

SÝNIEINTAK
má ekki fjarlægja

ísmyndun í ám
og ístruflanir hjá rafstöðvum

Starf vinnuhóps í
ísafræðum veturinn 1959-60

Fundargerðir
Úrdrættir úr nokkrum greinum
Niðurstaða á stofustúdum
Rafstöðvaskema
Heimildarskrá

Raforkumálastjóri
Orkudeild
Maí 1960

Fundur um ístruflanir við rafstöövar var haldinn á skrifstofu raforkumálastjóra mánudaginn 30. nóv. kl. 13,30.
Mættir voru: Jakob Gíslason, Steingrímur Jónsson, Guðjón Guðmundsson, Ágúst Halblaub, Sigurjón Rist, Jakob Björnsson, Sigurður Thoroddsen og Haukur Tómasson.

Jakob Gíslason setti fundinn og rætti nokkuð mikilvægi þessa máls, sem hann taldi geta haft veruleg áhrif á virkjunarprogram okkar í framtíðinni. Minntist hann í því sambandi á truflanir þær, sem urðu í Laxá á dögnum, sem eru líklega þær mestu og áreiðanlega þær alvarlegustu, sem orðið hafa. Síðan las hann upp program fundarins, en það var:

1. Safna saman ítarlegum skýrslum um innlenda reynslu af ístruflunum við vatnsaflsstöövar.
2. Gera ítarlega heimildarskrá um erlendar bókmennir í ferskvatnsísafræðum.
3. Athuga hvort stofna ætti nefnd til að fjalla um þessi mál í framtíðinni, ístruflunarnefnd.
4. Skipuleggja ísafræðarannsóknir á Íslandi.
5. Ræða ísatruflanir við vatnsvirkjanir, úrræði gegn þeim og ráðstafanir til að koma í veg fyrir þær; og í því sambandi það, sem er væntanlegt hjá okkur, þ.e. ístruflunarhættan og áhrif hennar á virkjunarplön í Hvítá og Þjórsá.

Hófust síðan umræður og var fyrst rætt um hinari einstöku vatnsaflsstöövar. Rætt var um stöövarnar í röð frá Sogi vestur um landhringinn. Við Sog höfðu verið einhverjar ístruflanir meðan Ljósafossstööin var ein. En eftir að Írafossstööin kom, hafði ekki ekkert borið á þeim.

Í Elliðaánum var í fyrstu miklar ístruflanir, en tókst þó að ráða við þær að lokum með hækjun inntaksstíflu. Einnig gafst það vel að hleypa á meira vatni af Elliðavatnsengjum, þegar vart varð ístruflana niður í stöö.

Andakílsárþirkjun er aðalvandamálið, að snjó skefur í (frárennslis) skurðinn og fyllir hann.

Fossá við Ólafsvík verður fyrir miklum ístruflunum. Skefur þar í lónið og fyllir það. Einnig getur það fyllzt af jakaframburði í leysingum og síðast en ekki síst þá er lónið teamt mörgum sinnum á vetrí og frýs þá fastur við botninn sá ís, sem á því er og fyllir lónið á þann hátt smáum saman af ís.

Þegar hér var komið flutti Sigurjón Rist þá ræðu, sem fylgir fundargerönni sem fylgiskjal. Jakob Gíslason þakkaði Sigurjóni sitt innlegg, en lagði áherzlu á, að það, sem næst lægi fyrir, væri að gera skyndiúrvinnslu úr þeirri vitneskju, sem fyrir liggur, og nota hana til að draga að minnsta kosti bráðabirgðaályktanir, sem nota mótti í sambandi við virkjunarathuganir í Hvítá og Þjórsá, sem við ætlum að ljúka að minnsta kosti að nokkru leyti í vetur. Var síðan haldið áfram umræðum um hinari einstöku vatnaflsstöðvar.

Næst var þá tekin fyrir Mjólkárþirkjunin. Hefur þar eigi verið vart ístruflana og vildu menn þakka það stóru uppi-stöðulóni og kom í því sambandi fram sí skoðun, að stór uppistöðulón væri praktisk lausn á ístruflanavandamálínú.

Reiðhjallavirkjun hefur ekki truflast af ís. Skefur þar yfir ána og rennur hún óhindrað í göngum undir snjónum.

Ísafjarðarvirkjanirnar eru ístruflanalausar. Vatnið er þar tekið úr vötnum af töluverðu dýpi. Vatnið stórt miðað við vatnsnotkun.

Sama er að segja um Hólavíkurþirkjun.

Laxárvatn við Blönduós. Skefur yfir skurðinn í norðan norðaustanátt. Reynt að bæta úr því með snjógrindum og bætti það nokkuð. Seinna var skurðurinn dýpkaður og breikkaður og snjógrindur stækkaðar og eftir það fyllist aðeins í mjög langvarandi veðrum.

Gönguskarðsárvirkjun verður fyrir næstum öllum hugsanlegum ístruflunum. Sigurjón Rist stakk upp á í sambandi við umræðurnar um Gönguskaðsá að safnað yrði konstöntum fyrir allar virkjanir um starð lóns, vatnsnotkun, starð inntaksrista og meðaldýpt niður á þær. Datt honum í hug, að unnt væri að fá eitthvað empiristiskt samband á milli þessarra konstanta, sem gagn væri af í þessu sambandi.

Við Skeiðsfossvirkjunina hefur ekki orðið vart truflana, enda inntakið í vathi.

Við Glerá voru og eru miklar ístruflanir. Um ístruflanir í Laxá gaf Ágúst Halblaub ítarlega skýrslu. Þar komá fyrir flestar tegundir ístruflana, en alvarlegast er, þegar stíflast fyrir ósinn úr Mývatni, því þá tekur svo langan tíma að hækka vatnsyfirborðið svo renni yfir krapastífluna. Sérstakir örðugleikar við nýju virkjunina í Laxá skapast frá jöfnunarturninum, en þar myndast ís í frostum, sem svo aftur losnar, þegar piðnar og fer þá í vélar og brýtur arma.

Við Grímsá var svo lítil reynsla fengin enn, að lítið er unnt að segja um hana ennþá. Þó hefur þar fyrir komið grunnstingull.

Var nú farið að ræða ráð við ístruflunum. Lýsti Steingrímur bví yfir, að nauðsynlegt væri að athuga sethraða í jökulám, áður en lagt væri í stórframkvæmdir í þeim.

Jakob Gíslason tjáði þá Steingrími, að síkar rannsóknir væru þegar hafnar og mótti að halda þeim aðskildum frá ísrannsóknum. En ræddi lítið eitt um þessi andstæðu sjónarmið, sem fram komu í sambandi við vatnsvirkjanir í jökulám. Reynt væri að hafa lónin sem stærst og straumhraðann sem minnstan vegna ísa, en einmitt þessi skilyrði væru hagkvæmust fyrir set, sem þá mundi hafði tilhneigingu til að fylla uppistöðulónið.

Urðu síðan nokkrar umræður um að koma upp nefnd eða námshóp um ísrannsóknir. Voru menn hlynntari námshóp og var samþykkt, að fundarmenn skyldu mynda hann.

Þá var tekið til umraðu hvernig ísrannsóknum væri háttar hjá öðrum þjóðum og hvaða fyrirmyn dir við gestum sótt þaðan. Helzt var þá rétt um að koma upp eftirlitsmanni með ísrannsóknum eftir norskri fyrirmynnd. Einnig var rétt um að fá lánaðann Norðmann eða Svíar til að skipuleggja þessar rannsóknir, sem um leið menntaði einhvern Íslending til að taka við af sér. Eskilegast þótti, að sá maður, sem tæki að sér þetta eftirlitsstarf væri helzt veðurfræðingur að mennt eða þá jarðfræðingur.

Þá var rætt um mögulega söfnun frumgagna í vetur. Sigurjón gerði það þá að tillögu sinni, að samið yrði sérstakt skema fyrir rafstöðvarstjóra og aðra ísathuganamenn að útfylla og í því sambandi yrði saminn orðalisti eftir erlendri fyrirmynnd, þar sem orð, sem notuð yrðu í þessu sambandi yrðu skilgreind svo enginn ruglingur yrði vegna mismunandi þýðinga orðanna í hinum ýmsu landshlutum.

Þá var rætt um að koma upp rannsóknastöð í Þóristungum yfir einn vetur til rannsókna á ísum í Köldukvísl, Tungnaá og Þórisósi. Var það talið mjög mikilvægt en ekki þó unnt að framkvæma það í vetur, heldur hafa það í huga fyrir næsta vetur. Talið var, að til þess þyrfti 2-3 menn og mundi það kosta um 30.000 kr. á mánuði.

Var að lokum rætt um hvaða upplýsingum setti að safna í vetur. Var þá samþykkt að afla upplýsinga um eftirfarandi um núverandi virkjanir:

1. Vatnsnotkun allra vélasamstæða við fullt álag.
2. Dýpi inntakslóns við inntak við fullt álag.
3. Dýpi niður að inntaksristum.
4. Yfirborðsflatarmál inntakslóns við hæsta vatnsborð.
5. Vatnsrúmmál inntakslóns (ofna inntaks).
6. Lengd ár ofan stíflu.

Að lokum var samþykkt að halda aftur fund í næstu viku á mánudag kl. 13 (með akademisku korteri).

Fylgiskjal með fyrsta fundi um ístruflanir,
ræða Sigurjóns Rist.

Til fundarins er boðað til að safna saman fengnum fróðleikum ísalög. Sú reynsla, sem fengin er við orkuverin í landinu, baráttu stöðvarvarða við ísinn, má ekki glatast. Heldur er rétt að gefa henni gaum og sjá hvort það er ekki ýmislegt, sem má af henni nema. Reynslan mun vafalaust benda okkur á margt, sem verður að varast, þegar vatnsorkuver verða reist.

Í öðru lagi mun vera boðað til fundarins til að ræða möguleika á því að koma á kerfisbundnum ísrannsóknum.

Ég tel rétt að gera í stuttu mál grein fyrir því hvernig málín standa nú, það er þá þeigilegra að ræða þau á þeim grundvelli á eftir.

Við verðum nú í upphafi að gera okkur tvennt ljóst:

1. Hvað viljum við vita og þurfum að þekkja.
2. Hvað við vitum.

Ég ræði nú hið fyrra "hvað viljum vita og þurfum að þekkja".

Við erum sennilega allir sammála um, að við viljum þekkja ísalög á virkjunarstöðunum og afla okkur svo mikillar þekkingar á ísnum, að við getum sagt svona og svona leggst ísinn, ef þetta eða hitt verður gert. Með öðrum orðum, við viljum vita, að hverju gengið er, þegar virkjunarákværðanir eru teknar.

