Hörður Svavarss.
81/02

ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

ÞJÓRSÁRVIRKJANIR, FORATHUGUN Á VIRKJUN ÞJÓRSÁR NEÐAN BÚRFELLS

Hörður Svavarsson

HS—81/02

Júlí 1981

ÞJÓRSÁRVIRKJANIR, FORATHUGUN Á VIRKJUN ÞJÓRSÁR NEÐAN BÚRFELLS

Hörður Svavarsson

HS—81/02

Júlí 1981

ÁGRIP

Lýst er tilhögun virkjana í Þjórsá neðan Búrfells og hagkvæmni þeirra könnuð. Tilhögun I gerir ráð fyrir því að reisa 3 virkjanir í Þjórsá, við Núpsfjall, Búðafoss og Urriðafoss. Orkuvinnslugetan verður um 2305 GWh/a og afl 451 MW. Í tilhögun II er áætlað að reisa 2 virkjanir, þá efri við Skarðsfjall (Núpsfjall) og veita síðan Þjórsá frá Búðafossi niður Holtin að stöðvarhúsi neðri virkjunarinnar (Holtavirkjun), sem staðsett yrði rétt ofan við Áshól með frárennslisskurði meðfram Steinholtslæk út í farveg Þjórsár aftur. Orkuvinnsla yrði 2645 GWh/a og afl 516 MW. Tilhögun III er sama og II að viðbættri veitu úr Ytri-Rangá (45 m^3/s) yfir í lón neðan við Búðafoss, sem nýtast myndi fyrir Holtavirkjun. Orkuvinnslugeta er áætluð um 2855 GWh/a og afl 555 MW. Orkuverð við stöðvarvegg verður 3,03 kr/kWh í fyrstu tilhöguninni, en 2,96 kr/kWh í þeirri síðastnefndu.

EFNISYFIRLIT

bls.

ÁGRIP 1

EFNISYFIRLIT 2

SKRÁ YFIR TÖFLUR 2

SKRÁ YFIR MYNDIR 3

1 INNGANGUR 4

2 ELDRI RANNSÓKNIR OG ÁÆTLANIR 4

3 TILHÖGUN VIRKJANA 5

4 VATNAFRÆÐI 11

5 VATNSVEGIR 12

6 STÍFLUR 14

7 STOFNKOSTNAÐUR 14

8 ORKUVINNSLA OG ORKUKOSTNÐAUR 15

9 EINSTAKAR VIRKJANIR OG VIRKJANA TILHAGANIR 20

EFTIRMÁLI 23

HEIMILDASKRÁ 24

SKRÁ YFIR TÖFLUR

TAFLA 1 Rennslisraðir 11

TAFLA 2 Vatnasvið og rennsli 12

TAFLA 3 Skurðir, magntölur 13

TAFLA 4 Stíflur og lón, magntölur 14

TAFLA 5 Stofnkostnaður virkjana 14

TAFLA 6 Orkuvinnsla og kostnaðartölur 15

SKRÁ YFIR MYNDIR

bls.

MYND 1 Langsnið í vatnsvegi virkjunar 6

MYND 2 Yfirlitskort, Núpsvirkjun (Skarðsvirkjun) 8

MYND 3 Yfirlitskort, Búðafossvirkjun 9

MYND 4 Yfirlitskort, Urriðafossvirkjun 10

MYND 5 Yfirlitskort, Holtavirkjun (í vasa aftast).

MYND 6 Samanburður á orkuverði við stöðvarvegg 16

MYND 7 Árlegur hagnaður virkjana 17

MYND 8 Orkuvinnsluferlar, Þjórsárvirkjanir 19

MYND 9 Yfirlitskort, Urriðafoss tilhögun II 22

ÞJÓRSÁRVIRKJANIR, FORATHUGUN Á VIRKJUN ÞJÓRSÁR NEÐAN BÚRFELLS.

1 INNGANGUR

Greinargerð þessi fjallar um forathugun á tilhögun virkjana í Þjórsá neðan Búrfells. Fallhæð Þjórsár, frá frárennsli Búrfellsvirkjunar og niður að sjávarmáli, er um 126 m. Svæði þetta verður hér eftir kallað „Neðri-Þjórsá".

Tilgangur með athugun þessari er að kanna hagkvæmni virkjana í "Neðri-Þjórsá" miðað við aðrar virkjanir. Einnig að bera saman mismunandi virkjunarmöguleika í "Neðri-Þjórsá". Það er gert með það í huga að tímabært er að hefja forrannsóknir á svæðinu. Hagkvæmni virkjunarkosta ræður miklu um það hvar hafist verður handa um forrannsóknir. Við útreikninga voru notuð forrit sem þróuð hafa verið á Orkustofnun (sjá Gunnlaugur H. Jónsson 1980). Allar kostnaðartölur eru í gömlum krónum nema annað sé tekið fram og miðaðar við verðlag eins og það var í maí 1976 (vísitala byggingakostnaðar 105). Vísitala byggingakostnaðar í júlí 1981 er 739 (margföldunarstuðull ∿7,04).

2 ELDRI RANNSÓKNIR OG ÁÆTLANIR

Hingað til hefur lítið verið aðhafst á sviði jarð- og jarðeðlisfræði á því svæði sem þessar virkjanir koma til með að standa á. Helst er að Guðmundur Kjartansson (1954) hefur kannað lauslega jarðfræði svæðisins í kringum Urriðafoss.

Nokkrar áætlanir hafa áður verið gerðar um virkjun „Neðri-Þjórsár". Áætlanir þessar eru flestar mjög lauslegar og byggðar á ófullkomnum gögnum. Heimildir fyrir þeim er að finna í skýrslu Landsvirkjunar 1980, „Þjórsár-virkjanir, mynsturáætlun um orkunýtingu á vatnasviði Þjórsár niður fyrir Búrfell". Hér á eftir verða taldar upp nokkrar þær helstu.

Áætlun G. Sætersmoen 1918: Gert var ráð fyrir 4 virkjunum í „Neðri-Þjórsá", Skarð (48 MW, 13 m fall), Þjórsárholt (65 MW, 18 m fall), Hestafoss (65 MW, 18 m fall) og Urriðafoss (110 MW, 30 m fall). Alls gerir þetta 79 m fall og afl uppá 288 MW.

Fyrsta heildaráætlun um virkjanir á vatnasviði Þjórsár og Tungnaár er í greinargerð Sigurðar Thoroddsen árið 1954. Í „Neðri-Þjórsá" er gert ráð fyrir virkjunum á sömu stöðum og í áætlun Sætersmoen frá 1918, gert er ráð fyrir sömu fallhæð en til viðbótar veitu úr Hvítá í Þjórsá fyrir ofan Urriðafoss (Árhraunsveita).

Í apríl 1955 gerði Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen samanburðaráætlanir um fjórar mismunandi tilhaganir við 80 MW virkjun við Urriðafoss.

1960 birti Harza mynzturáætlun sína, þar var gert ráð fyrir virkjun við Skarð (140 MW, 36 m fall), Búðafoss (60 MW, 14 m fall) og Urriðafoss (140 MW, 35 m fall). Alls gerir þetta afl uppá 340 MW og 85 m fall. Þar er einnig bent á þann möguleika að veita Hvítá yfir í Þjórsá og að sleppa Búðafossi og stækka um leið virkjun við Skarð, til dæmis með löngum jarðgöngum, þannig að mestallt fallið nýttist í einni virkjun.

1962 flutti Sigurður Thoroddsen erindi um vatnsafl Íslands (tímarit VFÍ). Þar gerði hann ráð fyrir 3 virkjunum á svæðinu: Skarð (36 m fall), Búðafoss (14 m fall) og Urriðafoss (37,5 m fall, án Árhraunsveitu).

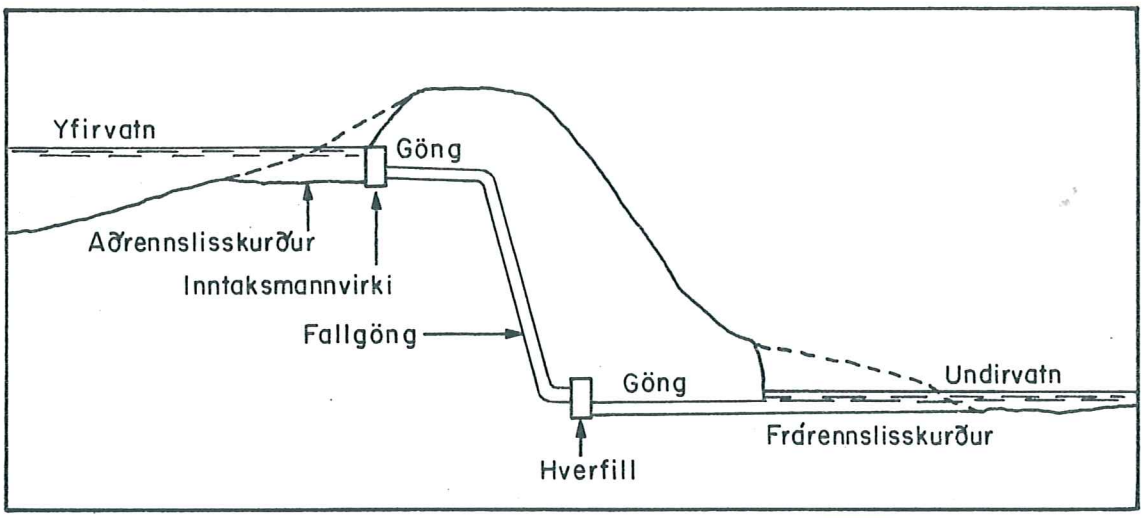
Á árunum 1965-1966 unnu norsku verkfræðiráðgjafasamtökin NORENO að gerð mynzturáætlunar um Þjórsár- og Hvítárvirkjanir á vegum Sameinuðu Þjóðanna. Kannaðir voru 3 virkjunarstaðir, Skarð, Búðafoss og Urriðafoss. Einnig var Árhraunsveita könnuð. Talið var óhagkvæmt að virkja Búðafoss.

