

VATNIÐ OG LANDIÐ

Ágrip erinda

Vatnafræðiráðstefna haldin í tilefni 40 ára afmælis
Vatnamælinga og 20 ára afmælis Orkustofnunar.

Tileinkuð Sigurjóni Rist vatnamælingamanni sjötugum.

Reykjavík, 22. - 23. október 1987.

VATNIÐ OG LANDIÐ

Ágrip erinda

**Vatnafræðiráðstefna haldin í tilefni 40 ára afmælis
Vatnamælinga og 20 ára afmælis Orkustofnunar.**

Tileinkuð Sigurjóni Rist vatnamælingamanni sjötugum.

Reykjavík, 22. - 23. október 1987.

Öll réttindi áskilin viðkomandi höfundum og stofnunum

Útgefandi: Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Útgáfunúmer: OS-87040 / VOD-04

Upplag: 400 eintök

Fjölföldun og bókbund: Offsetfjölritun hf.

Reykjavík, 1987.

Efnisyfirlit

FORMÁLI.....	1
ÁVARP. Kristján Jónsson rafmagnsveitustjóri.....	2
ÁDDRAGANDI OG STOFNUN VATNAMÆLINGA. Guðjón Guðmundsson fyrrv. rekstrarstjóri.....	9
HYDROLOGINS NYA PERSPEKTIV - EN INTERNATIONELL UTBLICK. Prof. Malin Falkenmark, Sverige.....	18
NYERE UTVIKLING INNEN 'KALD HYDROLOGI' I NORGE. Arne Tøllan, Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og energiverk.....	20
TÍMI OG BREYTILEIKI Í VATNAFRÆÐI. Árni Snorrason, Orkustofnun.....	22
NÍU ÚRKOMUMÆLAR VIÐ HVALVATN. Adda Bára Sigfúsdóttir, Veðurstofu Íslands.....	24
VATNSBÚSKAPUR SMÁVIRKJANA. Albert Guðmundsson, Rafmagnsveitum ríkisins.....	28
ÞÓRISVATNSPANKAR. Árni Hjartarson og Snorri P. Snorrason, Orkustofnun.....	31
MARKMIÐ OG FRAMTÍÐARSKIPULAG VATNAMÆLINGA Á ÍSLANDI. Árni Snorrason, Orkustofnun.....	33
TVÍVETNISAUKINN Á ÍSLANDI. Árný Erla Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen, Raunvísindastofnun Háskólans.....	35
UPPRUNI HVERA OG LAUGA Á ÍSLANDI. Axel Björnsson, Guðni Axelsson og Ólafur G. Flóvenz, Orkustofnun.....	37
NOTKUN VATNAFRÆÐILEGRA REIKNILÍKANA VIÐ REKSTUR MIÐLUNARLÓNA Á ÍSLANDI. Davíð Egilson, Sigurður L. Hólm, Ari Ingólfsson og Snorri Páll Kjaran, Verkfræðistofan Vatnaskil.....	39
FISKVEGIR Í ÍSLENSKUM STRAUMVÖTNUM. Einar Hannesson, Veiðimálastofnun.....	41
NOTKUN OG VAL VATNAFRÆÐILEGRA GAGNA. Elías B. Elíasson, Landsvirkjun.....	44
VANDAMÁL VIÐ ÚRKOMUMÆLINGAR OG SAMANBURÐUR ÚRKOMUMÆLA Á ÍSLANDI. Flosi Hrafn Sigurðsson, Veðurstofu Íslands.....	47

ÖFLUN NYTJAVATNS Á ÍSLANDI. Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur H. Hafstað, Orkustofnun.....	50
HLAUP OG HLAUPFARVEGIR. Guttormur Sigbjarnarson, Orkustofnun.....	52
FJÖLDI OG STÆRÐ VATNA Á ÍSLANDI. Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun.....	55
JARÐVATNSMÆLINGAR Í BORHOLUM Á VIRKJUNAR- OG VEITUSVÆÐUM LANDSVIRKJUNAR. Hannes Haraldsson, Landsvirkjun.....	58
VATNSAFL ÍSLANDS. Haukur Tómasson, Orkustofnun.....	60
AURBURÐUR Í ÍSLENSKUM ÁM. Haukur Tómasson, Orkustofnun.....	63
LEKT ÍSLENSKRA JARDEFNA. Jón Ingimarsson og Freysteinn Sigurðsson, Orkustofnun.....	66
ELSTA VÍSINDAGREIN MANNKYNS. Jónas Elíasson prófessor.....	67
FRÁ MÆLINGUM TIL LÍKANS. Kristinn Einarsson, Orkustofnun.....	70
ÚRKOMA SUÐVESTANLANDS. Markús Á. Einarsson, Veðurstofu Íslands.....	72
ÆTLUN UM MÆLINGAR Á AFKOMU ÍSLENSKRA JÖKLA. Oddur Sigurðsson, Orkustofnun.....	74
VÍSBENDINGAR UM STAÐBUNDIÐ VARMANÁM Á LÁGHITASVÆÐI. Ólafur G. Flóvenz, Magnús Ólafsson og Auður Ingimarsdóttir, Orkustofnun.....	75
SPÁR UM RENNSLI OG ORKUVINNSLU. Páll Bergþórsson, Veðurstofu Íslands.....	77
UPPRUNI ÚRKOMUNNAR Á NORÐURSLÓÐ Á JÖKULSKEIÐUM OG HLÝSKEIÐUM. Sigfús Jóhann Johnsen, Raunvísindastofnun Háskólans.....	81
ÞJÓRSÁRÍSAM OG ÍSAVERKFRÆÐI Á ÍSLANDI. Sigmundur Freysteinnsson, VST hf.....	82
EFNAFRÆÐI ÁRVATNS Á ÍSLANDI OG HRAÐI EFNAVEÐRUNAR. Sigurður R. Gíslason og Stefán Arnórsson, Raunvísindastofnun HÍ.....	84
Vistfræðileg flokkun íslenskra vatna. Sigurður Guðjónsson, Veiðimálastofnun.....	87
ALKALÍHITI SKEIÐARÁRHLAUPA OG UNANFARI ELDSUMBROTA Í GRÍMSVÖTNUM. Sigurður Steinþórsson og Níels Óskarsson, Háskóla Íslands.....	88
VIRKJANLEIKI VATNSINS. Sigurður Þórðarson, Orkustofnun.....	90

BREYTINGAR FARVEGAR BLÖNDU Í LANGADAL. Skúli Víkingsson, Orkustofnun.....	92
RENNSLISLYKLAR FYRIR KÖLDUKVÍSLARVEITU. Snorri P. Kjaran, Háskóla Íslands, Davíð Egilson, Sigurður L. Hólm og Ari Ingólfsson, Verkfræðistofunni Vatnaskil.....	94
UM UPPRUNA LÁGHITASVÆÐA Á ÍSLANDI. Stefán Arnórsson, Háskóla Íslands.....	95
SVIFAUR Í SKEIÐARÁRHLAUPUM. Svanur Pálsson, Orkustofnun.....	98
VATNSBÓL REYKJAVÍKUR OG VATNASVIÐ ELLIÐAÁNNA. Sveinbjörn Björnsson, Raunvísindastofnun Háskólans.....	100
VIÐBRAGÐSTÍMI JÖKLA. Tómas Jóhannesson, Orkustofnun.....	102
ÚRKOMUMÆLINGAR OG VEÐURFARSBREYTINGAR. Trausti Jónsson, Veðurstofu Íslands.....	105
ÚRKOMA OG VEÐURLAGSFLOKKUN. Trausti Jónsson, Veðurstofu Íslands.....	109
VATNSNOTKUN/SÚREFNISNOTKUN Í LAXELDI. Valdimar Gunnarsson, Veiðimálastofnun.....	112
DAGSKRÁ.....	113

FORMÁLI

Hér birtast ágrip erinda á vatnafræðiráðstefnunni VATNIÐ OG LANDIÐ 22.-23. október 1987, fyrstu ráðstefnu um íslenska vatnafræði. Fremst eru hátíðarerindi helguð þeim afmælum er tengjast ráðstefnunni, ýmist í heild eða ágrip þeirra. Síðan koma ágrip almennra erinda í stafrófsröð höfunda. Að lokum birtist dagskrá ráðstefnunnar. Vonir standa til að þorri erindanna eða jafnvel þau öll geti síðar birst á prenti í heild sinni.

Samstarfsaðilar Orkustofnunar við undirbúning ráðstefnunnar hafa verið Almenna verkfræðistofan hf., Háskóli Íslands, Íslenska vatnafræðafélagið, Jöklarannsóknafélag Íslands, Landsvirkjun, Rafmagnsveitur ríkisins, Veðurstofa Íslands, Vegagerð ríkisins, Veiðimálastofnun, Verkfræðistofan Hönnun hf., Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. og Verkfræðistofan Vatnaskil hf. Eru þeim öllum færðar bestu þakkir fyrir gott og lipurt samstarf. Iðnaðarráðuneytinu eru færðar sérstakar þakkir fyrir mikilvæga aðstoð og velvild.

Undirbúningsnefnd ráðstefnunnar af hálfu Orkustofnunar skipuðu þeir Guttormur Sigbjarnarson, Hákon Aðalsteinsson og Kristinn Einarsson, og höfðu þeir einkum samráð við Hauk Tómasson, Árna Snorrason og Sigurð Þórðarson. Ritstýringu heftisins annaðist Kristinn Einarsson, Sigurbjörg H. Birgisdóttir vann ritvinnslu og Ingibjörg Kaldal hannaði kápu. Offsetfjölritun hf. fjölfaldaði og batt heftið.

ÁVARP. Kristján Jónsson rafmagnsveitustjóri.

RAFORKULÖGIN 1946

Með raforkulögum, sem staðfest voru 2. apríl 1946 var sett heildarlöggjöf um alla meginþætti raforkumála á Íslandi. Var þá embætti raforkumálastjóra stofnað. Komu lögin ekki til framkvæmda fyrr en 1. janúar 1947. Raforkulögin mörkuðu mikla stefnubreytingu frá því, sem áður var samkvæmt Vatnalögum frá árinu 1923. Með raforkulögunum voru Rafmagnsveitur ríkisins og Héraðsrafmagnsveitur ríkisins stofnaðar. Raforkusjóður, sem settur var á stofn með lögum 1942, var felldur inn í lögin, svo og Rafmagnseftirlit ríkisins. Þá var raforkumálastjóra falið með lögnum að hafa umsjón með vatnsrennslismælingum í fallvötnum landsins.

Megin verkefni Rafmagnsveitna ríkisins eftir stofnun þeirra skyldi vera raforkuöflun, ýmist með eigin vinnslu eða með því að kaupa hana af öðrum orkuveitum og dreifing til héraða landsins. Héraðsrafmagnsveitum ríkisins var aftur á móti ætlað það hlutverk að dreifa raforku innan héraða, beint til notenda. Þrátt fyrir aðgreiningu í nafni voru þessar veitur í reynd reknar sem eitt fyrirtæki, þó með aðskildu bókhaldi. Því var yfirleitt talað um Rafmagnsveitur ríkisins sem samheiti þessara tveggja veitna.

Þegar Rafmagnsveiturnar tóku til starfa, var rafvæðing landsins í dreifbýli skammt á veg komin. Það var aðeins á stærstu þéttbýlisstöðunum og í nálægð við helstu orkuver, sem einhver mynd var komin á rafvæðinguna. Dreifbýlið var að mestu án rafmagns frá samveitum. Nær eingöngu var um svokallaðar heimarafstöðvar að ræða í sveitum, þar sem á annað borð var nokkurt rafmagn. Á allmörgum þéttbýlisstöðum voru litlar vatnsaflsvirkjanir eða olíustöðvar, sem önnuðust nær eingöngu raforkuframleiðslu til lýsingar og eldunar.

AUKIÐ HLUTVERK VATNAMÆLINGA

Í vatnalögunum, frá árinu 1923, var atvinnumálaráðherra falið að hafa yfirumsjón með vatnamælingum og var vegamálastjóri ráðunautur hans. Kom það því í hlut vegamálastjóra að sjá um mælingarnar, en hann hafði reyndar sinnt því frá árinu 1918. Með setningu raforkulaganna 1946 eru síðan Vatnamælingarnar settar í umsjón raforkumálastjóra.

Allt frá árinu 1918 voru gerðar töliverðar vatnsrennslismælingar, að beiðni hinna ýmsu aðila, en í flestum tilfellum voru þessar mælingar sundurslitnar og strjálar. Var því fyrsta verkefni Vatnamælinganna að koma á samfelldum mælingum.

Með raforkulögunum tók ríkið sér einkarétt á að reisa og reka raforkuver, sem voru stærri en 100 hestöfl. Þá var í lögunum tekið fram,

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

að þeir aðilar sem áttu og ráku eða áttu í smíðum raforkuver, sem voru stærri en 100 hestöfl væri heimilt að reka þau áfram. Var ráðherra heimilt að leyfa aukningu á þessum raforkuverum, allt að fullri fyrirhugaðri virkjun.

Ennfremur var í lögunum tekið fram, að ráðherra væri heimilt að fengnum tillögum raforkumálastjóra að veita sveitarfélagi, einstökum manni eða félagi leyfi til að reisa og reka raforkuver allt að 2000 hestöflum að stærð til að fullnægja rafafliþörf sinni, ef Rafmagnsveitur ríkisins eða héraðsrafmagnsveitur gætu eigi eða óskuðu eigi að láta það í té.

Var því mikil ábyrgð sett á herðar raforkumálastjóra og embætti hans, þar á meðal Vatnamælingar og Rafmagnsveiturnar, er skyldu verða framkvæmdaaðili.

FYRSTU ÁR RAFMAGNSVEITNANNA

Verkefni Rafmagnsveitnanna á fyrstu árunum var að vinna að undirbúningi og að byggja virkjanir og háspennulínur. Var hafist handa við að leggja línur út frá þeim orkuverum, sem nú þegar voru komin og að vinna að undirbúningi að orkuöflun, þar sem ekki var fánleg orka frá öðrum, en mesta þörfin var á Vesturlandi (Dalir og Snæfellsnes), Vestfjörðum, Norðurlandi vestra, hluta af Norðurlandi eystra og á Austfjörðum.

Í lok síðari heimstýrjaldarinnar jókst fjármagn sem til ráðstöfunar var og beindust hugir manna þá mjög að því að hefja undirbúning að nýtingu vatnsorkunnar með það fyrir augum að nýta innlenda orku alls staðar þar sem því varð við komið. Sú skoðun varð mjög ríkjandi að ef byggð ætti að viðhaldast og eflast í öllum landshlutum væri það undir því komið að unnt væri að nýta raforku frá vatnsföllum. Voru því gerðar miklar kröfur til hinna ungu stofnana.

Á fyrstu starfsárum Rafmagnsveitnanna var gerður fjöldinn allur af virkjunaráætlunum, nokkrar virkjunarframkvæmdir undirbúnar og nokkrar virkjanir byggðar fyrir hin ýmsu byggðalög og sveitir. Stór hluti af undirbúningsvinnunni var unninn af Sigurði heitnum Thoroddsen og verkfræðistofu hans, en hjá Vatnamælingum var Sigurjón Rist í forsvari eins og alkunna er.

Þegar gera átti áætlun um virkjun fyrir einhver ákveðin svæði, var ætlast til að Vatnamælingarnar gætu svarað því hvaða virkjunarstaðir kæmu helst til greina á því svæði, hvert væri rennsli viðkomandi vatnsfalls, hvers konar vatnsfall um væri að ræða, hvort miðlunarmöguleikar væru fyrir hendi, hvort hætta væri á ís- og krapaburði, svo og aur, mól og sandi og svo síðast en ekki síst hve langan tíma mælingarnar og athuganirnar hefðu staðið og hve áreiðanlegar þær væru.

Árið 1954 var samþykktur viðauki við raforkulögin frá 1946. Raforkumálastjóra var falið að gera 10 ára áætlun um uppbyggingu raforkuvera Rafmagnsveitna ríkisins, utan orkuveitusvæðis Sogs- og Laxárvirkjana og um uppbyggingu aðalflutnings- og dreifiveitna Rafmagnsveitna ríkisins og Héraðsrafmagnsveitna ríkisins. Í kjölfar þessara laga var gert mikið átak í línulögnum og byggingu vatnsaflsstöðva og má þar nefna Mjólkárveitun I. á Vestfjörðum og Grímsárveitun á Austfjörðum og línur út frá þeim. Þessar veitjanir voru báðar teknar í notkun 1958.

ORKULÖG FRÁ 1967

Árið 1967 eru raforkulögin endurskoðuð og nafni þeirra breytt í Orkulög. Með þeim lögum voru Héraðsrafmagnsveitur ríkisins sameinaðar Rafmagnsveitum ríkisins og þær aðskildar frá Orkustofnun, sem tók við öðrum eignum og rekstri embættis raforkumálastjóra. Rafmagnsveitur ríkisins héldu síðan áfram uppbyggingu veitjana, svo sem: Smyrlabjargaárveitun 1970 og Mjólkárveitun II. og Lagarfossveitun 1975.

RAFVÆÐING Í SVEITUM

Á fyrstu árum Rafmagnsveitnanna var einnig hafist handa við lagningu dreifilína út frá stærri veitunum, eins og áður er getið, og í árslok 1953 höfðu um 500 býli fengið rafmagn frá Rafmagnsveitum ríkisins. Þessi býli voru aðallega í Borgarfjarðarsýslu, Árnessýslu, Rangárvallasýslu og S-Þingeyjarsýslu og voru því tengd við Andakílsárveitun, Sogsveitun og Laxárveitun. Í 10 ára áætluninni var m.a. gert ráð fyrir, varðandi rafvæðingu sveita landsins að byrjað skyldi í þéttbýlustu sveitunum. Við lok áætlunarinnar árið 1963 höfðu 2500 býli eða tæpur helmingur býla landsins fengið raforku frá samveitu. Segja má að forsenda fyrir þessari rafvæðingu hafi verið vatnsaflsveitjanir sem byggðar voru á þessum árum. Þótt 10 ára áætluninni lyki 1963 var áfram unnið að rafvæðingu sveitanna af fullum þunga og árið 1978 eða 25 árum eftir að rafvæðing sveitanna frá samveitu var hafin fyrir alvöru höfðu 4970 býli og 1400 aðrir notendur til sveita fengið raforku frá samveitu og voru þá aðeins um 2% býla ótengd. Því má segja, að rafvæðing notenda frá samveitu hafi aðeins tekið um 25 ár frá því að hún var hafin fyrir alvöru.

RAFVEITUR OG VATNAMÆLINGAR

Til að gera sér grein fyrir því, hvaða gildi Vatnamælingarnar hafa haft fyrir rafvæðingu landsins, er best gert með því að skoða þróun rafveitumála almennt.

Þróunarsögu rafveitna má skipta í fjögur tímabil. Fyrsta tímabilið má segja að hefjist árið 1904, þegar Jóhannes Reykdal tók í notkun vatnsaflsstöð sína í Hafnarfirði. Á þessu fyrsta tímabili voru aðeins

byggðar smáar rafstöðvar, sem voru í eigu einstakra sveitarfélaga og nægðu aðeins fyrir íbúa viðkomandi sveitarfélags. Árið 1933 voru þessar kaupstaða- og kaптúnaveitur orðnar 38 að tölu og var Elliðaárstöðin stærst þeirra. Á því ári voru lögin um Sogsvirkjun samþykkt og þar með er hægt að segja að fyrsta tímabilinu ljúki.

Rennsli þeirra vatnsfalla, sem virkjuð voru á þessum tíma, hafði yfirleitt verið mælt um nokkurra ára skeið með vatnshæðarmælingum, áður en virkjað var. Í sumum tilfellum var eingöngu byggt á örfáum mælingum áður en ákvörðun var tekin um virkjun.

Annað tímabil í þróunarsögu rafveitna hefst eins og áður segir þegar lögin um virkjun Sogsins voru samþykkt árið 1933. Í þeim var m.a. tekið fram, að Sogsvirkjun bæri að láta í té raforku til almenningsnota í nærliggjandi héruðum auk Reykjavíkur. Þá voru gerðar áætlanir um veitur út frá virkjuninni um Gullbringu- og Kjósarsýslu, Árnes- og Rangárvallasýslur og til Vestmannaeyja. Var því virkjunin í upphafi hugsuð sem samvirkjun fyrir Suðvesturlandið.

Þetta annað tímabil í þróun rafveitna nær frá 1933 til 1965, er lögin um Landsvirkjun voru sett. Þetta tímabil getum við kallað tímabil samvirkjana og samveitna.

Á þessu tímabili varð þróunin sú að tengja saman nálæg veitukerfi og voru m.a. árið 1956 tengd saman orkuveitusvæði Gönguskarðsárvirkjunar og Laxárvatnsvirkjunar með Þverárfjallslínu og árið 1958 voru orkuveitusvæði Sogsvirkjunar og Andakílsárvirkjunar tengd saman með svokallaðri Akraneslínu.

Á umræddu tímabili var mikið deilt um hve stórt ætti að virkja. Um var að ræða tvær virkjunarleiðir. Annars vegar svokölluð smávirikjunarstefna, sem fól í sér að halda áfram að virkja smátt fyrir hin einstöku sveitarfélög og tengja síðar saman innan landssvæða. Hin stefnan fól í sér að virkja eins stórt og kostur var á fyrir einstök landsvæði. Varð sú stefna ofaná.

Þar sem ekki lá fyrir hvaða stefna skyldi valin var mjög mikilvægt, að Vatnamælingar ræktu hlutverk sitt á sem breiðustum grundvelli, því ekki var vitað hvað taka ætti fyrir og reyndar ekki hægt að gera sér það ljóst nema fyrir lægju upplýsingar um rennsli ána.

LANDSVIRKJUN STOFNUÐ

Þriðja tímabilið hefst síðan árið 1965 með stofnun Landsvirkjunar. Ljóst var, að framundan var mikil aukning á raforku bæði vegna almenns markaðar og orkufreks iðnaðar. Var því nauðsynlegt að byggja enn stærri orkuver en áður hafði verið gert til að fullnægja á sem hagkvæmasta hátt þörfinni, því að með virkjun í stórum áföngum fæst ódýrari orka. Kostnaðarverð fer að vísu mikið eftir virkjunarstaðháttum og markaðsaðstæðum, en almennt séð er það svo að vinnsluverð orkunnar

verður því lægra því stærri sem virkjunaráfanginn er. Við allar þær athuganir, sem gera þurfti áður en ákvörðun lá fyrir um hvaða virkjunarkostur yrði valinn, komu hinar kerfisbundnu athuganir Vatnamælinga sér vel, sem þó var ekki búið að stunda lengi ef miðað er við þann tíma sem nauðsynlegt er að stunda vatnamælingar.

Eftir stofnun Landsvirkjunar var henni veitt heimild til virkjunar við Búrfell, sem tekin var í notkun á árunum 1969-1972. Síðan hefur fyrirtækið byggt Sigölduvirkjun og Hrauneyjafossvirkjun sem teknar voru í notkun á árunum 1977-1978 og 1981-1982 og nú er Blönduvirkjun í byggingu.

ORKUKREPPAN

Á orkuveitusvæði Rafmagnsveitna ríkisins var raforka aðalega seld til heimilisnota og vélanotkunar, auk þess sem rafvæðing sveitanna óx jafnt og þétt og aukning varð á raforkunotkun við búrekstur. Sala á raforku til hitunar var hins vegar lítil og allt fram til 1970 var sérmæld hitun innan við 10% af raforkusölunni. Á þessum árum hafði sala á gasolíu til hitunar húsa hins vegar vaxið verulega. Náði hún hámarki 1973 en þá nam salan um 160 þúsund tonnum. Árið 1973 hækkaði olía hins vegar verulega í verði og þá jókst áhugi á notkun raforku til húshitunar, þar sem ekki var kostur á hitun með jarðvarma. Á árunum eftir 1973 jókst því raforkunotkun hjá Rafmagnsveitunum mjög hratt og þá sérstaklega til hitunar. Þannig jókst sérmæld hitun úr 15 GWh árið 1972 í 133 GWh árið 1982 og markmæling til búrekstrar jókst úr 26 GWh í 164 GWh á sama tíma en áætlað er að um 70% af þeim taxta sé vegna hitunar. Þessi mikla aukning kallaði á aukna orkuöflun út um land. Var henni aðallega mætt á tvo vegu. Í fyrsta lagi réðust Rafmagnsveiturnar í gerð Lagarfossvirkjunar og stækkun Mjólkárviðvirkjunar. Í öðru lagi var hafin samtenging landsins í eitt orkuveitusvæði með lagningu svonefndrar Byggðalínu, en fyrsti áfangi hennar milli Skagafjarðar og Eyjafjarðar var tekinn í notkun árið 1974.

Þessi snögga hækkun á verði olíu segir okkur meira en margt annað hve kerfisbundnar vatnamælingar eru mikilvægar, en hægt var á tiltölulega skömmum tíma að mæta verulegri aukningu á álagi með nýjum virkjunum, en slíkt hefði vart verið hægt að gera á hagkvæman hátt án þess að fyrir lægju kerfisbundnar vatnamælingar.

Þriðja tímabilinu getum við lýst á þann hátt að þá hafi verið stigin fyrstu skrefin í virkjun stóránna og orka þeirra flutt um byggðalínur og stofnlínur hvert á land sem hennar er þörf. Tímabilinu lauk með lúkningu Suðurlínu árið 1984 og þar með hringtengingu byggðalína um landið.

ÞRÓUNIN HELDUR ÁFRAM

Fjórða tímabilið er nýbyrjað. Þegar þetta tímabil í sögu rafveitna hefst, eru verkefni rafveitna á sviði raforkudreifingar aðallega fólgin í viðhaldi og endurbótum auk minniháttar aukningar.

Á sviði raforkuöflunar gefst nú kostur á að nýta hagkvæmustu virkjunarkosti hverju sinni, en forsendan fyrir því að hagkvæmasti virkjunarkosturinn verði valinn er, að fyrir liggi kerfisbundin athugun á öllum vatnsföllum landsins sem til greina koma til virkjunar bæði smáum og stórum.

Eins og fram kemur þegar skoðuð er þróun rafveitumála og uppbygging vatnsorkuvera, er nauðsynlegt vegna frekari aukningar að hafa sem gleggstar upplýsingar um vatnsföll landsins og þar sem rennsli þeirra er síbreytilegt, er mælingarstarfsemi sem þessari aldrei "lokið".

Eins og fram hefur komið er hlutverk vatnamælinga mjög mikilvægt við nýtingu á einni af okkar helstu auðlindum, vötnum og vatnsföllum landsins. Vatnamælingar hafa leyst þetta verkefni með stakri þrýði miðað við þann mannskap og fjármuni, sem þær höfðu yfir að ráða. Má með sanni segja, að gildi þeirra fyrir íslenskan raforkuiðnað til að nýta þessa auðlind á sem hagkvæmasta hátt fyrir þjóðfélagið í heild sé ótvírætt.

ÞÁTTUR SIGURJÓNS RIST

Þegar rætt er um sögu Vatnamælinga hér á landi verður ekki hjá því komist að minnast á Sigurjón Rist. Sigurjón var fyrsti og eini starfsmaður Vatnamælinganna frá stofnun þeirra og fram til 1956 er Eberg Elefsen var ráðinn honum til aðstoðar.

Þegar Sigurjón hóf störf var fyrsta verkefnið að koma á reglubundnum mælingum. Framkvæmd slíkra mælinga var í upphafi mjög erfið, bæði sökum strjálbýlis landsins, erfiðrar veðráttu og takmarkaðra samgangna mikinn hluta ársins. Ekki er ofsögum sagt, að Sigurjón hafi oft lagt á sig mikið erfiði og sýnt dugnað og harðneskju í þeim mörgu vetrarferðum sem hann hefur farið.

Rennsli í ám er meðal annars mælt með straumhraðamæli og er mælingin framkvæmd með því að vaða árnar, úr bát eða með streng yfir ána. Augljóst er, að þessar mælingar geta verið hið mesta þrekvirki.

Til að lýsa þessu með einu dæmi langar mig til að vitna í skýrslu Sigurjóns um vatnamælingar, sem hann framkvæmdi í Fossá við Ólafsvík þann 25 febrúar 1950.

"Undirritaður (Sigurjón Rist) og Bárður Danielsson verkfr. fóru til Ólafsvíkur með V/S SKJALDBREIÐ, sem lagði úr höfn í Reykjavík, kl. 10 föstudagskvöld 24. febr. 1950. Komið var til Ólafsvíkur kl. 9 næsta morgun. Við Bárður fengum einn aðstoðarmann hvor.

Svell huldi vatnsmælana. Áin var að mestu þiljuð, aðeins augu hér og þar. Snjór var lítill í Ólafsvík, en mikil fönn lá á úrkomusvæði Fossár, strax og kom uppfyrir 300 m hæð. Til þess að nákvæmar vatnsrennismælingar næðust varð að brjóta niður ísinn og verka burt mikið af lausum steinum úr botni árinnar".

Á þessu dæmi sést, að ekki var alltaf auðvelt að vinna að vatnamælingum.

Mjög mikilvægur þáttur varðandi vatnamælingar er úrvinnsla mælinga og birting þeirra. Auk rennismælinga er verksvið Vatnamælinga að mæla aurburð og efnisinnihald vatnsfalla, dýpi stöðuvatns, ís og snjó vatnsfalla o.fl. Þessa þætti hefur hann annast af mikilli kostgæfni og hefur skrifað fjöldann allan af greinum og skýrslum um þessi efni og efni tengd þessu. Sérstaklega verður í þessu sambandi að minnast á útgáfu hans á bókinni Íslensk vötn I, sem hann gaf út árið 1956.

Vötn og vatnsföll landsins eru ein helsta auðlind okkar. Við höfum náð að nýta okkur hana og er það ein af forsendum fyrir traustu og góðu lífi hér á landi. Sigurjón Rist er einn af þeim mönnum, sem lagt hefur sig allan fram og unnið brautryðjandastarf til að svo geti orðið. Fer því vel á því að halda þessa ráðstefnu "Vatnið og landið" í tilefni af 70 ára afmæli hans, sem jafnframt er 40 ára afmæli Vatnamælinga.

AÐDRAGANDI OG STOFNUN VATNAMÆLINGA. Guðjón Guðmundsson fyrrv. rekstrarstjóri.

RAFORKAN, UMFJÖLLUN FYRSTU ÁRIN

Á síðustu árum aldarinnar sem leið fóru menn hér á landi að tala um rafmagn og gerðu ýmsir sér grein fyrir þeim verðmætum sem fólgin væru í fossum landsins.

Á árunum 1887 eða 1888 fékk þorlákur O. Johnson, kaupmaður í Reykjavík, tilboð frá "Edison - Swan" - félagi í Manchester í Englandi um rafljósastöð til að lýsa upp hús og stræti Reykjavíkur. Var stöðin boðin með 10 hestafla gufuvél. Björn Jensson, yfirkennari við Lærða skólann í Reykjavík, samdi um þetta álitsgerð 1888 þar sem hann bar tilboð þetta saman við hugmyndina um að virkja Skorarhylsfoss í Elliðaánum til að lýsa upp bæinn. Niðurstaða hans varð sú, að vatnsaflíð mundi verða ódýrara en kolakyndingin. Mun því tilboði þorláks ekki hafa verið sinnt eftir það.

Árið 1894 kom Frímenn B. Arngrímsson til landsins frá Kanada, en þar hafði hann lært rafmagnsverkfræði og unnið þar hjá ýmsum rafmagnsfyrirtækjum. Á árunum þar á eftir hélt hann marga fyrirlestra hér á landi um rafmagnsmál og hvatti menn mjög til að virkja íslensk fallvötn til rafmagnsframleiðslu. Fyrirlestrar hans voru birtir í blaðinu "Fjallkonan" en vöktu ekki eins mikla athygli og vænta mátti. Þessi skrif Frímenns höfðu þó mikil áhrif á marga og fóru ýmsir að huga nánar að þessum málum. En þegar Frímenn hætti að tala fyrir þessu máli, oft fyrir daufum eyrum, og hélt aftur utan fór að fyrnast yfir þau mál, enda ýmis önnur mál á döfinni, sem mönnum fannst meira aðkallandi.

Umfjöllun Frímenns fyrir notkun vatnsafls til raforkuframleiðslu hafði þau áhrif, að nefnd var kosin í bæjarstjórn Reykjavíkur í október árið 1894 til að útvega upplýsingar um ýmislegt er snerti raflýsingu í bænum. Nefnd þessi fékk Sæmund Eyjólfsson til að mæla vatnsmagnið í Elliðaánum og hæð þeirra fossa sem helst komu til greina. Í blaðinu Reykvíkingur, á þessum tíma, er þessu máli gerð nokkuð góð skil og er þar m.a. haft eftir Sæmundi að nauðsynlegt sé að mæla oftar á ári, til þess að geta vitað, hvert rennslið sé að meðaltali. Er gaman að veita því athygli, að Sæmundur, hinn fyrsti vatnamælingamaður landsins, skuli strax hafa bent á þá staðreynd, að nauðsynlegt sé að mæla vatnsfall oft og mörgum sinnum ef nálgast á meðalrennsli vatnsfalla. "Þá er ekki síður eftirtektarvert, að 21. október, þegar hin fyrsta vatnsrennismæling var framkvæmd þar upp á sunnudag. Auðvitað hefur ekki þótt hlýða að dunda við slíkt á virkum degi", segir Sigurjón Rist í Íslenskum vötnum, I.

Árið 1900 ritaði Valtýr Guðmundsson grein í Eimreiðina undir fyrirsögninni "Aflíð í bæjarlæknum". Í greininni kynnir hann bændum hvernig megi mæla lækni með svokallaðri flotholtsaðferð. Er þetta að

öllum líkindum í fyrsta sinn, sem "vatnsmælingafræði" er kynnt hér á landi.

FYRSTU VATNSAFLSSTÖÐVARNAR

Þótt ráðamönnum þætti raflýsing ótímabær fyrir aldamótin, voru margir einstaklingar mjög áhugasamir um málið og sumir þeirra kynntu sér málið erlendis. Fremstur í flokki þessarra manna var Jóhannes Reykdal, trésmíðameistari í Hafnarfirði. Árið 1904 setti hann upp rafstöð í Hafnarfjarðarlæk (Hamarskotslæk) og miðlaði hann orku frá henni til 16 húsa í nágrenninu. Honum til aðstoðar var Halldór Guðmundsson, sem nýlega hafði lokið prófi í þessum fræðum í Þýskalandi og átti hann eftir að koma mikið við sögu rafmagnsmála í landinu á næstu árum þar á eftir.

Áhugi manna á þessu málefni var ekki mikill og var það ekki fyrr en 11-12 árum síðar að Guðmundur Þorvaldsson bóndi að Bíldsfelli í Grafningi fékk Jóhannes Reykdal og Halldór Guðmundsson sér til aðstoðar við að reisa vatnsaflsstöð í bæjarlæknum og leggja raflínur, sem til þurfti.

FREKARI VIRKJUNARFRAMKVÆMDIR

Virkjunarframkvæmdir þokuðust mjög hægt áfram í fyrstu. Á árunum 1910 til 1920 voru reistar nokkrar stöðvar, t.d. á Eskifirði, Vík í Mýrdal, Seyðisfirði, Siglufirði, Bíldudal, Patreksfirði og á Húsavík. Því miður hafa engar niðurstöður vatnsrennslismælinga frá þeim ám, sem virkjaðar voru á fyrstu tuttugu árum aldarinnar, varðveist, svo að hægt væri að fella þær inn í sögu vatnamælinga á Íslandi.

Skömmu seinna vaknaði áhugi fólks til sveita á kostum og þægindum rafmagnsins, en því kynntist það smám saman í nálægum þéttbýlisstöðunum. Þá voru ekki möguleikar á að leggja línur frá fjarlægum orkuverum til þeirra. Þeir urðu að bjarga sér sjálfir heima fyrir. Á þessu sviði urðu Skaftfellingar brautryðjendur. Helgi Þórarinnsson að Þykkvabæ í Landbroti reið þar á vaðið og fékk Halldór Guðmundsson til að reisa fyrir sig vatnsaflsrafstöð. Með Halldóri, vann Bjarni Runólfsson frá Hólmi í Landbroti, sem aðstoðarmaður. Kynni Bjarna af þessari nýlundu áttu eftir að hafa mikil áhrif á framgang rafmagnsmála í sveitum landisins á næstu áratugum. Þrátt fyrir ýmsa erfiðleika smíðaði Bjarni vatnsvél fyrir sjálfan sig og setti niður í Hólmi árið 1921. Á árunum 1921-1937 mun Bjarni síðan hafa smíað um 120 vatnsvélar til notkunar víðsvegar um landið.

FREKARI MÆLINGAR Á VATNSAFLI

Bjarni í Hólmi átti í stöðugu stríði, vegna ófullnægjandi upplýsingar um vatnsrennslisþegar pantanir um vélar bærust úr fjarlægum landshlutum. Vegna þessa varð hann oft að eyða dýrmætum tíma frá smíði

vélanna í mælingar til þess að geta ákveðið rétta stærð vatnsvélanna.

Mælingar á mörgum þeim lækjum, sem fyrst voru virkjaðir til sveita voru mjög frumstæðar og ónákvæmar. Af þessu leiddi að sumar stöðvarnar urðu nær gagnslausar þegar á reyndi. Á nokkrum stöðum voru þær hannaðar fyrir meira vatn en reyndist vera fyrir hendi og annarsstaðar of litlar.

Til að kenna bændum að mæla lækina hjá sér skrifuðu verkfræðingarnir Jón Þorláksson og Guðmundur Hlíðdal þegar árið 1915 ýtarlegar greinar um hvernig mæla eigi smáar og læki með yfirfallsstíflum. Síðar gáfu Eiríkur Ormsson, Rafmagnseftirlitið og Raforkumálastjóri út leiðbeiningar um handhægar mælingar á minni háttar vatnsföllum.

STÓRIÐJA OG FOSSASALA

Í kringum aldamótin 1900 komu fram hugmyndir um stóriðju. Þeir stórhuga hugsjóna- menn, sem um þetta dreyndi, hugsuðu sem svo, að ef stórárnar yrðu virkjaðar mundi stóriðja koma í kjölfarið og bæta lífsskjör þjóðarinnar. Almennt hafði fólk í landinu lítinn áhuga á þessu. Þessir draumar náðu aðeins til örfárra áhugamanna á þessum árum. Vatnsréttindi voru seld á ótrúlega lágu verði. Má segja að innlend og erlend fossafélög skiptu stærri vatnsföllum á milli sín. Helstu fallhæðir voru mældar og rennslið lauslega kannað í nokkrum ám, en landsmenn vissu lítið eða ekkert um þær niðurstöður, a.m.k. er ekki vitað til að þær hafi varðveist.

JÓN ÞORLÁKSSON - FALLVÖTN LANDSINS OG SPÁKAUPMENNASKA

Hinn 16. janúar 1917 flutti Jón Þorláksson, þáverandi landsverkfræðingur erindi á fundi í Verkfræðingafélagi Íslands. Erindið nefndi hann Vatnsafl á Íslandi. Þunga- miðja erindisins voru hugleiðingar um, hvort tímabært væri að hugsa um rafmagn til almenningsþarfa eða ekki, en á þessum árum fór verð á eldsneyti og öðrum vörum ört hækkandi af völdum fyrri heimstyrjaldarinnar. Þá vildi hann og binda endi á þá spákaupmennsku sem átt hafði sér stað með fallvötn landsins og lagði til að ríkið tæki í taumana til þess að tryggja landsmönnum sjálfum hentugustu fossana í hverjum landshluta.

Með erindinu brýtur Jón blað í sögu rennslisathugana. Það sem straumhvörfunum olli í því efni, var að hann lagði ríka áherslu á, að skýrslum um allar mælingar, sem gerðar höfðu verið yrði safnað saman og þær birtar og þeirri reglu svo fylgt eftir í framtíð- inni. Í erindi sínu gerir Jón einnig grein fyrir hvað hann telur að sé virkjanlegt afl í stóránum, miðað við þær mælingar, sem hann hafði látið gera, sumarið áður. Hann lét þá setja upp vatnshæðarmæli í Þjórsá hjá Egilsstöðum í Flóa og í Hvítá hjá Árhvammi á Skeiðum. Þá lét hann einnig mæla rennslið í Langá á Mýrum og í Blöndu hjá Blönduósi.

GUÐMUNDUR HLÍÐDAL OG VATNAMÆLINGAR

Árið 1917 flutti Guðmundur Hlíðdal einnig erindi í Verkfræðingafélaginu, þann 1. maí, sem hann nefndi "Nokkrir fossar á Íslandi". Í erindi sínu gerði Guðmundur m.a. grein fyrir niðurstöðum vatnamælinga, sem hann hafði staðið að, en Alþingi veitti honum svo 500 kr. styrk til byrjunarmælinga á fossum, og auk þess naut hann nokkurs fjárstuðnings frá erlendum aðilum, sem að einhverju leyti höfðu eignast vatnsréttindi hér á landi.

Haustið 1907 hóf Guðmundur mælingar sínar norður í Axafirði. Mældi hann Jökulsá á Fjöllum. Þá gerði hann einnig mælingar í Skjálfandafljóti, Laxá í Suður-Þingeyjar- sýslu, Soginu, Hvítá í Arnessýslu, Lagarfljóti o.fl. ám.

