61	52	93
Djúpa í Fljótshverfi	1969-98	25,9	37	31	100
Hverfisfjót	1982-97	42,5	83	86	274
Skaftá, Skaftárdal	1981-97	98,4	272	273	186
Þjórsá, Urriðafossi	1948-98	355	722	677	94
" Sandafelli	1976-98	302	640	626	116
Tungná, Vatnaöldum	1951-97	81,1	205	203	150
Ölfusá, Selfossi	1951-98	385	737	719	127
Hvítá, Brúarhlöðum	1950-83	108	203	195	78
" neðan Hvítárvatns	1960-83	48,2	76	74	91

Tafla 4: Efnaburður samk. lyklum og samkv. skýrslu Sigurðar R. Gíslasonar o. fl. 1997.

Gildi samkvæmt lyklum (E_u) umreiknuð í E_s samkvæmt jöfnu 1

Sýnatökustaður	Efnaburður (þúsundir tonna á ári)		
	Samkvæmt lyklum 1996	Samkvæmt lyklum 1997	Samkvæmt skýrslu S. R. G. o. fl.
Þjórsá, Urriðafossi	675	698	837
" Sandafelli	642	664	643
Ölfusá, Selfossi	680	730	789

Í töflu 4 eru gildi fyrir efnaburð frá þremur sýnatökustöðum úr þeirri skýrslu ásamt gildum frá sömu stöðum fyrir árin 1996 og 1997 samkvæmt lyklum. Þar sem gildin, sem fengin eru með lyklum, eru byggð á mælingu með þurreimingu, eru þau umreiknuð með jöfnu 1 til þess að fá gildi, sem svara til gilda, sem fengin hefðu verið verið með samlagningu einstakra efna. Niðurstöðum samkvæmt lyklum ber mjög vel saman við niðurstöður Sigurðar Reynis o. fl. fyrir Þjórsá við Sandafell, en nokkru lakar fyrir hina staðina tvo.

4 Helstu niðurstöður

Almennt má segja, að efnastyrkur minnki í flestum ám með auknu rennsli. Það er greinilegast, þegar rennslisaukningin er af völdum rigninga eða snjóleysingar. Málið verður flóknara, þegar rennslisaukningin stafar af jökulleysingu, því að jökulvatninu fylgir aur. Aurinn er tiltölulega nýmulið berg eða eldfjallaaska, en úr slíku efni leysast efni hraðar út í vatnið en úr öðrum jarðlögum. Enn óreglulegra verður sambandið, þegar háhitavatn bætist við, annaðhvort í hlaupum (Djúpá) eða á ákveðnum árstíma (Jökulsá á Fjöllum), hugsanlega mismikið eftir því, hversu mikil jökulleysingin hefur verið næstu mánuði á undan.

Algengt er í ánum, sem hér voru teknar til athugunar, að hæstu efnastyrksgildin, þegar rennslið er lægst að vetrinum, séu á bilinu 60–80 mg/l. Það á við um Blöndu, Jökulsá vestari, Skjálfandafjót og Jökulsá á Dal. Í Jökulsá á Fjöllum, Kreppu og Jökulsá í Fljótsdal er bilið nokkru breiðara, efnastyrkurinn getur farið upp fyrir 90 mg/l, enda ætti að gæta áhrifa jarðhitavats í þeim öllum. Í öðrum ám eru gildin nokkru lægri.

Í tiltölulega eindregnum jökulám, eins og Kreppu, Jökulsá á Dal og Jökulsá í Fljótsdal, er dreifing gildanna minnst þau ár, sem jökulleysing er minnst. Dreifingin er mest í þeim árum, þegar jökulleysing er mest. Þar sem það var athugað, virðist dreifing gildanna vera meiri á jökulleysingartímanum en að vetrinum og á snjóleysingartímanum.

Þegar ekki er um að ræða truflanir af völdum aðstreymis háhitavats, er efnastyrkur oftast hæstur að vetrarlagi, þegar ætla má, að grunnvatn sé mestur hluti rennslisins. Einnig er hann gjarna tiltölulega hár á jökulleysingartímanum að sumarlagi. Lægstur er hann að jafnaði á snjóleysingartímanum, sem er aðallega að vorlagi.