Árið 1967 var birt mynzturáætlun um Þjórsár og Hvítárvirkjanir, gerð af VST á árunum 1965-1966. Þar er gert ráð fyrir virkjunum við Núp (115 MW, 37 m fall) og við Urriðafoss (208 MW, 36 m fall) með Árhraunsveitu. Við endurskoðun á vatnsafli Íslands (VST 1971) er gert ráð fyrir 132 MW virkjun við Núp og 242 MW virkjun við Urriðafoss. Þessar tölur eru óbreyttar í skýrslu Landsvirkjunar 1980.

3 TILHÖGUN VIRKJANA

Hér á eftir verður greint frá þremur tilhögunum við virkjun Þjórsár neðan Búrfells.

Tilhögun I: Þrjár virkjanir (Núpsvirkjun, Búðafossvirkjun og Urriðafossvirkjun) allsstaðar er virkjað í farvegi Þjórsár. Stíflur eru reistar í farveginum og til hliðar við ána til að hindra að vatn flæði yfir svæði sem standa lágt. Aðrennsli að stöðvarhúsum er þannig að fyrst er vatninu veitt í skurði að inntaksmannvirkjum. Þaðan er vatninu veitt, með láréttum aðrennslisgöngum (ófóðruðum) og hallandi fallgöngum eða þrýstipípum að hverflum í stöðvarhúsi. Frárennsli fer um frárennsligöng (ófóðruð) og/eða skurð út í árfarveginn aftur. Mynd 1 sýnir vatnsveg



MYND I LANGSNIÐ Í VATNSVEG VIRKJUNAR

VOD·VV·833 H.S.
81·07·0846·O.D.

virkjunar ef stöðvarhús er neðanjarðar. Þetta á ekki alltaf við, í sumum tilfellum eru stöðvarhús ofanjarðar. Aðrennsli fer þá um skurð og þrýstipípur í staðinn fyrir göng og frárennsli eingöngu um skurð.

Núpsvirkjun: Efsta virkjunin (mynd 2). Stíflað er í árfarvegi Þjórsár milli Núpsfjalls og Skarðsfjalls. Einnig er reist stífla frá Skarðsfjalli austur yfir Skarðs- og Yrjarheiði. Krónuhæð stíflu er í 129 m y.s. Mesta flatarmál lóns er um 29 km^2. Stöðvarhúsið stendur neðan við Núpsfjall og aðrennslisskurður meðfram hlíðum fjallsins. Frárennsliskurður er grafinn að mestu í árfarveginum niður í um 86 m y.s. Hugsanlegt er að nauðsynlegt sé að láta skurðinn ekki liggja stystu leið út í farveg Þjórsár, vegna erfiðleika við að veita ánni frá á meðan skurðurinn er grafinn. Mætti þá hafa skurðinn utan við árfarveginn niður undir Ölmóðsey, þá hugasanlega með lengri frárennslisgöngum. Þetta er þó líklega heldur dýrari leið.

Búðafossvirkjun: Stíflað er í farvegi Þjórsár rétt ofan við Búðafoss. Byggð er lág stífla austur yfir Hofsheiði yfir í Þjórsárholt (mynd 3). Krónuhæð stíflu verður í 92 m y.s. og hæsta staða í lóni 88 m y.s. Flatarmál lóns í hæstu stöðu er um 12 km^2. Stöðvarhúsið stendur vestan við ána og frárennslisskurður grafinn í farveg Þjórsár niður í 60 m y.s. Hægt er að veita Þjórsá í Árneskvísl á meðan skurðurinn er grafinn.

Urriðafossvirkjun: Stíflað er í farvegi Þjórsár þar sem heitir Sandholt. Síðan er stífla á vesturbakka árinnar austur að Háholti (mynd 4). Krónuhæð stíflu er í 54 m y.s. og hæsta staða í lóni 50 m y.s. Flatarmál lóns í hæstu stöðu er 9,3 km^2. Aðrennslisskurður er á austurbakka árinnar og stöðvarhús niður við ána þar sem hún fer að breiða úr sér aftur eftir að hafa runnið í þrengslum á um 3,5 km kafla vathshæð 9,5 m y.s

Uppistöðulón þau er myndast í öllum þrem virkjununum geta valdið skaða í sveitum í kring. Til dæmis hækkun á grunnvatni sem getur leitt til þess að svæði sem áður voru þurr geta breyst í mýrar. Stíflur þær sem liggja upp með ánni eru allar á frekar ungum hraunum, Þjórsárhrauni eldra og yngra, (sjá Elsa G. Vilmundardóttir 1977), (þar sem lekahætta getur verið mikil).

Tilhögun II: Gert er ráð fyrir 2 virkjunum á svæðinu, Skarðsvirkjun og Holtavirkjun.

Skarðsvirkjun: Þessi virkjun er svo til alveg eins og Núpsvirkjun í tilhögun I. Eini munurinn er sá að undirvatnshæð er 4 metrum lægri þ.e. í 82 m y.s., sjá mynd 2. Þar af leiðir að frárennslisgöng og skurður eru örlítið lengri.

Holtavirkjun: Þjórsá og Árneskvísl eru stíflaðar, rétt neðan við Búðafoss, þvert yfir Árnes ásamt stíflu austur yfir Hofsheiði (mynd 5). Krónuhæð stíflu er í 86 m y.s. og hæsta staða lóns í 82 m y.s. Þjórsá er síðan veitt í skurðum og með stíflum niður Holtin. Á hluta af veituleiðinni myndast smá lón en annars staðar rennur vatnið í skurðum. Inntakslón er myndað með stíflum rétt ofan við bæinn Hárlaugsstaði. Krónuhæð stíflu er í 85 m y.s. og hæsta staða lóns í 81 m y.s. Gert er ráð fyrir að falltap á veituleiðinni verði um 1 metri. Aðrennsli til virkjunarinnar

VOD-VV-833-H.S.
81.07. 0846. 'O.D.

Ásólfs-
staðir

Hagaey

ÞJÓRSÁ

Lón 125 m.y.s.

NÚPSFJALL

Skaftholt

100

Hugsanleg jarðgangaleið

Aðrennslisskurður

Stöðvarhús

Frárennslisskurður

86 m.y.s.

82 m.y.s.