Um svipað leyti, og Guðmundur hóf mælingar sínar eða nokkru fyrr sama ár voru hafnar vatnshæðarmælingar við Andakílsá í Borgarfirði. Var það gert að tilhlutan Englendinga nokkurs að nafni Cooper, sem átti ítök í fossunum þar. Eldri vatnshæðarmælingar eru ekki kunnar hér á landi.

Sumarið 1908 notaði Guðmundur straumhraðamæli til að mæla rennsli nokkurra áa. Það var að öllum líkindum í fyrsta sinn, sem slíkt áhald var notað hér á landi.

FOSSANEFNDIN OG VATNALÖGIN

Alþingi 1916/17 samþykkti þingsályktunartillögu frá Gísla Sveinssyni, þingmanni Vestur-Skaftfellinga þar sem skorað er á landsstjórnina að gæta hagsmuna þjóðfélagsins og réttar landsjóðs til fossa og annara verðmæta í almenningum landsins og í afréttum.

Á árinu 1917 var lagt fram frumvarp til laga í efri deild Alþingis er heimilaði Landsstjórninni að veita Fossafélaginu Íslandi leyfi til þess að virkja Sogið. Flestir þingmenn töldu að hér væri um það mikið stórmál að ræða, að nauðsynlegt væri að rannsaka það nánar, áður en það kæmi til frekari meðferðar á næsta þingi. Var því gerð svohljóðandi ályktun í sameinuðu Alþingi:

"Alþingi ályktar að skora á landsstjórnina að skipa 5 manna nefnd, til að taka til íhugunar fossamál landsins, og skal verkefni nefndarinnar sérstaklega vera:

1. Að athuga, hverjar breytingar nauðsynlegt sé að gera á gildandi fossalöggjöf.

2. Að afla sem ítarlegastra upplýsinga og skýrslna um fossa í landinu og notagildi þeirra.

3. Að athuga, hvort tiltækilegt sé, að landið kaupi vatnsafl og starfræki það.

4. Að athuga, hvort og með hvaða hætti rétt sé að veita Fossafélaginu Ísland og öðrum slíkum félögum, er umsókn kunna að senda, lögheimild til að starfrækja fossafl."

Í samræmi við þessa þingsályktun skipaði stjórnin fimm manna nefnd til þessara starfa, hinn 22. október 1917. Þessir menn voru skipaðir í nefndina:

Guðmundur Björnsson landlæknir, alþingismaður, (formaður nefndarinnar) Bjarni Jónsson frá Vogu, alþingismaður Guðmundur Eggerz, sýslumaður Jón Þorláksson, verkfræðingur Sveinn Ólafsson í Firði, alþingismaður.

Fossanefndin eins og hún var kölluð fékk ærið nóg að starfa, sem að líkum lætur. Nefndarmenn skiptu með sér verkum, viðuðu að sér gögnum, utanlands og innan. Þegar líða tók á starfstímann, urðu nefndarmenn ekki á eitt sáttir, hvaða leið skyldi marka varðandi eignarrétt vatnsfallanna. Svonefndri allsherjarstefnu (það er að óvirkjað rennandi vatn sé almenningseign), fylgdi meirihlutinn þeir Bjarni frá Vogu, Guðmundur Björnsson og Jón Þorláksson, en minnihlutinn, Sveinn í Firði og Guðmundur Eggerz, héldu fram séreignarstefnu. Nefndarálitin urðu svo þrjú þar sem Guðmundur Eggerz og Sveinn skiluðu álitum hvor fyrir sig. Mestur tími hjá nefndinni mun hafa farið í eignarréttarmálin og athuganir varðandi þau. Meirihlutinn fékk Einar Arnórsson lögfr. sér til aðstoðar. Nefndarálitin ásamt lagafrumvörpum og fylgiskjölum eru rúmlega 700 blaðsíður í stjórnartíðindabroti og mikill hluti lesmálsins fjallar um eignarréttinn. Það er spurning hvort orðið gagn í staðinn fyrir eign hafi ekki leyst þann redbihnútt sem kominn var í stöðu málsins á tímabili.

Nefndin lét kanna ýmsa hluti varðandi vatnsafl á Íslandi og má þar til nefna:

1. Hinn 5. mars 1918 ritaði nefndin stjórninni um nauðsyn þess að mæla rennsli þeirra fallvatna sem álitlegust væru til virkjunar. Það nefndin um að láta gera á næsta sumri mælingar á rennsli eftirtalinna fallvatna: Eystri-Rangá, Ytri-Rangá, Þjórsá, Hvítá hjá Árhrauni, Hvítá nálægt Gullfossi, Tungufljót, Sogið, Andakílsá, Grímsá í Borgarfirði, Langá í Mýrasýslu, Hauka-dalsá í Dalasýslu, Fremri-Laxá í Húnavatnssýslu, Blöndu, Fnjóská, Skjálfanda-fljót, Laxá í Suður-Þingeyjarsýslu, Jökulsá á Fjöllum, Jökulsá á Dal, Lagarfljót, Seyðisfjarðará og Fjarðará í Mjóafirði.

2. Stjórnin fól vegamálastjóra framkvæmdina og setti hann upp vatnshæðarmæla við allar þessar ár.

Þá má nefna að á þessum tíma skrifaði Jón Þorláksson ítarlega grein um vatnsorku á Íslandi. Hann gerði áætlun um afkastagetu helstu stóránna og sýndu seinnitíma mælingar að áætlanir Jóns voru ekki fjarri lagi eins og áður er getið.

Um lagafrumvörp Fossanefndarinnar var mikill ágreiningur bæði innan þings og utan. Niðurstaða þingsins varð þó að lokum: Vatnalögin nr. 15 frá 20. júní 1923 og síðan lög um vatnsorkusérleyfi nr. 46 frá 27. júní 1925.

Vatnalögin eru mikill og merkur lagabálkur, í 18 köflum og 154 greinum og standa þau enn þann dag í dag í veigamiklum atriðum með nokkrum nauðsynlegum breytingum vegna breyttra aðstæðna í tímans rás og ýmis atriði komin inni lög frá seinni tíma.

Um stjórn vatnamála og rannsóknir, segir svo í fyrstu gerð laganna 17. kafla:

"Um stjórn vatnamála:

151. gr.

Atvinnumálaráðherra hefur yfirstjórn vatnamála á hendi. Verkfæðilegur ráðunautur hans um þau mál er vegamálastjóri.

152. gr.

1. Sýslumenn og bæjarfógetar skulu halda löggiltar vatnabækur, og skal í þær rita:
 - a. Skrá yfir ár og vötn í umdæminu.
 - b. Samninga um þau, er sendir verða til innritunar eða þinglýsingar.
 - c. Skýrslur um vatnsvirki og önnur vatnsverk, sem leyfis eða samþykkis þarf til lögum samkvæmt, og matsgerðir, sem heimila lögnám eða háðar eru samkvæmt 71. og 134. gr.
2. Ráðherra getur ákveðið, að fleira skuli rita í bækur þessar og sett reglur um bókhald, svo sem þurfa þykir.
3. Láta skal í té eftirrit af vatnabókum, gegn lögmætum ritlaunum".

Eins og hér kemur fram var vegamálastjóra falið að vera verkfæðilegur ráðunautur atvinnumálaráðherra í vatnamálum. Það má segja að þetta hafi verið eðlileg ráðstöfun á þeim tíma, þar sem löggin gerðu ekki ráð fyrir neinni sérstakri vatna- eða raforku- málastjórn. Voru því vatnshæðarmælar áfram í umsjón vegamálastjóra. Auk vatna- mælinganna kom það í hlut hans að gera áætlanir um einstakar virkjanir.

Það fé sem veitt var til vatnamælinga nægði á engan hátt til að sigrast á byrjunar- örðugleikum og koma upp öruggum mælistöðvum, enda mæltu löggin ekki fyrir um neinar kerfisbundnar mælingar. Þó er í lögum nr. 28 frá árinu 1932 um undirbúning á raforkuveitum kveðið svo á um, að vegamálastjóri láti rannsaka, hvaða vatnsföll séu heppilegust fyrir hvern landshluta. Var í lögnum jafnframt tekið fram, að "rann- sóknir þessar framkvæmi vegamálastjóri og fastlaunaðir starfsmenn hans án sérstaks endurgjalds, eftir því sem þeim vinnst tími til frá öðrum störfum". Á fjárlögum var veitt fé til vatnamælinga sem hér segir: Á árunum 1925-1932 var veitt kr. 2000,- árlega, 1932-1937 kr. 1000,- Á árunum 1938- 1943 var engin fjárveiting.

Eins og fram kemur hér að framan var það fé sem ætlað var til vatnamælinga af mjög skornum skammti og einungis ætlað til einstakra sundurleitra verkefna á hverjum tíma, engin heildarskipulagning hér um. Eftir að Vatnalögin voru samþykkt fóru ýmsir aðilar að velta þessum málum svo og rafvæðingarmálum landsins fyrir sér og því meir eftir því sem á þriðja áratuginn leið.

JAKOB GÍSLASON OG RAFMAGNSEFTIRLITIÐ

Það var svo Tryggvi Þórhallsson, þáverandi atvinnumálaráðherra sem fól Jakobi Gíslasyni með bréfi 18. júní 1930 að hafa eftirlit með frágangi og rekstri raforku- virkja um allt land. Jafnframt vann hann að samningu reglugerðar um raforkuvirki. Reglugerðin var gefin út hinn 14. júní 1933, eftir gildistöku nýrra laga um raforku- virki, nr. 83, 23. júní 1932. Reglugerðin tók gildi 1. júlí sama ár og Jakob skipaður forstöðumaður-rafmagnseftirlitsstjóri frá sama tíma. Fyrstu árin vann Jakob aðeins einn að þessu verkefni. Hann ferðaðist því mikið um landið á næstu árum og kynntist aðstæðum til þess að virkja fallvötn landsins hin smærri og stærri. Þá kynnti hann sér að sjálfsögðu einnig hverjir möguleikar væru á að rafvæða sem mest af landinu á sem skjótastan og hagkvæmastan hátt. Auk rafmagnseftirlitsstarfanna hlóðust á stofnunina ýmiskonar verkefni varðandi raforkumál í landinu, smá og stór, þar sem hún var eina ríkisstofnunin sem fjallaði um þau mál, en í upphafi á takmörkuðu sviði. Um 1940 voru þessi verkefni orðin svo umfangsmikil, sveitastjórnir, einstakir þingmenn, þingnefndir og stjórnvöld leituðu til stofnunarinnar með hin margvíslegustu verkefni hér að lútandi. Ljóst var að nauðsyn bæri til að sett yrði hið fyrsta löggjöf um heildarraforkumál landsins. Uppúr 1940 var farið að undirbúa setningu slíkra laga og seinustu árin áður en raforkulögin urðu til, staðfest 2. apríl 1946, unnu þeir Jakob Gíslason rafmagnseftirlitsstjóri og Ólafur Jóhannesson prófessor að undirbúningi laganna ásamt ýmsum öðrum og í samráði við stjórnvöld á þeim tíma.

RAFORKULÖGIN OG VATNAMÆLINGAR

Jakobi varð fljótlega ljóst hversu aðkallandi væri að hafist yrði sem fyrst, handa um víðtækar og skipulegar vatnamælingar í landinu. Fyrstu árunir sem Rafmagnseftir- litið fékk til þessa verkefnis voru kr.30.000 á fjárlögum árið 1944. Þessi hungurlús náði skammt til þess að sinna þeim fjölda beiðna, sem stofnuninni bárust um athug- anir á virkjuanraðstæðum. Þegar á mótunartíma raforkulaganna taldi Jakob nauðsyn á að ráða sérstakann mann til þessara starfa. Af því gat þó ekki orðið af fjárhags- ástæðum, fyrr en raforkulögin voru í höfn.

Það litla fjárframlag, sem ætlað var af hálfu hins opinbera til vatnamælinga var sem fyrr getur af svo skornum skammti að litlu sem engu varð áorkað í þeim efnum, fram að setningu raforkulaganna og tilkomu vatnamælingardeildar raforkumálastjóra. Þegar að því kom að gera vatnamælingar að föstum lið í því rannsóknarstarfi raforkumála- stjóra

er raforkulögin kváðu á um þurfti að svipast um eftir góðum manni til þeirra starfa. Jakob Gíslason Raforkumálastóri hafði því beðið mig og fleiri starfsmenn hjá sér að svipast um eftir manni til þess að starfa við vatnamælingar fyrir stofnunina, þar sem mikil verkefni væru framundan á þessu sviði. Með því að ég ferðaðist mikið um landið á þessum árum og átti mikil samskipti við rafveitumenn, vegna starfa míns sem rafmagnseftirlitsmanns, hafði ég m.a. orð á þessu við góðkunningja minn Sigurð Helgason, sem starfaði þá sem rafmagnseftirlitsmaður hjá rafveitu Akureyrar. Hann sagðist skyldi hugleiða málið. Nokkru síðar hitti ég Sigurð. Hann var þá búinn að tala við mann sem hét Sigurjón Rist og vann hjá fyrirtækinu Þórshamri (bíllaverkst. o.fl.) þar í bæ. Sigurður nefndi Sigurjón við mig í upphafi sem áhugaverðan mann til þessa starfs. Sigurður og Sigurjón höfðu varið einni kvöldstund til þess að ræða saman um þetta mál. Það mun hafa verið að losna um Sigurjón í starfinu hjá Þórs- hamri um þessar mundir og hafði hann í hyggju að leita sér að öðru starfi og hafði einhver tilboð á hendinni í því efni. Honum þótti hinsvegar þetta vatnamælingarstarf mjög áhugavert og mun Sigurður einnig hafa kvatt hann mjög til þess að kynna sér málið rækilega áður en hann réði sig til annarra starfa. Það voru kannski einkum þrjú atriði sem við Sigurður komumst að raun um að mæltu með Sigurjóni til þessa starfs: Hann hafði góða menntun að baki, þ.á.m. á stærðfræðisviðinu. Hann hafði þegar á sér orð sem mikill og góður ferðamaður, ekki síst um óbyggðir landsins. Hann var þekktur fyrir afburða hreysti og góð úrræði þegar vanda bar að höndum enda sonur hins kunna athafna- og hraustleikamanns, Lárusar Rist. Ég ræddi síðan allmikið um málið við Sigurjón og kynnti honum að nokkru hvað verkefnið fæli í sér. Varð að ráði að hann færi "suður" og hitti raforkumálastjóra að máli til þess að ganga endanlega frá hugsanlegri ráðningu í starfið. Þetta mun hafa verið um haustið 1946 eða fyrri hluta árs 1947. Það er skemmt frá því að segja að milli Jakobs og Sigurjóns náðist samkomulag um ráðningu hans sem vatnamælingamanns raforkumálastjóra frá 1. maí 1947. Báðir þóttust hafa gert "góð kaup" enda reyndist það svo.

Jafnframt ráðningu Sigurjóns til þessa verkefnis þurfti að skipuleggja og móta starfið og fyrst í stað með tilliti til þess hvaða verkefni hér að lútandi væru mest aðkallandi. Í formála að Íslenskum vötnum I, sem gefin voru út árið 1956 getur raforku- málastjóri þess að tilgangur vatnamælinganna sé:

- A. Að mæla
 - a) rennsli vatna
 - b) vatnshæð
 - c) aurburð og efnainnihald
 - d) dýpi stöðuvatna
 - e) ís og snjó
 - f) vatnshita o.fl.
- B. Gera skrá yfir fallvötn landsins

Á þessu verkefni réðist Sigurjón Rist af sínum alkunna dugnaði og ósérhlífni og því má ekki gleyma hversu erfiðar allar aðstæður voru á þeim tíma bæði samgöngur, vegir, farartæki og allur útbúnaður frumstæðari en síðar varð. Í mælingarferðunum, hvort sem var að vetri

eða sumri, gekk starfið að verkefnum fyrir öllu, matmáls- tímar eða svefnstaður skipti ekki máli, hlutina varð að framkvæma á líðandi stundu því það er nú einu sinni svo að mörg rannsóknar- og vísindastörf eru á þann veg vaxin að "regndropar sem falla í dag verða ekki taldir á morgun" en þetta vill gleymast hjá stjórnámálamönnum þegar verið er að fjalla um fjárveitingar til rannsókna og þessháttar verkefna.

Ef við að lokum látum hugann reika til þeirra ára sem Vatnamælingar hófu starfsemi sína og berum þau saman við aðstæður í dag má ljóst vera hversu mikil breyting hefur orðið til hins betra á þessu árabili. Þá eru og starfshættir við vatnamælingar mikið breyttir frá því sem áður var með, tilkomu sjálfvirkra tækja og tölvualdar. Hvaða farartækjum var völ á, hvernig voru vegirnir og slóðirnar um hálendið á þessum árum, hvaða fjarskiptatækjum var völ á, hvaða gerðum hlífðarfata? Hvað um allan annan nauðsynlegan útbúnað, sem þurfti til þessara slarksömu ferða á þessum fyrstu áratugum Vatnamælinga? Hverra kosta var völ í því efni? Sé þetta borið saman við það sem vatnamælingarmenn og aðrir sem á slíku þurfa að halda í dag, vegna starfa sinna er ólíku saman að jafna. Vegakerfið gjörbreyttist og slóðir uppum fjöll og firnindi. Kraftmiklir og góðir bílar (þeir gömlu frá hernum voru að vísu öndvegis tæki), fullkomnir snjóbílar, snjósleðar, sem hafa valdið byltingu í vetrarsamgöngum, hin gjörbreytta fjarskiptatækni, hlífðarfötin, tjöldin og jafnvel svefnpokarnir og ýmiskonar annar ferðabúnaður gjörbreyttur frá því sem áður var.

Hér læt ég staðar numið varðandi upprifjun þessarar "píslargöngu" frá því að fyrsta skráða vatnamælingin er framkvæmd í Elliðaánum þ. 21. febrúar 1894 og þar til raforkumálastjóri stofnar Vatnamælingadeild innan stofnunarinnar og ræður jafn- framt fyrsta fasta starfsmanninn til þess að starfa að þessu þýðingarmikla verkefni. Aðrir munu svo fjalla um þennan 40 ára feril Vatnamælinga og starfsferil heiðurs- mannsins Sigurjóns Rist, í þessi 40 ár.

HYDROLOGINS NYA PERSPEKTIV - EN INTERNATIONELL UTBLICK. Prof. Malin Falkenmark, Sverige.

Växande globala miljö-, klimat- och försörjningsproblem kommer att ställa nya krav på hydrologin under det närmaste decenniet. Hydrologin är i dag en starkt tillämpad vetenskap, fokuserad till de terrestra vattensystemen och deras karakterisering. Unga forskare är besatta av modellutveckling, medan bristen på fältdata utgör en begränsande tillgång.

I det globala geosfäriska systemet, sammansatt av tre sfärer (atmosfären, litosfären och världsoceanen) inbördes förbundna av vattencykeln, har denna tre huvudfunktioner:

- a) atmosfärisk distribution av vattenånga i ett globalt mönster av ångflöden
- b) vätning av kontinenterna och matning av de terrestra ekosystemen
- c) nybildning av vatten i de terrestra vattensystemen i akviferer och vattendrag.

Hydrologerna koncentrerar sig på perspektiv c och lämnar a till meteorologerna och b till ekologerna. Ekologerna saknar emellertid vatten i sin centrala begreppsapparat, som centreras kring energiflöden och biogeokemiska cykler. IGBP har exempelvis planerats utan medverkan av hydrologer, trots att klimatförändringens väsentliga effekter treffar samhället via hydrologiska effekter och dessas konsekvenser i olika avseenden.

Ekosystemen är emellertid det biotiska svaret på tillgången på dels energi, dels vatten som Budyko visat genom sin zonerings. Olika kombinationer av energitillgång och humiditet ger olika biotiska system med olika karakteristisk produktion av terrestert vatten. Eaglesons nya teori om ekologisk optimalitet innebär att ett växtsamhälle tenderar att minimera vattenstress och maximera mark-vattentillgång. Savannens glesa trädvegetation är exempelvis resultatet av det grundrotade gräsets och de djuprotade trädens konkurrens om vatten resp energi.

Kemisk hydrologi är ett närliggande område, genererat utifrån svårigheten att tolka vattenkvalitetsdata och behovet att prediktera vattenförorening och ekologiska konsekvenser i långsamma system. I fokus står flodvattnets kemiska förhistoria, vattnets färdvägar, vandringstider och transittider från infiltration till ankomsten till en brunn eller ett vattendrag.

Kunskapsöverföring mellan hydroklimatiska zoner förutsätter insikt om den hydrologiska kunskapens räckvidd. Inom komparativ hydrologi studeras likheter och skillnader t ex vitala skillnader mellan humid och

arid hydrologi. Dagens dominans av expertis utbildad i tempererade zonens hydrologi underminerar problemformulering och biståndsarbete.

Befolkningsutveckling och svältkatastrofer i hydrologiska marginalområden i torra klimat har väckt intresse för den regionala vattenbristens problem, inkl priset i form av vattenavgång till atmosfären för lokal ökning av biomasseproduktion inom jordbruk och skogsbruk. Utveckling under vattenbrist kräver starkt stöd av hydrologisk kunskap och kan få fundamentala politiska konsekvenser t ex som konflikter i internationella flodsystem, genom att bereda mark för extrema rörelser som islamisk fundamentalism etc. Vattenbristens omfattning i Afrika, där 500 MP redan år 2000 lever i länder med regional vattenbrist på Nedre Coloradobäckens nivå eller värre, innebär en oerhörd hydrologisk utmaning.

Frågan är om hydrologerna är beredda att axla ett vidgat ansvar för kunskapen om vattencykeln för att möta alla dessa problem från klimatförändringens, vattenföroreningarnas, de ekologiska förändringarnas och vattenbristens globala problemsfär. I så fall måste de vidga sitt intresseområde väsentligt och medverka till en snabb vidareutveckling av hydrologiområdet.

NYERE UTVIKLING INNEN 'KALD HYDROLOGI' I NORGE. Arne Tollan, Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og energiverk.

I Norge legges den største innsatsen innen 'kald hydrologi' (dvs. glasiologi, snøhydrologi, isforhold i vassdrag) på operative forhold, og forholdsvis mindre på grunnforskning.

Stasjonsnett for tradisjonelle snømålinger (700-900 stasjoner) finnes nå i nedbørfelt som til sammen dekker 45.000 - 50.000 km², hovedsakelig i områder med avrenning til kraftverksmagasiner. 6 snøputer registrerer kontinuerlig snøens vanninnhold og supplerer det ordinære stasjonsnettet. Den første snøputen i Norge ble etablert i 1968.

Gammastrålingsteknikk, som utnytter snødekkets svekking av bakkens naturlige gammastråling, ble utviklet for norske forhold omkring 1970. Operativ bruk fra fly foregikk i 1970-årene, men er nå avbrutt pga. begrenset nytte ved store snødyp, og problemer med å bestemme metodens nøyaktighet under vekslende forhold.

Betydelig innsats er gjort for å utvikle en snøradar til bruk for å måle snøens vannekvivalent og snødyp. Etter innledende forsøk 1981-83, har feltforsøk pågått de siste par vintre. Foreløpige resultater viser at radaren gir overestimerer under 100 mm vannekvivalent, og at det er problemer med overestimering ved store snømengder, over 1.000 mm, og ved våt snø. Utviklingsarbeidet vil fortsette.

Snøkartlegging ved hjelp av satelitt-bilder, (spesielt NOAA) har vist gode muligheter for operativ bruk i smelteperioden. Flere års databearbeidelse har vist en konsistent relasjon mellom snødekningsgrad beregnet ved bruk av satelitt-bilder og gjenværende snømagasin i prosent av årets totale snømagasin.

Innen glasiologi legges stor vekt på brekartlegging. Breradar (etter islandsk modell) brukes til større kartleggingsoppgaver av subglasial topografi, spesielt i samband med vannkraft-prosjekter. For beregning av spesifikt avløp i nedbørfelt med bredekkete arealer, er kjennskap til subglasial topografi nødvendig (men ikke alltid tilstrekkelig).

I 1986-87 pågår oppdatering og ny-utgivelse av Breatlas over Sør-Norge med ialt 921 bre-enheter. En nyhet i breatlasen blir opplysninger om faregrad for turistferdseil. Sommeren 1986 omkom 7 personer i breulykker i Norge, og informasjonsarbeidet om farene ved ferdseil på bre har blitt intensivert.

Is i vassdrag og vanntemperaturer har vært systematisk undersøkt i Norge siden ca 1950. I de senere årene er vekten bl.a. lagt på etablering av et nasjonalt stasjonsnett (ca 300 stasjoner) for

vanntemperatur med utstrakt bruk av loggerregistrering.

Isproblemer i forbindelse med kraftverksdrift er gjenstand for forskning, bl.a. omkring råkdannelse ved utslipp til innsjøer.

Isoppstuvning av vannstanden påvirker observasjonene ved 60% av de ca 900 norske vannføringsstasjonene. Direkte vintermålinger av vannføringen, og diverse teknikker for databehandling er i bruk for å redusere usikkerheten.

For tiden arbeides det for å etablere permanente hydrologiske stasjoner på Svalbard. Det kan bli tale om 2-3 stasjoner for vannføring, materialtransport og meteorologiske data.

TÍMI OG BREYTILEIKI Í VATNAFRÆÐI. Árni Snorrason, Orkustofnun.

Fyrir þúsundum ára mótuðu mælingar og athuganir Egypta á hinum reglubundnu flóðum Nílar tímatal okkar. Tengdust þar tími, breytileiki og vatn. Þessi tengsl eru enn höfuðviðfangsefni vatnafræðinnar.

Vatnafræðin, ásamt haffræði og veðurfræði, fjallar um hringrás vatnsins í náttúrunni. Mörk þessara vísindagreina hafa verið dregin þannig, að haffræðin fjallar um höfin, veðurfræðin um lofthjúpin og vatnafræðin um vatn á landi. Þessi skil milli fræðigreina eiga sér sögulegar orsakir, sem stafa af hagnýtingu þeirra í þágu óskyldra aðila þjóðfélagsins. Fræðilegar forsendur þessarar skiptingar eru varla fyrir hendi, enda eru frjóustu og mikilvægustu verkefni þessara vísinda einmitt tengsl hafsins, lofthjúpsins og vatnafarsins.

Breytileiki náttúrunnar lýsir sér hvergi betur en í hverfuleika vatns og vinda. Breytileikinn er bæði háður tíma og rúmi og spanna þessi tengsl alla tíma- og staðarskala, allt frá hreyfingum sameinda og örsmárra iðustruma, sem breytast og hverfa með undraverðum hraða, yfir í langtímabreytingar loftslags og vatnafars, sem ná yfir þúsundir ára og til allrar vatnshringrásarinnar.

Flókið samspil er á milli hinna ýmsu þátta í hringrás vatnsins og skil orsaka og afleiðinga oft óglögg. Skilningur á þessu samspili er þó forsenda þess, að hægt sé að spá fyrir um hegðun kerfisins í heild sinni, og um hina einstöku þætti þess. Slíkar spár eru höfuðmarkmið þessara vísindagreina.

Um grundvallarorsök breytileikans eru skiptar skoðanir. Spurningin er, hvort hægt sé að segja fyrir um framtíðarhegðun og ástand vatnshringrásarinnar. Skipa fræðimenn sér þar í tvo hópa. Annarsvegar eru þeir, sem eru sannfærðir um að hægt sé að lýsa ferlum vatnsins á óyggjandi hátt og því sé unnt að segja fyrir um hegðan þeirra þegar nægjanlegar upplýsingar eru fyrir hendi. Hinsvegar eru þeir sem telja, að breytileikinn sé að einhverju leiti a.m.k. afleiðing af hendingarkenndu grundvallareðli náttúrunnar. Því sé ekki hægt að spá um hegðun kerfisins nema með líkindum.

Í dag stöndum við andspænis þeirri staðreynd, að maðurinn hefur breytt svo umhverfi sínu, að við blasir veruleg breyting á orkubúskap jarðarinnar. Afleiðingar þess fyrir loftslag og hringrás vatnsins gætu orðið verulegar. Það kann síðan aftur að hafa áhrif á orkubúskapinn. Við slíkar aðstæður verður ekki lengur unnt að rannsaka hin einstöku ferli vatnshringrásarinnar án þess að taka fullt tillit til afturverkunar kerfisins og innbyrðis tengsla ferlanna. Einnig er ljóst, að ekki er lengur hægt að treysta um of á reynslusambönd fortíðarinnar, því líklegt er, að framtíðin verði verulega frábrugðin nútíðinni og nánustu fortíð. Þetta kallar því á mun dýpri skilning á eðli vatnshringrásarinnar. Sá skilningur verður að byggja á sem

22.-23. okt. 1987

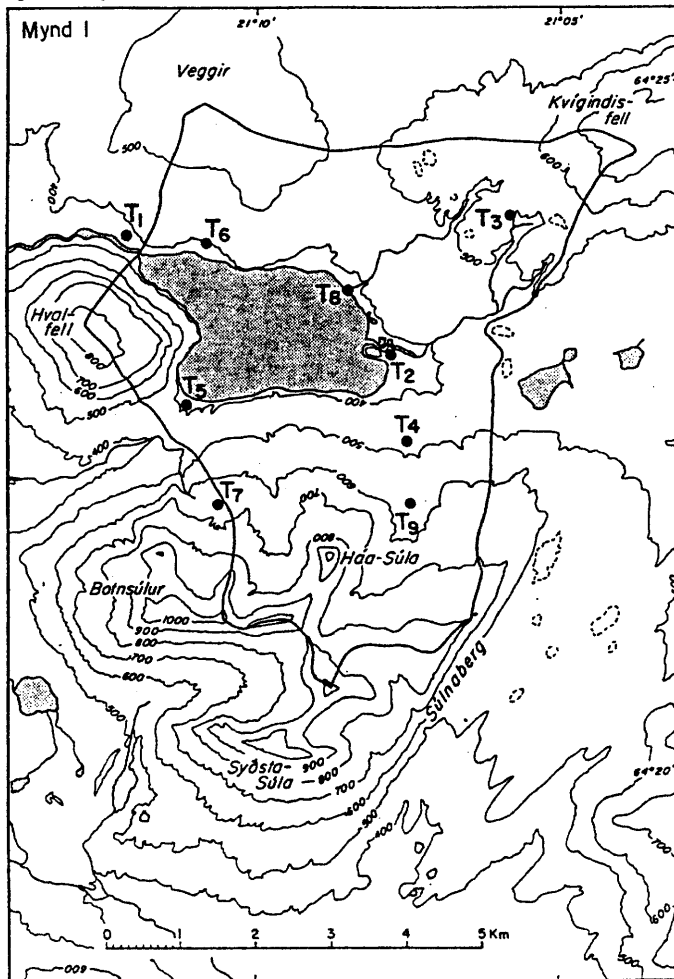
Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

fullkomnastri lýsingu á grundvallareiginleikum kerfisins, eigi að vera hægt að segja fyrir um framtíðarhegðan þess. Lausn þessa viðamikla viðfangsefnis mun verða verðugt verkefni vísindamanna nútímans og kallar á umfangsmeiri samvinnu og samhæfingu þeirra, en áður hefur þekkt.

NÍU ÚRKOMUMÆLAR VIÐ HVALVATN. Adda Bára Sigfúsdóttir, Veðurstofu Íslands.

Árið 1947 var að ósk raforkumálastjóra var hafist handa við úrkomumælingar við Hvalvatn í þeim tilgangi að kanna úrkomu á skýrt afmörkuðu vatnasvæði. Afrennismælingar voru gerðar í Botnsá skammt frá ósnum. Veðurstofan sá um úrkomumælingarnar og Vatnamælingar um rennslismælingar, (mynd 1).



Úrkomumælar við Hvalvatn.

T ₁ Breiðfoss 390 m	T ₄ Súlakvísl 470 m	T ₇ Súlaskál 670 m
T ₂ Skinnhúfufloi 380 m	T ₅ Hvalskarð 380 m	T ₈ Veggjadalur 380 m
T ₃ Kvígindisfell 500 m	T ₆ Miðhöfði 400 m	T ₉ Háa-Súla

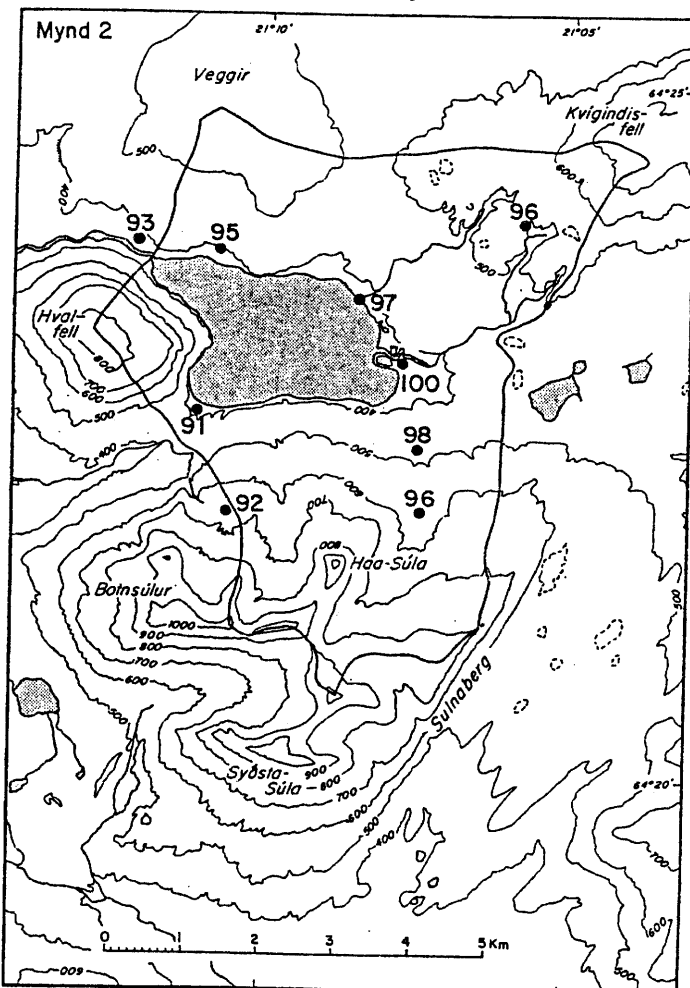
Það var mikið og erfitt verk að reisa úrkomusafnmæla við vatnið og upp í Súlnahlíðar. Fyrsta veturinn valt einn mælir af fjórum sem þá höfðu verið reistir og eftir það var enn tryggilegar gengið frá mælunum. Síðasti mælirinn var reistur 1955. Mikil vandvirkni var viðhöfð við

mælingarnar, og í fyrstu var magn úrkomu í mælunum bæði ákvörðuð með því að mæla dýpt að vatnsfleti, og með því að veða það sem úr mælinum kom, þegar þeir voru tæmdir að haustlagi. Einnig voru vökvasýni efnagreind um nokkurt skeið.

Fram um 1960 voru mælarnir tæmdir með því að skrúfa frá botnkрана, en erfitt var að fá þá nægilega þétta og var því farið að dæla upp úr mælunum en botnkrönum lokað með þéttiefni.

Upp úr 1970 var farið að fækka mælum, og nú haustið 1987 eru 3 eftir: T₂ í Skinnhúfuflóa, T₄ við Súlnakvísl og T₉ við Háu-Súlu.

Við heildarathugun á þessum mælingum var fyrst könnuð og skráð ævisaga hvers mælis samkvæmt ferðaskýrslum.



Fylgni mæla við T₂ í Skinnhúfuflóa.

Mælirinn í Skinnhúfuflóa hefur staðið lengst og þar vantar aðeins mæligildi fyrir 1 ár. Þessi mælir var því valinn sem grunnmælir og reiknuð fylgni annarra mæla við hann, (mynd 2). Mælarnir austanvert við

vatnið sýna allir sterka fylgni við Skinnhúfufloamælinn T_2 , en lókust er hún í Hvalskarði T_5 , í Súlnaskál T_7 og við ós vatnsins T_1 .

Frá hausti 1950 til hausts 1986 eru til 230 tölur fyrir ársúrkomu í mælunum en 10 gildi vantar vegna óhappa. Með því að áætla 9 ársúrkomutölur á árunum 1951 til 1955 fyrir þá mæla, sem síðast voru reistir og einnig þau 7 stöku gildi, sem vantaði á tímabilinu, má fá 20 ára meðaltal fyrir alla mæla. Notaðar voru regressionslínur miðaðar við Skinnhúfufloa T_2 , þegar fylgnin var 95 eða meiri en annars stuðst við fleiri mæla. Til þess að kanna enn frekar innbyrðis samræmi mæla voru uppsafnaðar ársúrkomutölur hvers mælis merktar á millimeterpappír á móti meðaltali allra mæla. Þessi athugun sýndi stöðugt hlutfall allra mæla við heildar meðaltalið nema fyrir Hvalskarð T_5 og Súlnaskál T_7 , þar sem lítils háttar óreglu gætti.

Að þessari athugun lokinni var 20 ára meðaltal reiknað fyrir alla mæla, (mynd 3). Skýrt kemur fram á myndinni hve úrkoman minnkar mikið frá rótum Súlna og norður yfir vatnið sem er aðeins um 2 km á breidd. Úrkoma á norðurbakka er um 65% af úrkomu á suðurbakka. Mælirinn í Kvígindisfelli gefur til kynna að úrkoma fari síðan vaxandi með hæð norður og austur á bóginn en ekki sérlega ört. Draga má 2000 mm línu við suðurbakka vatnsins, en erfitt er að gera sér fullnægjandi mynd af úrkomunni í hlíðum Súlna. Mælt hámark er í 470 m hæð, en 100 mm minna er í 670 m hæð og tæplega 400 mm minna í 530 m hæð. Í hinu hrikalega landslagi Súlna er því ekki fundin nein ákveðin úrkomuaukning með hæð. Það má gera sér í hugarlund að úrkomuna beri að hluta til norður yfir hátindana og því gæti verið um raunverulegt úrkomuhámark í miðjum hlíðum að ræða, en myndin er væntanlega mun flóknari.

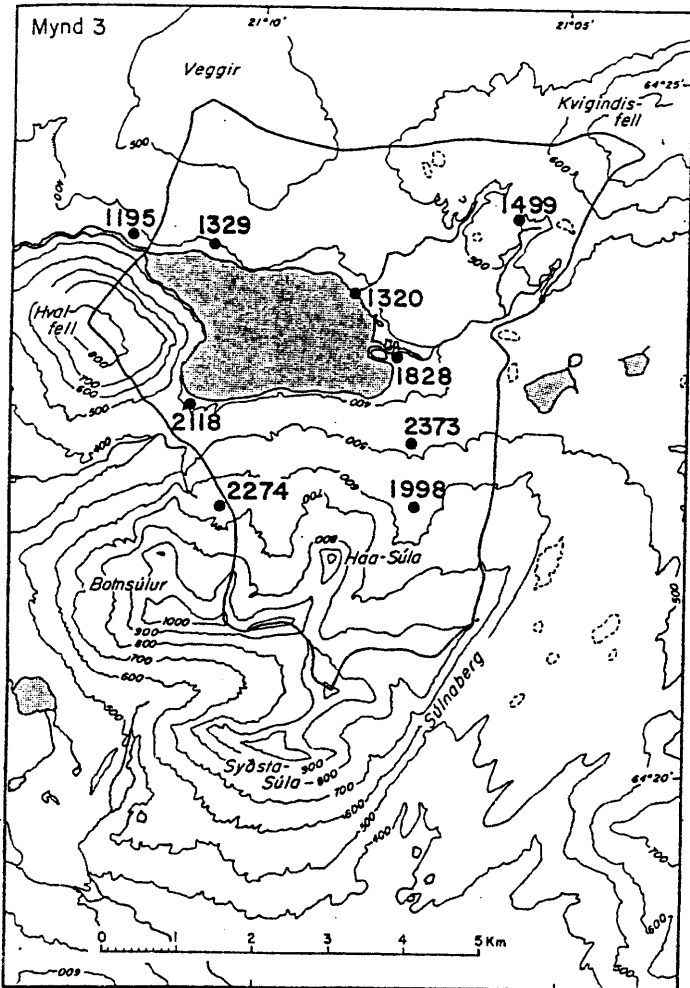
Þess ber að gæta að þau meðaltöl sem hér eru skráð sýna aðeins það sem mælt hefur, en í úrkomusafnmælum mælist alltaf mun minna en í venjulegum mælum, þar sem daglega er mælt, samb. erindi Flosa H. Sigurðssonar.

Úrkomutölur safnmælanna við Hvalvatn voru að lokum bornar saman við mæla á nokkrum stöðvum í byggð. Fylgni mælisins í Skinnhúfufloa við Reykjavík reyndist 89 og hlutfall mældrar meðalúrkomu $T_2/Rvk=2.3$.