Er ekki þetta örugglega það sem við viljum og ég tel, að við verðum að greina þetta frá hávísdalegum eðlisfræðilegum athugunum um myndun og byggingu ískristalla. Ísrannsóknirnar hér þurfa að verða sér úti um fróðleik á þessu sviði og koma sér upp góðu bókasafni og fylgjast vel með hvað er að gerast erlendis á þessu sviði. Þótt við hrindum af stað þessari grófu yfirgripsmíklu athugun og mælingu á ísalögum, er ekkert eðlilegra en t.d. raunvísdadeildin, jöklarannsóknardeildin, er háskólinn hefur með höðnum könnun á einhverju

einstöku eðlisfræðilegu atriði, sem er þó e.t.v. nátengd sérstæðum Íslands t.d. kanni hvaða áhrif og þá hversu mikil jökkulleir hefur á ísmyndun, eða kanni útgeislun hér, er hún samþærileg við það, sem er erlendis við sama raka og hitastig o.s.frv. Það eru óþrjótandi verkefni. En er það ekki rétt að aðgreina þessa þætti. Annars vegar könnun á ísalögum á ám og vötnum, þar er ein hlið málssins, er að okkur snýr, og svo hin eðlisfreðilega um lögmál ískristalsins.

Gagnkvæm samvinna þessara aðila er eðlileg, en við verðum að halda henni aðgreindri.

Þá kem ég að síðara atriðinu, sem ég minntist á í upphafi þessa málss "hvað við vitum".

Á undanförum árum hafa safnast hjá vatnamælingum talsverðar upplýsingar um ísalög. Gæzlumenn vatnshæðarmæla hafa athugasemdir um ísalög. Svo hefur fengist reynsla hjá rafstöðvum og nokkrar upplýsingar í eftirlitsferðum vatnamælinga.

En þetta material liggr svo til allt í almennum lýsingum og lýsingum á einstökum atburðum, sem varðar ís, p.e.a.s. allt í orðum en ekki tölum. Skilagrein 180 og þær skilagreinar sem þar eru nefndar, gefa nokkurn útdrátt úr því, sem fram hefur komið og ísspár í nr. 170 hvíla á þessum upplýsingum.

Pannig stöndum við í dag og nú erum við saman komnir til að reða þessi mál. Eigm við nú ekki að gera sameiginlegt áatak með raforkumálastjóra og lyfta ísrannsóknum af þessu frumstigi, ef svo má segja og afla þeirra frumgagna, sem þarf til þess, að unnt sé að vinna þetta statistiskt.

Ég tek sem dæmi Hrauneyjafoss í Tungnaá. Vatnamælingarnar vita nú, að þar eru mikil krapaför fyrri hluta vetrar. Og ísmyndun þeð virk og óvirk og grunnstingull kemur þar í botn. Í mestu byljum lokast án við Hrauneyjar. En þegar veðrinu linnir og dregur úr kælingu, nær lindavatn árinnar undir tökkunum, allur ís hverfur skjótt nema við eyjar og lönd,

en skarir á lofti um 0,5-1,0 m yfir vatnsborði. Hve oft þetta gerist á vetrum og við hvaða veður áin slær um vitum við ekki og getum ekki vitað nema með samfelliðum athugunum. Þetta var aðeins sýnishorn af verkefni.

Það er eðlilegast að skipta ísrannsóknum niður í þrjú stig og fer ég þar eftir skilgreiningu Norðmannsins dr. Devik, sem er mesta átoritet á sviði ísrannsókna á Norðurlöndum.

1. Söfnun frumgagna
2. Statistisk vinnsla úr frumgögnum
3. Ísaspá, en með þeim er átt við spér um það, hvernig ísalög verða eftir að rennslinu hefur verið breytt t.d. með upplistöðum, vatnsföll sameinuð o.fl.

Frumgagnasöfnunin er erfðasti hjallinn. Meira að segja Norðmenn og Svíar, sem eru ólíkt betur mannaðir en við, kvarta um skort á góðum ísathuganamönnum. Því að sá, sem safnar frumgögnum um ís, verður að vinna í senn andlegt og líkamlegt starf o.fl. við illi skilyrði í verstu veðrum. Ísathugunarmaður verður því að hafa góða greind, prek, dugnað, sjálfsaga og skyldurækni. Nú eftir því sem rafvæðingin teygir sig lengra út yfir landsbyggðina virðist ljóst, að mforcumálastjórin hefur stöðugt fleiri og fleiri dugandi mönnum á að skipa, dreifðum viðs vegar um landið, sem hún getur falið trúnaðarstörf sílk sem ísathuganir.

Í Svíþjóð fara ísathuganamenn á reiðhjólum eftir ísum á ám og stöðuvötnum. "De utföra i allmänhet ett mycket gott arbete", sagði fyrrverandi byråchef dr. Ragnar Melin. Aðstaða er ólík hjá okkur, við munum sjaldan koma hjólreiðamönnum við í þessum rannsóknum, nema þá í einstaka tilfellum á Lagarfljóti og á Mývatni. Viðfangsefnin eru líka verulega ólík, við þurfum ekki að rannsaka ísstyrkleika í sambandi við akstur og brautir á ísnum.

Nei, mannfæðin er mikil svo erfitt verður að fá góða gæzlu-menn og á öræfunum, þar sem við þurfum að þekkja árnar, eru alls engir menn, ekki einu sinni útilegumenn. En eignum við ekki að koma upp góðum hóp útilegumanna. Og gera veikleika okkar að styrkleika með því að fá áhugasama hæfileikamenn til að setja sig niður í fjalkskálum við árnar.

Ég hef verið langorður um frumgögnin. Þau eru líka aðalatriðið. Út frá röngum forsendum verða vart dregnar aðrar en rangar ályktanir. Frumgögnin verða því að vera góð og rétt.

En ef við komum á kerfisbundnum ísrannsóknum, verðum við að gefa nákvæm fyrirmæli um tilhögun þeirra. Þær er hægt að fara að mestu eftir erlendum fyrirmynnum, aðeins sniða þær eftir íslenzkum staðháttum.

Þá þarf jafnframt að vinna að orðalistu. Ég set hér fram uppástungu hvernig hann yrði unninn. Hún gæti verið eitthvað á þessa leið. Fundurinn kýs sérstaka orðanefnd eða felur þetta einhverri starfandi orðanefnd. Orðanefndin safnar síða öllum tiltækum íslenzkum orðum um ís og snjó. Nokkurt safn er hjá vatnsmælingum, einstaka orð merkja sitt hvað í hinum ýmsu landshlutum. Jafnframt því að safna saman orðum og hugtökum hér innanlands, er mæskilegt að hafa samband við förste statshydrolog Sven Fremling hjá Hydrologiska byråan, Stockholm. Hann hefur unnið mikil og þarf verð við að samræma og skilgreina orð og hugtök varðandi ísa þessi í norsku og sáensku og gefa þeim eina og ótvíræða merkingu. Jafnframt hefur hann stillt upp tilsvarandi orðum á rússnesku, þýzku og ensku. Á norræna vatnafreðingamótinu í Oslo 1958 lagði statshydrolog Fremling fram tillögu um norræna samvinnu um ís-nomenklatur.

Þá er það hin statistiska úrvinnnda úr frumgönum. Meðan engin frumgögn eru til, sem hægt er að meðhöndla á statistiskan hátt, er ekki um slikt að ræða. Fyrsta sporið er að koma upp kerfisbundinni gagnasöfnun og útbúa orðalistann og koma upp bókasafninu, sem ég minntist á áðan. Útbúa þarf sérstakt úrvinnslu program og sökum þeirra tíðu veðurbreytinga verða allir útreikningar, sem áhræra lofthita og vindu, mjög umfangsmiklir, er rétt að hugleiða vel í upphafi, hvort ekki er unnt að vinna hina statistisku rutinu vinnu í Skýrsluvélum. Fljótt á litio virðist ekkert vera því til fyrirstöðu, þetta er að verulegu leyti summureikningur, og hvort sem útreikningur færi fram í Skýrsluvélum eða ekki, yrðu stuðlarnir úr Deviksformler notaðir. Það er máske ekki raunsei að tala um þetta

núna, e.t.v. er svo langt þangað til við fáum frumgögn, sem gefa ástæðu til svo ákjósanlegrar úrvinnslu.

Ef til vill er réttara að snúa sér að því, sem til er nú, og taka saman rökstuddar álitsgerðir um einstök vatnasvið í senn.

Og þá er þar með komið að priðja stiginu, sem eru ísaspárnar. En í því sambandi er rétt að athuga, að áður en hún er gerð, þurfa virkjunarsérfræðingar að leggja fram drög að virkjunartilhögun, e.t.v. nokkra mismunandi möguleika, og á þeim grundvelli að gera síðan ísaspá lið fyrir lið.

Pegar ísaspáin liggur fyrir, en hana hafa gert einn eða tveir, er nauðsynlegt, að hún sé tekin til rækilegrar athugunar, t.d. af fundi eins og þessum. Athugasemdir gerðar, svo ljóst verði á hvaða rökum hún er reist.

Fundur um ísamál 17.12. 1959 kl. 13,50. Meðtir voru Jakob Gíslason, Sigurður Thoroddsen, Sigurjón Rist, Jakob Björnsson og Haukur Tómasson.

Sigurjón Rist lagði fram ísaspá fyrir Urriðafoss í Þjórsá og var hún rædd. Sigurjón telur að unnt sé að fá virkjun þar lausa við ístruflanir, ef stíflað er upp íkvóta 50 m, og ánni haldið í þeirri hæð, þegar hún er að frjósa. Engin vatnsmiðlun er möguleg með þessu móti.

Þá var rædd ísaspá Sigurjóns fyrir Tungnaárkrók. Hæð fyrirhugaðrar uppiстöðu breytileg frá 480-500. Ef stíflað er upp fyrir 490 m setti virkjunin ekki að truflast af ís og krapi. Var í því sambandi mikið rætt um leka úr lóni við Tungnaárkrók.

Kom fram uppástunga að gera stíflu upp við Vatnaöldur og var hún mikið rædd. Tilgangur þeirrar stíflu væri að taka við krapi úr ánni þar fyrir ofan og draga úr mestu flóðum.

Þá var samþykkt að halda áfram að gera skemað, sem í smiðum hefur verið síðan á fyrsta fundi. Einnig að uppkast að heimildarskrá í ísawálum skyldi vélritað og hver fundarmanna fá sitt eintak til athugunar áður en neitt yrði ákveðið um pöntun þessara heimilda.

