

Vatnsorkukostir

Í Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Lýsing á tilhögun einstakra vatnsorkukosta. Faghópar verkefnisstjórnar byggja mat sitt á þessum hugmyndum um tilhögun. Faghópar I og II meta áhrif virkjunar á ýmis gildi, einkum varðandi náttúrufar, svo og faghópar III og IV sem leggja mat á hagræna þætti. Í yfirlitinu eru 19 númeraðir kostir, og tveir að auki, Hverfisfljót og Djúpá, sem ekki tókst að ljúka í tæka tíð fyrir lokaáfangamatsferils. Kortin eru ýmist í mælikvarða 1:250.000 eða 1:150.000, og er vert að líta eftir því er menn nota kortin til að bera saman umfang virkjananna.

Textinn er tekinn saman af Hákonni Aðalsteinssyni, í meginatriðum eftir þeim heimildum sem eru tilgreindar neðanmáls. Kortin eru unnin af Árna Jónssyni og samstarfsmönnum á ráðgjafastofunni Orion Ráðgjöf ehf.

1. Skatastaðavirkjun A

Skatastaðavirkjun með veitu frá Fossá og Hölkná, Nýjabæjarfjalli

Austari Jökulsá er stífluð í Pollagili með um 80 m hárra stíflu. Stíflan er ráðgerð um 1,5 km ofan ármóta við Geldingsá og lægri stífla ásamt yfirfalli verður í lægð austan Jökulsár, við Austari Polla, og framhaldi af þeirri stíflu er stífla í Geldingsá. Samtals eru þessar þrjár stíflur um 3 km að lengd. Í lónið sem myndast, Bugsalón, er enn fremur veitt úr Fossá á Hofsafrétt upp við jökul með litlum stíflum og stuttum skurðum. Vatni til virkjunar verður veitt úr miðlunarlóninu um jarðgöng norður að drögum Giljár þar sem dálítið lón verður myndað með stíflu í Giljá. Inn í þau göng er ráðgert að veita úr Hölkná og Fossá á Nýjabæjarfjalli. Frá lóni í Giljá verða göng áfram norður í svonefnda Botna þar sem annað smálón verður. Aðrennslisgöng liggja þaðan til norðausturs út á fjallsbrúnina við Elliða. Þar verður jöfnunarþró og fallgöng að stöðvarhúsi neðanjarðar og frárennslisgöng norður með Jökulsá og út í árfarveginn á mótis við Merkgilsmynni.¹

