



ORKUSTOFNUN

Auðlindadeild

Berufjarðarvirkjun

Haukur Tómasson

2000

OS-2000/026



ORKUSTOFNUN
Auðlindaeyild

Verknr. 8-520846

Haukur Tómasson

Berufjarðarvirkjun

OS-2000/026

Apríl 2000

ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Rvk. - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

Netfang: os@os.is - Veffang: <http://www.os.is>



Skýrsla nr: OS-2000/026	Dags: Apríl 2000	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Berufjarðarvirkjun	Upplag: 40	
	Fjöldi síðna: 10	
Höfundar: Haukur Tómasson	Verkefnisstjóri: Haukur Tómasson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Virkjunaráætlun	Verknúmer: 3-520846	
Unnið fyrir:		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni eru rifjaðar upp fyrri áætlanir um virkjanir í Berufirði. Elstu áætlanir eru frá 1974. Voru þær byggðar á kortum í mælikvarða 1:50.000 með 20 m hæðarlínubili og þess vegna mjög ónákvæmnar. Lítið er um miðlanir á svæðinu og rennsli með mjög sterk dragaréinkenni. Hér er birt ný tilhögun, sem byggist að miklu leyti á áætlunum um Hraunavirkjun. Frá henni eru teknar Suðurfjarðaveita og Líkárvatnsveita og leiddar í virkjun niðri í Berufirði með frárenslu við sjávarmál. Virkjunin verður 153 MW og orkugeta um 1000 GWh/ári. Kostnaður um 18.200 Mkr eða 18,2 kr/kWh/á ári		
Lykilorð: Berufjörður, Hraun, virkjunaráætlanir, rennsli, miðlanir, kostnaður	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: <i>Haukur Tómasson</i>	
	Yfirfarið af: HA, PI	

Efnisyfirlit

1. Inngangur	3
2. Skýrslan frá 1974	3
3. Skýrslan frá 1976	4
4. Aðrar hugmyndir	4
5. Hraun og Berufjörður	4
6. Berufjarðarvirkjun	
6.1 Lýsing mannvirkja	5
6.2 Rennsli	6
6.3 Kostnaður	7
6.4 Niðurstaða	8

Töflur

1. Rennsli til Berufjarðarvirkjunar	6
2. Miðlanir	7
3. Framkvæmdakostnaður	8

Myndir

1. Kort af virkjunarsvæðinu	Í kápuvasa
2. Kerfismynd	10

1. INNGANGUR

Virkjun í Berufirði hefur lengi verið til á pappírnum en löngum hefur skortur á miðlunum mjög staðið í vegi fyrir frekari athugun á nýtanleika þessa virkjunarkosts. Svæðið upp af Berufirði er mjög úrkomusamt og sérstaklega háfjallið, sem er auk þess í um 600 m hæð og þar yfir. Vegna miðlunarskortsins hefur mikið verið litið til þess að virkja afrennsli til Berufjarðar og nærliggjandi svæða með Jökulsá í Fljótsdal, annaðhvort í svokallaðri Hraunavirkjun niður í Fljótsdal, eða í Berufjarðarvirkjun með öllu vatni vatn af Eyjabökkum og Hraunum. Miðlun í þeim hugmyndum er aðallega á Eyjabökkum.

2. SKÝRSLAN FRÁ 1974

Upprunalegu hugmyndirnar að virkjun í Berufirði byggist á að safna saman rennsli af hálandinu vestur af Berufirði og virkja það niður í Berufjarðarbotn. Safnað yrði saman rennsli af vatnasviðum Hamarsfjarðar, Berufjarðar og Grímsár í Skriðdal. Fyrsta skýrslan um þennan virkjunarkost kom út árið 1974 og heitir “Berufjarðarvirkjun, frumáætlun” eftir Gunnlaug Jónsson. Á þessum tíma voru engin kort til af þessu svæði í mælikvarða 1:20.000 og einnig voru vatnamælingar á svæðinu af mjög skornum skammti. Gunnlaugur notaði einingarverð frá áætlunum um Bessastaðaá, sem var í vinnslu 1973. Hann skoðaði tvær tilhaganir, sem bjóða upp á áfangaskiptingu.