Að lokum gaf Sigurjón Rist skýslu um athuganir þær, sem hann hefur gert um að setja sjálfritandi hitamáli í Tungnaá. Er éhald í smiðum upp í Háskóla til þessara meðlinga.

Fundur um ístruflanir var haldinn inni hjá raforkumálastjóra 11. mars kl. 14. Viðstaddir voru: Jakob Gíslason, Steingrímur Jónsson, Sigurður Thoroddsen, Sigurjón Rist, Jakob Björnsson og Haukur Tomasson.

Rætt var um ístruflanir í Laxá og hvaða rannsóknir væri unnt að gera á þeim. Var þá helzt rætt að fá upp úr dagbókum virkjananna skrá um allar ístruflanir og orsakir þeirra. Engin ályktun var samt gerð um það.

Þá var rætt um skemað um inntakslón og ristar núverandi virkjana og var þar samþykkt að raða skemanu upp á nýtt eftir fallandi endingartíma inntakslónsins og láta svo vélrita það, eitt eintak handa hverjum nefndarmanni.

Þá var rætt að koma í veg fyrir ístruflanir í Laxá með því að gera smástíflu, eða setja bómu í hana á Birningsstaðaflóa. Var í því sambandi rætt um að nýta fallhæðina milli kvóta 128 og 132 til virkjunar. Samþykkt var að fá Sigurð Thoroddsen til að gera áætlun um stíflu eða bómu á Birningsstaðaflóa.

Samþykkt að biðja Ágúst Halblaub að flýta sinni skýrslu um reynslu sína af ístruflunum við Laxá og Steingrímur skýrði frá því að skýrslan um ístruflanir í Elliðaánum, sem tekin er upp úr dagbókum sé að verða tilbúin.

Rætt var um dagbækur rafstöðva og kom fram sú tillaga frá Jakobi Björnssyni að afnema bæri dagbækurnar í núverandi formi, en í staðinn væru vélstjórar látnir merkja inn á spjöld, sem unnið verði úr hjá Skýrsluvélum. Talað var um að skipa nefnd til að athuga þetta, en engin samþykkt gerð.

Þá var enn rætt um dagbækur rafstöðva og þá hvort þar væri náma innlendrar reynslu í ísamálum, sem vert væri að komast í. Engin samþykkt gerð.

Talið að "litteraturstúdiur" í ísafræðum varu að mestu búnar og niðurstaðan af þeim væri að hvergi í hinum erlenda "litteratur" væri nálgast okkar vandamál. Hydrologiskur kongress var haldinn nýlega í Kanada. Þar var rætt um ís meðal annars. Æskilegt að fá frá honum litteratur um ís.

Þá var rætt um ísaathuganir á hugsanlegum virkjunarstöðum og í því sambandi rætt um að láta menn hafa veturnsetu til ísaathuganna inni á hálendinu. En engin ákvörðun tekin.

Raforkumálastjóri
Orkudeild
27.4.60

ÚRDRÁTTUR UR NOKKUM GREINUM UM
ÍSMYNDUN, ÍSTRUFLANIR OG VARNIR
GEGN ÞEIM
HT/ag

Efnisyfirlit erlendra greina:

1. Isdannelse i vore Vasdrag (Ísmyndun í ám vorum) eftir I. Kristensen (1904).
2. The Formation of Brazil and Anchor Ice in Cold Water. Myndun svifiss og grunnstinguls í köldu vatni, eftir Vincet J. Schaefer (1950)
3. Bidrag till teorin för isbildung i älvar (Framlag til kenningarinnar um ísmyndun í ám), eftir Gunnar Nybrant (1945).
4. Betriebliche Vorkommisse und Erfahrung beim Eisgang vom Februar 1956 auf Aare und Rhein. (Reynsla af ísagangi í febrúar 1956 á Aare og Rín), eftir K. Achermann (1959)
5. Ice Prevention at Hydrolic Structures. (Ísvarnir við mannvirki í vatni), eftir P.J. Bier (1954).
6. Undersökningar vid Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut över vattendragens isförhållanden. (Rannsóknir á ís á ém og vötnum gerðar af S.M.H.I.) eftir R. Melin.
7. Safeguarding Hydro Plants Against the Ice Menace (Öryggi vatnsorkuvera gegn ístruflunum), eftir Paul E. Gisiger (1947).
8. Undervanns isproblemer i vassdragene (Erfiðleikar af ísmyndun í ám). Eftir E. Kanavins (1951).
9. Kunstig issperrung i elvelöp. (Stöðvun jakaburðar í ám). Eftir E. Kanavins (1951).
10. Régime Des Glaces Des Rivieres. (Um ís í ám). Eftir M. W. Laszloffy (1948)
11. Some Aspects of Ice Problems connected with Hydro-Electric Developments (Nokkur atriði í sambandi við ístruflanir og rafvæðingu). Eftir Cousineu (1959).

Erlendar greinar

1. Isdannelse i vore Vasdrag (ísmyndun í ám vorum). Eftir
I. Kristensen (1904).

Greinin fjallar um ísmyndun í ám og truflanir, sem af
henni stafa við orkuver. Þar lýsir hann sérstaklega ísalögum
á nokkrum nafngreindum ám, dreiföum yfir Noreg. Eftir þessa
lysingum kemst hann að niðurstöðum:

- 1) Stööuvötn geyma hluta af summarvarmanum. Ár, sem
renna um mörgr stööuvötn eru því heitar og myndast
þar ekki annar ís en yfirborðsís á lygnum. Sá ís
er algerlega meinlaus fyrir refstöðvar.
- 2) Fossar kæla mjög árnar, og flýta fyrir myndun svifiss
og grunnstinguls, sem mjög trufia refstöðvar.
- 3) Yfirborðsís á stööuvötnum og ám einangra vatnið og
koma því í veg fyrir myndun grunnstinguls og svifiss.

Höfundur telur að gott ráð gegn ístruflunum sé að hafa
uppiстööuión stór og að taka upp ristar þegar ísing er og
hleypa krapinu í gegn um vélarnar.

Höfundur lýsir ísalagningu straumvatns á þann veg, að
grunnstingull sest á botninn og vex stööugt og neyðir ána
herra og herra. Þegar grunnstingulsmyndunin er orðin metrar
að þykkt, grefur áin sig allt í einu undir hann og hverfur
undir ísinn. Er hún síðan það sem eftir er vetrar undir ís
og ber þá ekkert á ístruflunum.

2. The Formation of Frazil and Anchor Ice in Cold Water.
Myndun svifiss og grunnstinguls í köldu vatni. Eftir Vincent
J. Schaefer (1950).

Svifís myndast í undirkeldu vatni á yfirborði þess. Undirkel-
lingin þarf þó ekki að vera mikil, er sjaldan meiri en
± 0,01°C. Svifís myndast sem fljótandi smáískristallar, hring-
eða sporðskjulagaðir 25-100 mikron þykkir og 1-5 mm í þver-
mál. Höfundur telur hann eðlisþungan eða þyngri en venjulegan
ísl. Svifís sest á hluti í vatninu, sem hann rekst á. Sest
bannig ísl á steina og annað, sem straumur næðir á. Svifísinn

-2. ÚDRÁTTUR ÚR NOKKUM GREINUM UM
ÍSMYNUJUM, ÍSTRUFLANIR OG VARNIR
GEGN ÞEIM
HT/sg

sest alltaf á flöttinn móti straum. Samloðunar og hárpípu-krafter líma svifískristalla við hluti, sem þeir rekast á og hvern við annan.

Grunnningull er plötulagaðir ískristallar, sem vaxa út frá hlutum í vatninu. Barnes (1926) áleit, að grunnningull myndaðist við, að árbotninn kólni vegna útgeislunar og frjósi þá vatnið við botnið, þegar hann er orðinn undirkældur. Höfundur þessarar greinar efast um að svo sé. Hann telur grunnstingul sjaldgæft fyrirberi og oft ruglað saman við svifís, sem sest hefur á Stein í botninum.

Höfundur lýsir þá tilraun til að athuga vöxt svifískristalla með því að láta vatn renna yfir grunnt trog. Það sýndi sig þá, að við hitastig 0° til $+10^{\circ}\text{C}$ eru isnálar frá hliðunum og mynduðu fljótlega samfellda ísskán. En væri frost meira en $+10^{\circ}\text{C}$ mynduðust þessar isnálar líka, en auk þess mynduðust svifískristallar, sem leystust upp, þegar ísskánin var full mynduð.

Þá talar höfundur um tilraunir, sem hann hefur gert til þess að flýta fyrir lagningu iss á uppistöoulón virkjana. Til þess blandaði hann kolsýrusnjó í vatnið. Er það ódyrt og telur höfundur gefa góða raun.

3. Bidrag till teorin för isbildning i älvar. (Framlag til kennningarinnar um ísmyndun í ám). Eftir Gunnar Nybrant (1945)

í inngangi reðir höfundur nokkuð um myndun ískristalla. Þeir eru hexagonalir og er vöxtur þeirra á two vegu. Annað hvort vaxa þeir á breiddina og myndast þá flatir, þunnir kristallar eða þá að þeir vaxa á lengdina og myndast þá isnálar. Þetta fer fyrst og fremst eftir því, hvaðan kristallisationsvarminn leiðist bezt út. Leiðist hann bezt út frá köntunum myndast flatir kristallar. Það gerist í turbulentu rennsli. Leiðist kristallisationsvarminn aftur á móti bezt út frá endum, myndast isnálar. Það gerist í lygnu vatni.

Þá er lýst tilraunum, sem höfundur hefur gert til þess að ákvárhoða stighraða ískristalla í vatni. Niðurstöður þessara tilreuna voru:

- 1) Hringlaga, flatir ískristallar hafa venjulega stighraðann 1-5 cm/s
- 2) ískristallahópar hafa venjulega stighraðann 10 cm/s og meira.
- 3) ísnálar hafa oftast mjög líftina stighraða, venjulega 0,1 - 1 cm/s

Höfundur reiknar svo út turbulens í streymandi vatni og fær út frá því og stighraða ískristalle, hvernig dreifing sé eftir dýpi á kristóllum hverrar sterðar við hvern turbulens.

pá ræðir höfundur þor ályktanir, sem draga má af tilraunum og útreikningum sínum. Það er þá fyrst að stórir kristallar eða kristallahópar geta ekki færst til botns í straumvatni. Þeir eru bundir við yfirbroði og næsta nágrenni þess. En því minni sem kristallarnir verða, því jafnari verður dreifing þeirra í vatninu og minnstu kristallar hafa jafn koncentration í öllu vatninu.