100

SKARÐSFJALL

Hvammur

MIÐFELL

Hellar

Múli

100

Krókur

Skarð

Stóri Krókur

Fellsmúli

Klofalækur

N

0 1 Km

150

125

ÞJÓRSÁ

BÚRFELL

SKÝRINGAR

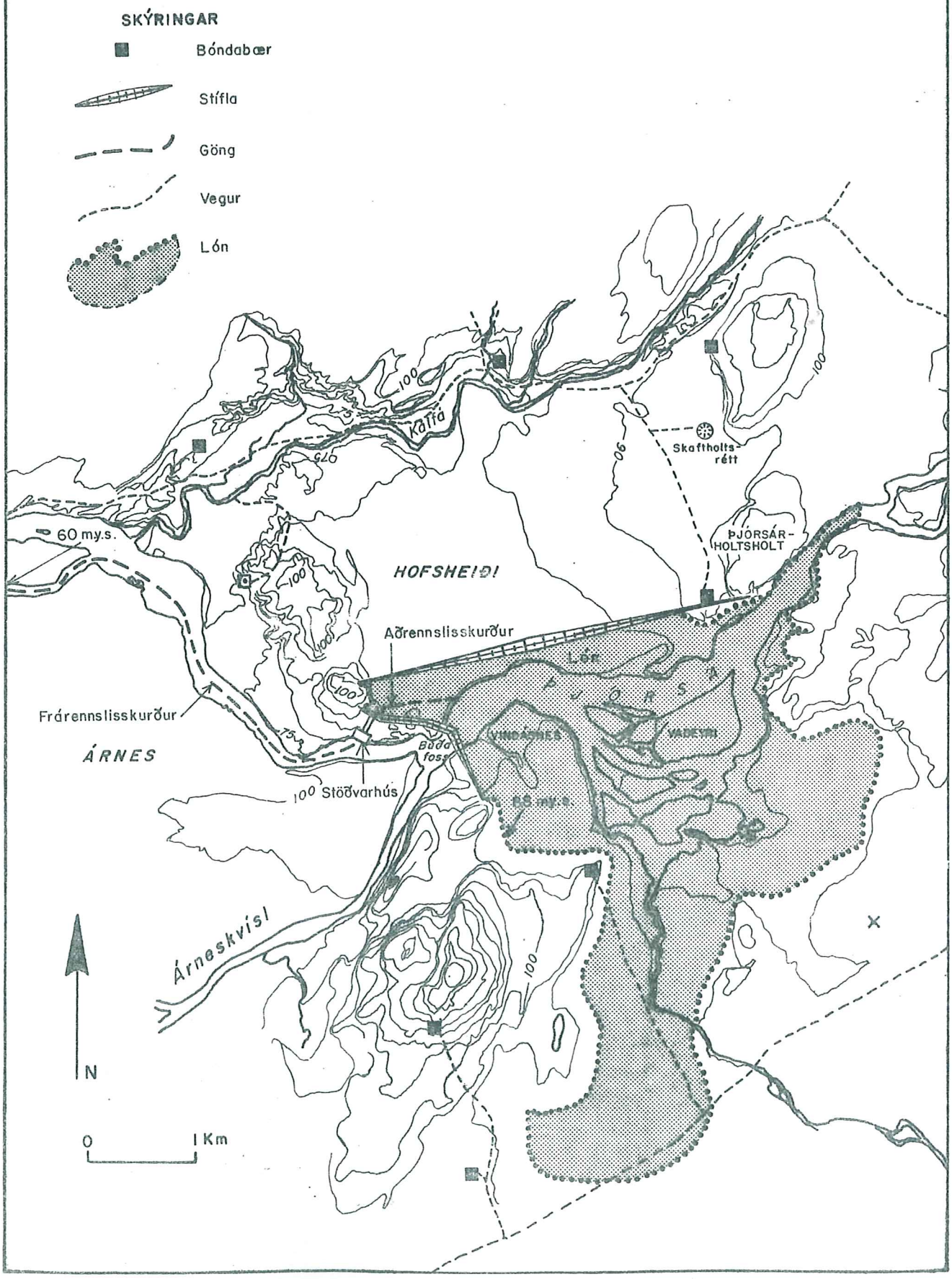
- Bóndabær
- Stífla
- Skurður
- Vegur
- Lón
- Gangaleið

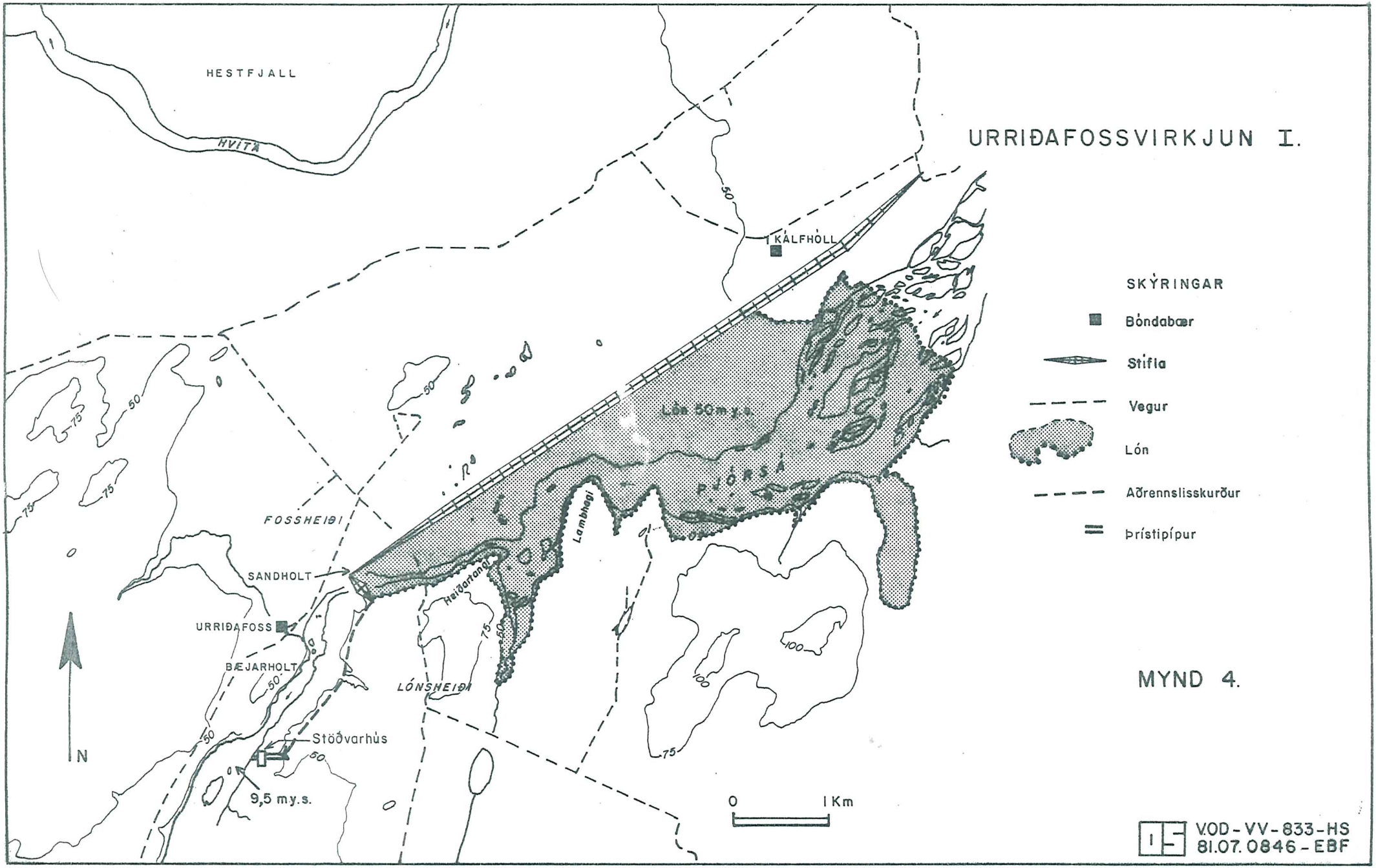
NÚPSVIRKJUN MYND 2:
(Skarðsvirkjun)

VOD-VV-833-H.S.
81.07. 0846. '0.D.

BÚÐAFOSSVIRKJUN

MYND 3




HESTFJALL
HVÍTÁ
KÁLFHÓLL
URRIÐAFOSSVIRKJUN I.
SKÝRINGAR
Bóndabær
Stífla
Vegur
Lón
Aðrennslisskurður
Þrístipípur
Lón 50 m y.s.
PJÓRSÁ
Lambhagi
FOSSHEIÐI
SANDHOLT
Heiðartangi
URRIÐAFOSS
BÆJARHOLT
LÓNSHEIÐI
Stöðvarhús
9,5 m y.s.
N
0
1 Km
MYND 4.
V.OD-VV-833-HS
81.07.0846-EBF

verður um lárétt göng og fallgöng (eða þrýstipípur), enginn eiginlegur aðrennslisskurður. Stöðvarhúsið verður reist rétt utan við Hárlaugsstaði og frárennsli í skurði niður með Steinholtslæk og út í farveg Þjórsár í um 4 m y.s.

Tilhögun III: Þessi tilhögun er svo til eins og tilhögun II. Eina breytingin er sú að til viðbótar rennsli Þjórsár kemur veita úr Ytri-Rangá, sem nýtist í Holtavirkjun. Ytri-Rangá er stífluð rétt ofan við bæinn Geldingalæk og vatninu veitt yfir í Þjórsá (eða Árneslón). Alls verður veitt 45 m^3/s. Krónuhæð stíflu í Ytri-Rangá verður í 86 m y.s. Vatnshæð um það bil í 82 m y.s. Veituskurður liggur milli Gíslholts og Lækjarbotna (mynd 5). Líklegt er að frekar stórt lón myndist ofan stíflunnar í Ytri-Rangá, en kort af svæðinu eru mjög ónákvæm.

4 VATNAFRÆÐI

Rennslisraðir eru mældar og/eða reiknaðar, og ná allar yfir 25 ár. Númer á rennslisröðum (Nr.) vísa til númera í töflvuskrá. "Stuðull" er hlutfall rennslis.

