

4 billu

4

MÁLASAFN

442.4/6aq

V I R K J U N L A G A R F O S S

A L I T S G J Ö R D.

Sig. Th. Oddsson

Marz 1954.

Á l i t s g j ö r ð.

1. Inngangur.

Með bréfi dagsettu 23. þ.m. hefir hr. raforkumálastjóri Jakob Gíslason óskað álits undirritaðra á nokkrum atriðum viðvíkjandi framkvæmd og áætlun vatnsvirkjunar við Lagarfoss.

Nefndu bréfi fylgdu eftirtalin skjöl:

1. Áætlun Sigurðar Thoroddsen, verkfr. um virkjun Lagarfoss dags. 6. mars 1954, og uppdrættir þeir, er henni fylgja: A-1023, 1035 og 1036.
2. Afrit af bréfi raforkumálastjóra til Sigurðar Thoroddsen, verkfr. dags. 19. þ.m.
3. Afrit af bréfi Sigurðar Thoroddsen til raforkumálastjóra, dags. 22. þ.m., og fylgjandi því skýringarmynd, er sýnir þverskurðarriss af stíflugarönum í mælikvarða 1:200, og blað með álímdum nokkrum ljósmyndum frá grjótgarði við Laxárvirkjun í S.-Ping.,

og fylgja álitsgjörð þessari ofangreind gögn.

Eftir að hafa kynnt okkur fyrrgreinda uppdrætti og áætlun höfum við átt ítarleg samtöl við Sigurð Thoroddsen, verkfr. og Sigurjón Rist vatnsmælingamann og fengið hjá þeim margháttar upplysingar viðvíkjandi virkjunaráætlunum við Lagarfoss og vatnsrennsli fljótsins og öðru því, er máli þótti skipta.

Atriði þau, sem álitsgjörð þessi á að fjalla um, eru afmörkuð í bréfi raforkumálastjóra þannig:

- a) Er framkvæmanlegt að gjöra stíflugarð úr grjóti við mynni Steinsvaðsflóa, svo sem uppdr. A-1023 sýnir, og á þann hátt, er áætlun Sigurðar Thoroddsen, verkfr., dags. 6. mars 1954, gerir ráð fyrir?
- b) Er nefndur stíflugarður varanlegt mannvirki og kemur hann að fullum notum við þá virkjun, sem hér er fyrirhuguð?

2. Um gerð og stærð grjótgarðsins.

Stórar grjótgarðsstíflur hafa ekki verið gerðar hérlandis fyr. Að því leyti er rétt að segja að hér sé að nokkru leyti um tilraun að ræða og því ástæða til að athuga svo náið sem verða má, hvort slík tilraun feli í sér of mikla fjárhagslega áhættu. Virkjunin í Lagarfossi er ekki stórvirkt og óhöpp, sem leiða af sér fjárhagslegt tjón, þó ekki nemi þau ýkjaháum upphæðum, geta því orðið fyrirtækinu þungur fjötur um fót. Á hinnum böginn er þessi stíflugerð ~~þessi~~ mjög athyglisverð og virðist ódýr í mörgum tilfellum. Væri því ákjósanlegt að reynsla fengist hérlandis í þessum efnum.

Erlendis hafa mjög stórar grjótgarðsstíflur verið reistar. Verður ekki annað séð af fagritum þeim, sem við höfum haft til hliðsjónar, en mannvirki þessi hafi í flestum tilfellum gefið vel.

Það sem skipta virðist meginmáli um gerð slíkra garða er eftirfarandi:

- a. Val á fyllingarefnini.
- b. Akvörðun á halla á hliðum stíflugarðs og val krónubreiddar
- c. Pétting stíflugarðs.

Um fyrsta atriðið, er hér út af fyrir sig ekki mikið að segja. Allt fyrirkomulag mannvirkisins byggist á því að nota grjót það, sem til fellur við sprengingar á jarðgögnum, í stöðvarhúsi og aðrennslisskurði til fyllingar í stíflugarð. Það er því ekki um að ræða val á fyllingarefnini, nema að mjög litlu leyti, en sjálft er grjótið gamalt holufyllt blágrýti og því sterkt og varanlegt fyllingarefni.

Um halla á hliðum garðsáns skal tekið fram, að begar ráðgert er að flytja grjótið á bílum og "sturta" því út af garðinum, er ódýrast að reikna með þeim halla fyllingarinnar, sem af eðlilegum ástæðum vill verða, enda mun það vera, ef engar séraðstæður krefjast annars, heppilegasti hallinn.

Að uppdrætti A-1023, er halli stíflugarðs loftmegin ráðgerður 1:1.25 og vatnsmegin 1:1. Við drögum að vísu í efa, að þetta sé eðlilegur halli garðsins og teldum halla 1:1,3 til 1:1,4 nær sanni.

Á hinn bóginn skiptir þetta atriði ekki miklu máli við svo breiðan garð sem hér um ræðir. Ódýrast er að láta fyllinguna taka á sig eðlilegan halla og ef hann er minni en ráðgert er á uppdrætti, virðist að ósekju mega mjókka krónubreiddina sem því svarar og reikna af þeim orsökina með sama eða svipuðu efnismagni í garðinn.

Um þriðja atriðið, þéttunga, er það að segja, að við flesta þá stílfugarða, sem við höfum haft heimildir að, er þétt- ingarlagið lagt utan á garðinn vatnsmeginþ m.a. til þess að hafa allt þversnið garðsins virkt gegn vatnsprýstingi. Dæmi eru þó einnig til hins, að þéttin sé lögð inn í garðkjarnann eins og hér er ráðgert. Þegar tillit er tekið til þess, að þessi garður er tiltölulega lágor og breiður, virðist ekkert athugavert við hina fyrirhuguðu staðsetningu þéttigarinnar. Um nánara fyrirkomulag á þéttikjarnanum skal hér ekki fjölyrt; enda er hér aðeins um frumáætlun að ræða.