Yfirlitstafla

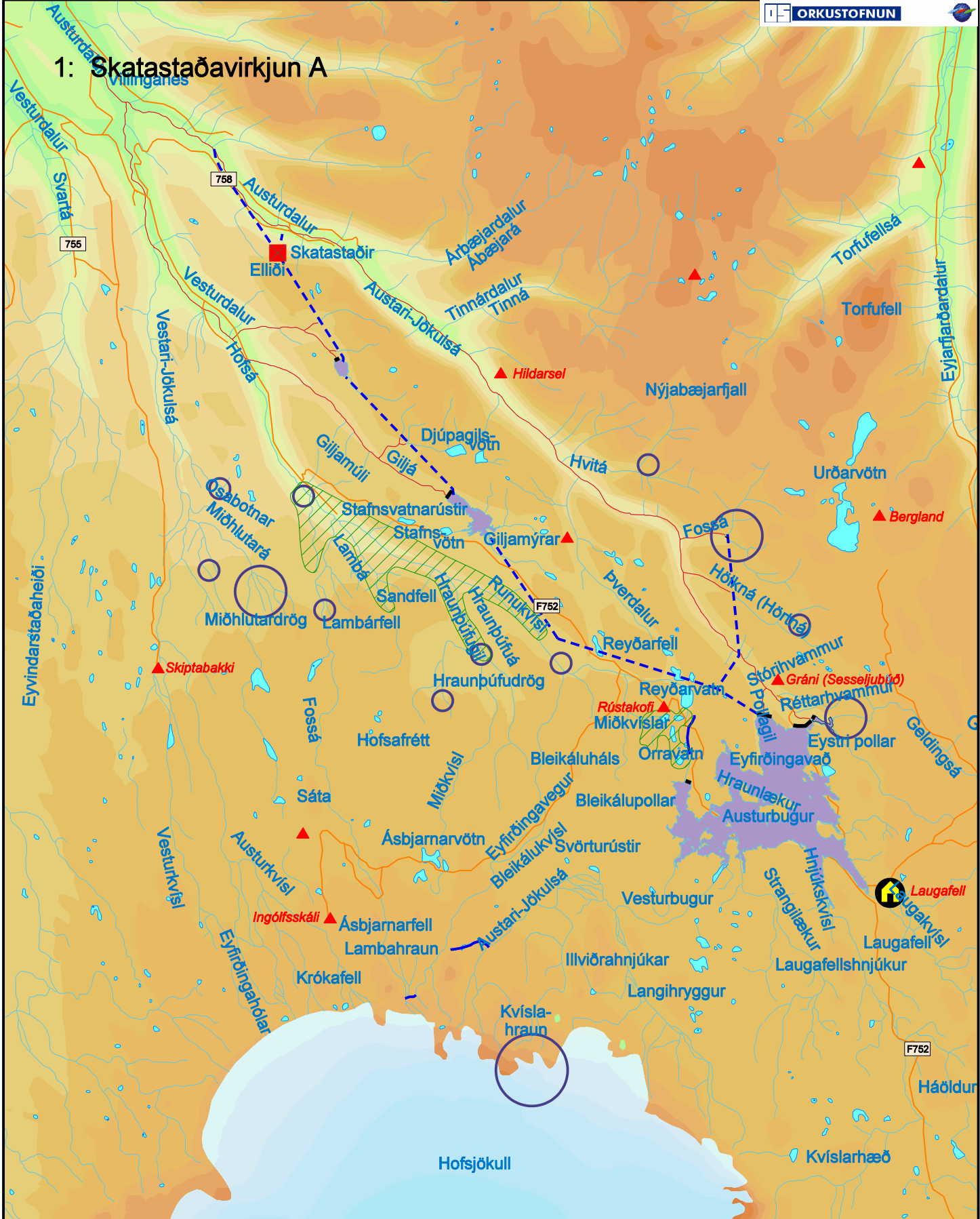
Einkennisstærðir	Skatastaðavirkjun með veitum af Nýjabæjarfjalli
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	28,1
Vatnasvið (km ²)	810
Yfirfallshæð í miðlun (m)	713
Flatarmál lóna (km ²)	27
Miðlun (Gl)	388
Lengd ganga (km)	43,5
Lengd stíflna (m)	3.000
Mesta hæð “ (m)	80
Lengd skurða (m)	2.000
Afl (MW)	149
Orkugeta (GWh/a)	1.046
Stofnkostnaður Mkr	25.620
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	24,5

Berggerðin er mjög fjölbreytileg og dregur m.a. dóm af nálægð forrarr megineldstöðvar. Á syðsta hluta svæðisins eru ung hraunlög frá síðkvarter og víða rísa móbergsfjöll yfir umhverfið. Svæðið er að mestu yfir 700 m hæð og fremur hrjóstrugt. Gróður er ríkulegastur í lægðum og með lækjardrögum. Þekktasta gróðursvæðið er Orravatsnrústir, sem eru náttúruminjar.

Gera þarf stíflu í Vestaripollum skammt sunnan Orravatsnrústa, til að koma í veg fyrir að lónið flæði inn yfir lægsta hluta rústanna við háa lónstöðu. Þá þarf annaðhvort að veita afrennslis Orravats framhjá rústunum norður í Reyðarvatn, t.d. með lokuðum skurði, eða að dæla afrennslinu upp í lónið. Það þyrfti einungis að gera síðari hluta sumars og fram á vetur, þ.e. þann tíma sem hæð í lóni er hærri en u.þ.b. 710 m. Þetta er í sjálfu sér lítið mál því að afrennslissvæði Orravats er einungis um 3 km².

¹ Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 1999. *Austari Jökulsá Skagafirði – Forathugun*. Unnið fyrir Orkustofnun og Landsvirkjun. VST nóvember 1999.