TAFLA 1

Rennslisraðir

	Nafn	Nr.	Stuðull
FORORKA			
	Sog	4	+1.000
	Andakíll	10	+1.000
	Vestfirðir	22	+1.000
	Laxá	8	+1.000
	Lagarfoss	11	+1.000
GRUNNKERFIÐ			
Þórisvatn+Kvíslaveita meiri	Kaldakvísl	2	+1.000
	Búrfell	1	+0.306
	Tungnaá v/Hald	25	-0.306
Sigalda:	Vatnaöldur	24	+0.650
	Hrauneyjafoss	3	+0.350
Hrauneyjafoss:	Vatnaöldur	24	-0.650
	Hrauneyjafoss	3	+0.650
Búrfell:	Kaldakvísl	2	-1.000
	Tungnaá v/Hald	25	+0.306
	Hrauneyjafoss	3	-1.000
	Búrfell	1	+0.694
	Búrf. ísskolun eftir Sultartanga	7	-1.000
NEÐRI-ÞJÓRSÁ			
Núpsvirkjun:	Búrf. ísskolun eftir Sultartanga	7	+1.000
	Búrfell	1	-0.600
	Urriðafoss	23	+0.600
Búðafossvirkjun:	Búrfell	1	-0.040
	Urriðafoss	23	+0.040
Urriðafossvirkjun:	Búrfell	1	-0.360
	Urriðafoss	23	+0.360
Skarðsvirkjun:	Eins og Núpsvirkjun		
Holtavirkjun:	Búrfell	1	-0.080
	Urriðafoss	23	+0.080
Holtavirkjun+Ytri-Rangá	Vatnaöldur	24	+0.462
	Búrfell	1	-0.080
	Urriðafoss	23	+0.080

TAFLA 2

Vatnasvið og rennsli

Virkjun	Vatna-svið km^2	Meðal-rennsli m^3/s	Hámarks-rennsli m^3/s	Eigið meðalrennsli m^3/s
Núpur	6880	342,8	477,1	38,19
Búðafoss	6950	345,0	491,4	2,24
Urriðafoss	7200	365,2	523,5	20,15
Skarð	6880	342,8	498,5	38,19
Holt	7020	347,3	509,1	4,48
Holt (+ Ytri-Rangá)	7820	390,0	568,1	47,27

5 VATNSVEGIR

Skurðir: Svo til engar rannsóknir hafa farið fram á svæðum þeim sem skurðir liggja um. Þetta veldur því að flestar tölur um þykkt (og gerð) lausra jarðlaga eru mjög ónákvæmar. Jarðvegsþykkt er áætluð í hverju bili (lengd milli hæðarlína á korti) fyrir sig. Þannig er hægt að gera ráð fyrir breytilegri jarðvegsþykkt í hverjum skurði.
Kort sem notuð eru við mælingar á skurð stæðum eru í kvarða 1:20 000 og með 5 m hæðarlínum. Þó ná þessi kort ekki yfir neðsta hluta frá-rennslisskurðar í Holtavirkjun, þar var miðað við kort í kvarða 1:50 000 með 20 m hæðarlínum.

Við gröft á skurðum er gert ráð fyrir að laus jarðlög séu að 3/4 auð-grafin en að 1/4 þurfi að rippa. Einingarverð sem notuð eru fyrir gröft á lausum jarðlögum er 518 kr/m^3 og gröft með rippun 840 kr/m^3. Því verður einingarverð á greftri lausra jarðlaga um 600 kr/m^3 (sjá Sveinn Þorgrímsson 1979). Þar sem skurðir eru grafnir í laus jarðlög þarf flái á skurðbökkum helst að vera sem næst 1:2,5. Forritið "CANAL" (sjá Gunnlaugur Jónsson 1980) sem notað er við reikninga á skurðum gerir ráð fyrir því að flái í lausum jarðlögum sé 1:2,0. Þar sem skurðir eru grafnir (sprengdir) í fasta klöpp er einingarverðið 2100 kr/m^3. Flái í klöpp er 1:0,25 og fríborð í sprengdum skurði 2 metrar.

Ef reisa þarf stíflugarða meðfram skurðum er einingarverð stíflufyllingar 1600 kr/m^3, án tillits til gerðar og stærðar. Stíflugarðar eru þannig gerðir að innri flái og ytri flái eru 1:2, krónubreidd 5 metrar og fríborð 2 m.

Ekki er gert ráð fyrir þéttingarkostnaði þar sem skurðir liggja um lek jarðlög, enda lítið um þau vitað. Botnbreidd í skurði er ákveðin tvöfalt vatnsdýpi. Ekki hefur verið athugað hvaða áhrif ísmyndun hefur á rennsli um skurðina. Þó má segja að veita að Holtavirkjun sé þannig uppbyggð (með smáum lónum á milli skurða) að ísmyndun verði ekki til mikilla vandræða.

Halli skurða er í öllum tilvikum reiknaður en ekki ákvarðaður fyrirfram. Leyfilegur straumhraði í skurðum er minni eða jafnt og 0,6 m/s eða meiri eða jafnt og 1,3 m/s, vegna ísmyndunar. Ef straumhraði er minni en 0,6 m/s þá leggur ís á skurðinn, en ef straumhraði er meiri en 1,3 m/s þá nær ís ekki að festast. Á bilinu 0,6-1,3 m/s er mest hætta á rennslistruflunum vegna íss.

Algengur straumhraði er 0,6 m/s í aðrennslisskurðum, 1,5-2,6 m/s í frárennslisskurðum eftir því hvort skurður er grafinn í laus jarðlög (1,5 m/s) eða í klöpp (2,6 m/s). Alltaf er miðað við hámarksrennsli, við útreikninga á skurðum. Í töflu 3 er að finna tölulegar upplýsingar um skurði.

TAFLA 3

Skurðir, magntölur

Skurðir	Rennsli m^3/s	Halli o/oo	Straumhraði m/s	Dýpi m	Botnbreidd m	Lengd m	Berg m^3	Jarðvegur m^3	Stíflufylling m^3
Núpsvirkjun:									
Aðrennslisskurður	477,1	0,01	0,6	18,8	37,6	1020	1048502	121041	4545
Frárennslisskurður	477,1	0,71	2,6	9,0	18,1	1700	640711	58431	0
Búðafossvirkjun:									
Aðrennslisskurður	491,4	0,01	0,6	19,1	38,2	830	593054	45298	0
Frárennslisskurður	491,4	0,69	2,6	9,2	18,3	4600	1150649	148166	0
Urriðafossvirkjun:									
Aðrennslisskurður	523,5	0,09	1,3	13,4	26,8	2060	1081118	186271	168525
Skarðsvirkjun:									
Aðrennslisskurður	498,5	0,01	0,6	19,2	38,4	1020	1089840	123168	4546
Frárennslisskurður	498,5	0,68	2,6	9,2	18,5	3110	1018548	105101	0
Holtavirkjun:									
Veituskurðir	509,1	0,17	1,6	11,9	23,8	7170	2365550	1608613	0
Frárennslisskurður	509,1	0,17	1,6	11,9	23,8	7850	1386405	6594852	0
Holtavirkjun með Ytri-Rangárveitu:									
Veita úr Ytri-Rangá	45,0	0,08	0,6	5,8	11,6	5100	107349	654612	0
Veituskurðir	568,1	0,16	1,6	12,6	25,1	7170	2616887	1666651	0
Frárennslisskurður	568,1	0,16	1,6	12,6	25,1	7850	1525915	7010389	0

6 STÍFLUR

Gert er ráð fyrir að allar stíflur séu jarðstíflur. Heildarkostnaður við stíflugerð er fundinn út frá rúmmáli fyllingar, þverskurðarflatarmáli og lengd stíflu. Einingarverð stíflufyllingar er metið á 1575 kr/m^3. Í öllum stíflum er gert ráð fyrir að innri flái sé 1:1,8, ytri flái 1:1,6, krónubreidd 6 metrar og fríborð (yfirhæð) 4 metrar. Ekki er víst að þegar út í framkvæmdir er komið, að hagkvæmast sé að byggja eingöngu jarðstíflur. Líklega þurfa þær stíflur sem reistar eru í farvegi Þjórsár að vera flóðgáttastíflur.
Í töflu 4 eru birtar magntölur fyrir stíflur og lón.

TAFLA 4

Stíflur og lón, magntölur

Staður	Krónuhæð	Rúmmál	Langskurðar-flatarmál	Lengd	Jarðvegs-dýpt	Vatnshæð	Miðlun frá	Lónrými miðlun	Flatarmál lóns
	m y.s.	Gl	m^2	m	m	m y.s.	m y.s.	Gl	km^2
Núpur	129	1,97	70685	6450	2	125	120	100,6	29,2
Búðafoss	92	1,19	47865	4760	1	88	83	34,6	12,0
Urriðafoss	54	1,79	69020	7605	3	50	45	24,4	9,3
Skarð	129	1,97	70685	6450	2	125	120	100,6	29,2
Holtavirkjun:									
Árnes	86	1,45	52593	5620	3	82	79	-	15,9
Ytri-Rangá	86	0,35	16980	2420	3	82	82	-	-
Veitu-stíflur	(85,5)	2,50	67246	4694	3	(81,5)	79	-	-
Inntakslón	85	2,01	60753	4812	3	81	78	(58,7)	-

7 STOFNKOSTNAÐUR

Í töflu 5 er gerð grein fyrir heildarkostnaði við virkjunartilhaganir. Kostnaður er sundurliðaður fyrir hverja virkjun.

