



Framburður svifaus í Blöndu

Svanur Pálsson, Guðmundur H. Vigfússon

Greinargerð SvP-GHV-98-07

19. nóvember 1998

Framburður svifaurs í Blöndu

ÁGRIP

Framburður fyrir virkjun

Meðalframburður svifaurs í Blöndu við Löngumýri á tímabilinu 1975-90 reiknast um 570 þúsund tonn á ári samkvæmt árstíðalyklum, en um 730 þúsund tonn samkvæmt árslykli. Útreikningar út frá árstíðalyklum eru taldir áreiðanlegri og eru allar tölur hér á eftir byggðar á þeim.

Álíka mikið barst fram í júlí - september og í október - júní. Mestur reiknast framburðurinn í maí, en þá gætti vorflóðanna oftast mest.

Grófur svifaur (> 0,02 mm) reiknast 61-64% og fín (< 0,02 mm) 36-39%. Nánari skipting er þannig, að sandur (> 0,2 mm) reiknast 20%, mór (0,2-0,02 mm) 41%, méla (0,02-0,002 mm) 28% og leir (<0,002 mm) 11%. Meiri hluti grófa aursins barst fram að vetri, en meiri hluti fína aursins að sumri.

Þegar framburður er reiknaður út frá skiptingu í þrjá kornastærðarflokka að ósk Landsvirkjunar, er skiptingin þannig í hundruðshlutum: Sandur + grófmór (> 0,06 mm) 45%, fínsmór + méla (0,06 - 0,002 mm) 44% og leir (< 0,002 mm) 11%.

Framburðurinn reiknast um þriðjung meiri en í Skjálfandafljóti við Stóruvelli og Jökulsá í Fljótsdal við Hól og um þrefalt meiri en í Hvítá í Borgarfirði við Kljáfoss. Hlutföll kornastærðarflokka líkjast því, sem er í Hvítá við Kljáfoss.

Framburður eftir virkjun

Meðalframburður á tímabilinu 1992-97 reiknast um 50 þúsund tonn á ári. Um 47% aursins berst fram í júlí - september.

Grófur svifaur reiknast 17% og fín 83%. Nánari skipting er þannig, að sandur reiknast 3%, mór 14%, méla 41% og leir 42%. Kornastærðardreifing aursins er svipuð að sumri og vetri.

Framburður miðað við skiptingu í þrjá kornastærðarflokka er þannig: Sandur + grófmór (> 0,06 mm) 11%, fínsmór + méla (0,06 - 0,002 mm) 48% og leir (< 0,002 mm) 41%.

Framburðurinn á þessu tímabili reiknast nokkru minni á ári en í Lagarfljóti á tímabilinu 1962-71, þ. e. áður en Eyjabakkajökull hljóp fram.

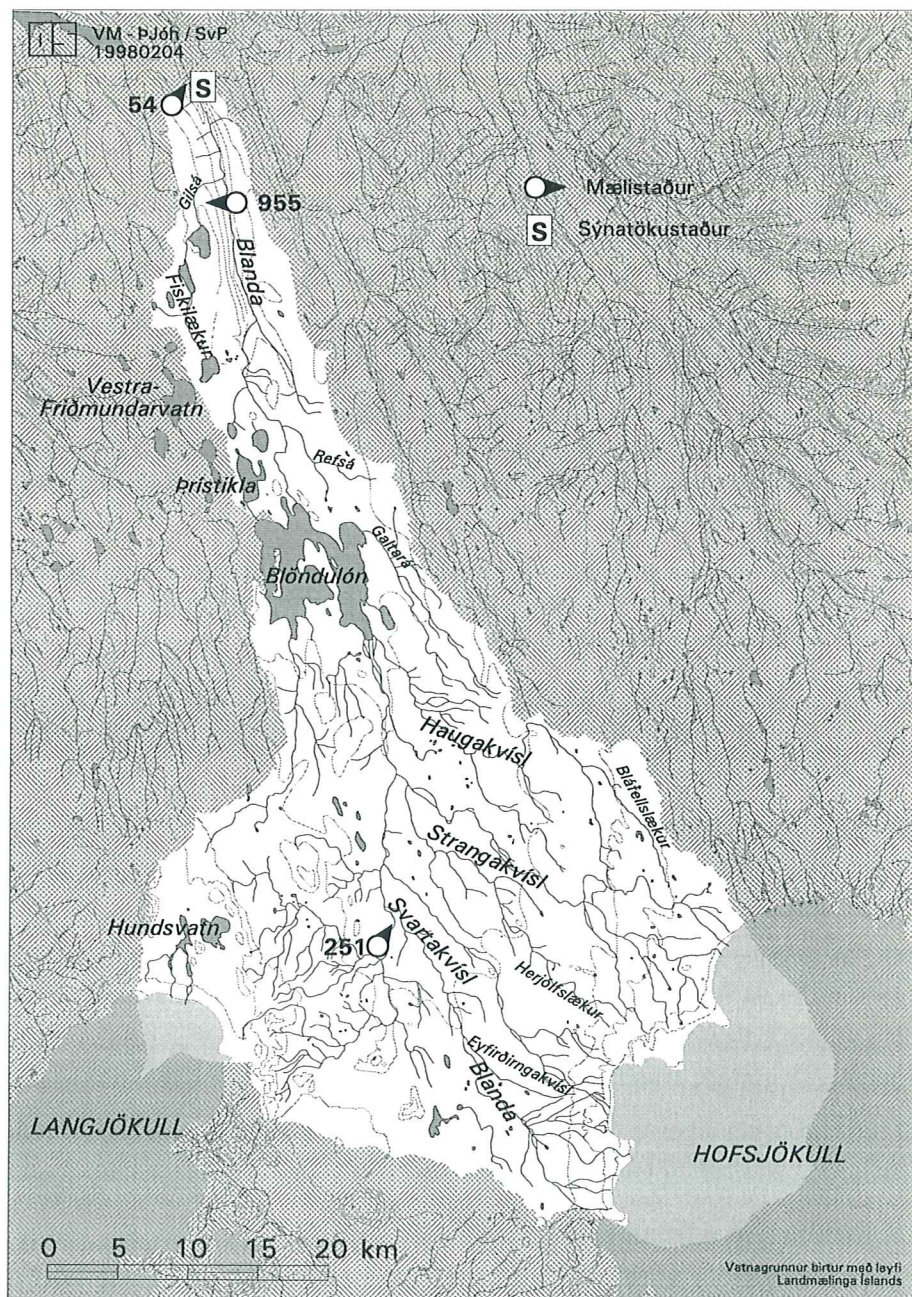
Samanburður á framburði fyrir og eftir virkjun

Meðalframburður á ári hefur lækkað niður í um 9% af því, sem var fyrir virkjun. Mismunurinn, rúmlega 500 þúsund tonn á ári, sest í Blöndulón. Með jafnmikilli árlegri setmyndun tæki um 1200 ár að fylla lónið. Hér er aðeins átt við setmyndun vegna svifaurs, en vitneskju skortir um botnskrið. Ef það er verulegt, kemur lónið til með að fyllast á miklu skemmri tíma.

Það veikir niðurstöðurnar, að sýni vantar við hátt rennsli í vorflóðum fyrir virkjun og tímabilið eftir virkjun er stutt og sýni frá því tímabili þyrftu að vera fleiri.

1. INNGANGUR

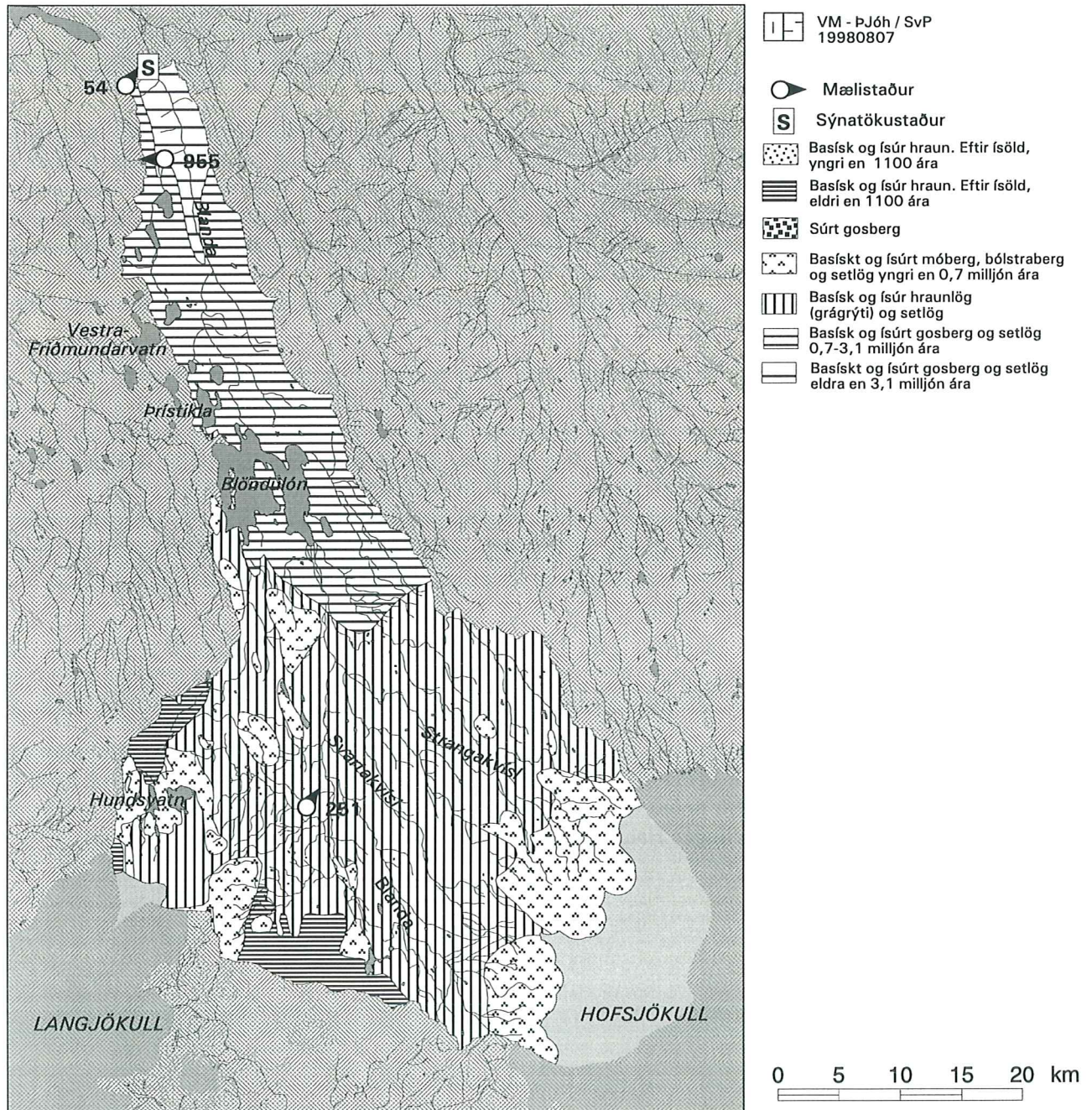
Skýrsla þessi fjallar um framburð svifaurs í Blöndu við Löngumýri. Hún er hliðstæð skýrslum Orkustofnunar, sem komið hafa út á síðustu árum um framburð svifaurs í nokkrum ám.



Mynd 1. Vatnafarskort af vatnasviði Blöndu við Löngumýri.

Blanda er dragá og jökulá. Vatnasvið Blöndu við Löngumýri er 1740 km². Þar af eru um 220 km² undir Hofsjökli (Helgi Björnsson 1988). Einnig er smáskiki af vatnasviðinu undir norðanverðum Langjökli, en flatarmál hans er óljóst. Mynd 1 er vatnafarskort af vatnasviði Blöndu við Löngu-

mýri. Kortið er byggt á vatnagrunni Landmælinga Íslands, en útfært nánar af Þórarni Jóhannssyni. Mynd 2 er jarðfræðikort af sama svæði gert af Hauki Jóhannessyni og Kristjáni Sæmundssyni, en útfært nánar af Þórarni Jóhannssyni.



Mynd 2. Jarðfræðikort af vatnasviði Blöndu við Löngumýri.