Áfangi 1: Virkjað rennsli af vatnasviði Líkár, Ódáðavatna og Leirudals.

Áfangi 2: Virkjað rennsli af Sauðahlíðum með Geitdalsá og Hamarsá.

Í þriðja lagi er auk þess hægt að fá viðbótarvatn með þakrennu úr Þrándarjökli og Nóntindi. Sú útfærsla var ekki könnuð frekar.

Samkvæmt tillögu Gunnlaugs var gert ráð fyrir löngum skurði og lágmarks gangalengd í aðrennsli en frárennsli var göng og töluverður skurður niður í um 20 m hæð. Þessi áætlun var gerð á þeim tíma þegar jargöng voru einungis notuð, þegar alla aðra kosti þraut. Gert var ráð fyrir að ná mætti góðri miðlun í Líkárvötnum með stíflu nokkuð neðan vatnanna upp í hæð þeirra. Yfirborð þeirra er í tæplega 600 m hæð og verg fallhæð því 550 m. Einnig var ætlunin að miðla í Leirdal. Kortin sem nú eru fengin af virkjunarsvæðinu sýna að þessi stóra miðlun í Líká er ekki raunhæf.

Erfitt er að framreikna kostnað og orkugetu yfir mikið verðbólguhaf og breyttar aðferðir við uppsetningu kostnaðaráætlana. Hámarksvirkjun er 1040 GWh/ári þegar miðlun er 333 Gl. Kostnaður væri 12 000 Mkr á verðlagi desember 1996. Á orkueiningu væri þetta um 12 kr/kWh/á ári. Ef þetta væri rétt væri hér um mjög hagkvæma virkjun að ræða. En því miður er miðlunargeta stórlega ofmetin og kostnaður miðlunar mjög vanmetinn. Samkvæmt orkuverði þessa tíma var hér um lágt verð að ræða eða frá 4,8 til 5,8 kr á kWh/á ári. Verð frá Bessastaðavirkjun var til dæmis 5,5 kr á kWh á ári á þessum tíma. Umdeilt var hversu ódýr Bessastaðavirkjun væri. Hún var allavega dýrari en stórvirkjanir, sem þá voru í sigti.

3. SKÝRSLAN FRÁ 1976

Á árinu 1976 vann Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf skýrslu fyrir Orkustofnun um virkjun Berufjarðarár. Þessi skýrsla byggir að mestu á sömu gögnum og skýrsla Gunnlaugs og er að mestu endurreikningur á þeim hugmyndum sem þar birtust. Aðrennslisskurður er lengri og göng styttri og virkjað er alveg niður í sjó. Verg fallhæð verður því um 580 m. Skoðuð var þakrenna úr Þrándarjökli alla leið í Geihellnaá. Hún var ekki talin hagkvæm fremur en Sauðahlíðar í norðri og var þeim því sleppt í frekari reikningum.

Kostnaður reiknaður á sama hátt og áður yrði 16. 700 Mkr. Orkugeta var metin á 500 GWh samkvæmt stærstu gerð virkjunar. Kostnaður á orkueiningu yrði því 33 kr á árs kWh eða nærri því 3 sinnum hærrí en í reikningum 1974. Þessi orkukostnaður taldist á þeim tíma hár. Til samanburðar má nefna Hvítárvirkjanir, sem áætlaðar voru á sama tíma og gáfu orkukostnað 15-18 kr á árs kWh. Sé orkukostnaður Berufjarðarvirkjunar metinn út frá þessum gögnum er hann mjög hár. Óvissa í kostnaði og orkugetu er mjög mikill, en það breytir þó varla niðurstöðu þessarar skýrslu, þ.e. að Berufjarðarvirkjun er dýr á orkueiningu.