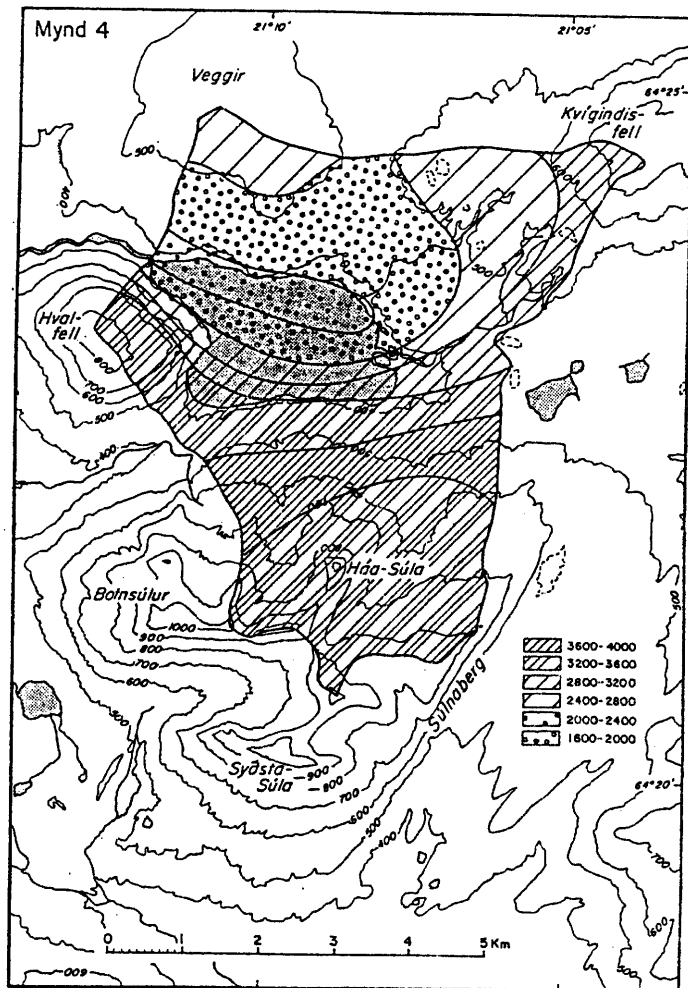
22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ



Meðalúrcoma mæld í safnmælum 1951-1970.



Mynd 4. HVALVATN. MEÐALÚRKOMA 1951-70, mm.

Mæld úrkoma + L_1 + L_2 , þar sem:

L_1 - Leiðrétting til samræmis við stöðvarmæla (25-35%)

L_2 - Leiðrétting til samræmis við úrkomu við jörð (25%)

VATNSBÚSKAPUR SMÁVIRKJANA. Albert Guðmundsson, Rafmagnsveitum ríkisins.

Rafvæðing Íslands er almennt talin hefjast árið 1904 þegar fyrsta vatnsaflsstöðin var reist í Hafnarfirði. Á næstu þremur áratugum voru síðan settar upp vatnsaflsstöðvar víða um land. Voru þær allar litlar en stærst var Elliðaárstöðin, sem var byggð af Rafmagnsveitu Reykjavíkur. Fyrsti áfangi hennar var tekin í notkun árið 1921.

Með lögum frá 1933 fékk Reykjavíkurbær sérleyfi til fyrstu virkjunar í Sogi, sem tók til starfa árið 1937. Af öðrum virkjunum frá þessum árum í eigu sveitarfélaga má nefna Laxárvirkjun 1939, Skeiðsfossvirkjun 1945 og Andakílsárvirkjun 1947.

Með raforkulögum, sem samþykkt voru á Alþingi árið 1946 var embætti raforkumálastjóra stofnað. Þá voru með lögum stofnaðar Rafmagnsveitur ríkisins og Héraðsrafmagnsveitur ríkisins, sem ætlað var að starfa sem sjálfstæðar deildir innan embættisins.

Megin verkefni Rafmagnsveitnanna skyldi vera raforkuöflun ýmist með eigin vinnslu eða með því að kaupa hana af öðrum orkuframleiðendum og dreifing um héruð landsins.

Með raforkulögum var sú ákvörðun tekin, að ríkið skyldi vera eini virkjunaraðilinn í landinu, nema annað yrði ákveðið með sérstökum lögum.

Í kjölfar raforkulaganna var gert mikið átak í virkjunum á vegum fyrirtækisins. Gönguskarðsárvirkjun við Sauðárkrók var fyrsta virkjunin, sem byggð var. Var hún tekin í notkun árið 1949. Þá Rjúkandavirkjun við Ólafsvík og Þverárvirkjun við Hólmavík 1954, Laxárvatnsvirkjun (stækkun) við Blönduós, Mjólká I í Arnarfirði og Reiðhjallavirkjun í Bolungarvík 1958, Grímsárvirkjun á Austurlandi 1958, Smyrlabjargaárvirkjun í Suðursveit 1970, Lagarfossvirkjun á Austurlandi og Mjólká II í Arnarfirði árið 1975.

Rafmagnsveiturnar yfirtóku Garðsárvirkjun og Fjarðarárvirkjun stuttu eftir stofnun þeirra. Þegar Orkubú Vestfjarða var stofnað tók það yfir rekstur Mjólkárviðvirðunar, Reiðhjallavirkjunar og Þverárvirkjunar.

Árið 1946 voru einnig samþykkt ný lög um virkjun Sogsins, þar sem Reykjavík var veitt sérleyfi til virkjunar alls Sogsins. Í samræmi við þessi lög var virkjun þar haldið áfram og 1953 var Írafosstöðin tekin í notkun, Steingrímsstöð 1960 og stækkun Írafosstöðvarinnar 1964.

Á Norðurlandi var uppbygging virkjana einnig haldið áfram. Þannig var Laxá II tekin í notkun árið 1953 og Laxá III árið 1973. Í dag eru virkjanir flokkaðar eftir stærð á þann hátt, að þær sem eru stærri en 10 MW eru kallaðar stórvirkjanir. Smávirkjanir köllum við þær virkjanir sem eru á bilinu 10 MW og niður í 100 kW, og örvirkjanir eða bændavirkjanir eru þær sem eru minni en 100 kW. Eru því allar virkjanir landsins, nema þær sem virkjaðar eru í Soginu og Þjórsá svokallaðar smávirkjanir og því þar með allar virkjanir Rafmagnsveitnanna.

Virkjanir, sem flokkaðar eru í dag sem smávirkjanir þóttu ekki neinar smávirkjanir í þá daga er þær voru byggðar. Sumar voru byggðar til að þjóna ákveðnu sveitarfélagi, en aðrar til að þjóna ákveðnu héraði eða landshluta. Sem dæmi má nefna Rjúkandavirkjun, sem er 800 kW, var virkjuð fyrir Ólafsvík, Hellissand, Rif og Grundarfjörð, sveitir Snæfellsnessýslu og Stykkishólm. Þá var Mjólka I 2400 kW virkjuð fyrir Vestfirði.

Eins og að líkum lætur, byggist rekstraröryggi vatnsaflsvirkjana fyrst og fremst á því, að til vélanna berist alltaf nægilega mikið af hreinu og góðu vatni, og sem jafnast rennsli, allt árið um kring.

Ef hið virkjaða vatnsfall hefir mjög mismunandi rennsli eftir árstíðum, reyna menn að safna vatninu saman í lón eða önnur vötn, sem eru á leið árinna, til þess að geta svo haft vald á rennslismagninu til virkjananna eftir þörfum.

Séu slík vötn eða lón ekki til frá náttúrunnar hendi, reyna menn að búa þau til með stíflum í farvegum ána, þar sem landslag er heppilegt til þess og miðla síðan vatninu úr þessum lönunum til virkjananna eftir þörfum á hverjum tíma.

Þessi lón gera meira en að safna vatninu til miðlunar, í þau safnast líka efni, sem með vatninu berast, svo sem snjór, krap, ísruðningar, aurframburður og annað, sem með vatninu berst og gæti valdið rekstrartruflun.

Þær virkjanir, sem ekkert miðlunarlón hafa, eða lítið, eru kallaðar rennslisvirkjanir og eru að öðru jöfnu taldar hafa minna rekstraröryggi en þær, sem hafa miðlunarlón. Aflgeta þessara rennslisvirkjana getur því aldrei orðið meiri en vatnsrennslið í ánni leyfir á hverjum tíma, en getur svo orðið miklu meiri, þegar flóð eru í ánni, að því marki sem stærð vélanna setur.

Ef lítið er á nýtingartíma hjá virkjunum Rafmagnsveitnanna sést að hann er yfirleitt góður, ef frá eru talin fyrstu rekstrarárin á meðan ekki var þörf á fullu álagi.

Áður en samtenging landskerfins kom til var hver einstök virkjun nær ómissandi fyrir raforkukerfið. Ef orkuframleiðsla minnkaði vegna vatnsskorts eða ef rekstrartruflun átti sér stað t.d. vegna íss eða krap kostaði það í mörgum tilfellum straumleysi.

Var því nauðsynlegt að setja upp díselvélar til að keyra með í slíkum tilfellum. Einnig var, þegar tímar liðu, nauðsynlegt að keyra með vatnsvélinni, vegna þess að hún annað í ekki álagsþörfinni.

Með samtengingu landskerfisins hefur hlutverk smávirkjana breyst. Áður fyrr voru þær grunnafsvirkjanir og orkuvinnsla þeirra bundin af álagi á hverjum tíma og því oft gengið mjög á miðlanir fremur en að framleiða orku með díselvélum. Í dag eru þessar virkjanir hins vegar að hluta nýttar sem toppstöðvar eða varastöðvar. Rekstri þeirra er því hagað þannig að leitast er við að eiga næganlegt vatn til að mæta álagi á þeim tímum, sem það er mest en þess á milli er oft dregið verulega úr orkuvinnslu til að safna vatni.

ÞÓRISVATNSPANKAR. Árni Hjartarson og Snorri P. Snorrason, Orkustofnun.

Þórisvatn er "móbergsmýndunarvatn" stemmt uppi af móbergs- og bólstrabergshryggjum sem liggja að því að austan, sunnan og vestan en við Þórisós að norðan var því haldið uppi af hraunstíflu. Lægðin sem vatnið er í hefur orðið til þegar Launöldumyndunin hlóðst upp einhverntíma á síðasta jökulskeiði í dal sem teygði sig frá Þóristungum inn milli hryggjana.

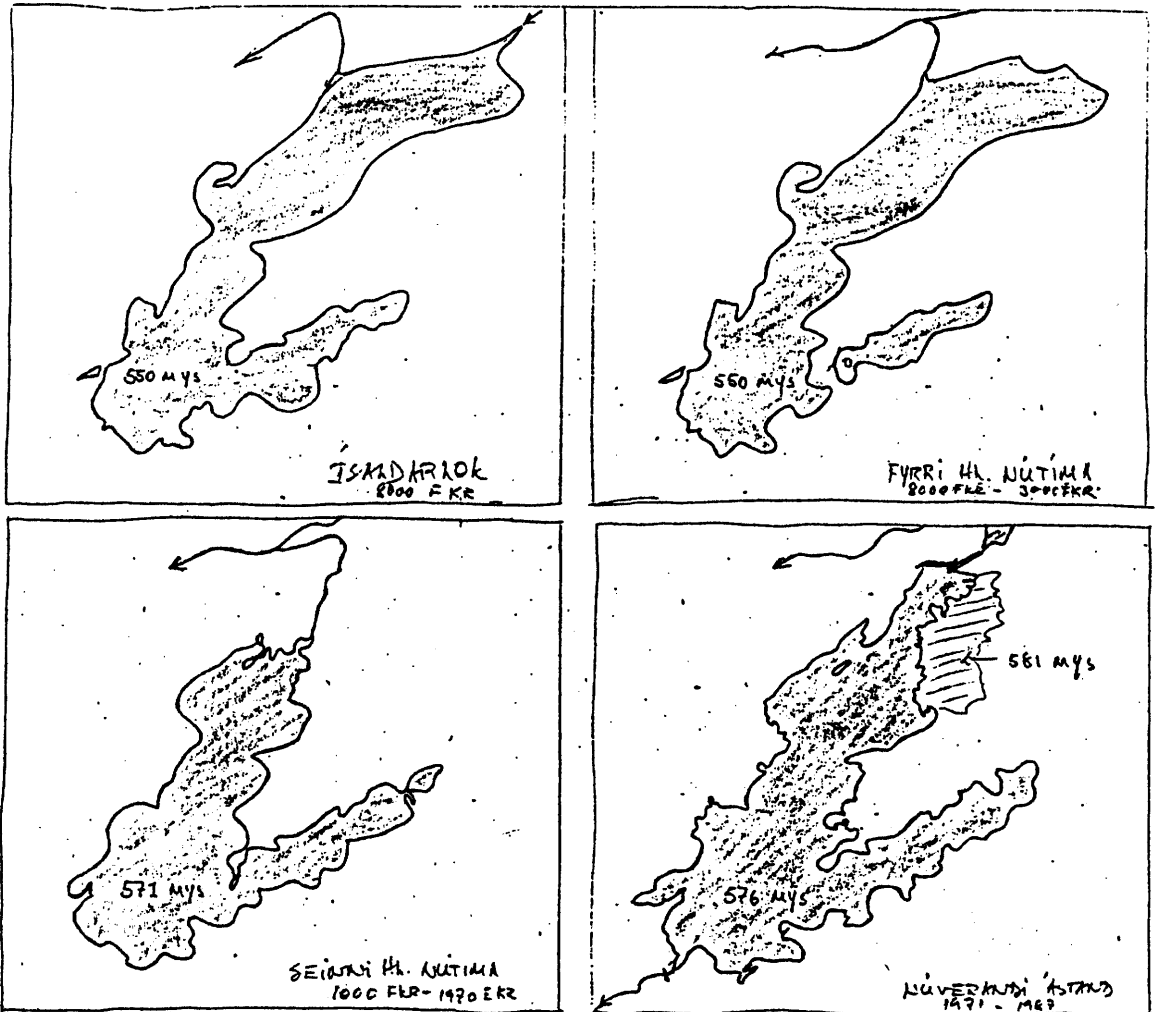
Jökulrispur sýna, að síðustu jökultungur ísaldarjökulsins yfir Þórisvatni hafa hopað til austurs. Fyrstu merki Þórisvatns hafa því birst sem jökullón við vesturströnd vatnsins. Við áframhaldandi bráðnun jökulsins hefur vatnið síðan fengið útfall til suðurs vestan Vatnsfells þar sem nú er Vatnsfellsskurður. Á öllum þessum stöðum hefur rennslið þó verið skammvinnt því fljótlega eftir að bóla fór á vatninu undan jökulsvellinu hefur útfall þess við Þórisós orðið ísfrítt. Framan af nútíma hefur vatnsborð vatnsins staðið nokkru lægra en síðar varð. Menjar lægra vatnsborðs sjást m.a. á grynningum í vatninu og landgrunnsbrún í ca. 550 m y.s. þar sem gamla ströndin var. Þá er einnig næsta sennilegt að vatnið hafi teygst sig lengra til norðurs og austurs en það gerir nú, á þeim slóðum sem Veiðivatnahraunið þekur milli Ósskafts og Útigönguhöfða. Hugsanlegt er að Kaldakvísl hafi þá fallið í Þórisvatn norðan við Útigönguhöfða og úr því aftur um Þórisós.

Snemma á nútíma verður gos á sprungu austan til við Þórisvatn. Þá myndaðist Skeifuhraun og líklega túffgígurinn Brandur. Gosið hefur átt sér stað rétt við ströndina og fyllt upp dálítinn bug sem þar var. Vatnið hefur strax tekið að rjúfa gíginn niður og mynda eiði sem að lokum skildi Austurbotna frá aðalvatninu. Þá hafa verið tvö vötn í Þórisvatnslægðinni.

Jarðvegssnið í Vatnsfellsskurði sýna að fyrir um 3000 árum varð vatnsborðshækkun í Þórisvatni Ástæðan var gos í eldstöðvum í Heljargjá austur af vatninu. Frá þeim rann Veiðivatnahraun út í norðurenda vatnsins og stíflaði upp ósinn. Þótt Þórisvatn hafi hækkað og dýpkað um rúma 20 m í þessum eldsumbrotum, virðist flatarmál þess hafa minnkað, því hraunið rann út í norðaustur hluta vatnsins á breiðum kafla og þrengdi að því þar. Eftir þetta gos hefur Þórisvatn ekki tekið verulegum breytingum af náttúrunnar völdum. Vatnsborð þess var í 571 m til skamms tíma og afrennsli þess var til norðurs um Þórisós þar sem féllu að meðaltali um 10-15 m³/s af lindavatni til Köldukvíslar.

Í árslok 1971 taka að verða breytingar á Þórisvatni, sem enn er ekki séð fyrir endann á. Köldukvísl var veitt inn í vatnið úr norðri og Vatnsfellsskurður grafinn suður úr því. Í framhaldi af því breyttist Þórisvatn úr blátæru lindavatni í grænleitt jökulvatn og stærsta miðlunarlón Íslands.

ÞRÓUN ÞÓRISVATNS



Vatnsbúskapur Þórsvatns ræðst ekki einvörðungu af frómu óskum þeirra manna sem stjórna lokubúnaði í Vatnsfellsskurði og ágirndarborðum við Sauðafell. Tveir grunnvatnsstraumar gefa vatninu innspýtingu úr norðaustri uppá 10-15 m³/s. Sjálft heldur það uppi miklu grunnvatnsstreymi til Þóristungna og veldur bakvatnsáhrifum vítt umkring.

MARKMIÐ OG FRAMTÍÐARSKIPULAG VATNAMÆLINGA Á ÍSLANDI. Árni Snorrason, Orkustofnun.

Á undangengnum árum hefur umfjöllun fræðimanna um vatnamælingar og vatnamælingakerfi aukist verulega. Ástæðurnar má einkum rekja til þess, að gagnaöflun verður sífellt viðameiri og dýrari, og að oft gætir verulegs ósamræmis milli þeirra gagna sem völ er á og þeirra sem þörf er á. Í þessu erindi er ætlunin að kynna nokkur hugtök og aðferðir, sem að gagna geta komið við lausn slíkra vandamála. Jafnframt verður fjallað um hugmyndir að framtíðarskipulagi vatnamælinga á Íslandi.

Fæst vatnamælingakerfi hafa verið byggð upp eftir fyrirfram ákveðnu skipulagi og á það við um Ísland ekki síður en önnur lönd. Uppbygging þeirra hefur einkum mótast af því að leysa vandamál líðandi stundar innan þess ramma, sem þá telst skynsamlegur. Þessu samfara er oft tregða til að endurskoða starfsemina og leggja niður mælistöðvar sem eru þegar í rekstri, en teljast óþarfar. Af þessum sökum verður kerfið gloppótt og ófullkomið þrátt fyrir það, að stærð þess kunni að vera meira en fullnægjandi. En of stórt kerfi og ómarkviss starfsemi leiðir svo til þess að rekstur kerfisins verður of þungur og þar með rýrna gæði þeirra gagna, sem aflað er. Afleiðingar alls þessa eru síðan þær, að taka verður mikilvægar ákvarðanir á grundvelli ófullnægjandi upplýsinga.

Veigamesta forsenda þess, að rekstur og uppbygging vatnamælingakerfis sé fullnægjandi, er að markmið starfseminnar séu skýr og afdráttarlaus og í fullu samræmi við þarfir þeirra, sem upplýsingarnar nota. Markmið þessi verða að vera í sífelldri endurskoðun vegna breyttra aðstæðna. Á þetta bæði við, hvað varðar kerfið sjálft svo og kröfur þeirra, sem á upplýsingum þurfa að halda.

Á síðari árum hefur verið reynt að þróa aðferðir til þess að byggja upp vatnamælingakerfi á sem skynsamlegastan hátt. Mikilvægustu þættirnir lúta að upplýsingagildi gagnanna, notagildi þeirra og kostnaðinum við öflun þeirra. Þegar finna skal kerfi, sem gefur mestar upplýsingar um mikilvægustu þættina með sem minnstum tilkostnaði, er að jafnaði reynt að tengja saman vatnafræðilegar forsendur og markmið með aðstoð tölfræðilegra aðferða og kerfisfræði.

Á síðastliðnu ári hefur verið unnið að því að skilgreina hlutverk vatnamælinga á Íslandi, framtíðarskipulag mælinganna og tengsl þeirra aðila, sem mestra hagsmuna hafa að gæta. Grunnurinn að slíkum skilgreiningum er sá að flokka vatnshæðarmælistöðvar kerfisins eftir því hvert meginhlutverk þeirra er. Þessir flokkar eru:

Flokkur I. Vatnsbúskaparstöðvar. Tilgangur þeirra er sá, að mæla heildareinkenni vatnasviðsins, án tilliti til þess, hvort um áhrif framkvæmda er að ræða eða ekki. Mælingar stöðvarinnar eiga að vera viðmiðun annarra stöðva og jafnframt eiga þær að tryggja, að bæði mælingar og útreikningar á svæðinu séu "rétt", eða fullnægjandi. Stöðin

á að vera starfrækt lengi, með góðu rekstraröryggi og nákvæmni. Rekstur vatnsbúskaparstöðva er að jafnaði upphaf mælinga á stærri vatnasviðum. Í þessum flokki eru 21 stöð í rekstri.

Flokkur II. Svæðisstöðvar. Tilgangur þeirra er sá, að greina einkenni rennslispátta og einkenni vatnasviða, þ.e. aðgreining rennslispátta í tíma og rúmi. Þekking á mældu röðinni á að vera yfirferanleg á önnur svæði og liggur því til grundvallar við svæða- og þáttgreiningu rennslis. Einnig liggur röðin til grundvallar við gerð líkana að vatnafræðilegri hegðan svæðisins, og þeirra svæða, er hafa hliðstæð einkenni. Rekstur vatnshæðarmæla í þessum flokki er með sama hætti og fyrir flokk I og má líta á stöðvar í þessum tveim fyrstu flokkum sem grunnstöðvar. Í flokki II eru 40 stöðvar í rekstri.

Flokkur III. Samanburðarstöðvar. Þessar stöðvar eru byggðar vegna áætlana eða hönnunar mannvirkja til nýtingar vatnsins. Því er miðað að tímabundnum mælingum og er tilgangur mælinganna fyrst og fremst sá að afla nægilegrar þekkingar um vatnafræði svæðisins, þannig að hægt sé að finna tengsl þess við vatnafarsþætti mælda annarsstaðar. Rekstur stöðvanna er því tímabundinn og öryggi og nákvæmni mælinga eftir atvikum. Í þessum flokki eru 27 stöðvar í rekstri.

Flokkur IV. Verkefnabundnar stöðvar. Þessar stöðvar miða að mælingum á ákveðnum þáttum vegna ákveðinna verkefna. Tímalengd mælinga fer eftir atvikum og svo er einnig um öryggi og nákvæmni þeirra. Flokkur þessi hefur allmarga undirflokka og má nefna eftirfarandi flokka: a) rekstrarstöðvar, b) eftirlitsstöðvar, c) spástöðvar, d) umhverfisstöðvar. Fleirri flokka má hugsa sér. Í flokki IV er 31 stöð í rekstri.

Flokkur V. Rannsóknarstöðvar. Tilgangur þessara stöðva eru nákvæmar mælingar á hinum ýmsu þáttum vatnakerfisins í vísindalegu skyni. Einnig miða þær að tilraunum með nýjungar í mælitækni. Tímabil mælinga er að jafnaði stutt, en mælingar mjög öruggar og nákvæmar. Aðeins ein stöð er í rekstri ú þessum flokki.

TVÍVETNISAUKINN Á ISLANDI. Árný Erla Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen, Raunvísindastofnun Háskólans

Á sjötta áratugnum uppgötvuðu menn línuleg tengsl milli samsætuhlutfalls súrefnis ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) og vetnis (D/H) í árlegum meðalgildum úrkomu, sem ekki hafði orðið fyrir öðrum áhrifum en uppgufun sjávar og síðan þéttingu (Craig, 1961, Dansgaard, 1964). Þessi línulegu tengsl, sem kölluð eru "úrkomulína" (meteoric line) eru mismunandi eftir svæðum, en fyrir norðurhvel jarðar var eftirfarandi líking sett fram (Craig, 1961); $\delta\text{D} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10$. Þannig átti mælt δD og $\delta^{18}\text{O}$ grunnvatns, sem ekki hafði orðið fyrir samsætuskiptum (isotopic exchange) við berg, að fylgja ofangreindri línu. Tvívætisauki er skilgreindur sem $d = \delta\text{D} - 8 \cdot \delta^{18}\text{O}$, hann er því samkvæmt úrkomulínunni, 10 o/oo fyrir norðurhvel jarðar. Nýlega hefur verið sýnt fram á að nota megi tvívætisaukann til að segja fyrir um uppgufunarsvæði úrkomunnar (Johnsen et al., 1987).

Bragi Árnason (1975) mældi vetnishlutfallið (δD) í fjölda grunnvatnssýna víðs vegar af Íslandi. Í hluta þessara sýna var súrefnishlutfallið ($\delta^{18}\text{O}$) einnig mælt. Mælingarnar staðfestu að allt grunnvatn á landinu, bæði heitt og kalt, er að uppruna úrkoma. Jafnframt sýndu þessar mælingar að δD og $\delta^{18}\text{O}$ í úrkomu og köldu grunnvatni fylgja línu með sama halla og úrkomulína norðurhvels jarðar, en með lægri tvívætisauka, þannig að líkingin $\delta\text{D} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 6$ lýsir betur hinum íslensku gögnum. Er þetta í samræmi við mælingar á úrkomusýnum frá Reykjavík, sem gerðar voru á svipuðum tíma í Vín (IAEA). Með tilkomu fullkomnari og afkastameiri massagreinis hér heima hafa nú opnast leiðir til að rannsaka nákvæmar þessi tengsl súrefnis og vetnissamsæta í vatni. Í erindinu verður fjallað um nýjar mælingar á súrefni og vetni í íslensku vatni og tvívætisaukinn notaður til að segja fyrir um eðli og uppruna úrkomunnar. Svo virðist sem þessi nýju gögn gefi aðra mynd af tvívætisaukanum en áður fékkst, sem hugsanlega má rekja til veðurfarabreytingar.

Mælingar voru m.a. gerðar á vetrarlagi Vatnajökuls. Fyrri hluta sumars 1986 og 1987 voru boraðar holur í gegnum vetrarlag jökulsins við Grímsvötn. Samsætusnið í gegnum þessi vetrarlög eru einkennandi fyrir þíðjökla, þar sem súrefnisgildin liggja á bilinu -7 o/oo til -20 o/oo, en vetnisgildin -51 o/oo til -148 o/oo. Tvívætisaukinn liggur aðallega á bilinu 12 o/oo til 18 o/oo, en bæði efst og neðst í holunni er hann < 10 o/oo og verður lægst 5.5 o/oo.

Kalt grunnvatn á Þingvallasvæðinu hefur verið rannsakað ítarlega og virðast súrefnis- og vetnisgildi þess falla mjög vel að hinni viðurkenndu úrkomulínu norðurhvelsins, með tvívætisaukann 10 o/oo.

Úrkomu á Írafossi hefur verið safnað reglulega (dagsýni) frá í janúar 1987, til samsætu og efnagreininga. Mikill munur er á deltagildum sýnanna og einnig tvívætisaukanum. Þegar $\delta^{18}\text{O} < -7$ o/oo fylgja mælingarnar mjög vel úrkomulínu Craigs ($d=10$ o/oo), en við hærri

delta gildi hækkar tvívetnisaukinn í hluta sýnanna og kemst hæst í 23 o/oo (við $\delta^{18}\text{O} = -2.4$ o/oo). Þessar niðurstöður benda til mismunandi uppruna úrkomunnar.

Nokkrum úrkomusýnum (snjó) var safnað í Reykjavík (utan við Raunvísindastofnun Háskólans) síðastliðið vor og liggja $\delta^{18}\text{O}$ gildi sýnanna á bilinu -7 o/oo til -15 o/oo og tvívetnisaukinn frá 15 o/oo til 26 o/oo. Gögnin benda til meiri halla en 8 á $\delta\text{D} - \delta^{18}\text{O}$ sambandinu. Samkvæmt nýlegum rannsóknum (Johnsen et al., 1987) benda þessar niðurstöður til norðlægs uppruna úrkomunnar.

Rétt er að leggja áherslu á að hér er um frumvinnu að ræða og því má búast við, með áframhaldandi mælingum og gagnasöfnun, að sú mynd sem hér hefur verið dregin upp af tvívetnisaukanum á Íslandi, eigi eftir að þróast og breytast.

Tilvitnanir.

Bragi Árnason, 1975: Groundwater systems in Iceland traced by deuterium. Science Institute, University of Iceland, 255 pp.

Craig H., 1961: Isotopic variations in meteoric waters. Science 133, 10702 - 10703.

Dansgaard W., 1964: Stable isotopes in precipitation. Tellus 16, 436 - 468.

Johnsen S.J., Dansgaard W., White J.W.C., 1987: The origin of arctic precipitation under present and glacial conditions. Tellus (sent til birtingar).

UPPRUNI HVERA OG LAUGA Á ÍSLANDI. Axel Björnsson, Guðni Axelsson og Ólafur G. Flóvenz, Orkustofnun.

INNGANGUR.

Frá því rannsóknir hófust á hverum og laugum á Íslandi hafa hugmyndir um uppruna jarðhitavatns og eðli jarðhitasvæða verið margar og mismunandi. Skoðanir eru enn skiptar um rennslisleiðir jarðhitavatnsins og á hvern hátt það fær varma sinn úr berginu. Við rekjum hér stuttlega helstu hugmyndir um lághitasvæðin og ræðum ýmis gögn er varpa ljósi á eðli þeirra. Síðan fjöllum við nánar um það líkan, er við teljum vera í bestu samræmi við fyrirbyggjandi gögn.

ÞRÓUN HUGMYNDA.

Flestir vísindamenn, sem rannsakað hafa jarðhita á þessari öld komast að þeirri niðurstöðu að jarðhitavatnið sé að uppruna úrkomuvatn, sem nær að seytla djúpt niður í jarðskorpuna. Þar hitnar það og leitar síðan upp til yfirborðs í hverum og laugum. Eldri hugmyndir um að jarðhitavatn sé ættað úr kviku eiga vart við rök að styðjast. Vegna augljósra tengsla eldvirkni og jarðhita á háhitasvæðum voru þó flestir þeirrar skoðunar að hraunkvika eða kólnandi innskot í jarðskorpunni væru einnig meginhitagjafi lághitasvæða. Trausti Einarsson (1942) hrakti þessa skoðun með ítarlegum rannsóknum lauga á Norðurlandi. Hann taldi að hinn stöðugi varmastraumur úr iðrum jarðar væri hitagjafi lághitasvæðanna og að jafnvægi ríkti á milli hins almenna varmastraums og upphitunar djúps grunnvatnsstraums (steady state model). Gunnar Böðvarsson (1950) telur hins vegar að þetta æstæða (stationary) líkan geti engan veginn skýrt afl stærstu lághitasvæðanna. Hann leiddi líkur að því að jarðhitasvæðin væru tímabundin fyrirbæri (transient phenomena) sem tækju upp varma úr nærliggjandi berglögum. Bragi Árnason (1976) mældi tvívetnisísótópa í íslensku vatni og komst að þeirri niðurstöðu að jarðhitavatnið væri að uppruna úrkoma sem félli á hálendinu og rynni neðanjarðar á nokkurra kílómetra dýpi. Hann taldi að upphitun þess væri í samræmi við líkan Trausta.

GÖGN UM LÁGHITASVÆÐI.

Miklar nýjar upplýsingar hafa fengist um eðli lághitakerfanna á undanförunum árum. Mælingar í borholum sýna að lektargildi, sem notuð hafa verið í æstæðu líkani Trausta og Braga um uppruna lághitans, eru a.m.k. einni stærðargráðu of há. Það leiðir til þess að grunnvatnsstraumur af hálendinu, djúpt í jörðu, er of hægur til að skýra það magn af heitu vatni sem flæðir til yfirborðs á lághitasvæðunum. Hitamælingar í djúpum borholum á lághitasvæðum sýna að bergið er mun heitara ofan tiltekens dýpis en ætla mætti út frá svæðisbundnum hitastigli, en mun kaldara þar fyrir neðan. Þetta verður ekki skýrt á annan veg en að staðbundin hringrás nemi varma neðan ákveðins dýpis og flytji hann upp í efri jarðlög og til yfirborðs. Einnig sýnir tilraun

Þar sem sett var niður kenniefni í niðurstreymi jarðhitakerfis í Ölfusi að þar á sér stað mjög virkt varmanám úr bergi og að hringrásin er mjög hröð og staðbundin. Þessi gögn eru í mótsögn við æstæða líkanið, einkum hvað upphitun jarðhitavatsins varðar. Hvort jarðhitavatnið er að uppruna úrkoma, sem fallið hefur á hálendinu eða ekki, skiptir því ekki máli fyrir eðli jarðhitasvæðanna. Þar ráða staðbundnar aðstæður mestu. Greiningar á stöðugum samsætum eins og tvívetni geta engu að síður verið gagnlegar við að greina sundur mismunandi vatnskerfi. Hins vegar teljum við að ályktanir sem dregnar hafa verið um rennslisleiðir heita vatnsins út frá samanburði við tvívetni í úrkomu séu mikilli óvissu undirbunna. Má í því sambandi benda á að á nokkrum stöðum finnast lægri tvívetnisgildi en í úrkomu hérlendis. Einnig svara hlutföll súrefnis- og tvívetnissamsæta í heitu vatni í Eyjafirði ekki til sömu hlutfalla og finnast í úrkomu nú á dögum.

HRÆRING OG VARMANÁM.

Tiltæk gögn sýna að flest lághitasvæðin einkennast af staðbundinni hræringu (convection) og að rennslirásir vatnsins eru sprungur, oft lóðréttar, sem í mörgum tilfellum fylgja göngum. Í ljósi þessa hefur Gunnar Böðvarsson (1982, 1983) sett fram kenningu um eðli varmanáms á lághitasvæðunum, sem er verulega frábrugðin eldri hugmyndum um eðli lághitans. Hugmyndin er sú að varmanámið gerist með staðbundinni hræringu vatns í lóðréttum sprungum, sem eru lokaðar neðan ákveðins dýpis. Hringrásin flytur varma úr bergi við neðri mörk opna hluta sprungunnar upp í efsta hluta kerfisins. Kólnun samfara varmanáminu veldur því að bergið dregst saman og sprungan opnast áfram niður. Þannig fær hringrásin varma stöðugt dýpra úr kerfinu. Varmanám með þessum hætti getur verið mjög öflugt, en afl jarðhitakerfisins ræðst af því hve hratt hræringin opnar sprunguna. Frekari reikningar sýna að opunarhraði sprungunnar og þar með varmanámið stjórnað af hita- og spennuástandi í jarðskorpunni. Sem dæmi má nefna að ef lárétt spenna er um helmingur af lóðréttri spennu þá væri hraði slíkrar kælingar á 3 km dýpi utan gosbeltisins á bilinu 0,2 - 2 m/ári og varmaafli svæðis um 2 - 8 MW fyrir hvern lengdarkílómetra sprungu. Þetta líkan virðist því geta skýrt afl stærstu lághitasvæðanna.

NIÐURSTÖÐUR.

Athuganir okkar sýna að ekki virðist vera gott samræmi milli líkans Trausta og Braga um eðli lághitans og ýmissa gagna frá lághitasvæðum. Við teljum að líkan Gunnars Böðvarssonar, sem byggir á hræringu vatns og staðbundnu varmanámi, sé í mun betra samræmi við þessi gögn. Við hitaástand líkt og í jarðskorpu Íslands virðist spennuástand ráða mestu um það hvort lághitasvæði þróast eða ekki.

NOTKUN VATNAFRÆÐILEGRA REIKNILÍKANA VIÐ REKSTUR MIÐLUNARLÓNA Á ÍSLANDI.
 Davíð Egilson, Sigurður L. Hólm, Ari Ingólfsson og Snorri Páll Kjara,
 Verkfræðistofan Vatnaskil.

Rekstur á vatnsorkuverum landsins er annars vegar háður álagi á raforkukerfið og hins vegar hversu mikið er af tiltæku vatni til að knýja orkuverin. Hérlandis er rennsli vatnsfalla alla jafna lítið yfir veturinn. Miðlunarlón eru notuð til að jafna rennslinu yfir þann tíma. Síðvetrar, áður en snjóa leysir er oft verulega gengið á miðlunina og þarf þá að meta hvenær er skynsamlegt að draga úr raforkuframleiðslu með því að skerða sölu á afgangorku eða orku til landshlutaveitna. Mat á slíku fer eftir því hversu mikið er í miðlunum á hverjum tíma.

Undanfarin ár hefur Landsvirkjun látið þróa aðferðir til að gera rekstur raforkukerfisins öruggari. Árstíðabundið álag á raforkukerfið er nokkuð vel þekkt. Hins vegar er mun óvissara hvenær snjóa tekur að leysa, þannig að ekki sé þörf á frekari miðlun það árið. Verkfræðistofan Vatnaskil hefur undanfarið verið að þróa vatnafræðileg líkön á Þjórsár - Tungnaárvæðinu til að spá fyrir um aðrennsli Þórisvatns sem er megin miðlunarlón raforkukerfisins. Vatnasvið Þjórsár - Tungnaár er um 6800 km². Langflestar ár á vatnasviðinu eru samsettar úr lindár-, dragár- og jökulvatnspáttum. Lindarennisli er um 40% af heildarrennsli vatnsfalla á vatnasviðinu. Það auðveldar mjög spár þar sem breytingar á rennsli lindahvatns eru mjög hægar. Ennfremur er vetrarrennsli ána nær eingöngu lindavatn. Lekir úr miðlunarlónum skiptir einnig máli við rekstur þeirra. Lekinn vex yfirleitt verulega með aukinni lónhæð. Hluti lekans úr Þórisvatni kemur fram ofan við Sigöldu og nýtist við rekstur virkjananna þar fyrir neðan. Stærri hluti lekans kemur fram í Þóristungum neðan Hrauneyjarfoss og nýtist aðeins Búrfellsvirkjun og loks kemur einhver hluti fram fyrir neðan Búrfell.

Tvenns konar líkön eru stillt saman: Annars vegar er grunnvatnslíkan og hinsvegar veður-rennislíkan.

Veður-rennislíkanið nýtir sér melda úrkomu og hitastig til að reikna rennsli vatnsfallanna. Það innifelur einnig snjóbráð og afrennsli af jöklum. Við þetta tiltekna verk er líkanið notað til að reikna írennsli til grunnvatns og yfirborðsrennsli á vatnasviðinu. Það er nauðsynlegt ef líkja á eftir aðrennsli til Þórisvatns á hverjum tíma. Þegar búið er að stilla líkanið af er unnt að lengja rennislisráðir á grundvelli veðurfarsgagna, til notkunar í rekstrareftirlíkingunni.

Grunnvatnslíkanið byggir á smábúta aðferð. Líkansvæðið er greint upp í þríhyrninganet. Fyrir hvern þríhyrning eru eftirtaldir upplýsingar lesnar: Leiðni, poruhluti, írennsli, misleitnihlutfall, misleitnistefna og leki milli vatnsleiðara. Líkanið getur reiknað bæði fasta vatnshæð fyrir hvern punkt netsins og vatnshæð sem breytist með tíma. Af framansögðu má vera ljóst að með líkaninu er unnt að lýsa mjög flóknum vatnafræðilegum fyrirbrigðum. Líkanið er stillt af þannig að

reiknaðar vatnhæðir og rennsli passi við mæld gildi. Að því loknu má t.d. nota líkanið til að reikna aðrennsli Þórisvatns við breytilega grunnvatnshæð og hæð í Þórisvatni. Ennfremur er unnt að meta leka úr Þórisvatni eftir sömu forsendum.

Loks verður að leggja áherslu á að ekkert líkan er betra en þær forsendur sem notaðar eru við gerð þess. Vönduð gagnaöflun eins og vatnamælingar, grunnvatnsmælingar, úrkomumælingar leggja grunn að nákvæmu líkani.

FISKVEGIR Í ÍSLENSKUM STRAUMVÖTNUM. Einar Hannesson, Veiðimálastofnun

Í erindi þessu er gerð grein fyrir fiskvegum í íslenskum straumvötnum, tilurð þeirra og getið lagaákvæða sem þá varða. Þá er saga fiskstiga hér á landi rakin og hvar þau mannvirki sé að finna á landinu. Út frá fræðilegri umfjöllun um mismunandi gerðir fiskvega og önnur tæknileg atriði við byggingu þeirra er ekki farið, enda fyrirlesari ekki lærður í þeim efnum. Sá þáttur er efniviður í annað erindi.

Algengasta hindrun fyrir göngu lax og silungs um straumvatn og jafnframt sú þekktasta er foss, en þeir eru býsna margir hér á landi, sem alkunna er. En það er fleira en foss sem hindrar göngu fisks um ár. Straumbungi, t.d. við hávaða og flúðir í ám, sem er meiri en fiskur ræður við. Þá má nefna vatnsleysi sem getur tímabundið hindrað fisk í göngu, og sömuleiðis mikið flóð í straumvatni. Lágur hiti árvatnsins setur laxinum stundum skorður um hversu langt hann gengur upp viðkomandi vatnakerfi. Í öðrum tilvikum eru af þessum sökum ekki aðstæður fyrir lax til lífs og þroska í mörgum ám, en það er önnur saga.

Fiskvegagerð er fiskrækt

Hugtakið fiskrækt er í lögum um lax- og silungsveiði skilgreint m.a. sem *auðveldun á gönguleiðum fisks*. Til þess að byggja fiskveg í vatni eða meðfram vatni þarf sérstakt leyfi ráðherra, enda samþykki veiðimálastjóri gerð fiskvegarins og hafi umsjón með framkvæmd verksins. Auk þess kemur Náttúruverndarráð við þessa sögu. Þá er einnig ákvæði í laxveiðilögum sem segir, að hverjum manni sé skylt að láta af hendi land, landsafnot, vatn eða afnot vatns, er með þarf til fiskvegar, og þola þær eignarkvaðir, óhagræði og takmörkun á afnotarétti sem fiskvegurinn kann að hafa í för með sér, enda komi fullar bætur fyrir eftir mati, nema samkomulag verði. Sérstakt friðunarsvæði er í fiskvegi og næst honum, því eigi má veiða eða styggja fisk í fiskvegi né nær efra mynni hans en 30 metra né nær neðra mynni hans en 50 metra. Hvorki má spilla fiskvegi né tálma með nokkrum hætti fiskför að honum né um hann.