Breidd garðsins, ca 30 m við botn, er syo mikil, að um traustleika garðsins frá statisku sjónarmiði, getur ekki leikið nokkur vafi.

Af því sem hér hefir verið rakið, virðist okkur að við gerð stíflugarðsins og lögun sé í höfuðdráttum ekkert athugavert.

3. Um byggingartilhögun.

Þá skal vikið að fyrri spurningunni í bréfi raforkumálastjóra, hvort framkvæmanlegt sé að gjöra stíflugarðinn úr grjóti með þeim hætti og á þann hátt, er áætlun gerir ráð fyrir.

Á meðfylgjandi skýringaruppdrætti, sem gjörður er af Sigurði Thoroddsen, verkfr., er sýnt hvernig bygging garðsins er fyrirhuguð. Út frá vesturlandinu er ráðgert að byggja fyrst garðhluta merktan A og loka með honum farvegi fljótsins. Síðan yrði garðhlutinn styrktur og stækkaður í byggingaráföngunum B, C og D. Við þessa lokun á árfarveginum myndi vatnsborð Steinsvaðsflóa væntanlega hækka við venjulegt rennsli um ca 2.0 m og fljótið renna yfir nesið að austanverðu, sem þá hefði áður verið lækkað niður í kóta 21.0 og steinsteypugarður byggður svo sem uppdráttur sýnir. Þá væri byggður garðhluti E, síðan þéttikjarni F og G og loks miðhluti garðsins H.

Þessi byggingartilhögur verður að teljast eðlileg, en um nokkur atriði hennar er engu síður börf að ræða nánar.

Án efa er erfiðasti áfanginn og áhættumesti, bygging síðasta kaflans af garðhluta A. Eftir því sem byggingu hans miðar áfram þrengist að árfarveginum vatnsborðið hækka og vatnshraðinn eykst, áður een verulegt vatnsmagn tekur að streyma yfir nesið að austanverðu. Má gera ráð fyrir að þegar eftir er að fylla í um það bil 10 m skarð af gamla árfarveginum, muni vatnshraðinn orðinn allt að því 4-5 m/sek. Þegar "sturtað" er grjóti út í svo stríðan strau má gera ráð fyrir, að aðeins stærstu steinarnir falli til botns á væntanlegu garðsstæði, en straumurinn beri smærri grjótið lengra burt.

Nú er það ljóst, að mjög miklu máli skiptir hve mikið vatnsrennslið er í fljótinu, þegar loka ætti farveginum. Verður því að velja til þess þann tíma þegar vatnsrennslið er sem allra minnst. Til þess að velja hinn heppilegasta tíma til lokunar, getu þurft að biða og gera hlé á framkvæmdum við garð A, þegar vissri lengd hans er náð. Á hinn böginn gæti það valdið aukakostnaði að gera hlé á grjótsprenginum í jarðgöngum eða stöðvarhúsi. Yrði því væntanlega að griða til þess ráðs að byggja hluta að garði E meðan beðið væri eftir heppilegu augsnabliki til lokunar. Á þann hátt má gera ráð fyrir að verktakinn hafi allt að því 2-3-mánaðartíma til ráðstöfunar eða vals fyrir lokun, án þess að til aukakostnaðar komi í þessu tilliti. Á það má og hér benda að vatnsrennslisbreytingar í Lagarfljóti eru fremur hægar og stórfloð koma þar varla án nokkurs fyrirvara og er slikt til hagræðis við framkvæmdirnar. Aftur á móti viðöist flóð geta komið á nær því öllum tímum árs, svo að erfið mun að benda örugglega á nokkurn ákveðinn árstíma, sem sé öðrum að miklum mun betri eða heppilegri til g framkvæmdanna, en þó virðist síðari hluti sumars eftir að snjóða hefir leyst, líklegasti tíminn.

Svo sem áður er fram tekið, verður að reikna með að straumhraði vatnsins við lokun geti orðið 4-5 m/sek. Með hliðsjón af því, sem fram er tekið í bréfi Sig. S. Thoroddsen, 22. marz, má telja líklegt að stærð þeirra steina, sem nota þurfi í garðinn við lokun þurfi að vera allt að 70 cm. Vafamál er hvort nægilegt magn af svo

stóru grjóti fellur til við venjulegar grjótsprengingar fyrir mannvirkjuninn. Verður því að hafa í huga það tilvik, að afla þurfi einhvers viðbótarmagns af slíku grjóti í sérstöku grjótnámi.

Um aðra þætti þessarar framkvæmdar má taka það fram, að kostur er fyrir byggingu garðsins, a.m.k. hlutanna A,B,C,D og E að sprengja bergið í byggingarstæðum svo stórt sem verða má. Á hinn böginn mun það ákjósanlegra, ef bygging garðsins væri ekki fyrir-huguð, að sprengja bergið í byggingastæðum smátt. Nokkur vandi sýnist vera á að samræma þessi sjónarmið, en þó engin frágangssök. Í því sambandi er rétt val á heppilegum vinnuvélum, stærð þeirra og gerð, þýðingarmikið.

Eftir að tekist hefir að loka árfarveginum og ljúka áföngum A,B, C og D, virðist framkvæmdin auðveld og áhættulítil. Þó verður að hafa í huga, að, vegna lengdar byggingatímans, getur sviljað til að yfir garðinn fljóti í flóðum. Króna fyrsta hluta garðsins er í kóta ca + 23.0. Þegar vatnsborðið hefir náð þeirri hæð, flytur yfirfallið um 450-500 m³/sek. Slik flóð eða stærri eru mjög fátíð og koma ekki árlega fyrir. Auk þess hæfa þau, eins og áður er að vikið, nokkurn aðdraganda. Stórskemmdir í slíkum flóðum, þó yfir garðinn fáru, eru ólíklegar, ef varúðar er gætt.

Með tilliti til þess, sem hér hefir verið rakið er það álit okkar, að bygging grjótgardarðsins ætti ekki að valda neinum verulegum tæknilegum erfiðleikum.

Um fjárhagslega áhættu og kostnað er rætt sérstaklega í kafla nr. 5.