Ástæðan fyrir því, að verið er að mæla svifaur í Blöndu er sú, að miðlunarlón Blönduvirkjunar kemur til með að fyllast með tímanum. Þess vegna er mikilvægt að fá einhverja hugmynd um hve langan tíma það tekur.

Sýnataka til svifaursmælinga hófst við Guðlaugsstaði árið 1962, en sýnin voru af of lélegum eða vafasömum gæðaflokkum til þess að á þeim sé byggt í þessum útreikningum. Sýnataka hófst við brúna hjá Löngumýri 1965 og hafa sýni verið tekin þar árlega síðan 1974. Við útreikninga á framburði er tímanum skipt í tvö tímabil, fyrir virkjun og eftir virkjun. Mismunurinn á meðalframburði á ári á þessum tímabilum lætur þá nærri að vera sá svifaursframburður, sem sest í Blöndulón árlega. Töluverð óvissa er þó í þessu, bæði óvissa í sjálfum reikningunum og óvissa vegna þess, að framburður er breytilegur frá ári til árs.

Aurburður er bæði svifaur og botnskrið. Gert hefur verið ráð fyrir, að mikill meirihluti aursins berist fram sem svifaur og hefur kröftunum því verið beint að því að mæla hann, enda eru mælingar á botnskriði miklu dýrari, torveldari í framkvæmd og ónákvæmari en mælingar á svifaur. Raunar hefur botnskrið tvisvar verið mælt í Blöndu og þá við Strjúgsstaði í Langadal. Í annað skiptið reyndist botnskrið vera mjög óverulegt í hlutfalli við svifaur, en í hitt skiptið mjög verulegt, svaraði til 64% af framburði svifaurs á sama tíma og skiptir þá ekki máli, hvort miðað er við svifaursframburð við Strjúgsstaði eða Löngumýri. Af þessu er ljóst, að skortur á botnskriðsmælingum veldur mikilli óvissu um heildaraurburð í Blöndu.

Við Löngumýri er rennslismælistöð, vhm054, merkt með 54 kortunum á myndum 1 og 2. Blönduvirkjun er sýnd á kortunum, sem mælistöð nr. 955. Við brúna hjá Löngumýri hefur vatnshæð verið mæld með sírita frá 29. október 1974. Fram að því, allt frá 1. september 1949, var lesið á kvarða við Guðlaugsstaði tvisvar í viku. Við snöggar rennslissveiflur var lesið oftár, daglega eða oftár. Rennslisgögn frá kvarðatímabilinu eru ófullnægjandi, einkum vegna þess að farvegur við kvarðann er óstöðugur, sem veldur breytingum á rennslislyklum. Rennslismælingar voru hvorki nógu tíðar né spönnuðu nægilegt rennslisvið til þess að rennslisgögnin teljist nothæf. Auk þess voru verulegar ístrufflanir á veturnum, en engar lágrennslismælingar til þess að ákvarða lágrennsli á þeim árstíma.

Vegna þess að rennslisgögnin frá kvarðatímabilinu eru ófullnægjandi, er framburður aðeins reiknaður aftur til ársins 1975. Árinu 1991 er þó sleppt í útreikningum á framburði, því að þá var millibilsástand vegna þess, að áin var að breytast úr ómiðlaðri á í miðlaða vegna virkjunar.

Við söfnun sýnanna hafa margir starfað. Svanur Pálsson hefur mælt aurinn í sýnunum. Hann hefur einnig annast meðhöndlun gagnanna í tölvu ásamt Guðmundi H. Vigfússyni, sem hefur gert flest forritin, sem notuð hafa verið við gagnavinnsluna. Gögn um rennsli eru fengin úr gagnabanka Vatnamælinga. Haukur Tómasson hefur lengst af haft umsjón með verkinu.

2. SÝNATAKA OG ÚRVINNSLA

2.1 Sýnategundir og kornastærðarflokkun

Sýnin, sem hér er byggt á, eru öll af tegundunum S1 og S2, sem eru bestu tegundirnar. Til glöggvunar er gefið almennt yfirlit yfir allar sýnategundirnar, en sýnin eru flokkuð út frá sýnatökuaðferðum.

F-sýni, sem tekin eru í flöskur án þess að sýnataki sé notaður. Þau eru nær alltaf tekin á einum stað nærri öðrum árbakkanum.

S-sýni. Þau eru tekin í rúmlega 400 ml flöskur, sem falla í þar til gerða sýnataka. Árvatnið streymir inn í flöskuna um stút framan á sýnatakanum, en loftið, sem fyrir er í flöskunni, sogast út um hlið sýnatakans og truflar því ekki innstreymið. Sogið myndast við vatnsstreymið fram hjá útstreymisopinunni fyrir loftið. Sýnatakinn með flöskunni er látinn síga niður í ána og er dreginn upp og niður með jöfnum hraða. Þannig fæst sýni af árvatni frá yfirborði og niður undir botn. Tvær gerðir sýnataka eru notaðar. Sá minni, handsýnatakinn DH48, er festur á stangar- eða rörenda og dýft niður í ána með höndum. Stærri sýnatakinn, S49, er festur í spil, sem nú er véldrifið, en var áður handdrifið.

S-sýnum er skipt í 3 undirtegundir, sem eru auðkenndar S1, S2 og S3.

S1 eru tekin á nokkrum, venjulega 3-5 stöðum á þversniði árinna. Þetta er sú sýnategund, sem byggt er á í útreikningunum í þessari skýrslu, eins og áður hefur verið getið, og hér hafa þau alltaf verið tekin í stærri sýnatakann, S49.

S2 eru langoftast tekin á einum stað á þversniðinu, stöku sinnum á tveimur stöðum. Þau eru tekin í stærri sýnatakann og eru sambærileg við S1, nema þau eru tekin á færri stöðum á þversniðinu.

S3 eru tekin við bakka árinna, oftast aðeins annan, og eru alltaf tekin í handsýnataka, DH48.

Þessi flokkun byggist á tökuaðferðum, en einnig má líta á hana sem gæðaflokkun.

F-sýnin eru aðeins tekin, þegar sýnatakar eru ekki tiltækir. Þau voru tekin, áður en sýnatakarnir komu og á meðan þeir voru aðeins örfáir. Síðustu 25-30 árin hafa aðeins örfá F-sýni verið tekin. Líta verður svo á, að F-sýnin séu lakasti flokkurinn. Þau ættu að gefa viðunandi mynd af fína aurnum, en eru mjög óáreiðanleg að því er varðar grófasta hluta svifaursins. Þar kemur til, að þau eru tekin uppi við árbakka, svo að flaskan kemst hvorki út í aðalstrauminn né á nægilegt dýpi, til að sýnið sé nægilega einkennandi fyrir grófa svifaurnum. Innstreymi vatnsins í flöskuna truflast af því, að flaskan snýr skakkt við straumstefnunni, myndar oftast um 90° horn við hana, en þyrfti að snúa samsíða straumstefnunni. Af þessum sökum verður vatnið, sem streymir inn í flöskuna, að breyta um stefnu við stútinn. Einnig verður truflun af loftinu, sem er að streyma út úr flöskunni, en það vandamál er leyst í sýnatökunum, eins og minnst er á hér að framan.

S1-sýnin verða að teljast bestu sýnin, en S2-sýnin, sem eru tekin, þar sem straumhardar ár renna þröngt, ættu að nálgast þau að gæðum. Sýnatöku á nokkrum stöðum á þversniðinu (S1) verður þar traúla við komið, því að sýnatakinn leitar út í aðalstrenginn.

S3-sýnin eru til muna ótrúverðugri en S1- og S2-sýnin. Þar er um að ræða sams konar vandamál vegna staðsetningar uppi við bakka og hjá F-sýnunum. Þau hafa það þó fram yfir F-sýnin, að hvorki verður stefnubreyting við innstreymið í flöskuna né truflun af útstreymi lofts. Þeim ætti að mega treysta að því er varðar fínan aur, en yfirleitt mælist minna af grófum aur í þeim en S1- og S2-sýnum, sem tekin eru á sama tíma, stundum miklu minna.

Við mælingar á svifaurnum er litið á innihald flasknanna frá öllum stöðum á þversniðinu sem eitt sýni og það mælt í einu lagi. Heildarstyrkur svifaursins er mældur og fundin kornastærðardreifing. Gerður er kornastærðarferill fyrir hvert sýni. Í gagnasafninu og í skýrslum, sem gefnar hafa verið út um svifaurnum, er kornastærðarferli hvers sýnis skipt í fjóra kornastærðarflokka samkvæmt kornastærðarkvarða Atterbergs, sjá töflu 1. Efri mörk sands eru í töflunni sett við 2,0 mm, eins og vera

ber samkvæmt kvarðanum, en óverulegur hluti svifaursins tilheyrir raunar næsta kornastærðarflokki fyrir ofan, möl. Í úrvinnslu er mölin talin með sandinum.

TAFLA 1. Kornastærðarflokkar svifaurs.

Grófur aur	Sandur	2,0-0,2	mm
	Mór	0,2-0,02	"
Fínn aur	Méla	0,02-0,002	"
	Leir	< 0,002	"

Sandur og mór (> 0,02 mm) telst grófur svifaur, en méla og leir (< 0,02 mm) fínn. Grófi aurinn er miklu viðkvæmari fyrir mismunandi sýnatökuaðferðum og aðstæðum á sýnatökustað en sá fíni. Sandurinn berst sem botnskrið á einum stað í ánni, en sem svifaur á öðrum og er það háð straumhraða. Nær ekkert mælist af grófari svifaur en sandi, en það litla, sem mælist, er hér talið með sandinum. Svo grófur aur berst nær einvörðungu sem botnskrið, en sennilega í tiltölulega litlum mæli.

2.2 Svifaurslyklar

Til þess að reikna hve mikið berst fram af svifaur á sýnatökustað á tilteknu tímabili eru búnir til svokallaðir svifaurslyklar, þ. e. fundið sambandið milli rennslis og svifaurs. Lykillinn er á eftirfarandi formi, þar sem q_s er svifaur í kg/s, k er fasti og Q er rennsli í m^3/s :

$$q_s = k \times Q^n$$

Við útreikningana, sem fjallað er um í skýrslunni, voru notaðir allmargir lyklar. Helstu einkennisþættir þeirra, þar á meðal fastinn, eru birtir í töflum. Til þess að auðvelda samanburð milli fasta einstakra lykla eru þeir birtir í töflunum margfaldaðir með 10^6 . Í stað þess t. d. að skrifa fastann 1,48E-04 er hann hér skrifaður 148. Með þessu móti losnar lesandinn við að bera saman tölur, sem þarf að margfalda með 10 í ýmsum mismunandi veldum.