Hann ræðir síðan kenningu Altbergs um myndun grunnstinguls. Altberg telur grunnstingul myndast við undirkælingu vatnsins. Myndast þá ískristallar um kristallisationskjarna í vatninu (svifís) eða á botninum (grunnstingull). Kenning Altbergs hefur meðt andmeum vegna þess að sannast hefur grunnstingul-myndun án þess að um undirkælingu sé að ræða. Nybrant vill nú gera þá breytingu á kenningu Altbergs, að það séu smákristallar myndaðir ofarlega í vatninu, sem rekist á botninn og festist þar og geti vöxtur þeirra haldið þar áfram þótt undirkæling sé sem engin. Að minnsta kosti ekki svo mikil að unnt hafi verið að mæla hana með þeirri nákvæmni, sem hingað til hefur verið notuð.

Stækki ískristallar og hópist saman minnka líkur á, að þeir geti færzt til botns. Þessir kristallar og kristallahópar mynda svifísinn.

4. Betriebliche Vorkommisse und Erfahrungen beim Eisgang vom Februar 1956 auf Aare und Rhein. (Reynsla af ísagangi í febrúar 1956 á Aare og Rín). Eftir K. Achermann (1959).

Greinin er saman í tilefni óvenju kalda febrúarmánaðar í Sviss. Desember og janúar á undan höfðu verið óvenju heitir,

en síðasta dag janúar mánaðar fór að frysta og stóðu frostin síðan látlauðt allan febrúar, en þá hífýnaði aftur. Varð meðalhiti mánaðarins - 9°C í stað meðallegshita hans um það bil - 1°C . Í þessum kuldum trufluðust mjög mörg orkuver á ánum Aare og Rín af völdum grunnstinguls og að fast frysu lokur og fleira. Flestar byrjuðu þessar ístruflanir um 10. febrúar, en þá voru frostin mest $\sim 20^{\circ}\text{C}$. Greinin lýsir ístruflunum við allar refstöðvar í Aare og Rín á svæðinu frá Boden vatni til Basel. Sterri og nýrri raforkuverin með stóra stíflu urðu ekki fyrir truflunum af völdum grunnstinguleiðar lagði lónin fljótt. Urðu truflanir þær eingöngu vegna þess að lokur frusu fastar. Minni orkuver trufluðust aftur að móti af grunnstingli og stöðvuðust sum alveg.

Þá er í greininni einnig lýst kennungum um ísmyndun. Skiptir hann í þremmt:

- 1) Yfirborðsís;
- 2) Grunnstingull;
- 3) Svifís.

Yfirborðsís myndast á straumlausu eða straumlíðu vatni. Straumhraðinn má ekki yfirlíða 1 m/s til þess að yfirborðsís geti myndast. Ekki má vatnið heldur kólna hraðar en um $0,01^{\circ}$ á klukkustund á milli $+0.1^{\circ} \sim 0^{\circ}\text{C}$. Sé kólununin örari myndast svifís.

Um myndun Grunnstinguls hafa verið mjög skiptar skoðanir. Áður var haldið að hann myndaðist vegna útgeislunar frá botni og þær af leiðandi kólununar hans, en nú þykir sú kennung afsönnuð. Lüscher hafði þá skoðun, að ískristallar þeir, sem mynduðu grunnstingulinn væru til orðnir á yfirborðinu í lygnum, en síðan færst í kaf af straum og festst við botn. Nýjustu kennningar telja, að ískristallar geti myndast alstaðar í vatninus þær sem kristallisationskjarnar eru. (Altberg, Laszloffy)

Svifís myndast við snögga kólunun vatns, einnig úr brotstykkjum af grunnstingli og yfirborðsís.

5. Ice Prevention of Hydrolic Structures. (Ísvarnir við mannvirki í vatni) Eftir P.J. Bier (1954).

Greinin fjallar um hvernig loft er notað til að hindra ísmyndun við stíflur, en slík ísmyndun getur valdið erfioðleikum við að hreyfa lokur og fleira. Auk þess getur ísprýst-

ingur orðið svo mikill í stórum uppistöðulónum með þykkum ís,
að stíflu getur staðað hætta af.

Aðferðin byggir á því, að lón með ís á, er kaldast upp
við ísinn en hitnar eftir því sem neðar dregur og getur
botnhitinn náð allt að 4°C af nógu djúpt er. Settar eru
leiðslur í vatnið á 3 til 10 m dýpi og gegnum þessar leiðslur
er leitt loft, sem þrýst er út í vatnið. Loftið streymir þá
upp og rífur með sér hið heita djúpvatn upp á yfirborðið og
bræðir þannig ísinn eða hindrar myndun hans.

Greinin lýsir nokkuð nákvæmlega tækjum, sem sett hafa
verið upp af Bureau of Reclamation í nokkrum rafstöðum í
Bandaríkjunum. Meðal annars við Grand Coulee stífluna.

6. Undersökningar vid Sveriges Meteorologiska och Hydrolog-
iska Institut över vattendragens isförhållanden (Rannsóknir á
ís á vötnum og ám gerðar af S.M.H.I.) Eftir R. Melin.

Í þessari grein er sagt frá rannsóknum á ísmyndun á ám
og vötnum, sem S.M.H.I. hefur annast fyrir Vattenfallsstyrelsen
(nánast mótsvarandi stofnun Raforkumálaskrifstofunni hér) og
fleiri, og er það aðallega gert í sambandi við vöntanleg skaða-
bótamál frá íbúum í nágrenni ána vegna skemmda á vetrarvegum
eftir ísnum, sem hlýzt af virkjunum og þar af leiðandi vatns-
miölun. Lítið held ég að sé að græða á greininni um ísamál
almennt. Er þar lítið annað en lýsing á ísalögum með sérstöku
tilliti til vetrarvega og því án intressu hér. En nokkur
lysing er fyrst í heftinu á skipulagningu ísarannsókna, sem
mér þykir rétt að endurseggja.

Tvennskonar ísathugunarmenn eru ráðnir. Til athugana á
vetrarvegum eru ráðnir upp á tímakaup menn, sem búa í nágrenni
þeirra, gjarnan þannig í sveit settir að peir geti gert athug-
anir á fleiri en einum veg. Auk þessara ísathugunarmanna eru
fastráðir ísathugunarmenn allan veturinn. Þessir fastráðir
áthugunarmenn gera hinum vandasamari mælingar og athuganir,
svo sem að teikna kortskissur af ísnum, hitastigsmælingar og
fleira. Auk þess líta þeir yfir skýrslur hinna lausráðnu
áthugunarmanna áður en þær eru sendar inn til S.M.H.I. Þessir
föstu áthugunarmenn eru allan veturinn á ferö eftir ánum, ýmist
á skíðum eða hjóli. Flestir fastráðir áthugunarmennir eru
greindir og áhugasamir sveitamenn, sem aflað hafa sér nokkurrar
menntunar í íþóháskólum (gagnfræðamenntun) eða við lægri tekní-
skóla. Peir leyse starf sitt yfirleitt mjög vel af hendi.

Úrvinnsla athuganna á SMHI er stjórnað af hydrologum. Hver hydrolog ber ábyrgð á vissri á eða ám. Þeir sjá um að halda sambandi við athugunarmenn, fara eftirlits og rannsóknarferðir sjálfir eftir ánum og setja saman lokaskýrslu. Einn yfirhydrolog sér um ví sindalega úrvinnslu athuganna.

7. Safeguarding Hydro Plants Against the Ice Menace (Öryggi vatnsorkuvera gegn ístruflunum), eftir Paul E. Gisiger (1947).

Höfundur ræðir fyrst nokkuð um ísprýsting á stíflur og telur að hann geti ekki orðið eins mikill og áður var haldið. Nefndur hafi verið 72. kg. þrýstingur per lengdar-centimeter stíflu, en hann telur að ísprýstingur fer sjaldan upp fyrir 12 kg á cm. Höfundur telur ekki ástæðu til að byggja svo sterkar lokur, að þær geti ekki skaðast hvað sem á gengur. Telur hann að það muni varla borga sig, vegna þess hversu miklu dýrari þær hljóti að vera í stofnkostnaði og rekstri en lokur, sem þola öll venjuleg átök, en þurfi þá viðgerðar við eftir sérstaklega mikinn ísprýsting.

Þá eru í greininni nokkrar skissur af mismunandi vatnaflausstöðvum og er þeim raðað eftir öryggi gegn ístruflunum:

- 1) Með grunnt inntak án varnar við ísreki að inntaki
- 2) Samskonar með vörnum gegn ísreki að inntaki
- 3) Leitt í skurði að inntaki
- 4) Djúpt inntak, stórt uppistöðulón og er það lang öruggasta virkjunargerðin.

Að lokum ræðir höfundur um ráð gegn því að lokur frjósi fastar. Hafa þá verið notaðar ýmsis konar upphitanir á legum og til að halda vatninu auðu við lokurnar hefur gefist vel að þrýsta lofti út í vatnið á 3-4 m dýpi framan við lokurnar.

8. Undervannsisproblemer í vassdragene (Erfiðleikar af ísmyndun í ám). Eftir E. Kanavins (1951).

Fyrst ræðir höfundur mun á ísmyndun á stööuvatni og lygnri á annars vegar og ám með straumköstum (burbulens) hins vegar. Í vötnum myndast hitaskipting þannig, að

kaldasta vatnið er efst og frýs það við 0°C sem yfirborðsíss, en í ám er allt vatnið við sama hitastig vegna straumkasta og myndast þar grunnstingull og svifís við smávegis undirkælingu. (Hann kallar annað statisk en hitt dynamisk ísmyndun og telur, að ekki séu skörp skil þar á milli).

Skilyrði fyrir myndun grunnstinguls eru:

- 1) Undirkæling ystu himnu vatnsins
- 2) Neirvera kristallisationskjarna
- 3) Hvirfilstraumar í vatninu. Hitatapið skeður frá mjög þunnri himnu í vatnsfletinum.

Altberg heldur því fram að ískristallamyndun byrji við rykkorn eða loftbólur í vatninu, sem alltaf séu til þar. Undirkælar vatnshimnur hafa himnustruktur og geta því haldist tiltölulega lengi. Grunnstingull og svifís myndast, þegar þessar undirkældu vatnshimnur rekast á kristallisationskjarna í vatninu eða á botni. Grunnstingull sest aðallega undan straum á steina og ójöfnur á botninum.

Grunnstingulsmyndun var mæld í ánni Daugava í Lithaen og reyndist hún mest vera 90 kg/m^2 per dag. Við breytingar á rennsli, breytist ísmyndun ekki í sama takt. Meelingar á ísmyndun í Lithaen gáfu þá niðurstöðu, að við aukningu rennslis $Q_2 : Q_1 = 1,7$ óx ísmyndunin aðeins í hlutfallinu $P_2 : P_1 = 1,2$.