4. Um endingu grjótgardarðsins og not.

Pá skal vikið að síðara atriðinu í bréfi raforkumálastjóra því, hvort stíflugarðurinn teldist varanlegt mannvirki og komi að fullum notum við virkjunina.

Stíflugarðurinn verður byggður með krónuhæð í kóta +27.0 eða rúmum tveim metrum hærra en væntanlegt hæsta vatnsborð í stíflugardóni. Hann er, eins og áður er fram tekið mjög öflugur, 13 m við krónu, ca 8 m háð og yfir 30 m breiður við botn. Það er því út-lokað annað en að hann standist þann vatnsþrýsting, sem á hann

getur komið. Ekki virðist nein ástæða til að ætla að þéttingu garðsins verði ábótavant og má í því sambandi benda á, að vatnið í Lagarfljóti mun nokkuð leirborið a.m.k. á sumum árstínum og er því líklegt að þéttинг garðsins batni er frá líður. Eftir er þá að athuga hvort líklegt sé að garðinum sé hætta búinn af ágangi strauma, öldu eða ísa.

Vatnsmegin verður garðurinn ekki fyrir neinu straumkasti, sem teljandi er, en aftur á móti gæti þar orðið vart áhrifa öldugangs. Sigurður S. Thoroddsen telur líklega ölduhæð á Steinsvaðsflóa um 80 cm og er það sennilegt. Sé grjótið í garðhliðinni ekki smátt virðist engin ástæða til að óttast skemmdir af völdum ekki meiri öldugangs en petta. Skemmdir af lagís teljum við ekki geta orðið neinar.

Um neðri hlið garðsins gegnir nökkuð öðru málí. Þar er að vísu ekki um venjulegan öldugang að ræða. Hins vegar hagar svo til yfirfalli um nesið að austan, að líklegt er að verulegur straumbungi skelli á vesturhluta garðsins í flóðum.

Mjög erfitt er, án þess að áður hafi verið gert model, að segja fyrir um straumlag og bunga þessara iðukasta, sem væntanlega myndast neðan við stíflugarðinn. Hér ber enn að sama brunni um það, að því stærra sem grjótið er við garðfótinn og í garðhliðinni, því ólíklegra er að skemmdir hljótizt af straumnum. Á það má og benda, að klöpp mun hér í botni árinnar og því ekki hætta á að grafi undan garðinum. Skemmdir verða því aðeins, að straumkastið flytji grjótið beinlinis út stað.

Að svo vöxnu málí verða ekki færðar óyggjandi líkur fyrir því, að útilokað sé að skemmdir geti hlötizt af nefndu straumkasti, en ^þviljum hinsvegar benda á að fljótlega eftir að árfarveg ^{innum} hefir verið lokað, má sjá mun betur en nú hvort líklegt sé að straumkastið muni verða til skaða og þá gert viðeigandi ráðstafanir til úrbóta, sem sé þær að verja garðinn á vissum svæðum með stórgrytti umfram það sem ráð hafði verið fyrir gjört.

Við teljum þó fremur ólíklegt, að til þess komi ef vel er vandað til vals á grjóti í garðinn.

Að þessu athuguðu, sem nú hefir verið rakið, álfum við

að garður þessi verði að teljast varanlegt mannvirki, sem að vísu purfi sitt viðhald og eftirlit sem önnur mannvirki, og komi að fullum notum sem vatnsfyrirstaða fyrir virkjunina.

5. Kostnaður við byggingu grjótgarðsins.

Pá er komið að síðasta hluta þessarar álitsgerðar, því atriði í fyrri spurningu í bréfi raforkumálastjóra, hvort framkvæmanlegt sé að gjöra stíflugarðinn á þann hátt, sem áætlun Sig. Thoroddsen, verkfr., dags. 6. marz 1954, gerir ráð fyrir.

Við þann hátt framkvæmda, sem hér er lagður til grundvallar má telja hinn raunverulega kostnað stíflugarðsins vera fólginn í eftirfarandi atriðum:

1. Kostnaður við péttikjarna garðsins.
2. Kostnaður við að flytja og koma grjótinu fyrir í garðinn umfram það, sem kosta myndi að flytja grjótið á annan nærtakan stað.
3. Kostnaður við sérstakar ráðstafanir, sem ef til vill byrfti, við val á stóru grjóti í garðinn eða í sérstöku grjótnámi, t.d. í sambandi við lokun árfarvegarins eða varnir á hliðum garðsins.
4. Kostnaður, sem leiddi, vegna óhagstæðra tilvika um vatnsrennsli, til tafa á heildarframkvæmdum.

Liður 1 er í bréfi Sigurðar Thoroddsen, 22. marz, áætlaður 250.000,- kr. og verður að telja að kostnaður við péttikjarnann rúmist innan þeirra marka.

Um 2. liðim er það að segja að sá kostnaðarliður kemur ekki sjálfstætt fram á frumáætlun Sigurðar Thoroddsen og virðist því innifalinn íheildareiningarverðum. Við höfum gert okkur grein fyrir þeim kostnaði, sem um getur í lið 2 hér að framan og teljum hann vera nærri 12.00 kr. pr. m³ í garðinum eða um 240.000.- fyrir allan garðinn.

Pessir kostnaðarliðir, 1 og 2 hér að framan, samtals kr. 490.000.- er þá lágmarksáætlun, sem tilheyrði garðinum beint.

Komi hinsvegar til kostnaðar vegna liða 3 og 4 ætti að fá fast hámarksáætlun. Kostnað viðvíkjandi þessum liðum er mjög erfitt að áætla, þar sem um ýms vafaatriði er að ræða, sem m.a. eru háð

úrkому og veðurskilyrðum. Telja verður vist að þau tilvik, sem um getur í þessum liðum leiði af sér einhvern, og við slæmar aðstæður þó nokkurn kostnað. Að athuguðu máli teljum við að kostnáður samkvæmt þessum liðum setti ekki að fara fram úr kr. 500.000.-

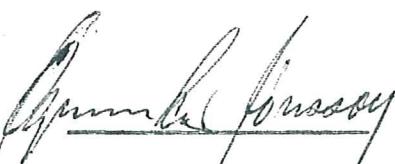
Niðurstaðan um beinan kostnað garðsins verður því, að okkar dómi sá, að hann komi til að nema eigi lægri upphæð en ca. kr. 500.000.- og eigi hærri en ca. 1.000.000.- kr.