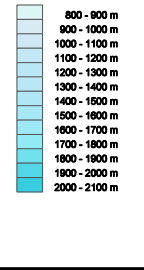
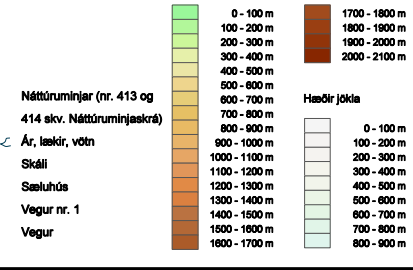
1: Skatastaðavirkjun A



Virkjanasvæði Skatastaðavirkjunar með Fossárveitu

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðesyni

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnsrennslí vegna stíflanna
- Göng
- Skurdir
- Lindarsvæði
- Vetrarmennslí [m³/sek]
- Nættúrumíjar (nr. 413 og 414 skv. Nættúrumíjaskrá)
- Ár, lækir, vötn
- Skáli
- Sæluhúsa
- Vegur nr. 1
- Vegur



N

1 : 250.000

0 2 4 6 8 km

Kortagrunnur: Landmælingar Íslands

ORION Landmælingar ehf.

29/6 2003/ok14

2. Skatastaðavirkjun B

Skatastaðavirkjun með öllum veitum

Tilhögun er eins og í þeirri fyrri að viðbættri Hraunþúfuveitu.

Vestari Jökulsá yrði stífluð rétt neðan ármóta Miðkvíslar og Austurkvíslar. Þaðan er um 5 km löng veituleið að Fossá og er farið rétt norðan við Sátu. Veitan skiptist nokkurn veginn til helminga milli ganga og skurðar. Skurðir eru margir en flestir stuttir og grunnir.

Fossá yrði stífluð í um 730 m y.s. Þar myndast dálítill uppistaða og frá henni skurður austur á vatnasvið Lambár ofan Lambárfells. Með því að stífla Lambá upp í um 694 m y.s. og með smá skurði rennur vatnið austur yfir vatnaskilin austur í Hraunþúfudrög.

Hraunþúfuá er stífluð upp í 669 m y.s. um ármót Syðstu og Ystukvíslar og er vatninu veitt þaðan um 2,7 km löng jarðgöng austur um Hraunþúfumúla í Runukvísl, sem stífluð er litlu neðar í 665 m y.s. Þaðan eru örstutt tengigöng við veitugöngin frá Bugsalóni.

Til þess að taka á móti auknu rennsli vegna Hraunþúfuveitu þarf nokkru stærri miðlun en í tilhögun 1. Munar þar tæplega 30 Gl sem fást með hækkun yfirfallshæðar í Bugsalóni um 1 m.²

Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Skatastaðavirkjun með öllum veitum
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	36,7
Vatnasvið (km ²)	1146
Yfirfallshæð í miðlun (m)	714
Flatarmál lóna (km ²)	29
Miðlun (Gl)	415
Lengd ganga (km)	48,8
Lengd stíflna (m)	7.900
Mesta hæð “ (m)	80
Lengd skurða (m)	8.000
Afl (MW)	184
Orkugeta (GWh/a)	1.290
Stofnkostnaður Mkr (v: 2001)	32.290
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	25,0