4. AÐRAR HUGMYNDIR

Á þeim tíma sem unnið var að mynsturáætlunum um virkjanir í jökulsánum á Austurlandi, sem lauk 1978, kom sú hugmynd fram að virkja Jökulsá í Fljótsdal niður í Berufjörð. Lauslegir reikningar voru gerðir, sem ekki bentu til að það væri hagkvæm lausn. Alltof hátt verð á jarðgöngum gáfu m.a. þessa niðurstöðu. Árin 1994-95 fengu verkfræðinemar við Háskóla Íslands það verkefni í samvinnu við Vatnsorkudeild Orkustofnunar að reikna virkjun niður í Berufjörð með nýtingu vatnsins í Jökulsá í Fljótsdal og á Hraunum. Niðurstaða þessara reikninga var frekar jákvæð. Frekari úrvinnsla hefur ekki farið fram eða skýrsla samin. Loftur Þorsteinsson verkfræðingur reiknaði þessa virkjun einnig vegna hugmynda um raforkusölu til Evrópu um sæstreng. Niðurstaða þeirra reikninga er ekki í okkar höndum.

5. HRAUN OG BERUFJÖRÐUR

Berufjarðarvirkjun hefur aldrei verið reiknuð eftir að frekari og betri gögn komu í formi korta í mælikvarða 1:20.000, vatnamælinga, vatnafræði og töluverðrar jarðfræðikortlagningar. Þessara gagna var aflað vegna hugmynda um Hraunaveitur eða Hraunavirkjun. Virkjaða rennslið í Berufjarðarvirkjun er að mestu það sama, og næst með Suðurfjarða- og Líkárvatnsveitu í Hraunaveitum. Því er hægt að nota þessi gögn lítið breytt til reikninga á Berufjarðarvirkjun. Gallinn við sérstaka virkjun í Berufirði er miðlunarskorturinn, en einungis er hægt að ná þar um 150 GJ miðlun sem næst í mörgum miðlunum, sem allar eru mjög dýrar, eða með um þrefalt hærrí jaðarkostnað en yrði á Eyjabökkum eða við Jökulsá á Dal.

Margar skýrslur hafa verið gerðar um Hraunavirkjun og fjalla þær allar meir eða minna um veiturar, sem inn í hana ganga. Skýrslurnar eru listaðar í heimildaskrá. Auk skýrslugerðar hefur farið fram töluverð vinna tengd umhverfisþáttum. Þar má nefna gróðurkortagerð og ýmis atriði varðandi mat á landslagi með tilliti til náttúruverndargildis. Það má því segja að rannsóknarstaða þessa svæðis sé nokkuð góð og má vinna ýtarlega forathugunnarskýrslu byggða á fyrirliggjandi gögnum. Öll fór þessi vinna fram á þessum ártug nema hluti jarðfræðikortagerðar, sem var unnin í framhaldi forathuganna sem gerðar voru 1974 og 1976 og getið er hér að framan.

6. BERUFJARÐARVIRKJUN

6.1. Lýsing mannvirkja

Eins og fyrr var greint frá eru tvær veitur Hraunaveitu, þ.e. Suðurfjarðarveita og Líkárvatnsveita, teknar til virkjunar í Berufirði. Þær mætast við Líkárvatn í tæplega 600 m hæð. Þar verða stjórnmannvirki veitnanna og virkjunargöng sem liggja þaðan niður í Berufjörð, samtals 12,4 km. Úr norðri er veitt úr Leirudal og Hornbrynjuhlakka til veitu frá Geitdalsá. Einnig verður veitt þangað vatni Ódáðavatna. Síðan er öllu vatni veitt um skurð til Líkárvatns. Í Leirudal verður 40 Gl miðlun og í hinum þrem vötnunum um 25 Gl samtals. Á mynd 1 er lega mannvirkja sýnd á korti, en kerfismynd með afstöðu mannvirkja, rennsli og miðlunum er sýnd á mynd 2.