Hvort eða að hve miklu leyti þessi kostnaður rúmast innan fyrirliggjandi kostnaðaráætlunar, kveður álitsgjörð þessi ekki á u

I áætlun er talið, að tilfalli ca. 23-25.000.- m³ af grjóti í byggingarstæðum, miðað við fast berg. Við álítum, að þetta magn sé nægilegt, þrátt fyrir nokkra rýrnun, til fyllingar í grjótgardinn, sem nema mun 18-20.000 m³, mælt í lausri fyllingu.

Teljum við þar með svarað þeim spurningum, sem fyrir okkur voru lagðar, svo sem okkur er unnt á skömmum tíma.

Reykjavík, 29. mars 1954.



Ögmundur Jónsson



Arni Snævarr

Reykjavík, 23. mars 1954.

Sl. JG

Verkfraðingar, Árni Snævarr og Ögmundur Jónsson,
Borgartúni 7,
R e y k j a v í k .

Með vísun til viðtals við yður sendi ég yður hjálagt neðan-talin gögn varðandi áætlun um virkjun Lagarfoss, með ósk um það, að þér látið uppi álit yðar um þessi atriði:

- a) Er framkvæmanlegt að gjöra stíflugarð úr grjóti við mynni Steinsvaðsflóa, svo sem uppdr. A-1023 sýnir, og á þann hátt, er áætlun Sigurðar Thoroddsen, verkfr., dags. 6. mars 1954, gerir ráð fyrir?
- b) Er nefndur stíflugarður varanlegt mannvirki og kemur hann að fullum notum við þá virkjun, sem hér er fyrirhuguð?

Þau gögn, sem bréfi þessu fylgja, eru:

1. Áætlun Sigurðar Thoroddsen, verkfr. um virkjun Lagarfoss, dags. 6. mars 1954, og uppdrættir þeir, er henni fylgja; A-1023, 1035 og 1036.
2. Afrit af bréfi mínu til Sigurðar Thoroddsen, verkfr., dags. 19. þ.m.
3. Afrit af bréfi Sigurðar Thoroddsen til mínn, dags. 22. þ.m., og fylgjandi því skýringarmynd, er sýnir þverskurðar-riss af stíflugarðinum í mælikvarða 1:200, og blað með álímdum nokkrum ljósmyndum frá grjótgarði við Laxárvirkjun í S.-Þing.

Pess er óskað, að álitsgjörð yðar verði hraðað svo sem kostur er.

Virðingarfyllst,

Jakob Gíslason,
(sign)

6. mars 1954.

VIRKJUN LAGARFOSS

Uppdrættir A-1023, 1035 og 1036

3500 kW, 16 m fall. Q = 30 m³/sek.

Staðhættir:

Lagarfljót á upptök sín suður undir Vatnajökli og fellur í tveim kvíslum, Jökulsá í Fljótsdal og Keldisá eftir Norðurdal og Suðurdal. Þær falla báðar í Löginn. Úr því er ekki sjáanlegt fall í fljótinu fyrr en niður við Strauma, sem eru prengsli milli svonefndra Vifilsstaðaflóa og Steinsvaðsflóa. Í Straumum er um 60 cm fall.

Lagarfoss er neðan við Steinsvaðsflóa, sem er um 5 km. á lengd og viða yfir 1 km á breidd. Fall í fossinum er um 15 m milli Steinsvaðsflóa og flóans neðan við fossinn. Þetta fall er ráðgert að virkja með virkjunar tilhögun þeirri, sem hér er gert ráð fyrir. Er gert ráð fyrir að hækka vatnsborðið í Steinsvaðsflóa svo að fallið verði 16 m.

Lagarfljót er jökulsá, en mjög framburðarlítill vegna bess hvelgyn hún er á 60 km kafla ofan við fossinn. Minnsta rennsli árinna telur vatnamælingadeild raforkumálastjóra vera $30 \text{ m}^3/\text{sek}$, og er ráðgert að miða vélastærð við það vatnsrennsli.

Jarðvegur á virkjunarstað er gamalt blágrýti, holufyllt, svo að um leka í því á vart að vera að ræða.

Lagarfoss er um 65 km frá Reyðarfirði og um 27 km neðan við Lagarfljótsbrú mælt eftir þjóðvegum. Vegurinn frá henni er til-tölulega nýlagður og er talið að bera þurfi ofan í hann allan, ef

um nokkurn verulegan pungaflutning um hann á að vera að ræða.

Lagarfljótsbrúin er að vísu gömul en þó ætti að mega nota hana við flutninga á pungaflutningi til virkjunarinnar, ef viðeigandi ráðatafanir eru gerðar.

Ætla má að þyngstu stykki til virkjunarinnar verði um 18 tonn með vagni. Brúin er talin pola 10 tonn, sett á miðju hvers bíls milli stauraoka. Með hæfilega stórum vagni er hægt að sjá um að þunginn á brúnni fari ekki fram úr þessu. Um aðrar brýr á leiðinni gegnir að þær munu gerðar undir 10 tonna vagna og komi 2/3 þungans á afturökul. Er því viðbúið að flestar ef ekki allar brýr á leiðinni burfi að styrkja meðan á flutningunum stendur.

Steypuefni er talið að megi fá í ekki mikilli fjarlægð frá virkjunarstaðnum.

Virkjunin:

Tilhögun á virkjuninni sést á uppdráttum A-1023, 1035 og 1036.