Um fiskvegi gildir það sama eins og önnur mannvirki, að ákveðnar kröfur eru gerðar um fyrirkomulag og byggingu fiskvegarins. Ljóst er að með slíkri framkvæmd er verið að jafna út hæðarmun. Í því efni má nefna, að hlutfall milli hæðar hindrunar og lengdar fiskvegarins getur verið einn á móti sex til einn á móti tíu, ef um háa hindrun er að ræða (Þór Guðjónsson, veiðimálastjóri 1955). Við fiskvegagerð er fyrst sprengt og síðan steipt upp hólf. Í sambandi við fiskstiga má minna á, að staðsetning hans skiptir miklu máli þannig að fiskur eigi sem auðveldast með að finna útrennsli fiskvegar. Nauðsynlegt er að tempru vatnsrennsli um stigann. Þá þurfa fiskvegir viðhald, eins og önnur mannvirki, og endurnýjun, eins og nokkur dæmi sanna úr sögu fiskvega hér á landi. xx

50 fiskvegir

Bygging fiskstiga er tiltölulega ný framkvæmd hér á landi, því svo til öll mannvirki af þessu tagi hafa verið reist frá lokum seinni heimsstyrjaldar og til þessa dags. Heildarfjöldi fiskvega, um 50 talsins, svarar því til þess að á nefndu tímabili hafi á hverju ári bæst við að jafnaði einn fiskvegur. Með tilkomu mannvirkja þessara má ætla að göngusvæði lax og göngusilungs hafi aukist um rúmlega 500 km.

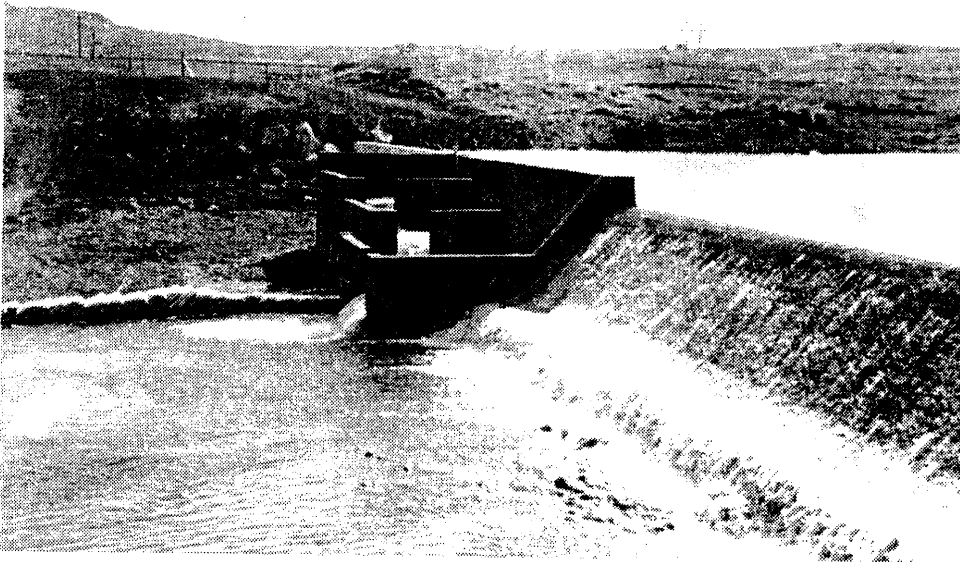
Fiskvegir eða framkvæmd þeim skyld við hindranir hafa í flestum tilvikum opnað áður lokaða leið fyrir lax. En hitt er einnig til að göngufiskur hafi átt tímabundið í erfiðleikum með að komast upp straumvatn. Bygging fiskstiga við slíkar aðstæður hefur þá stefnt að því að fiskur gæti komist án tafar sem víðast um viðkomandi vatnasvæði. Mikilvægt er talið að laxinn þurfi ekki að eyða takmarkaðri orku sinni í að glíma við erfiða hindrun. Auk þess er eftir slíka framkvæmd unnt að stunda veiðiskap fyrr og víðar í árkerfinu. Nokkrir fiskvegir hafa verið byggðir í stíflur, sem orkuver hafa reist. Fjöldi minniháttar aðgerða til að auðvelda fiski för um árnar hafa verið unnar í ám víðsvegar um land. Í sumum tilvikum hefur árangur af fiskvegagerð og umbótum þessum orðið minni en að var stefnt eða vonir stóðu til.

Hvar eru fiskvegirnir ?

Fiskvegir eða aðrar afgerandi umbætur á gönguleiðum fisks hafa verið framkvæmdar í eftirtöldum ám. Staðsetning stiga er oftast nefnd: Elliðaár (raforkustífla v/Elliðavatn), Úlfarsá (stífla v/vatnstöku Áburðarverksm.), Laxá í Kjós (Laxfoss, Pokafoss), Brynjudalsá (Bárðarfoss, foss), Botnsá (foss), Laxá í Leirársveit (Eyrarfoss), Flókadalsá (Pokafoss, Hjálmsfoss), Norðurá (Laxfoss, Glanni), Gljúfurá (foss hjá Svignaskarði), Langá á Mýrum (Skuggafoss, Sveðjufoss, Kotafoss, Tófufoss), Álftá (Kerfoss), Hítará (Kattarfoss), Straumfjarðará (Dalfoss), Fróðá (Flúðin), Setbergsá (Illifoss), Valshamarsá (foss), Laxá á Skógarströnd (foss), Skrauma (v/Baulufoss), Laxá í Hvammssveit (Gullfoss), Flekkudalsá (Gullbrárfoss), Búðardalsá (Sundafoss, Arnarfoss), Fagradalsá (Gullfoss), Vatnsdalsá í Vatnsfirði (foss), Laugardalsá (Einarsfoss), Miðfjarðará; Vesturá (Kistufossar, Hlíðarfoss), Fitjaá (Kerufossar), Gljúfurá (neðsti fossinn), Vatnsdalsá (Stekkjarfoss), Laxá á Ásum (raforkustífla v/Laxárvatn), Efri-Laxá (raforkustífla v/Svínavatn), Blanda (Ennisflúðir), Laxá í Refasveit (2 stigar), Svartá í Skagafirði (Reykjafoss), Fnjóská (Laufásfossar 2 stigar), Skjálfandafljót (Djúpárfoss, v/Skipapoll v/Fellseyju), Laxá í Aðaldal (Brúar), Efri-Laxá (í stíflu úr Mývatni síl.stigi), Mýrarkvísl (Þverárfossar), Selá í Vopnafirði (Selárfoss), Lagarfljót (Lagarfoss), Breiðdalsá (Beljandi), Ytri-Rangá (Árbæjarfoss, Ægissíðufoss), Fiská (Skútafoss), Þjórsá; Árneskvísl (Hestafoss), Tungufljót (Faxi eða Vatnsleysufoss) og Volalækur (stífla við brú). Varmá (í rafstöðvarstíflu skammt ofan við Reykjafoss).



Fiskvegur við Ennisflúðir í Blöndu í A-Húnavatnssýslu. Efri hluti stigans.
(Ljós. Þór Guðjónsson)



Fiskvegur í stíflu Áburðarverksmiðju í Úlfarsá skammt ofan Korpúlfsstaða.
(Ljós. E.H.)

NOTKUN OG VAL VATNAFRÆÐILEGRA GAGNA. Elías B. Elíasson, Landsvirkjun.

Þótt vatn sé og hafi alltaf verið ein mikilvægasta undirstaða lífs á jörðinni, er það fyrst nú á síðustu árum sem vatnafræðin fer að dafna og mótast sem sjálfstæð vísindagrein.

Vatnafræðilegar rannsóknir nú á dögum hefjast á því að gerð er skematísk mynd af þeim hluta hins vatnafræðilega hrings, sem á við það svæði eða fyrirbrigði sem rannsaka á. Á þessari mynd er síðan byggt reiknilíkan, sem gerir kleift að svara þeim spurningum sem mikilvægar eru.

Vatnafræðilegar rannsóknir eru tímafrekar og nýtast þá fyrst þegar hefjast skal handa við framkvæmdir vegna hagnýtingar þeirra auðlinda sem tengjast vatni. Erfitt er að spá fyrir um slíkar framkvæmdir með það löngum fyrirvara að á því megi byggja markvissa skipulagningu vatnafræðilegra rannsókna. Þar verða að koma til almennari rök og mat á aðstæðum, þar sem m.a. er litið til þjóðfélagslegra breytinga.

Almennar vatnafræðilegar rannsóknir þarf að skipuleggja með það fyrir augum að sérstakar rannsóknir vegna framkvæmda í framtíð sé hægt að gera á sem stystum tíma. Leggja þarf aukna áherslu á söfnun upplýsinga, sem lýsa umhverfi vatnsins og þeim þáttum sem stjórna ferð þess.

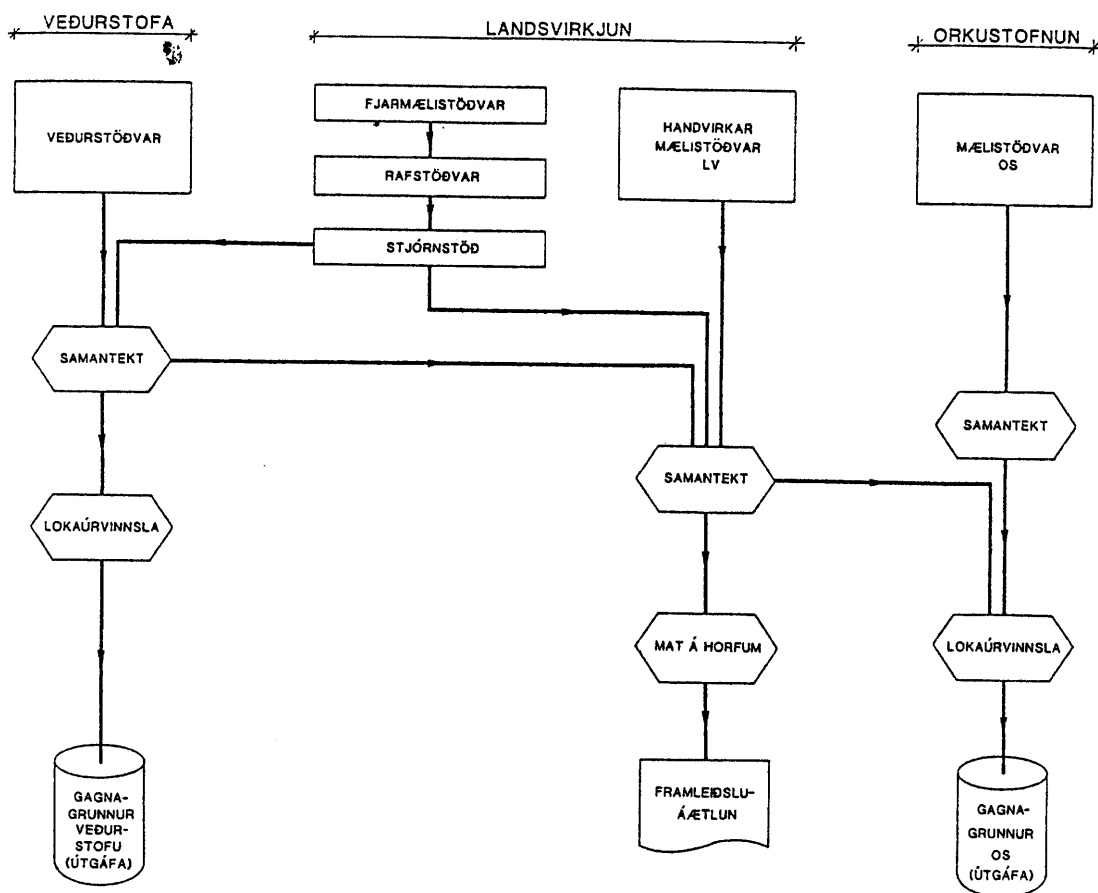
Söfnun vatnafræðilegra gagna þarf að fara fram á eins hagkvæman hátt og unnt er. Í því skyni þarf að nýta sem best þær leiðir til flutnings upplýsinga sem eru til og þegar notaðar í öðrum tilgangi. Sem dæmi má líta á hugsanlegt flæði gagna til notkunar við gerð framleiðsluáætlana hjá Landsvirkjun.

Við hagnýtingu vatnafræðilegra gagna þarf að leggja áherslu á notkun allra tiltækra upplýsinga. Taka má sem dæmi framleiðsluáætlanir þar sem bæði er tekið tillit til mælinga og upplýsinga sem gera tiltekna þróun veðurfars líklegri en aðra.

Til að rísa undir þeim kröfum sem til þeirra eru gerðar munu vatnafræðingar framtíðarinnar í auknum mæli þurfa að styðjast við haldgóða þekkingu í hliðargreinum eins og veðurfræði og jarðfræði.

Framleiðsluáætlanir Landsvirkjunar. Hugsanlegt flæði vatnafræðilegra gagna.

FRAMLEIÐSLUÁÆTLANIR LANDSVIRKJUNAR
HUGSANLEGT FLÆÐI VATNAFRÆÐILEGRA GAGNA



Framleiðsluáætlanir
viðbótarupplýsinga.

Landsvirkjunar.

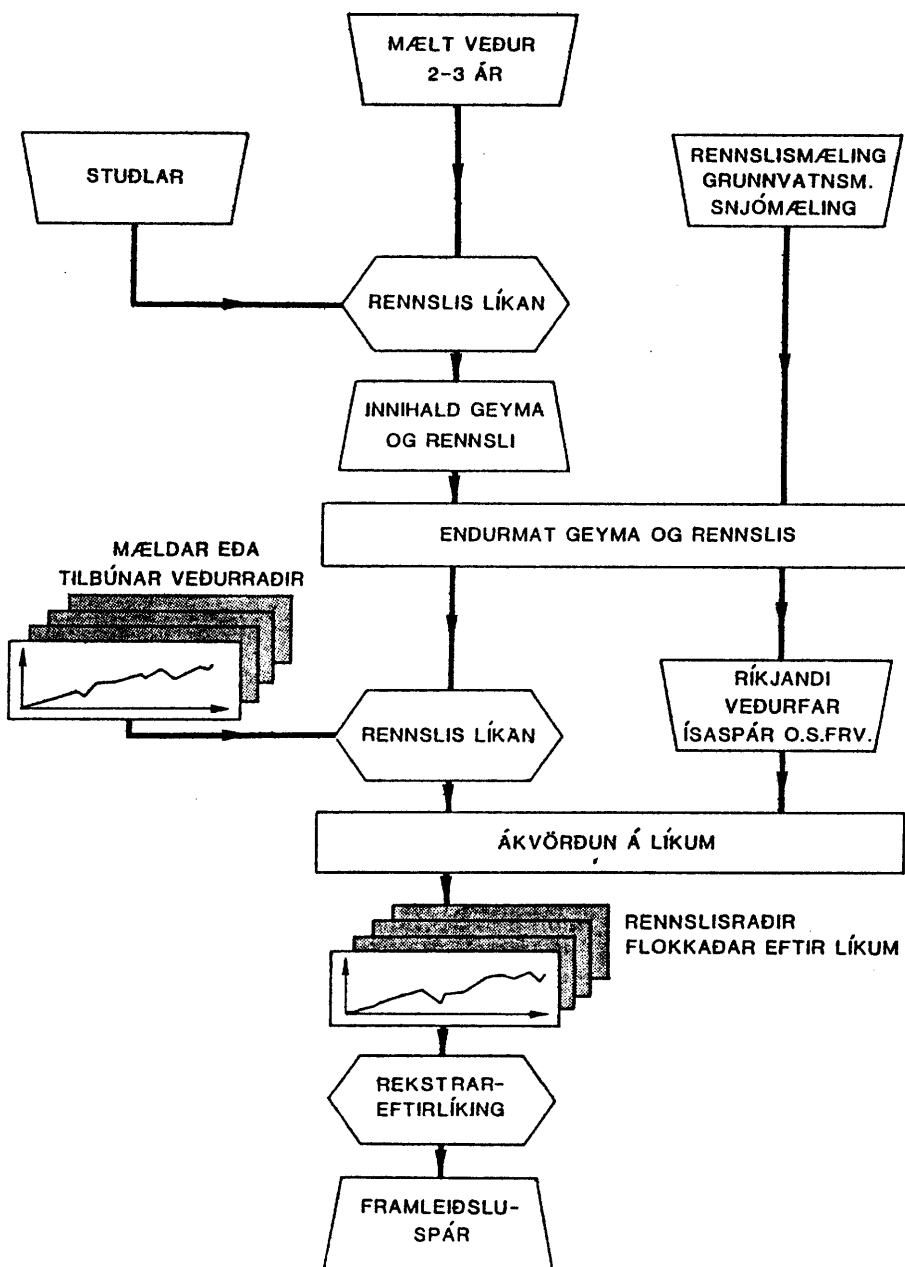
Notkun

rennislíkans

og

FRAMLEIÐSLUÁÆTLANIR LANDSVIRKJUNAR

NOTKUN RENNISLÍKANS OG VIÐBÓTARUPPLÝSINGA



VANDAMÁL VIÐ ÚRKOMUMÆLINGAR OG SAMANBURÐUR ÚRKOMUMÆLA Á ÍSLANDI. Flosi Hrafn Sigurðsson, Veðurstofu Íslands.

Úrkomumælingar eru einn mikilvægasti þáttur í hagnýtri veður- og vatnafræði, en því miður eru þær mjög miklum erfiðleikum háðar í vindasömu landi á norðurhjara heims.

Úrkomumælirinn er elst þeirra mælitækja sem notuð eru í veðurfræði. Sögu hans má rekja meira en 2000 ár aftur í tímann og í meira en 200 ár hafa menn þekkt vankanta hans og glímt við að bæta mæliaðferðina.

Í snjóalöndum verður op mælisins að vera í nokkurri hæð frá jörðu, bæði til að mælinn fenni ekki í kaf og til að forðast skafrenning. Á Íslandi er algengast að op úrkomumæla sé í um 1.5 metra hæð frá jörðu en úrkomusafnmælar sem notaðir eru á hálendinu eru oftast 3.5 - 5 metra háir.

Skekkjuvaldar eru margir við úrkomumælingar. Nefna má vætingu mælisveggjanna innanverðra og viðloðun við þá, uppgufun úr mælinum, halla á mælisopi, hopp regndropa upp í eða út úr mæli og skafrenning, auk mannlegra mistaka. Ótalin er þá sá skekkjuvaldur sem langsamlega er mikilvægastur og rekja má til truflandi áhrifa vindsins. Iðustreymi loftsins og áhrif mælisins á loftstreymið valda stærri mæliskekkju en aðrir skekkjuvaldar til samans. Vindhlífur bæta aðeins að takmörkuðu leyti úr, en þær eru nú á öllum íslenskum úrkomumælum og hafa verið á öllum nýjum mælum sem teknir hafa verið í notkun hér á landi síðastliðin 30 - 40 ár.

Að því er regn varðar hafa menn komist að þeirri niðurstöðu að fá megi ótruflaðar mælingar með því að koma mælinum fyrir í gryfju á flatlendi og hafa opið í jarðhæð. Umhverfis mælinn er gryfjunni þá lokað með lóðréttum grindum sem draga úr iðustreymi loftsins og hindra að dropar skvettist inn í mælinn. Í Reykjavík hefur slíkur mælir verið í notkun að sumar- og haustlagi í allmörg ár og stinnur bursti þá verið notaður næst mæliopinu að þýskri fyrirmynd (sjá meðfylgjandi mynd). Fyrst var mælirinn að Sóllandi í Reykjavík á árunum 1968 - 1971 en frá 1975 - 1987 hefur hann verið við hús Veðurstofunnar að Bústaðavegi 9. Hlutfallið milli regnmagns mælds í jarðhæð og í venjulegum mæli í 1.5 metra hæð er talsvert breytilegt frá mánuði til mánaðar og frá ári til árs, enda er það háð vindhraða þegar regn fellur, dropastærð og asa úrkomunnar. Mælitímabilið ár hvert hefur lengst verið frá maí til nóvember, en stundum skemmri tíma ársins, t.d. þegar snemma tekur að snjóa að haustinu. Að meðaltali hefur mælst rúmlega 20% meiri úrkoma í jarðhæð en í 1.5 m hæð við Veðurstofuhúsið, og svipuð niðurstaða eða tæplega 20% fékkst að Sóllandi.

Á árunum 1972 - 1976 voru gerðar samanburðarregnmælingar með úrkomumælum í jarðhæð og venjulegum úrkomumælum á 59 stöðum í 22 löndum. Mismunur reyndist á bilinu 0 - 23%, en að meðaltali aðeins um 3%. Flestir

mælistaða voru á suðlægum og hægviðrasömum slóðum og margir mælanna voru mjög lágt yfir jörðu, 30 cm eða svo. Einna mestur reyndist munurinn hins vegar í Høyer Hohenwarte í Danmörku 18.3%. Það eykur á vandann að ekki er við því að búast að sama leiðrétting eigi við á mismunandi mælistöðum. Því veldur mismunandi veðurfar.

Því miður er ekki hægt að nota mæli í jarðhæð til að mæla snjókomu, en vitað er að vanhöld í úrkomumælingum eru þá miklu meiri. Vanhöldin geta jafnvel numið 20 - 80% af raunverulegri snjókomu. Í einstökum veðrum þegar snjóar í hvassviðri eða stormi og miklu frosti geta vanhöldin jafnvel nálgast 100%. Þess er hins vegar að geta að í Reykjavík fellur mjög mikill meiri hluti úrkomu að vetrarlagi sem regn eða slydda.

Samanburðarmælingar á úrkomusafnmælum og venjulegum úrkomumælum í um 1.5 m hæð hafa um árabil verið gerðar í Reykjavík og á Hveravöllum á Kili.

Í Reykjavík voru þessar mælingar fyrst gerðar um tveggja ára skeið að Sóllandi, þar sem ársúrkoma í safnmæli reyndist að meðaltali 86.4% af ársúrkomu í 1.5 m hæð. Síðan hefur samanburður verið gerður í 15 ár við Veðurstofuhúsið og tilsvareandi tala þar er 85.6%, en staðalfrávik árgildanna 3.8%. Leggja þarf því um 17% við ársúrkomu í safnmæli við Veðurstofuhúsið til að fá úrkomu í mæli í 1.5 m hæð (sem mælt er í einu sinni á dag).

Á Hveravöllum liggja fyrir niðurstöður samanburðarmælinga í 19 ár. Hefur ársúrkoma í safnmæli að meðaltali reynst 72.9% af ársúrkomu í mæli í 1.5 m hæð, en mælt er í honum tvisvar á dag. Staðalfrávik árgilda hefur verið 6.3%.

Mun veðurharðara er að jafnaði á Hveravöllum en í Reykjavík og snjókoma er þar meiri hluti af heildarúrkomu en í Reykjavík. Er því eðlilegt að hlutfallslega verr mælist í úrkomusafnmæli á Hveravöllum. Leggja þarf um 37% við ársúrkomu mælda í úrkomusafnmæli á Hveravöllum til að fá ársúrkomu í mæli í 1.5 m hæð.

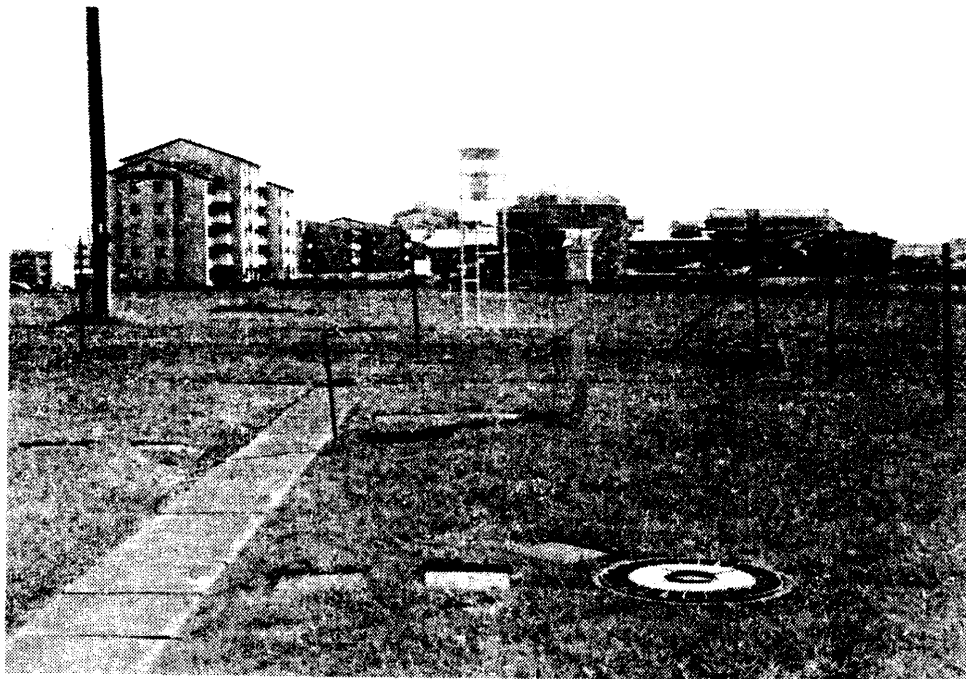
Ljóst er af ofansögðu að við ýmsa hagnýtingu á niðurstöðum úrkomumælinga á Íslandi verður að nota leiðréttingar. Miklir erfiðleikar eru því miður á að ákvarða þessar leiðréttingar, enda eru þær þegar grannt er skoðað breytilegar frá stað til staðar og frá tíma til tíma. Fremur gróft mat verður því væntanlega að koma til í flestum tilvikum.

22.-23. okt. 1987

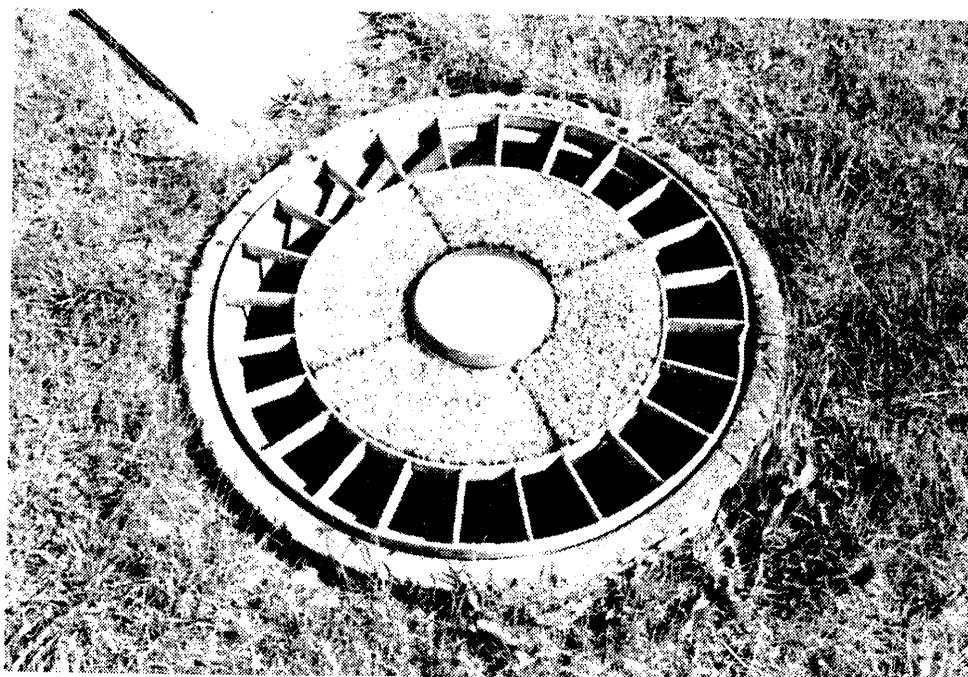
Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

Úrkomumælar í Reykjavík 1987.



Úrkomumælir í jarðhæð í Reykjavík 1987.



ÓFLUN NYTJAVATNS Á ÍSLANDI. Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur H. Hafstað, Orkustofnun.

"Nytjavatn" er hér notað sem samheiti fyrir vatn til margvíslegra nota, annarra en virkjunar og flutninga. ~~Gæðakröfur~~ eru mjög misjafnar eftir notkun: Almennt neyzluvatn verður að vera mengunar-, grugg- og sýklafrítt og efnainnihald má ekki vera of hátt (minna en 200 ppm Cl⁻). Sama gildir um vatn til matvælaíðnaðar; vatn til fiskeldis má hafa nokkru meira efnainnihald. ~~Gæðakröfur~~ til vatns til íðnaðarnota eru misjafnar, en einna lægstar eru þær til kælivatns og skolvatns.

Vatnsþörf til almennrar neyzlu nemur oft 200-500 l á íbúa á dag, en vatnsþörf í sjávarplássum getur orðið allt að tífalt meiri vegna fiskvinnslu. Vatnsþörf til fiskeldis nemur tugum eða hundruðum l/s fyrir hverja stöð. Svipað gildir um vatnsfrekan íðnað. Són vatns er víða gífurleg (opnir kranar o.fl.), en leki í gömlum kerfum getur verið um helmingur vatnsnotkunar þéttbýlisstaða.

Grunnvatn hefur alla yfirburði yfir yfirborðsvatn sem nytjavatn: Það er yfirleitt efnasnautt, gruggfrítt, ómengað og sýklafrítt, en hvers lags yfirborðsmengun og sýking getur átt greiða leið í yfirborðsvatn. Órækar heimildir eru ekki fyrir því, að tekizt hafi að sía yfirborðsvatn til neyzlu árið um kring á nokkrum þéttbýlisstað á landinu. Þrátt fyrir margvíslegar tilraunir.

Lekt jarðlaga ræðst af virku gropi (porositet) í lausum setlögum og ófylltu molabergi en af glufum og gjalllögum í hraunum frá nútíma og eldri. Veruleg lekt getur verið um sprungur, en sprungukerfi valda misleitni í stefnu mestu lektar og draga þannig grunnvatn í vissar rásir. Ummyndun og holufyllingar draga mjög úr lekt. Geymd (storage) jarðlaga ræðst af virku gropi. Vel lek jarðlög kallast veitar (aquifer). Mikill munur er á lekt og geymd jarðmyndana. Holufyllt basalt frá tertíer er yfirleitt nánast þétt. Ófyllt og lekt berg frá þeim tíma finnst sums staðar á Vestfjörðum. Ung eða endurlífuguð sprungukerfi í þéttu bergi geta verið lek. Algengustu veitar á tertíersvæðunum eru framhlaup, skriður og áreyrar. Vatnstaka úr þeim getur verið allt að nokkrum tuga l/s. Árkvarteru bergi getur svipað til tertíer bergs í tilliti til lektar, en þar er þó víða mikið um ung og lek sprungukerfi auk þess sem þar er meira um lekt. Enn meira er um sprungukerfi í síðkvarteru bergi, en þar er berg líka víða vel lekt (grágrýti, bólstraberg í móbergi), þó mest lekt sé í hraunum frá nútíma. Úr hraunum eða grágrýti má víða ná hundruðum l/s af grunnvatni.

Vatnsból í lausum setlögum eru fyrst og fremst brunnar og ræsi (drenlagnir) en borholur í sprungusvæði í eldra bergi, grágrýti og hraunum, þó þar megi einnig víða vinna vatn á hagkvæman hátt úr brunnum.

Miðlun í geymi útheimtir mun minna rennsli um veitu (útjöfnun dagssveiflu) og getur því verið stór liður í sparnaði í rekstri.

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

Undirbúningur nytjavatnsöflunar nýtist best ef byrjað er tímanlega á honum. Þá er hægt að bera saman kosti stig af stigi og fylgjast með árstíðabundnum sveiflum á rennsli og ástandi vatns. Sá háttur er bæði ódýrari og öruggari en að rjúka í vatnsöflun í tímaþröng með brauki og bramli

Eftirlit er nauðsynlegt með nytjavatni, bæði hvað varðar gæði vatns og rennsli og ástand vatnsbóla.

HLAUP OG HLAUPFARVEGIR. Guttormur Sigbjarnarson, Orkustofnun.

Í íslensku hafa nafnorðið hlaup og sögnin að hlaupa meðal annars verið notuð yfir þá náttúrulegu atburði, þegar þyngdaraflið veldur skyndilegum efnisflutningi. Dæmi um það var, þegar veggir hlaðnir úr torfi og grjóti hlupu fram, þ.e. þeir féllu fram yfir sig eða það hrundi úr þeim. Orðið hlaup er oftast notað í samsetningum, eins og framhlaup, jökulhlaup, aurlaup, gushlaup, hamfarahlaupt og svo framvegis. Oftast nær er vatn eða vatnagangur virkur aðili að hlaupinu, en það þarf þó ekki að vera tilfellið. Hlaupin geta einnig verið því sem næst eða alveg þurr.

Frumorsakir hlaupa geta verið margvíslegar og eðli þeirra einnig, þrátt fyrir að vatnið eða vatnagangur sé þar mikill orsakavaldur. Mismunandi gerðir hlaupa verða skilgreindar og þau flokkuð niður eftir uppruna, orsökum og eðli. Sérstök áhersla verður lögð á jökulhlaup og mismunandi hlaup af völdum eldvirkinnar bæði í jökli og utan þeirra.

Stutt lýsing verður gefin á gosinu í St. Helens árið 1980, þar sem framhlaup, gossprenging, gushlaup, eðjuhlaup og aurlaup ráku hvert annað á fyrstu mínútum eftir að gosið hófst. Notaðar verða skýringar þarlendra vísindamanna á þessum atburðum ásamt eigin sjón. Niðurstöður þeirra verða bornar saman við þekkingu okkar á þessum fyrirbærum hér á landi, þeirri niðurstöðu, að þáttur hlaupanna hafi ekki hlotið verðskuldaða athygli við rannsóknir á jarðsögu landsins, sérstaklega í tengslum við móbergsmýndun á megineldstöðvum og í nágrenni þeirra.

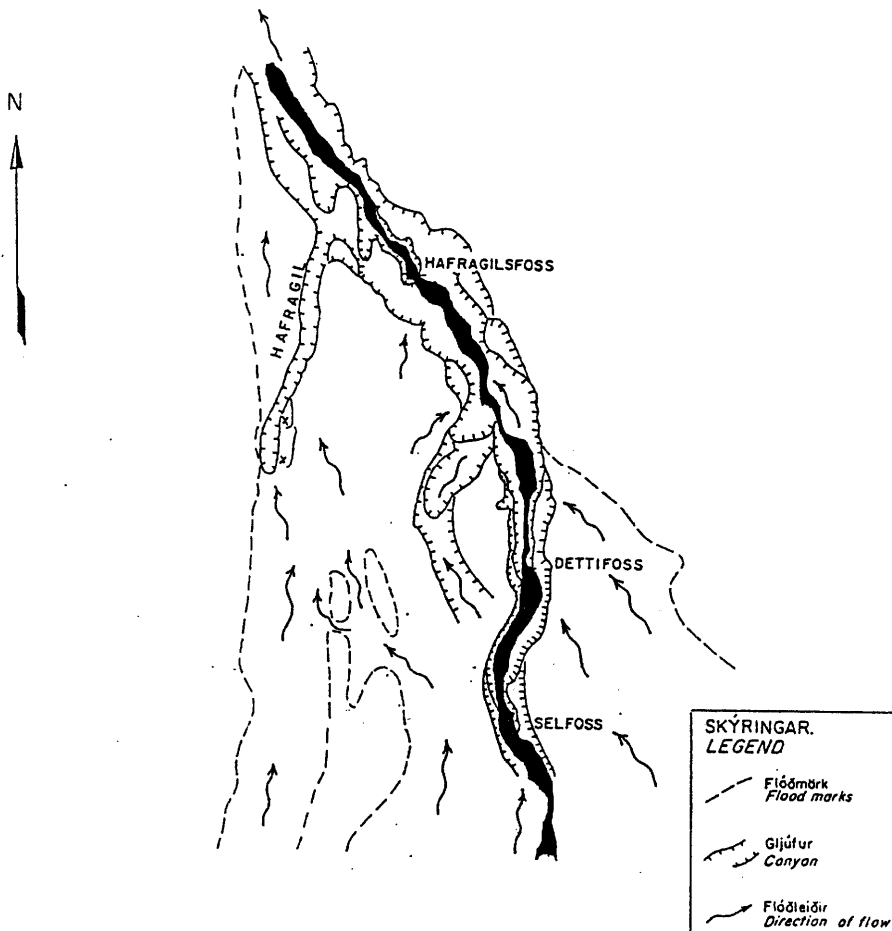
Hlaupin lúta ávallt lögmálum þyngdarafllsins og leyta því til sjávar í samræmi við landslagið, a.m.k. í stórum dráttum, en skriðþyngd þeirra og hraði geta þar valdið ýmsum frávikum. Hlaupfarvegirnir fylgja því í megin dráttum sömu leiðum og fallvötnin, en þeir geta orðið margfalt umfangsmeiri heldur en viðkomandi vatnsfall, bæði hvað viðvíkur rofformum og setlagamyndunum. Gerð verður grein fyrir meginleiknum hlaupfarveganna og útliti þeirra.

Hlaupfarvegirnir við Jökulsá á Fjöllum verða teknir til sérstakrar athugunar, þar sem hamfarahlaupin hafa skilið eftir sig stórbrotnara landslag, en víðast hvar annars staðar. Má þar til nefna rofmyndanirnar Dettifossgljúfur, Hljóðakletta, Vesturdal og Ásbyrgi og setmyndanirnar, sandana í Öxarfirði og setfyllurnar meðfram Jökulsá allt inn í Krepputungu. Einnig verður vikið að hlaupfarvegum og hlaupaummerkjum við Markarfljót, Jökulsá á Sólheimasandi, á Mýrdalssandi, Skeiðarársandi og á ýmsum fleiri stöðum.

Hlaup eru ekki aðeins bundin yfirborði þurrlendisins, heldur eru þau einnig mjög algeng bæði í sjó og vötnum (turbidity currents), þar sem þau eru mjög virkt landmótunaraft, eins og vikið verður að nánar.

JÖKULSÁ Á FJÖLLUM-DETTIFOSS.

Myndun Dettifoss gljúfurs.

The development of Dettifoss Canyon.

Mælikvarði

Scale.

0 1 2 km

Hlaupfarvegir við Dettifoss.

Hlaup eru í eðli sínu ávallt mjög hættuleg og eyðandi fyrir allt, sem á vegi þeirra verður, enda hafa þau bæði veitt Íslendingum og mörgum öðrum þungar búsifjar. Þau eru ekki aðeins hættuleg lífi manna og dýra, heldur geta þau verið gjöreyðandi afl öllum mannvirkjum, smáum og

stórum, er þau ná til, ásamt flestum öðrum náttúruverðmætum. Að lokum verður vikið að því nokkrum orðum, hvernig meta megi áhættuna sem stafar af hlaupum við hönnun mannvirkja.

FJÖLDI OG STÆRÐ VATNA Á ÍSLANDI. Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun.**Inngangur**

Margt bendir til þess að nýting stöðuvatna muni fara vaxandi á næstu árum. Hentar eru á lofti tölur um hugsanlega afrakstursgetu þeirra, sem byggðar eru á veikum grunni. Til dæmis er lítið vitað um fjölda og stærð vatnanna. Þeim stærstu hefur fyrir löngu verið gerð skil, en hugmyndir um fjölda minni vatna verið ágiskun (Sigurjón Rist 1956). Vötn sem hafa verið flatarmálsæld fylla hundraðið, og dýptarmælingar líklega til af um 80 vötnum (Sigurjón Rist 1975).

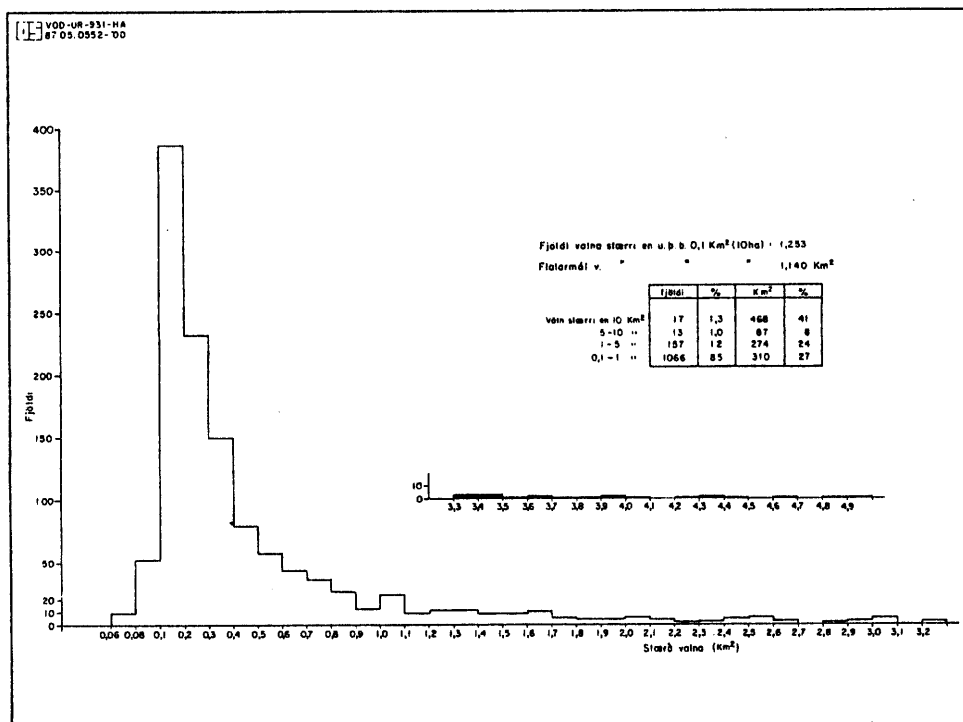
Sigurjón Rist lét á sínum tíma taka saman skrá um vötn stærri en u.þ.b. 300 m að mestu breidd, og er þar einnig getið mestu lengdar. Við nánari athygun lætur nærri að skráin nái til vatna stærri en u.þ.b. 10 ha (0,1 km²). Þessi skrá er nú til endurskoðunar, og er stefnt að því að hún verði sem næst tæmandi yfir vötn um 10 ha og stærri. Auk stærðar er stefnt að því að hún haldi upplýsingar um dýpi (þar sem það er þekkt), hæð y.s. og staðsetningu. Þegar þetta er skrifað er endurskoðun skrárinnar ólokið, en ljóst er að við endurskoðun fjölgar nokkuð í hópi minnstu vatnanna.