Vakir eru þrennskonar: 1) Thermodynamiskt myndaðar vakir, þar sem áin rennur út úr smá vötnum eða hyljum, sem ísi eru lagðir. Er þá hitalágskipting þar í vatninu undir ísnum. Vegna núningsmóttöðu við ísinn er hraði vatnsins ekki mestur upp við ísinn heldur noldkru neðar, og er því vatnið heitara en 0° , sem rennur út úr hylnum. 2) Straumvakir, 3) vakir myndaðar við samanþjöppun rekiss. Vakir framleifa aillan veturinn grunnstingul og svifís.

Það sem eftir er greinarinnar fjallar um eðlisfræðilega eiginleika íss. Er þar mikilvægast að grunnstingull er miklu seigari og mótsööméiri gegn áhrifum utan að, en lagnar ísinn. Brotnar hann því síður í vorflóðum en bréðnar frekar á staðnum.

9. Kunstig issperring í elvelöp. (Stöövun Jakaburðar í ám) eftir E. Kanavins (1951).

Veturinn 1941-’42 og 1942-’43 voru gerðar sérstakar rannsóknir í Litháiskum ám í þeim tilgangi:

- 1) að finna ráði gegn myndun grunnstinguls og svifiss, eða að minnsta kosti að beina henni í heppilegri átt, til þess að koma í veg fyrir, að hættulegar jakastíflur mynduðust.
- 2) flýta fyrir að árnar frysuh með því að loka fyrir yfirborðsstrauminn og stífla þannig ísrekið og á þann hátt að draga úr dynamiskri ísmyndun ofan við orkuver.
- 3) að fá hluta af ánum til að frjósa sem í venjulegum vetrum eru auðir og gera þannig umferð yfir ána mögulega.

Til þess að ná þessum tilgangi var 1) lokað fyrir yfirborðsstrauminn með því að jakl var sagaður úr skörinni og lagður þvert yfir ána; 2) sett hindrun í veg fyrir rekísinn; 3) ýtt undir myndun grunnstinguls þar sem það passaði.

Jakabréu er aðeins unnt að gera, þar sem áin er fremur lygn og 100-150 m milli skara. Prýstingurinn á jakann er reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$p = cqLhV^2$$

þar sem L er lengd ísjakans felld á línu þvert yfir ána; h þylkt íssins; V straumhraði; c móttöökoeffisient; q eðlisþyngd vatnsins. Lengd ísjakans á að vera 1,2 . b; þar sem b er breidd áls milli skara. Sé of langt á milli skara er unnt að prengja að ánni með því að færa ísjaka að skörinni að utan og festa honum þar. Frýs hann þá fastur. Er hegt að halda áfræmm á þennan hátt unz örðið er nægilega stutt á milli skara til þess að unnt sé að mynda ísbrú.

Þar sem ekki er unnt að gera ísbrýr vegna mikils straums geta stokkar festir á ská móti straum stöövar ísrekið. Stokkarnir eru þá festir með vírum þar sem straumurinn kastast upp að bakkanum. Frýs þá fljótlega rekísinn í

krikanum ofan við stokkana. Leitar þá straumurinn að hinum bakkanum og er þá búið um á sama hátt þar. Er þá orðið svo þróngt um ísrekið á staðnum að það sem eftir er frýs sjálfkrafa. Stokkarnir eru upp í 1/3 af breidd árinna að lengd. Þeir eru oftast hafðir nokkrir hlið við hlið.

Grunnstingulsmyndun var örfluð, á stöðum með miklum straum og grunnstingulsmyndun í botni, með því að smá staurum var stungið í ána. Höfst þá grunnstingulsmyndun við staurana, sem endað gat með því að ána lagði á staðnum.

10. Régime Des Glaces Des Rivieres (Um ís í ám) eftir M.W. Laszloffy (1948).

Höfundur skiptir ísmyndun í ám í tímabil

- 1) Myndun ískristalla
- 2) framburður ísjaka
- 3) ísalagning árinnar
- 4) ísinn brotnar af.

Við undirkælingu um 0,01 - 0,1 C° byrjar myndun ískristalla. Skilyrði fyrir kristallisation eru eftirfarandi:

- a) undirkælt vatn
- b) turbulent rennsli
- c) tilvera kristalisationskjarna
- d) burtleiðsla varmans við snertingu vatnsyfirborðsins og kalds lofts.

Altberg taldi, að svifís og grunnstingull séu myndaðir á sama hátt og notaði hann samheitið "underwater ice" á það. Yfirborðs ís myndast á lygnum í ám.

Ísjakar myndaðir í rennandi vatni verða meira, eða minna hringlagðir og með upphækkaðar brúnir. Framburð ísjaka er unnt að reikna eftir:

B = breidd vatnsyfirborðsins

V = hraði vatnsins í yfirborðinu

C = 1 blutfall ísjaka og breidd vatnsyfirborðsins.

Þá er $C_1 B_1 V_1 = C_2 B_2 V_2 \text{ m}^2/\text{sec}$. taki maður tvö nálgaga þverskurði.

Jakaburður dregur úr rennsli ár. Stranda jakarnir á eyrum og í bugðum og frjósa saman. Ísalagning árinnar byrjar með því að aðstraumur jaka verður svo mikill að C 1. Hljóta þá að myndast stíflur í ánni og lygnur á milli, sem fljótt leggur. Grefur éin sig svo undir eða brýur jakastífluna og rennur þá orðið að mestu leyti undir ís. Eykst þá rennsli árinnar og nær sama hraða, eða meiri en áður en ís fór að myndast á henni. Fjallar síðan töluvert af greininni um aðferðir til þess að reikna út þetta rennsli.

Sá tími, sem ís er að brotna af ám, er oft sá hættulegasti fyrir öll mannvirki við árnar. Jakarnir eru á þessum tíma stórir og allavega lagaðir. Verður oft mikið tjón á mannvirkjum á þessum tíma.

11. Some Aspects of Ice Problems connected with Hydro-Electric Developments (nokkur atriði í sambandi við ístruflanir og rafvæðingu). Eftir J. E. Cousineau (1959).

Ár eru mjög breytilegar í eiginleikum sínum Meðal annars hefur hitastig áanna mikil áhrif á ísmyndun og ístruflanir. Á sumum ám getur myndast ís þótt mikið af vatnini sé alltaf ofan við 0°C heitt. Aðrar ár kólna niður að frostmarki og er það í þeim, sem allar tegundir iss geta myndast. Þess vegna er mjög nauðsynlegt að mæla hitastig í ám. Fyrst verður hér ræddar ár, sem kælast niður að frostmarki við komu vetrar, en síðan verða ræddar ár sem kólna ekki niður að frostmarki.

Lýst er ísalagningu St. Lawrence árinnar en hún skeður á sama hátt ár frá ári. Í stuttu máli má segja að þróunin sé eftirfarandi. Á haustin kólnar án smám saman niður að 0°C, og fer þá að myndast rekís á ánni, sem rekur niður í Lake St. Peter, sem er svöltill lygna. Þar er straumhraðinn 30-40 cm/s og þjappast ísrekið þar saman og frýs í pakkaða ísþekju, sem þekur alla ána. Frá þessari ísþekju við St. Peter vatn leiðir íslagninguna upp ána, þannig, að ísrekið stöðvast á ísbrúninni og frýs þar.

Sé straumhraðinn of mikill, berst nokkuð af rekísnum undir ísbrúnina og mynda flotstíflu (hanging dam), sem hekkar

-11- ÚRDRÁTTUR ÚR NOKKRUN GREINUM UM
ÍSMYNDUN, ÍSTRUFLANIR OG VARNIR
GEGN PEIM
HT/sg

vatnsborðið ofan við svo dregur úr straumhraða og hættir
þá rekisinn aftur að pakkast undir ísskörina og ísalagning
árinnar heldur áfram upp eftir. Hámarksstraumhraði, sem
rekis pakkast við án þess að ganga inn undir ísskörina er
álitinn 70 cm/s við beztu skilyrði. En þessi beztu skilyrði
eru að vatnið sé 0° heitt og frostið sé að minnsta kosti
 18° . Séu ekki þessi beztu skilyrði fyrir hendi verða flot-
stiflur stærri, þær bresta oftar og íslagning gengur miklu
skrykkjóttar.

Til þess að fá hugmynd um öryggi íss á ám, er gert línumit
með tímanum á L-ás og stig dagar frosts á y-ás. Stig
dagar er samanlagt meðalhitastig dagana neðan við frostmark,
að frádregnu meðalhitastigi daga ofan við frostmark, sem
falla inn á milli og eftir frostatímabil.

Algeng ístruflun neðan við vatnsafsstöðvar er að flot-
stifla myndist þar og bekvatn flotstíflunnar dragi úr not-
hæfri fallhæð orkuversins eða jafnvel flæði inn í vélasali.

Það sem eftir er greinarinnar fjallar um ár, sem aldrei
kólna niður að frostmarki. Slikar ár nenna yfirleitt úr
stórum vötnum og kemur hið heita vatn árinnar af nokru
dýpi í vatninu.

Innlendar greinar

Sigurjón Rist hefur viða skrifað um ísa í skilagreinum
sínum. Hef ég gefið upp í heimildaskrá þær skilagreinar, sem
hélst innihalda fróbleik um ísemál. Í skilagrein 180 um
"ísalög - Almennt yfirlit" hefur hann getið um flestar virkj-
aðar og meiriháttar hugsanlega virkjaðar ár og gefið lýsingu
á ísalögum þeirra. Þykir mér því óparft að gera úrdrátt úr
skilagreinum Sigurjóns en mun minnast á 5 greinar, sem
ánnars staðar hafa birzt um ísemál. En það eru tvær greinar
eftir Guðmund Kjartansson í Náttúrufræðingnum: "Ísalagnir
á ám og vötnum" og "Purrðin í Hvítá". Tvær greinar eftir
Steingrím Jónsson, önnur í Náttúrufr. "Um þurðir í Hvítá"
en hin í ársskýrslu S.I.R. "Um ístruflanir í Elliðaánum".
og einn grein eftir Ágúst Guðmundsson í ársskýrslu S.I.R.
"Um goslu og viðhald vatnsaflestöðva".

Fyrri grein Guðmundar birtist 1934 og er almennt rabb um ísmyndun á ám og stöðuvötnum. Þar þar fyrst talað um eðlisfræðilega eiginleika vatns og iss, en síðan um ísalagnir á ám og vötnum. Greinin er 7 síður og í mjög alþýðlegu formi.

