

AURBURÐUR Í ÍSLENSKUM ÁM

Haukur Tómasson
Orkustofnun
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

INNGANGUR

Rannsóknir á aurburði í íslenskum ám eru jafn gamlar mælingum á rennsli þeirra. Fyrstu rennslismælingarnar, sem vitað er um, frá því fyrir rúmri öld síðan, voru tengdar mælingum á aurburði. Norski jarðfræðingurinn Amund Helland (1882) ferðaðist þá um landið, tók aurburðarsýni og mældi á einu sumri flestar stóru jökulár landsins. Hann komst furðu nærri réttu um aurburðinn af landinu. Ekkert framhald varð á slíkum rannsóknum fyrr en eftir stofnun Vatnamælinga hjá Raforkumálaskrifstofunni fyrir 40 árum, og kerfisbundnar aurburðarmælingar hófust með uppsetningu aurburðarstofu fyrir aldarfjórðungi.

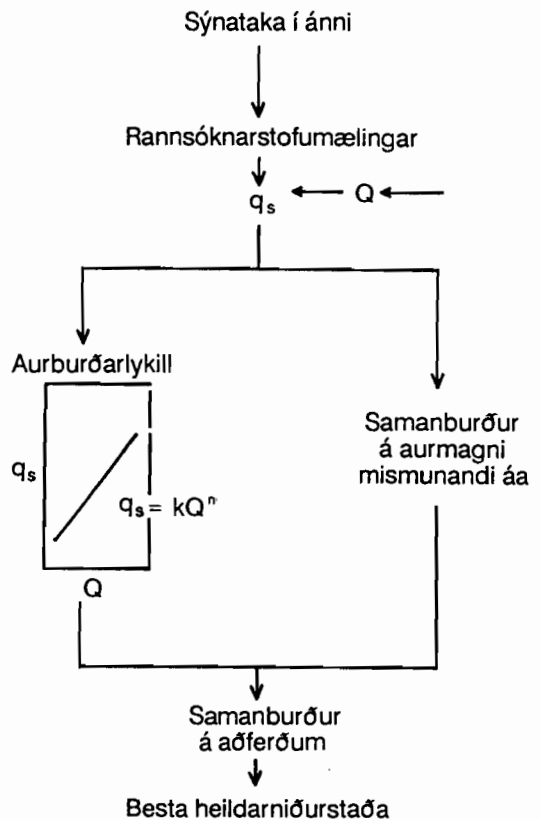
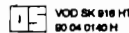
AÐFERÐIR

Ferlið við aurburðarrannsókn er sýnt á mynd 1 (Haukur Tómasson 1986): Á ákveðnum sýnatöku stað í viðkomandi á eru tekin sýni sem ætlað er að gefa sem sannasta mynd af aurburði árinna, sem er breytilegur bæði með dýpi og stöðum í þversniði. Rennsli er mælt eða metið um leið og sýnið er tekið. Aurstyrkur, kornastærð og magn uppleystra efna er mælt í sýnum í aurburðarstofu (Haukur Tómasson og Svanur Pálsson 1968). Samtímamæling rennslis og aurstyrks eru notaðar til að reikna aurburðarlykil, þ.e sambandið milli aurburðar og rennslis. Aurburðarlykil gefur þær stærðir sem þarf til að umreikna ársrennsli í árlegan heildaraurburð.

Eftirfarandi jafna lýsir sambandinu milli rennslis og aurburðar:

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

Q : rennsli (m^3/s), q_s : aurburður (kg/s) og k : konstant; veldisvísirinn n er oftast nálægt 2 í góðum fylklum.



MYND 1. Ferli aurburðarmælinga frá sýnatöku til niðurstöðu um ársaurburð vatnsfalls.

Mælingum og úrvinnslu er hagað þannig að fyrir hvern sýnatökustað er hægt að reikna sérstaklega lykla fyrir sumar og vetur og jafnframt fyrir grófari (>0,02 mm) og fínni hluta (<0,02 mm) aurburðarins auk heildarlykils fyrir allan aurburð allt árið. Í allt fást 9 lykjar, eins og sýnt er í töflu 1.