Ráðgert er að stífla útrennsli Steinsvaðsflóa með grjótfyllingu, er liggur skáhallt upp frá norðurbakka fljótsins yfir í tanga við flóann austan þess. Efni í þessa grjótfyllingu fæst úr sprengingum fyrir öðrum hlutum mannvirkisins. Grjótfyllingen verður 13 m breið að ofan og svo há að aldrei renni yfir hana (hæð 27 m). Tanginn, sem fyrr var nefndur, verður sprengdur niður í hæð 21,0 m á 100 m kafla og yfir pennan þróskuld verður framhjárennsli árinnar.

Grjótfyllingen endar við steyptan varnavegg að austanverðu. Inntaksrenna verður sprengd inn í norðurbakka fljótsins. Verður þar komið fyrir loku, gspiraloku og inntaki með ristum. Rennan

heldur svo áfram út í fljótið aftur og er inntakið 0,4 m lægra en
þróskuldurinn, sem fyrr var nefndur, svo að ísútskolún fæst yfir það.

Stöðvarhúsið er skammt frá inntakinu. Er það neðanjarðar.

Gólfhað í vélasal 13,0 m. Það er hringlagað, eða sívalt ϕ 8,7 m
í þvermál sá hluti þess, sem neðanjarðar er, og rúmar hann ekki
annað en vélarnar. Ofanjarðar verða svo töflurum, verkstæði, vinnu-
pláss, skrifstofa, salerni, anddyri og geymsla o.fl. (sbr. uppdr.
A-1034) og er það alls að flatarmáli 175 m. Gert er ráð fyrir lyftu
til mannflutninga og stiga að sjálfsögðu, en krana til uppsetningar
á vélum.

Vatnsvélin er 5300 ha skrúfusnælda með föstum skrúfublöðum.
Snúningshraði hennar verður 214 sn/mín. Henni fylgir sjálfvirkur
gangráður og annar öryggisútbúnaður. Rafallinn er ástengdur við
vatnssnælduna 4500 kVA, 3-fasa, 50 riða, $\cos \phi = 0,8$, 214 sn/mín.
Með honum er ástengd segulmögnunarvél, sjálfvirkur spennustillir
og allur venjulegur öryggisútbúnaður.

Spenni og öðrum rafbúnaði er komið fyrir ofanjarðar. Spennir-
inn er 4500 kVA með 44.000 volta eftirspennu. Rofar og annar út-
búnaður er miðaður við eina útfarandi línu.

Frárennslið verður um 400 m langt, þar af 360 m göng ófóðruð
og undir brýstingi, sem þó verður undir 3 m vatnshæð.

Gert er ráð fyrir að reisa briggja íbúða hús handa stöðvar-
vörðum.

Sigurður Thoroddsen
(sign)

VIRKJUN LAGARFOSS

4.

Uppdr. R-1023, A-1035 og A-1036KostnaðaráætlunSprengingar:

Göng	11560 m ³				
Stöðvarhús	4670 "				
Aðrennslisgöng	440 "				
Inntak	<u>6750</u> " 23420 á 170/-		3.981.400,-		
Austan ár	2500 m ³ á 300/-		<u>750.000,-</u>	4.731.400,-	

Stöðvarhús:

Steypa, 1100 m ³ á 460/-	506.000,-
Mótasmíði, 2600 m ² á 160/-	416.000,-
" hvelfd 410 m ² á 210/-	86.100,-
Steypustyrktarjárn 70 tonn á 7000/- ...	490.000,-
Gluggar 20 m ² á 600/-	12.000,-
Útihurðir 3 stk.	14.000,-
Innihurðir 9 stk. á 600/-	5.400,-
Flísalögning 200 m ² á 325/-	65.000,-
" hvelfdar flíssar	21.000,-
Leggja í gólf 240 m ² á 65/-	15.600,-
Einangrun 1050 m ² á 60/-	63.000,-
Innanhússhúðun 1300 m ² á 65/-	84.500,-
Steinmálning 1950 m ² á 18/-	35.100,-
Pakpappi, tvöfaldur á límdur 130 m ² 120/-	15.600,-
Lyfta til mannflutninga	150.000,-
Salerni og þvottaskálar	4.000,-
Krani	200.000,-
Loftræstingardæla	16.000,-
Vatnsdæla	16.000,-
Stigi	30.000,-
Málning	60.000,-
Plankaloka	<u>26.000,-</u>
	2.331.300,-

Inntak og aðrennslisgöng:

Steinsteypa 520 m ³ á 460/-	239.200,-
Mótasmíði, hvelfd, 630 m ² á 210/-	132.300,-
Steypustyrktarjárn 26 tonn á 7000/- ...	182.000,-
Handrið 30 m á 300/-	9.000,-
Ristar	<u>15.000,-</u>
	<u>577.500,-</u>
Flyt kr.	7.640.200,-

Fluttar kr. 7.640.200,-

Lokumannvirki:

Steinsteypa 90 m ³ á 460/-	41.400,-
Mótasmíði 100 m ² á 160/-	16.000,-
Steypustyrktarjárn 4 tonn á 7000/-	28.000,-
Bráðabirgðaloka	20.000,-
Loka með húsum og búnaði	<u>300.000,-</u>
	405.400,-

Steyptur varnargarður austan ár:

Steinsteypa 400 m ³ á 460/-	184.000,-
Mótasmíði 340 m ² á 160/-	54.400,-
Steypustyrktarjárn 4 tonn á 7000/-	28.000,-
Steinmálming 340 m ² á 18/-	<u>6.120,-</u>
	272.520,-

Bráðabirgðabréu yfir fljótið,
bráðabirgðastíflur, dælukostnaður 600.000,-

Íbúðir priggja stöðvarvarða um 1100 m³ á 600/- 660.000,-

Vegur af þjóðvegi, hlað og snyrtning utanhúss 250.000,-

Ófyrirséð, ca 21% 2.171.880,-

Samtals kr. 12.000.000,-

Rafbúnaður og vatnsvél kr. 7.000.000,-

Alls kr. 19.000.000,-

Er þó ekki meðtalinn kostnaður við lagfæring á vegin og
styrkingu brúa vegna þungaflutninga. Heldur ekki lántökum
kostnaður né vextir á byggingatíma.