Síðari grein Guðmundar birtist 1943 og er skrifuð í tilefni purrðar, sem varð í Hvítá 11. nóv. árið áður. Þar þessari sérstöku purrð þar fyrst lýst og hún skýrð. Staðaði purrðin af krapamyndun ofantil í ánni og þá sérstaklega fyrir ofan Árhraun. En mikil krapamyndun getur dregið mjög úr rennsli án þess að nokkurs staðar sé um raunverulega krapastíflu að ræða. Einnig telur hann að vindur geti valdið purrð í ám, blási hann á móti straum, þar sem á breiðir úr sé á lygnum. Þá telur hann upp aðrar purrðir í Hvítá, en þær hafa orðið samkvæmt heimildum: 29. febr. 1924; 3. mars 1913; haust 1864; sumarmál 1828; 1702 og 15. nóv. 1549. Telur hann að purrðir séu miklu algengara fyrirberi en þessar heimildir gefa til kynna, og sé þess að vanta, að oft verði verulegar purrðir, án þess að eftir þeim sé tekið. Loks lýsir höfundur purrð í Litlu Laxá og Þjórsá.

Grein Steingríms í Náttúrufr. er skrifuð sama ár og seinni grein Guðmundar. Bendir Steingrímur þar á hina miklu hagnýtu þýðingu, sem rannsóknir á krápa og krapamyndun getur haft fyrir væntanlegar virkjanir í stóram okkar. Og hvetur hann til rannsókna. Að öoru leyti fjallar grein Steingríms um myndun kraps nánar en gert var í greinum Guðmundar, og þá sérstaklega frá eðlisfræðilegu sjónarmiði.

Grein Steingríms í ársskýrslu S.Í.R. er einnig birt 1943. Þar það lýsing á íSTRUflunum við Elliðaár og ráð þau, sem reynd voru til að koma í veg fyrir þær.

Grein Ágústar birtist 1952 og er að nokkru leyti um sama efni og seinni grein Steingríms. En auk þess segir hann frá íSTRUflunum við Ljósafossstöðina í Sogi og ráð þeirra þar gegn íSTRUflunum.

Við Elliðaárnar var reynt að komast hjá íSTRUflunum með því 1) að hreinsa árfarveginn af öllu stórgrytti 2) að hækka stífluna við Árbæ og var hún hækkuð í tveim áföngum 2 m í hvort skipti, 3) að stækka inntaksop um helming, 4) byggð stifla við Elliðavatnsengjar, sem notuð var til að jafna rennsli.

-13- ÚRDRÁTTUR ÚR NOKKUM GREINUM UM
ÍSMYNDUN, ÍSTRUFLANIR OG VARNIR
GEGN ÞEIM
HT/sg

Við Sog voru aftur á móti enginn mannvirki gerð vegna
ístruflana. Voru þar ístruflanir miklu sjaldgæfari en við
elliðaárár. Ágúst ræðir því eingöngu um brögð vélstjóra til
að láta vélarnar hreinsa sig af krapinu.

Inngangur:

Í vetur hef ég gert nokkra úrdrætti úr greinum um áris og ístruflanir rafstöðva. Eru þetta li erlendar greinar og nokkrar íslenzkar. Er nú ætlunin að taka saman á einn stað helstu niðurstöður þessara greina og bera þær saman við íslenzkar aðstæður. Í því sambandi verður nokkuð rætt um rafstöðvaskemað, sem gert var í vetur. Mikið vantart á, að greinarhöfundar séu sammála í niðurstöðum sínum, en þó virðist viss þróun í greinunum í átt til meira samræmis, því yngri sem þær eru. Sameiginlegt öllum erlendu greinunum er, að höfundar þekkja aðeins aðstæður, þar sem töluvert meginlandsloftslag er og þekkir enginn þeirra til úthafsløftslags, svipuðu því, sem við höfum á Íslandi.

Ísmyndun:

Höfundar tala yfirleitt um prennskonar ísmyndun: lagnarís, svifís og grunnstingul. Kanavins (8) vill þó einungis skipta ísmyndun í two flokka: virka (dynamiska) ísmyndun, undir hana fellur grunnstingull og svifís; og óvirka (statiska) ísmyndun, sem er það sama og lagnarís. Takmörkin á milli telur hann þó ekki skörp. Öllum hinum erlendu höfundum ber saman um, að virk ísmyndun sé hættulegust rafstöðvum.

Kenningar um virka ísmyndun eru margar og er það einkum grunnstingullinn, sem valdið hefur mönnum heilabrotum. Sú kenning, sem flestir virðast nú orðið hallast að, er kennd við Altberg. Samkvæmt kenningu hans er skillyrði virkrar ísmyndunar, að vatnið sé undirkælt. Kælingin skeður frá yfirborðinu en straumhviflar færa hið undirkælda vatn niður á við, þar sem það frýs við kristallakjarna í vatninu eða á botni. Sem kristallakjarnar virka allar framandi agnir í vatninu svo sem loftbólur, sandkorn o.fl. og einnig botninn sérstaklega fletir á móti straumi.

Nybrant (3) gerir þá lagferingu á kenningu Altbergs, að fyrstu kristallagenin myndist fyrst og fremst við eða nálægt yfirborði, en ískristallar í virku ástandi rekist á botninn, festist þar og myndist þannig grunnstingull. Ef kristallagenin nái að vaxa nokkuð án þess að rekast á botn, vex flotkraftur þeirra það mikil, að þau geta ekki lengur borist til botns í straumhvírflunum og mynda þau svifísinn.

Kanadamaðurinn Schaefer (2) virðist hafa komist að sömu niðurstöðu, en hann kallar alla virka ísmyndun svifís og er það vegna þess, að grunnstingul hafði landi hans Barnes (1926) skilgreint, sem ís myndaðann við undirkælingu botnsins, og reðost hann ekki á þá kenningu, þótt hann virðist vera í miklum vafa um hana.

Óvirk ísmyndun, eða lagnarís, myndast á vötnum og á lygnum í straumvötnum. Undir lagnarís getur virk ísmyndun ekki átt sér stað. Schaefer (2) gerði því tilraunir með að flýta fyrir myndun lagnaríss með því að blanda kolsýrusnjó í vatnið. Taldi hann það gefa góða raun.

Hér á landi gæti ég helzt hugsað mér að gagn væri að þessari aðferð við Grimsá, því þar eru ístruflanir eingöngu vegna virkrar ísmyndunar.

Ísalagning ánnar.

Ísalagning skeður með tvennu móti í straumvötnum, lagnarís myndast á lygnum og rekís þjappast saman og frýs í hellu. Enginn höfunda nefnir hver hámarksstraumhraðinn megi vera svo lagnarís geti myndast. Einn höfundur, K. Achermann (4) nefnir þó að straumhraðinn megi ekki fara yfir 1 m/s ef yfirborðsíss á að myndast. Hér á hann að öllum líkindum ekki við lagnarís, því annar höfundur, Cousineau (11), sem rannsakað hefur sérstaklega sjálfa ísbekjumyndunina, segir að straumhraði megi ekki yfirstíga 70 cm/s við beztu skilyrði til þess að ísrek pakkist ekki undir skör eða spöng, en beztu skilyrði eru, að frostið sé að minnsta kosti 18°C . Sé straumhraðinn meiri eða frostið minna gengur rekísinn undir spöngina og myndast krapastífla, sem hækkar þá vatnsborðið ofan við stífluna. Kemur þá að því að

annað hvort brestur stíflan, eða þá að straumhraðinn verði nægilega lítill til þess að rekísinn hætti að ganga undir skörina og íspekjumyndunin skriði upp á við. Niðurstaða Cousineau er, að íspekjumyndun gengur því ver, sem frostið er vægar. Á mildum vetrum verða því ísstíflur stærri, þær bresta oftar og ístruflanir verða meiri.

Þessi beztu skilyrði, sem Cousineau talar um, munu vera mjög sjaldgæf á láglendi á Íslandi, en líklega nást hin beztu skilyrði oft við ísalagningu ánnna inni á hálendinu. Er því ekki annars að vænta, en að íspekjumyndun á ánum niðri á láglendi gangi mjög skrykkótt og mjög miklar krapastíflur verði að myndast til þess að árnar leggi. Í Þjórsá hefur myndast allt að 18 m há krapastífla við Urriðafoss og þá loksns hefur íspekjumyndunin skriðið upp ána á Skeiðum.

Kanavins (9) getur ráða til þess, að stöðva ísrek. Er þá sagaður ísfleki úr skör og lagður þvers yfir auða álinn milli höfuðisa. Á þá ísrekið að stöðvast á flekanum og íspekjumyndunin að skríða upp eftir.

Ekki held ég að þetta beri tilstætlaðan árangur nema straumhraði sé það lítill, að ísrekið pakkist ekki undir flekann. Í Þjórsá á Skeiðum er straumhraðinn örugglega meiri en svo, en ef til vill er unnt að finna stað í Hvítá ofan við Hestvatn, þar sem hægt er að koma þessari aðferð við.

Ekki er í neinni hinna erlendu greina minnst á þann þátt, sem snjór getur haft á myndun ísskriðs. En snjór leggur oft mikið til ísskriðs í ám hér á landi.

Guðmundur Kjartansson lýsir því í annari sinna greina, hvernig mikil snjókoma getur valdið þurróum í ám. Þegar snjó kingir niður í kaldar ár geta þær ekki brætt hann og fyllastbá árnar af krapi. Getur þetta orðið svo mikið að áin sigur áfram, sem þykkur grautur og neðan við það svæði, sem snjó hefur kingt í hana dregur verulega úr rennsli.

Ístruflanir

Ístruflanir, sem minnst er á í hinum erlendu greinum stafa hér um bil allar af virkri ísmyndun. Hér á landi eru súkar ístruflanir einnig algengar, en þó engan vegin algengasta form ístruflanna. Grímsárvirkjun og báðar Laxárvirkjanirnar eru þekktastar fyrir þesskonar ístruflanir. Annars er algengasta form ístruflanna hér, að ísrek og krapaför séu svo mikil í inntakslónið, að það hreinlega fylli og ekkert vatn náiðist í gegn. Allar virkjanir hér á landi sem á annað borð truflast af ís, gera það á pennan hátt, nema ef til vill Grímsá, sem ég held að einungis hafi truflast af virkri ísmyndun.

Aðrar ístruflanir, sem nefndar eru í hinum erlendu greinum eru, að krapastiflur myndist neðan rafstöðvar og bakvatn stíflunnar lóni inn í rafstöðina og dragi úr falli. Slik ístruflun varð við Laxá II í vetur. Að lokum virðist algengt erlendis, að frost valdi erfiðleikum við að hreyfa iokur, en undan síku er ekki kvartað hér.