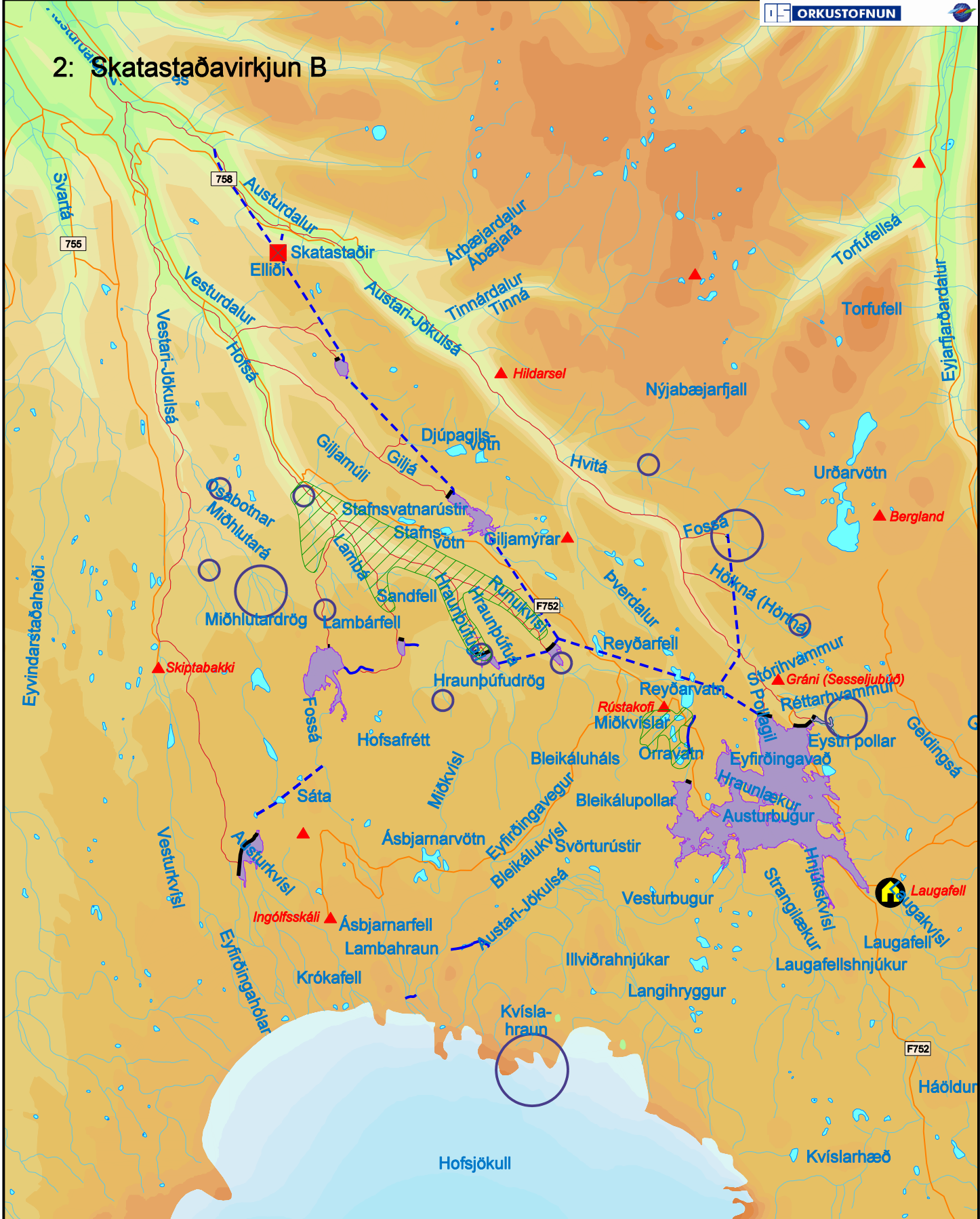
Veitan úr Vestari Jökulsá um Fossá og Lambá að Hraunþúfuá er að mestu á gróðurvana landi³. Gert er ráð fyrir að flóðtoppar og mesta sumarrennsli í Vestari Jökulsá fari áfram í V-Jökulsá.

Ef valin yrði sú leið að dæla afrennsli frá Orravatni upp í lónið mætti kanna stíflustæði um 2 km sunnar. Sú stífla yrði um 5 m hærra en svipuð að lengd. Sá tími sem þyrfti að dæla mun lengjast talsvert. Á móti minnkar gróðurlendi sem fer undir vatn. Þetta gróðurlendi er að nokkru leyti framhald Orravatnsrústa, en þurrara.

² Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 1999. *Austari Jökulsá Skagafirði – Forathugun*. Unnið fyrir Orkustofnun og Landsvirkjun. VST nóvember 1999.

³ VSÓ Ráðgjöf og Orkustofnun 2001. Skatastaðavirkjun á Hofsafrétt – Tilhögun og umhverfi. Orkustofnun, OS-2001/021.