Flokkun

Það er og verður álitamál hvaða stærðarmörk á að nota við svona skráningu. Ef miðað er við líklega nýtingu af einhverju tagi er ljóst að silung má t.d. veiða á hagkvæman hátt í vötnum minni en 10 ha, og enn fremur er ljóst að margt annað en stærð ræður í þessu tilliti, svo sem tengsl við önnur vötn og vatnakerfi og hæð y.s. Af tæknilegum ástæðum eru umrædd mörk valin og talið er líklegt að skrána megi m.a. nýta til að finna eftir hverju er að slægjast á þessu sviði.

Flatarmál

Flatarmál allmargra vatna hefur verið mælt af nákvæmum kortum eða loftmyndum. Á grundvelli hlutfallsins milli þvermáls (lxb) og flatarmáls mældra vatna hefur flatarmál annarra vatna í skránni verið áætlað. Niðurstöður eru dregnar saman á l. mynd. Vötn stærri en 0,1 km² (10 ha) töldust vera um 1.300 og um 1.100 km². Þar af teljast 186 vötn vera stærri en 1 km². Það er verulega mikið meira en áður var ætlað. Sigurjón Rist (1956) taldi þennan hóp vatna vera rösklega 80. Vötn á bilinu 0,1-1 km² eru um 1.000. Vötnin dreifast á landshluta eins og getur í töflu 1.



Stærðardreifing stöðuvatna yfir 0,1 km²

Smávötn

Það kemur fram að vötnum fjölgar ört eftir því sem þau verða minni (1. mynd). Af öðrum vatnaskráum frá afmörkuðum svæðum, sem ná til vatna allt að u.þ.b. 2 ha, fæst staðfesting á þessari reglu. Þessi til að gera reglulega fjölgun smávatna var nýtt til að áætla smávötn (0,5-10 ha). Vötn á bilinu 2-10 ha eru áætluð 2.500 og um 5.000 á bilinu 0,5-2 ha. Allt eftir því hvar mörkin eru sett er heildarniðurstaðan sú að vötn 10 ha og stærri séu um 1.300, 2 ha og stærri um 4.000 og hálfur, ha og stærri um 9.000; að flatarmáli um 1.100, 1.200 eða 1.300 km². Þekja vatna miðað við landið allt er þannig um 1,1-1,3%, en að frádregnum jöklum 1,4-1,6% að meðaltali.

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

Tafla 1. Fjöldi og flatarmál vatna stærri en u.þ.b. 10 ha (0,1 km²).

	Heildar-		0,1-1 km ²		1-5 km ²		5-10 km ²		10 km ²	
	fjöldi	flatarm. (km ²)	fj.	flat.	fj.	flat.	fj.	flat.	fj.	flat.
Vesturland	214	150	179	54	31	60	3	21	1	15
Vestfirðir	227	78	214	60	12	16	1	5	-	
N-vestra	196	195	159	51	30	58	3	24	5	62
N-eystra	165	160	129	44	33	62	1	5	2	49
Austurland	241	155	218	49	21	46	1	7	1	53
Suðurland	210	401	168	52	29	43	3	25	8	271
Alls:	1.300	1.140	1.100	310	156	276	12	87	17	450

* Meðtalin eru 4 manngerð vötn við Þjórsá/Tungnaá, alls 66 km².

JARÐVATNSMÆLINGAR Í BORHOLUM Á VIRKJUNAR- OG VEITUSVÆÐUM LANDSVIRKJUNAR.
Hannes Haraldsson, Landsvirkjun.

Jarðvatnsmælingar í borholum á þessu svæði hafa verið stundaðar í mörg ár, fyrstu borholurnar voru boraðar 1959. Í fyrstu sáu starfsmenn Orkustofnunar um þessar mælingar. Vegna samgönguörðugleika var aðeins mælt endrum og eins í þeim og þá helst á tímabilinu júní-des. Þar fór eingöngu eftir veðurfari hversu snemma var hægt að byrja og hversu langt fram á vetur var hægt að mæla fór eingöngu eftir veðurfari. Vegalagning að Þórisvatni og brúin á Tungnaá við Sigöldu (1968-1969) breyttu miklu hér um, því eftir það var hægt með góðu móti að komast inn á þessi svæði, jafnvel að vetrarlagi. Einnig hafði mikið að segja sá uppgangur í vélsleðaeign Íslendinga, sem hófst á þessum árum, og sem stendur enn.

Vegna stækkunar Þórisvatns og byggingu Sigölduvirkjunar var nauðsynlegt að gera umfangsmeiri mælingar á jarðvatni heldur en áður, og var nú reynt að stunda þessar mælingar allt árið. Reglulegar vetrarmælingar voru því hafnar veturinn 1969-1970. Fram til ársins 1980 var mælingunum þannig háttað að reynt var að mæla einu sinni í mánuði að minnsta kosti, þó var mælt miklu tíðar á sumum afmörkuðum svæðum, t.d. Sigöldu. Allar mælingar voru framkvæmdar "handvirkt", sem sagt voru punktmælingar.

Árið 1980 fór Landsvirkjun að nota síritandi mælitæki við grunnvatnsrannsóknir sínar. Fljótlega kom í ljós að síritarnir gáfu miklu meiri og betri upplýsingar bæði jarðfræði- og vatnafræðilegar. Ekki er enn að fullu ljóst hvaða niðurstöður hægt er að lesa úr þessum "upplýsingum" en margt áhugavert hefur komið í ljós, t.d. vatnshæðarbreytingar í sambandi við jarðskjálfta o.fl. Reyndar hafa verið 4 gerðir af "síritandi" mælitækjum:

1. Flotholtsmælar.

Eftir okkar reynslu þá eru þessir mælar síst fallnir til jarðvatnsmælinga, af þeim mælum sem reyndir hafa verið. Ekki er hægt að nota þessa mæla nema í grunnum holum þar sem þyngd vírsins, sem liggur frá flotholti til sírita ruglar mælinguna. Einnig vilja vírar þessir hríma á veturna og stöðva þar með mælingu. Í víðum og grunnum holum, þar sem hægt er að hafa stór flotholt og einangra holurnar vel, á þessi tegund mæla vel við vegna þess hversu ódýrir þeir eru.

2. Loftbólusíritar.

Þetta eru alsíritandi mælar og haf alla kosti flotholtsmæla en eru lausir við ókosti sem fylgja vírunum. Stóri ókosturinn við þessa mæla er sá hversu dýrir þeir eru bæði í innkaupi og uppsetningu.

3. Rafmagnsprýstiskynjarar.

Í þessari gerð mælis er skynjarinn tengdur venjulegum sírita. Helstu kostir þessara mæla umfram flotholtsmælana er að hægt er að nota þá í djúpum holum og hrím í holu hefur hér engin áhrif á mælinguna.

Þessir mælar eru raunverulega ekki siritandi heldur eru þeir klukkustýrðir og taka mælingu á 4 mín. fresti og því gætu smá breytingar í vatnshæð horfið í þessari gerð mælitækja, t.d. jarðskjálftasveiflur. Helsti ókosturinn við þá er að penni siritans er drifinn áfram af rafknúnum mótör, sem þolir illa það spennufall, sem verður í rafhlöðum í miklum kuldum.

4. Sama og 3. nema hér eru upplýsingar geymdar í gagnabanka (data logger).

Þessi gerð mæla er líklegast framtíðin. Hér eru nánast ótakmarkaðir möguleikar á hvað skal mæla og hversu oft, t.d. veðurstöð, eða margar vatnshæðir. Ef svo háttar að mæla þarf marga þætti á litlu svæði, t.d. 2-3 vatnshæðir, loft og vatnshita, þá eru mælar af þessari gerð lang hentugastir og ódýrastir. Mælar þeir sem Landsvirkjun hefur notað eru allir klukkustýrðir, en einnig er hægt að fá atviksstýrða mæla, og líklegast myndu slíkir mælar taka allar þær sveiflur, sem hinir eiginlegu siritar taka, en um það er ekki hægt að segja fyrr en þessi gerð mæla hefur verið reynd. Um mikilvægi þess að ná þessum smá vatnssveiflum er ekki ljóst ennþá. Mjög mikilvægt í sambandi við þessi mælitæki (data logger) er hversu úrvinnsluþátturinn minnkar mikið, hægt er að keyra upplýsingarnar beint inn á geymslutölvuna. Þessir mælar nota líka tiltölulega lítinn straum og því verða vandamál með rafhlöður í kuldum minni.

VATNSAFL ÍSLANDS. Haukur Tómasson, Orkustofnun.

Í erindi á Orkuþingi 1981 var sett fram nýtt mat á vatnsaflí Íslands. Það byggir á skiptingu landsins í reiti og útreikningi á orku í svokölluðum sniðpunktum. Samkvæmt niðurstöðum þess eru grunnstærðir vatnsaflsins sem orkulindar eftirfarandi, miðað við mismunandi stig í skilgreiningum:

1)	Í úrkomunni	252 TWh/a	28350 MW	907 PJ
2)	Í fallvötnum	187 "	21350 "	673 "
3)	Í sniðpunktum	96 "	10950 "	346 "
4)	Nýtanleg orka	64 "	7300 "	230 "

Munurinn á liðum 1 og 2 er 65 TWh/a. Þessi orka birtist í jökulstreymi, vatnsrennsli í gegnum jöklana og jarðvatnsstraumum. Hugsanlega vegur hvert þessara 3ja atriða álíka mikið.

Í víðasta skilningi má skilgreina vatnsaflíð út frá þeirri orku sem fengist ef allt rennandi vatn færi í gegnum vatnsvélar. Það er sú skilgreining, sem á við lið 2 hér að ofan. Hann og fyrsti liður eru reiknaðir af flatareiningu. Reynt hefur verið að reikna samsvarandi orku fyrir Vestfirði sem orku í farvegum vatnsfalla og er niðurstaðan sú að flatarreikningurinn gefur nokkru meiri orku.

Nýtanleg orka er aftur á móti skilgreind sem orka í árfarvegi umfram 1 MW á 5 km langan kafla, að frádrögnum falltapi og orkunni af þeim hluta vatnasvæðisins sem ekki er hægt að virkja. Í raun er dreifðari orka virkjuð og rennsli á yfirborði er ekki algjört skilyrði fyrir virkjun.

Vatnsorka er nýtanleg þegar eftirtöldum skilyrðum er fullnægt:

- 1) Rennsli (Q) er nógu mikið og dreifing þess yfir árið viðunandi.
- 2) Landslagsaðstæður hagstæðar:
 - a) nægjanlegur halli, eða sérstök skilyrði fyrir hendi, svo sem þröng gljúfur.
 - b) halli nógu lítill á hálendi fyrir miðlanir

Virkjanir má flokka með tilliti til þess hvernig nýtt fall er fengið:

- 1) með stíflum
 - 2) með vatnsvegum
- og með blöndu af þessu.

Miðlanir er hægt að mynda við fernskonar aðstæður;

- 1) í stöðuvötnum með niðurdrætti;
- 2) í stöðuvötnum með hækkun vatnsborðs;
- 3) með blöndu af 1, 2, og 3;

d) á tiltölulega flötu landi.

Kostnaður við stíflur er óháður rennsli en háður hæð þeirra í öðru veldi og lengd í fyrsta veldi. Kostnaður við vatnsvegi er í einhverju hlutfalli við rennsli, mismunandi eftir gerð þeirra. Hér að neðan eru gefnar einfaldaðar kostnaðarjöfnur um þessi mannvirki. Allar eiga þær að margfaldast með lengd.

$$\begin{array}{ll} \text{Pípukostnaður:} & KP = k * Q^n \\ \text{Jarðgangakostnaður} & KG = c + k * Q^n \\ \text{Skurðkostnaður} & KSk = k * Q^n + R \end{array}$$

Stærðirnar k og n hafa mismunandi gildi eftir jöfnum. Fastinn k er stærstur fyrir pípur en minnstur fyrir skurði. Veldisvísirinn n er minni en 1, stærstur fyrir skurði. Kostnaður vegna lágmarksganga er c og rúmmál ofan vatnsborðs í skurðum er R . Virkjunarfyrirkomulag fer eftir rennsli á þann hátt að þar sem rennsli er minnst er líklegast að virkjað sé með pípu, þá með jarðgöngum eða skurðum og fyrir mesta rennslið með stíflum.

Landinu má skipta í svæði eftir virkjanleika vatnsafls:

- 1) jaðra miðhálandisins, 2) láglandi, 3) önnur hálandi, 4) fjalllandi.

Á fyrsta svæðinu er rjóminn úr vatnsafla landsins. Miðlanir eru á flatlandi uppi á hálandinu, og vatnsvegir geta oft verið skurðir. Fall er hátt og rennsli verulegt.

Á svæðum í öðrum flokki, sem er næst mikilvægastur, er rennsli oft mikið og jafnt vegna lindaeinkenna en fall er frekar lítið. Stöðuvötn til miðlunar eru víða.

Fallvötn af "öðru hálandi" eru virkjuð við hálandisbrún, sem yfirleitt er há og brött. Fall er því mikið en rennsli lítið. Miðlanir eru í stöðuvötnum.

Fallvötn á "fjalllandi" eru erfiðust til virkjunar vegna lítills rennslis í hverri á og skorts á miðlunum almennt. Engar virkjanir eru í fjalllandi.

Samanburður við önnur lönd:

Í stórám er yfirleitt virkjað með stíflum og skurðum. Hér á landi eru fáir möguleikar á slíkum stífluvirkjunum.

Í Noregi er mest virkjað frá hálandisbrún niður í firði eða dali. Þetta eru aðstæður svipaðar flokknum "Önnur hálandi" hjá okkur. Hálandið er þó oft víðáttumeira og fall töluvert meira þar en í virkjunum í þessum flokki hér. Miðlun er mjög mikil og nær öll í stöðuvötnum. Vatnsvegir eru göng og sérstök tækni hefur verið þróuð

til gangagerðar inn í botn stöðuvatna.

Í Svíþjóð er virkjað í mörgum þrepum eftir árfarvegunum og miðlað í stórum stöðuvötnum við rætur fjallanna. Þessar aðstæður eru svipaðar okkar að því er varðar hluta af vatnsorkunni á láglendi. Fall er frekar lítið en rennsli mikið. Vatnsvegir eru frekar stuttir og yfirleitt göng.

Í Ölpunum eru fallvötn í fjalllendi virkjuð í stórum stíl. Yfirleitt eru miðlunarskilyrði mjög léleg og rennsli lítið en fall mikið. Vatnsvegir eru göng eða pípur. Skilyrðin eru eins á Íslandi nema fallhæð er mikið minni.

Miðhálandið íslenska á sér ekki samsvörun í nágrannalöndum okkar. Hér hefur eldvirknin skapað mjög flatlenda hásléttu, sem er undirstaða stórs hluta vatnsorku okkar og jafnframt hinnar ódýrustu. Þessi óvenjulegu skilyrði kunna að krefjast áráðni og frumleika af okkar hálfu til þess að okkur auðnist að njóta ávaxtanna af þessari auðlind.

AURBURÐUR Í ÍSLENSKUM ÁM. Haukur Tómasson, Orkustofnun.

Rannsóknir á aurburði eru jafn gamlar mælingum á rennsli ána, því fyrstu rennslis- og aurburðarmælingarnar voru gerðar vegna rannsókna á landrofi (afnámi) af völdum jökla. Þetta gerðist fyrir rúmri öld, norskri jarðfræðingurinn Amund Helland ferðaðist um landið og mældi á einu sumri flestar jökulár landsins og tók aurburðarsýni komst furðu nærri réttu um aurburðinn af landinu. Framhald varð ekki á þessu fyrr en eftir stofnun Vatnamælinga hjá Raforkumálaskrifstofunni fyrir 40 árum og kerfisbundnar aurburðarmælingar hófust með uppsetningu aurburðarstofu fyrir aldarfjórðungi.

Ferlið við aurburðarrannsókn er eftirfarandi: Sýni er tekið úr ánni. Það sem á að vera einkennandi fyrir vatn hennar. Rennsli er mælt eða metið um leið og sýni er tekið. Aurstyrkur og fleira er mælt í sýninu. Þessar niðurstöður eru notaðar til reiknings á aurburðarlykli, sem er sambandið milli aurburðar og rennslis. Margföldun aurburðarlykils og langæislínu rennslis gefur heildaraurburð.

Aurburðarlykill er á forminu $Q = k * q^n$ þar sem veldisvísirinn n er nálægt 2; Q er rennsli; q aurburður og k konstant. Aurburðarlyklar eru reiknaðir fyrir 2 árstíðir, sumar og vetur, og skift í kornastærðarflokka; grófari og fínni en 0,02 mm, auk þess sem reiknaður er einn lykill fyrir árið og alla kornastærðarflokka. Í allt fást 9 lykilar. Heildaraurburður fæst á marga vegu með samlagningu vetrar og sumars, fíns og grófs, auk beinnar niðurstöðu frá einum lykli. Þessu ber vel saman þegar lykilar eru góðir. Þegar lykilar eru lélegir fæst gott mat á aurburði með samanburði á aurstyrk aðliggjandi áa. Á þennan hátt fæst gott heildarmat á aurburði.

Bestir aurburðarlyklar eru í hreinum jökulám. Í þeim er einnig mestur aurburður. Aurburður þeirra er allt öðru vísi á sumrum en veturnum; miklu fínni á sumrin. Breytingin er mjög snögg og á sér stað nærri mánaðamótum júní-júlí. Þetta fyrirbæri skýrist af því að gangakerfi myndast á þessum tíma undir jöklinum, sem leiðir bráðnunarvatnið undan honum. Sumaraurburðurinn er upprunninn í þessu gangakerfi, en vetraraurburður er landeyðing og hreinsun í farvegum.

Aurburður í einstökum ám er reiknaður eða metinn í þúsundum tonna eins og sýnt er í eftirfarandi töflu:

Hvítá í Borg.	250	Blanda	500	Héraðsvötn	400
Skjálfandafljót	250	J. á Fjöllum G.	8000	J. á Fjöllum U.	4500
Kreppa	3500	J. á Brú	9000	J. í Fljótsd.	350
Lagarfljót	70	J. í Lóni	1200	Hornafjarðarfl.	100
Kolgríma	200	Fjallsá	300	Kvíá	200
Svínafellsá	400	Skaftafellsá	600	Skeiðará	7000
Gígja	1000	Súla & Núpsv.	1500	Djúpá	1000
Hverfisfljót	2000	Skaftá	4000	Hólmsá	1200

Skálm	400	Múlakvísl	2400	J. á Sólheimas.	800
Markarfljót	2400	Eystri Rangá	100	Þjórsá	3000
Efri Þjórsá	1500	Tungná	1500	Kaldakvísl	700
Ölfusá	900	Tungná eftir v.	300	Þjórsá eftir v.	800

Síðustu tölurnar merkja aurburðinn í Þjórsá og Tungná eftir að þær voru virkjaðar. Mikill hluti aurburðar stöðvast í lónum þar og eru farvegir teknir að breytast verulega neðan virkjana af þeim sökum.

Mældur aurburður af landinu er um 50.000.000 tonna á ári að meðaltali. Það sem ekki hefur verið mælt er aurburður í stórkostlegum jökulhlaupum, botnskrið og aurburður margra smárra áa. Botnskrið er sennilega tiltölulega lítið í ám hér á landi. Víða er það talið jafnmikið og svifaurinn, sem mældur er. Hér á landi er þetta hlutfall sennilega mikið lægra. Sú Staðhæfing er studd af reynslunni í Þjórsá og Tungná og sethraða í uppistöðulónum. Þetta á sér jarðfræðilegar skýringar. Móberg og aska eru aðal uppspretta aurburðar. Kornastærð þess er aðallega sandur og finni korn, eða þau eru að mestu í sviflausn í ánum (svifaur). Meðal heildaraurburður af landinu til langs tíma lítið, að meðtöldum stórkostlegum jökulhlaupum, getur vel verið tvöfaldur hinn mældi aurburður, en að stórkostlegum jökulhlaupunum frádregnum er hann sennilega 60 til 70 milljónir tonna á ári.

Aurburður er gjarnan reiknaður sem afnám í tonnum á km². Reynt er að gera sér grein fyrir hvernig þetta er hér á landi, annars vegar fyrir jökulvana svæði en hinsvegar fyrir jökla. Á jökulvana svæðunum er afnám frá < 10 t/a/km² upp í 500 t. Minnst er það á blágrýtissvæðum austan og sérstaklega vestanlands en mest á uppblásturssvæðum móbergssvæða sitt hvoru megin eldvirka beltisins og allramest >500 t/a/km² í brattlendinu og móbergssvæðinu við Mýrdalsjökul. Afnám af meginlöndum jarðar er af svipaðri stærðargráðu. Að meðaltali um 180 t/a/km²; minnst í Afríku 24 t/a/km² en mest í Asíu 540 t/a/km².

Afnám undan jökklum á Íslandi er miklu meira en utan jökla. Þar er einnig mikill breytileiki sem skýrist af stærð og þykkt jökla og ýmsum jarðfræðilegum og vatnafræðilegum aðstæðum. Minnst er afnámið₂ af smájökklum innan við 800 t/a/km²; en venjulegast um 10 000 t/a/km² frá Vatna- og Mýrdalsjökli; og mest 20 000 t/a/km² frá Kötlujökli. Þessar stærðir eru mjög háar miðað við aurburðartölur frá útlöndum. Gulá í Kína er talin með mestu aurburðarám í heimi. Afnámið á vissum hlutum vatnasviðs hennar er 7000 t/a/km². Afnámið er því mun meira undan stórejökklum okkar og allt að þrefalt hærra undan Kötlujökli. Hann er því að öllum líkindum sá staður á fastlandi jarðar, sem hraðast eyðist.

Fyrir rúmri öld kom hingað til lands norskur jarðfræðingur eins og sagði í upphafi þessa máls. Erindi hans var að mæla eyðingu landsins undir jökklunum á Íslandi. Þetta var innlegg í umræður og deilur um virkni útrænna afla og sérstaklega jökla í landmótun. Niðurstaða Hellands var að eyðing undir Vatnajökli væri um 1 mm bergs á ári. Þótti þetta há tala, merkileg og mikið notuð, og stuðningur við kenninguna um mikil landmótunarhrif ísaldarjökla. Með okkar

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

rannsóknnum hefur þessi tala hækkað í 3-5 mm/a. Leiðangur Amund Hellands náði furðanlega langt á þessum stutta rannsóknartíma með frumstæðum mælingaraðferðum.

LEKT ÍSLENSKRA JARÐEFNA. Jón Ingimarsson og Freysteinn Sigurðsson, Orkustofnun.

Jarðvatn er notað sem samheiti um vatn undir jarðaryfirborði. Það skiptist í tvo flokka jarðraka og grunnvatn skilin milli þessara flokka eru við grunnvatnsborðið, neðan þess er grunnvatnið og þar eru öll holrúm og glufur í berginu vatnsfyllt. Yfirgnæfandi hluti ferska vatnsins er grunnvatn.

Vatnið í holrúmunum og glufum jarðlaganna neðan grunnvatnsborðsins streymir undan þrýstingi. Geta jarðlaganna til að leiða vatnið nefnist lekt. Lektin er einn þýðingarmesti þátturinn við grunnvatnsrannsóknir svo sem við mat á vatnsgæfni grunnvatnsgeyma, mengunarhættu o.fl. Aðrir þættir sem máli skipta eru einkum virk groppa, (hversu mikill rúmmálshluti eru glufur og holrúm), hitastig vatnsins og þrýstingur. Lektin er oft mæld í sömu einingum og hraði t.d. metrum á sekúndu (m/s).

Í greininni er íslenskum jarðefnum, bæði lausum jarðefnum og bergi, lýst með tilliti til lektar. Þá eru jarðefnin flokkuð eftir lekt, sjá mynd, í því sambandi er stuðst við prófanir á jarðefnum víða á landinu.

Í greininni er einnig gerð grein fyrir helstu aðferðum sem notaðar eru við að meta lekt í jarðefnum og leiðbeint um val á aðferð þegar þörf er vitneskju um lekt stakra jarðmyndana með sæmilegri nákvæmni, sjá mynd.

LEKT Í MISMUNANDI JARÐEFNUM - AÐFERÐIR VIÐ MAT Á LEKT

Lekt (m/s)	1	0.1	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Lektin er	Mjög mikil - mikil		Nokkur - lítil			Óveruleg - nánast engin				
Jarðlag	Hrein mól		Hreiinn sandur		Fínn sandur, silt			Leir		
	Hraun kargi		Ungt grágrýti		Tertíert basalt setberg					
	Hraun		Árkvarter basalt		setberg					
	Móberg		bólstraberg b.breksía t.breksía túff							
Aðferð við mat á lekt	Tvíþólprófun			Prepadæling						
	Langtímadæluþrófun									
						Með þrýsti- skynjara	Pakkari			
						Gryður		Mælingar á óhreyfðum sýnum á tilraunastofu		

ELSTA VÍSINDAGREIN MANNKYNS. Jónas Elíasson prófessor.

Þegar akuryrkja ryður sér til rúms í heiminum ca. 8000 fyrir Krist, myndast fyrstu þorpinn með fastri búsetu, fyrstu borgirnar, fyrstu menningarsamfélögin.

Hinir fyrstu akuryrkjumenn voru steinaldarfólk. Tækni þeirra var á mjög lágu stigi, fyrst og fremst hafa fundist eftir þá leirker, handmótuð og lítið skreytt. Einnig hafa fundist víggirtar borgir, t.d. Jerikó.

En menningin á þessum dögum hefur verið fremur fátækleg og möguleikarnir fáir. Þó hefur þetta fólk kunnað ýmislegt fyrir sér í verktækni, um það vitna t.d. Stonehenge, stór hof á Möltu og ýmislegt fleira.

Þessi verkkunnátta, sem var næstum án verkfæra, skýrir hugsanlega þann atburð, að þegar bronsið kemur fram verður einskonar menningarleg sprenging. Þar sem eingin menning að ráði hafði þróast árbúsundum saman risu nú upp menningarsamfélög, hvert á fætur öðru og það á örstuttum tíma. Þessi menningarsamfélög voru dreifð um allan heim. Fyrstir urðu Súmerar, þá Egyptar, þá Indverjar, þá Kínverjar og síðastir Aztekar, Mayar og Inkar.

Ríki Súmera og Egypta lágu næst hvert öðru, en menn greinir á um hvort þar hafi nokkur samgangur verið að ráði. Helst hallast menn að því, að þessi fyrstu ríki hafi lítið vitað hvert af öðru. Því merkilegra er það, að allar þessar þjóðir byggja afkomu sína á sömu tækninni, þ.e. áveitum. Áveiturnar voru svo haglega gerðar að enn þann dag í dag hefur ekki tekist að rækta upp öll landsvæði sem þeir ræktuðu.

Öll saga þessara þjóða sýnir hversu háðir þeir voru vatninu. Og engum blöðum er um það að fletta að vatnafræðin var þeirra aðal vísindagrein. Gagnstætt því sem er í dag var vatnafræði þeirra tíma guðleg, hún var órjúfanlega tengd ríkisvaldinu, guðunum og fulltrúum þeirra hér á jörð prestunum. Allar stjórnarathafnir og allar helgiathafnir voru tengdar atburðum vatnafræðinnar. Aðrar vísindagreinar voru meiri og minni undirgreinar hennar. Þannig þjónaði tímatalið fyrst og fremst þeim tilgangi að stjórna vinnunni við áveiturnar, vita hvenær var von á flóðum, hvenær mátti hleypa vatni á, taka það af og hvenær var hægt að vinna við viðhald og nýbyggingar.

Egyptar komust lengst þessara ríkja. Þar reis menningin og glæsileikinn hæst. Þetta skilst betur þegar umhverfi þeirra er skoðað og borið saman við hina. Landið er örmjó ræma meðfram ánni Níl, sem líður í lygnum straumi í farvegi sínum nema einu sinni á ári þá flæðir hún. Þetta flóð kemur í júlí samkvæmt okkar tímatali, þá hækkaði Níl um rúma 10 metra að jafnaði. Þá vökvast akrarnir og kornið sprettur og eftir þrjá mánuði var uppskerutími.

Prestarnir stjórnðu áveitunum og fléttuðu trúarathöfnum sínum inni það. Klaustur þeirra stóðu með vissu millibili á bökkum fljótsins og voru allt í senn, kirkjur, búfræðimiðstöðvar, ferjustaðir, héraðsstjórnsetur, forðabúr, sjúkrahús og skólar. Síðast en ekki síst voru þau vatnsmælistöðvar. Í hverju klaustri var vatnshæðarmælir þar sem fylgst var með hæð Nílar. Elstu vatnshæðarmælingar sem sögur fara af eru frá einum slíkum, Nilometer sem stóð í Klaustrinu Karnak við þebu (Luxor).

Mesta hátíð ársins var brúðkaupshátíð guðsins, en hún var einu sinni á ári. Hæst munu þessar hátíðir hafa risið á tímum Amon-Ra dýrkunarinnar á dögum yngra ríkisins frá því um 1500 fyrir Krist. Þessar hátíðir munu reyndar hafa verið svipaðar að innihaldi árpúsundum saman. Hátíðin var að efni til brúðkaupshátíð Amon-Ra og konu hans Muut, hún stóð í 10 daga, en meðan hún stóð átti Níl að byrja að flæða. Koma flóðsins markaði byrjun á áveitustörfum sem hófust strax eftir hátíðina. Segir þetta meira en flest annað um kunnáttu Amon-Ra prestanna í vatnafræði að geta staðsett hátíðina svo nákvæmlega að því mátti treysta að Nílarflóðið kom á þeim tíu dögum þegar hátíðin stóð.

Prestarnir fylgdust mjög vel með vatnshæðinni. Hæsta vatnshæðin segir til um hve mikið land vökvast og er því góður mælikvarði á uppskeruna. Hámark flóðsins í klaustrunum var því notað til að skrifa út skatta. Prestarnir önnuðust álagningu og gjaldheimtu, en skattarnir voru greiddir í korni. Kornid var síðan notað sem verslunarvara og einnig sem matarbirgðir fyrir her faraóanna og verkamenn sem unnu við vega- og grafhýsagerð, að ógleymdum þeim her sem að jafnaði vann við áveitukerfið.

Þetta áveitubjóðfélag var auðvitað algerlega háð flóðunum í Níl. En þau gátu brugðist. Níl flæðir þannig, að þegar rignir í Abbysíníu, þá margfaldast bláa Níl sem kemur þaðan úr fjöllum. Flóðið þarf að verða yfir 10 metra hátt til að komast vel uppúr farveginum og vökva akrana. Flóðin eru mjög misstór, svo stundum brást áveitan, kornbirgðir þrotu og hungursneyð varð. Fylgni er mikil í flóðunum, þannig að þurr ár fylgjast nokkuð að, samber sögu biblíunnar um hin 7 feitu og hin sjö mögru ár. Þessi saga bendir eindregið til þess, að menn hafi verið að reyna að reikna út meðalsveifluna, en sú íþrótt að reikna út meðaltalssveiflur er stunduð af miklu kappi innan vatnafræðinnar enn þann dag í dag, árpúsundum síðar. Um mælingar flóðanna í Níl má annars segja, að þær geyma elstu tímaraðir sem þekkjast sem óbyggjandi sýna fram á fylgni í vatnshæðarmælingum. Þær lengstu eru frá Nílmælinum á Roda eyju. Þær ná 1200 ár samfelld aftur í tíman, en miklu lengri mælingar munu hafa glatast þegar bókasafnið í Alexandríu brann. Stakar mælingar eru til 5000 ára gamlar.

Í Súmer voru skilyrði allt önnur. Þar renna Eufrat og Tigris nálægt hver annari og sameinast að síðustu í óshólmunum. Báðar árnar eru þekktar fyrir villt og óregluleg flóð sem haga sér með allt öðrum hætti en í Níl. Verstu flóðin koma að sjálfsögðu þegar báðar árnar flæða í einu. Elsta borgin þarna er Ur, þar hefur verið grafið niður í gegnum

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

mörg búsetulög, allt aftur á steinöld. Það skýtna kom í ljós að um 4000 fyrir Krist hefur komið þarna geypilegt flóð sem skildi eftir sig 3 metra leirlag milli steinaldar og bronsaldarlaganna. Þetta flóðlag finnst út um allann Mesópótamíudalinn, nema á hæðum sem hafa staðið uppúr. Minnir þetta óneitanlega á Nóaflóðið, en Gamli Nói átti sér eimitt forvera í Súmer. Hét sá Gilgamesh og fannst kvæði með afrekum hans á leirtöflum í Úr.

Við þessi skilyrði reið allt á að byggja flóðvarnargarða og gæta þeirra vel. Við þetta hefur tæknin mikið að segja. Fyrstu bronsaldarríkin voru Súmer og síðar Babýlon, en í Babýlon ríkti Hammúrabí, og hann sett um 1700 fyrir Krist hin fyrstu skráðu lög sem vitað er um og í þeim lögum er bálkur sem kalla má vatnalög og hefur haft sín áhrif allt fram á vora daga. Eimitt á þessum dögum fer að fréttast af Assýríumönnum, þeir versluðu við Litlu-Asíu, en þar keyptu þeir nýjan málms sem var að koma fram á sjónarsviðið. Þessi málmur var kallaður járn og var fimm sinnum dýrari en gull.

Þegar Assýríumenn komust til valda var ráðist í nýjar og stórkostlegar áveitur. Þeir veittu nýju vatni frá fjöllum í austri fleiri tuga kílómetra leið með stíflum og skurðum inni höfuðborgina Ninive. Þeir skipulögðu landið og refsuðu öllum stranglega sem ekki pössuðu áveiturnar eða gerðu önnur mistök. Með þeim reis áveitutæknin hæst þeir voru vatnafræðimeistarar síns tíma og ef til vill allra tíma.

Auk þessa má geta grunnvatnsjarðgangna sem byggð voru saman í stór kerfi í Persíu og víðar. Tímans vegna er ekki hægt að segja frá meiru.

FRÁ MÆLINGUM TIL LÍKANS. Kristinn Einarsson, Orkustofnun.

Rekja má mælingar á rennslis- og veðurbáttum á Íslandi all langt aftur í tímann. Samfelldar vatnamælingar hefjast á þriðja áratugi þessarar aldar, en mælingar veðurbátta miklu fyrr, eða fyrir miðja síðustu öld. Jafnvel má rekja sögu trúverðugra hita- og úrkomumælinga aftur til síðustu áratuga átjándu aldar. Fyrsta rennslismæling fór fram á Íslandi sumarið 1881, en um og upp úr fyrri heimsstyrjöldinni jukust þær mjög og urðu kerfisbundnar eftir síðari heimsstyrjöld.

Margt er hægt að tína til sem ástæðu þess að mælingarnar hófust, en aðeins einstaka menn gerðu sér í upphafi grein fyrir því, hversu samofnar veður- og vatnamælingar gætu orðið. Nú á dögum eru veðurathuganir einar sér einkum notaðar með tvennum hætti, til þess að spá fram í tímann og til þess að líta um öxl. Þetta er það sem við köllum veðurspár og veðurfarsathuganir. Notkun veðurathugana til að spá um veður er sýnu grónari og víðtækari iðja en samsvarandi notkun veður- og rennslisathugana til að spá fyrir um rennsli. Algengari er í vatnafræði samsvörunin við veðurfarsathuganir, það að litið sé um öxl til liðins tíma, þótt eiginlegar rennslisspár fram í tímann séu einnig stundaðar.

Á sama hátt og spágildi um veður morgundagsins getur falist í veðri nokkurra undanfarandi daga, er einnig innra orsakasamhengi af því tagi fólgið í rennsli ána. En auk þess hefur veðrið, t.d. hiti og úrkoma, sín áhrif á rennsli fram í tímann. Þegar reynt er að gera sér grein fyrir eðli þessa orsakasamhengis og afleiðingum er niðurstaðan líkan hinna raunverulegu viðburða, eftirlíking sem oft er all góð en aldrei fullkomin. Slík líkön eru yfirleitt notuð í formi forrita sem keyrð eru í tölvu.

Reynt hefur verið með misgóðum árangri að nota veðurgögn af ýmsu tagi við gerð rennslislíkana. Mest vægi og upplýsingagildi hafa gögn um hita og úrkomu. Mælingar á vindhraða og þáttum er tengjast geislun og uppgufun hafa einnig reynzt gagnlegar í sumum tilfellum. Einnig er notast við upplýsingar af kortum svo sem hæðardreifingu og jarðgerð, eða aðrar sérhæfðar upplýsingar svo sem um snjóhulu af gervihnattamyndum. Síðast en ekki sízt er stuðzt við gögn um rennsli eða grunnvatnshæð á öðrum nærliggjandi eða svipuðum stöðum.

Tvö sígild vandamál tengjast mælingum: Það fyrra er fólgið í því að hin eina rétta niðurstaða fæst aldrei, mælingin truflar oft það sem mæla skal og tækin eru aldrei fullnægjandi. Það seinna fylgir í kjölfarið og lýsir sér þannig, að með aukinni nákvæmni í mælingum fylgir hlutfallslega enn meiri kostnaður. Á móti kemur að nútíma tækni gerir það kleyft að halda uppi samfelldum mælingum með sjálfvirkum hætti í óbyggðum jafnt sem í byggð, og þetta þannig möskvana í "netinu sem veiðir vindinn" - eða vatnið.

Annað atriði má nefna sem bætir úr skák. Tökum dæmi af úrkomumælingum, sem oft koma við sögu þegar rætt er um nákvæmni sem vandamál. Regnmælirinn truflar mælinguna, mismikið eftir því hvaða vindhraði er, og einnig eftir því hvort um regn, slyddu eða snjó er að ræða, sem aftur er mjög háð hita. Í annan stað er um punktmælingu að ræða. Þá gildir niðurstaðan ekki um jafn stórt svæði í kring eins og t.d. mæling lofthitans. En þetta er ekki jafn slæmt og sýnist. Í rennslislíkani er tekið afstætt tillit til mælinga á veðurbáttum. Úrkomumælingar eru ekki teknar inn í dæmið eins og um væri að ræða beint og milliliðalaust bókhald fyrir vatnsjöfnuð. Það sem skiptir máli er hins vegar að mælingarnar fari sem mest fram með sama hætti; ekki sé um að ræða villur er skekki allt mismikið á einn veg, og að innbyrðis samræmi þeirra haggist ekki. Oft er það eingöngu tölfræðileg dreifing mælinganna sem notuð er við gerð líkansins, ekki afstætt úrkomumagnið sem slíkt.

Mikilvægt er að gera sér grein fyrir möguleikum og takmörkunum tímaraða af því tagi sem veður- og rennslisgögn eru. Mæling nákvæmlega sama fyrirbæris verður aldrei endurtekin, veðrið í gær eða rennslíð í morgun kemur aldrei aftur. Aukinn skilningur fylgir því að skoða fleiri en eitt fyrirbæri í einu og líta á atburði innan viðkomandi vatnasviðs sem kerfi tengdra viðburða. Upplýsingagildi einstakra raða eða margra saman er hægt að meta með tölfræðilegum aðferðum. En til þess að það sé hægt verða þær að vera nægilega langar. Þannig má lengi telja.

Vatnafræðilíkönum má skipta í tvo undirflokk, ákvarðanleg líkön og tölfræðileg eða tímaraðalíkön. Fyrri gerðin byggist á þeirri hugmynd að líkja eftir ákveðnum ferlum í hringrás vatnsins, í von um að finna lögmálið að baki þessara ferla. Seinni gerðin nýtir sér tölfræðilega eiginleika veður- og rennslisgagna, það að um er að ræða tímaháða atburði sem háðir eru óvissu. Þessi líkön blandast stundum á þann hátt að niðurstöður einnar líkangerðar eða flokks renna sem frumgögn inn í líkan af öðru tagi.

Hin einfaldari líkön eru fljótgerð og ódýr en krefjast yfirleitt ekki mikillar gagnasöfnunar og úrvinnslu. Þau gefa jafnframt miður ljós svör. Þau flóknari geta orðið hinar mestu ófreskjur og tímafrek og dýr í notkun en gefa stundum allitarleg svör. Í raun er yfirleitt farinn hinn farsæli meðalvegur og leitað svars með sæmilega viðunandi nákvæmni. Með tölvubyltingu og tækninýjungum í gagnasöfnun hefur þessi meðalvegur færzt heldur í flóknu áttina á síðustu árum.