TAFLA 1. Yfirlit um aurburðarlykja.

Árstíð	Samtals	Gróft	Fínt
Allt árið	Sa	Ga	Fa
Sumar	Ss	Gs	Fs
Vetur	Sv	Gv	Fv

S: allar kornastærðir; G: grófur (>0,02 mm); F: fínn (<0,02 mm); a: allt árið; s: sumar; v: vetur.

Heildaraurburður er Sa, eða Ga+Fa, eða Ss+Sv, eða Gs+Fs+Gv+Fv. Þessu ber oft vel saman þegar lykjar eru góðir og má þá treysta þeim niðurstöðum. Þegar lykjar eru lélegir getur þurft að grípa til samanburðar milli áa, sem ætla má að séu sambærilegar, til þess að fá sæmilegt mat á aurburði, þar til aðgerðir til að bæta lyklinn hafa borið árangur. Aursýnin hafa yfirleitt verið tekin kerfisbundið, þannig að sýni úr samliggjandi ám lýsa nánast samtíma aurstyrk.

NIÐURSTÖÐUR

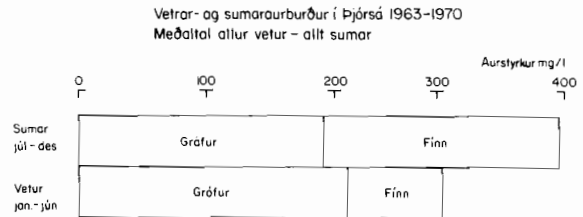
Í hreinum jökulám fást bestu aurburðarlyklarnir, og í þeim er einnig mestur aurburður. Hann er allt öðru vísi á sumrum en vetrum; miklu fínni á sumrin. Þjórsá er ágætt dæmi um þennan mismun (mynd 2).

Breytingin er mjög snögg og á sér stað nærri mánaðamótum júní og júlí. Vetraraurburður er landrof og hreinsun aurs úr farvegum, en sumaraurburður er frá jöklum kominn. Hann er upprunnin í gangakerfi undir jöklinum, sem leiðir leysingavatnið undan jöklinum.

Náið samband er milli jarðfræðipáttá á vatnsviði og aurburðar, bæði hvað varðar heildaraurburð og sérstaklega kornastærð. Á mynd 3 kemur þetta samband fram í hlutfallinu milli kornastærðarflokkanna mós (0,2-0,02 mm) og leirs (<0,002

mm) annarsvegar og aurstyrks, eins og hann er umreiknaður að jökulsporði hinsvegar. Staðirnir, sem þessir reikningar byggja á eru sýndir á 4. mynd. Greinilegt er að árnar skiftast í 3 flokka:

V00-AL-916-H1
8412 1534-65J



MYND 2. Meðalaurburður í Þjórsá eftir árstíðum og kornastærð.

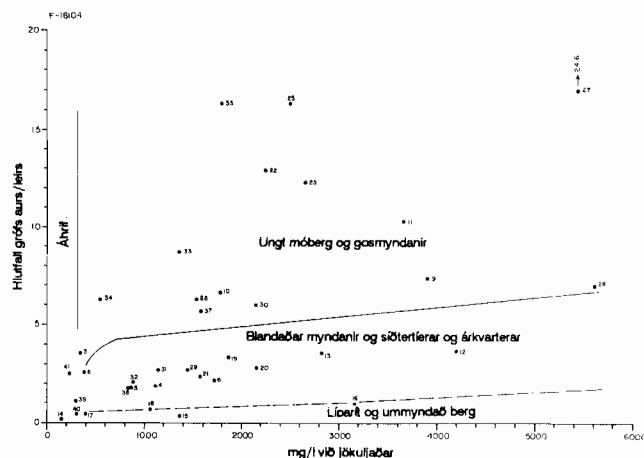
- 1) Á ungu eldvirku svæðunum, þar sem móberg er áberandi er hlutfall mós/leirs hátt, en mikil óregla hvað varðar tengsl þess og aurstyrks. Á þessum svæðum er illa samlímt berg byggt upp úr eldfjallaösku og aska að rjúfast.
- 2) Á útjöðrum kvarteru svæðanna til hliðar við eldvirku beltin er hlutfall mós/leirs miðlungi hátt, og gott samband milli þess og aurstyrks. Á þessum svæðum er vel samlímt móberg sennilega að rjúfast, en það veitir meiri mótstöðu gegn rofi og myndast þar því meiri leir við rofið en í yngstu jarðmyndunum.
- 3) Loks eru fáein dæmi um gamalt tertíert berg, sennilega mikið ummyndað, og líparít. Á þessum svæðum er hlutfall mós/leirs mjög lágt, þ.e. enn fínna efni en í síð- og árkvarterum jarðmyndunum.