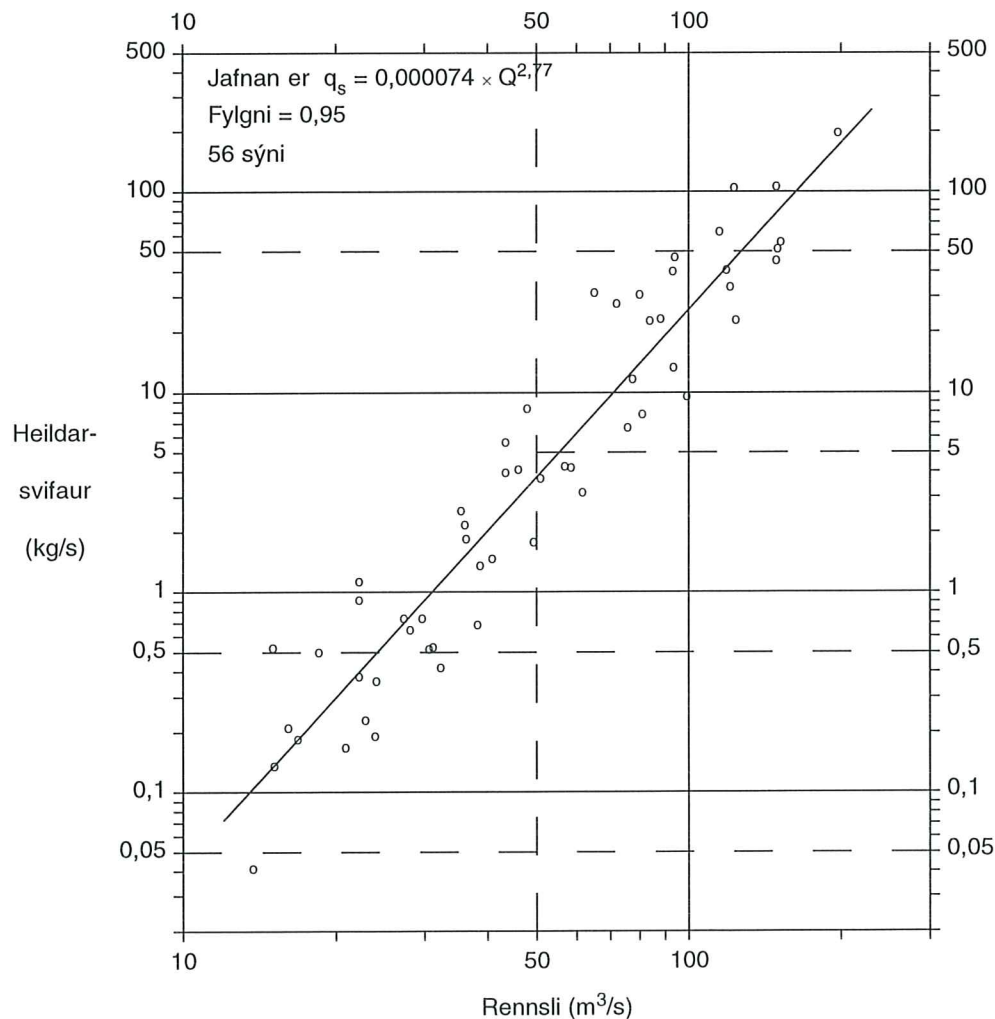
Þegar gæði lykla eru metin, þarf að hafa eftirtalin atriði í huga:

- Lyklar eru almennt því betri sem sýnin, sem þeir byggjast á, eru fleiri. Annars er hætt við, að sýnin séu ekki nægilega marktækt úrtak. Samband rennslis og svifaurs er í rauninni töluvert breytilegt, því að margs konar ytri skilyrði önnur en rennsli hafa áhrif á aurinn. Sýnin þurfa m. a. helst að dreifast sem jafnast yfir árið, sérstaklega þann hluta ársins, sem framburður aurs er mestur. Sýnin ættu varla að vera færri en sjö, ef nota á þau til ályktunar, en þá þurfa skilyrðin, sem talin eru hér á eftir, að vera vel uppfyllt.
- Best er, að sýnin hafi verið tekin á breiðu rennslisbili, helst allt frá því að vera nærri hæsta dagsmeðalrennsli tímabilsins, sem lykillinn gildir fyrir, niður í nokkuð lágt rennsli. Ennfremur er æskilegt, að sýnin dreifist sem jafnast á rennsli.
- Fylgnin þarf að vera sem hæst. Hún telst góð, ef hún er 0,90 eða hærri, mjög góð, ef hún er 0,95 eða hærri, en léleg, ef hún er undir 0,80.
- Lyklar með veldisvísi hærri en 3 eru varasamir, þeim hættir til að gefa of mikinn aur við hárennsli og of lítinn við lágrennsli. Algengt er, að veldisvísirinn sé nálægt 2 í góðum lykllum. Trúverðugir veldisvísar eru á bilinu 1,5-3,0.
- Óheppilegt er, að einstakir punktar skeri sig mjög úr, sérstaklega þegar lykillinn byggist á fáum sýnum. Slíkum punktum gæti verið rétt að sleppa í sumum tilfellum.

Lyklarnir eru notaðir til að reikna svifaurinn fyrir hvern dag fyrir sig út frá meðalrennsli dagsins. Þannig á að vera unnt að reikna svifaur, sem berst fram á einu ári eða nokkurra ára tímabili, ef lyklarnir eru nægilega góðir og upplýsingar liggja fyrir um dagsmeðalrennsli. Lyklar, sem byggð-

ir eru á sýnum frá öllum árstímum eru kallaðir *árslyklar*. Ef sýnafjöldi leyfir, er sýnunum skipt niður í árstíðir og reiknaðir sérstakir lyklar, svokallaðir *árstíðalyklar*, fyrir hvora eða hverja árstíð um sig.

Mynd 3 sýnir góðan svifaurslykil byggðan á allmörgum sýnum og með góðri fylgni. Raunar er lykillinn aðeins góður á því rennslisbili, sem sýnin, sem hann byggist á, hafa verið tekin, en það nær aðeins upp í um $200 \text{ m}^3/\text{s}$, en dagsmeðalrennsli hefur komist í meira en $800 \text{ m}^3/\text{s}$.



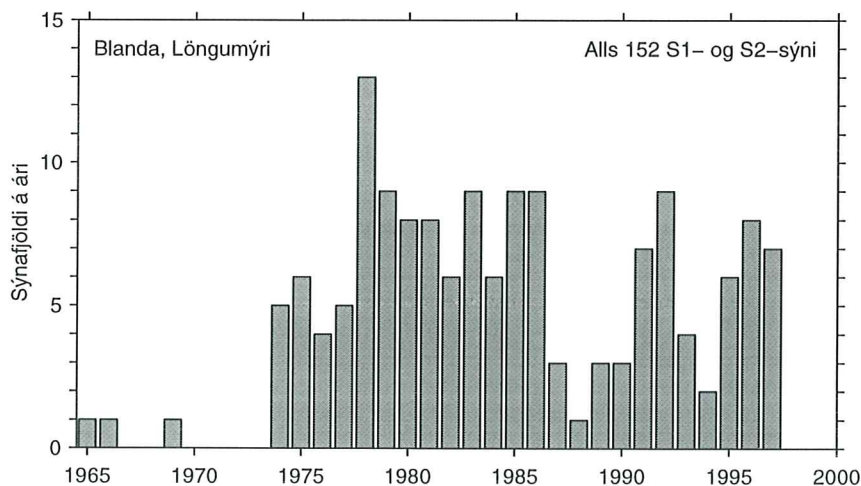
MYND 3. Vetrarlykill fyrir heildar-svifaur í Blöndu við Löngumýri 1965-90.

Svifaurslyklar voru fyrst notaðir við útreikninga á framburði í íslenskum ám árið 1968 (sjá Haukur Tómasson og Svanur Pálsson 1968), en Helgi Sigvaldason verkfræðingur annaðist þá reikninga. Á árunum 1983-84 reiknuðu Guðmundur H. Vigfússon og Örn Jónsson framburð flestra þeirra vatnsfalla, sem svifaursmælingar ná til (sjá Haukur Tómasson 1990 og Haukur Tómasson og Svanur Pálsson 1990). Við útreikninga á framburði svifaurs í Jökulsánum norðan Vatnajökuls, Skjálfandafljóti og Hvítá í Borgarfirði var staðið að útreikningum á framburði á hliðstæðan hátt og hér er gert, en skýrslur um þá útreikninga hafa komið út upp á síðkastið, sjá heimildaskrá.

3. GAGNASÖFN

Til þess að reikna út framburð svifaurs þarf tvö gagnasöfn, sem bæði tengjast sama staðnum. Annað gagnasafnið er safn mæligilda svifaurskýna, sem tekin hafa verið við sem breytilegast rennsli, ásamt gildum yfir augnabliksrennsli, þegar sýnin voru tekin. Á þessu gagnasafni eru svifaurslyklarnir byggðir, sjá kaflann um svifaurslykla hér að framan. Hitt gagnasafnið er skrá Vatnamælinga yfir meðalrennsli einstakra sólarhringa (dagsmeðalrennsli) á því tímabili, sem framburðurinn er reiknaður fyrir. Gögn um dagsmeðalrennsli fyrir heil ár ná aftur til 1950, en þar til seint á árinu 1974 var notast við álestra á kvarða. Þau gögn eru ófullnægjandi, svo að hér var valin sú leið að reikna framburð aðeins aftur til ársins 1975.

Sýnataka hófst úr Blöndu við Guðlaugsstaði 1962 og var haldið þar áfram mjög slitrótt til 1970. Alls voru tekin þar 21 sýni, 17 F-sýni og 4 S3-sýni. Þar sem þau eru öll af vafasömum gæðaflokkum með tilliti til grófs svifaurs, var ekki notast við mæligildi þeirra í þeim útreikningum, sem hér er fjallað um, heldur byggt einvörðungu á mæligildum sýna, sem tekin hafa verið við brúna hjá Löngumýri, en sýnataka hófst þar 1965 og hefur verið haldið áfram síðan, að vísu mjög slitrótt fyrir 1974. Þar hafa verið tekin 158 S-sýni og 10 F-sýni. F-sýnin eru ekki notuð hér og ekki heldur S3-sýnin. Þá eru eftir 152 S1- og S2-sýni, en þau leggja til svifaursgögnin, sem þessi umfjöllun um framburð svifaurs í Blöndu byggist á. Dreifing þessara sýna á ár er sýnd á mynd 4.



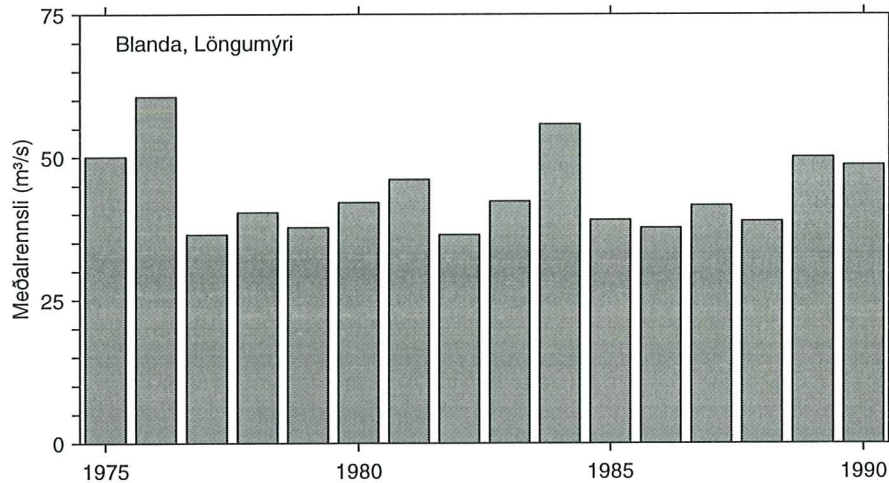
MYND 4. Fjöldi S1- og S2-sýna á ári úr Blöndu við Löngumýri.

Framburð Blöndu verður að reikna fyrir tvö tímabil. Annars vegar tímabilið, á meðan Blanda rann ótrufluð af manna völdum og hins vegar tímabilið, eftir að hún var virkjuð og meginhluti aursins fór að setjast í miðlunarlón. Lok fyrra tímabilsins eru hér sett við lok ársins 1990, en truflunin hófst reyndar nokkru fyrr eða 17. október það ár, þegar byrjað var að láta Blöndu renna að hluta til í miðlunarlón Blönduvirkjunar.

Útreikningar á framburði á fyrra tímabilinu eru byggðir á 109 sýnum, en framburður á seinna tímabilinu er reiknaður út frá 42 sýnum.

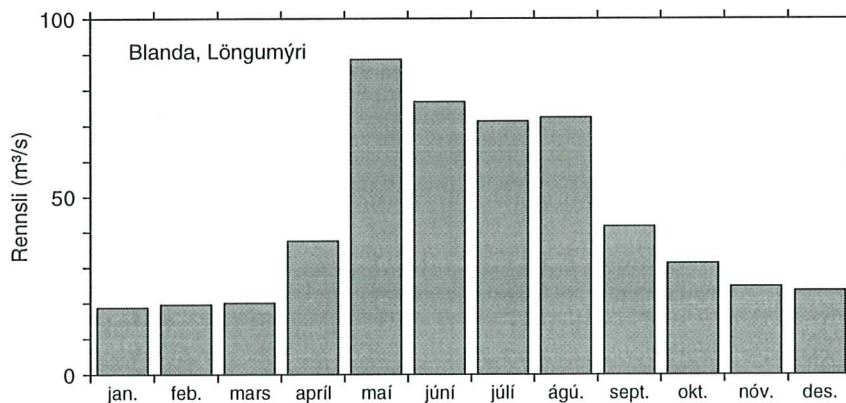
4. FRAMBURÐUR FYRIR VIRKJUN

Á mynd 5 er sýnt meðalrennsli einstakra ára á tímabilinu 1975-90. Helst vekur athygli, að árin 1976 og 1984 standa upp úr.