Sem dæmi um spurningar sem reynt er að svara í vatnafræði með líkangerð af ýmsu tagi má nefna: Hvert var rennslíð á þessum mælistað, á tímabili þar sem mælingar vantar? Eða hvert var rennslíð á öðrum stað í ánni, ofan eða neðan við mælistaðinn, á einhverju tilteknu tímabili? Eða hvernig fer um grunnvatnshæð og aðstæður til neytluvatnstöku ef svo og svo miklu vatni er dælt upp á tilteknum stað í langan tíma? Hvernig sem líður svörum við þessum og viðlíka spurningum og hversu gott sem líkanið er, þá ber þess þó ætíð að gæta að það gefur aldrei betri eða nákvæmari niðurstöður heldur en mælingar gefa tilefni til.

ÚRKOMA SUÐVESTANLANDS. Markús Á. Einarsson, Veðurstofu Íslands.

Fjallað er um úrkomu suðvestanlands, einkum breytileika hennar innan landshlutans.

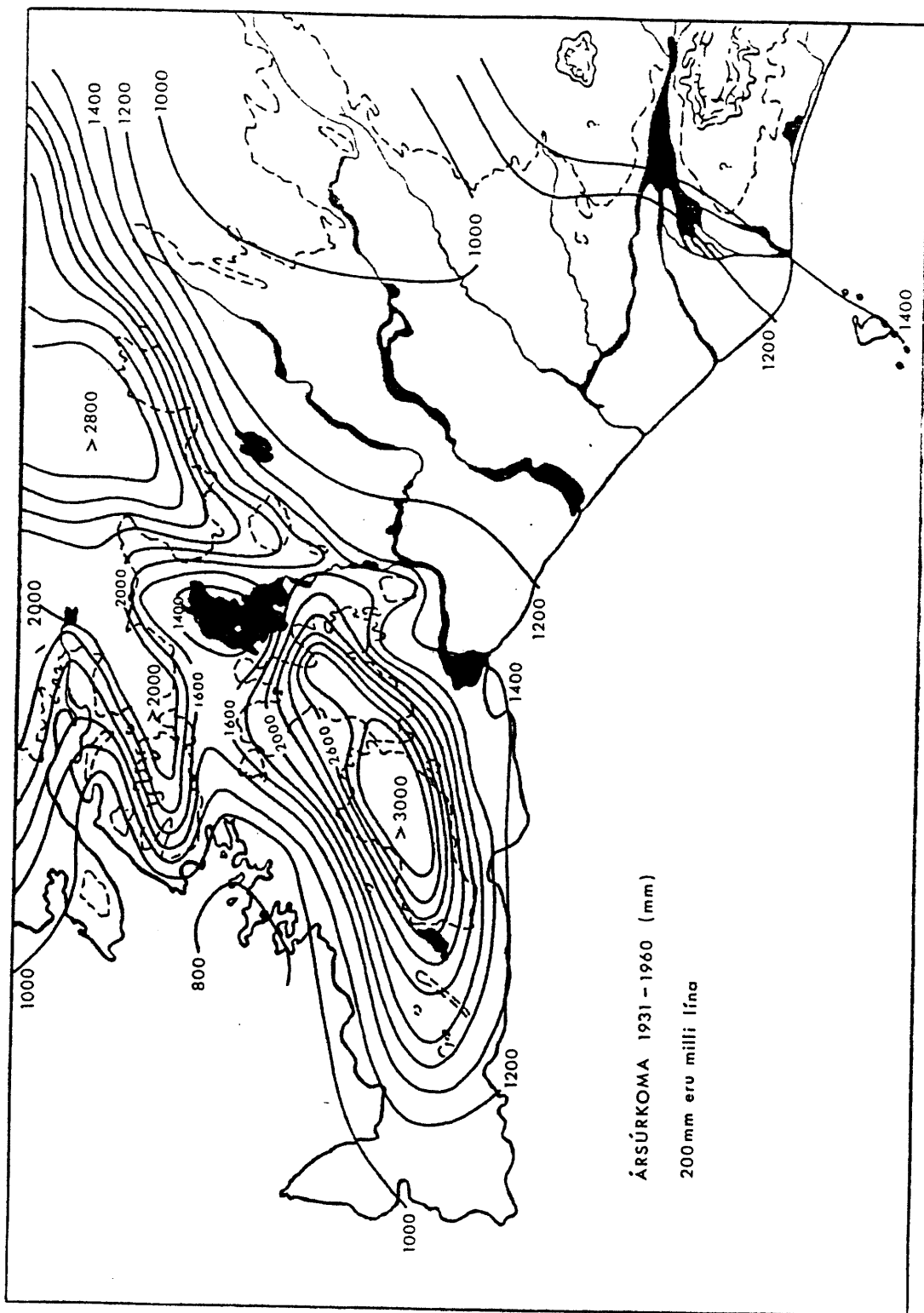
Svæði það sem nefnt er suðvestanlands nær yfir allt Suðurlandsundirlendið, Reykjanesskaga og þaðan rétt norður fyrir Hvalfjörð. Norðurmörk svæðisins liggja skammt sunnan Langjökuls. Austustu veðurstöðvarnar í uppsveitum sem stuðst er við eru Búrfell og Leirubakki á Landi, og við ströndina Hólmar í A-Landeyjum og Vestmannaeyjar.

Gerð er grein fyrir reglulegum úrkomumælingum á svæðinu sem staðið hafa í lengri eða skemmri tíma. Úrkomumælistaðir eru 54 talsins og á 40 þeirra hafa mælingar staðið í a.m.k. einn áratug og á rúmlega helmingi þeirra í 15-20 ár eða meira.

Lýst er mánaðar- og ársúrkomu á svæðinu fyrir meðallagstímabilið 1931-1960 og birt kort sem sýnir ársúrkomuna.

Lýst er korti sem sýnir árlegan fjölda úrkomudaga í % allra daga á landinu öllu fyrir tímabilið 1971-1980 og einnig kortum með fjölda úrkomudaga í helstu flokkum veðurlags samkvæmt flokkun höfundar í bókinni *Veðurfar á Íslandi*.

Í lokakafla er gerð grein fyrir kortum sem sýna dreifingu úrkomu suðvestanlands í þeim fjórum flokkum veðurlags sem úrkomu er helst að vænta í samkvæmt greiningu á fjölda úrkomudaga, þ.e. í SA-átt, SV- og V-átt, S-átt með hlýindum og A-átt.



Ársúrkoma suðvestanlands 1931-1960, mm.

ÁÆTLUN UM MÆLINGAR Á AFKOMU ÍSLENSKRA JÖKLA. Oddur Sigurðsson, Orkustofnun.

Nú er verið að halda upp á 40 ára afmæli Vatnamælinga Orkustofnunar. Þar hefur mælingum jökla verið sinnt að einhverju leyti sem eðlilegt hlýtur að teljast þar sem jöklar ná yfir um 11% af yfirborði landsins. Að líkindum kemur hlutfallslega mun meira af vatni af jöklunum heldur en öðrum svæðum, þar sem úrkoma er þar mun meiri auk heldur sem jöklarnir hafa farið mjög minnkandi á þessari öld. Í öðru lagi hefur vatn frá jöklum í sér fólgni hlutfallslega mikla orku þar eð það á víðast eftir að falla hátt ofan til sjávar.

Nú er ætlunin að auka mjög mælingar á jökli til að þekkja betur eðli þessarar vatnsorku. Mælingarnar verða fyrst og fremst á ákomu og leysingu á jöklum til að kynnast afkomu jöklanna. Þetta er mjög viðamikil verk og ekki von til að tölum verði komið yfir þessi atriði á öllum jöklum landsins. Þá þarf að velja úr jökla sem geta talist einkennandi fyrir stór svæði á jökli eða marga jökla á einhverju "veðursvæði".

Til að byrja með verður lagt í umfangsmiklar mælingar á Hofsjökli þar sem hann er á miðju landsins og ýmist eru uppi áætlanir um að nýta mest allt vatn frá honum í náinni framtíð eða það er þegar nýtt að nokkru leyti. Ætlunin er að kortleggja einnig dýpi á öskulagið frá Heklu frá 1980 og ef til vill frá 1970. Með því ætti að vera hægt að komast nær um afkomu jökulsins á undanförunum áratug. Hofsjökull er eini stóri jökullinn sem lagt verður í að mæla en Tungnaárjökull hefur verið mældur um árabíl og sömuleiðis að einhverju leyti Eyjabakkajökull í örfá ár. Til grein kemur að mæla afkomu annarra jökla svo sem Þrándarjökuls, Tindfjallajökuls, Þórisjökuls, Bægisárjökuls og e.t.v. Drangajökuls (Kaldalónsjökuls). Hver þessara jökla myndi þá vera "fulltrúi" annarra jökla hver á sínu svæði.

Um mælingar á afkomu jöklanna verður farið eftir alþjóðlegum staðli sem samin hefur verið að mestu í Noregi og Kanada. Reist verður net af stöngum á þeim jökli sem mæla skal og ákoman mæld þar að vori en leysing að hausti. Stanganetsins þarf auk þess að vitja a.m.k. einu sinni að vetrinum og einu sinni að sumrinu.

Niðurstöður mælinganna verða birtar á kortum af jöklinum, sem á eru teiknaðar jafnþykktarlínur ákomu annars vegar og leysingar hins vegar. Auk þess verða teiknuð línurit yfir afkomu jökulsins eftir hæð yfir sjó.

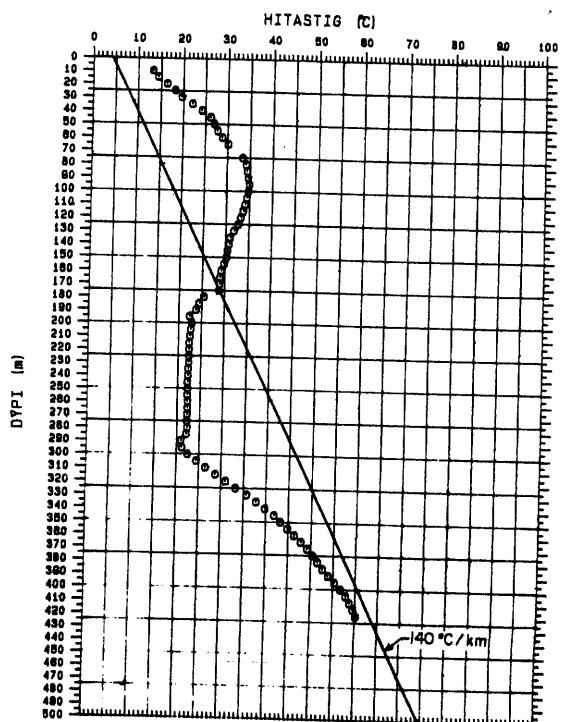
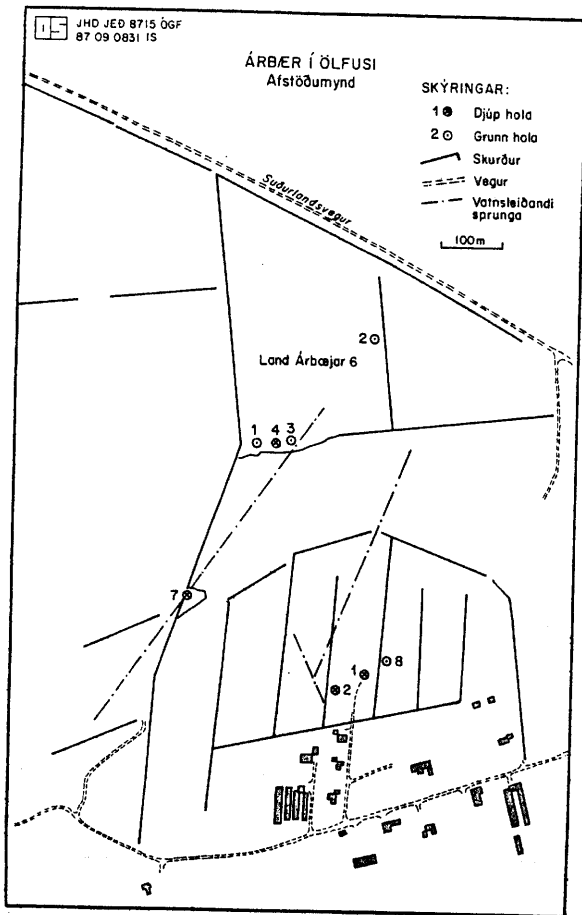
22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

VÍSSENDINGAR UM STAÐBUNDIÐ VARMANÁM Á LÁGHITASVÆÐI. Ólafur G. Flóvenz, Magnús Ólafsson og Auður Ingimarsdóttir, Orkustofnun.

Við Árbæ í Ölfusi, skammt vestan Selfoss er eitt af fjölmörgum lághitasvæðum Suðurlands. Þar hafa verið boraðar 4 borholur 450-950 m djúpar og 8 grunnar holur, 30-70 m djúpar. Staðsetning þessara borhola er sýnd á mynd 1 ásamt niðurstöðum viðnámssniðsmælinga sem sýna hvar vatnsleiðandi sprungur er að finna. Tvær stefnur, u.þ.b. N25-35A og u.þ.b. N20-25V koma fram í viðnámssniðmælingunum og er það í samræmi við stefnur sprungna sem sjá má í móbergsklöppum í bökkum Ölfusár. Allar djúpu holurnar sem boraðar hafa verið í svæðið hafa verið lekar í efstu 100-200 metrunum. Hitastig vatnsins í efstu 200 m hefur verið á bilinu 30-45°C. Þar fyrir neðan hitnar mjög ört í holum 1, 2 og 7 og stefnir í um 140°C hita á 1 km dýpi. Það er svipað hitastig og reikna má með út frá svæðisbundnum hitastigli. Í þessum holum eru einungis óverulegar vatnsæðar neðan 200 m dýpis. Í holu 1 er æð sem gefur liðlega 3 l/s í sjálfrennslí á 451 m dýpi. Hitastig þess er 82°C. Úr holu 2 kemur 1.5 l/s af 105°C vatni, líklega af 740 m dýpi og úr holu 7 kemur um 0.25 l/s af 52°C heitu vatni af 260 m dýpi.



Hola 4, nyrsta holan er talsvert öðruvísi. Neðan 100 m dýpis tekur að kólna uns komið er í 18-19°C heitt vatnskerfi á tæplega 300 m dýpi. Hitamælingar úr holu 4 eru sýndar á mynd 2. Þar kemur glögglega fram að hitastig bergsins milli 150 og 350 m er langt undir því sem ætti að vera miðað við hitastigul á þessum slóðum. Þarna eru ennfremur vatnsæðar sem sýna að bergið þarna er vel lekt. Telja verður auðsætt að verulegt varmanám hafi átt sér stað úr berginu.

Þessar aðstæður við Árbæ, jarðhitakerfi með sjálfrennandi vatni og skammt frá borhola þar sem augljóslega er virkt varmanám, virtust kjörnar til ýmisa tilrauna til að kanna rennlisleiðir heita vatnsins. Tekin voru sýni til efna- og samsætugreininga úr heita vatninu í holum 1, 2 og 7 ásamt sýni úr kaldri lind undir Ingólfsfjalli. Þá var sett niður kenniefni, Natríum Flúorescein, í holu 4 áður en hún var dýpkuð úr 430 m og sýni tekin reglulega af vatninu sem rennur úr holum 1, 2 og 7 ásamt stökum sýnum úr grunnri holu skammt frá holu 1 og holu 7. Niðurstaðan var nokkuð óvænt. Aðeins viku eftir niðursetningu kenniefnisins tók það að mælast í miklu magni í holu 1 og um mánuði eftir niðursetningu í holu 7. Fram til þessa hefur aðeins óverulegs magns kenniefnisins orðið vart í holu 2 og grunnu holunum tveimur. Ennfremur má reikna út að rétt tæp 40% þess magns af kenniefninu sem sett var niður í holu 4 skilar sér aftur upp í holu 1.

Samkvæmt efna- og samsætugreiningum er allmikill munur á kalda vatninu undir Ingólfsfjalli og 105°C heitu æðinni í holu 2. Vatnið sem kemur úr holum 1 og 7 liggur þar á milli sem sýnir að þar er um blöndu kalda vatnsins og 105°C heita vatnsins að ræða. Styrkur klóriðs, hlutfall súrefnissamsæta og vetnissamsæta sýna að hlutur kalda kerfisins í vatninu sem kemur úr holu 1 er um 70% á móti um 30% hlut heita vatnsins. Þegar hins vegar litið er á hitastigið, kalda vatnið er 4°C heitt að uppruna, heita vatnið 105°C og blandan 82°C, ættu 77% blöndunnar að vera upprunnið úr heita kerfinu. Ef gera á ráð fyrir að varmanámið sé hverfandi en hitaaukningin stafi eingöngu af beinni blöndun fæst að heita vatnið sem blandaðist því kalda þyrfti að vera 260°C heitt sem er nánast útilokað. Með öðrum orðum: Kalt grunnvatn hripar niður um sprungur í berggrunninum hitnar þar af snertingu við bergið, blandast nokkru af heitu vatni sem kemur af meira dýpi og kemur fram í borholu nokkur hundruð metra frá niðurstreymisstaðnum. Verulegur hluti varmans sem verið er að nýta úr holu 1 kemur því úr heitu bergi á staðnum eða því sem næst.

Þarna teljum við okkur hafa allgóða sönnun fyrir því sem okkur grunar að gildi fyrir flest lághitasvæðin; að þau séu staðbundin hringrásarsvæði þar sem kalt vatn kemst niður um ungar sprungur hitnar og stígur upp á ný, nemur varmann nánast undir jarðhitasvæðinu sjálfu.

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

SPÁR UM RENNSLI OG ORKUVINNSLU. Páll Bergþórsson, Veðurstofu Íslands.

Í þessu erindi er aðallega fjallað um samanlagt ársrennsli í sjö af helstu fallvötnum landsins, en þau eru:

Ölfusá hjá Selfossi
Hvítá hjá Kljáfossi
Blanda hjá Guðlaugsstöðum
Skjálfandafljót hjá Goðafossi
Jökulsá hjá Dettifossi
Lagarfljót hjá Lagarfossi
Þjórsá hjá Urriðafossi

Árin 1950-1983 er farið eftir mælingum, en þó með smávægilegum eyðufyllingum. Meðalrennsli þessara ára er 1279 rúmmetrar á sekúndu. Önnur rennslisgögn og veðurgögn eru svo notuð til að áætla þetta rennsli á tímabilinu 1873-1949.

Árin 1940-1949 er notuð þessi aðhvarfslíking til að áætla árlegt rennsli:

$$R = 6,94 L + 1,81 D + 3,03 V + 6,37 S + 0,351 U_5 - 546 \quad (1)$$

Hér tákna:

R samanlagt ársrennsli sjö fallvatna

L ársrennsli í Sogi hjá Ljósafossi

D ársrennsli í Jökulsá hjá Dettifossi

V summa mánaðahita (yfir frostmarki) í janúar-maí og október-desember

S Summa mánaðahita (yfir frostmarki) í júní-september.

Hiti er hér miðaður við meðaltal í Stykkishólmi og á Teigarhorni.

U_5 meðaltal ársúrkomu fimm stöðva, vegið meðaltal ársins og undanfarinna ára. Hér reynist best að láta vægi ársúrkomu dvína um 60% með hverju ári aftur í tímann. Stöðvarnar eru:

Stykkishólmur

Eyrarbakki

Vík í Mýrdal

Kirkjubæjarklaustur

Teigarhorn

Fylgni áætlunar eftir þessari líkingu og rennslis 1950-1983 reynist 0,91.

Árin 1921-1939 er notuð önnur aðhvarfslíking til að áætla árlegt rennsli:

$$R = 6,69 V + 15,66 S + 0,780 U_5 - 468 \quad (2)$$

Fylgni þessarar áætlunar og rennslis 1950-1983 reynist vera 0,84.

Árin 1873-1920 er notuð þriðja aðhvarfslíkingin:

$$R = 5,51 V + 20,44 S + 0,900 U_{st} - 344 \quad (3)$$

Hér er

U_{st} meðalúrkoma í Stykkishólmi og á Teigarhorni, vægið meðaltal ársins og undanfarinna ára. Vægi ársúrkomu minnkar um 60% með hverju ári aftur í tímann.

Fylgni áætlunarinnar og rennslis árin 1950-1983 reynist 0,79.

Í öllum þessum áætlunum eftir líkingum (1) - (3) hafa stuðlar verið magnaðir svo að staðalvik áætlunar verði það sama og staðalvik rennslis á árunum 1950-1983. Skekkjur aukast að vísu dálítið við þetta, en fylgnin verður óbreytt, og með þessu verður sennilegri dreifing í rennslisröðinni en ella. Þetta breytir þó ekki áætluðum meðaltölum fyrir 1950-1983.

Þegar rennslisröðin fyrir árin 1973-1983 er fullmynduð á þennan hátt, kemur í ljós, að árlegt rennsli er aftur hægt að setja fram með þessari einföldu aðhvarfslíkingu:

$$R = 137 H + 775 \quad (4)$$

þar sem

H er meðaltal árshita í Stykkishólmi og á Teigarhorni.

Fylgni á öllu tímabilinu reynist 0,78 og er marktæk upp á 99,5%. Hér er þó þess að gæta, að við áætlun rennslis fyrir 1950 hefur sumarhiti og vetrarhiti haft nokkur áhrif, og þess vegna er raunveruleg fylgni sennilega nokkru lægri. Það styður þó þessa niðurstöðu, að á öllu þessu tímabili er talsverð fylgni milli hita og úrkomu. Kosturinn við að nota einungis hitann í þessum aðhvarfsreikningi er sá að hitamælingar eru mun áreiðanlegri en úrkomumælingar, og því sambærilegri milli ólíkra tímabila. Með því að bera saman áratuga meðaltöl hita og rennslis fæst svo mun meiri fylgni, 0,91, og hún er líka fyllilega marktæk, þó að frítölur séu miklu færri. Þetta bendir til þess, að rennsli sé verulega háð hitabreytingum til langs tíma, þó að það fylgi ekki hitanum eins vel í einstökum árum.

Spár um rennsli eins og tveggja ára.

Hér hefur komið fram, að lofthitinn á komandi ári og undanfarandi úrkoma eru meðal þátta, sem hafa áhrif á rennslið á árinu framundan. Um lofthita ársins er hægt að spá með nokkrum árangri (Páll Bergþórsson 1987) eftir undanfarandi hausthita norður á Jan Mayen, en forsenda þess eru vitanlega hafstraumar, sem þaðan leggur á um það bil hálfu ári og segja nokkuð til um hita sinn í hitanum á Jan Mayen. Auk þess er hitaspá nokkur óbein spá um úrkomu ársins, vegna fylgni þessara þátta. Út frá þessum forsendum fást eftirfarandi líkingar:

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

$$R_1 = 0,298 U_- + 59,9 J_- + 886 \quad (5)$$

$$R_2 = 0,360 U_- + 52,1 J_- + 792 \quad (6)$$

Hér er

R_1 meðalrennsli komandi árs

R_2 meðalrennsli næstu tveggja ára

U_- vegin meðalúrcoma undanfarinna ára á 5 áðurnefndum veðurstöðvum

J_- veginn hausthiti undanfarinna ára á Jan Mayen (ágúst-janúar).

Vægi ársúrkomu í meðaltalinu dvínar um 50% með hverju ári aftur í tímann, en Vægi hausthita á Jan Mayen um 40% með hverju ári.

Í þessari greiningu eru notuð gögn frá tímabilinu 1923-1983, en athuganir á Jan Mayen byrjuðu 1922. Árin 1923-1949 er notast við áætlað rennsli, sem áður var lýst, en mælingar eftir það. Öll frávik í aðhvarfsreikningi og fylgnigreiningu eru reiknuð út frá meðaltölum árána 1950-1983, en þau eru talin mun raunhæfari en meðaltölin 1923-1983, sökum óvenjulegra hlýinda, sem stóðu mikinn hluta þess tímabils.

Fylgni áætlunar og rennslis er 0,51 allt tímabilið samkvæmt líkingu (5), en 0,55 samkvæmt líkingu (6). Rennslisspá er réttu megin við meðaltal árána 1950-1983 í 78% tilfella samkvæmt líkingu (5), en í 80% tilfella í tveggja ára spánum.

Það kann að sýnast ótrúlegt að tveggja ára spár séu síst lakari en ársspár. Á því kann þó að vera sú skýring, að meðaltal tveggja ára sé skýrari mælikvarði á langtímabreytingar rennslis, en spárnar eru í eðli sínu miklu jafnari frá ári til árs en rennslið sjálft. Munurinn á þessum spám er þó varla marktækur. Ekki hefur verið athugað hvernig spár til meira en tveggja ára gefast.

Óneitanlega eru þessar rennslisspár ónákvæmar, en þær geta þó ekki talist einskis virði. Til samanburðar má nefna, að spár um hvort úrkoma eða þurrviðri verði næsta sólarhring teljast aðeins réttar í 65-70% allra tilfella að jafnaði. Þó hefur ekki komið til tals að leggja þær niður.

Spá um ársgetu virkjanakerfisins.

Verkfræðistofan Strengur hefur metið svonefnda orkugetu núverandi virkjanakerfis hvert vatnsár 1950-1982. Orkugetan er táknuð með mögulegri orkuvinnslu í Gwh/a, að frádreginni orku sem markaðurinn þarf aukalega vegna loftkulda á árinu. Útreikningarnir eru byggðir á rekstrareftirlíkingu, að gefnu rennsli og veðurfari. Í greinargerðinni ~~Áætluð~~ orkugeta núverandi raforkukerfis frá 1873-1982 (Jón Ingimarsson o.fl.) kemur fram, að ársgetuna megi áætla eftir tveimur þáttum:

- 1) Áætlað rennsli Ölfusár á árinu, eftir hita og úrkomu í Stykkishólmi.

2) Áætlað rennsli Ölfusár á síðasta ári, reiknað á sama hátt.

Það merkilega kom í ljós, að vægi rennslisins reyndist hærra fyrir undanfarið ár en fyrir það ár sem orkugetan miðast við. Þarna er að vísu notað áætlað rennsli, en ekki mælt. En athugun mín bendir til, að svipaður árangur náist ef farið er eftir samanlögðu mældu rennsli í Þjórsá og Ölfusá. Með því að taka tillit til árshitans fæst svo enn betri áætlun.

Út frá þessum hugleiðingum tókst að leiða eftirfarandi aðhvarfslíkingu, sem fellur í sér áætlun um orkugetu, án þess að nota rennslið á árinu sjálfu:

$$\text{ÁGV} = 1,873 R_{-} + 41,1 J_{-} + 3325 \quad (7)$$

Hér er ÁGV ársgetan í Gwh/a, samkvæmt útreikningum Strengs,
 R_{-} vegið meðaltal rennslis í Þjórsá og Ölfusá undanfarin vatnsár í m³/s, en vægi minnkar um 60% með hverju ári aftur í tímann.
 J_{-} vegið meðaltal hausthita á Jan Mayen, eins og áður er lýst.
 Hér er tekinn með hausthitinn á komandi vatnsári, þó að strangt tekið sé hann ekki þekktur fyrir en í lok janúar.

Fylgni áætlunar og orkugetu reynist furðu mikil, 0,76 fyrir árin 1951-1982. Það kynni þó að breyta einhverju ef spáin væri gerð í lok janúar, þegar hitinn á Jan Mayen liggur fyrir. En til þess að það væri hægt þyrfti að vita um orkugetu tímabilanna febrúar-janúar á árunum 1951-1982. Þá athugun væri fróðlegt að gera.

Tilvísanir

Páll Bergþórsson, 1987. Spár um árshita. Ægir, 2. tbl.

Markús Á Einarsson, 1984. Um gæði þurrviðris- og úrkomuspáa. Veðurstofan, fjölrit.

Jón Ingimarsson og Verkfræðistofan Strengur, 1986. Áætluð orkugeta núverandi virkjanakerfis 1873-1982. Orkustofnun.

UPPRUNI ÚRKOMUNNAR Á NORÐURSLÓÐ Á JÖKULSKEIÐUM OG HLÝSKEIÐUM. Sigfús Jóhann Johnsen, Raunvísindastofnun Háskólans.

Á stöðum við sjávarmál er árleg breyting tvívætnisaukans $d = \delta D - 8 \cdot \delta^{18}O$ í úrkomu í mótfasa við δD og $\delta^{18}O$ þ.e. hágildi í d fellur saman við lágildi í delta. Sé hinsvegar athuguð úrkoma á hájökli Grænlands kemur í ljós að hágildi í d fellur þremur mánuðum á undan lágildi í delta.

Í erindinu verður gerð grein fyrir úrkomulíkani sem byggist á Rayleigh þéttingu gufunnar á leið hennar frá uppgufunarsvæði til úrkomustaðar. Jafnframt er tekið tillit til sveimhrifa (diffusion) við uppgufun og þéttingu í ójafnvægi sem valda miklu um endanlegt d -gildi úrkomunnar.

Í ljós kemur að upprunalegt vatnsmagn Ws_0 í hinum röku loftmössum ákveður halla d -delta tengslanna á seinni hluta úrkomuferlisins, og að yfirborðshiti sjávar T_s á uppgufunarsvæðinu ákveður meðalgildin á d .

Hin tiltölulega háu d -gildi á úrkomu jökulsins fást aðeins við há gildi á Ws_0 og T_s sem bendir til að uppgufunarsvæði úrkomunnar sé að finna á suðurhluta Norður Atlantshafsins norðan 30° breiddarbaugs. Þegar líkanið er keyrt með mánaðarlegum gildum Ws_0 og T_s eins og finnast við veðurskip E ($35^\circ N$, $48^\circ V$) fást há meðalgildi á d , sama d -árssveifla og þriggja mánaða fasamunur á d - og deltagildum jökulsins. Ekkert þessara einkenna er hægt að fá fram með nálægu uppgufunarsvæði, sem gæti t.d. verið Grænlandshaf.

Af þessu leiðir að töluverður hluti úrkomu á Íslandi gæti verið uppruninn á Sunnanverðu Norður Atlantshafi.

Nákvæmar samsætumælingar á ískjarna sem felur í sér nokkrar mikilvægar veðurfarssveiflur jökultímans sýna d -gildi svipuð og í dag á köldustu skeiðunum en lægri d -gildi á þeim hlýrri. Í erindinu verður fjallað um þessar niðurstöður í ljósi líkanreikninga.

ÞJÓRSÁRÍSAM OG ÍSAVERKFRÆÐI Á ÍSLANDI. Sigmundur Freysteinnsson, VST hf.

Úrdráttur

Upphaf ísafræða sem sérgreinar í verkfræði er að rekja til ísvandamála við mannvirki, einkum rafstöðvar. Bækur um þetta efni komu fyrst út fyrir áratugum síðan, t.d. "Das Grundeis und daherige Störungen in Wasserläufen und Wasserwerken" eftir G. Luscher, Aarau 1906 og "Ice Engineering" eftir H.T. Barnes, Montreal 1928. Á Norðurlöndum voru ísvandamál við rafstöðvar lengi vel mikil og margvísleg og hafa ýmsir hæfir menn þar um vélt. Norðmaðurinn dr. Olaf Devik var þeirra fremstur og þekktastur. Doktorsritgerð hans: "Thermische und dynamische Bedingungen der Eisbildung in Wasserläufen auf Norwegische Verhältnisse angewandt", Oslo 1931, var tímamótaverk í ísafræðum og löngum til hennar vitað.

Hér á landi hafa ísvandræði við vatnsaflsstöðvar sízt verið fátíðari en annars staðar, en þóttu lítið í frásögur færandi þar til kemur að virkjun Þjórsár, þá eru vandamálin orðin á heimsmælikvarða. Þetta var mörgum ljóst fyrirfram, því að allengi hafði verið fylgt með Þjórsárisum.

Ísaathuganir voru frá upphafi eitt af mörgum verkefnum vatnamælinga raforkumálastjórnarinnar. Aðstæður voru þó ekki til kerfisbundinna rannsókna, gagnasöfnun var glöppótt framan af og tölulegar upplýsingar af skornum skammti. Eigi að síður tókst að draga saman mikla vitneskju um ísalög íslenzkra vatna og var ýmislegt af henni birt í skýrslum og skilagreinum vatnamælinga. Ítarlegri samantektir hafa síðan birst í tímaritum og bókum. Má þar nefna greinar Sigurjóns Rist um Þjórsárisa í Jökli 1962 og í riti frá ísaráðstefnu I.A.H.R. í Reykjavík 1970, um Mývatnsísa í Hafísnum 1969 og um ísa Þingvallavatns í Náttúrufræðingnum 1986.

Grein Sigurjóns í Jökli 1962 er grundvallarheimild um ísalög á vatnasviði Þjórsár. En síðan hún birtist hefur mikið vatn runnið til sjávar og ekki renna vötn öll lengur sem að fornu runnu. Það er því tímabært að gera grein fyrir breytingum á ísalögum vegna virkjanaframkvæmda, en ekki síður að skýra frá umfangsmiklum ísarannsóknnum sem gerðar voru í sambandi við þessar framkvæmdir.

Um og eftir 1960 var virkjunarrannsóknum á Suðvesturlandi einkum beint að virkjun Þjórsár við Búrfell. Virkjunarstaðurinn er á margan hátt hagkvæmur, en helztu vandamál eru vegna íss og aurburðar. Lausn á ísvandamálum var frá upphafi veigamikill þáttur í hönnun virkjunarinnar. Um og eftir 1962 var unnið að kerfisbundinni gagnasöfnun og ísarannsóknnum ofan Búrfells, fyrst á vegum raforkumálastjóra og síðar jafnframt af Landsvirkjun. Sameinuðu þjóðirnar veittu einnig styrki til þessara athugana á árunum 1964-1966. Á vegum S.Þ. störfuðu hér tveir norskir ísasérfræðingar, þeir Edvigs V. Kanavin og dr. Olaf Devik sem

fyrir er getið. Upplýsingasöfnun á þessum árum snérist einkum um veðurfar, vatnshita, ísalög og ísmýndun. Mikil vinna var lögð í þróun mælitækja. Þeirra merkast var svokallaður elgmælir, til að mæla magn ísskriðs (kraps). Sérstakar rannsóknir voru gerðar á varmatapi frá straumvötnum og tókst að sýna fram á að reikna má varmatapið út með viðunandi nákvæmni eftir venjulegum veðurathugunum. Með varmatapsreikningum og mælingum á stærð straum- og lindavakarinnar í Þjórsá ofan Búrfells var lagður grundvöllur að útreikningum á ísmagni, sem síðan hafa verið notaðir til að áætla skolvatn við Búrfellsvirkjun í sambandi við orkuvinnsluspár. - Niðurstöður af þessum athugunum og rannsóknum er að finna í fjöldamörgum skýrslum og greinargerðum. Þetta hefur verið, og mun verða, notað við hönnun og áætlanagerð um virkjanir á Þjórsársvæðinu og víðar.

Breytingar á ísalögum eftir virkjun Þjórsár við Búrfell (1969) voru ekki miklar, enda var virkjunin alger rennslisvirkjun. Með tilkomu Þórisvatnsmiðlunar á árunum 1971-73 jókst vetrarrennsli og betri tók mátti hafa á ísskolun. Virkjanir í Tungnaá við Sigöldu (1977) og Hrauneyjafoss (1981) breyttu vissulega ísalögum Tungnár en höfðu lítil áhrif á ísmagn við Búrfell og var það raunar fyrirsjáanlegt á grundvelli rannsókna. Stjórn á miðluðu rennsli frá Þórisvatni og rekstur allur varð þó vitaskuld auðveldari. Garðabyggingar í Þjórsá (1973, 1979) og Tungná (1975) voru til verulegra bóta með því að minnka vatnsflöt og draga úr þrepahlaupum. Eftir byggingu Sultartangastíflu (1983) eru vandamál við Búrfell úr sögunni að kalla. Þó er ennþá allmikill vatnsflötur milli Sultartanga og veitustíflu Búrfellsvirkjunar og töluverð ísmýndun þegar kalt er að ráði.

Viðfangsefni í ísaverkfræði á Þjórsársvæðinu hafa í stuttu máli snúizt um samspil íss og mannvirkja. Breytingar á ísalögum við virkjanaframkvæmdir hafa að mestu orðið eins og ætlað var, en meiri áherzlu hefði mátt leggja á spár um vatnshita og undirkælingu. Líkanprófanir með "ís" hafa mikið verið notaðar við hönnun mannvirkja, fyrst við ísskolunarvirkin við Búrfell og síðar við Sigöldu, Hrauneyjafoss og Sultartangalón.

Ísarannsóknir á Þjórsársvæðinu eru vel þekktar víða um lönd síðan fyrsta ísaráðstefna I.A.H.R. var haldin í Reykjavík 1970. Í einu nýjasta yfirlitsriti um ísaverkfræði, "River and Lake Ice Engineering", ritstj. G.D. Ashton, sem út kom í fyrra, má sjá vitnað til rannsókna og mannvirkja við Þjórsá.

EFNAFRÆÐI ÁRVATNS Á ÍSLANDI OG HRAÐI EFNAVEÐRUNAR. Sigurður R. Gíslason og Stefán Arnórsson, Raunvísindastofnun HÍ.

Athugun á gögnum sem birt hafa verið um efnainnihald kalds vatns á Íslandi svo og öflun nýrra gagna hafa gert það kleyft að

- leggja mat á hraða efnaveðrunar á Íslandi
- skýra orsakir mismunandi efnasamsetningar vatns í lindám, jökulám og dragám.
- sýna fram á að efnaskipti við aurburð og andrúmsloft í ám eru lítil og hafa hverfandi áhrif á styrk uppleystra efna í vatninu.

Það fer vel á því að fjalla um þessar rannsóknir á afmæli Sigurjóns Rist, því stór hluti þeirra gagna sem til er um efnafræði árvatns á Íslandi var aflað að hans frumkvæði á árunum 1972, 1973 og 1974 (Ármansson o.fl., 1973; Rist, 1974 og 1986).

Efnaveðrun á Íslandi er þrisvar til fjórum sinnum hraðari en meðaltal efnaveðrunar fyrir meginlöndin (Tafla 1, Gíslason og Arnórsson, 1987). Efnaveðrunarhraði er skilgreindur sem fjöldi tonna af uppleystum efnum sem skolast árlega af einum ferkílómetra. Þau gögn sem voru lögð til grundvallar á mati á efnaveðrunarhraða eru; efnasamsetning árvatns, vatnsrennsli og flatarmál vatnasviðs ofan söfnunarstaðar. Helst þarf að vera til nokkur fjöldi sýna af hverjum söfnunarstað, við mismunandi rennsli. Stærstur hluti þeirra gagna sem til er, er frá Suður- og Vesturlandi (Ármansson o.fl. 1973; Rist, 1974 og 1986) og vegur því hlutur þeirra mest í meðaltalinu. Hugsanlegt er að það lækki við gagnaöflun á Norður- og Austurlandi þar sem úrkoma er minni og berg eldra. Áætluð efnasamsetning úrkomu á hverju vatnasviði er dregin frá efnasamsetningu árvatns, áður en hraði efnaveðrunar er reiknaður. Þau efni sem koma þá til mats á efnaveðrun (útskolun) eru því upprunnin í bergi og jarðvegi. En hvað veldur því að hraði efnaveðrunar er a.m.k. 3 sinnum meiri á Íslandi en meginlöndunum þar sem lofthiti er töluvert hærri en á Íslandi?

Glerað basískt berg svo sem móberg, öskulög og yfirborð hrauna leysist u.þ.b. 10 sinnum hraðar upp en kristallað berg af sömu efnasamsetningu (Gíslason og Eugster, 1987). Leysnihraði helstu bergmyndandi steinda er að meðaltali 5 sinnum meiri við 25°C en 4.5°C. Leysnihraðinn eykst ef sýrustig vatnsins er mjög hátt eða mjög lágt ($5 < \text{pH} < 10$). Af framansögðu má ráða að glerun bergs gerir meira en að vega upp áhrif lágs lofthita á Íslandi hvað varðar hraða efnaveðrunar. Yfirborðsflatarmál óummyndaðs bergs í snertingu við vatn er mikið hér á landi því aflræn veðrun er mikil (Steinþórsson, 1987), og hraun gropin (Pálsson o.fl., 1984). Að lokum má geta þess að hraði efnaveðrunar getur aukist með auknum rennslis hraða vatns um berg á fyrstu stigum efnaveðrunar (Berner, 1978), en rennslis hraðinn er háður úrkomu og

TAFLA 1. HRAÐI EFNAVEÐRUNAR Á ÍSLANDI OG Á MEGINLÖNDUNUM.

MEGINLAND	ÁRLEG EFNAVEÐRUN (tonn/km ² ár)
Norður Ameríka	33
Suður Ameríka	28
Asía	32
Afríka	24
Evrópa	42
Ástralía	2
MEÐALTAL (GARRELS AND MACKENZIE, 1971)	27

ÍSLAND 98

landslagi. Á Suður- og Vesturlandi er úrkoma hlutfallslega mikil (Eybórssson og Sigtryggsson, 1971) og landslag mishæðótt í þessum landshlutum.