TAFLA 5

Stofnkostnaður virkjana í Mkr.

	TILHÖGUN I				TILHÖGUN II			TILHÖGUN III		
	Núpur	Búðaf.	Urriðaf.	Samt.	Skarð	Holt	Samt.	Skarð	Holt	Samt.
Jarðstíflur	3309	2019	3032	8360	3309	10335	13544	3309	10935	14244
Yfirföll	1133	1143	1171	3446	1133	1141	2274	1133	1141	2274
Botnrásir	205	206	313	724	205	334	539	205	334	539
Inntök og lokur	2222	2286	2431	6939	2318	2366	4684	2317	2631	4948
Óföðruð göng	257	288	327	872	793	321	1114	792	345	1137
Fallgöng	121	83	147	351	126	329	455	126	355	481
Skurðir	3662	3778	2651	10091	4572	12803	17375	4570	14523	19093
Stöðvarhús	1602	1438	1726	4767	1708	2229	3937	1707	2404	4111
Vélar og rafbúnaður	5827	4832	6466	17125	6409	9707	16117	6406	10703	17109
Annar kostnaður	200	200	200	600	200	200	400	200	200	400
Samtals	18537	16275	18463	53275	20773	39766	60539	20765	43571	64336
Kostnaður á verðlagi í júlí 1981 (nýkr.)	1305	1146	1300	3751	1462	2800	4262	1462	3067	4529

8 ORKUVINNSLA OG ORKUKOSTNAÐUR

Allar kostnaðartölur eru miðaðar við verðlag í maí 1976, til að færa til núgildis má margfalda með 7,04 og deila með 100, fæst þá kostnaður miðað við júlí 1981 í nýkrónum. Helstu tölur fyrir orkuvinnslu og orkukostnað eru sýndar í töflu 7. Orkugetan er skilgreind sem sá orkumarkaður sem gefur mestan hagnað af raforkukerfinu, en orkugetan er framleidd orka að viðbættum orkuskorti, sem kann að skapast vegna vatnsleysis. Orkuverð er miðað við að árlegur kostnaður verði 13,13% af stofnkostnaði, gert er ráð fyrir 40 ára afskriftartíma, 12% lánsvöxtum og kostnaður við rekstur og viðhald verði 1% af stofnkostnaði. Uppsett afl jafngildir um það bil 5000 nýtingarstundum á ári.

Árlegur hagnaður er miðaður við að söluverð orkunnar við stöðvarvegg sé 3,50 kr/kWh og að orkuskortur kosti orkusala 17,50 kr/kWh.

TAFLA 6

Orkuvinnsla og kostnaðartölur

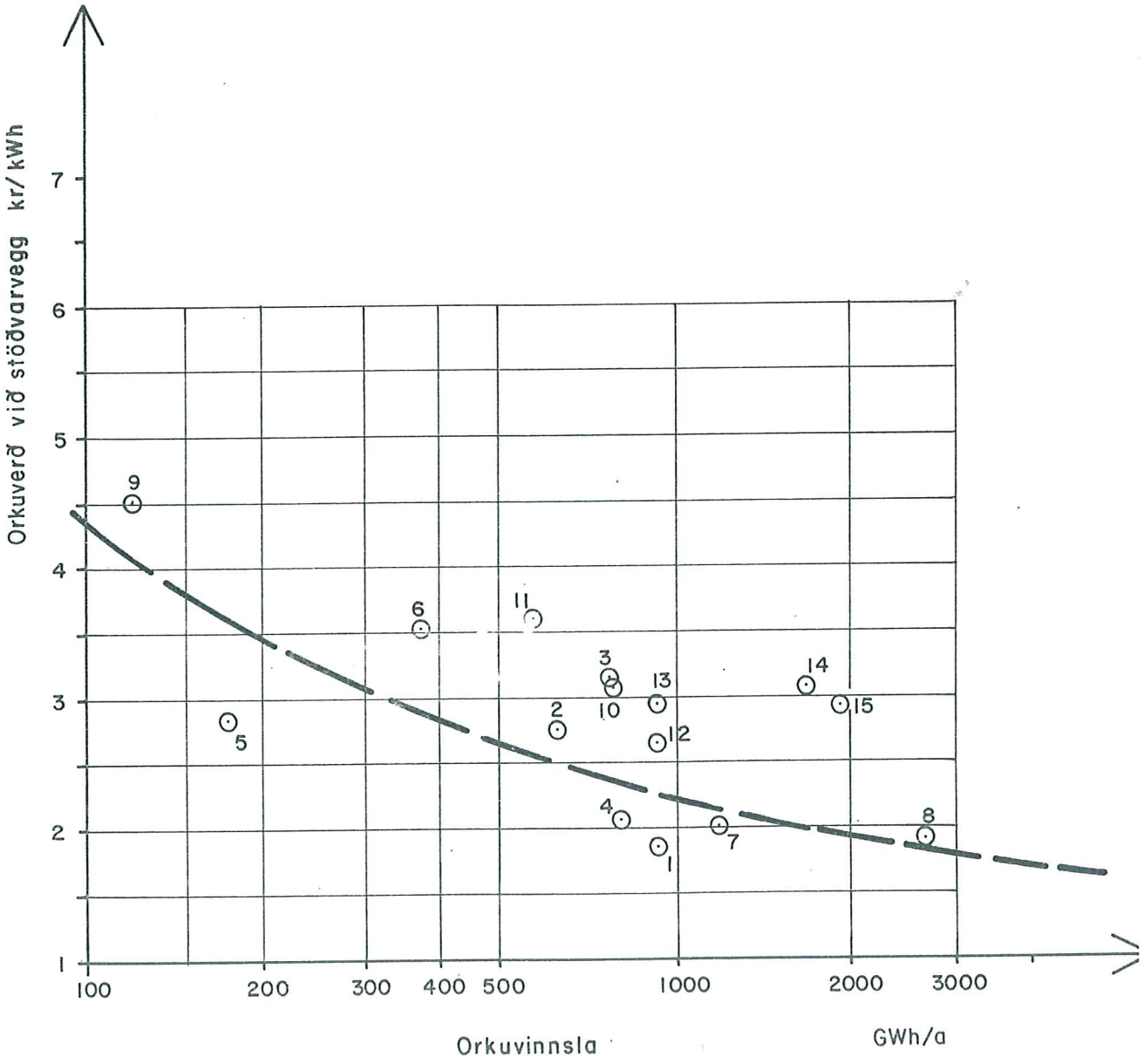
Virkjun	Orku-stuðull	Orku-vinnsla	Nýtingar-stundir	Afl	Stofn-kostn.	Árlegur kostn.	Orkuverð v. stöðvarvegg	Árlegur hagnaður	Kostnaður* á orkueiningu
		GWh/a	á ári	MW	Mkr.	Mkr.	kr/kWh	Mkr.	Nýkr/kWh/a
Núpur:		794,8	5101	157	18537	2434	3,06		1,64
Búðafoss:		590,7	5195	115	16275	2137	3,62		1,94
Urriðafoss:		913,5	5178	179	18463	2424	2,64		1,41
Tilhögun I	0,825	2305,0		451	53275	6995	3,03	70	1,63
Skarðsvirkjun:		923,9	5126	180	20773	2727	2,95		1,58
Holtavirkjun:		1721,1	5109	336	39766	5221	3,03		1,63
Tilhögun II	0,84	2645,0		516	60539	7949	3,01	200	1,61
Skarðsvirkjun:		928,0	5132	180	20765	2726	2,94		1,58
Holtavirkjun:		1927,0	5106	375	43571	5721	2,97		1,59
Tilhögun III	0,84	2855,0		555	64336	8447	2,96	325	1,59

* Reiknað til verðlags í júlí 1981

Mynd 6 sýnir samanburð á orkuverði við stöðvarvegg, milli nokkurra virkjanatillagna. Tölur fyrir virkjanir númer 1-9 eru fengnar úr skýrslunni „Vatnsafl Íslands" OS-ROD-7623.