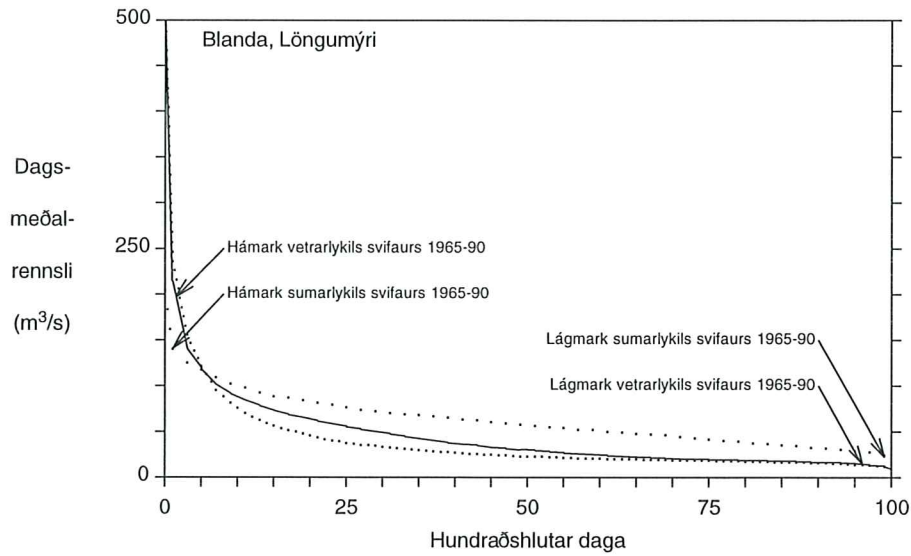
MYND 5. Blanda, Löngumýri, meðalrennsli einstakra ára 1975-90.

Á mynd 6 er sýnt mánaðarmeðalrennsli Blöndu við Löngumýri á árunum 1975-90. Rennslið er mest í maí, en þá gætir vorflóðanna mest, en þau eru í mánuðunum apríl-júní, misjafnlega snemma frá ári til árs, en jökulleysingarnar eru að langmestu leyti í júlí og ágúst.



MYND 6. Blanda, Löngumýri, mánaðarmeðalrennsli 1975-90.

Blanda er jökulá að hluta til og eru upptökin í jökli í um 800 m hæð yfir sjó. Jökulvatnið veldur auknum svifaurstyrk og ber mest á aukningu í styrk fíns aurs. Af mæligögnum má ráða, að áhrifa jökulleysingar á svifaur í Blöndu gætir í mánuðunum júlí - september. Þó er eðlilega misjafnt frá ári til árs, hvenær jökulleysingin hefst og hvenær henni lýkur. Við útreikninga á framburði var mæligögnum svifauris skipt þannig, að gerðir voru svifaurlyklar byggðir á mæligildum sýna, sem tekin voru í júlí - september, *sumarlyklar*, og aðrir lyklar, sem byggjast á sýnum teknum í október - júní, *vetrarlyklar*. Einu nafni eru þessir lyklar kallaðir *árstíðalyklar*. Einnig var gerður lykill, sem byggðist á öllum sýnunum, svokallaður *árslykill*. Eins og áður hefur komið fram eru þetta eingöngu S1- og S2-sýni. Fyrir tímabilið fyrir virkjun er við lyklagerðina byggt á sýnum frá árunum 1965-90, en einu sýni er sleppt. Það er vetrarsýni, tekið þegar ístruflun var og þar af leiðandi er mikil óvissa um rennsli; það sker sig mjög úr og hækkar veldisvísa svifaurlykla.



Heildreginn ferill: Allt árið. Gisnir punktar: Sumar (júlí-september). Þéttir punktar: Vetur (október-júní).

MYND 7. Blanda, Löngumýri, langæi rennslis 1975-90.

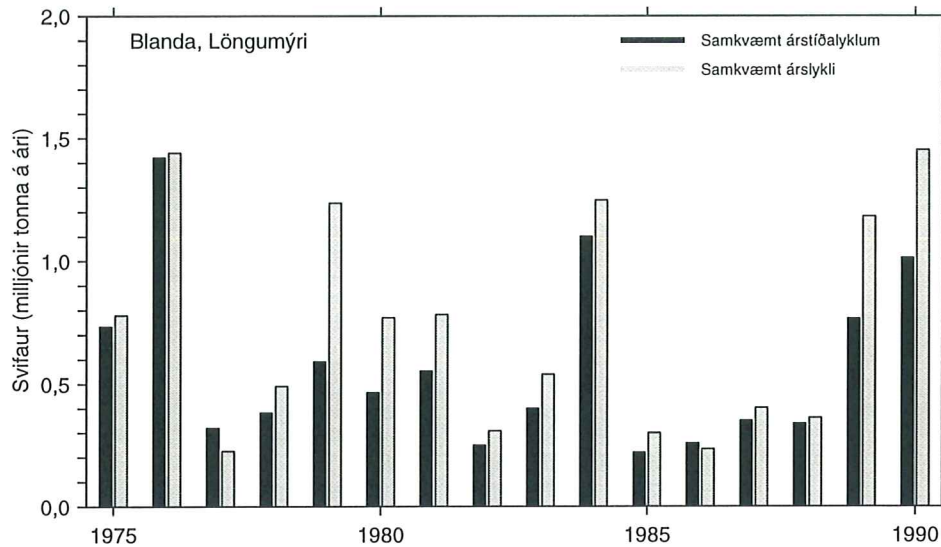
Mynd 7 sýnir langæi rennslis í Blöndu við Löngumýri á árunum 1975-90.

TAFLA 2. Blanda, Löngumýri, framburður svífaurs á ári 1975-90.

S1- og S2-sýni. Sumarið er skilgreint sem júlí - september, en veturinn sem október - júní

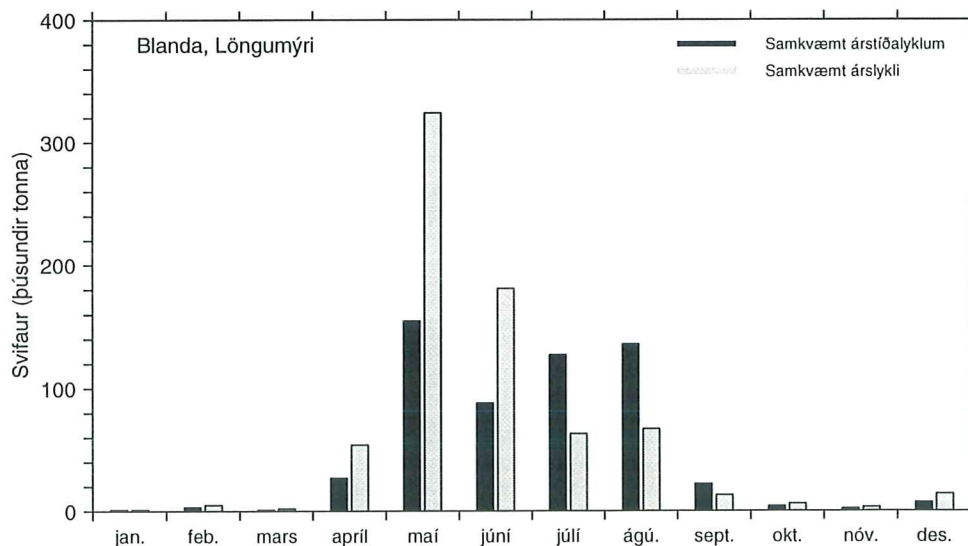
Ár	Dagsmeðalrennsli m ³ /s	Svífaur í þúsundum tonna á ári samkvæmt			
		sumar-lykli	vetrar-lykli	sumar + vetur	árslykli
1975	50,1	456	276	732	779
1976	60,6	935	486	1421	1440
1977	36,4	266	53	319	225
1978	40,3	193	189	382	491
1979	37,7	64	526	590	1236
1980	42,1	131	333	464	769
1981	46,1	222	329	551	782
1982	36,4	119	131	250	308
1983	42,3	169	230	399	539
1984	55,8	646	454	1100	1248
1985	39,0	86	133	219	299
1986	37,6	176	81	257	233
1987	41,6	196	154	350	402
1988	38,8	206	132	338	360
1989	50,1	258	508	766	1182
1990	48,7	433	580	1013	1452
Meðaltöl	44,0	285	287	572	734

Í töflu 2 og á mynd 8 eru niðurstöður útreikninga á heildarsvífaur ári fyrir ár á tímabilinu 1975-90. Meðalframburður á ári samkvæmt árslyklinum reiknast 734 þúsund tonn, en samkvæmt árstíðalyklunum 572 þúsund tonn. Þetta er verulegur munur, sem þarf að finna skýringu á. Framburðurinn reiknast öll árin nema 1977 og 1986 meiri samkvæmt árslyklinum, en þau ár reiknast framburðurinn samkvæmt vetrarlyklinum mjög lítt. Það gæti bent til þess, að munurinn liggi aðallega í framburðinum að vetrinum.



MYND 8. Blanda, Löngumýri, heildarsvifaur einstakra ára fyrir virkjun.

Árstíðalyklarnir byggjast á álíka mörgum sýnum, sumarlykillinn á 53 og vetrarlykillinn á 56. Sumarsýnin hafa hærri aurstyrk miðað við rennsli en vetrarsýnin og gætir þess sérstaklega við hárennsli, því að sumarsýnin hækka veldisvísi árslykilsins. Árslykillinn, sem er undir álíka sterkum áhrifum af sumarsýnum frá þremur mánuðum og vetrarsýnum frá níu mánuðum, gefur alltof mikinn framburð yfir vetrartímam, sérstaklega í vorflóðunum. Að vísu gefur hann of lítinn framburð í júlí - september, en það skiptir minna máli. Þetta kemur mjög vel fram á mynd 9, en hún sýnir, hvernig framburður svifaurs dreifist á mánuði.



MYND 9. Blanda, Löngumýri, meðalframburður svifaurs eftir mánuðum 1975-90.

Tafla 3 sýnir niðurstöður útreikninga á skiptingu svifaursins í kornastærðarflokkana fjóra og í grófan aur og fínan samkvæmt árstíðalyklum. Heildarsumman af svifaur í kornastærðarflokkunum fjórum reiknast 542 þúsund tonn, sem er um 5% lægra en heildarsvifaurinn samkvæmt töflu 2. Summan af grófum svifaur og fínum reiknast nánast sú sama og heildarsvifaurinn samkvæmt töflu 2.

TAFLA 3. Blanda, Löngumýri, framburður svifauers af einstökum kornastærðarflokkum 1975-90.

Svifaur í þúsundum tonna á ári

S1- og S2-sýni. Sumarið er skilgreint sem júlí - september, en veturinn sem október - júní

Kornastærð		Sumar	Vetur	Sumar + vetur	Hundraðs- hluti
Stærðarflokkur	Mörk mm				
Sandur	> 0,2	22	89	111	20
Mór	0,02-0,2	92	127	219	41
Sandur + mór	> 0,02	114	216	330	61
Méla	0,002-0,02	102	49	151	28
Leir	< 0,002	52	9	61	11
Méla + leir	< 0,02	154	58	212	39
Samtals allir stærðarflokkar		268	274	542	100
Grófur svifaur	> 0,02	116	246	362	64
Fínn svifaur	< 0,02	148	59	207	36
Grófur + fínn		264	305	569	100

TAFLA 4. Blanda, Löngumýri, svifaurslyklar 1965-90.