6. marz 1954,

Sigurður Thoroddsen
(sign)

Reykjavík, 19. mars 1954.

S.I. J.G.

Hr. Sigurður Thoroddsen,
Austurstræti 14,
Reykjavík.

Með vísun til viðtals við yður, skal ég taka þetta fram:

I bréfi til atvinnumálaréðuneytisins dags. 3. þ.m. varðandi rafveitu Austurlands, komst ég m.a. svo að orði um Lagarfossvirkjunina: "En þar við bætist, að virkjun Lagarfoss er til muna meiri og áhættusamari framkvæmd og að mínum dómi orkar jafnvel tvímælis, hvort hún er tekniskt réttlæstanleg með þeirri tilhögun, sem áætlunin gerir ráð fyrir".

I hinum undirstrikuðu orðum á ég við það, að ég tel vafa leika á því, að unnt sé að gera grjótfyllinguna, sem áætlunin gerir ráð fyrir sem stíflu í ósi Steinsvaðsflóa á svo einfaldan og ódýrahátt, sem reiknað er með í áætluninni og að hún verði nægilega traust mannvirki, ef hún kemst upp á pennan hátt. Mér virðist ekki útilokað, að vatnsflaumurinn ryðji burtu verulegum hluta af efni því, sem steyp特 er í strauminn, einkum eftir að prengja fer að honum og í flóðum, sem reiknað verður með að komi á leysingatínum, og geti þá svo farið að griþa verði til sérstakra ráðstafana, sem ekki er ráð fyrir gert í áætlun yðar til að fullgera stífluna. Virðist mér hugsanlegt, að slíkar ráðstafanir geti orðið all kostnaðarsamar. Þá tel ég hæpið að gera ráð fyrir að

hafa stífluna án péttiveggs. Það er nokkurn veginn víst, að grjótfyllingin verður lek, ef enginn péttiveggur er hafður í henni. Lekinn yrði að vísu væntanlega ekki svo mikill, þegar stíflan væri komin upp, að hann rýri afl virkjunarinnar verulega, en ekki er hægt að telja útilokað, að hann valdi skemmdum á stíflunni.

Virðist mér hér vera um svo óvenjulega aðferð og tilhögun að ræða við varanlega stíflu vatnsorkuvers, að líta verði á verkið að nokkru leyti sem tilraun og reikna með þeirri fjárhagslegu áhættu, sem við tilraun af þessu tagi er bundin.

Auk þess sem ég hef þegar tekið fram, vildi ég einnig minnast á það, að stíflugarðinn mun þurfa að klæða á báðum hliðum með hæfilega stóru grjóti, til að koma í veg fyrir niðurrif af völdum öldurrots og ísa. Fyrir þessu er ekki ráð gert í áætlun yðar að því er séð verður.

Hæsta vatnsborð við stífluna getur væntanlega orðið nokkru herra en gert er ráð fyrir á teikningu yðar A.1023 og mun réttara að búast við, að það komist í hæð 24,8 í miklum flóðum, sem þó koma fyrir á nokkurra ára fresti. Verður þá vatnsdýpi við stífluna hátt á 5. meter.

Í áætlun yðar er ekki vikið að því, hver áhrif framkvæmd þessarar virkjunar hefur á skilyrðin til fullvirkjunar fossins. Áður en ákvörðun er tekin um framkvæmd áætlunarinnar, ber að gera sér grein fyrir þessu.

Ég vil leyfa mér að æskja umsagnar yðar um þau atriði, sem ég hef nefnt í þessu bréfi.

Virðingarfyllst,

Sigurður S. Thoroddsen, verkfr.,
Austurstræti 14,
Reykjavík.

Reykjavík, 22. mars 1954.

Raforkumálastjóri
Laugaveg 118
Reykjavík.

Varðar virkjun Lagarfoss.

Út af bréfi yðar dags. 19. þ.m. og með tilvísun til viðtals við yður skal ég taka fram eftirfarandi.

I sambandi við ásttlunargerð um virkjun fyrir Austurland lá beint við, að athugaðir veru virkjunarmöguleikar í Lagarfossi. Þetta gerðum við Höskuldur Baldvinsson á sinum tíma (1946) og var í ásttlun okkar gert ráð fyrir 10000 ha. virkjun þar. I sambandi við þá ásttlunargerð þóttist ég komast að raun um að mannvirkni, er virkjunina snerti voru svo fjárfestingarfrek að um minni virkjun en þetta væri taplega að reða ef hagkvæmt verð aðtti að fást við virkjad hestufl.

Nú hér einnig minna á umsögn Berdals verkfræðings sem benti í sömu átt.

Var það einkum kostnaður við stifflugerð og búnað og ekki síst kostnaðarfrekar aðgerðir til þess að halda frá sér vatni meðan á stifflugerð stóð, sem hér réði mestu um.

Varð þetta til þess, að síður var hugsað til virkjunar þarna í sambandi við athuganir síðustu ára. Þó þótti rétt að freista þess enn, hvort ekki væri hugsanleg minni virkjun í Lagarfossi, samþrigileg að kostnaði við virkjenir í Grimsá og Fjardará og við þá athugun er ég í því sambandi gerði varð til sú ástlun mínn, sem nú liggur fyrir.

Hún byggist að öllu verulegu leyti á því að stifflugerðinni er

hagað á þann hátt að gerð er grjótfylling fyrir ós Steinvaðsflóa og fyllingen gerð á þann hátt, að stiflusterðið er ekki þurkað, heldur er fyllingen gerð með því að steypa grjóti út í ósinn og mynda þar garð á sama hátt og hafnargarðar eru gerðir. Í fyllinguna verður notað það grjót, sem losnar við sprengingarnar fyrir þórum hlutum mannvirkisins, grjót sem hvort eð er þarf að fára til og fjarlagja.

Eg vík nú að bréfi yðar og er fyrsta atriði, að þér teljið vafa leika á því að unnt sé að gera grjótfyllinguna á svo ódýran hátt, sem reiknað er með í áætluninni og að hún verði nágilega traust mannvirki ef hún kemst upp.

