

R A F O R K U M Á L A S T J Ó R I

Orkudeild

V A T N A F R Æ Ð I S O G S I N S I

Nokkrar undirbúningsathuganir að rann-  
sóknnum á aðrennslissvæði Sogsins

eftir

Guttorm Sigbjarnarson

R A F O R K U M Á L A S T J Ó R I

Orkudeild

V A T N A F R Æ Ð I S O G S I N S I

Nokkrar undirbúningsathuganir að rann-  
sóknnum á aðrennslissvæði Sogsins

eftir

Guttorm Sigbjarnarson

Reykjavík, marz 1966

## E F N I S Y F I R L I T

Efnisyfirlit .....	bls.	1
Inngangur .....	"	2
Útdráttur .....	"	3
Jarðfræði Þingvallasvæðis .....	"	4
Rennsli Sogsins og vatnsborð Þingvallavatns .....	"	6
Grunnvatnsleit .....	"	8
Hugmyndir um grunnvatnið .....	"	10
Mælingar og uppsetning á vatnshæðarmælum .....	"	11
Áframhaldandi rannsóknir .....	"	13

Viðbætur

Bréf Steingríms Jónssonar til Raforkumálastjóra ...	"	16
Kostnaðaráætlun .....	"	17
Fallmælingar á Þingvöllum .....	"	I-IV

Myndir

1. mynd	Misgengiskort af Þingvöllum	
2. mynd A	Úrkoma á Þingvöllum	23/9-31/12 1965
" B	Vatnsborð Þingvallavatns	" "
" C	Rennsli Sogsins	" "
" D	Miðlunaráhrif Þingvallavatns	" "
3. mynd A	Grunnvatnsborð á Þingvöllum	22/2 1966
" B	Lengdarsnið grunnvatnsborðsins	22/2 1966
4. mynd	Rannsóknarsvæðið	

INNGANGUR

Um mitt ár 1965 átti höf. þessarar skýrslu við Steingrím Jónsson, framkvæmdastjóra Sogsvirkjunar, um rannsóknir á neðanjarðarrennsli í Þingvallavatn og grunnvatn almennt á vatnasviði Sogsins, en Steingrímur hafði lengi haft hug á að fá slíka rannsókn gerða. Þar eð Sogsvirkjunin hafði ekki sjálf með höndum rannsóknir af því tagi, taldi Steingrímur heppilegra að fá rannsóknardeildir raforkumálastjóra til að annast þær og tók upp viðræður við hann um það mál. Varð niðurstaðan sú, að raforkumálastjóri tók rannsóknina að sér, og höf. réðist til starfa við hana hjá Orkudeild raforkumálastjóra. Kortlagning sprungusvæða skyldi þó fara fram undir umsjón Jóns Jónssonar jarðfræðings hjá Jarðhitadeild, sem á undanfórnum árum hefur starfað að slíkri kortlagningu á svæðum í grennd við Sogssvæðið, fyrst og fremst á Reykjanesskaga og í nágrenni Reykjavíkur. Þetta samkomulag staðfesti framkvæmdastjóri Sogsvirkjunarinnar með bréfi til raforkumálastjóra dags. 23. ágúst 1965. Fylgir ljósrit af því bréfi með skýrslu þessari (bls. 16).

Höf. hófst handa um rannsókn þessa í kringum 20. ágúst og starfaði að henni að mestu fram að áramótum, en hefur auk þess farið einstakar ferðir síðar.

Rannsókn þessi var þegar í upphafi miðuð við það meginmarkmið að kanna, að hve miklu leyti unnt væri að segja fyrir um rennslið í Þingvallavatn út frá mælingum á úrkomu á svæðið og athugunum á stöðu grunnvatnsins. Þetta markmið var valið sökum þess að ætla má, að það geti haft mikla hagnýta þýðingu fyrir rekstur Sogstöðvanna og ræunar raforkukerfisins á Suðvesturlandi í heild, ef slíkar rennslisspár vikur eða jafnvel mánuði fram í tímann reyndust gerlegar. Á þetta ekki hvað sízt við eftir að rennslisvirkjun við Búrfell fer að starfa með miðlunarstöðvunum við Sog. Einmitt sú staðreynd að meginhlutinn af aðrennslinu til Sogsins fer fram neðanjarðar, gefur ástæðu til að ætla að segja megi fyrir um rennslið með nokkrum fyrirvara. Skiptir mestu til að ná þessu markmiði, að þekkja grunnvatnið á Sogssvæðinu sem bezt, en að því beinist rannsókn þessi, sem fyrr segir.

Þar sem rannsóknir þessar eru þær fyrstu í sinni röð hér á landi, þá liggja ekki fyrir neinar ákveðnar starfsaðferðir, heldur reynist óhjákvæmilegt að byggja þær upp frá grunni, þrátt fyrir að ýmislegt hafi þegar verið gert í þessum málum. Í heild má skipta slíkum rannsóknarverkefnum í tvo meginþætti. Í fyrsta lagi eru það útirannsóknir, þ.e. ítarleg könnun á vatnasviði Sogsins með sérstöku tilliti til berggrunns, sprungukerfa og annarra þeirra jarðfræðilegu þátta, sem áhrif hafa á grunnvatnsrennslið, ásamt mælingum á hæð og rennsli grunnvatnsins á ýmsum stöðum. Í öðru lagi "statitiskir" útreikningar á aðrennslinu frá þekktum forsendum, svo sem rennsli Sogsins, vatnshæð í Þingvallavatni, úrkomumælingum og svo síðar frá vatnshæðar og rennslismælingum á grunnvatninu. Aðeins nokkrir þættir rannsóknanna hafa verið teknir til athugunar enn sem komið er, og þá meira af þeim fyrrnefndu.

Í skýrslu þessari verður gerð grein fyrir þeim niðurstöðum, sem fengizt hafa af rannsókninni til þessa, og jafnframt gerðar tillögur um áframhald hennar, ásamt kostnaðaráætlun fyrir yfirstandandi ár (bls. 17).

### ÚTDRÁTTUR

Nokkur hluti vatnasviðsins (4. mynd) hefur verið kannaður í leit að grunnvatni og til undirbúnings kortlagningar á sprungusvæðum og berggrunni. Vatn er nokkuð víða að finna á þessu svæði, en varla mun þar um raunverulegt grunnvatnsborð að ræða, nema þar sem vatnsrennsli er í gjám, en það hefur ekki fundizt nema tiltölulega skammt frá Þingvallavatni (hámark um 4 km). Annars staðar virðist vatnið vera háð sífrera í gjám eða þéttum hraunlögum. Þó er líklegt að grunnvatnsborðið liggji víða á 10-30 m dýpi. A.m.k. 60-70% af grunnvatnsaðstreyminu kemur fram við norðaustur enda Þingvallavatns. Margt bendir til, að sprungusvæðin flytji mest af því vatni, þar sem aðaluppsprettarnar er að finna við gjárendana á Þingvöllum og við Vellankötlu, sem liggur einnig í gjá.

Vatnshæðarmælingar eru hafnar í gjánum á Þingvöllum. Kemur þar fram nokkur sveifla á grunnvatnsborðinu og er hún að nokkru óháð vatnsborði Þingvallavatns. Ólíklegt má teljast, að unnt sé að mæla sveiflur á grunnvatnsborðinu lengra frá vatninu, nema boranir komi til. Útreikningar, sem gerðir voru á grunnvatnsaðstreyminu í Þingvallavatni fyrir síðasta ársfjórðung s.l. árs, sýna að mjög verulegar sveiflur eru á því (2. mynd).