Suðurveitan tekur vatn úr Hamarsá, Geithellnaá, Hofsárvötnum (Hofsá), Hnútuvatni, Kollumúlavatni og úr Víðidalsá. Þetta er að mestu óbreytt frá Hraunaveitu nema hæðarlega er önnur og veldur það því, að ekki þarf að dæla Kollumúlavatni. Frá Víðidal liggja lágmarks jarðgöng, 7,5 km löng, til Geithellnaár. Inn í þau eru stutt hliðargöng til Hnútuvatns. Sunnan Geithellnaár eru nokkrar smámiðlanir sem samtals eru um 20 Gl. Veita frá Þrándarjökli að sunnan kemur inn í göngin norðan Geithellnaár og eru 2 km af þeim vatnsvegi göng. Á þessum stað þarf að vikka aðalgöngin til að bera 30 m³/s og eru þau þannig til Hamarsár þar sem þau koma út í Innri Hamarsbót. Stíflað er fyrir gljúfrið neðan við Innri Hamarsbót með um 60 m hárrí stíflu. Myndast þar 40 Gl miðlun. Hæsta vatnsborð miðlunar verður 605 m y. s. Í Hamarsárvatni verður einnig miðlun um 20 Gl. Við Hamarsá norðanvert í Innri Hamarsbót liggja göng til Líkárvatns, 6 km að lengd og með sama þvermál og virkjunargöngin.

Megingöngin eru tvenn. Annarsvegar eru veitugöng ánnu sunnan við Hamarsá. Þau eru samtals 16,5 km að lengd, þar af 7,5 km lágmarks göng fyrir 20 m³/s, en 9 km fyrir 31 m³/s. Hinsvegar eru veitugöng Hamarsár til Líkár og þaðan virkjunargöng fram á fjallsbrún. Þessi göng eru samtals 16,8 km að lengd og gerð fyrir 31 m³/s rennsli. Á fjallsbrún verður jöfnunarþró og lóðrétt fallgöng til stöðvarhúss neðanjarðar. Að stöðvarhúsi eru stutt aðkomugöng (0,8 km) og frárennsli (1,6 km).

Frekari veitur eru ekki teknar með hér, en hægt er að veita vatni úr Hornbrynju að vestan yfir í Líkárvatnsveitu og einnig úr Sauðahlíðum, eða öðru nafni Hraunagarði að austan, einnig til Líkárvatnsveitu. Hornbrynja er vel þekkt og er sennilega á mörkum strangra hagkvæmnimarka, en lítið er vitað um Sauðahlíðar og hagkvæmni því vafasöm. Sá kostur hefur verið skoðaður að virkja úr miðlunarlónum, sem flest

eru í töluvert meiri hæð en meginvatnsvegur Berufjarðarvirkjunar. Að virkja úr þessum miðlunum og rennsli af öðru hærra landi getur verið áhugavert. Þetta gefur af sér meiri miðlaða orku. Staðirnir sem nýta má eru í fyrsta lagi Leirudældin sem gæti nýtt um 100 m fall niður í Líkárvoðn. Hinsvegar eru suðurveitur, sem nýta fallið niður í miðlunina í Innri Bót. Hæsta fallið verður úr Geithellna- og Hamarsár-vötnum yfir 200 m. Einnig væri hægt að nýta fall úr Hnútvatni, um 70 m, og úr Víðidal 30 m. Með lokum í göngum er stýrt hvaða fallhæð er notuð, en stöðvarhús væri eitt, staðsett neðanjarðar nærri suðurenda veituganga. Þessi virkjun gæti sennilega bætt við um 100 GWh/ári. Hagkvæmni er óviss.