2: Skatastaðavirkjun B



Virkjanasvæði Skatastaðavirkjunar með öllum veitum

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðessyni

<ul style="list-style-type: none"> Fyrirhuguð lón Stöðvarhús Stífla Breyting á vatnsrennslí vegna stíflanna Göng Skurðir Lindarsvæði 	<ul style="list-style-type: none"> Náttúrumíningar (nr. 413 og 414 skv. Náttúrumíningaskrá) Ár, lækir, vötn Skáli Sæluhús Vegur nr. 1 Vegur
---	---

<ul style="list-style-type: none"> 0 - 100 m 100 - 200 m 200 - 300 m 300 - 400 m 400 - 500 m 500 - 600 m 600 - 700 m 700 - 800 m 800 - 900 m 900 - 1000 m 1000 - 1100 m 1100 - 1200 m 1200 - 1300 m 1300 - 1400 m 1400 - 1500 m 1500 - 1600 m 1600 - 1700 m 	<ul style="list-style-type: none"> 1700 - 1800 m 1800 - 1900 m 1900 - 2000 m 2000 - 2100 m 	<ul style="list-style-type: none"> 800 - 900 m 900 - 1000 m 1000 - 1100 m 1100 - 1200 m 1200 - 1300 m 1300 - 1400 m 1400 - 1500 m 1500 - 1600 m 1600 - 1700 m 1700 - 1800 m 1800 - 1900 m 1900 - 2000 m 2000 - 2100 m
---	--	---

N

1 : 250.000

0 2 4 6 8 km

Kortgrunnur: Landmælingar Íslands

3. Villinganesvirkjun

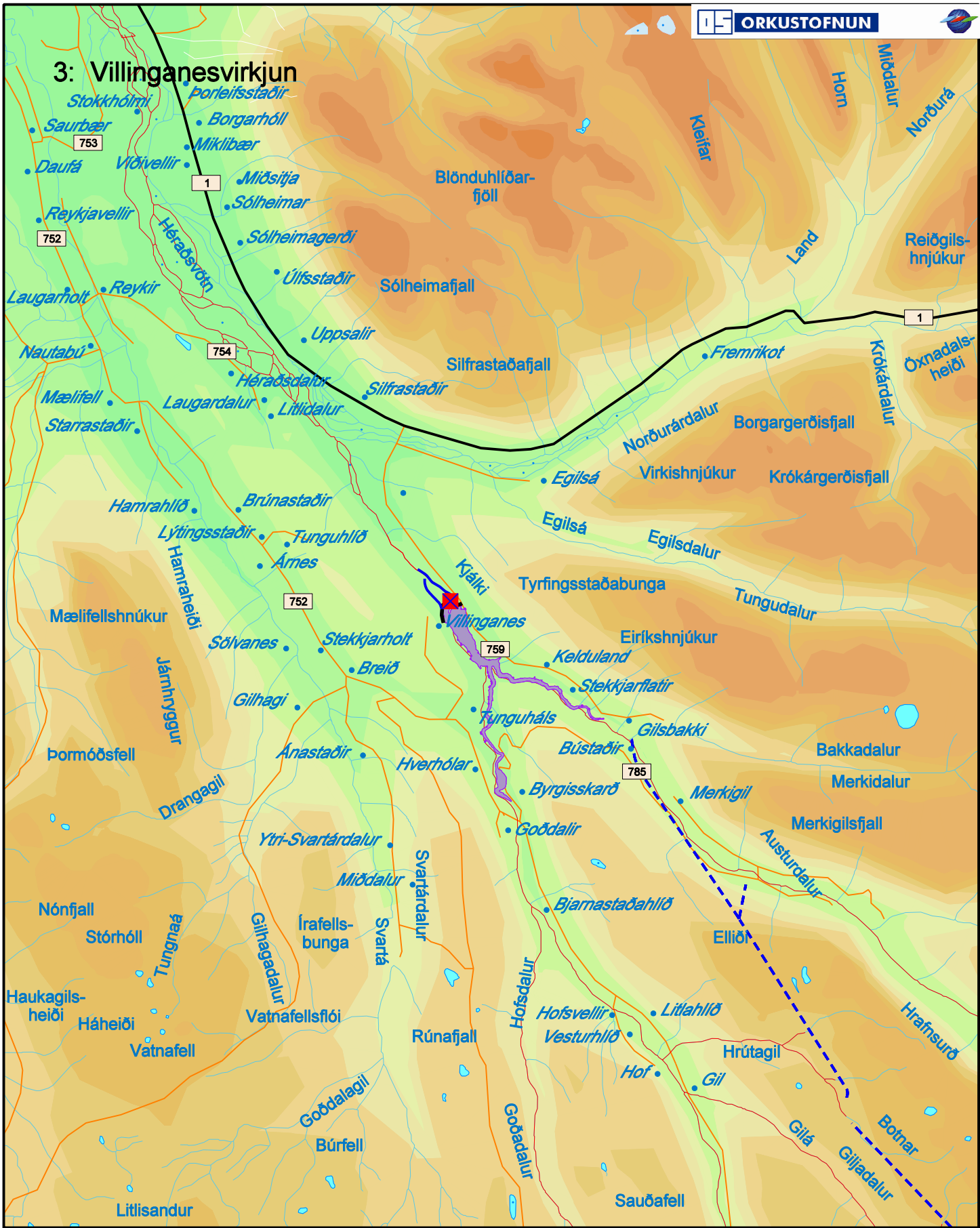
Með Villinganesvirkjun er rennsli Vestari og Austari Jökulsár í Skagafirði virkjað skammt neðan við ármót þeirra, á mótis við bæina Villinganes og Tyrfingsstaði. Fyrir neðan ármót heitir vatnsfallið Héraðsvötn. Stíflur og yfirfall eru samtals um 1.100 m, annars vegar í gljúfri árinna og hins vegar í lægð nokkru vestar. Mesta hæð stíflunnar er um 60 m. Stöðvarhús verður ofanjarðar áfast stíflunni og frá því er grafinn 1,5 km langur frárennisskurður í farveginn. Yfirfall verður sprengt í holt á milli stíflanna og yfirfallsvatni veitt eftir lægð vestan aðalstíflu í ána um 1 km neðan við virkjun.⁴

Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Villinganesvirkjun
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	62,5
Vatnasvið (km ²)	2030
Yfirfallshæð (m)	151,8
Flatarmál lóna (km ²)	1,7
Miðlun (Gl)	13
Lengd ganga (km)	0,3
Lengd stíflna (m)	1.100
Mesta hæð “ (m)	60
Lengd skurða (m)	1.450
Afl (MW)	33
Orkugeta (GWh/a)	190
Stofnkostnaður Mkr	4.640
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	24,4

Berggrunnurinn er tertíer að mestu úr basaltlögum. Lónstæðið er að mestu í gljúfrum Héraðsvatna en við Kelduland greinast þau í farvegi beggja jökulanna. Nokkuð er um gróna hvamma í gljúfrinu. Nokkrar laugar eru í gljúfrunum. Helstar og vatnsmestar við Bakkakot og Hverhóla sitt hvorum megin við Vestari Jökulsá. Vegna þess hve gljúfrin eru torsótt fyrir sauðfé, ber nokkuð á gróðri sem hefur fengið að þróast og dafna á náttúrulegum forsendum, og því er gróður fjölbreyttur. Fuglalíf er nokkuð og er heiðagæs nokkuð algeng og hrafnavarp þétt. Nokkrir tugir laxa hafa veiðst á vatnasvæðinu og eitthvað af sjóbleikju gengur upp Héraðsvötn. Stífla í ánni stöðvar þessar göngur upp á efri hluta svæðisins ef ekkert verður að gert.

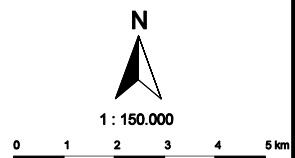
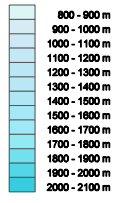
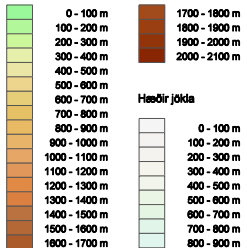
⁴ Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 2001. *Villinganesvirkjun í Skagafirði – Mat á umhverfisáhrifum 33 MW virkjunar og 132 kV tengingar við landskerfið*. Unnið fyrir Héraðsvötn ehf. VST, júní 2001.