Tilsvarandi sveiflur eru vafalítið á grunnvatnsborðinu.

Allgóðar horfur virðast á því, að unnt sé að einangra þátt grunnvatnsaðstreymisins og hvaðan það kemur með því að beita jöfnum höndum mælingum á grunnvatninu og staðtölulegum útreikningum. Þegar því er náð er útlit fyrir, að unnt sé að segja fyrir um innstreymið með nokkrum fyrirvara í samræmi við breytingar á grunnvatnsborðinu. Það er því mikils vert að geta mælt þær sveiflur í aðalinnstreymisæðunum í verulegri fjarlægð frá vatninu.

Viðvíkjandi áframhaldandi rannsóknum er því m.a. lagt til, að síritandi vatnshæðarmælir verði settur upp við norðaustur enda Þingvallavatns, að mælikvarðar og síritandi vatnshæðarmælir verði settir upp í rennslisgjám, að boraðar verði 5-8 holur til að mæla þar grunnvatnssveiflur, að vikulega verði lesið af grunnvatnshæðarmælum, að gert verði sprungu- og berggrunnskort af vatnasvæðinu, að gerðar verði kerfisbundnar ísótópamælingar á aðrennslisvatninu og reiknað verði út aðstreymið í Þingvallavatn.

Heildarkostnaður við slíka rannsókn mundi verða 3-3,5 milj. króna, en þar sem áframhaldandi rannsóknir verða að byggjast að verulegu leyti á fenginni reynslu á hverjum tíma, verður hér aðeins lögð fram kostnaðaráætlun fyrir yfirstandandi ár (bls. 17). Áætlaður kostnaður á þessu ári er um 1 milj. kr. en afgangurinn af heildarkostnaðinum mun dreifast á 3-4 n.k. ár.

#### JARÐFRÆÐI ÞINGVALLASVÆÐISINS

Allmargt hefur verið ritað um jarðfræði Þingvallasvæðisins, þó að engin heildarrannsókn hafi verið gerð á því, heldur er þarna um dreifðar rannsóknir að ræða, og flestar með allt öðru markmiði, heldur en hér að framan greinir.

Sá sem mest hefur rannsakað berggrunn Þingvallasvæðisins er Tómas Tryggvason, jarðfræðingur (Tómas Tryggvason 1943, 1949, 1954 og 1955). Fyrst og fremst hefur hann rannsakað berggrunninn við Sogið og svo útbreiðslu og bergfræðilega samsetningu Þingvallahrauna. Frá því að Tómas kortlagði útbreiðslu Þingvallahrauna árið 1943 hafa allar aðstæður til slíkra hluta breytt með tilkomu loftmynda og fleiri nýjunga, svo að æskilegt er að það verði gert að nýju, enda munu vera þó nokkrar skekkjur á korti hans.

Um myndun Þingvallavatns hafa ýmsir ritað. Má þar nefna meðal annarra, auk Tómasar, þá Bjarna Sæmundsson, náttúrufræðing (1903-04) og Pálma Hannesson, rektor (1934). Kristján Sæmundsson/skrifaði

ítarlega grein um myndunarsögu Þingvallavatns í Náttúrufræðinginn 1965. Kristján hefur aðallega rannsakað berggrunn og misgengi (tectonic) í Grafningi og við sunnanvert Þingvallavatn og er meira frá honum að vænta um þau atriði áður en langt um líður. Ber höfundum þessum saman um, að Þingvallavatnslægðin sé a.m.k. að verulegu leyti mynduð við landsig.

Á vatnasvæði Sogsins er óvísða mikið um laus jarðefni að ræða. Berggrunnurinn er víða hraun, en einnig er bæði móberg og grágrýti á stórum svæðum þess. Vatnsrennsli er mjög fátítt á yfirborðinu, heldur leitar vatnið niður í berggrunninn og fær framrás sem grunnvatnsrennsli. Þau lausu jarðefni, sem fyrirfinnast á yfirborðinu eru það dreifð, að þar getur varla verið um samfellt grunnvatnsrennsli að ræða, heldur mun berggrunnurinn vera það lekur að vatnið fær þar framrás. Einnig ber þess að gæta að allt svæðið er sundursprungið og misgengið, og líklegt er, að slík sprungusvæði leiði grunnvatnið sérstaklega vel (Jón Jónsson 1965).

Samkvæmt þessu, þá eru það fjórir mismunandi leiðarar, sem grunnvatnið getur fengið framrás í. Það er: I. í sprungukerfum, II. í hraunum, III. í móbergi og IV. í grágrýti. Þess ber þó að gæta, að ekki getur það talizt öruggt, að sprungur í móbergi hafi sömu vatnsleiðni og sprungur í hraunum, og einnig getur vatnsleiðni berggrunnins verið mismunandi í einni og sömu bergtegundinni. Kemur þar til bæði mismunandi aldur og myndunaraðstæður.

Nauðsynlegt er að þekkja sem best útbreiðslu þessara fjögurra megin grunnvatnsleiðara til þess að rannsaka grunnvatnsaðrennslið í Þingvallavatn. Sú þekking færst aðeins með því að kortleggja þá. Við kortlagningu þeirra er mikið hægt að styðjast við loftmyndir, en alltaf er þó nauðsynlegt að fara sem nákvæmast um allt svæðið til að sjá, hverning béri að túlka myndirnar. Slík yfirferð er mjög tímafrek, og þá sérstaklega að kanna sprungusvæðin. Er ég aðeins búinn að fara um nokkurn hluta svæðisins í því sambandi<sup>(4. mynd)</sup>. Nánar tiltekið aðeins hraunasvæðin frá útfalli Sogsins að sunnan og norður á milli Ármannsfells og Hrafnabjarga, vestur með Almannagjá og austur á Laugarvatnsvelli. Þó vantar nokkuð á, að svæði þetta geti talizt fullkannað. Áætlunin er að kortleggja berggrunn svæðisins í mælikvarðanum 1:50.000 og hef ég hafið undirbúning að því verki. Æskilegt er að velja síðan úr minni svæði og kortleggja þau í stærri mælikvarða, þá sérstaklega sprungusvæði, þar sem grunnvatnið er aðgengilegt. Hef ég í því tilliti þegar kortlagt Þingvellina sjálfa að Ármannsfelli (1. mynd) í mælikvarðanum 1:10.000, þar sem sýndar eru sprungur og misgengi á því svæði. Sýnir það ljóslega, hve sprungukerfin geta verið flókin og margþætt, þó að vafalítið vanti þar einhverjar sprungur inn á.

## RENNSLI SOGSINS OG VATNSBORÐ ÞINGVALLAVATNS

Steingrímur Jónsson, rafmagnsstjóri, hefur manna bezt kannað rennsli Sogsins og ritað um þau mál (Steingr. Jónsson 1938, 1944, 1954 og 1955). Einnig er vert að minnast greinar Sigurðar Ólafssonar, verkfr., þar sem hann ber saman rennslismælingar í Soginu fyrir og eftir byggingu Ljósafoss-stíflunnar (Sig. Ólafss. 1944). Mjög góðar skýrslur eru til um rennsli Sogsins við Ljósafoss s.l. 28 ár eða frá byggingu orkuversins.