Lyklarnir eru á forminu $q_s = k \times Q^n$, q_s : svifaur (kg/s), k: fasti, Q: rennsli (m^3/s)

Sumar er hér skilgreint sem júlí - september, vetur sem október - júní

H. r. l.: hæsta rennsli lykils, H. dmr.: hæsta dagsmeðalrennsli á gildistíma lykils, L. r. l.: lægsta rennsli lykils

F. y. h. r. l.: hundraðshluti framburðar yfir hæsta rennsli lykilsins

Korna- stærð	Árs- tíð	H. r. l. m^3/s	H. dmr. m^3/s	L. r. l. m^3/s	F. y. h. r. l. %	Sýna- fjöldi	Fylgni R	Fasti $k \times 10^6$	Veldisvísir n
Heildar- svifaur	Sumar	140	204	21,7	9	53	0,94	22	3,32
	Vetur	197	498	13,7	60	56	0,95	74	2,77
	Allt árið	197	498	13,7	52	109	0,92	55	2,96
Sandur	Sumar	140	204	21,7	11	53	0,85	0,3	3,67
	Vetur	197	498	13,7	72	56	0,87	1,3	3,31
Mór	Sumar	140	204	21,7	11	53	0,90	1,8	3,61
	Vetur	197	498	13,7	66	56	0,95	8,2	3,03
Méla	Sumar	140	204	21,7	8	53	0,92	24	3,07
	Vetur	197	498	13,7	49	56	0,91	101	2,37
Leir	Sumar	140	204	21,7	12	53	0,87	0,5	3,76
	Vetur	197	498	13,7	48	56	0,79	22	2,34
> 0,02 mm	Sumar	140	204	21,7	10	53	0,90	2,9	3,56
	Vetur	197	498	13,7	68	56	0,94	9,2	3,13
< 0,02 mm	Sumar	140	204	21,7	8	53	0,92	27	3,13
	Vetur	197	498	13,7	48	56	0,91	158	2,32

Í töflu 4 er yfirlit yfir helstu einkenni lykllanna, sem notaðir voru við útreikninga á gildunum í töflum 2 og 3. Lyklarnir hafa góða eða sæmlega fylgni, en veldisvísar margra þeirra, einkum sumarlykllanna, eru tortryggilega háir. Aðalágalli árslykilsins og vetrarlykllanna er, að hár hundraðshluti framburðar reiknast við dagsmeðalrennsli, sem er yfir hæsta rennslisgildi lykllanna, sem stafar af því, að sýni skortir úr vor- og vetrarflóðum.

Þegar hæstu rennslisgildi svifaurslykla eru miklu lægri en dagsmeðalrennslíð kemst upp í á tímabilinu, sem framburður er reiknaður fyrir, er töluverð hætta á fjarstæðukenndum niðurstöðum fyrir þá daga, sem rennslíð er allra hæst. Einkum er hætta á, að framburður geti reiknast langt yfir því, sem eðlilegt er, ef veldisvísar eru mjög háir. Hæsti aurstyrkur í þeim sýnum, sem árslykillinn byggist á, mældist 1463 mg/l og þá var rennslíð 100 m³/s. Hæsti aurstyrkur í sýnunum, sem vetrarlyklarnir byggjast á, var 1005 mg/l og þá var rennslíð 197 m³/s. Eins og áður hefur komið fram, eru F og S3-sýnin, sem tekin voru við Guðlaugsstaði, ekki notuð við gerð þessara lykla. Þeim var sleppt vegna þess, að þau eru talin lakari að gæðum en S1- og S2-sýnin. Þessi sýni eru 21 að tölu og í þremur þeirra hefur aurstyrkur mælst yfir 2000 mg/l og fór hæst í 3796 mg/l. Sandstyrkur þeirra er ekki að sjá óeðlilega hár, en sá kornastærðarflokkur er viðkvæmastur fyrir misheppnaðri sýnatöku. Þessar tölur þarf að hafa í huga, þegar skoðað er, hversu hár aurstyrkurinn getur reiknast samkvæmt lyklnum.

Aurstyrkur samkvæmt árslykli fyrir heildarsvifaur reiknast sex daga yfir 5000 mg/l, mest 10.700 mg/l. Fremur er ólíklegt, að aurstyrkur verði svo hár í raunveruleikanum.

Sumarlykillinn fyrir heildarsvifaur gefur mest 2900 mg/l og vetrarlykillinn gefur tíu daga meira en 2000 mg/l, mest 4400 mg/l.

Sandstyrkur kemst mest í 490 mg/l samkvæmt sumarlykli, en í 2126 mg/l samkvæmt vetrarlykli.

Móstyrkur kemst mest í 1963 mg/l samkvæmt sumarlykli, en í 2433 mg/l samkvæmt vetrarlykli.

Mélustyrkur kemst mest í 1449 mg/l samkvæmt sumarlykli, en í 501 mg/l samkvæmt vetrarlykli.

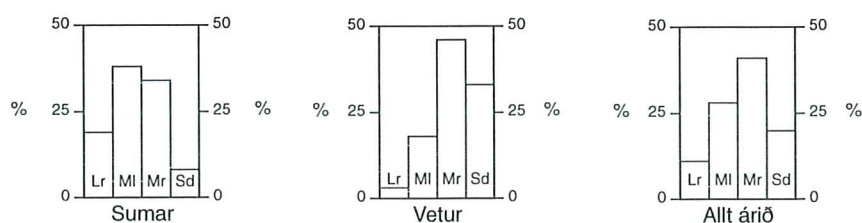
Leirstyrkur kemst mest í 1234 mg/l samkvæmt sumarlykli, en í 90 mg/l samkvæmt vetrarlykli.

Styrkur grófs aurs kemst samkvæmt sumarlykli upp í 2380 mg/l og fer mest í 5104 mg/l samkvæmt vetrarlykli.

Styrkur fíns aurs kemst samkvæmt sumarlykli upp í 2202 mg/l og fer mest í 574 mg/l samkvæmt vetrarlykli.

Líklega geta hámarkstölurnar, sem árstíðalyklarnir fyrir heildarsvifaur gefa, staðist í raunveruleikanum, en hámarkstalan, sem árslykillinn gefur, virðist hins vegar vera hæpin og ber þar enn að sama brunn, að árslyklinum sé ekki treystandi. Hámarkstölurnar, sem lykjar einstakra kornastærðarflokka gefa, virðast sumar vera í hæsta lagi og svipað má segja um hámarkstölurnar fyrir grófan aur og fínan. Samt koma summurnar úr töflu 3 vel heim við meðaltalið fyrir árstíðalyklana í töflu 2.

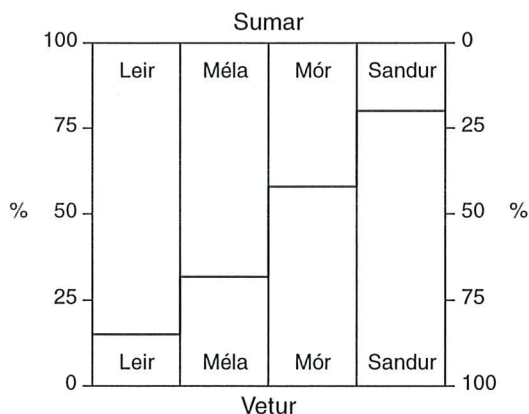
Mynd 10 sýnir skiptingu framburðarins í kornastærðarflokkana fjóra. Notuð eru gildin úr töflu 3. Þar kemur skýrt fram, að mjög mikill munur er á kornastærð að sumri og vetri. Hlutur leirs og mélu eykst mikið að sumrinu vegna jökulleysingar.



Skýringar: Lr leir, MI méla, Mr mór, Sd sandur

MYND 10. Blanda, Löngumýri, hundraðshluti kornastærðarflokka svifaurs 1975-90.

Mynd 11 sýnir hve stór hundraðshluti svifaurs í hverjum kornastærðarflokki fyrir sig berst fram á hvorri árstíð. Notuð eru gildi úr töflu 3. Hér kemur greinilega fram, að fíni aurinn berst aðallega fram að sumrinu, en grófi aurinn að vetrinum.



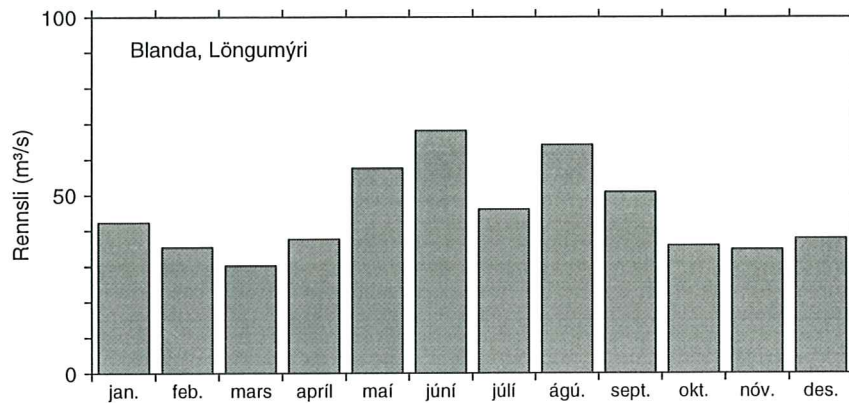
MYND 11. Blanda, Löngumýri, skipting svifaurs á árstíðir 1975-90.

Helstu niðurstöður varðandi framburð svifaurs við í Blöndu við Löngumýri á tímabilinu 1975-90 eru þessar:

- Meðalframburður á ári reiknast um 570 þúsund tonn samkvæmt árstíðalyklum, en um 730 þúsund tonn samkvæmt árslykli. Munurinn virðist liggja í því, að vægi sumarsýnanna í árslyklinum sé of mikið, en aurstyrkur þeirra er töluvert meiri en vetrarsýnanna miðað við rennsli. Þegar árslykillinn er notaður, hafa sumarsýnin þannig veruleg áhrif á útreikninga á framburði í flóðum, en þau koma aðallega á vorin og um miðjan vetur. Niðurstöður samkvæmt árstíðalyklum verða því að teljast miklu trúverðugri og verður hér gengið út frá þeim.
- Álfka mikill svifaur berst fram í júlí - september og í október - júní. Framburður reiknast mestur í maí, þegar vorflóðanna gætir oftast mest, en ágúst og júlí fylgja fast á eftir.
- Mikill munur er á kornastærð svifaursins að sumri og vetri. Meiri hluti grófa aursins berst fram að vetri, en meiri hluti fína aursins að sumri, kemur með jökulleysingunni. Að meðaltali yfir árið er skiptingin þannig samkvæmt árstíðalyklum, að grófur svifaur reiknast 61-64% og fínn 36-39%. Nánari skipting er þannig, að sandur reiknast 20%, mór 41%, méla 28% og leir 11%.
- Vetrarlyklarnir og árslykillinn hafa þann slæma ágalla, að miklu munar á hæstu rennslisgildum þeirra og hæsta dagsmeðalrennsli. Munurinn er svo mikill, að um eða yfir helmingur af reiknuðum framburði reiknast þá daga, sem dagsmeðalrennslið er yfir hæsta rennsli lyklanna. Ástæðan er sú, að sýni skortir úr vor- og vetrarflóðum, en úr því verður ekki bætt úr þessu með sýnatöku, af því að áin hefur verið virkjuð, en vegna viðstöðu vatns í miðlunarlóni virkjunarinnar varð mikil breyting á rennslisháttum árinna og gjörbreyting á framburði neðan virkjunar, eins og kemur fram í næsta kafla. Að öðru leyti eru lyklarnir nokkuð góðir, nema margir þeirra hafa tortryggilega háa veldisvísa.
- Skortur á sýnum teknum við hátt rennsli dregur úr trúverðugleika lyklanna, þegar reiknaður er framburður við rennsli, sem er miklu hærra en mesta rennslið, þegar sýni hafa verið tekin. Við mjög hátt rennsli gefur árslykillinn aurstyrk, sem virðist vera alltof hár. Hæsti aurstyrkur, sem árstíðalyklarnir fyrir heildarsvifaur gefa, virðist geta staðist, svo að meðalframburðurinn, sem þeir gefa, um 570 þúsund tonn á ári, ætti að vera nærri lagi. Hámarksaurstyrkur reiknaður með lyklum fyrir grófan aur og fínan og fyrir einstaka kornastærðarflokka virðist í sumum tilfellum vera í hæsta lagi.

5. FRAMBURÐUR EFTIR VIRKJUN

Við virkjunina varð mikil breyting á rennlisháttum Blöndu við Löngumýri vegna vatnsmiðlunar. Mynd 12 sýnir mánaðarmeðalrennsli Blöndu við Löngumýri á árunum 1992-97. Þegar hún er borin saman við mynd 6, sést, að mikil breyting er orðin á dreifingu rennslisins á mánuði. Rennslið að vetrinum hefur aukist mikið á kostnað sumarrennslisins og maí er ekki lengur með hæsta rennslið heldur júní.