Tafla 1
Rennsli til Berufjarðarvirkjunar

	Vatnasvið Km ²	Afrennsli l/s/km ²	Rennsli m ³ /s	Ársrennsli Gl/á
Hornbrynjuslakki	18,0	61	1,10	31
Leirudalur	22,8	69	1,57	53
Líkárvatn	50,7	67	3,40	107
Ódáðavötn	13,5	64	0,87	27
Samtals Líkárvatnsveita:	105,0	66	6,94	218
Hamarsá	103,9	98	10,15	319
Geithellnaá	52,5	125	6,56	206
Víðidalsá	49,3	85	4,19	132
Hofsá	10,3	136	1,40	44
Samtals Suðurfjarðaveita	216,0	103	22,3	701
Samtals Berfjarðarvirkjun	321,0	95	29,2	919

6.2. Rennsli

Rennsli er fengið úr skýrslum um Hraunaveitu, en mikið átak var gert til að fá áreiðanlega mynd af rennslinu með uppsetningu margra vatnshæðamæla, miklum rennslismælingum og veðurathugunum. Enn vantar að gera líkan af rennslinu og lengja rannslisráðir. Í allt er rennslið 29,2 m³/s. Það er með mjög sterk dragareinkenni með mjög lítið vetrarrennsli en miklar vorleysingar. Á sumrin eru verulegar leysingar úr mjög hátt liggjandi fönnum og Þrándarjökli. Um fjórðungur vatnsins kemur úr Líkárvatnsveitu og $\frac{3}{4}$ úr Suðurfjarðaveitu. Miðlun er 32% í Líkárvatnsveitu og 11% í Suðurfjarðaveitu. Í allt er miðlun 16%. Nýtanlegt rennsli reiknast um 80%, sem er lág nýting og stafar það af lélegri miðlun. Hér á eftir er tafla yfir miðlanir:

Tafla 2
Miðlanir

	Hæð m y. s.	Rými Gl
Leirudalur	682-704	40
Ódáðavötn	614-618	17
Líkárvatn og Geitdalur	590-598	13
Hamarsvatn	805-820	20
Innri-Bót	570-605	40
Vatn	810-820	5
Hnútuvatn	678-685	4
Hofsáravötn	708-715	3
Kollumúlavatn	625-635	8
		150

6.3. Kostnaður

Kostnaður er reiknaður í virkjunarlíkani Orkustofnunar á verðlagi í desember 1993. Einstök mannvirki eru ekki brotin niður í liði en mörg þeirra eru reiknuð í skýrslunum um Hraunavirkjun og þar sundurliðuð. Smá mannvirki eru flest samkvæmt mati úr Hraunavirkjunarskýrslum. Hér á eftir er tafla um kostnaðareikninga. L er lengd mannvirkis í m eða km; Q er hönnunarrennsli mannvirkis; R er rúmmál mannvirkis í Gl. Álag vegna verðbólgu á árunum 1993 til 1999 er 1,061.

Kannað var mjög lauslega hvort til greina kæmi að gera veitur úr Hornbrynju og Sauðahlíðum. Ekki virðist það áhugavert að sinni, en það gæti komið til greina síðar þegar jaðarkostnaður má vera töluvert hærrí en nú. Veita til virkjunarinnar án frekari miðlana gefur af sér rúmlega 31 GWh/á ári í meðaltal á hvern m^3/s , sem veitt er og er það 80% af rennslisorku. Líklega er veita úr Hornbrynju og Sauðahlíðum með um 5 m^3/s rennsli, og sjálf veitan mætti ekki kosta yfir 8 kr á árs kWh í verkkostnaði til þess að teljast áhugaverð. Ekki er líklegt að það náist nema til komi miðlanir sem auka nýtni rennslisorku. Það er ekki hægt í Berufjarðarvirkjun, en miðlanir annars staðar gætu aukið orkuvinnslu virkjunarinnar og einnig gæti virkjunin séð fyrir nægu afl í vorflóðatíma, sem mætti nýta meðan jarðgufustöðvar færu í árlegt eftirlit og jafnvel til að hvíla háhitasvæði.

Einnig gefa jarðgufuvirkjanir meira afl á veturnum en sumrum og munar þar um 5% og getur það sparað miðlun vatnsaflsvirkjuana í samrekstri við jarðgufustöðvar. Þetta getur skapað markað fyrir illa miðlaðar vatnsaflsvirkjanir.