Efnainnihald lindáa er mun stöðugra en jökul- og dragáa. Styrkur uppleystra efna er meira að vetri en sumri, og styrkur efnanna minnkar með auknu rennsli í jökul- og dragám en styrkur uppleystra efna eykst með auknum hita í lindám. Hlutþrýstingur koltvísýrings í lindám er 10 til 100 sinnum minni en andrúmslofts, og sýrustig vatnsins er á bilinu 8 til 10 (stjórnast af klofnun kísilmólekúlsins í vatninu). Hins vegar er hlutþrýstingur koltvísýrings í jökul- og dragám töluvert meiri en það sem er í andrúmslofti en sýrustig þessara áa er á bilinu 7 til 7.5 (stjórnað af klofnun uppleysts koltvísýrings). Þetta gerir eðlisefnafræðileg einkenni lindáa annars vegar og jökul- og dragáa hins vegar, gjörólík. Efnavarmafræðilegir þættir valda því að lindarvatn getur myndað veðrunarsteindir eins og smektít, zeólíta og kalsít, þar sem vatn hinna ána er í stöðugleikasviði veðrunarsteindanna gibbsít og kaólinít.

Styrkur uppleystra efna í árvatni eykst ekki með auknum aurburði. Þetta stafar af því hve dvalartími vatns er stuttur í meginál áa. Dvalartíminn er frá nokkrum klukkustundum upp í einn til tvo daga. Á þessum tíma, hefur uppleysing efna úr aur í ánni, ekki merkjanleg áhrif á efnainnihald vatnsins.

Eins og áður sagði er hlutþrýstingur koltvísýrings 10 til 100 sinnum lægri í lindarvatni en andrúmslofti og líklegt er að sama gildi um hlutþrýsting súrefnis. Þetta á jafnvel við, kílómetrum neðan upptaka, eftir að vatnið hefur farið um fossa og flúðir. Ef jafnvægi ríkti milli andrúmslofts og lindarvatns, væri hlutþrýstingur þeirra hinn sami. Þetta ójafnvægi stafar af því hve erfiðlega gengur fyrir gas að komast í gegnum þunna filmu sem er á mörkum vatns og lofts, en þar raða

vatnsmólekúlin sér þéttar saman, en annars gerist í vatni. Þessi filma er brotin upp í fossum og flúðum sem sést best á því þegar vatnið freyðir. Fyrstu reikningar og mælingar benda til að efnaskipti milli vatns og andrúmslofts hafi hverfandi áhrif á efnainnihald vatns í meginál áa. En þessi tregða í efnaskiptum milli vatns og andrúmslofts getur, ásamt hita, takmarkað möguleika á fiskigengd í lindár. Hins vegar getur tillífun lífvera í vatni haft mikil áhrif hlutþrýsting súrefnis og koltvísýrings í árvatni (Ármansson o.fl., 1973), og þá sérstaklega í þeim ám sem renna úr stöðuvötnum.

HEIMILDIR

- Ármansson H., Magnússon H., Sigurðsson P. og Rist S. (1973). Efnarannsókn vatns. Vatnasvið Hvítár - Ölfusár; einnig Þjórsár við Urriðafoss. Orkustofnun, Reykjavík, Ísland, OS-RI
- Berner R. (1978). Rate control of mineral dissolution under earth surface conditions. Am. Jour. Science, 278, bls. 1235-1252.
- Gíslason S.R. og Eugster H. (1987). Meteoric water - basalt interactions: I. A laboratory study. Geochim. Cosmochim. Acta (í prentun).
- Garrels R.M. og Mackenzie F.T. (1971). Chemistry of rivers in Iceland. (úrdráttur) EOS, 68, bls. 308.
- Pálsson S., Haraldsson G.I. og Vigfússon G.H. (1984). Eðlismassi og poruhluti bergs. Orkustofnun, Reykjavík, Ísland, OS-8448/VOD-18 B.
- Rist S. (1974). Efnarannsókn vatna. Vatnasvið Hvítár - Ölfusár; einnig Þjórsár við Urriðafoss, 1973. Orkustofnun, Reykjavík, Ísland, OSV7405.
- Rist S. (1986). Efnarannsókn vatna, Borgarfjörður; einnig Elliðaár í Reykjavík. Orkustofnun, Reykjavík, Ísland, OS-86070/VOD-03.
- Steinþórsson S. (1987). Hraði landmyndunar og landeyðingar. Náttúrufræðingurinn, 57, bls. 81-95.

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

Vistfræðileg flokkun íslenskra vatna. Sigurður Guðjónsson,
Veiðimálastofnun.

Íslensk fallvötn er unnt að flokka í nokkrar skýrt afmarkaðar vistgerðir.

Slík vistfræðileg flokkun grundvallast á jarðfræði, vatnafræði og vatnajarðfræði, auk annara þátta svo sem veðurfari og landfræði.

Slík flokkun skýrir útbreiðslu laxfisktegunda á Íslandi og einnig mismun á fiskframleiðni í ám á hinum ýmsu landsvæðum.

Lífverur mótast af því umhverfi sem þær lifa í, því auðveldar flokkun sem þessi skilning á líffræði einstakra vistkerfa og lífvera innan þeirra, svo sem fiskstofna.

**ALKALÍHITI SKEIÐARÁRHLAUÐA OG UNÐANFARI ELDSUMBROTA Í GRÍMSVÖTNUM.
Sigurður Steinþórsson og Níels Óskarsson, Háskóla Íslands**

Grímsvötn fyllast með fernu móti: með ís, úrkomu, jarðhitavatni og ísbráð af völdum þess. Þannig má rekja efnasamsetningu Skeiðarár, þegar hlaup er í hámarki, til tveggja þekktra þátta (úrkomu og ísbráðar) en auk þess jarðhitavats af óþekktri samsetningu. Hitastig jarðhitavatsins má reikna út frá alkalíhlutföllum hlaupvatnsins og upphaflegan kísilstyrk jarðhitavatsins má reikna út frá alkalihita þess. Þannig má einnig meta hlut bræðsluvats út frá hitastigi jarðhitavatsins og hlut úrkomu út frá þynningu jarðhitavatsins.

Stærð Skeiðarárhlaupanna ræðst af ytri þáttum. Þar má nefna breytingar á landslagi svo sem rof eða aðrar breytingar í frárennsli, sig eða lyftingu öskjubotsins, lónfyllingu úr ogsefnum og ekki síður jökulskrið í lónið. Tíminn milli hlaupa ræðst svo af úrkomu og varmaflæði úr jarðhitasvæðinu auk hinna þáttanna.

Efnahitamælir, sem byggir á hlutfalli uppleystra mála eins og Na/K er óháður síðari þynningu vatnsins og stærð hlaupanna. Hins vegar er hluti af uppleystum efnum í Skeiðarárhlaupum kominn frá framburði og þarf að leiðrétta efnasamsetningu hlaupvatnsins lítillega til að meta Na/K hlutföll jarðhitavatsins. Þannig er efnahitamælirinn kvarði á hitastig jarðhitakerfisins burtséð frá magni jarðhitavatsins og stærð annara þátta.

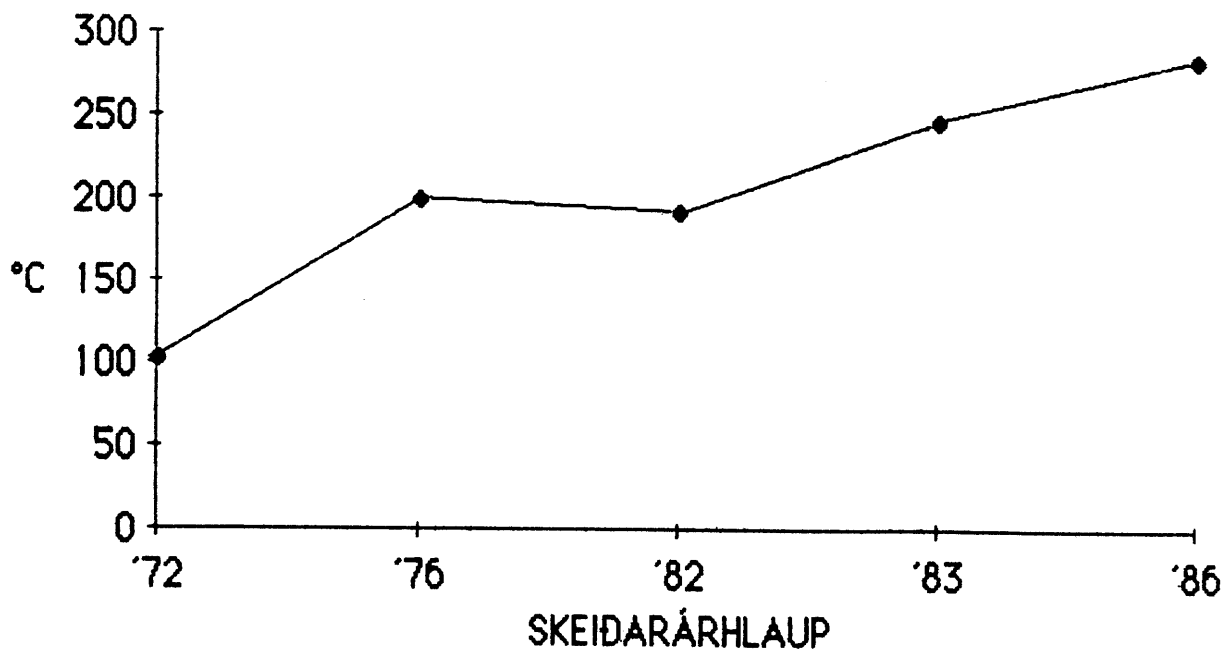
Frá ofangreindum þáttum má meta hitaástand jarðhitakerfisins milli Skeiðarárhlaupa (mynd 1). Niðurstöður af því mati eru, að frá 1972 til 1986 hafi meðalhiti í jarðhitakerfinu aukist úr u.þ.b. 100°C í u.þ.b. 280°C. Hitabreytingin er mest fyrir 1976 eða úr 100 í um 200°C. Frá 1976 til 1983 hitnar vatnið enn um u.þ.b. 50°C 1983 til 1986.

Orsakir hitabreytinganna geta verið nokkrar en hér er því haldið fram, að þær séu marktækur undanfari eldsumbrotanna í Grímsvötnum 1983. Líklegast er, að samfara lyftingu öskjubotsins hafi lekt jarðhitakerfisins aukist, þannig að uppstreymi til Grímsvatna hafi að meðaltali komið frá dýpri og heitari hluta þess. Óvíst er, að varmaflæði hafi aukist að sama skapi því það er ekki síður háð vatnsmagni í hringrásinni.

Ekki verður að svo stöddu séð, hvort og hvenær hámarkshita var náð því alkalíhitinn sýnir aðeins meðaltal milli hlaupa. Ef þess er gætt, að hluti vatnsins verður eftir í lóninu í lok hlaupanna, má jafnvel ætla að hámarkshita sé þegar náð og að næsta hlaup sýni lægri alkalíhita. Það væri merki þess, að frekari eldsumbrota væri ekki að vænta í bráð.

Samkvæmt ofansögðu hófst mælanlegur undanfari eldsumbrotanna 1983 fyrir árið 1976.

Na-K HITI



MYND 1.

Myndin sýnir alkali hita Skeiðarárhlaupanna frá 1972, lóðrétti ásin er hitastig en hlaupin eru merkt á lárétta ásin. Eftirtektarvert er, að mikill hluti breytinganna verður fyrir 1976.

VIRKJANLEIKI VATNSINS. Sigurður Þórðarson, Orkustofnun.

Vatnsorka Íslands er náttúruauðlind sem endurnýjast sífellt. Hún er í eðli sínu því verðmætari því fyrr sem hún er tekin í notkun vegna lengri nýtingar. Til þess að unnt sé að nýta þessa auðlind á sem hagkvæmasta hátt þurfa rétt skilyrði að vera fyrir hendi og þekking á eðli vatnsorkunnar.

Fyrstu hugmyndir um nýtingu fallvatna Íslands til raforkuframleiðslu komu fram skömmu fyrir síðustu aldamót og fyrsta rafstöðin tók til starfa í Hafnarfirði 1904. Á næstu árum voru reistar nokkrar smávirðjanir (bændavirðjanir) en jafnframt litu menn til stóru vatnsfallanna með það fyrir augum að virkja þau til notkunar fyrir stóriðju. Nokkrar mælingar voru gerðar til þess að meta orkuna en þær voru fáar og stopulær.

Sumarið 1918 voru settir upp á vegum Vegagerðar ríkisins um 20 vatnshæðarmælar við helstu vatnsföll landsins. Með því var lagður grundvöllur að því að meta virkjanlegt vatnsafl á Íslandi. Með þessar mælingar sem grundvöll áætlaði Jón Þorláksson verkfræðingur að nýtanlegt vatnsafl á Íslandi væri un 26 TWh/a.

Eftir að samfelldar vatnamælingar hófust 1947 gerði Sigurður Thoroddsen verkfræðingur áætlanir um vatnsafl Íslands. Árið 1951 áætlaði hann það 38 TWh/a og síðar árið 1962 taldi hann að nýtanlegt vatnsafl á Íslandi væri um 35 TWh/a.

Fyrstu áætlanir um vatnsafl Íslands voru gerðar með mjög ófullkomnum gögnum bæði hvað varðaði vatnsrennsli og fallhæð. Forsendur voru um margt mjög ólíkar því sem vitað er nú og einstakar áætlanir um vatnsafl með mjög ónákvæmar.

Nú er talið að virkjanleg vatnsorka á Íslandi sé um 64 TWh/a en af því er stór hluti það óhagkvæmur að ekki er talið að sá hluti verði nokkurn tíma nýttur í fyrirsjáanlegri framtíð, einnig falla úr nokkrir virkjanastaðir sem eru hagkvæmir en verða varla virkjaðir vegna náttúruverndarsjónarmiða. Eftir standa um 31 TWh/a af nýtanlegri vatnsorku sem er ekki langt frá þeim hugmyndum sem að ofan eru taldar.

Við ákvörðun á nýtilegu vatnsafl þarf að taka tillit til margra samverkandi þátta. Frumpættir vatnsaflsins eru vatnsrennsli og fallhæð. Vatnamælingar og túlkun þeirra er nauðsynleg forsenda þess að vatnsrennslið verði ákvarðað með fullnægjandi nákvæmni. Meðalrennsli ána skiptir ekki einungis máli, heldur einnig dreifing rennslisins innan ársins svo og breytilegt rennsli milli ára.

Til þess að geta ákveðið fallhæð virkjunar þarf nákvæmniskortlagningu. Venjulega er miðað við að nauðsynlegt sé að hafa kort af virkjunarsvæði í mælikvarða 1:20.000 eða 1:25.000 með 5 m

hæðarlinum. Slík kortlagning er langt komin á helstu vatnasvæðum landsins en enn vantar þó kort af nokkrum svæðum til þess að geta fengið fullkomna mynd af vatnsaflinu.

Kortlagning jarðfræðilegra þátta er mjög mikilvæg bæði með tilliti til staðsetningar mannvirkja og efnistöku. Jarðfræði Íslands er mjög sérstök borin saman við þau lönd sem við sækjum þekkingu um virkjanir til. Virkjanaundirbúningur hérlendis krefst því mikilla rannsókna á sviði jarðfræði.

Einn mikilvægasti þátturinn við ákvörðun virkjana er raforkumarkaðurinn. Án hans er raforkan einskis virði. Stærð og eðli markaðarins ákvarðar val á virkjunum, stærð þeirra og hvenær þær skulu teknar í notkun. Markaðurinn þarfnast rafmagns á vissum tímum og er það breytilegt eftir kaupendum. Almennur markaður sveiflast innan sólarhringsins og sömuleiðis með árstíðum. Stóriðja getur hinsvegar verið með jafnt álag allan sólarhringinn allan ársins hring.

Stærð virkjana ákvarðast af markaðnum þannig að þær skuli anna heildarorkuþörfinni og jafnframt geta mætt þeim afltoppum sem samsetning markaðarins krefst. Til þess að mæta þeirri breytilegu raforkuþörf sem markaðurinn krefst þarf að hanna virkjanir með vatnsmiðlunum sem geta miðlað rennsli ána innan ársins og jafnvel milli ára. Vatnsmiðlanir eru stærstar og ódýrastar á sléttum miðhálandisins og hagkvæmstu virkjanirnar eru að jafnaði þar sem virkjað er af hálandisbrún niður í dalina.

Samrekstur virkjana og miðlana er flókinn einkum þegar virkjunum fjölgar og þær eru á mismunandi stöðum á landinu. Við hagkvæmnisreikninga eru notuð rekstrarlíkön þar sem rennslisráðir, orku- og álagsþörf og kostnaður við orkuskort eru notuð sem grunnögn við útreikninga á mismunandi virkjanatilhögunum. Niðurstöðurnar eru notaðar til þess að gera sér grein fyrir hagkvæmstu virkjanaröð og sömuleiðis hversu mikil orkuvinnsla er áætluð frá hverri virkjun.

Orkuvinnsla hagkvæms vatnsafls á Íslandi er eins og áður sagði áætluð 31 TWh/a. Þessi stærð er miðuð við þær forsendur sem gefnar eru í dag en hún getur breyst í framtíðinn með breyttum forsendum. Samanburður í hagkvæmnisreikningum er gerður við kostnað annarra orkugjafa en sá kostnaður breytist án efa með árunum. Einnig má búast við því, þegar vatnsafl á Íslandi nálgast það að vera fullvirkjað, að menn líti til fallvatna sem nú eru ekki talin nýtileg og ráðist í virkjun þeirra. Mat manna á hagkvæmu vatnsafla getur því breyst þegar fram líða stundir.

BREYTINGAR FARVEGAR BLÖNDU í LANGADAL. Skúli Víkingsson, Orkustofnun.

Í framhaldi af samningum við bændur fór Landsvirkjun þess á leit við Vatnsorkudeild Orkustofnunar að farvegur og næsta nágrenni Blöndu neðan fyrirhugaðrar virkjunar við Eiðstaði yrði athugaður með það að markmiði að hægt yrði að ráða í hugsanlegar breytingar á farvegi árinna eftir að hún hefur verið virkjuð. Athugunin var í aðalatriðum fjórþætt.

1. Jarðgrunnkort var gert af landinu næst Blöndu.
2. Farvegabreytingar voru athugaðar eftir fáanlegum loftmyndum (1945, 1960, 1977 og 1983) og gert af þeim sérstakt kort.
3. Setfræðilegar athuganir. Sýni voru tekin af framburði Blöndu, flest úr eyrum hennar. Þau voru kornastærðargreind og ávölun valna metin.
4. Þversnið. Vatnamælingar Orkustofnunar hafa mælt þversnið á 4 stöðum á eyrunum.

Jarðgrunnur í Langadal stjórnast af berghlaupum, sem hafa stíflað ána á þremur stöðum og valdið uppbyggingu eyra. Farvegabreytingar hafa einkum orðið (og er einkum að vænta) á þessum eyrum, en þær ná frá Brúarhlíð og út að Buðlunganesi (Köldukinnarberghlaupinu). Eyrasvæði Blöndu má skipta í þrjá mislanga kafla á grundvelli fyrrnefndra athugana:

1) Blöndubrú fremri - Svartá: Grófar (grófmöl og steinar) eyrar með nokkurn veginn stöðugum aðalfarvegum og fjölda flóðfarvega. Halli farvegarins er um 0,2-0,3 % en eykst upp í 1 % þegar nálgast Tungunesberghlaupið (á mótis við ármót Svartár), sem áin hefur grafið í gegnum.

2) Svartá - Skriðuland: Malareyrar að hluta grónar. Stórar bugður (u.þ.b. 2,5 km langar) á þessum kafla hafa ekki breytt í megindráttum á árunum 1945 til 1977, þótt áin hafi víða rofið bakka. Bugðurnar truflast vegna aurkeilu Auðólfssstaðaár. Sú truflun veldur síðan sennilega þeirri óreglu í setgerð sem verður einmitt á mótis við aurkeiluna. Meðalhali er um 0,1-0,2 %. Á síðustu árum hefur vegagerð truflað rennsli árinna á nokkrum stöðum, og valdið auknu landbroti meðan áin er að finna nýtt jafnvægi.

3) Skriðuland - Buðlunganes (Köldukinnarberghlaup). Sandeyrar að mestu ógrónar. Áin bugðast um eina bylgjulengd, sem er um 1 km, á um 30 árum. Setgerð ólík malareyrnum aðallega í því að hér er ekki ótvíráður munur á setgerð hlémeigin og ástreymis á eyrum. Halli er ekki þekktur nákvæmar en svo að hann er minni en 0,1 %.

Eðli farvegarins er að bugðast, og þar með að brjóta land. Lengd bugðanna og sveiflutíðnin fer eftir ýmsum þáttum, sem eru innbyrðis

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

háðir á margvíslegan hátt. Má þar helst nefna vatnsrennsli, halla farvegur og kornastærð efnis. Þannig er efnið grófara, hallinn meiri, bugður lengri og bugðutíðni hærrí á kafla 2, en á kafla 3. Jarðvegur hefur náð að myndast á eyrunum á kafla 2, en aðeins með jöðrum eyranna á kafla 3. Breytingar á farvegi árinna á kafla 2 í þágu vegagerðar og ræktunar valda því að áin leitar nýs jafnvægis með auknu rofi.

Þversnið þau sem Vatnamælingar Orkustofnunar hafa mælt á eyrunum í Blöndu er hægt að mæla að nýju áður en virkjun fer í gang og eftir að áhrifa hennar fer að gæta og fylgjast þannig með breytingum. Hvert snið er mælt yfir allt farvega- og eyrasvæði árinna, og nógu langt frá til beggja handa til að tryggj sé að endar sniða séu utan áhrifasvæðis árinna. Farvegabreytingum má svo jafnframt fylgjast með á loftmyndum.

RENNSLISLYKLAR FYRIR KÖLDUKVÍSLARVEITU. Snorri P. Kjaran, Háskóla Íslands, Davíð Egilson, Sigurður L. Hólm og Ari Ingólfsson, Verkfræðistofunni Vatnaskil.

Köldukvísl er veitt frá Sauðafellslóni í Óslón sem er nyrsti hluti Þórisvatns, um Köldukvíslarveitu. Rennsli um veituna er háð vatnshæð í Sauðafellslóni og Óslóni. Köldukvíslarveita tók til starfa um miðjan ágúst 1972 og eru til samtímamælingar á rennsli og vatnshæð frá þeim tíma. Vatnshæð er mæld í Sauðafellslóni og Óslóni. Við lága vatnsstöðu í Óslóni er rennslið eingöngu háð vatnshæð í Sauðafellslóni, en við háa vatnsstöðu í Óslóni er rennslið undir bakvatnsáhrifum. Fyrst í stað var notaður útreiknaður rennslislykill. Með tímanum breytti skurðurinn sér og þar með breyttist rennslislykillinn. Þá var reynt að leiðrétta reiknaða lykilinn með hliðsjón af rennslismælingum. Köldukvíslarveita hefur nú starfað í fimmtán ár og rennslismælingar verið gerðar nokkrum sinnum á hverju ári.

Verkfræðistofan Vatnaskil tók saman rennslismælingarnar og fann rennslislykil fyrir veituna fram til 1986, sem tók tillit til bakvatnsáhrifa í Óslóni. Úrvinnslu var hagað á þann hátt, að rennslislyklar án bakvatnsáhrifa voru ákvarðaðir og síðan fundinn leiðréttingarstuðull vegna þeirra. Rennslikeykill án bakvatnsáhrifa er skrifaður á eftirfarandi hátt:

$$Q_1 = C(H-H_0)^X. \quad (1)$$

Q_1 : Mælt rennsli án bakvatnsáhrifa, m^3/s .

H : Vatnshæð í Sauðafellslóni m y.s.

H_0 : Viðmiðunarvatnshæð m y.s.

C : Rennslisstuðull m^2/s .

X : Veldisvísir.

Stuðlarnir H_0 , C , X eru breytilegir vegna þess að sífellt hrynur í skurðinn og þverskið hans breytist og þar með rennslikeykillinn.

Leiðréttingarstuðul vegna bakvatnsáhrifa má skrifa á eftirfarandi hátt:

$$f = \begin{cases} 1,30(1-(1/1+a)^4)^{\frac{1}{2}} & a < 0,15 \\ 1,00(1-(1/1,225+a)^4)^{\frac{1}{2}} & a > 0,15 \end{cases} \quad (2)$$

Þar sem a er hlutfall vatnsborðsmismunar í Óslóni og Sauðafellslóni og dýpis í skurðinum við Óslón.

Rennsli samkvæmt líkingu 1 er síðan margfaldað með ofangreindum stuðli til að fá rennsli í Köldukvíslarveitu.

UM UPPRUNA LÁGHITASVÆÐA Á ÍSLANDI. Stefán Arnórsson, Háskóla Íslands.

Gunnar Böðvarsson (1961) flokkaði jarðhitasvæði á Íslandi í lághita- og háhitasvæði. Þau síðarnefndu liggja í gosbeltunum en þau fyrrnefndu í eldra bergi, kvarteru og tertíeru. Gunnar taldi að varmagjafi háhitasvæðanna væri kvikuinnskot en að lághitinn tengdist ekki neinni kvikuvirkni. Allöngu áður en Gunnar Böðvarsson setti fram hugmynd sína um flokkun jarðhitasvæða hafði Trausti Einarsson (1942) sett fram líkan til að skýra uppruna lághitans og lengstum hefur það líkan verið viðurkennt af jarðhitamönnum, en það felur í sér að djúpt grunnvatnsstreymi verði frá hálendari til láglandari svæða og að vatnið hitni á leið sinni um heitt berg og að hinn almenni varmastraumur upp í gegnum jarðskorpuna sé varmagjafinn. Líkan Trausta felur í sér að lághitavirknin sé stöðug og að lághitasvæðin, sem einkum eru á láglandi, séu uppstreymissvæði. Gunnar Böðvarsson (1982) hefur talið að kenning Trausta um uppruna lághitans stæðist ekki orkulega séð, a.m.k. að því er varðar aflmestu lághitasvæðin eins og Reykholtisdal í Borgarfirði. Má heita furðulegt hversu margir íslenskir jarðhitamenn virðast þekkja lítið eða ekkert rök og niðurstöður Gunnars varðandi uppruna lághitans en hafa trúað í blindni á kenningu Trausta.

Bragi Árnason (1976) leiddi rök að því með umfangsmiklum tvívætnismælingum á yfirborðsvatni og jarðhitavatni að lághitavatn væri yfirleitt úrkoma ættuð innan úr landi og ályktaði að niðurstöður sínar styddu kenningu Trausta um uppruna lághitans. Gunnar Böðvarsson (1982) benti hins vegar á, að niðurstöður tvívætnismælinganna segðu ekkert til um hvernig vatnið streymi til láglandis; um grunnt streymi í berggrunni gæti verið að ræða fremur en djúpt. Stefán Arnórsson og Gunnar Ólafsson (1986) telja að í sumum tilfellum sé um að ræða streymi á yfirborði frá hálendi áður en vatnið lendir í hringrás lághitakerfanna.

Ingvar Birgir Friðleifsson (1979) tengdi líkan Trausta við megindrættina í jarðfræði Íslands. Taldi hann að lekt berggrunns auk hæðarmunar réði mestu um hvort og hvar lághitasvæði mynduðust. Þannig átti t.d. jarðhiti á Mið-Norðurlandi rót sína að rekja til þess að vatn streymdi eftir lekum N-S sprungum frá hálendi til láglandis. Á Austurfjörðum er nær engin jarðhiti vegna þess að gangar og sprungur sem gætu skapað lekt liggja í megindráttum samsíða hæðarlínunum.

Þegar Trausti Einarsson og Gunnar Böðvarsson voru upphaflega að móta hugmyndir sínar um uppruna lághitans var lítið til af borholugögnum sem varpað gætu ljósi á eðli hans. Þó skal þess getið að Gunnar Böðvarsson gerði jafnan tilraun til að tengja sitt líkan við ákveðin jarðfræðileg ferli. Hins vegar byggði kenning Trausta eingöngu á því að grunnvatnsborð fylgdi í heildina landslagi og því hlyti grunnvatnsstreymi að vera frá hálendari stöðum til láglandari. Mér finnst hreint ótrúlegt að mönnum skuli ekki hafa verið ljóst að grunnur Trausta er ófullnægjandi til að byggja líkan á. Auðvitað verður að taka fullt tillit til áhrifa breytilegs grunnvatnsborðs á streymisstefnur, en

jarðfræðileg bygging berggrunnins og þættir eins og lekt og hitastigull hljóta alltaf að verða meginuppistaðan í líkönum af jarðhitakerfum.

Sveinbjörn Björnsson (1980) færir að því gild rök að sum lághitasvæði, a.m.k., sem borað hefur verið í séu hræringarkerfi en ekki uppstreymissvæði og af því leiðir að kenning Trausta um lághitann fær ekki staðist að þessu leyti. Niðurstöður sínar byggir Sveinbjörn á hitamælingum í djúpum borholum sem sýna að hiti er lægri djúpt í þessum kerfum en vænta mætti miðað við vitneskju um hitastigul sem einfaldast er að skýra með kælingu vegna hræringar. Mælingar sýna ennfremur að lekt og hitastigull eru nægileg til að koma af stað hræringu.

Haukur Jóhannesson (1986) hefur sýnt fram á að mörg lághitasvæði tengjast ungum brotum og sprungum í tertíerum berggrunni og telur að í sumum tilfellum geti verið um að ræða kvikuinniskot í sprungurnar sem fara lághitanum varma. Stefán Arnórsson og Gunnar Ólafsson (1986) telja að lághitinn í Reykholtaldal og hluti lághita á Suðurlandsundirlendi fái varma sinn frá innskotum sem orðið hafa til við streymi á kviku undan aðliggjandi gosbelti yfir í eldri berggrunn.

Miðað við þá þekkingu sem til staðar er í dag er ólíklegt að unnt sé að lýsa eðli alls lághita á Íslandi í einu líkani. Talið er, að lághitakerfi eigi uppruna sinn í einum eða fleirum af eftirtöldum fjórum þáttum eða ferlum:

- (1) Djúpt streymi grunnvatns frá hálendi til láglandis um sprungur eða aðrar lekar jarðmyndanir.
- (2) Hræring í ungum sprungum sem myndast í gömlum berggrunni vegna breytts spennuástands í jarðskorpunni.
- (3) Við rek háhitakerfa út úr gosbeltinu samhliða þróun yfir í lághitakerfi eftir að innskota-varmagjafinn lognast út af.
- (4) Innskotamyndun í lekan berggrunn sem liggur að gosbeltunum.

Einstök lághitakerfi geta tilheyrt einum eða fleirum af flokkunum fjórum hér að ofan.

Talið er að lághitinn á Mið-Norðurlandi sé fyrst og fremst afleiðing þátta (1) og (2). Breytt spennuástand í jarðskorpunni vegna hliðrunar gosbeltisins úr Húnavatnssýslum til núverandi legu gæti hafa leitt til gliðunar í eldra berggrunni á Mið- Norðurlandi í framhaldi af Kolbeinseyjarhryggnum. Gliðunin hefði tilhneygingu til að verða um gömul misgengi og ganga í berggrunninum vegna þess að þau hafa N-S stefnu. Lághitinn er því fyrst og fremst hræring í þessum gömlu sprungum og göngum sem nýleg gliðun hefur orðið um. Vatnið sem lendir í hræringunni gæti a.m.k. verið komið að hluta innan frá hálendi við streymi á litlu dýpi eftir sprungunum. Þessi lághitakerfi lifa svo lengi sem varmanám getur átt sér stað í rótum kerfanna með hræringu. Ekki má útiloka þann möguleika að kvika undan Kolbeinseyjarhrygg geti leitað til

suðurs eftir sprungunum og gefið varma til þessara lághitakerfa.

Allmörg lághitakerfi liggja í gömlum háhitakerfum sem ætla má að hafi rekið út úr gosbeltunum. Til þessa bendir jarðfræðileg bygging svæðanna og forn háhitaummyndun í borholum. Dæmi um lághita af þessum flokki (3) eru lághitasvæðin í Reykjavík og í Mosfellsveit, við Hvalstöð og Ferstiklu í Hvalfirði, við Klausturhóla í Grímsnesi og Leirá í Mosfellsveit. Talið er að Geysissvæðið og jarðhitinn í Hveragerði séu háhitasvæði sem hafi rétt náð að reka út úr gosbeltinu og séu á fyrsta stigi í þróun sinni yfir í lághita. Ferli (2) hér að ofan hefur haft áhrif á lághitasvæðið í Mosfellssveit. Þar hefur gamla háhitakerfið rekið yfir í enda Krísvíkursprungusveimsins með þeim afleiðingum að gamli háhitaberggrunninn hefur brotnað upp og lekt hans aukist við það. Að því er varðar þetta svæði er sá möguleiki fyrir hendi að kvika hafi leitað út eftir Krísvíkursprungusveimnum og skerpt á varmagjafanum. Raunar má telja Mosfell til vitnis um slíkt kvikustreymi.

Uppruni aflmestu lághitasvæðanna á landinu, í Reykholtssdal og ofanverðri Árnassýslu er rakinn til ferla (2) og (4) hér að ofan. Talið er að kvika sem myndast undir gosbeltinu norðan Þingvallavatns hafi tilhneygingu til að leita út í berggrunninn til beggja handa vegna þess að gliðnun í þessum hluta gosbeltisins er hætt. Lághitakerfi myndast við hræringu vatns yfir innskotum sem þannig verða til. Niels Óskarsson (munnl. uppl.) hefur sett fram þá hugmynd að vestan gosbeltisins geti verið um að ræða ungar sprungumyndanir í framhaldi af sprungusveimnum á Reykjanesskaga sem skapa skilyrði fyrir myndun jarðhitakerfa í gömlum berggrunni; jafnvel að kvika hafi leitað til NA út eftir þessum sprungum.

TILVITNANIR

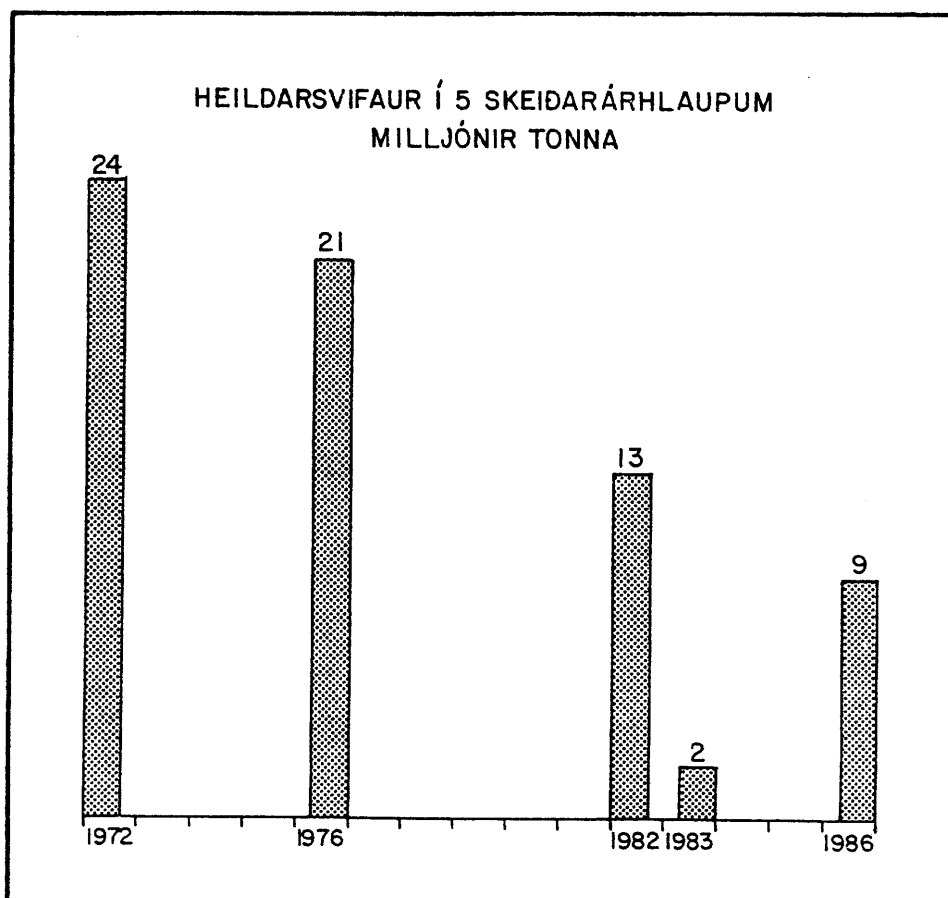
- Bragi Arnason, 1976: Groundwater systems in Iceland traced by deuterium. Soc. Sci. Islandica, Rit 42, 236 bls.
- Gunnar Böðvarsson, 1961: Physical characteristics of natural heat resources in Iceland. Jökull 11, 29-38.
- Gunnar Böðvarsson, 1982: Glaciation and geothermal processes in Iceland. Jökull, 32, 21-28.
- Haukur Jóhannesson, 1986: Erindi um lághita á Íslandi flutt á ráðstefnu Jarðfræðafélags Íslands í október, 1986.
- Ingvar Birgir Friðleifsson, 1979: Geothermal activity in Iceland. Jökull, 29, 47-56.
- Stefán Arnórsson og Gunnar Ólafsson, 1986: A model for the Reykholtssdalur and the Upper-Árnassýsla geothermal systems with a discussion on some geological and geothermal processes in SW-Iceland. Jökull, 38, 1-10.
- Sveinbjörn Björnsson, 1980: Jarðhiti, grunnvatn og varmi. Náttúrufræðingurinn, 50, 271-293.
- Trausti Einarsson, 1942: Über das Wesen der heißen Quellen Islands mit einer Übersicht über die Tektonik des mittleren Nord-Islands. Soc. Sci. Islandica, Rit 26, 91 bls.

SVIFAUR Í SKEIÐARÁRHLAUPUM. Svanur Pálsson, Orkustofnun**SVIFAUR Í SKEIÐARÁRHLAUPUM**

Fjallað er um svifaur í síðustu 6 Skeiðarárhlaupum, en þó einkum í 4 þeirra, sem hafa komið eftir að Skeiðará var brúuð 1974, en eftir það hefur verið unnt að taka betri sýni og rennslismælingar verið nákvæmari.

Borinn er saman styrkur svifaurs og heildarsvifaur á ári í Skeiðará og nokkrum öðrum ám.

Skeiðará ber fram um 7 milljónir tonna af svifaur á ári og kemur þar rétt á eftir Jökulsá á Dal og Jökulsá á Fjöllum. Í þessari tölu eru Grímsvatnahlaup innifalin. Séu þau dregin frá, er heildarsvifaur á ári um 3 milljónir tonna, sem er álíka mikið og var í Þjórsá við Urriðafoss áður en aur fór að setjast til í uppistöðulónum á hálendinu.



Heildarsvifaur í Skeiðarárhlaupum frá og með 1972 er sýndur á meðfylgjandi súluriti. Hann hefur farið minnkandi á þessu tímabili. Þau skiptast í 3 stærðarflokka. Hlaupin 1972 og 1976 voru mest, 1982 og 1986 um helmingi minni og 1983 örlítið. Á þetta bæði við um rennsli og heildarsvifaur.

Í hlaupunum 1972 og 1976 hvoru um sig bar Skeiðará fram á 3-4 vikum svifaur, sem samsvarar nærri helmingi þess svifaurs, sem allar ár á landinu bera fram að meðaltali á ári.

Hlaupin skiptast greinilega í tvo hópa, hvað varðar styrk svifaurs af kornastærðinni 0,002-0,02 mm (mélú). Aurstyrkur af þessari kornastærð var verulega minni í hlaupunum 1976 og 1986 en 1965, 1972 og 1982.

Ef til vill er um sama fyrirbæri að ræða í mókornastærðinni (0,02-0,2 mm), en styrkur mós var minni í hlaupunum 1976 og 1986 en 1982. Vegna ófullkomnari sýnatökuaðferða er ekki unnt að nota mæliniðurstöður á sýnum úr hlaupunum 1965 og 1972 við athugun á þeirri kornastærð.

Hlutfallið basískt gler / súrt gler í svifaur er herra í hlaupum en á milli hlaupa, nema í hlaupinu 1983 hækkaði það ekki.

VATNSBÓL REYKJAVÍKUR OG VATNASVIÐ ELLIÐAÁNNA. Sveinbjörn Björnsson, Raunvísindastofnun Háskólans.

Rannsókn á vatnsbólum Reykjavíkur og vatnasviði Elliðaánna fer fram á vegum Vatnsveitu Reykjavíkur. Stjórn rannsóknanna er í höndum Vatnsbólnefndar, sem hóf störf 1981, en mestur hluti vinnunnar hefur hvílt á starfsmanni nefndarinnar, Ara Ingólfssyni, eðlisfræðingi, og ráðgjöfum sem sinnt hafa sérstökum þáttum.

Úrkomugögn frá árunum 1972-1980 benda til þess að meðalúrkoma á vatnasviðið sé um 790 Gl/ár. Raunveruleg uppgufun er ekki þekkt en gnóttargufun samsvarar um 135 Gl/ár. Meðalrennsli Elliðaánna var um 170 Gl/ár á árunum 1972-1980 en vatnstaka Vatnsveitunnar um 25 Gl/ár. Alls tapast því um 460 Gl/ár út af vatnasviðinu með grunnvatnsstraumum.

Berglög á vatnasviðinu eru móberg, grágrýti og hraun. Grágrýti er útbreiddasta berggerðin og fer grunnvatnsstreymi að verulegu leyti fram innan þess. Móberg er verr leiðandi og yfirleitt hemill á grunnvatnsstrauminn. Á vatnasviðinu er urmull sprungna með NA-SV stefnu. Líklegustu lekaleiðir út af vatnasviðinu eru til SV, bæði um sprungur og vegna SV-halla undirlaga grágrýtisins.