Engum efa er undir orpið, að súlik grjótfylling verður varanlegt mannvirki, ef hún kemst upp. Þó verður þar að vera viðsum skilyrðum fullnegt, svo sem því, að stórt grjót sé valið í hliðar garðsins til þess að hann standist óldurót Steinsvaðsflóamegin og straumpunga, sem á honum hlýtur að meða að heðan verðu. Um hættu af ísreki á heldur ekki að vera að ræða, ef þessa er gætt. Grjótfyllingen verður það há að ekki getur runnið yfir hana. Hefi ég gert ráð fyrir krónu hennar í hað 27,0 m eða 2,2 m hærri en þér ráðgerið að hæsta vatnsborð geti orðið í flóðum. Ólduhæð í Steinsvaðsflóa mtti ekki að verða meiri en 0,8 m.

Varðandi framkvænd garðsins er þetta helzt að taka fram. Rúmmál hans verður vinentanlega innan við 20.000 m^3 , ef gert er ráð fyrir að farvegsbotn sé í 19.0 m meðal hað, en það er eins og yður er kunnugt ókannað og byggt á líkum.

Magn sprenginga er hinsvegar um $25 - 26000 \text{ m}^3$ svo nóg efni að að fáast í garðinn.

Hú er þess gætt, er göng eru sprengd, að grjótið kvurnist sem mest svo léttara sé við það að eiga. Aðal magnið í garðinum verður því smátt grjót. Hinsvegar er hér líka um ofanjarðar sprengingar að ræða og þeim má, án þess að til kostnaðarauka verði, haga svo að stórt grjót fáist einnig, sem nota má í hliðar garðsins og auðvitað vakir fyrir mér, þótt þess sé ekki getið frekar en margi annars í þessari frumáætlun minni, að garðurinn verði gerður eins

og best hentar mannvirki, sem á að standa.

Eg hugsa ekki garðinn gerðan í fullri breidd yfir fljótið heldur eins og meðfylgjandi uppdráttur sýnir, í mörgum pörtum. Fyrst verði hlutinn á gerður og fljótinu þar með lokað. Pennan hluta verður að gera úr stóru grjóti, vúldu ef því er að skifta. Síðan verði þessi hluti hekkaður og breikkaður og þess jafnan gætt að stórgröfti, sem til fellur verði hent í neðri hlið fyllingarinnar. Þegar þessi garður er kominn upp fyrir hæsta vatnsborð, verði gerður annar garður samhliða ofan við hann og þéttiveggnum komið fyrir milli garðanna í tiltölulega straumlitlu vatni.

Kem ég þá að því atriði í bréfi ýðar er þér teljið "ekki úti-lokað, að vatnsflaumurinn ryðji þurtu verulegum hluta af efni því sem steypit er í strauminn, einkum eftir að þrengja fer að honum og í flóðum, sem reikna verður með að komi á leysingatínum".

Er þess þá fyrst að geta, að hagt er að ráða því hvenær fljótið verður stiflað. Er heppilegast að gera það að vetrí til, þegar stórflöða getur okki verið von. Þetta er í hendi þeirra, sem verkinu stjórna og er sjálfsagt rétt að velja til þess þann tíma sem heppilegastur er. Hinsvegar er hættan á því að ekki takist að loka fljótinu ekki fyrir hendi.

Handbókum ber að visu ekki alveg saman um hvor sér hraðatakmörk þess, að straumur beri með sér steina af vissri sterð, en óseumannið er þó ekki mjög mikil. Í töflu, sem "Hydroenergoprojekt" í Ráðstjórnarríkjum notar og nær yfir kornastærð frá 0,005 til 200 mm, eru þessi hraðatakmörk talin fyrir 20 cm steina 3,9 m/sek. við 1 m dýpi, en $3,9 \times 10^{0,2}$, þegar dýpið er 11 m.

Samkvæmt Bent Jakobson er $d=2 \text{ m}^2$ þar sem d er þvermál korna í cm og v_m meðalhraði í m/s, en það svarar til að 20 cm steinn fari að hreyfast í 3,2 m/s hraða. Samkvæmt sama þarf um 6 m/s. hraða til að hreyfa 75 cm. stein. Til þess að flytja stein, sem er á ferð telur hann þurfi minni hraða sem nemur 1/3 hraðans eða 4 m/s í þessu dæmi.

Eg nefni hér þessar tölur til að sýna yður hvernig þessu er varið að því er fræðimenn telja og með hliðsjón af því tel ég engin

vandkvæði verða á að ljúka garðinum yfir fljótið. Sá sem verkinu stjórnar getur ráðið hvenær það er gert, eins og áður er sagt og að nokkru leyti hvar garðinum er lokað, því vel er hugsanlegt að vera búinn að fylla út í fljótið austan megin að einhverju leyti, þótt það hvað þessu viðvíkur sé óheppilegra heldur en að loka garðinum við austurlandið, þar sem dýpið er minnast.

Auk þess má eins og þér drepið á grípa til sérstakra ráðstafana til þess að loka flaumnum, en þær eru ekki kostnaðarsamari en svo, að ég tel að kostnaður beirra, ef til kemmi, geti falist í þeim 600.000.00 kr., sem ég hefi gert ráð fyrir til slikra aðgerða.

Ég kem þá að því atriði, sem þér teljið hæpið, að gera ráð fyrir að hafa stífluna án péttiveggs. Eins og ég gat um við yður í viðtali hafi ég alltaf hugsað mér að settur yrði péttikjarni í garðinn og er það yfirsjón minn að ekki er getið um hann í lýsingu.

Ned tilliti til hugsanlegrar áframhaldsvirkjunar, þar sem notast verður við miðlun er líka sjálfsagt að gera péttivegg upp fyrir hästa vatnsborð. Péttivegginn hugsa ég mér gerðan úr timbri og verði fyllit að honum með jarðvegi að ofan til frekara öruggis.