Tafla 3
Framkvæmdakostnaður

	Einingar	Kostnaður Mkr
Stöðvarmannvirki:		
Göng og sveifluþró	L 0,8; Q 31	223
Inntak	Q 31	129
Fallgöng	L 500; Q 31	331
Aðkeyrslugöng	L 0,8	262
Stöðvarhús	MW 151	663
Vélar og rafbúnaður	MW 151	2146
Frárennsli	L 1,5 og Q 31	225
Samtals		3979
Megin vatnsvegur:		
Víðidalsgöng	L 7,5; Q 20	722
Geithellna Hamarsárg.	L 9,0; Q31	1061
Stífla Innri-Bót	R 1,7; Q 40 Gl	1300
Innri-Bót Líkárvatns göng	L 6,0; Q31	715
Líkárvatn Fossárfells göng	L 10; Q 31	1181
Samtals		4979
Annud veita og miðlun:		
Víðidalur Hofsa Hnúta	Göng stíflur f.	666
Geithellnaá	Göng stíflur f.	292
Hamarsá	Stíflur skurðir	242
Leirudalur Líkárvötn	Stíflur skurðir	597
Stöðvarbyggð og vegir		412
Samtals:		2209
Samtals verkkostnaður		11167
Samtals með álagi	Álag 1,644	18358

6.4. Niðurstaða

Kostnaður virkjunarinnar er **18.358 Mkr á verðlagi janúar 1999**. Kostnaður á kWh er **18,4 kr/kWh/ári**. Samkvæmt þessu er hér um hagstæða virkjun að ræða. Til samanburðar við Fljótsdalsvirkjun má geta þess að rennslisorka hennar er 140 GWh/ári meiri og orkugeta um 400 GWh/ári meiri en frá Berufjarðarvirkjun. Orkugeta og rennslisorka er jafn mikil fyrir Fljótsdalsvirkjun. Þetta stafar af samkeyrslu Austurlands og Suðurlands. Svipuð áhrif ættu að vera fyrir Berufjarðarvirkjun en minni vegna skorts á miðlun. Verðmunur virkjananna er um 3 kr á kWh/ári Fljótsdalsvirkjun í vil. Það eru eingöngu hinar gríðastóru virkjanir í Jökulsánum á Brú og Fjöllum sem geta gefið ódýrari orku.

Helstu stærðir:

Rennsli	29,2 m ³ /s	Virkjað rennsli	31,0 m ³ /s
Vatnasvið	308,3 km ²	Miðlun	150 Gl
Verg fallhæð	605 m y. s	Hönnunarfallhæð	557 m y. s
Rekstrarfallhæð	570 m y. s	Rennslisorka	1260 GWh/ári
Orkugeta	1010 GWh/ári	Afl	151 MW

7. Heimildir

Árni Hjartarson, Þórólfur H. Hafstað 1995. Sviðinhornahraun, berggrunnskort vegna Hraunavirkjunar. OS-95003/VOD-02B.

Erlingur E. Jónasson, Árni Snorrason 1996. Hraunavirkjun, kostnaðaráætlun-kerfisgrining. OS-96009/VOD-01.

Erlingur E. Jónasson 1996. Rennliseftirlíkingar á Hraunavirkjun 44 ára raðir. Greinagerð EEJ-96/01

Gunnlaugur Jónsson 1974. Berufjarðarvirkjun, frumáætlun. OS-ROD 1974.