Aurburður í einstökum ám er reiknaður eða metinn í þúsundum tonna eins og sýnt er í töflu 2. Flestir staðirnir sem nefndir eru í töflunni eru einnig sýndir á kortinu á mynd 4, þar sem hlutfallslegur aurburður er einnig sýndur.

Mikill hluti aurburðar stöðvast í lónum, eins og merkja má af samanburði á aurburði í Þjórsá og Tungnaá fyrir og eftir virkjun. Af þeim sökum er farvegur Þjórsár neðan Búrfells tekinn að breytast verulega, dýpka og mjökka.

TAFLA 2. Ársaurburður í helstu jökulám landsins.

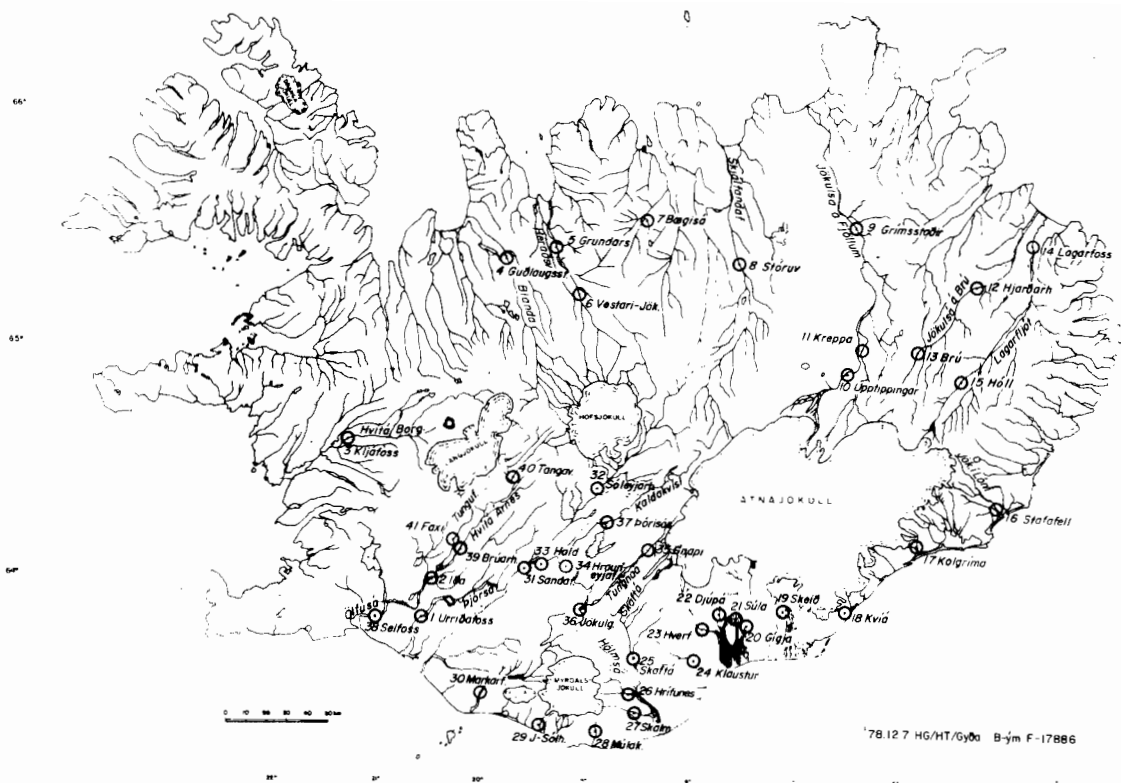
	Þús. tn
Hvítá í Borgarfirði	250
Blanda	500
Héraðsvötn	400
Skjálfandaflljót	250
Jökulsá á Fjöllum, Grímsstaðir	8000
Jökulsá á Fjöllum, Upptyppingar	4500
Kreppa	3500
Jökulsá á Dal	9000
Jökulsá í Fljótsdal	350
Lagarfljót	70
Jökulsá í Lóni	1200
Hornafjarðarflljót	100
Kolgríma	200
Fjallsá	300
Kvíá	200
Svínafellsá	400
Skaftafellsá	600
Skeiðará	7000
Gígja	1000
Súla og Núpsvötn	1500
Djúpá	1000
Hverfisfljót	2000
Skaftá	4000
Hólmsá	1200
Skálm	400
Múlakvísl	2400
Jökulsá á Sólheimasandi	800
Markarfljót	2400
Eystri Rangá	100
Þjórsá	3700
Efri Þjórsá	1500
Tungnaá	1500
Kaldakvísl	700
Ölfusá	900
Tungnaá eftir virkjun	300
Þjórsá eftir virkjun	800