Virkjanasvæði Villinganesvirikjunar

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stíffa
- Breyting á vatnsrennsli vegna stíffanna
- Göng
- Verndarsvæði - friðland

- Þéttbýli
- Ár, isakir, vötn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



4. Fljótshnjúksvirkjun

Megin miðlun virkjunar fæst með stíflu Fljótsins vestur af Steinfjalli, um 5 km sunnan við Laufrönd. Yfirfallshæð í lóni er áætluð 742 m y.s. og lónrými um 110 Gl. Inntakslón virkjunar er myndað með stíflu í fljótinu ofan Syðra Fljótsgils um það bil er Jökulfall sameinast því. Yfirfallshæð um 688 m y.s. og lónrými um 50 Gl. Úr inntakslóni er veitt í göngum í sveig í NA-átt út á Ytra múla. Öxnadalsá yrði veitt með stuttum og grunnum skurði yfir í drög Hraunár og þeim báðum ofan í göngin. Virkjun yrði neðanjarðar í Ytri-Múla.⁵

Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Fljótshnjúksvirkjun
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	25,3
Vatnasvið (km ²)	802
Yfirfallshæð í miðlun (m)	742/688 ¹
Flatarmál lóna (km ²)	11,4+6,8 ¹
Miðlun (Gl)	110+50 ¹
Lengd ganga (km)	22
Lengd stíflna (m)	2.400+3.300 ¹
Mesta hæð “ (m)	28/30 ¹
Afl (MW)	58
Orkugeta (GWh/a)	405
Stofnkostnaður Mkr	16.340
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	40,3