Fram til ársins 1956 reyndist meðalrennsli Sogsins  $113,2 \text{ m}^3/\text{sek}$ , hámarksrennsli reyndist  $174 \text{ m}^3/\text{sek}$  en lágmarksrennsli  $78 \text{ m}^3/\text{sek}$  (S.Rist 1956), en þar í eru innifalin vatnsmiðlunaráhrif Ljósafossstíflunnar á vatnsborð Úlfljótsvatns, en Sogið rann allan þann tíma óhindrað úr Þingvallavatni. Frá því að Steingrímsstöð tók til starfa undir árslok 1959, hefur allt rennsli Sogsins verið undir stjórn, svo að sambærilegar tölur er ekki að fá eftir þann tíma. Síritandi vatnshæðarmælir var þá settur upp við Þingvallavatn rétt við útfallið, en fyrir þann tíma hafði yfirborð vatnsins verið mælt vikulega með kvarða frá því seint á árinu 1937

Mjög þýðingarmikið er að þekkja vel miðlunaráhrif Þingvallavatns til þess að rannsaka grunnvatnsaðstreymið, en þau verða varla fundin út frá þeim forsendum, sem nú liggja fyrir hendi. Fram til ársins 1960 eru mælingar á vatnsborðinu of strjálar og ónákvæmar, til þess að þær séu nothæfar. Eftir 1960 er mögulegt að reikna út grunnvatnsaðstreymið út frá rennsli Sogsins og vatnshæð í Þingvallavatni, en sá annmarki er á, að einn vatnshæðarmælir er ekki nægilegur til að segja til um raunverulega vatnshæð í jafnstóru vatni og Þingvallavatn er, því að vindar, flóð og fjara (seiches) geta haft áhrif á vatnsyfirborðið. Það er því nauðsynlegt að hafa a.m.k. tvo vatnshæðarmæla við það, sinn við hvorn enda þess, til þess að unnt sé að skilgreina raunverulegt vatnsyfirborð.

Þrátt fyrir þessa annmarka viðvíkjandi vatnsyfirborðinu, þá reiknaði ég út aðrennslið í þrjá síðustu mánuði s.l. árs út frá rennsli Sogsins við Ljósafoss og vatnshæðarmælingum í Þingvallavatni. Niðurstöðurnar af þessum reikningum eru sýndar á 2. mynd.



Tímabilinu var skipt niður í fjögurra daga tímabil og meðalrennslið reiknað fyrir hverja fjóra daga, þrátt fyrir það reyndist aðrennslið (Qa) fara bæði upp fyrir áðurnefnt hámarksrennsli Sogsins (upp í  $190,7 \text{ m}^3/\text{sek}$ ) og niður fyrir lágmarksrennsli (niður í  $75,7 \text{ m}^3/\text{sek}$ ) á skemmri tíma en þrem mánuðum. Úrkoma á Þingvöllum fyrir þennan tíma er sýnd á mynd 2A, en breytingar á hæð á vatnsborði Þingvallavatns á mynd 2B. Mynd 2C sýnir svo rennsli Sogsins við Ljósafoss (Qf), aðrennslið að Ljósafossi (Qa), þar sem ekki er tekið tillit til vatnsmiðlunaráhrifa Þingvallavatns og Úlfljótsvatns, og svo að lokum aðrennslið í Þingvallavatni (Qg). Til grundvallar á útreikningi á Qg var notuð sú regla, að úrkoma sú, er fellur á vatnsborðið og næsta nágrennið reiknuð út frá úrkomu á Þingvöllum, var dregin frá rennsli Sogsins (Qa). Reiknaði ég með, að það svæði væri  $100 \text{ km}^2$ , en sú tala er sennilega of lág, þar sem flatarmál Þingvallavatns er  $83,7 \text{ km}^2$  og Úlfljótsvatns  $3 \text{ km}^2$ . Aftur á móti er vatnasvið Úlfljótsvatns  $23 \text{ km}^2$ , svo að réttara hefði sennilega verið að reikna með  $110\text{-}120 \text{ km}^2$ , þar sem verulegur hluti þeirrar úrkomu, sem fellur á vatnasvið Úlfljótsvatns og sums staðar umhverfis Þingvallavatn, fær nær samtundis framrás. Mynd 2D sýnir svo að lokum breytingar á vatnsforða Þingvallavatns á þessum tíma.

Þessi athugun (2. mynd) nær yfir of stutt tímabil, til þess að hægt sé að draga af því nokkrar almennar ályktanir, en hún sýnir ljóslega að verulegar sveiflur geta orðið á grunnvatnsaðstreymi. Áhrifin af haustrigningunum í okt. koma mjög ótvírætt fram. Einnig koma greinilega fram áhrifin af rigningunum í byrjuðum nóvember og um miðjan desember, en þá kom einnig snjóbráðnun til greina, þar sem fól var á jörðinni, en hitinn komst þá upp í  $7,2^\circ\text{C}$ . á Þingvöllum. Aftur á móti koma fram aðrar minni sveiflur á aðstreyminu, sem ekki verða skýrðar út frá úrkomunni. Á því geta verið tvær skýringar: Í fyrsta lagi geta verið sveiflur í grunnvatnsaðstreyminu og í öðru lagi geta ónákvæmni á mælingum á vatnsborði Þingvallavatns, eins og áður var að vikið, valdið einhverju þar um. Ef litið er á aðstreymið (Qg) í Þingvallavatni, þá vekur það strax athygli, hve skjótt það vex og minnkar aftur við hverja aðstreymisbylgju. Til dæmis minnkar aðrennslið úr  $96,2 \text{ m}^3/\text{sek}$  niður í  $75,7 \text{ m}^3/\text{sek}$  eða um  $20,5 \text{ m}^3/\text{sek}$  síðustu 12 daga desembermánaðar.

Samkvæmt lauslegum útreikningum, þá hefur bein rennslisaukning vegna haustrigninganna í okt.-nóv. verið um 145 G1 á tímabilinu 9/10-17/11. Frá 8/10-11/11 er úrkoman á Þingvöllum 464,5 mm, svo að rennslisaukningin samsvarar úrkomu á 30% af vatnasviði Sogsins. Í þessum útreikningi er ekki tekið tillit til, að grunnvatnsaðstreymið hefði minnkað á þessum tíma, ef engin úrkoma hefði verið. Það má því reikna með því, a.m.k. 30-40% af þeirri rigningu, sem fellur á vatnasvæði Sogsins, hafi skilað sér í Þingvallavatn innan einnar viku frá því hún féll á jörðina.