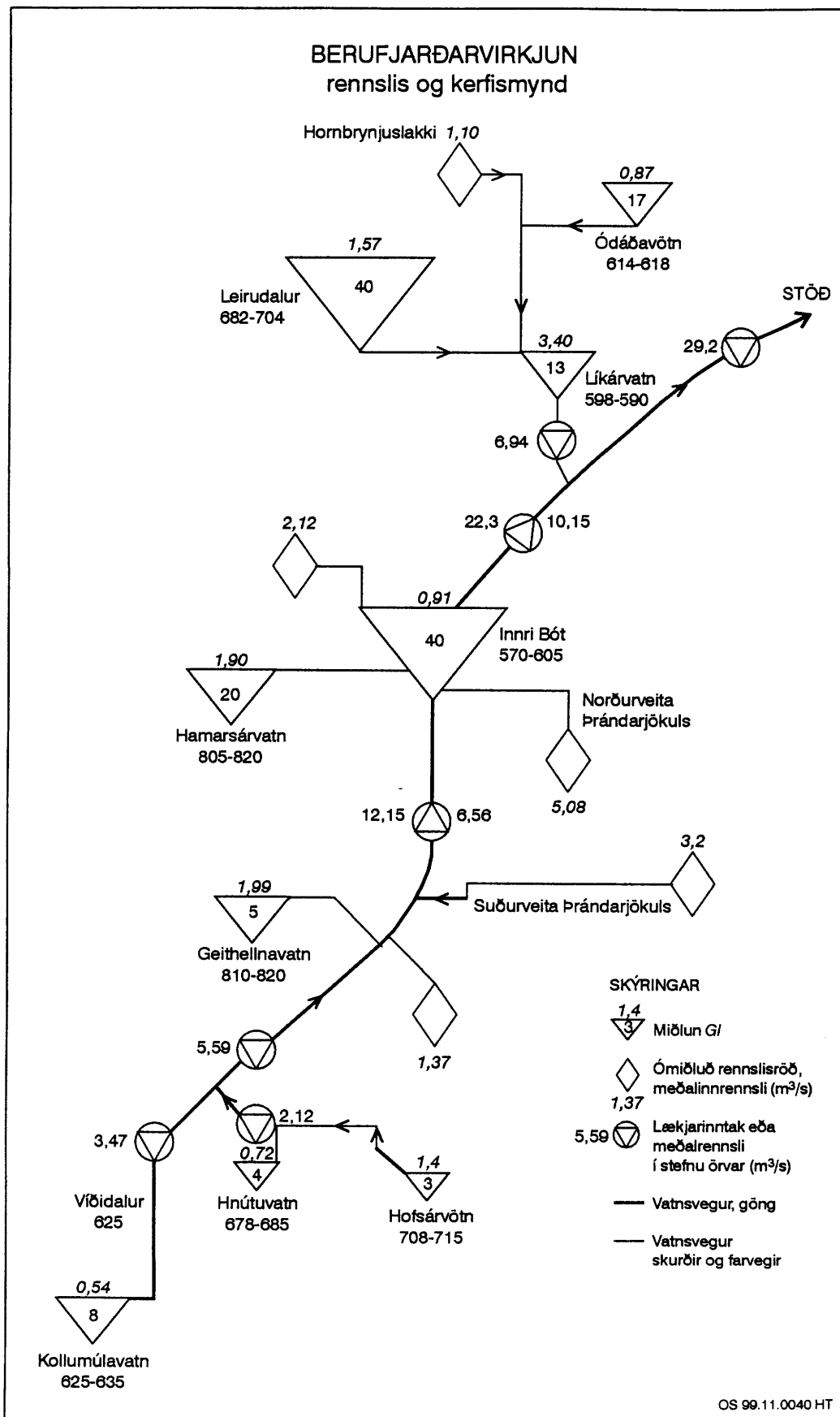
Halldór Pétursson 1993. Hraunavirkjun, forathugun-kerfisgreining. OS-93064/VOD-12B.

Haukur Tómasson 1991. Hraunavirkjun í Fljótsdal. HT-91/01.

Haukur Tómasson 1992. Hraunavirkjun meiri, lausleg forathugun. OS-92046/VOD-12B

Snorri Zophóníasson, Björn Jónasson 1979. Fossá í Berufirði, jarðfræðikönnun á virkjunarsvæði. OS-79015/ROD-06.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf. 1976. Berufjarðarvirkjun.



Mynd 2. Kerfismynd.