Efnastyrkurinn hefur verið mældur með þurreimingu, en þá tapast rokgjörn efni. Við útreikninga á efnaburði hafa gildin verið umreiknuð, svo að þau verði sambærileg við heildar-efnastyrk, þar sem lögð eru saman einstök efni úr heildarefnagreiningu. Heildarefnaburður er mestur í Ölfusá, Þjórsá og Jökulsá á Fjöllum, alls um 2 milljónir tonna á ári samanlagt. Þau vatnsföll, sem efnaburður hefur verið reiknaður fyrir hér, bera samtals meira en 3 milljónir tonna til sjávar af uppleystum efnum á ári. Sum þeirra fjölmörgu, sem ótalin eru, hljóta að bera drjúgt til sjávar, en nefna má Skeiðará með sitt háhitavatn í Grímsvatnahlaupum, Kúðafjót, Múlakvísl, Jökulsá á Sólheimasandi, Markarfljót og Hólsá. Ætla má, að heildar-efnaburður af landinu sé af stærðargráðunni 5–10 milljónir tonna á ári. Til samanburðar má geta þess, að við venjulegar aðstæður er heildarframburður svifaurs í þessum vatnsföllum sennilega á bilinu 25–30 milljónir tonna á ári, en heildarframburður svifaurs í ám, sem mælingar ná til, er um 50 milljónir tonna á ári og er þá aurburður í venjulegum jökulhlaupum og vegna framskriðs jökla talinn með, sjá Haukur Tómasson 1986.

Af þeim ám, sem hér voru teknar til athugunar reiknaðist efnanám af km² mest á vatnasviði Hverfisfljóts, 274 tonn á ári, sem svarar til um 0,1 mm meðalrofs af föstu bergi á ári. Minnst reiknaðist efnanámið á vestanverðu Norðurlandi, um eða undir 50 tonnum á ári, en það svarar til um 0,02 mm meðalrofs af föstu bergi á ári. Rétt er að geta þess, að efnanámið er ofreiknað sem nemur þeim uppleystu efnum, sem berast á landið með úrkomu, en þau gætu e. t. v. numið allt að 10% af efnaburðinum.

Þakkir

Í þessari skýrslu hefur að langmestu leyti verið unnið með gögn, sem Orkustofnun hefur aflað á eigin kostnað, en að auki hafa verið notuð gögn, sem aðrir hafa greitt fyrir. Þeir aðilar eru Landsvirkjun, Vegagerðin, AMSUM-hópurinn (starfshópur um framkvæmd og skipulagningu umhverfisvöktunar í umboði Umhverfisstofnunar) og Rannísverkefni styrknúmer 970310097. Þeim eru hér með færðar þakkir fyrir afnot af gögnunum.

5 Heimildir

- Freysteinn Sigurðsson 1990: *Groundwater from glacial areas in Iceland*. Jökull, 40: 119–146.
- Halldór Ármannsson, Helgi F. Magnússon, Pétur Sigurðsson og Sigurjón Rist 1973: *Efnarannsókn vatna. Vatnasvið Hvítár — Ölfusár; einnig Þjórsár við Urriðafoss*. Orkustofnun, OS-RI, 28 s.
- Haukur Tómasson 1986: *Glacial and Volcanic Shore Interaction. Part I: On Land*. Iceland Coastal and River Symposium, Proceedings: 7–16.
- Magnús Ólafsson, Helgi Torfason og Karl Grönvold 1999: *Jarðhitakerfið í Kverkfjöllum*. Vorráðstefna 1999. Ágrip erinda og veggspjalda. Jarðfræðafélag Íslands: 48–50.
- Sigurður Reynir Gíslason, Stefán Arnórsson og Halldór Ármannsson 1996: *Chemical Weathering of Basalt in Southwest Iceland: Effects of Runoff, Age of Rocks and Vegetative/Glacial Cover*. American Journal of Science, Vol. 296, October: 837–907.
- Sigurður Reynir Gíslason, Jón Ólafsson og Árni Snorrason 1997: *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi*. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar, Hafrannsóknastofnunar og Orkustofnunar RH-25–97, 28 s.
- Sigurjón Rist 1974: *Efnarannsókn vatna. Vatnasvið Hvítár — Ölfusár; einnig Þjórsár við Urriðafoss*. Orkustofnun, OSV7405, 29 s.
- Sigurjón Rist 1986: *Efnarannsókn vatna. Borgarfjörður, einnig Elliðaár í Reykjavík*. Orkustofnun, OS-86070/VOD-03, 67 s.
- Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996: *Gagnasafn aurburðarmælinga 1963–1995* OS-96032/VOD-05 B, 270 s.