### GRUNNVATNSLEIT

Mæri hluti þess tíma, sem verið var til útirannsóknna, var notaður til þess að leita að, hvort grunnvatnið komi ekki í ljós í lögðum í hrauninu eða í gjám og sprungum. Hef ég skráða yfir 50 staði, þar sem fundizt hefur vatn á því svæði, sem farið var um, en þar eru ekki meðtaldir þeir staðir, sem liggja það nálægt Þingvallavatni, að beinna áhrifa gæti frá því á vatnshæðina, eða þær óteljandi gjár og sprungur með vatni, sem er að finna á Þingvöllum. Eðli sínu samkvæmt má skipta þessum stöðum í 4 flokka:

1. Vatn í gjám og sprungum með greinanlegu rennsli. Þar er tvímælalaust um grunnvatnsborðið að ræða, og slíkir staðir eru einnig ákjósanlegir mælistaðir, þar sem þarna er um lindavatn að ræða, sem trauðla frýs. En slíka staði hefur aðeins tekizt að finna á Þingvöllum norður fyrir Leiru (sjá 1. mynd), suður af Arnarfelli og um 1,5 km NA af útfalli Sogsins.
2. Lindir. Þar sem þær er að finna, þá gefa þær tvímælalaust til kynna grunnvatnsborðið á þeim stað. En þær finnast aðeins við vatnsborð Þingvallavatns, svo sem í Vellankötlum, Silfru, hjá Skálabrekku og víðar, í farvegi Sogsins við Dráttarhlíð, hjá Kaldárhöfða og austur á Laugarvatnsvöllum. Vatnið frá þeim síðastnefndu rennur til vesturs og hverfur við jaðar Þingvallahrauna, svo að líklegt er, að það falli til Þingvallavatns.
3. Kyrrstætt vatn í gjám og sprungum. Það er alkunnugt, að í djúpum, þröngum sprungum bráðnar vetrarsnjórinn ekki allt sumarið. Kemur það til af því, að áhrifa vinds og sólar gætir

aðeins tiltölulega skammt niður, en kalda, þunga loftið liggur kyrrt á sprungubotninum. Í september s.l. lá snjórinn víðast 10-20 m frá yfirborði. Snjórinn var grófkristallaður (ca. 3-5 mm í þvermál) en víðast laus í sér. Við leit að vatni, rakst ég allvíða á það fyrirbæri að kyrrstætt vatn var í sprungunum, en við nánari athugun kom það í ljós, að vatn þetta lá á ís og krapí. Dýpið á slíku vatni var frá fáeinum cm og upp í rúman metra, en þykkt íssins, sem undir lá, var ekki hægt að kanna. Hvort þarna er um eiginlegt grunnvatn að ræða, er erfitt að segja til um. Athugaði ég nokkra af þessum stöðum eftir rigningarnar í október. Í flestum tilfellum hafði engin breyting orðið á vatnsstöðunni, svo að ólíklegt er, að þarna sé um eiginlegt grunnvatn að ræða. Einnig athugaði ég þá eftir að jörð tók að frjósa og þá hafði vatn þetta frosið, svo að svellbólstur var þá aðeins í sprungubotninum. Það er því ólíklegt, að þarna sé eiginlegt grunnvatnsborð, heldur finnst mér sú skýring líklegri, að þarna sé aðeins um hámarksgrunnvatnsborð að ræða. Þess vegna eigi sér stað ísmyndun þarna. Síðan hafi með margra ára þróun myndast jafnvel margra metra þykkur ísfleygur í sprungurnar, svo að leysingarvatnið komist ekki þar niður, en verði í þess stað að finna sér leið í gegnum hraunið. Einnig er það hugsanlegt, að grunnvatnið standi hærra í hrauninum heldur en í sprungunum, og vatnið ofan á ísnum sýni þó grunnvatnsstöðuna í hrauninu umhverfis.

Á nokkrum stöðum var að finna grunnt ( $\approx 1/2$  m) kyrrstætt vatn, sem lá á grjóti í sprungubotni, t.d. í Hlíðargjá norðvestur af Hrafnabjörgum. Við athugun á þeim stöðum, eftir að jörð var frosin, kom það í ljós, að vatn þetta annað hvort botnfraus á skömmum tíma eða lækkaði svo við áhrif frostsins, að það hvarf í grjótið.

4. Tjarnir og brunnar í hraunlægðum er að finna á nokkrum stöðum í Þingvallahraunum. Sumar þeirra þorna upp í þurrkaköflum en aðrar virðast aldrei þorna. T.d. var vatn í mörgum þeirra í september s.l., þó að sumarið hefði verið mjög þurrt. Slíkar tjarnir er t.d. að finna austur af Mjóafelli innra í um 300 m y.s., nyrzt í Þjófahrauni um 500 m y.s., SA af Hrafnabjörgum í allt að 450 m y.s., brunnar hjá Hrauntúni og fleiri eyðibýlum og svo Sandkluftavatn ásamt fleiri stöðum.

Á öllum þessum stöðum að Sandkluftavatni undanskildu virðist vatnsborðið frekar litlum breytingum háð, enda er þar ekki um neitt yfirborðsrennsli að ræða. Hvort tjarnir þessar sýna raunverulegt grunnvatnsborð, er mjög vafasamt. Samkvæmt reynslu frá Þjórsárhraunum og víðar, þá getur í hraununum komið fram falskt grunnvatnsborð, þannig að í eða ofan á hrauninu er vatnspétt lag. Grunnvatnið fylgir þessu lagi, en sé rofið gat á það, rennur vatnið þar niður. Svipaða reynslu fékk síðasti bóndinn í Skógarkoti austan Þingvalla, þegar hann ætlaði að dýpka brunninn þar, þá hvarf vatnið úr honum í stað þess að aukast. Í botni þessara tjarna er yfirleitt þykkt lag af áfoki, sem hefur litla vatnsleiðni, svo að vatnsborðsbreytingar eru þar af leiðandi mjög hægar, og sýna varla raunverulegar grunnvatnssveiflur, þó að þar væri um eiginlegt grunnvatn að ræða.

#### HUGMYNDIR UM GRUNNVATNIÐ

Þrátt fyrir þessa annmarka á flestum þeim stöðum, þar sem vatn er að finna, þá er það trúlegt, að þeir gefi vissar upplýsingar um legu grunnvatnsins a.m.k. hámarkshæð þess, þó að ekki verði af þeim ráðið, hve miklum sveiflum grunnvatnsborðið tekur. Ef ísmyndun í gjám og sprungum sýnir hámarkshæð grunnvatnsins, eins og hér hefur verið gert ráð fyrir, þá liggur hann víðast á 10-20 m dýpi frá yfirborði hraunsins. Einnig ef tjarnir og brunnar í hrauninu sækja vatnið til grunnvatnsins á hærra liggjandi stöðum, þá er lega nokkura þeirra slík, að grunnvatnsborðið getur varla legið langt frá yfirborðinu. Að þessu athuguðu virðist mér líklegt, að grunnvatnsborðið liggji víðast á 10-30 m dýpi í þessum hluta Þingvallahrauna.

Rúmlega 50% af vatnasvæði Þingvallavatns liggur ofan Ármannsfells og Hrafnabjarga, svo að a.m.k. 60% - 70% af grunnvatnsaðstreyminu í Þingvallavatn hlýtur að koma frá norðri og norðaustri. Mjög miklar uppsprettur eru við Vellankötlu og við gjár-endana neðan við Þingvelli. Líklegt er því, að meginhluti aðstreymsins komi fram eftir þeim tveim sprungukerfum, sem liggja upp frá þeim stöðum, þ.e. Almannagjár- og Hrafnagjár-sprungusvæðin. Það er því æskilegt að beina rannsóknunum sem mest að þeim.