Kostnaður við slikan vegg má atla að nemi um 250.000.- krónur. Sú upphæð skiftir ekki miklu máli, en hefði að sjálfsögðu átt að takast með. Því að þótt ég telji að leki í gegnum garðinn yrði vœtanlega ekki svo mikill að hann rýrði afl virkjunarinnar og að hann með tímanum myndi minnka allverulega, þar sem hér er um Jökulá að rœða, þá hefi ég þó talið að útiloka beri þann leka. Að garðinn myndi saka þótt gegnum hann læki hefi ég hinsvegar ekki trú á. Hæðarmunur ofan við og heðan við stífluna verður fráleitt meiri en tveir m og við þann hæðarmun skapast ekki sá vatnshraði að óttast purfi að grjótinu skoli burt í svo miklum garði, þar sem grjót-ið bindur hvert annað og leið vatnsins er löng. Enn er það, sem ég vék að í byrjun og þér minntust á "að stíflugardinn muni purfa að klæða á báðum hliðum með hæfilega stóru grjóti til þess að koma í veg fyrir niðurrif af völdum ölduróts 'og ísa' en að fyrir þessu sé ekki gert ráð í áætlun minni.

Ég er þess vitandi að sú hætta er fyrir hendi, en þó aðeins

að neðanverðu þar sem flaumurinn yfir þrúskuldinn skellur á honum, ventanlega með hringiðukasti, þrátt fyrir það að reynt sé með legu steypta garðsins fyrir enda fyllingarinnar að beina flaumnum frá henni. Hvernig bví iðukasti verður háttar er erfitt að gera sér grein fyrir, en um það nætti sjálfsagt fá góða hugmynd með tilraunum með "Model" sem sjálfsagðar þykja erlendis við slike tilraun má ekki að nema 50-150 þús. króna að ágizkun minni, ef leitað væri um þær til útlanda.

Hér heima höfum við yfirleitt ekki átt að ganga að líkum tilraunum og allur líkur undirbúningur undir mannvirki hefur hér heima, jafnvel af ýmsum verið talinn óþarfur og á það sjálfsagt rölt sína að rekja til þess, hve verkfræðimennt er ung hér á landi og að sumu liftilsmetin. A langri reynslubraut hefir þetta orðið til þess, hveð mig varðar að minnsta kosti, að ég hefi oft purft að byggja meira á líkum en ég hefði kosið og einmitt með þetta í huga gerði ég ráð fyrir fyllingunni mun efnismæiri en ef til vill purft hefði að vera.

Um kostnaðinn við að koma stórgrytinu fyrir hefi ég rett sáður. Eg tel ekki purfa að leiða af því auka kostnað, sem máli skiftir, að velja stóra grjótið í bliðarnar og enga nauðsyn sé ég til þess að þær séu hlaðnar. Tel eins heppilegt að þær séu grjótkestir ("i löss kastning").

Eg kem þá að síðasta atriðinu í bréfi yðar: "Hver áhrif frankvænd þessarar virkjunar hefir á skilyrðin til fallvirkjunar fossins".

Er því til að svare að ekki eru tekin bein tillit til hennar með þessari áætlun. Ef um fullvirkjun verður að reða þarf að gera ný mannvirki. Sýtt orkiver og frárennsli frá því. Ekki verður um annað að reða en að gera fullkomna stiflu. Tel ég þá þau mannvirki sem nú yrðu gerð koma að fullum notum. Fyllingána, sem hluta af stiflunni. Inntakið kemi að gagni til þess að taka framhjárehnsli árinnar meðan á stifflugerðinni staði og inntaks mannvirki nýju virkjunarinnar nætti taka út úr inntaksskurði þeim, sem hér er áætlaður.

Annað mál er það, að ef um fullvirkjun árinnar væri að reða nái þegar, yrði Þnnur virkjunaraðferð ðefað heppilegri t.d. með stiflu á fossbrúninni, en ég fer ekki frekar inn á að reða það hér þar eð margar virkjunartilhaganir geta sjálfsagt komið til greina.

Ég vil að endingu endurtaka að hér er um frumástlun að ræða, þar sem gerð er tilraun til þess að fá hagkvema "smávirkjun" í Lagarfossi með því að losna við kostnaðarsama stifflugerð og er því ekki nema eðlilegt að sú ástlun verði könnuð til hlýtar, aður en í hana er ráðist. Hinsvegar hefði ég ekki lagt hana fram ef ég teldi hana ekki framkvæmanlega.

Virðingarfyllst,

Sigurður Thoroddsen

(sign)

P.S.

A séretóku blaði er hér fylgir eru myndir af varnargardí, sem gerður var við Laxárvirkjunina. Garðurinn er gerður úr sprengdu hraungrjóti að mestu, íblandað gjall mýl. Grjótið er yfirleitt smátt eins og á myndunum sést, en valið var storrra grjótið í kantinn. Ekki bar á því að grjótið skolaðist burtu þegar garðurinn var gerður, þótt smátt væri.

Að ánni er svo brengt með garðinum að hún er um 15 m breið, þar sem hér hún er mjóst. Vatnsrennsli var þarna meðan á byggingu garðsins stóð 45-60 m³/sek. venjulega og í vorleysingum 100-150 m³/sek. Sínu sinni á byggingatímanum kom hlaup í ána og var rennslið þá talið hafa verið 350 m³/sek. sem þó stóð ekki nema í 5 minútur og rann þá yfir garðinn án þess að hann sakæfi. Fall í ánni meðfram garðinum mun rúmir 4 m og vatnsborðamunur meðan unnið var í stöðvarhúsgrunni 6-7 m ef miðað er við það hvar leki kom fram. Breidd garðsins mun þar 8-10 m.

Steinastærðin sem valin var í kanta var yfirleitt ekki yfir 40-60 cm, en þó voru stöku undantekningar frá því, en megnið af fyllingunni var mjög smátt.

Leki var gegnum pennan garð, en ekki mikinn, undirstaða hans var stórgrytti með möl á milli.

S. Th.