MYND 3. Tengsl á milli hlutfalls mó- (0,2-0,02 mm) og leirkornastærða annars vegar (<0,002 mm) og aurstyrks við jökuljaðar hins vegar.

Sá aurburður sem mælt hefur að renni af landinu er um 50.000.000 tonn á ári að meðaltali. Þar við bætist aurburður sem ekki hefur verið mældur; framburður í stórkostlegum jökulhlaupum, botnskrið og aurburður í mörgum smáum ám. Botnskrið er sennilega tiltölulega lítið í ám hér á landi. Víða er það talið jafnmikið og svifaurinn, sem mældur er, en hér á landi er þetta hlutfall sennilega mikið lægra. Þessi staðhæfing á sér stoð í reynslunni frá fyllingarhraða uppistöðulóna í Köldukvísl, Þjórsá og Tungnaá (Haukur Tómasson 1982), auk einstakra beinna mælinga (óbirt). Þetta má skýra með jarðfræðilegum forsendum. Móberg og aska eru aðaluppsprettur aurburðar hér á landi en það efni er fremur fínkorna, og mælist því að mestu sem svifaur í ánum. Ef stórkostleg jökulhlaup eru talin með má ætla að langtíma ársaurburður af landinu geti verið tvisvar sinnum það sem mælt hefur, en að þeim frádregnum er ársaurburður sennilega á bilinu 60 til 70 milljónir tonna á ári að meðaltali.

Aurburð má umreikna í afnám efnis af landi í tonn/km²/ár. Á mynd 5 er sýnt áætlað afnám efnis á jökulvana svæðum, en á mynd 6 er samsvarandi sýnt fyrir jökli hulin svæði. A jökulvana svæði



MYND 4. Kort sem sýnir alla þá staði sem fjallað er um á mynd 3, og flestar ánnu í töflu 2.