## MÆLINGAR OG UPPSETNING Á VATNSHÆÐARMÆLUM

Enn sem komið er hefur mér ekki tekizt að finna tryggja mælistaði fyrir grunnvatnsaðrennsli að Vellankötlu, aftur á móti er víða vatnsrennsli í gjám og sprungum norður af Þingvöllum, sem samkvæmt lauslegum athugunum sýna allt að 60-80 cm sveiflur á grunnvatnsborði. Að öllum þessum aðstæðum athuguðum og þeim annmörkum, sem lýst er hér að framan, á gildi framangreindra staða, þar sem vatn er að finna, þá áleit ég ekki tímabært að hefja dýrar vatnshæðarmælingar á öðrum stöðum en í gjám með rennsli, a.m.k. ekki fyrr en nánari athugun hefði farið fram. Þar sem líklegt má teljast, að verulegur hluti af grunnvatnsaðstreyminu komi fram um gjárnar á Þingvöllum, þá var að svo komnu máli þýðingarmest að hefja þar mælingar á breytingum á grunnvatnsaðstreymi. Í því skyni voru valdir 8 mælistaðir (1. og 3. mynd) Landmælingadeild raforkumála-skrifstofunnar annaðist hæðarmælingu þeirra og uppsetningu á fastmerkjum. 22. febrúar 1966 var svo fyrsta vatnshæðarmæling tekin í gjánum. Niðurstöður þeirra mælinga eru svo færðar inn á 3. mynd. Reynt er þar einnig að draga 10 cm jafnhæðarlínur fyrir grunnvatnsborðið. Það verður þó að taka það fram, að þar er um mjög lauslega áætlun að ræða, því að mælistaðirnir eru of fáir til þess að unnt sé að draga slíkar jafnhæðarlínur með nokkurri nákvæmni. Heldur er þetta aðeins tilraun til að gera sér grein fyrir legu grunnvatnsborðsins. Efsti mælistaðurinn er rúma 4 km frá Þingvallavatni, en hæðarmismunur á grunnvatnsborðinu reyndist aðeins 1,53 m, svo að það hækkar mjög hægt frá vatninu. Lengdar-sniðið af grunnvatnsborðinu (3. mynd) sýnir auk þess um 40 cm hækkun á grunnvatnsborðinu rétt við Þingvallavatn. Kemur það að líkindum til af því, að vatnsborðið í Þingvallavatni hefur lækkað mjög ört dagana á undan, allt að 3 cm á dag, þó að þar geti einnig komið til þrengri framrás fyrir vatnið. Þessi litli halli á grunnvatnsborðinu gefur til kynna að grunnvatnið hafi mjög greiða framrás um gjárnar á Þingvöllum.

27. febrúar var svo framkvæmd önnur mæling á grunnvatnshæðinni í gjánum. Niðurstöðurnar af þeim mælingum ásamt þeim fyrri eru þessar:

1966	Þingv.vatn m.y.h.	VG29 m.y.h.	VG17 m.y.h.	VG32 m.y.h.	VG27 m.y.h.
22. febr.	100,12	100,50	100,61	100,63	100,63
27. febr.	100,07	100,44	100,54	EKKI m.	EKKI m.

1966	VG25 m.y.h.	VG8 m.y.h.	VG9 m.y.h.	VG10 m.y.h.
22. febr.	100,75	101,31	101,36	101,65
27. febr.	100,67	101,22	EKKI m.	101,56

Á þessum 5 dögum hefur vatnsborðið lækkað að meðaltali á 5 mælistöðum um 7,8 cm, svo það bendir til, að unnt sé að fylgjast með grunnvatnssveiflunum á þennan hátt. Einnig er það athyglisvert, að lökkunin er því meiri, sem fjær dregur vatninu. Það gefur ótvírætt til kynna, að lökkun grunnvatnsborðsins er að nokkru eða mestu óháð vatnsborðsbreytingum í Þingvallavatni. Mjög varlegt er að draga nokkrar ályktanir af ekki fleiri mælingum. Þó getur verið, að meiri lökkun á grunnvatnsborðinu eftir því, sem fjær dregur vatninu, gefi vísbendingu um ennþá minnkandi aðrennsli.

Þær hæðartölur, sem upp eru gefnar, eru mældar út frá fastmerki Landmælinga Íslands, en svo sem kunnugt er, þá ber þeim ekki saman við mælingar Sogsvirkjunarinnar, þannig að L.Í. telja vatnsborð Þingvallavatns 1,87 m lægri en mælingar Sogsvirkjunarinnar.

22. febrúar er vatnshæð Þingvallavatns fengin frá síritaranum við Steingrímsstöð, en 27. febrúar við fallmælingu frá FM6550, svo að óvíst er, hvort þær tölur eru sambærilegar.

Við þær vatnshæðarmælingar, sem gerðar hafa verið, hafa verið notaðar fallmælingar frá fastmerkjum og boltum festum í gjárveggi, en áformað er að setja upp kvarða á 2-3 mælistöðum og síritara við VG10 til að auðvelda mælingarnar. Einnig er áformað að setja upp síritandi vatnshæðarmæli við norðurenda Þingvallavatns. Verður þetta væntanlega gert á n.k. mánuðum.

Reynslan veður síðan að skera úr um, hvort þetta eru nægilega margir eða rétt valdir mælistaðir, til að þeir gefi áreiðanlega mynd af grunnvatnsaðstreyminu þarna.

## ÁFRAMHALDANDI RANNSÓKNIR

Á grundvelli framanskráðra athugana, þá mun ég leggja hér fram nokkrar tillögur um áframhald þessara rannsókna.

1. Allt hugsanlegt vatnasvið Sogsins verði kannað, og berggrunnur og sprungukerfi verði kortlögð í mælikvarðanum 1:50.000, en þýðingarmikil rannsóknarsvæði í stærri mælikvarða, eins og gert hefur verið með Þingvelli. Þetta er umfangsmikið verk, svo að reikna má með, að því verði varla lokið á skemmri tíma en tveim árum samhliða öðrum þáttum rannsókna.
2. Samhliða jarðfræðirannsókninni á svæðinu verði kannaðir allir þeir staðir, þar sem vatn er að finna, og grunnvatnsborðið kortlagt eftir því, sem tók eru á. Gerðar verði nauðsynlegar hæðarmælingar þar að lútandi.
3. Boraðar verði n.k. sumar 5-8 borholur til að mæla þar grunnvatnshæð, meðan á rannsókn stendur. Borholur þessar verði staðsettar á eða við sprungukerfin NA af Þingvallavatni og upp að Skjaldbreið. Hvað nánari staðsetningu á þeim viðvíkur, þá væri æskilegt að rannsaka nánar nokkurn hluta þess svæðis, áður en fullnaðarákvörðun er tekin. En samkvæmt þeim athugunum, sem þegar hafa verið gerðar, þá væri æskileg staðsetning þeirra í grófum dráttum á þessaleið:
  - a) 1 hola í Bolabás. Hún væri til útvíkkunar á því mælikerfi, sem nú er byrjað á.
  - b) 3-4 holur í lögðinni á milli Ármannsfells og Hrafnabjarga. Þar af eina í móbergið við Hofmannafliot, en 2-3 í hrauninu austur af. Þær síðarnefndu til að fylgjast með grunnvatnsrennslinu umlögðina, en sú fyrstnefnda til að fá samanburð á grunnvatnsstöðunni í móberginu.
  - c) 2-3 holur norður og norðaustur af Lágafelli og Gatfelli til þess að fylgjast með grunnvatnsstöðunni þar og fá jafnframt úr því skorið, hvort vatnasviðið vestan Skjaldbreiðar fær afrás um Sandkluftavatn og þaðan gegnum sprungukerfin í Ármannsfelli og á Þingvöllum, eða hvort það fær framrás gegnum hraunin norðaustan Lágafells og síðan eftir hraunum og sprungum suður eftir lögðinni á milli Ármannsfells og Hrafnabjarga.