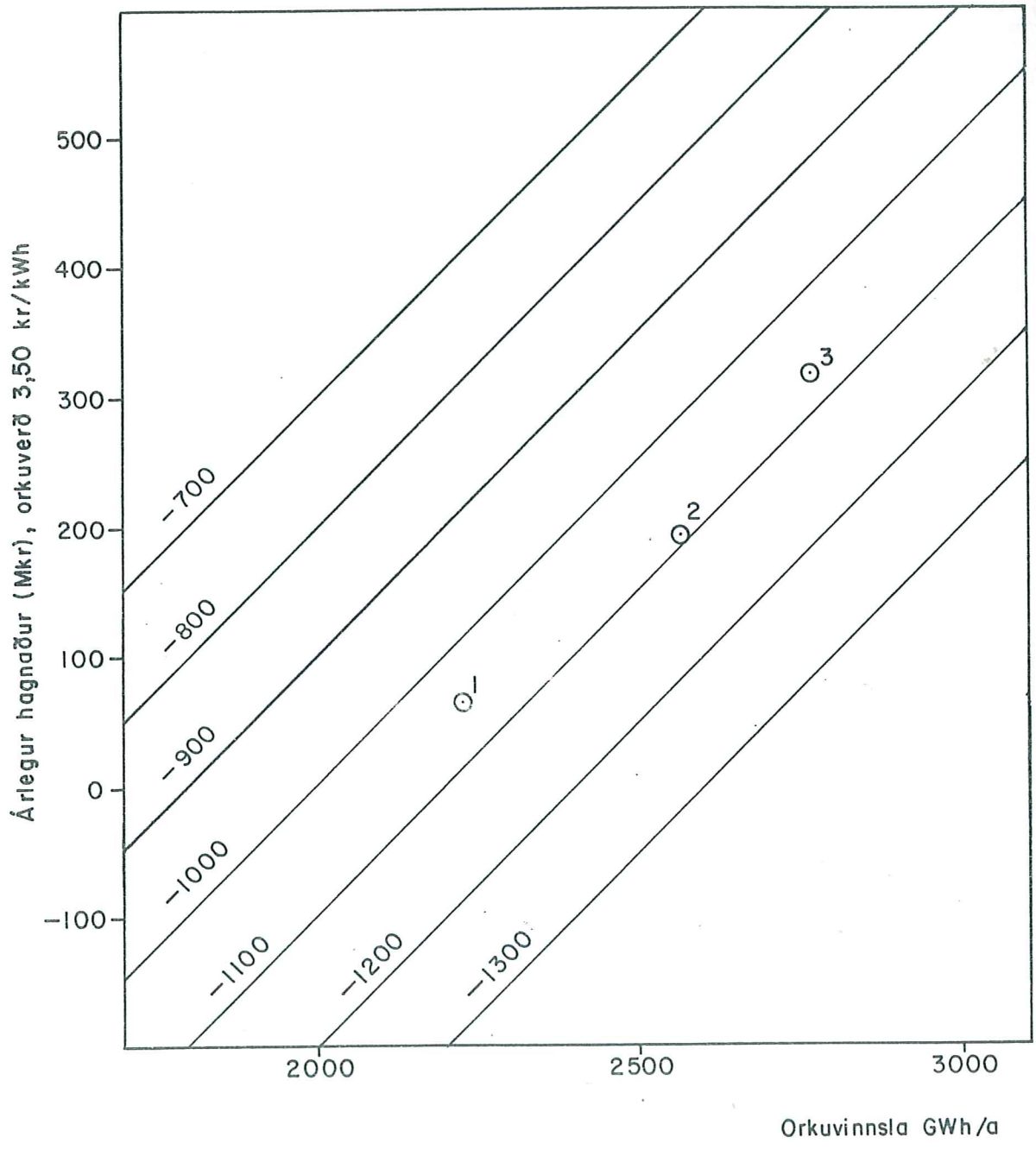
Mynd 7 sýnir árlegan hagnað af "virkjun Þjórsár neðan Búrfells" á móti orkuvinnslu. Miðað er við orkuverð 3,50 kr/kWh og einnig sýnt ef orkuverð væri 3,00 kr/kWh. Miðað við orkuverð 3,00 kr/kWh, þá er tap á öllum tilhögunum.

MYND 6 SAMANBURÐUR Á ORKUVERÐI VIÐ STÖÐVARVEGG



1) Hrauneyjafoss
2) Langalda
3) Sultartangi
4) Blanda
5) Villinganes
6) Íshólsvatn
7) Dettifoss
8) Hólsfjöll
9) Fjarðará
10) Núpur
11) Búðafoss
12) Urriðafoss
13) Skarð
14) Holt
15) Holt (með Ytri-Rangár veitu)

MYND 7 ÁRLEGUR HAGNAÐUR VIRKJANA



Jafnhagnaðarlínur (Mkr)
fyrir orkuverð 3,00 kr/kWh

1) Tilhögun I

2) Tilhögun II

3) Tilhögun III

Við mat á orkuþörf er miðað við "virkjananet" sem nær yfir allt Þjórsár-Tungnaársvæðið. Einnig er gert ráð fyrir fororku frá 5 virkjunum: Soginu, Andakíl, "Vestfjörðum", Laxá og Lagarfossi.

Heildarvirkjananetið samanstendur af:

1. Þórisvatnsmiðlun, aukin með Kvíslaveitu meiri og aukin miðlun 1600 Gl með hærri stíflu í Þórisvatni.
2. Sigölduvirkjun. Miðlun 129 Gl.
3. Hrauneyjafossvirkjun. 14 Gl.
4. Búrfell I og II. Miðlun engin.
5. Virkjanir fyrir neðan Búrfell.

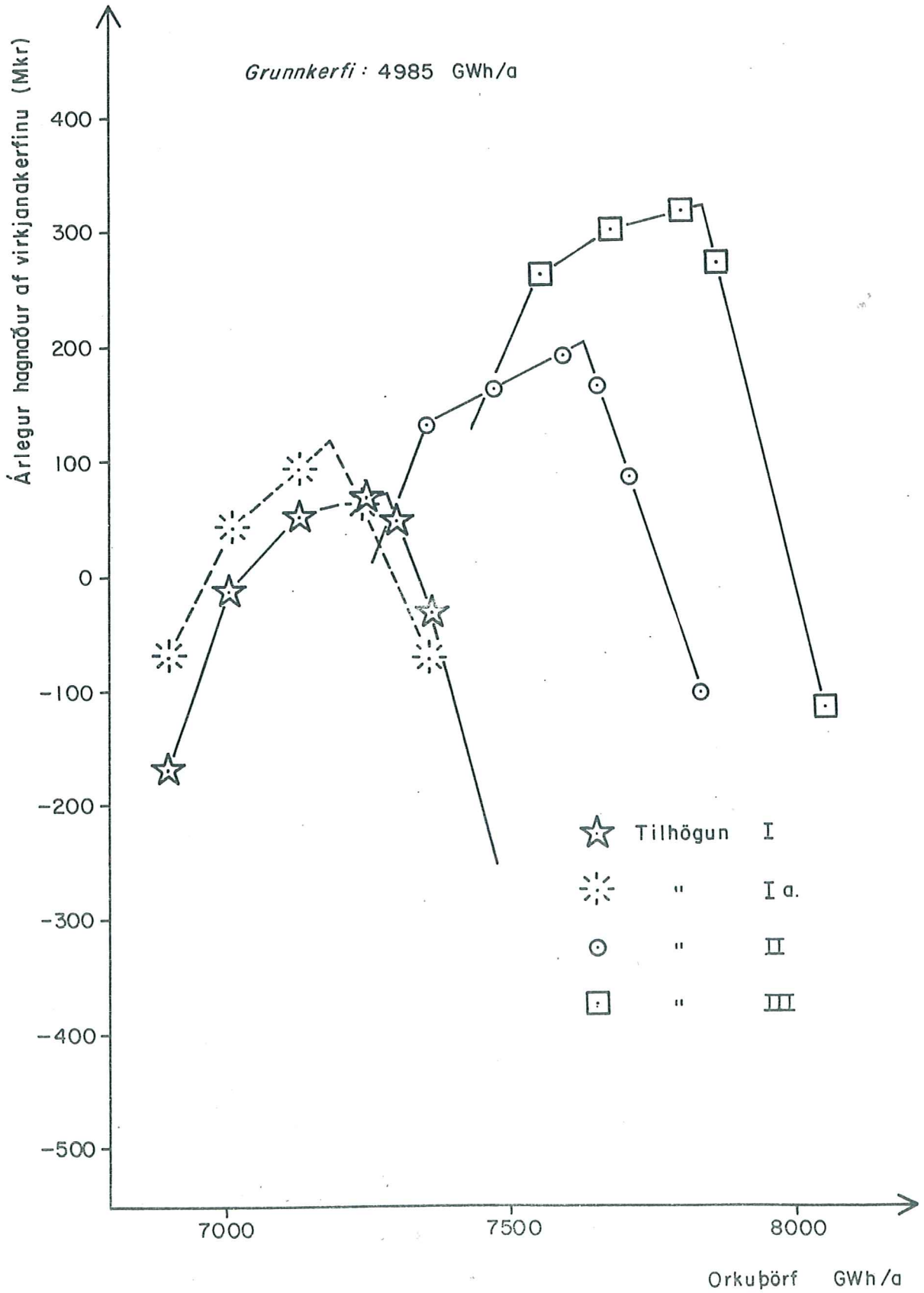
Liðir 1-4 mynda svokallað grunnkerfi. Þessar virkjanir koma ekki inn í kostnaðar- og hagnaðarreikninga.
Orkuvinnsla grunnkerfisins er ein sér 4985 GWh/a.