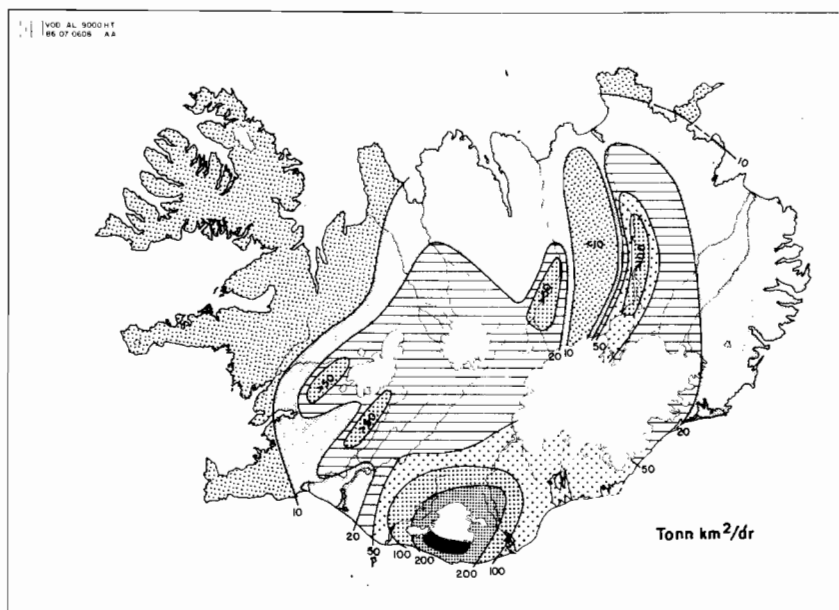
um er afnám áætlað allt frá $< 10 \text{ tn/ár/km}^2$ upp í 500 tn. Afnámið er minnst á blágrýtissvæðum austan- og sérstaklega vestanlands en mest á uppblásturssvæðum sitt hvoru megin eldvirka beltisins og allra mest, $> 500 \text{ tn/km}^2/\text{ár}$, í brattlendinu og móbergssvæðinu við Mýrdalsjökul.

Afnám af meginlöndum jarðar (tafla 3) er af svipaðri stærðargráðu og af jökulvana svæðum á Íslandi.

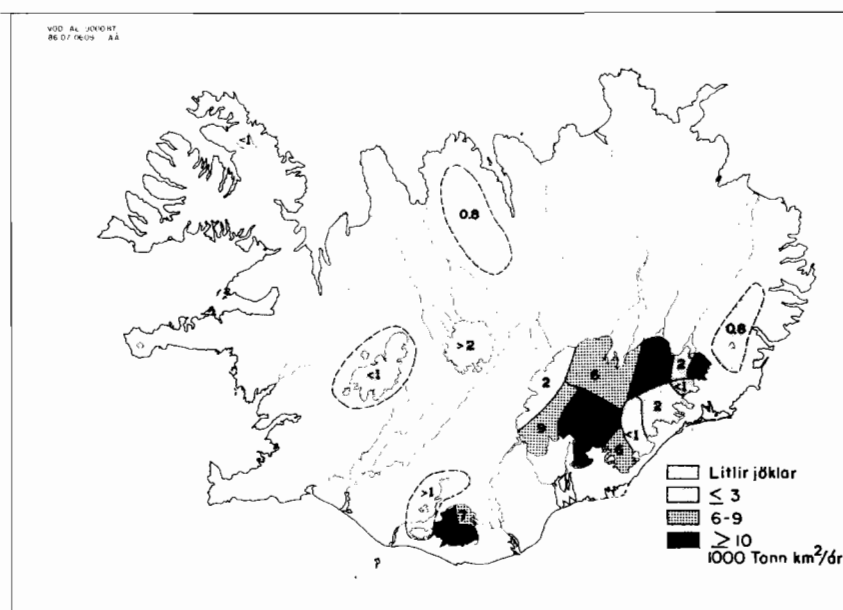
Að meðaltali er þetta um $180 \text{ tn/km}^2/\text{ár}$; minnst í Afríku 24, en mest í Asíu $540 \text{ tn/km}^2/\text{ár}$. Afnámið stafar mest af landeyðingu vegna ofnotkunar lands í landbúnaði. Hún er líklega einnig aðalástæðan fyrir afnámi af jökulvana landi á Íslandi.