- d) Brunnur verði grafinn við Sandkluftavatn, svo að unnt sé að mæla vatnsborðsbreytingar þess.
5. Lekaprófanir verði gerðar á borholum til að kanna vatnsleiðni berggrunnsins.
  6. Rennslismælingar verði gerðar á yfirborðsaðrennsli til að einangra þátt grunnvatnsaðrennslisins og þá fyrst og fremst í Öxará, sem hefur allmikil dragáreinkenni, og flytur því misjafnlega mikið vatn. Það væri því æskilegt að hafa vatns-hæðarmælikvarða við hana.
  7. Mælingar á geislavirkum "Ísótópum". Samkvæmt upplýsingum Braga Árnasonar, efnafræðings, og Páls Theódórssonar, eðlisfræðings, við Raunvísindadeild háskólans, þá hefur eðlisfræðistofnunin fengið nokkuð við mælingar á vetnisísótópum á vatni úr Soginu og Vellankötlu. Jafnframt tjáðu þeir sig fúsa til samstarfs um áframhald slíkra mælinga í samræmi við aðrar rannsóknir. Ísótópamælingar á vetni eru fyrst og fremst tvenns konar:
    - a. Þungavatns- (Deutrium) innihald vatnsins gefur nokkuð til kynna, hvar það vatn hefur fallið, sem kemur fram í uppsprettum. Samkvæmt þungavatnsinnihaldi vatnsins í Vellankötlu hefur það vatn fallið sem úrkoma í suðvestur hluta Langjökuls (Bragi Árnason persl. uppl.)
    - b. Geislavirkt vetni (Tritium) getur aftur á móti gefið til kynna, hve langur tími hefur liðið frá því að úrkoman féll á jörðina, því að geislavirkni þess minnkar með tímanum. (Helmingunartíminn um  $12 \frac{1}{2}$  ár). Þar sem innihald geislavirks vetnis er mismunandi mikið frá einum tíma til annars, sérstaklega fyrir áhrif frá vetnissprengjum, þá þarf yfirleitt fleiri ára athuganir til að fá áreiðanlegar niðurstöður frá þeim mælingum.

Slíkar mælingar sem þessar geta gefið mjög mikilsverðar upplýsingar um aðrennsli í Þingvallavatn. Það er því æskilegt að útvíkka þær frá því sem nú er, og það á að vera hægt án verulegs aukakostnaðar, þar sem þær geta a.m.k. að nokkru leyti verið liður í öðrum rannsóknum, sem Eðlisfræðistofnun háskólans vinnur að.



8. Reynt verði að mæla rennslis hraða grunnvatnsins með öðrum tiltækilegum aðferðum, t.d. með litarefnum og notkun geisla-  
virkra ísótópa.
9. Samhliða framskráðum rannsóknum verði gerðir staðtölulegir  
útreikningar á aðrennslinu út frá niðurstöðutölum mælinganna,  
ásamt rennslis Sogsins, vatnshæð í Þingvallavatni, úrkomumæl-  
ingum á Þingvöllum og öðrum þeim úrkomumælingum, sem Veðurstofa  
Íslands hefur fallið á að gera á vatnsvæði Sogsins. Reynt  
verði eftir því sem hægt er að einangra þá þætti, sem áhrif  
hafa á grunnvatnsaðstreymið, og á hvaða stöðum innstreymið er  
mest. Reynt verði einnig að hefja undirbúning að rennslis-  
spám fyrir Sogið.

Meðan á rannsóknum stendur, geta komið fram ný vandamál, sem ekki  
er unnt að sjá fyrirfram, en æskilegt væri að rannsaka nánar.  
Einnig geta komið fram nýjungar í rannsóknaraðferðum, sem heppi-  
legt væri að taka í notkun. Það er því ráðlegt að binda ekki  
rannsóknirnar um of í ákveðinn ramma, heldur ákveða frá einum tíma  
til annars áframhald þeirra, þó að lokatakmarkið verði alltaf það  
sama.

23. ágúst '65

SJ/MS

Ég leyfi mér hér með að staðfesta samtal við verkfræðing yóar, Jakob Björnsson, þ. 19. þ.m., um aðstoð rannsóknardeildar raforkumálaskrifstofunnar við rannsóknir á grunnvatni á úrkomusvæði Sogsins og neðanjarðar aðrennsli í Þingvallavatn. Stjórn Sogsvirkjunarinnar hafði fyrir sitt leyti samþykkt að láta þessar rannsóknir fara fram og kosta þær og stjórn Landsvirkjunar hefir fallizt á, að þeim yrði fram haldið eins og fyrirhugað var. Sogsvirkjunin hefir skrifað Veðurstofunni um úrkomumælingar á vatnasvæði Sogsins um næstu 5 ár a.m.k. og hefir veðurstofan þegar undirbúið það starf sitt.

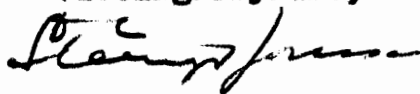
Auk þess var ætlunin að rannsaka grunnvatnsborð á þessu svæði og vatnsrennsli neðanjarðar, sem væntanlega yrðu framkvæmdar með jarðborunum að lokum, en áður en til þeirra kæmi var hugmyndin að athuga á breiðum grundvelli yfirborð svæðisins, hraunsprungur, ár og vötn o.þ.h. til að fá á þann hátt upplýsingar um, hvort bora þyrfti síðar og hvar bora ætti.

Sogsvirkjunin hefir enga rannsóknardeild sjálf í þessu skyni, en okkur er kunnugt um, að rannsóknardeild raforkumálastjórnarinnar hefir sérfræðinga, sem rannsakað hafa grunnvatnsborð ofan við Reykjavík og teljum því rétt, að þessi fyrirhugaða rannsókn sé unnin undir umsjá sömu manna, með aðstoðarmönnum þeim til handa. Einn liður í rannsókninni er beint áframhald af þeim grunnvatnsrannsóknum, með því að rekja jarðsprungur á vatnasvæði Sogsins norður og norðaustur eftir upp frá Reykjanesskaga og upp frá Þingvallavatni.

Við teljum, að rannsóknir þessar taki töluverðan tíma og geti ekki farið fram í einni lotu, heldur þurfi að gerast á ýmsum árstímum, en Sogsvirkjunin er reiðubúin að greiða kostnað þann, sem þessar rannsóknir í þágu hennar hafa í för með sér.

Virðingarfyllt,

Til raforkumálastjóra  
Jakobs Gíslasonar.



Afrit til verkfr. Jakobs Björnssonar,  
Raforkumálaskrifstofunni.

KOSTNAÐARÁÆTLUNyfir rannsókn á vatnasviði Sogsins fyrir árið 1966

Jarðboranir, 3 borholur, 40 m djúpar að meðaltali á 2500 kr. pr. bormetra		kr. 300.000,-
Uppsetning á vatnshæðarmælum		
Síritandi vhm v/Pingvallavatn	kr. 90.000,-	
"      "      v/Öxará	" 100.000,-	
"      "      í borholu	" 80.000,-	
Mælikvarðar í gjár	" 20.000,-	" 290.000,-
Vikulegar mælinga og eftirlitsferðir		
32 ferðir á 3500 kr. hver	kr. 112.000,-	
12 "      " 5300 "      "	" 63.600,-	" 175.600,-
Vinna sérfræðinga <sup>x)</sup>		
25 dagar úti á 2900 kr. hver <sup>xx)</sup>	kr. 72.500,-	
60 "      inni " 1700 "      "	" 102.000,-	" 174.500,-
Teiknivinna, 100 tímar, og aðstoðarmenn,		
100 tímar á 180 kr. tímann		36.000,-
Kort, fjölritun, loftmyndir o.þ.h.		13.900,-
		<u>Alls kr. 990.000,-</u>

x) Höf. reiknar með því að verða upptekinn við önnur viðfangsefni frá því í júní n.k. og fram undir n.k. áramót, svo að þessi starfstímaáætlun innifelur aðeins fyrri hluta yfirstandandi árs. Áætlað er að verja þeim tíma þannig, að aðrir þættir rannsóknanna geti haldið óhindrað áfram.

xx) Allur almennur skrifstofukostnaður og ferðakostnaður innifalinn.