MYND 12. Blanda, Löngumýri, mánaðarmeðalrennsli 1992-97.

TAFLA 5. Blanda, Löngumýri, framburður svifaus á ári 1992-97.

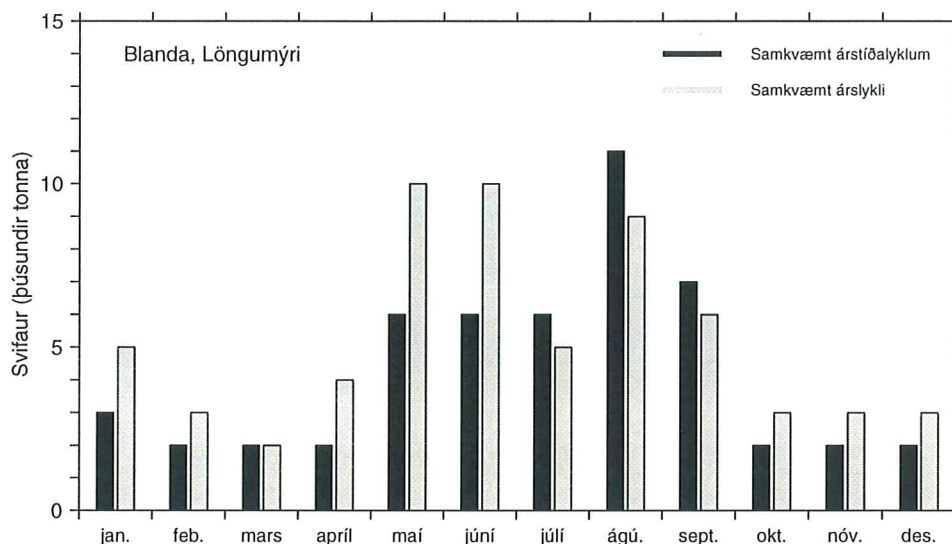
S1- og S2-sýni. Sumarið er skilgreint sem júlí - september, en veturinn sem október - júní

Ár	Dagsmeðal- rennsli m³/s	Svifaur í þúsundum tonna á ári samkvæmt			
		sumar- lykli	vetrar- lykli	sumar + vetur	árs- lykli
1992	54,6	15	52	67	100
1993	43,5	25	24	49	58
1994	37,3	24	15	39	42
1995	50,5	39	25	64	71
1996	38,5	11	25	36	48
1997	45,9	31	22	53	59
Meðaltöl	45,0	24	27	51	63

Í töflu 5 eru niðurstöður útreikninga á heildarsvifaur ári fyrir ár á tímabilinu 1992-97. Árið 1991 er ekki tekið með, vegna þess að rennslið var mjög óreglulegt. Haustið 1990 var veitt vatni í Blöndulón um tíma, eins og minnst er á hér framfar í skýrslunni, og 12. júní 1991 var aftur farið að veita vatni í lónið. Litið er svo á, að árið 1991 hafi verið millibilsástand á rennsli Blöndu. Mæligildi sýna, sem tekin voru 1991 í mánuðunum júní, júlí og september, eru tekin með í lykllum, enda hafa þau greinileg miðlunareinkenni. Þegar borin eru saman meðaltölin í töflum 2 og 5, kemur í ljós, að eftir virkjun er framburðurinn kominn niður í um 11% þess, sem var fyrir virkjun, þegar miðað er við reikninga samkvæmt árstíðalyklum, en í 10%, ef miðað er við árslykla.

Mynd 13 sýnir meðalframburð eftir mánuðum. Þegar borið er saman við mynd 9, sést greinilega, hvernig dreifingin hefur breyst við virkjunina. Framburðurinn er orðinn miklu jafnari, einkum gætur áhrifa vorflóðanna miklu minna en áður. Eins og fyrir virkjun er sá munur á gildum reiknuðum annars vegar með árstíðalyklum og hins vegar með árslykli, að árslykillinn gefur hærri gildi á tímabili vetrarlykilsins, en lægri gildi á tímabili sumarlykilsins. Þetta er auðskilið, sumarsýnin eru 28, en vetrarsýnin 14 og aurstyrkur sumarsýnanna er hærri en vetrarsýnanna við

sama rennsli. Sumarsýnin, sem eru tvöfalt fleiri en vetrarsýnin, hafa því óeðlilega mikið vægi í árslyklinum, þar sem um 70% af rennslinu er í mánuðunum október - júní, tímabili vetrarlykilsins. Þetta skýrir líka muninn á framburði reiknuð með árstíðalyklum og árslykli, sem fram kemur í töflu 5. Að þessum sökum verða niðurstöður samkvæmt árstíðalyklum að teljast trúverðugri, eins og áður hefur verið vikið að.



MYND 13. Blanda, Löngumýri, meðalframburður svifaurs eftir mánuðum 1992-97.

Tafla 6 sýnir skiptingu svifaursins í grófan aur og fínan samkvæmt árstíðalyklum. Þegar borið er saman við gildin í töflu 3, má sjá, að grófi svifaurinn er kominn niður í um 2% þess, sem var fyrir virkjun og fíni aurinn niður í um 19%.

TAFLA 6. Blanda, Löngumýri, framburður svifaurs af einstökum kornastærðarflokkum 1992-97.

Svifaur í þúsundum tonna á ári
S1- og S2-sýni. Sumarið er skilgreint sem júlí - september, en veturinn sem október - júní

Kornastærð	Stærðarflokkur	Mörk mm	Sumar	Vetur	Sumar + vetur	Hundraðshluti
Sandur	> 0,2		0,8	0,7	1,5	3
Mór	0,02-0,2		2,6	3,6	6,2	14
Sandur + mór	> 0,02		3,4	4,3	7,7	17
Méla	0,002-0,02		7,8	10,1	17,9	41
Leir	< 0,002		9,7	9,1	18,8	42
Méla + leir	< 0,02		17,5	19,2	36,7	83
Samtals allir stærðarflokkar			20,9	23,5	44,4	100
Grófur svifaur	> 0,02		3,7	4,5	8,2	17
Fínn svifaur	< 0,02		18,5	21,0	39,5	83
Grófur + fínn			22,2	25,5	47,7	100

TAFLA 7. Blanda, Löngumýri, svifaurslyklar 1991-97.

Lyklarnir eru á forminu $q_s = k \times Q^n$, q_s : svifaur (kg/s), k: fasti, Q: rennsli (m^3/s)

Sumar er hér skilgreint sem júlí - september, vetur sem október - júní

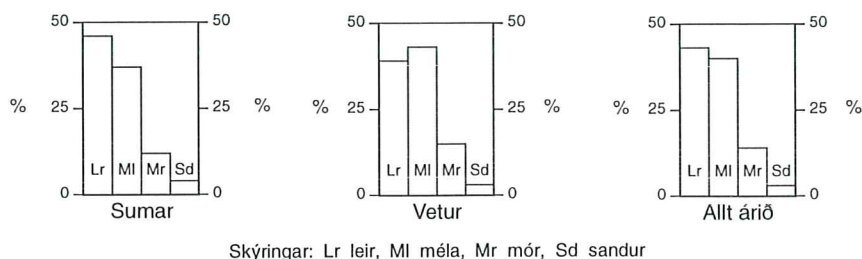
H. r. l.: hæsta rennsli lykils, H. dmr.: hæsta dagsmeðalrennsli á gildistíma lykils, L. r. l.: lægsta rennsli lykils

F. y. h. r. l.: hundraðshluti framburðar yfir hæsta rennsli lykilsins

Kornastærð	Árs-tíð	H. r. l. m^3/s	H. dmr. m^3/s	L. r. l. m^3/s	F. y. h. r. l. %	Sýna- fjöldi	Fylgni R	Fasti $k \times 10^6$	Veldisvísir n
Heildar- svifaur	Sumar	146	192	6,0	3	28	0,80	5950	1,54
	Vetur	187	548	15,2	11	14	0,85	3930	1,48
	Allt árið	187	548	6,0	9	42	0,82	4240	1,57
Sandur	Sumar	146	192	6,0	4	28	0,76	39	1,92
	Vetur	187	548	15,2	8	14	0,68	179	1,34
Mór	Sumar	146	192	6,0	2	28	0,46	7000	0,97
	Vetur	187	548	15,2	6	14	0,63	2170	1,13
Méla	Sumar	146	192	6,0	2	28	0,81	3460	1,40
	Vetur	187	548	15,2	13	14	0,83	945	1,58
Leir	Sumar	146	192	6,0	5	28	0,87	101	2,27
	Vetur	187	548	15,2	11	14	0,78	1310	1,48
> 0,02 mm	Sumar	146	192	6,2	2	28	0,53	5050	1,13
	Vetur	187	548	15,2	6	14	0,67	2500	1,15
< 0,02 mm	Sumar	146	192	6,0	3	28	0,85	2190	1,71
	Vetur	187	548	15,2	13	14	0,84	1970	1,58

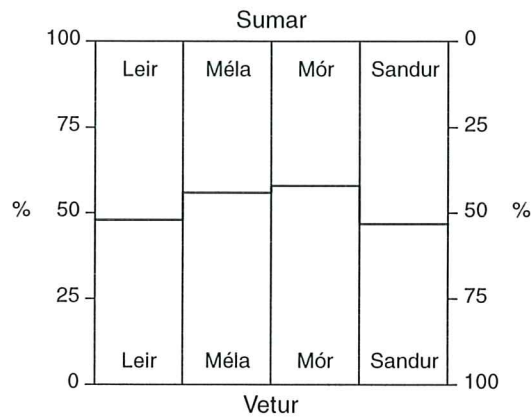
Að sjálfsögðu verður að taka þessum samanburði með mikilli varúð, því að tímabilið eftir virkjun er aðeins sex ár, og framburður er mjög mismikill frá ári til árs, svo að verulega getur munað um hvert ár. Einnig eru lyklarnar fyrir seinna tímabilið sumir lélegir að því er varðar fylgni, jafnvel mjög lélegir, sjá töflu 7. Veldisvísarnir eru aftur á móti aldrei tortryggilega háir, heldur í lægsta lagi, en það er algengt í lyklum yfir framburð úr stöðuvötnum. Framburður ætti því ekki að reiknast alltof háir við hátt rennsli vegna hárra veldisvísa. Þessir lyklar hafa ennfremur annan kost samanborið við lykllana fyrir tímabilið fyrir virkjun, en hann er sá, að tiltölulega lítill hluti framburðarins er við hærri rennsli en hæsta rennsli lykllanna.

Mynd 14 sýnir skiptingu framburðarins í kornstærðarflokkana fjóra. Notuð eru gildi úr töflu 6. Þar kemur skýrt fram, að mjög mikill munur er á kornstærðardreifingu svifaursins frá því fyrir virkjun, sjá mynd 10. Hlutur sands og mós hefur stórlega minnkað og minni munur er á kornstærðardreifingu að sumri og vetri. Hvorttveggja er eðlileg afleiðing af setsöfnun í Blöndulóni.



MYND 14. Blanda, Löngumýri, hundraðshluti kornstærðarflokka svifaurs 1992-97.

Mynd 15 sýnir hve stór hundraðshluti svifaurs í hverjum kornastærðarflokki fyrir sig berst fram á hvorri árstíð. Notuð eru gildi úr töflu 6. Hér kemur greinilega fram, að lítill munur er á kornastærðardreifingu aursins eftir árstíðum ólíkt því, sem var fyrir virkjun, sjá mynd 11.



MYND 15. Blanda, Löngumýri, skipting svifaurs á árstíðir 1992-97.