TAFLA 3. Afnám efnis ($\text{tn/km}^2/\text{ár}$) af meginlöndunum (Robinson 1977).

Norður Ameríka	86
Suður Ameríka	56
Afríka	24
Ástralía	40
Evrópa	32
Asía	540



MYND 5. Afnáms efnis af jökulvana landi á Íslandi.



MYND 6. Afnáms efnis af jökli huldum svæðum á Íslandi.

TAFLA 4. Árlegt afnám efnis undan jöklum í tn/km² og mm.

	tn/km ²	mm
Vatnajökull	10000	3,7
Mýrdalsjökull	12000	4,4
Hofsjökull	2500	0,9
Langjökull	(600)	0,2
Smájökklar	800	0,3

Afnám undan jöklum á Íslandi er miklu meira en utan jökla. Þar er einnig mikill breytileiki, sem skýrist vel af stærð og þykkt jökla og ýmsum jarðfræðilegum og vatnafræðilegum aðstæðum. Eins og sést á mynd 6 og í töflu 4 er afnám minnst undan smájökklum eða innan við 800 tn/km²/ár. Venjulega er afnámið um 10.000 tn/km²/ár undan Vatnajökli og Mýrdalsjökli, og er það sennilega einkennandi fyrir móbergs- og eldvirknisvæði undir þykkum jöklum. Minna afnám af þannig svæðum stafar sennilega af því að aurburður tapast niður í jörðina með lekavatni eða sest í jaðarlón. Þetta skýrir hve lítið afnám reiknast vera undan Langjökli. Mest afnám, 20.000 tn/km²/ár, er frá Kötlujökli. Þessi mikli aurburður stafar sennilega frá gosinu í Kötlu 1918. Askan sem eftir varð í jöklinum við gosið er enn að koma fram og veldur þessum háu aurburðargildum.

Aurburðurinn undan þessum jöklum er mjög mikill á heimsmælikvarða. Gulá í Kína er talin með mestu aurburðarám í heimi. Afnámið á þeim hluta vatnasviðs hennar, þar sem það er mest, er 7.000 tn/km²/ár, sem er mun minna en undan stórjökklum okkar, og afnámið undan Kötlujökli er allt að þrefalt hærra en hæst gerist á vatnasviði Gulár.

Fyrir rúmri öld kom hingað til lands norskur jarðfræðingur eins og sagði í upphafi þessarar greinar. Erindi hans var að mæla eyðingu landsins undir jöklunum á Íslandi. Hvati að mælingum hans voru umræður og deilur um virkni útrænna afla og sérstaklega jökla í landmótun. Niðurstaða Hellands (Helland 1882) var, að eyðing undir Vatnajökli væri um 1 mm bergs á ári. Þótti þetta

há tala, merkileg og mikið notuð, og þótti styðja kenninguna um mikil landmótunaráhrif ísaldarjökla. Með okkar rannsóknnum hefur þessi tala hækkað í 3-5 mm/ár. Í leiðangri Amund Hellands náðist furðu góður árangur, miðað við stuttan rannsóknartíma og frumstæðar mælingaraðferðir.

HEIMILDIR

- Haukur Tómasson 1982: *Áhrif virkjunarframkvæmda á aurburð í Þjórsá*. Orkustofnun, OS-82044/VOD-07. 39 s.
- Haukur Tómasson 1986: Glacial and volcanic shore interaction. Í: G. Sigbjarnarson (ed). *Iceland Coastal and River Symposium*: 7-16. Reykjavík.
- Haukur Tómasson og Svanur Pálsson 1968: *Skýrsla um aurburðarrannsóknir 1965-1966*. Orkustofnun, fjölrít.
- Helland, Amund 1882: Om Jökelelverne og deres Slamgehalt. *Arkiv för Matematik og Naturvidenskap VII*. Kristjanía. bls. 213-232.
- Robinson, A.,R. 1977: Relationship between soil erosion and sediment delivery. In: *Erosion and solid matter transport in inland waters*. LAHS-AISH Publication No. 122.