Í nóvember og desember 1965 var sett FM6550 við Öxarárósa, og fallmælt þaðan 4 km norður eftir Þjóðvegi samsíða Almannagjá. Þá var mælt útskot úr þeirri línu um 800 metra austur eftir heimreið að Skógarkoti.

Í þessar fallmælingar voru sett 5 fastmerki, FM6551-FM6555 við væntanlega vatnshæðarmælistaði í gjám á Þingvöllum.

Hæðir nýju fastmerkjanna eru mældar og reiknaðar út frá hæð þríhyrningapunkts 3213, sem var ákveðinn með fallmælingu Landmælinga Íslands, árið 1959.

Gengið var frá vatnshæðarmælistöðum í febrúar 1966.

Hér fara á eftir lýsingar fastmerkja, vatnsmælistaða og að lokum niðurstöður fallmælingarinnar.

### Lýsing fastmerkja

- 3213 Stöðin liggur á mótis við botn Vatnskotsvíkur, um 90 m austan Þjóðvegarins, og sést frá honum. Hún er á lágrri hæð við gamlan veg frá Þingvöllum til Laugarvatns og er plata boltuð í klöpp.
- FM6550 er við norðanvert Þingvallavatn um 500-600 metra í suðvestur frá Valhöll. Merkið er á lágu nesi, sem gengur út í vatnið, þar sem það byrjar að breiða úr sér. Boltinn er í flatrí hraunklöpp, sem er um 10 metra frá vatnsborðinu.
- FM6551 er á bakka Flosagjár um 100 m norðan við beygju að brú á Peningagjá (Nikulásargjá). Bolti á hraunhól, sem er á vesturbakkagjárinnar, um 1 metra frá henni.
- FM6552 er við Flosagjá við veginn að Skógarkoti, um 50 m austan við skúr. Boltinn er á vesturbakka gjárinnar um 5 m sunnan vegar.

- FM6554 er í lágri en víðáttumikilli klöpp ca. 10 m vestan við Leirugjá. Nokkurn veginn beint á móti nýja veginum yfir Almannagjá, austan við slétta velli milli hennar og Leirugjár.
- FM6555 er efst á klettahrygg milli Þjóðvegur og Almannagjár, 5-10 m vestan gjárinnar og rúmlega 500 m norðan við þar sem vegurinn liggur yfir gjána.
- FM6553 er 10-20 m sunnan vegar að Skógarkoti. Merkið er á vesturbakka mjórrar gjár (sennil. Hellugjá).

### Lýsing vatnsmælistaða

Vatnshæð er tekin við FM6551 (VG29).

Vatnshæð er tekin við FM6552 (VG17).

VG32 er gulmáluð nibba efst á stórum steini í botni Háugjár um 80 m norðan vegar yfir gjána. Vatnshæð norðan steinsins.

Vatnshæð er tekin með málbandi rétt við FM6553 (VG27).

VG25 er láréttur bolti í austurbakka Ónefndrar gjár rétt austan Þjóðvegur, um 730 m norðan heimreiðar að Skógarkoti. Farið er niður á náttúrulega brú á gjánni sunnan merkisins frá austurbakkanum. Vatnshæð með málbandi frá efri brún bolta.

VG8 er láréttur bolti í austurbakka Leirugjár nokkra metra frá FM6554. Vatnshæð með málbandi frá efri brún bolta. Tveir menn verða að vera við mælinguna, annar stendur á stalli yfir boltanum og heldur málbandinu, hinn les á bandið með sjónauka af brú á gjánni nokkrum metrum norðar.

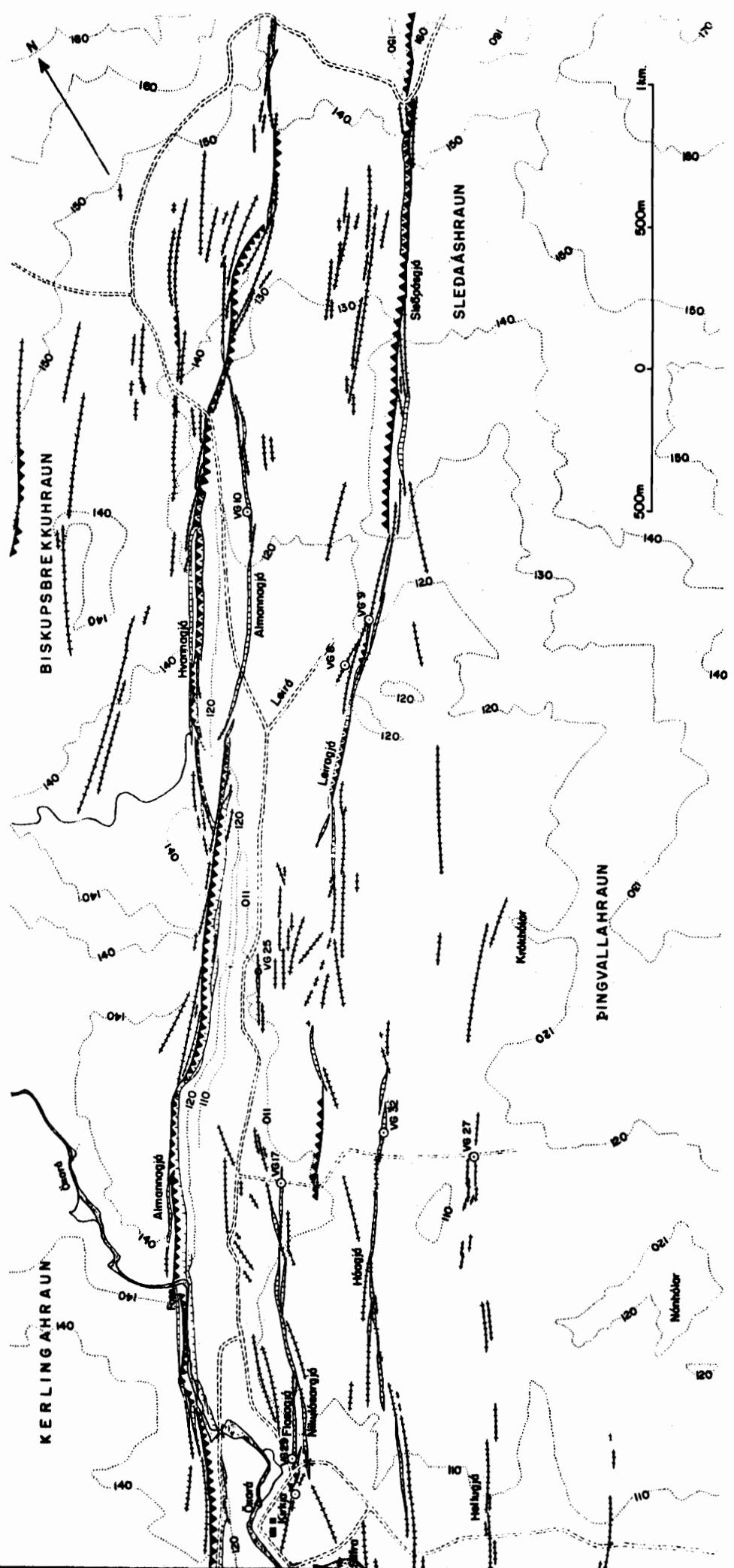
VG9 er gulmáluð nibba á vesturbrún Leirugjár um 175 m norðan við FM6554. Vatnshæð er tekin með málbandi 10-20 m norðar. Bezt er að hafa planku með og fallmæla á hann.