Ein ístruflun, sem hvergi er minnst á í greinum, hefur Guðjón Guðmundsson lýst á fundum um ísemál. Verður þessi ístruflun við líttil inntakslón þannig, að lagnarísinn leggst á botninn, þegar lágt er í lóninu og frýs þar fastur. Við endurtekna dægursveiflu vatnsborðsins í lóninu leggst lag á lag ofan af ís á botninn og fyllir þannig lónið smám saman. Rjúkandivirkjun er pekkt fyrir súkar truflanir.

Margir höfundar ræða um ráð gegn ístruflunum og eru allir sammála um að eina örugga ráðið sé að hafa inntakslón stórt og djúpt á inntak. Ef við litum á rafstöðvaskemað sést að nái fylgni er milli ístruflanna og endingartíma inntakslóns. Rafstöðvarnar frá Glerá og niður úr truflast allar oft enda er inntakslón svo lítið að það nægir ekki einu sinni til góðrar dægurmíðunar. Þessar rafstöðvar hafa heldur engin miðunarlón. (Notheft rými inntakslóns er miðað við upphaflegt rými, en við Glerá og Gönguskarðsá hefur mikill aur borizt í lónin svo raunverulegt notheft rými er þar töluvert minna nú orðið)

Aðrar virkjanir með stuttan endingartíma inntakslóns hafa allar miölunararlón ofar í ánni. Geta þær þá orðið ístrufl-analausar þótt inntakslón sé mjög lítið, eins og við frafoss. Þær er líka ekkert fall á milli rafstööva og fjarlægðin einungis nokkur hundruð metrar. Sé hinsvegar langt á milli miölunararlóns og rafstöövar, eins og við Fjarðarsel, truflast rafstöðin nokkuð, þó ekki eins oft og rafstöövar með samsvarandi inntakslón án miölunararlóns. Þegar endingartími inntakslóns er farinn að skipta dögum og dýpi niður á inntak metrum, verður aldrei ístruflun. Svo er við Þverárvirkjun, Skeiðsfossvirkjun, Fossá Engidal, Mjólkurársvirkjun og Fossá Reiðhalla. Niðurstæða þessara stofustúdía í ísafræðum virðist sem sagt vera, að efsta virkjun í á, þurfi að hafa stórt inntakslón, sem endist í nokkra daga. Hinrar neðri virkjanir mega hafa lítil inntakslón ef þær taka við hver af annari.

RAFSTÖÐ	Nafn	INNTAKSLÓN			INNTAKS-EDA			INNTAKSRISTAR			VATNS-HRADI			LENGD Vetrarfrast.	
		Ríðatarmál	Rúm-mál	MÍsmunur	VATNS-NOKRUN	MÍLUNARL.	ENDIST	Venjur.	Stærð	UM INNTAKSR.	VIÖHQ	VIÖHQ	km	km	
		Rúm-fullit km ²	mál G1	HW m	og m	Noth. rymmi G1	HQ kJ/s	meo HQ d	innt.r.	dm/s	dm/s	12	14		
1	Everárvirkjun	1,55	...	5,25	7,5	0,73 ⁰ ,5	1,45	119,72	59,86	1,8-0,8	3,4	1,20	2,8	5,7	0 (6)
2	Laxárvatnsv.	...	...	...	12,0	1,68 ⁰ ,5	3,36	82,67	41,33	4,0-2,5	...	...	...	6 (28)	Aldrei Sjaldan
3 ₁	Heiðarvatn	...	...	3	1,7	0,24	0,48	82,0	41,0	0,02	2-0,6	...	...	...	Nokkuð Aldrei
3 ₂	Fjarðarsel	0,0017	...	0,6	0,001	-	0,48	-	34,50	4-2	15,5	3,65	3,9	7,9	0 (9)
4	Skeiðfoss	...	...	12,5	31,0	5,2	10,4	69,00	20,83	0,2-0,1	...	...	...	...	Aldrei Aldrei
5	Fossá Engidal	...	...	6,5	0,45	0,13 ⁰ ,5	0,25	41,67	13,5	...	...	...	...	...	...
6 ₁	Skorradalsvatn	14	...	...	10,0	6,7	8,4	16,9	13,5	...	...	...	...	...	...
6 ₂	Andakflsárv.	...	...	1,5	0,2	6,7	0,5	8,4	0,35	0,28	6,0-4,0	...	...	...	5 (52)
7 ₁	Efrafall	82,0	...	1,5	124,0	112,0	0,8	150	12,81	9,57	100	...	...	...	0 (30)
7 ₂	Ljósáross	2,9	...	0,5	1,4	90	0,8	113	0,18	0,14	100	127,8	6,0	8,3	10,4 (36)
7 ₃	frafoss	0,096	0,18	0,5	0,047	80	0,8	100	0,007	0,005	100	145	6,1	6,5	8,1 (37)
8	Mjólkurárv.	1,24	...	4,5	0,4	0,75 ⁰ ,5	1,5	6,09	3,09	2,2-1,0	6,0	2,00	1,5	2,9	4 Aldrei
9	Fossá Reihnjalla	0,18	0,045	335	0,040	0,09 ⁰ ,5	0,18	5,14	2,57	0,12-0,06	1,2	0,95	1,2	2,2	1 Aldrei
10 ₁	Elligávatn	...	...	0,8	2,2	4,0	10,0	6,37	2,55	...	...	...	...	...	...
10 ₂	Ellisáárv.	0,05	...	...	0,12	4,0	0,4	10	0,35	0,14	4-3	6,0	...	7,8	19,6 (28)
11	Grímsárv.	0,11	0,50	6,8	0,46	6,0	0,5	12,0	0,89	0,44	8-2	23,5	1,70	3,0	6,0 Mjögs oft
12	Glerá, Akureyri	...	...	...	0,18	0,9	0,9	1,0	0,23	0,21	3-1	...	...	...	22 Nokkuð oft
12	Gönguskarðsárv.	0,01	0,035	1,0	0,01	1,17 ⁰ ,5	2,33	0,10	0,05	6,0-4,5	6,7	2,8	1,7	3,5	21 Mjögs oft
13 ₁	Laxá I	...	...	0,0	0,0	18,0	0,9	20,0	0,01	0,01	38-30	30,0	3,70	7,1	7,8 (37)
13 ₂	Laxá II	...	0,032	...	...	31,5	0,9	35,0	0,01	0,01	38-30	...	...	...	Ort
14	Rjúkandiv.	...	...	0,4	...	0,33 ⁰ ,5	0,66	0,01	0,01	2,0-1,0	3,0	1,20	1,3	2,6	3 Ort
15	Búðará, Reyðá.	...	...	0,0	0,0	0,12 ⁰ ,5	0,23	0,01	0,01	0,5-0,2	0,01	...	...	...	Engar uppl. Ort
16	Víkurá	...	...	...	...	0,14 ⁰ ,5	0,28	0,01	0,01	...	...	...	...	...	...

Hugsanlegar rafstöðvar.

Tungnaárkrok	500	17,5	-	20	205,00	-	98,0	-	98,0	-	98,0	-	24,0	
"	495	13,5	-	15	125,00	-	70,00	-	70,00	-	70,00	-	14,6	
"	490	11,0	-	10	50	-	30,00	-	98,0	-	98,0	-	8,2	
"	485	8,0	-	5	5	-	5,00	-	98,0	-	98,0	-	3,5	
"	480	3,0	-	5	4	-	4,00	-	96,0	-	96,0	-	0,6	
Hrauneyjarfoss	-	-	-	25	70,0	-	20,0	-	100,00	-	100,00	-	0,5	
Fossá p. 1	-	-	-	29	100,00	-	20,8	-	200,00	-	200,00	-	40,0	
" p. 2	-	-	-	4	5,00	-	12,00	-	230,00	-	230,00	-	57,0	
Urriðafoss	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	
Hestvatn	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	

Rafstöðvunum er ráðað eftir endingartíma intakslöns, eða miðlunarlöns bess, eða dálki 8. Þar sem margar rafstöðvar eru í röð, eða intakslón og miðlunarlon aðskilin, eru hinar neðri rafstöðvar látnar fylgja strax eftir efstu rafstöðinni eða intakslóni og þa með index við numerið. Meðalvatnssnotum, dálkur 5, er reiknuð eftir áætluðum dægurálagssstöðum, sem standur þar við. Sviga við lengd ar ofan rafstöðvar dálk 14 er öll lengd árinna, ef hun rennur í gegn um stöðuvatn, en utan sviga lengd upp í næsta stöðuvatn.

Íslenzkar heimildir:

1. Jónas Jakobsson, 1953. Ísing á sýma og háspennulínum frá veðurfræðilegu sjónarmiði. Tím. V.F.Í. bls. 108 (til)
2. Steingrímur Jónsson, 1943. Um ísatruflanir í Elliðaánum S.Í.R. bls. 100-117 (til, úrd.)
3. " 1943. Um þurrðir í Hvítá. Náttúrufr. (til, úrd.)
4. Ágúst Guðmundsson, 1952. Um gæzlu og viðhald vatnsafslsstöðva. S.Í.R. 86-110. (til, úrd.)
5. Guðmundur Kjartansson, 1934. Ísalagnir á ám og vötnum. Náttúrufr. (til, úrd.)
6. " 1943. Þurrðin í Hvítá. Náttúrufr. (til, úrd.)
7. Rapport den 28. november 1952 rörande åtgärder för avhjälplande av issvårigheter í Mývatns utlopp. Vattenbyggnadsbyrön, Stockholm. Málasafn 035,4 (til)
8. Sigurður Thoroddsen, 1939. Varnir gegn krapi og surburði. Tím. V.F.Í. (til)
9. Sigurjón Rist and Jakob Björnsson, 1959. Þjórsá and Hvítá River Systems Southern Iceland, some hydrological aspects. Reykjavík.
10. Sigurjón Rist. Skilagrein 16 í S. 1 - 1947 - '49 um Laxá í S.Þing.
11. " Skilagrein 12 í S. 2 - 1950 - '52 um Dynjandisá og Mjólká.
12. " Skilagrein 15 í S. 2 - 1950 - '52 um flóð í Laxá í S. Þing.
13. " Skilagrein 23 í S. 2 - 1951. Um hitamælingar
14. " Skilagrein 55 í S. 3 - 1955. Um rennsli úr Mývatni.
15. " Skilagrein 98 í S. 5 - 1955. Þjórsá, braðabirgðaskýrsla um hrannir.
16. " Skilagrein 132 í S.7 - 1957. Jakastíflur og stórhlaup.
17. " Skilagrein 152 í S.8 - 1958. Vatn og vetur.
18. " Skilagrein 167 í S.9 - 1959. Þjórsárísar.
19. " Skilagrein 171 í S.9 - 1959. Grímsárvirkjun - ístruflanir við inntak.
20. " Ístruflanir við Mývatnsósa (jan. 1950) Málasafn 035.4 *Sigr. 185.*
21. " Rennsli Ölfusá 25. nóvember 1951 Málasafn 035.4
22. " Skilagrein 182. Nafnaskipan vatnaísa.