Helstu niðurstöður varðandi framburð svifaurs í Blöndu við Löngumýri á tímabilinu 1992-97 eru þessar:

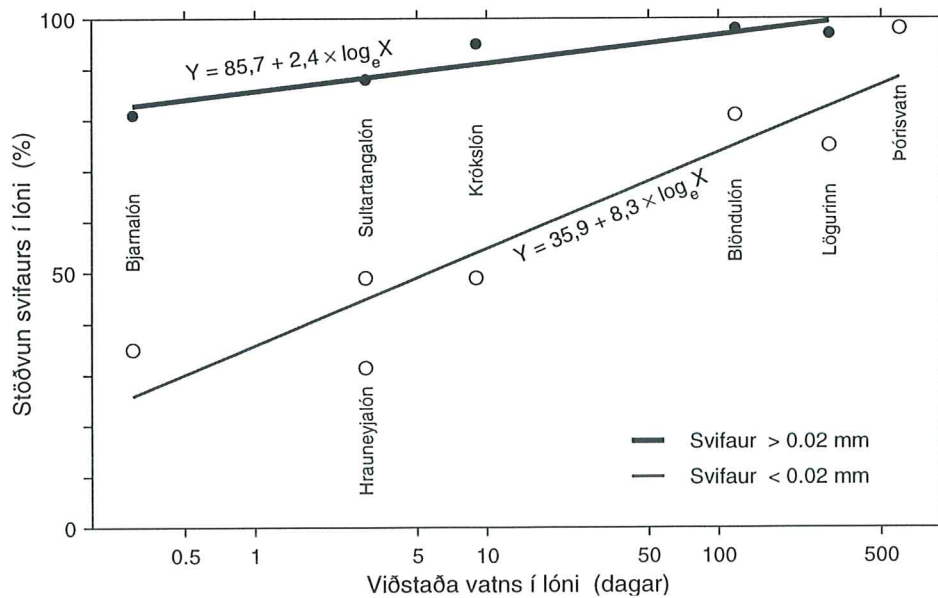
- Meðalframburður á ári reiknast um 50 þúsund tonn samkvæmt árstíðalyklum, en um 60 þúsund tonn samkvæmt árslykli.
- Framburðurinn dreifist jafnar á árið en áður, einkum hefur dregið úr áhrifum vorflóðanna.
- Um 47% svifaursins berst fram í júlí - september samkvæmt árstíðalyklum, sem er svipað hlutfall og fyrir virkjun.
- Grófur svifaur reiknast 17% og fínn 83%. Nánari skipting er þannig, að sandur reiknast 3%, mór 14%, méla 41% og leir 42%. Tiltölulega lítill munur er á kornastærðardreifingu svifaursins að sumri og vetri, ólíkt því sem áður var.
- Svifaurslyklarnir hafa lélegri fylgni en á fyrra tímabilinu, en hins vegar eru veldisvísar þeirra aldrei tortryggilega háir og tiltölulega lítill hluti framburðarins er við hærri rennsli en hæsta rennsli lyklanna.
- Meðalframburður á ári hefur lækkað frá því fyrir virkjun úr 570 þúsund tonnum á ári niður í 50 þúsund tonn, ef miðað er við árstíðalykla, þ. e. niður í um 9% af því, sem áður var.
- Þar sem tímabilið eftir virkjun er mjög stutt og sýnin fá, sérstaklega að vetrarlagi, verður að taka niðurstöðunum með mikilli varúð.

6. SETMYNDUN Í BLÖNDULÓNI

Aðalástæðan fyrir því, að Orkustofnun fylgist með aurframburði vatnsfalla, er sú, að aurinn sest til í miðlunar- og inntakslónum virkjana og fyllir þau með tímanum. Í töflu 8 eru settar fram helstu tölur um líklega setmyndun í Blöndulóni samkvæmt þeim útreikningum á framburði, sem hér hefur verið lýst. Upplýsingar um rúmmál lónsins eru fengnar úr skýrslu frá Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen sf. *Virkjun Blöndu I.* frá 1975 eftir Kristján M. Sigurjónsson og Loft Þorsteinsson. Gengið er út frá hæðinni u. þ. b. 478 m y. s. Hér er gert ráð fyrir, að rúmþyngd setsins sé 1,4.

TAFLA 8. Setmyndun af völdum svifaus í Blöndulóni.

Meðalrennsli (m ³ /s)	43
Rúmmál lóns (Gl)	440
Meðalviðstaða vatns í lóni (dagar)	118
Stöðvun svifaus í lóni á ári (milljónir tonna)	
Grófur	0,35
Fínn	0,17
Alls	0,52
Árleg setmyndun (Gl)	0,37
Fyllingartími lóns (ár)	1200



MYND 16. Samband viðstöðu vatns og stöðvunar svifaus í lónum.

Samkvæmt þessum reikningum er fyllingartími lónsins um 1500 ár. Hér er aðeins reiknað með framburði svifaurs. Eitthvað af grófum aur hlýtur að berast fram sem botnskrið og styttist fyllingartíminn sem því nemur frá því, sem hér reiknast. Botnskriðsmælingar hafa aðeins tvisvar verið gerðar í Blöndu og þá við Strjúgsstaði í Langadal. Í fyrra skiptið mældist botnskriðið aðeins um 7% af svifaursframburði á sama tíma, en rennslið var þá um helmingur af meðalrennsli. Í seinna skiptið mældist botnskriðið hins vegar um 64% af svifaursframburði á sama tíma. Þá var rennslið nálægt meðalrennsli. Þessar tölur eru hundraðshlutar af svifaursframburði við Löngumýri, en mjög lítil munur reyndist vera á framburði svifaurs við Löngumýri og Strjúgsstaði. Af þessum mælingum virðist mega ráða, að hlutur botnskriðs í heildaraurburði Blöndu sé mjög misjafn og geti verið verulegur, en vissulega er varasamt að draga miklar ályktanir af tveimur mælingum. Að því, er varðar fyllingartíma Blöndulóns, verður að hafa í huga, að vegna óvissu um botnskrið getur raunverulegur fyllingartími orðið miklu skemmri en 1500 ár. Einnig má benda á, að komi til verulegrar hlýnunar, eins og spáð hefur verið vegna gróðurhúsaáhrifa, kemur aurframburður til með að aukast fyrst í stað, en síðan ætti hann að minnka.

Mynd 16 sýnir samband viðstöðu vatns og aurstöðvunar í hundraðshlutum. Það er byggt á reynslu frá Tungnár- og Þjórsársvæðinu og Lagarfljóti, sjá Haukur Tómasson o. fl. 1996. Hér hafa bæst við gildi frá Blöndulóni byggð á útreikningunum, sem fjallað er um í þessari skýrslu. Gildin frá Blöndulóni falla svo vel að gildum frá hinum stöðunum, að jöfnurnar breyttust nær ekkert.

7. FRAMBURÐI SKIPT Í ÞRJÁ KORNASTÆRÐARFLOKKA

Til þess að koma til móts við óskir Landsvirkjunar var framburður einnig reiknaður þannig, að gengið var út frá þriggja flokka skiptingu í kornastærðir. Fínasti flokkurinn er óbreyttur, < 0,002 mm, en hinir flokkarnir eru méla + fínmór, 0,002 - 0,06 mm, og grófmór + sandur, > 0,06 mm.

Skiptingu við 0,06 mm mörkin er ekki að finna í gagnasafni svifaursmælinga, svo að þau gögn varð að sækja í frumgögn (kornastærðarferla). Mörkin eru, þar sem tvær ólíkar mæliaðferðir mætast, og er þar komið á ystu nöf að því, er nákvæmni þeirra beggja snertir. Kornastærð grófasta aursins er mæld með sigtun og er fínasta sigtið af stærðinni 0,062 mm. Sigtun er farin að verða mjög ónákvæm aðferð, þegar komið er niður í svo fína kornastærð. Fyrir fína efni tekur þá við mæling í setvog, þar sem mældur er fallhraði og gildin síðan umreiknuð í kornastærð út frá Stokeslögmáli. Sú aðferð er afar ónákvæm fyrir grófustu kornin, en er líklega orðin viðunandi, þegar komið er niður undir 0,02 mm. Við 0,06 mm mörkin er þess vegna veikur hlekkur á kornastærðarferlinum, enda er algengt, að þar sé brot á ferlinum. Reynt var að jafna brotið út, áður en prósentutalan við 0,06 mm var lesin af ferlinum.

Í töflu 9 eru niðurstöður útreikninga á framburði fyrir virkjun, þar sem gengið er út frá þessari þriggja flokka skiptingu. Niðurstöðunum, að því er varðar framburð samtals, ber allvel saman við niðurstöður í töflum 2 og 3, en eru þó heldur lægri.

TAFLA 9. Blanda, Löngumýri, framburður svifaurs af þremur kornastærðarflokkum 1975-90.

Svifaur í þúsundum tonna á ári
S1- og S2-sýni. Sumarið er skilgreint sem júlí - september, en veturinn sem október - júní

Stærðarflokkur	Kornastærð	Sumar	Vetur	Sumar + vetur	Hundraðs- hluti
	Mörk mm				
Sandur + grófmór	> 0,06	63	183	246	45
Fínmór + méla	0,06 - 0,002	149	88	237	44
Leir	< 0,002	52	9	61	11
Samtals allir stærðarflokkar		264	280	544	100

Í töflu 10 eru settar fram niðurstöður tilsvareandi útreikninga fyrir tímabilið eftir virkjun. Að því er varðar heildarframburð ber niðurstöðunum hér vel saman við framburð samkvæmt fyrri reikningum, sjá töflur 5 og 6.

TAFLA 10. Blanda, Löngumýri, framburður svifaurs af þremur kornastærðarflokkum 1992-97.

Svifaur í þúsundum tonna á ári
S1- og S2-sýni. Sumarið er skilgreint sem júlí - september, en veturinn sem október - júní

Stærðarflokkur	Kornastærð	Sumar	Vetur	Sumar + vetur	Hundraðs- hluti
	Mörk mm				
Sandur + grófmór	> 0,06	2,3	2,6	4,9	11
Fínmór + méla	0,06 - 0,002	9,6	12,2	21,8	48
Leir	< 0,002	9,7	9,1	18,8	41
Samtals allir stærðarflokkar		21,6	23,9	45,5	100

Magntölurnar fyrir leir í töflum 9 og 10 eru teknar beint úr töflum 3 og 6, en hundraðshlutinn er að sjálfsögðu reiknaður upp á nýtt. Skýringin á því, að í töflu 6 reiknast leirinn 43% af svifaurnum, en aðeins 41% í töflu 10, er sú, að summan fyrir alla kornastærðarflokka er lægri í töflu 6 en í töflu 10.

Í töflum 11 og 12 eru sýndir eiginleikar lyklnanna, sem notaðir voru til að reikna framburð aurs af hinum kornastærðarflokkunum tveimur, sem settur er fram í töflum 9 og 10. Eiginleikar þeirra eru sambærilegir við eiginleika lykla fyrir sand, mó og mélu fyrir sömu tímabil, sem settir eru fram í töflum 4 og 7 hér að framan.

TAFLA 11. Blanda, Löngumýri, svifaurislyklar fyrir aur > 0,06 mm og 0,06 - 0,002 mm 1965-90.

Lyklarnir eru á forminu $q_s = k \times Q^n$, q_s : svifaur (kg/s), k: fasti, Q: rennsli (m^3/s)

Sumar er hér skilgreint sem júlí - september, vetur sem október - júní

H. r. l.: hæsta rennsli lykils, H. dmr.: hæsta dagsmeðalrennsli á gildistíma lykils, L. r. l.: lægsta rennsli lykils

F. y. h. r. l.: hundraðshluti framburðar yfir hæsta rennsli lykilsins

Kornastærð mm	Árs- tíð	H. r. l. m^3/s	H. dmr. m^3/s	L. r. l. m^3/s	F. y. h. r. l. %	Sýna- fjöldi	Fylgni R	Fasti $k \times 10^6$	Veldisvísir n
> 0,06	Sumar	140	204	21,7	10	53	0,89	2,1	3,50
	Vetur	197	498	13,7	69	56	0,91	5,5	3,17
0,06 - 0,002	Sumar	140	204	21,7	9	53	0,93	17	3,23
	Vetur	197	498	13,7	54	56	0,94	80	2,53

TAFLA 12. Blanda, Löngumýri, svifaurislyklar fyrir aur > 0,06 mm og 0,06 - 0,002 mm 1991-97.