Mynd 8 sýnir árlegan hagnað virkjana neðan Búrfells, sem fall af orkuvinnslu. Orkuvinnslan er heildar orkuþörf miðað við allt virkjananetið. Til að lesa orkuvinnslu Neðri-Þjórsár út úr mynd þarf að draga 4985 GWh grunnkerfisins frá. Tölur fyrir árlegan hagnað ná aðeins yfir hagnað af virkjunum fyrir neðan Búrfell.

Á mynd 6, sem sýnir samanburð á orkuverði nokkurra virkjana, má sjá að orkuverð virkjana fyrir neðan Búrfell er mjög svipað og gert var ráð fyrir að orkuverð yrði frá Langöldu, Sultartanga og Villinganesi. Orkuverð þetta er frekar hátt og til samanburðar við mjög hagkvæmar virkjanir eins og Blöndu, má sjá að orkuverð virkjana í "Neðri-Þjórsá" verður um 50% hærra en orkuverð Blönduvirkjunar.

Myndir 7 og 8 sýna að hagkvæmasta leiðin til að virkja "Neðri-Þjórsá er tilhögun III, þar sem gert er ráð fyrir 2 virkjunum, Skarðs- og Holtavirkjun með veitu úr Ytri-Rangá. Þó má þó segja að munur milli tilhagana sé ekki ýkja mikill. En þar sem sú tilhögun sem hefur mesta orkuvinnslugetu er hagkvæmust, þá er mjög líklegt að hún yrði fyrst könnuð eitthvað nánar.

MYND 8 ORKUVINNSLUFERLAR, ÞJÓRSÁRVIRKJANIR



9 EINSTAKAR VIRKJANIR OG VIRKJANATILHAGANIR

Hér á eftir verður lítillega rætt um einstakar virkjanir og virkjanatilhaganir.

Tilhögun I: Eins og fyrr er getið þá er heildarfall Þjórsár frá Búrfelli niður að sjó um 126 m, með því að virkja í farvegi Þjórsár eins og lagt er til í tilhögun I. Þá er heildarfallhæð sem nýtt er um 107,5 (105,5) metrar. Hagkvæmt reyndist að hafa yfirvatnshæð Búðafoss 2 m ofar en undirvatnshæð Núps.

Virkjun	yfirvatnsborð	Undirvatnsborð	Heildarfallæð
	m y.s.	m y.s.	m
Núpur	125	86	39
Búðafossvirkjun	88	60	28
Urriðafoss	50	9,5	40,5

Það virðist vera frekar óhagkvæmt að nýta alla þessa fallhæð (107,5 m). Helsta ástæðan er sú að landslag er þannig að lítið er um góð stíflustæði, þ.e. stíflur þurfa að vera mjög stórar (magnmiklar) til að mynda einhver lón að ráði. Það er betra að hafa lón hæfilega stór til að forðast ístruflanir og geta stýrt rennsli að einhverju ráði, og tryggja þannig rekstraröryggi virkjana. Hugsanlegt er að sú leið sem gefi mestan árlegan hagnað (lægst orkuverð) væri sú að hafa stíflur það lágar að ekki þurfi að reisa stórar stíflur upp með ánni og eða minnka frárennslisskurði í Núp og Búðafossi. Það myndi aftur á móti minnka mjög orkuvinnslugetu og rekstraröryggi virkjananna. Athugað var hvaða áhrif breytileg stífluhæð við Urriðafoss hefði á hagkvæmni tilhögunarinnar. Athuguð var lónhæð frá 48-51 m y.s. Kom í ljós að árlegur hagnaður var mestur fyrir lónhæð 48 m y.s. (sjá mynd 8, tilhögun Ia). Ákveðið var þó að miða við lónhæð 50 m y.s., til að tryggja rekstur virkjunarinnar og forðast ístruflanir. Í tilhögun þessari reyndist Urriðafossvirkjun hagkvæmust, en Búðafossvirkjun lang óhagkvæmust.

Við útreikninga á kostnaði við gerð aðrennslisskurðar Urriðafoss-virkjunar var gert ráð fyrir að straumhraði yrði 1,3 m/s. Æskilegt er þó að hafa straumhraðann ekki meiri en 0,6 m/s, en það eykur kostnað við skurðinn um 2300 Mkr. Könnuð var því önnur tilhögun Urriðafoss II (sjá mynd 9). Þessi tilhögun er hagkvæmari en fyrri tilhögun, ef straumhraði í aðrennslisskurði er 0,6 m/s en svipuð ef hraðinn væri 1,3 m/s eins og gert var ráð fyrir.

Urriðafoss II hefur engan aðrennslisskurð og mjög stuttan frárennslis-skurð (120 Mkr). Aftur á móti eru stíflumannvirki miklu stærri, munar um 2500 Mkr. Samtals 2620 Mkr á móti 4955 Mkr sem aðrennslisskurður með straumhraða 0,6 m/s kostar. Mismunur : 2335 Mkr.

Urriðafossvirkjun reyndist vera hagkvæmust af þeim virkjanakostum sem athugaðar voru í"Neðri-Þjórsá". Fleiri útfærslur á Urriðafossvirkjun en þær sem að framan greinir, eru hugsanlegar. Ýtarlegar rannsóknir þarf að gera á virkjunarstað til að geta valið bestu staði fyrir mannvirki.

Tilhögun II: Tilhögun þessi er örlítið hagkvæmari en tilhögun I og þar sem hún er mjög svipuð tilhögun III ræði ég hana ekki sérstaklega. Munurinn felst eingöngu í því að í tilhögun III er gert ráð fyrir veitu úr Ytri-Rangá til viðbótar.

Tilhögun III: Þessi tilhögun gerir ráð fyrir því að mest allt nýtanlegt fall Þjórsár neðan Búrfells sé nýtt. Gert er ráð fyrir 2 virkjunum í stað þriggja í tilhögun I.

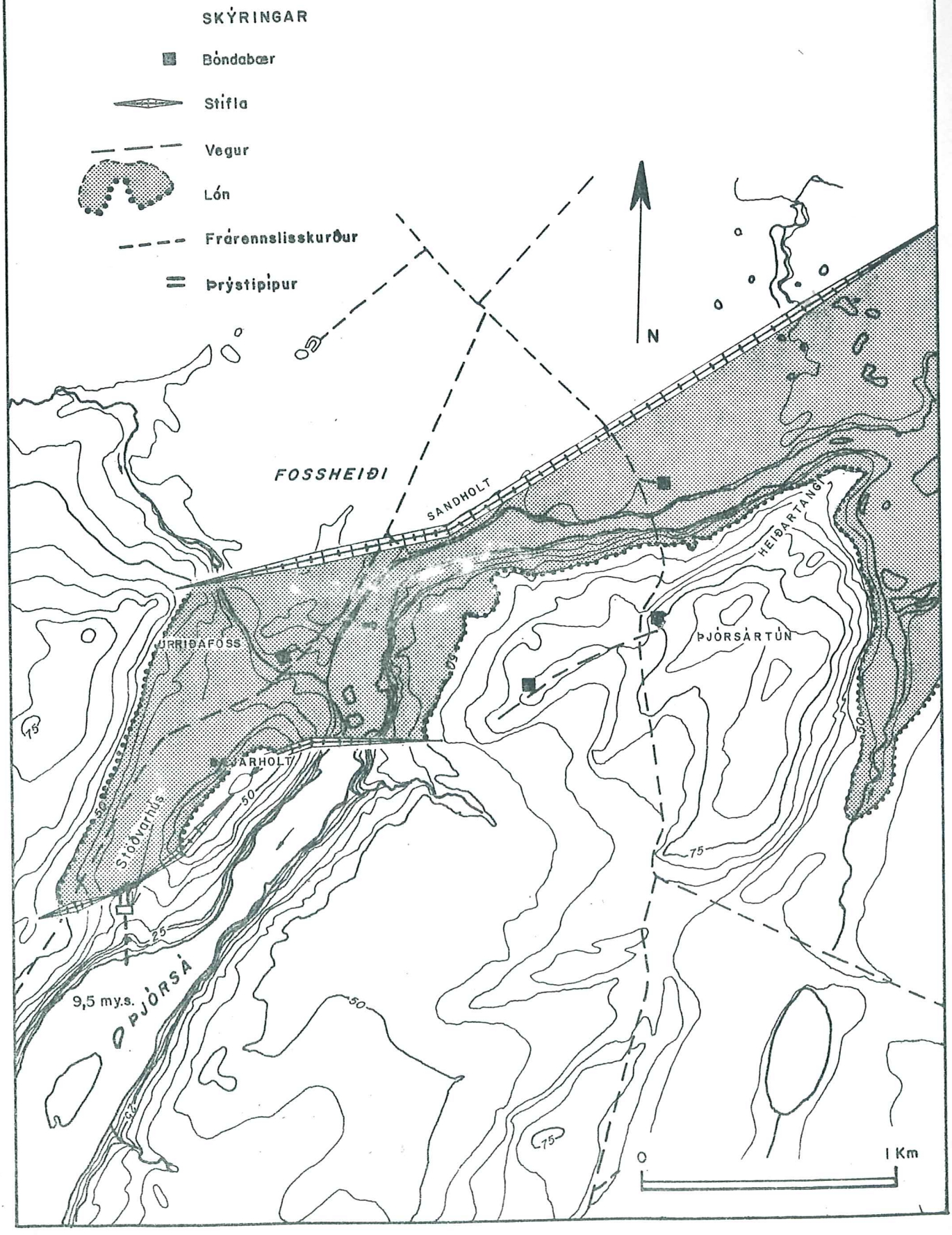
Virkjun	Yfirvatnshæð m y.s.	Undirvatnshæð m y.s.	Heildarfallhæð m
Skarð	125	82	43
Holt	81	4	77

Samtals er virkjað fall um 120 m.