23. Sigurjón Rist. Skilagrein 180. Ísalög.

Erlendar heimildir:

Úr The Engineering Index eru fengnir eftirfarandi titlar:

24. T.R. Butkovich, 1954. Hardness of Single Ice Crystals. U.S. Corps Engrs - Snow, Ice and Permafrost - Research Establishm. Research Paper n 9 12 bls.
25. J.K. Landauer, H. Plumb, 1956. Measurements on Anisotropy of Thermal Conductivity of Ice. U.S. Corps Engrs - Snow, Ice and Permafrost - Research Establishm. Research Paper n 16 5 bls.
26. U. Nakaya, 1956. Properties of Single Crystals of Ice, Revealed by Internal Melting. U.S. Corps Engrs - Snow, Ice and Permafrost - Research Establishm. Research Paper n 13 185 bls.
27. Bibliography on Snow, Ice and Permafrost With Abstracts. U.S. Corps Engrs - Snow, Ice and Permafrost - Research Establishm. Sipre Report V 6 n 12, 1954.
28. T.R. Butkovich, 1953. Demity of Single Crystals of Ice from Temperate Glacier. U.S. Corps Engrs - Snow, Ice and Permafrost - Research Establishm. Research Paper n 7, 7 bls.
29. U. Nakaya, A. Matsumoto, 1953. Evidence of Existence of Liquidlike Film on Ice Surfaces. U.S. Corps Engrs - Snow, Ice and Permafrost - Research Establishm. Research Paper no. 4, 6 bls.
30. B. Vormegut, 1947. Nucleation of Ice by Silver Iodide. J. Applied Physics. V 18 n 7, p 593 - 5.
31. F.K. Truby, 1955. Hexagonal Microstruture of Ice Crystals Grown from Melt. J. Applied Physics. V 26 n 12, p 1416 - 20.
32. H.H.G. Jellinek, R. Brill. 1956. Viscoelastic Properties of Ice. J. Applied Physics. V 27 n 10 p 1198 - 1209.
33. M. Wyman, 1950. Deflection of Infinite Plate. Can J. Research. V 28 n 3 (Sec. A) p 293-302.
34. T.D. Northwood 1947. Sonic Determination of Elastic Properties of ice. Can J. Research. v 25 n 2 p 88-95.
35. J.T. Wilson & J.M. Horeth, 1948. Bending and Shear Tests on Lake Ice Am Geophysical Union v 29 n 6 p 909-12.
36. A.H.A. Penny, 1948. Theoretical Determination of Elastic Constants of Ice. Cambridge Philosophical Soc - Proc v 44 pt 3 p 428-39.

37. N. Bjerrum, 1952. Structure and Properties of Ice. Soc. Chem Industry (Chem & Industry) n 17 p 364-8.
38. R.E. Rundle, 1955. Structure of Ice J. Phys Chem v 59 n 8 p 680-2.
39. A. Goff, 1942. Vapor Pressure of Ice From 32 to + 280 F. Heating, Piping & Air Conditioning v 14 n 2 p 121-4.
40. R.S. Bradley, 1957. Electrical Conductivity of Ice. Faraday Soc - Trans v 53 n 413 p 687-91.
41. P.E. Berghausen, R. J. Good, G. Kraus, B. Podolsky, W. Soller, 1955. Fundamental Studies of Adhesion of Ice Solids. Wright Air Development Center - WADC Tech Report n 55-44. 174 bls.
42. H. Lacks, M. Quatinets, A. Freiberger, 1957. Ice Adhesion, Apparatus and Test Method. Am Soc Testing Matls - Bul n 224 p 48-50.
43. T.R. Butkovich, 1958. Hardness of Single Ice Crystals. Am Mineralogist v 43 n 1-2 p 48-57.
44. J.L. Meijering, 1957. Residual Entropy of Ice and Related Combinatorial Problems. Philips Research Reports v 12 n 4 p 333-50
45. S.G. Eskin, W.E. Fontaine, O.W. Witzell, 1957. Strength Characteristics of Ice in Contact with various Kinds of Surfaces. Refrig. Eng. v 65 n 12 p 33-8, 52.
46. V.V. Bogorodskü, 1958. Uprugie kharakteristiki l'da. Akusticheskü Zhurnal. v 4 n 1 p. 19-23.
47. A.V.S. de Reuck, 1957. Surface Free Energy of Ice. Nature (Lond) v 179 n 4570 p 1119-20.
48. J.G.G. Kerry, 1946. Winter Temperature Cycle of St. Lawrence Water. Eng. J. v 29 n 1 p 25-34 and n 9 p 52-53.
49. P.E. Gisiger, 1947. Safeguarding Hydro Plants Against Ice Menace. Civ. Eng. (NY) v 17 n 1 p. 24-7 (til, úrd. nr. 7)
50. M.W. Laszloffy, 1948. Régime des glaces des rivières. Houille Blanche v 3 n 6 p 469-91. (til, úrd. nr. 10)
51. F.L. Cassel, 1950. Snow and Ice Mechanics. Civ. Eng. (Lond) v 45 n 533 p 715-7.
52. V.J. Schaefer, 1950. Formation of Frazil and Anchor Ice in Cold Water. Am Geophysical Union - Trans v 31 n 6 p. 885-93 og 1952 v 33 n 1 p. 127-8 (til, úrd. nr. 2)
53. K.J. Graubois, 1953. Combatting Frazil Ice in Hydroelectric Stations. Am Inst. Elec Engro - Trans v 72 pt 3 (Power Apparatus & systems) n 5 p 11-6

54. P.J. Bier, 1954. Ice Prevention at Hydrolic Structures.
Water Power v 6 n 4 p. 136-41 (til, úrd. nr. 5)
55. Study of Ice on Inland Lake. U.S. Corps Engrs - Snow, Ice & Permafrost - Research Establishment - Sipre Report n 5 Pt I; 78 bls.
56. P.J. Wemelsfelder, 1940. De inloed van het ijs op de waterstanden de groote rivieren. Ingenieur v. 55 n 7 p A 57-9.
57. T.G. Owen, 1941. Ice Prevention by Air-Lift system at Grand Coulee. Am Soc Mech Engrs - Trans v 64 n 3 p 201-208.
58. De-Icing System Proves Successful at St. Lawrence River Dock. Roads and Eng Construction v 94 n 5 May 1955. p 120-149.

Annars staðar frá eru fengnir eftirfarandi titlar:

59. J.E. Cousineau, 1959. Ice Problems in Hydro - electric Development. The Engineering Jornal, Montoreal v 42 n 3 p. 50. (til, úrd. nr. 11)
60. S. Fremling, 1958. Nomenklatur för is i sjöar och älvar S.M. H.I. Stockholm. (til)
61. K. Achermann, 1959. Betriebliche Vorkommnisse und Erfahrung beim Eisgang vom Februar 1956 auf Aare und Rhein. Wasser und Energiewirtschaft n 3 (til, úrd. nr. 4)
62. S.M.H.I. Protokoll från undersökning den 21/2-4/3 av isförhållanden. (til)
63. R. Melin, Undersökningar vid S.M.H.I. över vattendragens isförhållanden. (til, úrd. nr. 6)
64. M Falkenmark, 1958. Studier av isrörelser i en korttidsreglerad sjö. Nordiska hydrologkonferensen i Oslo. (til)
65. Kanavins, 1951. Undervannis i Vassdragerne. Tekn. Ukeblad nr. 44 (úrd. nr. 8)
66. Gunnar Nybrant, 1945. Bidrag till teorin för isbildning i älver. Stockholm. (til, úrd. nr. 3)
67. I. Kristensen, 1905. Isdannelse i vora Vassdrag (til, úrd. nr. 1)
68. E. Kanavins, 1951. Kunstig issperrning i älvlöp. Tekn. Ukeblad 98 n 44 p 881-90 (úrd. nr. 9)

69. G.H. Corrigan, 1957. De - Icing American waterways.
Rivers & Harbours. XVII n 12 p 16-19.
70. L.D. Williams, 1957. Hydro Station Self-clearing Racks Tune
up to Clear Inntakes. Power v 101 n 5 p 130-131.
71. Barnes, H.T. 1926. Ice Engineering, 364 bls. Montreal.
72. Smith - Johannsen, 1948. Some Experiments on the freezing
of water. Science, v 108, p 652-54
73. Strauch, T. 1956. Das Eisprobleme bei Wasserkraftwerken.
Die Wasserwirtschaft v 46 n 4 p 90 & n 5 p. 127.
74. Lüscher G., 1906. Die Entsteckung des Grundeises.
Diss Univ Zurich.
75. Altberg, W.J., 1924. Ann d Hydr. L II
76. " 1936. Flusseis und Winterregime. V Hydrologische
Konferenz der Baltischen Staaten. Bericht 7 D Helsingfors.
77. " 1938. Twenty years of work in the domain of underwater
ice formation 1915-35.
Ass Int d'Hydrologie Scientifique. Bull Nr. 23 Riga
78. Böck, H. 1957. Neue Wege der Eisbekämpfung bei Staukraftwerken.
Österreichische Wasserwirtschaft v 9 n 5-6 p 123.
79. Härry, A. 1930. Die Eisverhältnisse bei den Kraftwerken
an Aare und Rhein von Bielersee abwärts bis Basel in
Februar-März 1929. Schweiz Wasser- und Energiewirtschaft
v 22 h 9,10, 11 og 12
80. Devik, O. 1932. Thermische und dynmische Bedingungen der
Eisbildung in Wasserläufen auf Norvegische Verhältnisse
angewandt. Geofysiske Publickationer IX, Oslo.
81. " 1933. Über die Eisbildung eines Wasserlaufes und Ihren
Einfluss auf das Längdenprofil. Deutsche Wasserwirtschaft
seite 201-5 og 223-9, Berlin.
82. Nybrant, G. 1943. Bildning av bottenis och sörpa i ett rinnande
vattendrag. Tekn. T h 4 Norrköbing.
83. " Vattentemperaturmätting i älvar. Tekn. skrifter nr. 132.
Stockholm
84. Benedicks, C. 1911. Om "issörpning ur fysikalisk synpunkt"
Stockholm