VG10 er láréttur bolti í austurbakka Almannagjár skammt austan og sunnan við FM6555. Boltinn er undir þaki. Vatnshæð með málbandi af efri brún bolta.

Vatnshæðarmæling með málbandi.

Lesi má vatnshæð í gjám með málbandi án þess að fara þurfi niður að vatninu með því að bera kínablek á málbandið (venjulegt blek hefir ekki nægilega viðloðun). Neðri endi bandsins með lóði (5 kg) áfestu er látinn hanga niður í vatnið í um eina mínútu á meðan blekið leysist af. Blekið er borið á bandið skömmu áður en það er notað og hreinsað af því aftur strax að mælingu lokinni.





Sprungu án misgengis.  
Crevices without vertical displacement.

Sprungu með misgengi til hægri.  
Crevices with downthrow to the right.

Gjú án misgengis.  
Fissure without vertical displacement.

Gjú með misgengi til hægri.  
Fissure with downthrow to the right.

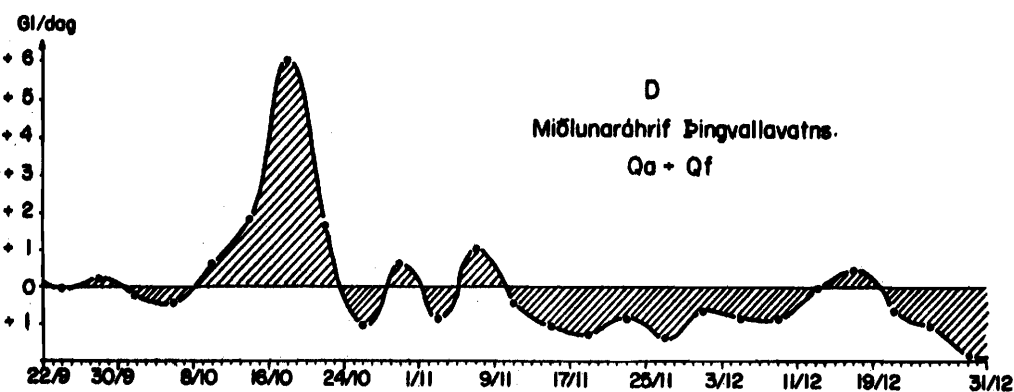
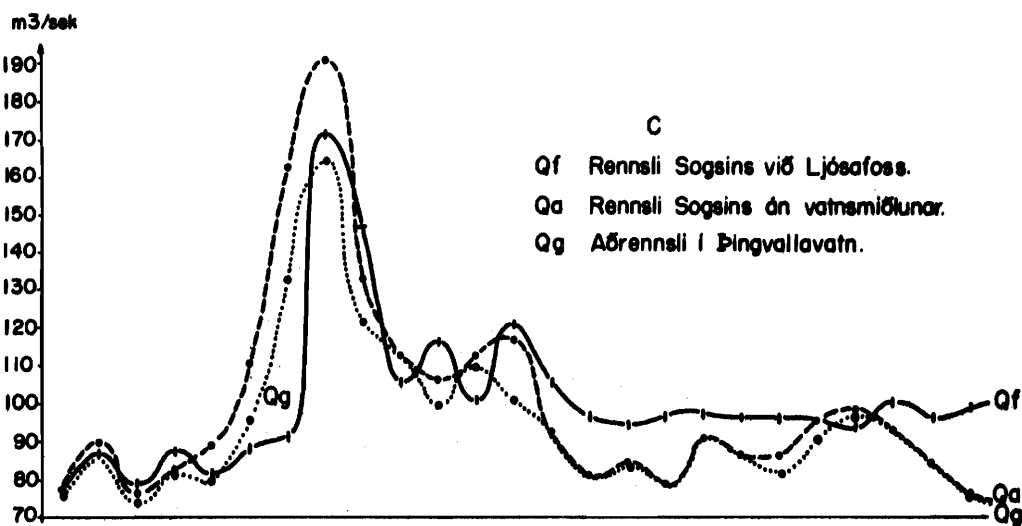
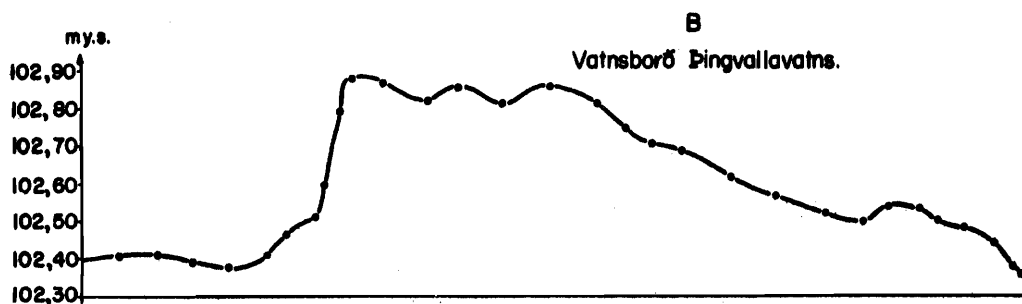
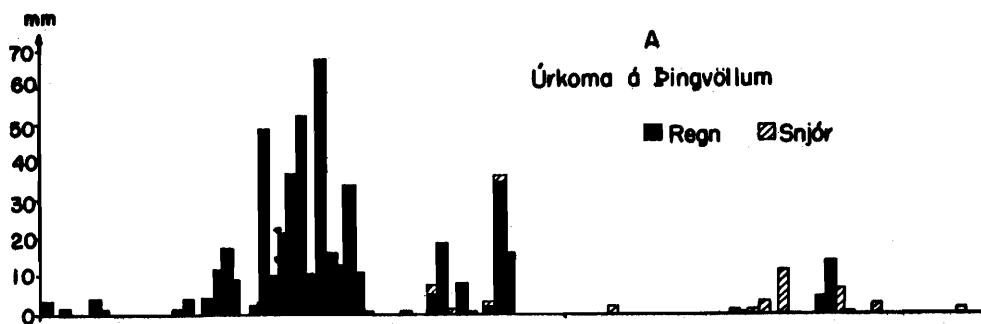
Vegur með brú.  
Road with a bridge.

Fast marki fyrir vafshæðarmælingu.  
Fixed point for measurement of water level.

Mynd 1

RAFORKUMALASTJÓRI	
MISGENGIS-KORT AF ÞINGVÖLLUM	28.1.66 G.S. Þ.H.
	Tr. 7
	B-16





1965

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Aðrennsli í Þingvallavatn.

28 2 66 GS

B-16

Tnr 9

Fnr. 7325