VOD-VV-833-HS
81.07.0846-EBF

URRIÐAFOSSVIRKJUN II.

MYND 9.



Athugað var sérstaklega hvaða áhrif mismunandi stífluhæð við Skarðsvirkjun hefði á samkeyrslu virkjananna. Athugaðar voru lónhæðir 122, 123, 124 og 125 m y.s. Munurinn var frekar lítill. Þó má segja að ekki sé hagkvæmt að fara með lón alveg upp í 125 m y.s. eins og gert er ráð fyrir. Við það að lækka lón úr 125 m y.s. í 122 m y.s. minnkaði orkuvinnslan um 75 GWh/a, en árlegur hagnaður jókst um 25 Mkr. Frárennslisskurður Holtavirkjunar er frekar dýr. Þegar undirvatnshæð er á bilinu 4-7 m y.s. er kostnaður við hvern dýptarmetra um 500 Mkr. Hagkvæmt reyndist að hækka útrennslishæð Holtavirkjunar.

EFTIRMÁLI

Dagana 10-11 júlí 1981 var farið í skoðunarferð um virkjunarsvæðið og aðstæður kannaðar. Einnig voru virkjanir við Hrauneyjafoss og Sigöldu skoðaðar. Komið var við í Sandafelli og fylgst með kjarnaborun, tilraunalón við Langöldu var einnig skoðað lauslega. Leiðangursstjóri í ferðinni var Haukur Tómasson og aðrir sem tóku þátt í ferðinni fyrir utan höfund voru Gunnlaugur Jónsson og Davíð Egilson.

Í ferðinni kom í ljós að frárennslisskurður Holtavirkjunar ætti að fylgja farvegi Steinholtslækjar alveg niður að Þjórsá en ekki stystu leið yfir Sauðholtsnes.

Vettvangskönnun á stíflustæði við Búðafoss leiddi í ljós að heppilegt er að reisa stífluna nálægt árbakkanum og ofan við Búðafoss, en ekki eins og sýnt er á mynd 5.

HEIMILDASKRÁ

Verkfræðistofa Sig. Thoroddsen sf. 1967: Mynzturáætlun Þjórsár- og Hvítárvirkjana. Orkustofnun, Reykjavík.

Almenna verkfræðistofan hf., Virkir hf. & Verkfræðistofa Sig. Thoroddsen sf. 1980: Þjórsárvirkjanir, mynzturáætlun um orkunýtingu á vatnasviði Þjórsár niður fyrir Búrfell. Landsvirkjun (110 s.).

Gunnlaugur H. Jónsson 1980: HYDRO - a dynamic simulation program for optimization of hydropower sites and simulation of hydropower plants. Orkustofnun, preprint of a paper presented at the Nordic Hydrological Conference, Vemdalen, Sweden, August 10-16th.

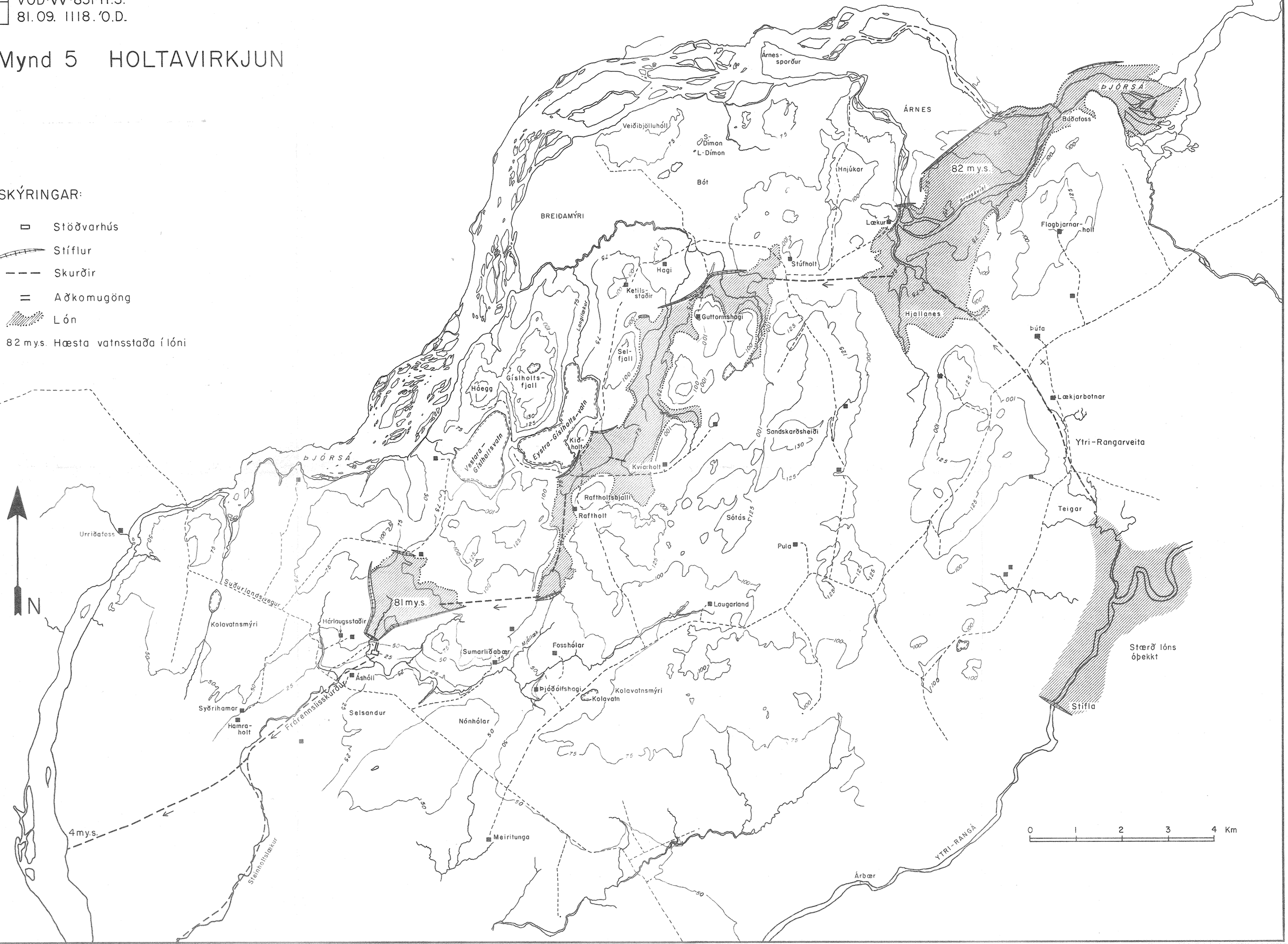
Verkfræðistofa Sig. Thoroddsen sf. 1976: Vatnsafl Íslands, yfirlit yfir virkjunaráætlanir gerðar á tímabilinu frá maí 1975 til maí 1976. Orkustofnun, OS-ROD-7623.

Guðmundur Kjartansson 1954: Skýrsla um jarðfræðiathuganir hjá Urriðafossi sumarið 1954. Raforkumálastjóri.

Sveinn Þorgrímsson 1979: Austurlandsvirkjun-Múlavirkjun, forathugun á virkjun Jökulsár í Fljótsdal með Hraunaveitu og Eyjabakkaveitu. Orkustofnun, OS79026/ROD09.

VOD·VV·831·H.S.
81.09. 1118.'0.D.

Mynd 5 HOLTAVIRKJUN

SKÝRINGAR:

- Stöðvarhús
- Stíflur
- Skurðir
- Aðkomugöng
- Lón
- 82 m.y.s. Hæsta vatnsstaða í lóni