Vitneskja um grunnvatnsstrauma er nauðsynleg vegna áforma um skipulag byggðar og uppbyggingu vatnsfreks iðnaðar. Æskilegt væri að gera reiknilíkan af grunnvatnsstreymi á öllu vatnasviði Elliðaánna og Korpu til að ná heildaryfirsýn. Til þess vantar þó gögn á stórum hluta vatnasviðsins. Áhersla hefur því verið á gerð reiknilíkans sem lýsir aðstæðum á vatnasviði Elliðavatns og nær til vatnsbólanna að Gvendarbrunnnum, Jaðri og Myllulæk.

Tilgangurinn með gerð og notkun reiknilíkansins er m.a.:

1. Leiðbeina við leit að vatnsgæfum vinnslusvæðum á höfuðborgarsvæðinu.
2. Leiðbeina við staðsetningu á nýjum vinnsluholum.
3. Aðstoða við stjórnun og dreifingu vinnslu vatns eftir aðstæðum á vinnslusvæðunum.
4. Að meta hættu á að mengað vatn dragist inn að vinnslusvæðunum og hvernig best er að haga vinnslu til að koma í veg fyrir slíka mengun.
5. Að meta áhrif vatnsvinnslunnar í Heiðmörk á lágrennsli Elliðaánna og benda á leiðir til úrbóta.
6. Að meta vinnslugetu Vatnsveitunnar við verstu aðstæður og benda á ódýrustu leiðir í fjárfestingu og rekstri.

Meðalrennsli dags í Elliðaánum getur farið undir $1 \text{ m}^3/\text{s}$ á 10 ára fresti

22.-23. okt. 1987

Ágrip

VATNIÐ OG LANDIÐ

að meðaltali og verður minnst um $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ við núverandi vatnstöku í Heiðmörk og miðlun í Elliðaavatni. Öll vatnsvinnsla í Heiðmörk er nú komin í lokuð vatnsból. Mesta vatnspörf Vatnsveitunnar er nú um 1050 l/s sem meðalrennsli dags. Af Jaðarssvæði fást um 550-600 l/s, af Myllulækjarsvæði um 300 l/s og frá hinni nýju Gvendarbrunnavirkjun a.m.k. 400 l/s. Auk þess koma um 60 l/s frá Bullaugum. Vatnsveitan þjónar nú um 106.000 manna byggð, en talið er líklegt að vatnsbólin í Heiðmörk geti nægt 165.000 manna byggð.

Vatn til iðnaðar mætti vinna í Hólmsheiði og einnig mætti nýta Bullaugu með meiri dælingu en nú ef ekki eru gerðar strangar kröfur til hreinleika vatnsins í iðnaði.

Kalt grunnvatn virðist ná mörg hundruð metra niður innan sprungukerfisins allt frá Úlfarsfelli suður í Kaldársel. Þar gætu leynst möguleikar á vinnslu mjög hreins vatns til útflutnings.

VIÐBRAGÐSTÍMI JÖKLA. Tómas Jóhannesson, Orkustofnun.

Jöklar hopa eða ganga fram eftir veðurfari. Heimildir og ummerki um stöðu jökulsporða og stærð jökla geyma mikilvægar upplýsingar um loftslag fyrri tíma og segja til um veðurfar miklu lengra aftur í tímann en veðurathuganir ná. Sagnfræðilegar heimildir um stöðu jökulsporða hér á landi á fyrri öldum hafa verið notaðar ásamt gögnum um hafís við landið til að meta loftslag á síðustu öldum Íslandsbyggðar. Jarðfræðileg ummerki um stöðu jökulsporða eftir lok ísaldar geyma upplýsingar um loftslagsbreytingar hér á landi á nútíma. Samsætuhlutföll súrefnis í seti á botni úthafanna hafa verið notuð til að meta heildarrúmmál íss í ísaldarjökulum á jörðinni og þannig hafa fengist upplýsingar um loftslagsbreytingar á ísöld, svo sem um fjölda og lengd hlýskeyða og kuldaskeyða.

Hop eða framgangur jökla segir ekki til um veðurlag einstakra ára. Skrið jökuls ákvarðast einkum af þykkt hans og lögum og er því afleiðing af veðri eða nánar tiltekið afkomu á jöklinum og dreifingu hennar í mörg undangengin ár. Áhrif afkomu tiltekins árs á hop eða framgang jökuls þverra eftir því sem tíminn líður og er tíminn sem áhrifanna gætir nefndur viðbragðstími jökulsins. Samkvæmt þessari skilgreiningu segir viðbragðstíminn ekkert um tímann sem líður frá afkomubreytingu þangað til hennar verður fyrst vart í skriði jökulsins, t.d. við jökulsporðinn. Viðbragðstíminn segir til um það árabíll sem jöklar "sjá" aftur í tímann. Hop eða framgangur jöklanna er afleiðing af meðaltali afkomu yfir þetta tímabil. Þannig gefa jöklarnir á hverjum tíma í raun upplýsingar um meðaltalsloftslag yfir tímabil sem nemur viðbragðstímanum og jöklabreytingar gefa útjafnaða og hliðraða mynd af loftslagsbreytingum.

Viðbragðstími jökla er augljóslega mikilvægur þegar draga á ályktanir um loftslag út frá upplýsingum um stærð og útbreiðslu jökla. Ef viðbragðstími íslenskra jökla væri t.d. margar aldir þá væri útilokað að segja til um loftslagsbreytingar milli alda, svo ekki sé talað um áratuga, út frá upplýsingum um jöklabreytingar. Ef viðbragðstíminn mælist hins vegar í árum eða áratugum geta jöklabreytingar gefið ótvíræðar upplýsingar um loftslagsbreytingar milli alda og jafnvel áratuga, en engu að síður er æskilegt að meta viðbragðstímann og þannig hliðrunina í tíma milli loftslagsbreytinga og jöklabreytinga.

Þegar meta á viðbragðstíma jökla er eðlilegast er að líta á jökulinn sem forðabúr eða "geymi" í skilningi forðafræði. Innstreymið í geyminn ákvarðast þá af heildarafkomu á ákomusvæði jökulsins, en útstreymið af neikvæðri afkomu á leysingarsvæðinu.

Viðbragðstíma flestra geyma sem fjallað er um í forðafræði má meta gróflega með einfaldri rökleiðslu. Gert er ráð fyrir að um geyminn gildi varðveislulögmál þannig að jafnvægi sé milli innstreymis í geyminn annars vegar, og uppsöfnunar og útstreymis hins vegar. Ef innstreymið helst óbreytt um langt skeið, næst jafnvægi milli innstreymis og

útstreymis. Ef innstreymið eykst snögglega og helst síðan óbreytt, fer að safnast í geyminn, í kjölfar þess eykst útstreymið, og smám saman næst jafnvægi að nýju.

Ef hægt er að leggja mat á það hversu mikið bætist í geyminn, δV , í kjölfar tiltekinnar innstreymisbreytingar, δB , þá má meta viðbragðstíma geymisins, τ , sem $\tau = \delta V / \delta B$. Mat þetta segir einfaldlega að viðbragðstíminn svari til þess tíma sem tekur innstreymisbreytinguna að byggja upp hina nýju stöðu geymisins, ef ekki er tekið tillit til breytingar á útstreymi.

Í jöklafræði svarar þessi röksemdafærsla til þess að viðbragðstími jökla ráðist af rúmmálsbreytingunni sem tiltekin afkomubreyting leiðir til. Nefna má þetta mat á viðbragðstíma jökls, rúmmálstímaskala jökulsins. Rúmmálstímaskalinn reynist vera mjög lítið háður stærð og dreifingu afkomubreytingarinnar og er því réttlætánlegt að tala um rúmmálstímaskala jökulsins óháð afkomubreytingunni. Fremur auðvelt er að meta rúmmálsbreytinguna sem hér um ræðir ef um þíðjökul er að ræða, en eins og kunnugt er teljast allir íslenskir jöklar til þíðjökla. Mat á rúmmálsbreytingunni út frá almenntri vitneskju um lögum jökla leiðir til þeirrar ályktunar að viðbragðstími jökla ákvarðist annars vegar af þeirri þykkt, H , sem segja má að einkenni jökulinn og hins vegar af þeirri afkomu, B , sem er einkennandi fyrir jökulinn, þannig að $\tau = H/B$. Mat þetta á viðbragðstímanum skýrir á einfaldan hátt að stórir jöklar eru lengur að jafna sig eftir loftslagsbreytingar en litlir. Framhlaupsjöklar (t.d. Tungnaárjökull, Dyngjujökull og Brúarjökull), hlaupa fram óháð loftslagsbreytingum, oft með reglulegu millibili. Ekki er hægt að tala um viðbragðstíma þeirra á þann hátt sem hér er gert.

Meta má gildi rúmmálstímaskalans, sem mat á raunverulegum viðbragðstíma jökuls, með því að bera viðbragðstíma tölvulíkana af jökulum saman við rúmmálstímaskala líkananna. Tölvulíkon hafa þann kost að hægt er að athuga í smáatriðum hvaða áhrif fyrirfram þekkt afkomubreyting hefur á stærð og hreyfingu ímyndaðs jökuls í langan tíma. Í ljós kemur að fyrir þíðjökla segir rúmmálstímaskalinn nokkuð nákvæmlega fyrir um viðbragðstíma jökla.

Fyrir íslenska jökla er einkennandi þykkt frá ~600m fyrir Vatnajökul og 200 - 300m fyrir Hofsjökul, Langjökul og Mýrdalsjökul niður í 100m og þaðanaf minna fyrir smærri jökla. Einkennandi afkoma er hins vegar um 5 - 10m á ári, ef miðað er við leysingu við jökuljaðar, en hún reynist vera mikilvægari við ákvörðun rúmmálstímaskalans en afkoma annars staðar á jöklinum. Af þessu leiðir að viðbragðstími Vatnajökuls er um 60 - 120 ár. Þessi viðbragðstími á við meginskriðjökla Vatnajökuls, þá þeirra sem ekki eru framhlaupsjöklar. Smærri skriðjökla Vatnajökuls, t.d. í Öræfajökli, eru margir í litlum tengslum við meginjökulinn. Viðbragðstími, sem miðast við Vatnajökul í heild, á því ekki við þá.

Viðbragðstími Hofsjökuls, Langjökuls og Mýrdalsjökuls er væntanlega um helmingi styttri en viðbragðstími Vatnajökuls, eða 30 - 60 ár og

kemur þar til stærðarmismunur jöklanna. Smærri jöklar hafa enn styttri viðbragðstíma, eða einn til tvo áratugi fyrir jökla sem eru um 100m þykkir.

Af ofangreindu mati á viðbragðstíma íslenskra jökla leiðir að jöklabreytingar hér á landi geta sagt til um loftslagsbreytingar milli alda og að einhverju marki milli áratuga. Ástæða er þó til að hafa viðbragðstímann í huga við túlkun gagna um jöklabreytingar og leggja mat á þá hliðrun í tíma milli jökla- og loftslagsbreytinga sem áratugalangur viðbragðstími jöklanna hefur í för með sér.

ÚRKOMUMÆLINGAR OG VEÐURFARSBREYTINGAR. Trausti Jónsson, Veðurstofu Íslands

Fyrstu úrkomumælingar sem vitað er um hér á landi voru gerðar af Rasmusi Lievaag í Lambhúsum fyrir 1790. Því miður hefur ekki enn tekist að grafa upp nema af hluta af þessum athugunum, en þær munu hafa spannað meir en 20 ára tímabil. (Úrkomumælingar þó ekki allan tímann). Á árunum 1833 til 1854 mældi Jón Þorsteinsson landlæknir úrkomu í Reykjavík og eru þær mælingar trúverðugar, en verða ekki gerðar að umræðuefni hér.

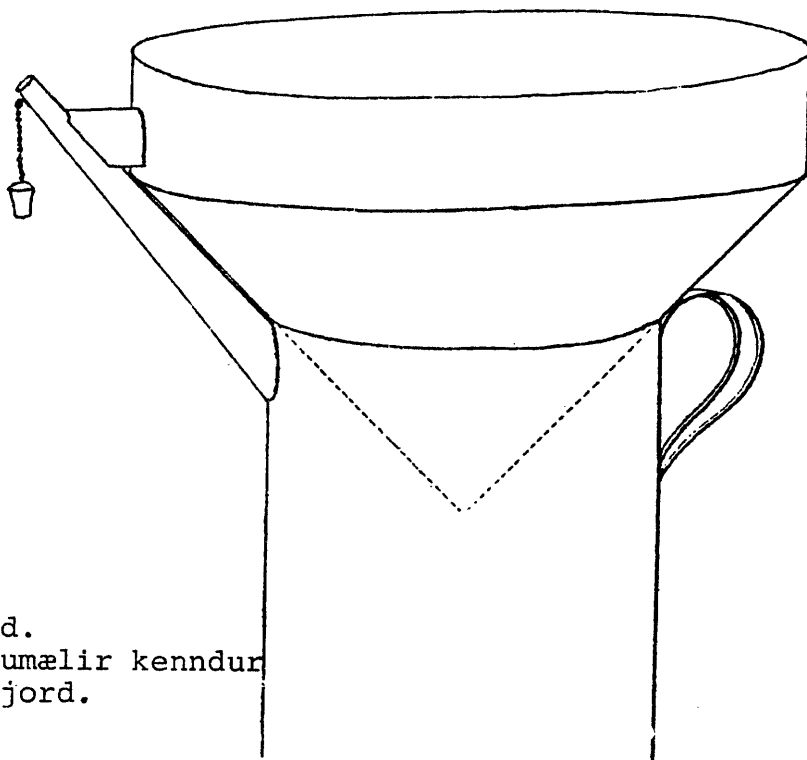
Í Stykkishólmi var farið að gera úrkomumælingar í september 1856 og hafa þær verið gerðar linnulítið síðan. Farið var að mæla úrkomu á Djúpavogi í desember 1872, en 1882 var stöðin flutt að Teigarhorni og hafa úrkomumælingar verið samfelldar þar síðan. Úrkomumælingar hófust í Grimsey 1873 en voru stopular langtímum saman. Í Vestmannaeyjum var mælt frá því í nóvember 1880, en stöðin var þar upphaflega niðri í kaupstaðnum (í rúm 40 ár), þar sem aðstæður eru nokkuð aðrar en á Stórhöfða. Nokkuð er til af mælingum frá Vífilsstöðum og Reykjavík frá árunum uppúr aldamótunum, en talsvert vantar þar inn í. Tölur um mælingarnar á Teigarhorni og í Stykkishólmi voru birtar í árbók dönsku veðurstofunnar en einnig er til nokkuð af vinnutöflum og ber þeim ekki alltaf fullkomlega saman við prentuðu heimildirnar. Aldrei skeikar þó neinu sem nemur (fáeinum mm eða broti úr mm). Í því sem hér fer á eftir er ekkert tillit tekið til þessa misræmis og verður endanlegur úrskurður um einstök mánaðargildi að biðja þess að lokið hefur verið við að koma frumgögnum á tölvutækt form, en að því er unnið.

Helstu óvissuþættir mælinganna.

Í öllum aðalatriðum hefur svipuðum aðferðum verið beitt við athuganir í Stykkishólmi og á Teigarhorni allan þennan tíma, þ.e. íláti er komið fyrir á staur í 1-2 m hæð frá jörðu. Á elstu mælunum mun op hafa verið nokkru stærra en nú gerist (1000 cm², en 200 cm² nú), sjá mynd 1. Ekki er enn vitað hvenær stærðin breyttist. Um 1950 var farið að setja vindhlífar á mælana og er það veigamesta breyting á mælitækni á þessum tveim stöðvum allt tímabilið. Framan af var snjór mældur í sérstökum mælum, sem voru hólkar, 60 cm háir, með sama opi og regnmælarnir, en ekki með könnulagi því sem sjá má á mynd 1.

Auk þessa var stöðin í Stykkishólmi nokkrum sinnum flutt til innan þorpsins. Það hefur sýnt sig að slíkir flutningar geta haft veruleg áhrif á úrkomumælingar, sérstaklega inni í þorpum og bæjum, þar sem byggingar valda oft mjög breytilegum vindaðstæðum frá einum stað til annars. Á Teigarhorni þarf minni áhyggjur að hafa af þessu.

Þrjátíu ára keðjumeðaltöl úrkomu.

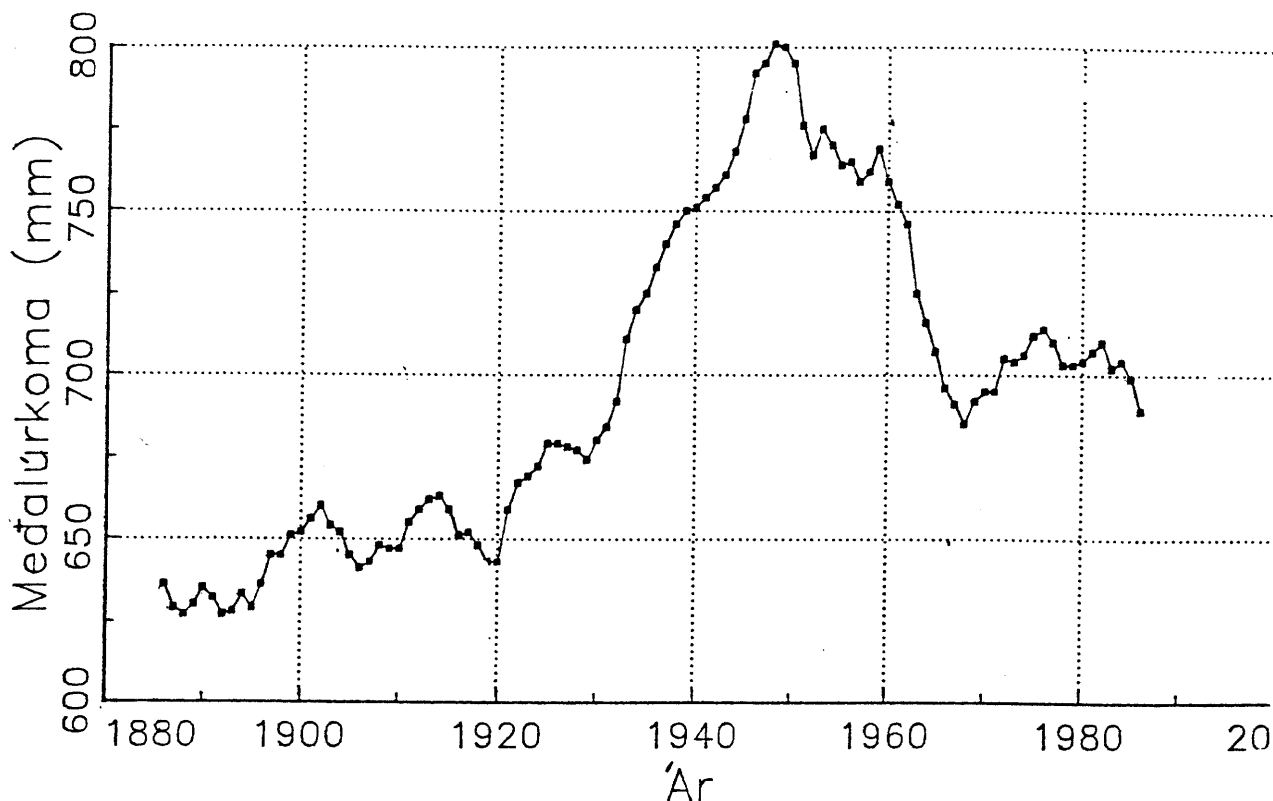


1. mynd.
Úrkomumælir kenndur
við Fjord.

Á mynd 2 má sjá 30 ára keðjumeðaltöl úrkomu í Stykkishólmi. Rétt er að benda á að ártölín eiga við síðasta ár meðaltalsins. Á myndinni sést vel hvernig úrkoma vex þegar árin um 1930 fara að koma inn í meðaltalið. Um 1950 snýst þróunin hins vegar við og meðaltalið lækkar fram undir 1970, en breytist lítið eftir það. En hverjar eru svo líklegar skýringar? Lítum á nokkrar:

1. Stöðin í Stykkishólmi var flutt 1920 og þá kann úrkoma á nýja staðnum að hafa skilað sér betur en á gamla staðnum. Síðar var svo stöðin flutt oftár.
2. Hlíf var sett á úrkomumælinn í nóv. 1949 og kann það að hafa haft áhrif á mælingarnar.
3. Uppúr 1920 hlýnaði mjög í veðri. Líklegt má telja að við það hafi hlutfall snjókomu í heildarúrkomumagni breyst, og þar sem almennt er talið að snjór skili sér verr en regn í úrkomumæla, skilar úrkoman sér betur.
4. Raunverulegar veðurfarsbreytingar.

Séu fluttningar stöðvarinnar og mismunandi mælar ástæður þessara breytinga, ættu þær að koma fram sem almenn samstíga úrkomubreyting í öllum mánuðum. Að vísu eru þeir mánuðir þar sem snjókoma er þung á metunum undantekning (þ.e.a.s. skýring 3 hér að ofan gæti átt við). Í ljós kemur að 30 ára keðjumeðaltöl einstakra mánaða eru allmjög hver með



2. mynd. Þrjátíu ára keðjumeðaltöl úrkomu í Stykkishólmi. Ártölun eru við síðasta ár meðaltalsins.

sínu sniði. T.d. fara meðaltölin í maí lækkandi á árunum kringum 1930 og þessar stóru sveiflur sem sjá má á mynd 2 skila sér ekki. Svipað á við um júlí, og júní einnig að mestu leyti. Úrkomun í apríl hefur hins vegar farið vaxandi nær allt tímabilið. Septembermánuðir síðustu áratuga virðast hins vegar hafa verið þurrari en var fyrir aldamót. Mestar sveiflur eru í mars og nóvember.

Sé litið á samskonar línurit 30 ára keðjumeðaltala fyrir Teigarhorn kemur í ljós að sama sveifla kemur fram þar og í Stykkishólmi, en meðaltölin sveiflast frá 1145 mm upp í um 1360 mm. Lækkunin eftir 1950 kemur einnig fram og einnig "flatari" búturinn eftir 1970. Samskonar línurit er til fyrir Fanö á vesturströnd Jótlands. Þar kemur fram sama aukning og meira að segja um svipað leyti. Hins vegar dró þar ekki úr úrkomunni eftir 1950.

Flest bendir því til þess að meginástæða hinna geysibreytilegu meðaltala séu raunverulegar sveiflur í tíðarfari, þó víst megi telja að áður nefndir óvissuþættir hafi allir nokkuð að segja. Sveiflan milli hins þurrasta og votasta 30 ára skeiðs er yfir 25% í Stykkishólmi, en heldur lægra hlutfall á Teigarhorni.

Hér verður ekki að gagna rætt um eðli þessara veðurfarsbreytinga, sökum þess að í slíkri umræðu verður ekki hjá því komist að líta á fleiri þætti veðurfarsins en úrkomuna, en lengd erinda mjög takmörkuð. Þó virðist mega fullyrða að dögum með hlýrri rakri sunnanátt hefur fjölgað á hlýinda og úrkomuskeiðinu um og fyrir miðbik aldarinnar miðað við tímabilin fyrir og eftir.

Á tímabilinu frá 1949 til þessa dags hefur meðalvindstefna einstakra ára í 500 mb fletinum yfir svæðunum umhverfis Ísland ætíð haldist innan geirans 225° til 270°, þ.e. milli suðvesturs og vesturs. Meðalvindstyrkurinn hefur einnig sveiflast þannig að þau ár sem hann er mestur er hann meiri en tvöfaldur á við það sem hann er í árum þeim sem hann er veikastur. Velta má vöngum yfir því hvort stefnan á hlýskeyðinu hafi farið suður fyrir suðvestur í einstökum árum og norður fyrir vestur í þurrustu og köldustu árum kuldaskeyðsins á síðustu öld.

ÚRKOMA OG VEÐURLAGSFLOKKUN. Trausti Jónsson, Veðurstofu Íslands.

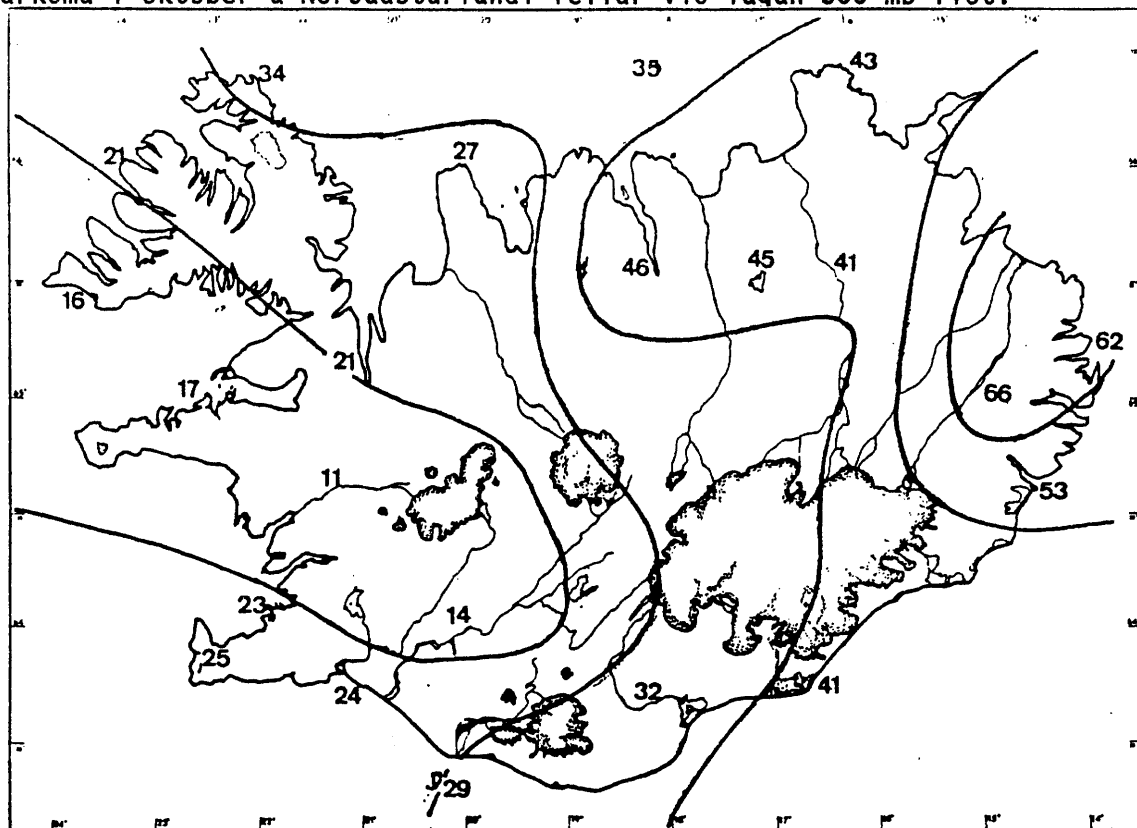
Það er alkunna að í suðlægum áttum er gjarnan þurrviðrasamt um norðaustanvert landið, en suðvestanlands þurrt í norðlægum. Býsna fróðlegt er að bera saman veður við svipuð skilyrði, t.d. athuga úrkomudreifingu á landinu í hlýjum suðlægum áttum og bera hana saman við úrkomu dreifingu í t.d. dæmigerðum útsynningsveðrum. Ekki eru allir dagar dæmigerðir og þess vegna vill verða nokkuð erfitt að flokka alla daga nema að beitt sé hlutlægum aðferðum. Fyrir nokkrum árum dvaldist hér erlendur veðurfræðingur, Ernst Hovmöller, og vann hann að slíkri flokkun á veðurlagi árána 1958-1977, alls 20 ára tímabili. Það sem hér fer á eftir er unnið úr gögnum sem safnað var saman og urðu til vegna þessarar rannsóknar og síðari athugunum af henni leiddar.

Við flokkun Hovmöllers er eingöngu litið á veðurlag í 500 mb þrýstifletinum í námunda við landið. Reiknaðar eru út mælitölur fyrir styrk vestan- og sunnanátta í þessum fleti fyrir hvern einasta dag þessi 20 ár. Að því loknu var litið á hvern mánuð einn og sér. Í janúar þessi 20 ár eru alls 620 dagar. Þessum dögum var þvínæst skipt í þrennt: Hluta sem inniheldur þá 207 daga sem sterkasta vestanátt reyndust hafa í 500 mb fletinum, þá 207 daga sem vestanáttin var veikust og loks afganginn. Vestanáttinni í háloftunum var þannig skipt á 3 flokka, sem einfaldlega voru kallaðir 1, 2 og 3. Hæsta talan er sterkasta vestanáttin, talan 1 hin veikasta. Sama er gert fyrir sunnanáttina. Auk þess að vindar eru mismiklir í 500 mb fletinum, er mislangt upp í hann. Hæðinni er skipt á sama hátt í flokka þannig að í fyrsta flokkinn koma þeir 207 dagar sem hafa hæstan 500 mb flöt o.s.frv. Þessir hæðarflokkar eru nefndir 4, 5 og 6 til aðgreiningar frá sunnan og vestanáttinni. Talan 4 stendur fyrir hæsta 500 mb flokkinn, en 6 fyrir þann lægsta. Á þennan hátt fást í janúarmánuði 27 veðurlagsflokkar og flokkast allir dagar í einhvern flokk. Sama er síðan gert fyrir aðra mánuði. Hver flokkur fær 3-stafa númer. Sem dæmi má nefna að í flokki 114 er vestanáttin veik, sunnanáttin líka og 500 mb flöturinn stendur tiltölulega hátt, í flokki 215 er vestanáttin í meðallagi, sunnanáttin veik og 500 mb hæðin í meðallagi. Hér ber að athuga að í flestum mánuðum er meðalvindátt í 500 mb fletinum af VSV yfir Íslandi. Svo vill til að í allmörgum mánuðum eru skil milli sunnan- og norðanáttanna í háloftunum einmitt ekki fjarri mörkum flokkanna 1 og 2, en allmargir dagar með raunverulegri vestanátt eru hins vegar oftast með í veikasta vestanflokki, þó meginhlutinn í þessum flokki sé með austanátt. Hér er rétt að ítreka að samtals eru í öllum flokkum sem byrja á 1 (þ.e. lxx) þriðjungur daga þess tímabils sem með er í athuguninni. Í því sem hér fer á eftir er litið á úrkomu í þessum þriðjungum. Spurningum eins og hversu mikill hluti heildarúrkommunnar fellur þennan þriðjung daga þar sem vestanáttin er veikust er svarað.

Skipting heildarúrkomu á þriðjunga.

Efnislega eru niðurstöður þessarar könnunar sem hér er kynnt ekki sérlega óvæntar, en furðu vekur hversu reglulegar þær eru auk þess sem raunverulegt vægi einstakra þátta kemur vel fram.

Við lítum hér á úrkomusamasta mánuð ársins, október. Á 1. mynd má sjá hlut "lxx", þ.e. daga þar sem vestanáttin í háloftunum er veikust (oftast austanátt). Á myndinni kemur fram mikill munur eftir landshlutum. Á Hallormsstað hafa nálægt 2/3 hlutar allrar úrkomu fallið við þessi skilyrði, en ekki nema 10. hluti í Síðumúla. Þetta snýst að mestu við í sterkri vestanátt. Á sama hátt kemur fram að sáralítill hluti úrkomu á öllu Suður- og Vesturlandi fellur þegar vindátt er norðlæg í háloftum en um 2/3 hlutar ef sunnanáttin er sterk. Sé 500 mb flöturinn hár, er mjög úrkomulítið á Norðausturlandi en u.þ.b. helmingur úrkomu í október á Norðausturlandi fellur við lágan 500 mb flöt.



1. mynd. Heildregnu línurnar eru dregnar við hver 10%. Ef 500 mb flöturinn er lágur er loft að öðru jöfnu óstöðugt, en að jafnaði því stöðugra sem 500 mb flöturinn er hærri. Úrcoma í stöðugu lofti berst sjaldan að marki til norðausturlands, en hins vegar kemur það frekar fyrir ef loft er óstöðugt. Sunnanáttin er gjarnan mjög rök og skilar gjarnan talsverðri úrkomu um sunnanvert landið þó skil séu ekki til staðar. Rakainnihald norðanáttarinnar er hins vegar lítið. Eigi úrcoma að falla í flokk xx4 verður vindur að jafnaði að standa af hafi. Litla úrkomu er hægt að kreista úr stöðugu lofti sem berst úr norðri. Þess vegna hefur xx4 lítið fram að færa í heildarúrkomu

Norðausturlands.

Athugun sem þessi hefur einnig verið gerð fyrir 3 aðra mánuði (feb., maí og júlí) og eru niðurstöður afskaplega svipaðar, þó nokkra árstíðasveiflu megi sjá í sumum landshlutum.

Flokkun mánaða og ára.

Flokka má mánuði á svipaðan hátt og daga. Mánaðameðaltöl háloftastrauma eru til í aðgengilegu formi allt frá 1949 (38 ár). Meðalúrkoma októbermánaða þessa tímabils er 78 mm í Stykkishólmi, en meðalúrkoma í þeim 13 mánuðum þar sem sunnanáttin er sterkust er 111 mm (alls 1445 mm af 2979) og munar litlu að helmingur úrkomu 38 mánaða falli á þessum 13. Í þeim 13 mánuðum þar sem sunnanáttin er veikust féllu alls 758 mm eða 58 mm að meðaltali. Af þessum 38 októbermánuðum var norðanátt að meðaltali í háloftunum í 6 tilvikum, meðalúrkoma þeirra 6 mánaða var 28 mm.

Séu árin einnig flokkuð á þennan máta kemur enn fram tilhneiging í sömu átt. Meðalúrkoma í 12 mestu sunnanáttarárunum reyndist vera 791 mm, en 599 í þeim 12 veikustu, meðalársúrkoma tímabilsins alls var 681 mm. Einnig hefur verið litið á ársúrkomu á Teigarhorni og á Akruveyri á sama hátt.

**VATNSNOTKUN/SÚREFNISNOTKUN Í LAXELDI. Valdimar Gunnarsson,
Veiðimálastofnun**

Hreint kalt og heitt vatn er mest takmarkandi fyrir möguleika í laxeldi. Eldisvökvinn sem er til ráðstöfunnar á einu ákveðnu svæði setur því mörk fyrir framleiðslugetu fyrirhugaðar fiskeldisstöðvar. Til að geta áætlað mögulegt framleiðslumagn stöðvarinnar út frá því vatnsmagni sem er til umráða þarf að vita um vatnspörf fisksins.

Það hefur hent í allt of mörgum tilvikum að vatnsnotkun hefur verið vanáætluð við hönnun laxeldisstöva hér á landi. Vanáætlun í vatnsnotkun hefur valdið því að vatnskerfi stöðvarinnar hefur verið byggt of lítið og rekstrarforsendur ekki staðist. Þetta á sérstaklega við hönnun á stöðvum sem framleiða matfisk.

Þeir þættir sem ákvarða vatnsnotkun í laxeldi eru súrefnisinnihald eldisvökvans og súrefnisnotkun fisksins. Vatnsnotkun er hægt að minnka með því að súrefnisbæta eldisvökvann með beinni dælingu á lofti í eldisker eða með dælingu á hreinu súrefni í eldisvökvann. Í greininni verður eingöngu fjallað um vatnsnotkun í laxeldi þar sem notaður er eldisvökvi án þess að súrefnisbæta hann.

Grein þessi tekur fyrir súrefnisinnihald eldisvökvans miðað við mismunandi hitastig og seltu. Vatnsnotkun í laxeldi er áætluð út frá erlendum upplýsingum og í framhaldi af því er tekið fyrir hvaða þættir hafa áhrif á súrefnisnotkun fisksins og settar fram tillögur um vatnsnotkun/súrefnisnotkun fisks við áætlunargerð fyrir fiskeldisstöðvar. Að lokum er fjallað um vatnspörf við framleiðslu gönguseiða og matfisk.

DAGSKRÁ

Fimmtudagur 22. október 1987 kl. 08:00 til 17:00.

- kl. Efni:
 FUNDARSTJÓRI: JÓHANN MÁR MARÍUSSON
- 08:00 Skráning þáttakenda, afhending gagna
 08:20 Fulltrúi iðnaðarráðherra: Setning ráðstefnunnar
 Jakob Björnsson orkumálastjóri: Ávarp
 Halldór Jónatansson forstjóri Landsvirkjunar: Ávarp
 Kristján Jónsson rafmagnsveitustjóri: Ávarp
 Guðjón Guðmundsson: Afmæliserindi - Aðdragandi og stofnun
 Vatnamælinga
- 09:40 KAFFIHLÉ
- 10:00 Malin Falkenmark: Afmæliserindi - Hydrologins nya perspektiv
 - en internationell utblick
- 10:40 Arne Tollan: Afmæliserindi - Nyere utvikling innen "kald
 hydrologi" i Norge
- 11:20 Árni Snorrason: Afmæliserindi - Tími og breytileiki í vatnafræði
- 12:00 MATARHLÉ
 FUNDARSTJÓRI: SVAVAR JÓNATANSSON
- 13:00 Haukur Tómasson: Vatnsafl Íslands
- 13:20 Árni Snorrason: Markmið og framtíðarskipulag Vatnamælinga
- 13:40 Vatnamælingamenn: Vatnshæðarmælinet Vatnamælinga
- 14:00 Snorri P. Kjaran o.fl.: Rennslislyklar fyrir Köldukvíslarveitu
- 14:20 Jónas Elíasson: Elsta vísindagrein mannkyns
- 14:40 Flosi Hrafn Sigurðsson: Íslenskir úrkomumælar og
 vandamál við úrkomumælingar
- 15:00 Trausti Jónsson: Úrkoma og veðurlagsflokkun
- 15:20 KAFFIHLÉ
- 15:40 Sigfús J. Johnsen: Uppruni úrkomunnar á norðurslóð á jökul-
 skeiðum og hlýskeiðum
- 16:00 Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen: Tvívetnis-
 aukinn á Íslandi
- 16:20 Oddur Sigurðsson: Áætlun um mælingar á afkomu íslenskra jökla
- 16:40 Tómas Jóhannesson: Viðbragðstími jökla
- 17:00 LOK FYRRI DAGS RÁÐSTEFNUNNAR

Föstudagur 23. október 1987 kl. 08:20 til 18:00.

- kl. Efni:
FUNDARSTJÓRAR:
A-SALUR HELGI HALLGRÍMSSON, B-SALUR GUNNLAUGUR JÓNSSON
- 08:20 Jón Ingimarsson og Freysteinn Sigurðsson: Lekt íslenskra jarðefna
- 08:40 Axel Björnsson o.fl.: Uppruni hvera og lauga á Íslandi
- 09:00 Stefán Arnórsson: Um uppruna lághitasvæða á Íslandi
- 09:20 Ólafur G. Flóvenz o.fl.: Vísbendingar um staðbundið varmanám á lághitasvæði
- 09:40 KAFFIHLÉ
- 10:00A Sigurður Gíslason og Stefán Arnórsson: Efnafræði árvatns á Íslandi og hraði efnaveðrunar
- 10:00B Einar Hannesson: Fiskvegir í íslenskum straumvötnum
- 10:20A Haukur Tómasson: Aurburður í íslenskum ám
- 10:20B Árni Hjartarson og Snorri P. Snorrason: Þórisvatnspankar
- 10:40A Sigurður Steinþórsson og Niels Óskarsson: Alkalíhiti Skeiðarárhlaupa og undanfari eldsumbrota í Grímsvötnum
- 10:40B Hannes Haraldsson: Jarðvatnsmælingar í borholum á virkjunar- og veitusvæðum Landsvirkjunar
- 11:00A Svanur Pálsson: Svifaur í Skeiðarárhlaupum
- 11:00B Hákon Aðalsteinsson: Fjöldi og stærð stöðuvatna í landinu
- 11:20A Guttormur Sigbjarnarson: Hlaup og hlaupfarvegir
- 11:20B Sigurður Guðjónsson: Vistfræðileg flokkun íslenskra vatna
- 11:40A Skúli Víkingsson: Breytingar farvegar Blöndu í Langadal
- 11:40B Valdimar Gunnarsson: Vatnsnotkun/súrefnisnotkun í laxeldi
- 12:00 MATARHLÉ
- FUNDARSTJÓRI: ÓLAFUR SIGURÐSSON
- 13:00 Sigurður Þórðarson: Virkjanleiki vatnsins
- 13:20 Albert Guðmundsson: Vatnsbúskapur smávirkjana
- 13:40 Elías B. Elíasson: Notkun og val vatnafræðilegra gagna
- 14:00 Kristinn Einarsson: Frá mælingum til líkans
- 14:20 Davíð Egilson o.fl.: Notkun vatnafræðilegra reiknilíkana við rekstur miðlunarlóna á Íslandi
- 14.40 Adda Bára Sigfúsdóttir: Níu úrkomumælar við Hvalvatn
- 15:00 Markús Á. Einarsson: Úrkoma Suðvestanlands
- 15:20 KAFFIHLÉ
- 15:50 Trausti Jónsson: Úrkomumælingar og veðurfarsbreytingar
- 16:10 Páll Bergþórsson: Spá um samanlagt ársrennsli í sjö fallvötnum
- 16:30 Sigmundur Freysteinnsson: Þjórsárisar og ísaverkfræði á Íslandi
- 16:50 Sveinbjörn Björnsson: Vatnsból Reykjavíkur og vatnasvið Elliðaána
- 17:10 Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur Hafstað: Öflun nytjavatns á Íslandi
- 17:30 UMRÆÐUR
- 18:00 Ráðstefnuslit - HLÉ
- 19:30 Móttaka Iðnaðarráðuneytisins
- 20:00 Hátíðarkvöldverður