Lyklarnir eru á forminu $q_s = k \times Q^n$, q_s : svifaur (kg/s), k: fasti, Q: rennsli (m^3/s)

Sumar er hér skilgreint sem júlí - september, vetur sem október - júní

H. r. l.: hæsta rennsli lykils, H. dmr.: hæsta dagsmeðalrennsli á gildistíma lykils, L. r. l.: lægsta rennsli lykils

F. y. h. r. l.: hundraðshluti framburðar yfir hæsta rennsli lykilsins

Kornastærð mm	Árs- tíð	H. r. l. m^3/s	H. dmr. m^3/s	L. r. l. m^3/s	F. y. h. r. l. %	Sýna- fjöldi	Fylgni R	Fasti $k \times 10^6$	Veldisvísir n
> 0,06	Sumar	146	192	6,0	3	28	0,64	660	1,50
	Vetur	187	548	15,2	7	14	0,66	1130	1,21
0,06 - 0,002	Sumar	146	192	6,0	2	28	0,72	9080	1,22
	Vetur	187	548	15,2	11	14	0,83	1820	1,47

Út frá þessum útreikningum má sjá, hvernig mórinn skiptist í grófmó (0,2 - 0,06 mm) og fínmó (0,06 - 0,002 mm), með því að bera saman töflur 3 og 9 annars vegar og 6 og 10 hins vegar. Þá kemur í ljós, að fyrir virkjun hefur borist álfka mikið fram af grófmó og fínmó að sumarlagi, en að vetrinum hefur skiptingin verið þannig, að um þriðjungur mósins hefur verið fínmór og tveir þriðju grófmór. Eftir virkjun berst álfka mikið fram af grófmó og fínmó bæði að sumri og vetri.

8. NIÐURSTÖÐUR

Framburður fyrir virkjun

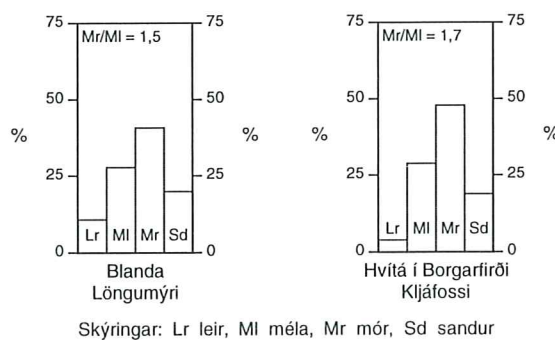
Meðalframburður svifaurs í Blöndu við Löngumýri á tímabilinu 1975-90 reiknast um 570 þúsund tonn á ári samkvæmt árstíðalyklum, en um 730 þúsund tonn samkvæmt árslykli. Niðurstöður samkvæmt árstíðalyklunum verður að telja miklu trúverðugri, og eru allar tölur hér á eftir byggðar á þeim, nema annars sé getið.

Árstíðaskiptingin er þannig, að mánuðirnir júlí - september eru skilgreindir sem sumar, en október - júní sem vetur. Álfka mikið barst fram á báðum árstíðunum, en af einstökum mánuðum reiknast mestur framburður í maí, en þá gætti vorflóðanna oftast mest.

Grófur svifaur reiknast 61-64% og fínn 36-39%. Nánari skipting er þannig, að sandur reiknast 20%, mór 41%, méla 28% og leir 11%. Meiri hluti grófa aursins barst fram að vetri, en meiri hluti fína aursins að sumri.

Að ósk Landsvirkjunar var framburður einnig reiknaður út samkvæmt annarri kornastærðarskiptingu. Þá er aurnum skipt í þrjá kornastærðarflokka í stað fjögurra. Kornastærðarflokknum, mó, er þá skipt upp á milli sands og mélu. Skiptingin er þannig í hundraðshlutum: Sandur + grófmór (> 0,06 mm) 45%, fínsmór + méla (0,06 - 0,002 mm) 44% og leir (< 0,002 mm) 11%. Rétt er að taka fram, að kornastærðarmörkin við 0,06 mm eru mjög ónákvæm.

Skortur á sýnum teknum við mikið rennsli dregur verulega úr áreiðanleika sumra lyklanna, sérstaklega árslykilsins og vetrarlykilsins fyrir heildarsvifaur og einnig sumra lyklanna fyrir grófan aur og fínan og fyrir einstaka kornastærðarflokka. Héðan af verður ekki bætt úr þessu með sýnatöku af eðlilegum ástæðum.



MYND 17. Hundraðshluti kornastærðarflokka svifaurs í Blöndu 1975-90 og Hvítá í Borgarfirði 1952-96.

Til samanburðar við framburð í öðrum ám, þar sem hann hefur nýlega verið reiknaður með sömu aðferð, má nefna, að hann reiknast um þriðjungji meiri en í Skjálfandafljóti við Stóruvelli (Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1997) og Jökulsá í Fljótssdal við Hól (Haukur Tómasson, Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996) og um þrefalt meiri en í Hvítá í Borgarfirði við Kljáfoss (Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1998). Hlutföll kornastærðarflokka eru svipuð og í Hvítá við Kljáfoss, sjá mynd 17. Aðalmunurinn er sá, að hlutfallslega meira er af leir í Blöndu og hlutur mós er meiri í Hvítá.

Framburður eftir virkjun

Meðalframburður svifaurs við Löngumýri á tímabilinu 1992-97 reiknast um 50 þúsund tonn á ári samkvæmt árstíðalyklum, en um 60 þúsund tonn samkvæmt árslykli. Þar sem útreikningar út frá árstíðalyklum gefa að öðru jöfnu áreiðanlegri niðurstöður, eru allar tölur hér á eftir byggðar á þeim.

Um 47% aursins berst fram í júlí - september, sem er svipað hlutfall og fyrir virkjun.

Grófur svifaur reiknast 17% og fínn 83%. Nánari skipting er þannig, að sandur reiknast 3%, mór 14%, méla 41% og leir 42%. Tiltölulega lítill munur er á kornastærðardreifingu aursins að sumri og vetri, ólíkt því sem áður var.

Skipting framburðar í þrjá kornastærðarflokka að ósk Landsvirkjunar er þannig: Sandur + grófmór (> 0,06 mm) 11%, fínmór + méla (0,06 - 0,002 mm) 48% og leir (< 0,002 mm) 41%.

Sé framburðurinn borinn saman við framburð í öðrum ám, má nefna Lagarfljót, en framburður þar reiknaðist um 70 þúsund tonn á ári á tímabilinu 1962-71, þ. e. áður en Eyjabakkajökull hljóp fram (Haukur Tómasson o. fl. 1996). Vert er að taka fram, að sýnin úr Lagarfljóti voru af lakari gæðaflokki en sýnin úr Blöndu.

Samanburður á framburði fyrir og eftir virkjun

Meðalframburður á ári hefur lækkað niður í um 9% af því, sem var fyrir virkjun, og hann dreifist jafnar á árið en áður var. Mismunurinn er rúmlega 500 þúsund tonn á ári, sem sest í Blöndulón. Með jafnmikilli árlegri setmyndun tæki um 1200 ár að fylla lónið. Hér er aðeins átt við setmyndun vegna svifaurs, en vitneskju skortir um botnskrið. Ef það er verulegt, kemur lónið til með að fyllast á miklu skemmri tíma.

Þessum niðurstöðum verður að taka með varúð af tveimur ástæðum. Sýni tekin við hátt rennsli í vorflóðum skortir í gagnasafnið frá því fyrir virkjun, svo að útreikningar á framburði fyrir virkjun eru ekki nógu traustir. Úr því verður ekki bætt. Tímabilið eftir virkjun er mjög stutt og sýnin fá, sérstaklega að vetrarlagi. Auðvelt ætti að vera að bæta úr því með sýnatöku.

9. HEIMILDIR

- Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson 1989: *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:500 000. Berggrunnskort*. Náttúrufræðistofnun Íslands og Landmælingar Íslands, Reykjavík (1. útgáfa).
- Haukur Tómasson og Svanur Pálsson 1968: *Skýrsla um aurburðarrannsóknir 1965-1966*. Orkustofnun.
- Haukur Tómasson 1990: Aurburður í íslenskum ám. Í: *Vatnið og landið*. Guttormur Sigbjarnarson (ritstjóri). Vatnafræðiráðstefna, október 1987. Orkustofnun: 169-174.
- Haukur Tómasson og Svanur Pálsson 1990: Aurburður og rof. Í: *Vatns er þörf*. Sigurjón Rist. Menningarsjóður: 75-78.
- Haukur Tómasson, Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996: *Framburður svifaura í Jökulsánum norðan Vatnajökuls*. Orkustofnun, OS-96024/VOD-02.
- Helgi Björnsson 1988: *Hydrology of ice caps in volcanic regions*. Vísindafélag Íslendinga 45: 139 s.
- Kristján M. Sigurjónsson og Loftur Þorsteinsson 1975: *Virkjun Blöndu I — Frumáætlun um 135 MW virkjun*. Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf. VST 85.016. Skýrsla samín fyrir Orkustofnun OS-ROD-75.21.
- Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1997: *Framburður svifaura í Skjálfandafljóti*. Orkustofnun, OS-97056.
- Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1998: *Framburður svifaura í Hvítá í Borgarfirði*. Orkustofnun, OS-98017.

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	1
1. INNGANGUR	2
2. SÝNATAKA OG ÚRVINNSLA	5
2.1 Sýnategundir og kornastærðarflokkun	5
2.2 Svifauslyklar	6
3. GAGNASÖFN	8
4. FRAMBURÐUR FYRIR VIRKJUN	9
5. FRAMBURÐUR EFTIR VIRKJUN	15
6. SETMYNDUN Í BLÖNDULÓNI	19
7. FRAMBURÐI SKIPT Í ÞRJÁ KORNASTÆRÐARFLOKKA	21
8. NIÐURSTÖÐUR	23
9. HEIMILDIR	25

MYNDA SKRÁ

1.	Vatnafarskort af vatnasviði Blöndu við Löngumýri	2
2.	Jarðfræðikort af vatnasviði Blöndu við Löngumýri	3
3.	Vetrarlykill fyrir heildarsvifaur í Blöndu við Löngumýri 1965-90	7
4.	Fjöldi S1- og S2-sýna á ári úr Blöndu við Löngumýri	8
5.	Blanda, Löngumýri, meðalrennsli einstakra ára 1975-90	9
6.	Blanda, Löngumýri, mánaðarmeðalrennsli 1975-90	9
7.	Blanda, Löngumýri, langæi rennslis 1975-90	10
8.	Blanda, Löngumýri, heildarsvifaur einstakra ára fyrir virkjun	11
9.	Blanda, Löngumýri, meðalframburður svifaurs eftir mánuðum 1975-90	11
10.	Blanda, Löngumýri, hundraðshluti kornastærðarflokka svifaurs 1975-90	13
11.	Blanda, Löngumýri, skipting svifaurs á árstíðir 1975-90	14
12.	Blanda, Löngumýri, mánaðarmeðalrennsli 1992-97	15
13.	Blanda, Löngumýri, meðalframburður svifaurs eftir mánuðum 1992-97	16
14.	Blanda, Löngumýri, hundraðshluti kornastærðarflokka svifaurs 1992-97	17
15.	Blanda, Löngumýri, skipting svifaurs á árstíðir 1992-97	18
16.	Samband viðstöðu vatns og stöðvunar svifaurs í lónum	19
17.	Hundraðshluti kornastærðarflokka svifaurs í Blöndu 1975-90 og Hvítá í Borgarfirði 1952-96	23

TÖFLUSKRÁ

1.	Kornastærðarflokkar svifaurs	6
2.	Blanda, Löngumýri, framburður svifaurs á ári 1975-90	10
3.	Blanda, Löngumýri, framburður svifaurs af einstökum kornastærðarflokkum 1975-90	12
4.	Blanda, Löngumýri, svifaurslyklar 1965-90	12
5.	Blanda, Löngumýri, framburður svifaurs á ári 1992-97	15
6.	Blanda, Löngumýri, framburður svifaurs af einstökum kornastærðarflokkum 1992-97	16
7.	Blanda, Löngumýri, svifaurslyklar 1991-97	17
8.	Setmyndun af völdum svifaurs í Blöndulóni	19
9.	Blanda, Löngumýri, framburður svifaurs af þremur kornastærðarflokkum 1975-90	21
10.	Blanda, Löngumýri, framburður svifaurs af þremur kornastærðarflokkum 1992-97	21
11.	Blanda, Löngumýri, svifaurslyklar fyrir aur > 0,06 mm og 0,06 - 0,002 mm 1965-90	22
12.	Blanda, Löngumýri, svifaurslyklar fyrir aur > 0,06 mm og 0,06 - 0,002 mm 1991-97	22