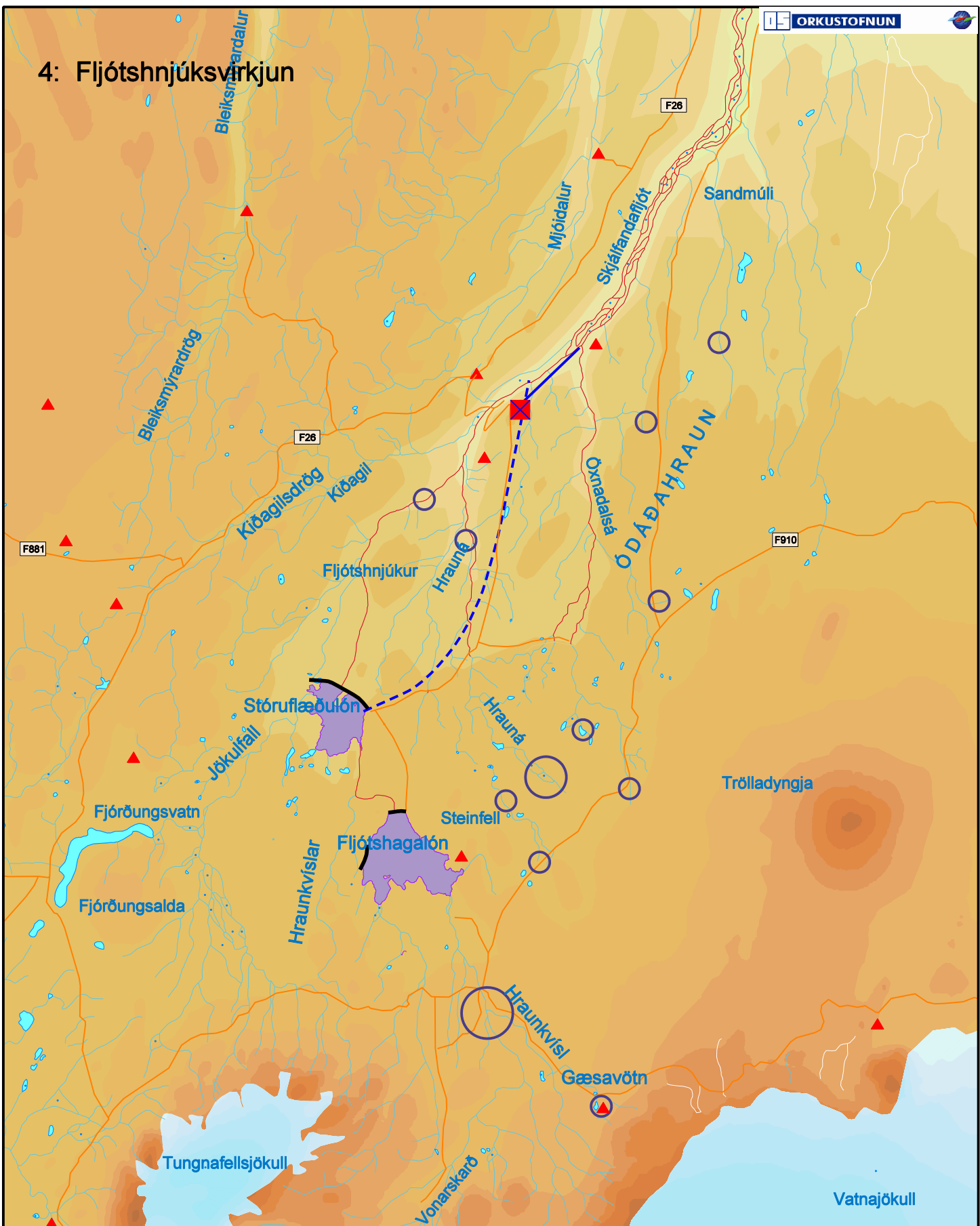
1 Fljótshaga- og Stórufælulón

Landslag er fremur flatt á lónstæðunum, mótað af rofi jökla, en á neðri hluta svæðisins hefur fljótið grafið sig niður í gegnum staflann, og fellur 250 til 300 m á fremur stuttum kafla. Svæðið er í heild hrjóstrugt og gróður að mestu bundinn við lægðir og lækjardrög. Skjálfafljót verður að mestu fært úr farvegi sínum á um 30 km kafla. Inn á þennan árkafla koma Kiðagilsdrög að vestan. Þekktasta gróðursvæðið á þessu svæði, Laufrönd, er langt utan áhrifasvæðis virkjunar.

Í forathugun virkjunar Skjálfafljóts var kannað hvort hagkvæmt væri að veita Kiðagilsdrögum til inntakslónsins, en svo reyndist ekki vera. Einnig var könnuð hagkvæmni miðlunar í norðanverðu Vonarskarði, en það reyndist heldur ekki svara kostnaði, enda eftir litlu að slægjast þar.

⁵ Hönnun hf. 2002. *Virkjanir í Skjálfafljóti ofan Bárðardals. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/061.

4: Fljótshnjúksvirkjun



Virkjanasvæði Skjálfandasfljóts, efri hluti

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðesyni

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnsrennsli vegna stíflanna
- Göng
- Skurðir
- Lindasvæði
- Vetrarrensli [m³/sek]

<1
 1-2
 2-5
 5-10

- Ár, lækir, vötn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur

0 - 100 m	1700 - 1800 m	800 - 800 m
100 - 200 m	1800 - 1900 m	900 - 1000 m
200 - 300 m	1900 - 2000 m	1000 - 1100 m
300 - 400 m	2000 - 2100 m	1100 - 1200 m
400 - 500 m		1200 - 1300 m
500 - 600 m		1300 - 1400 m
600 - 700 m		1400 - 1500 m
700 - 800 m		1500 - 1600 m
800 - 900 m		1600 - 1700 m
900 - 1000 m		
1000 - 1100 m		
1100 - 1200 m		
1200 - 1300 m		
1300 - 1400 m		
1400 - 1500 m		
1500 - 1600 m		
1600 - 1700 m		

Hæðir jökla

0 - 100 m	800 - 800 m
100 - 200 m	900 - 1000 m
200 - 300 m	1000 - 1100 m
300 - 400 m	1100 - 1200 m
400 - 500 m	1200 - 1300 m
500 - 600 m	1300 - 1400 m
600 - 700 m	1400 - 1500 m
700 - 800 m	1500 - 1600 m
800 - 900 m	1600 - 1700 m

N

1 : 250.000

0 2 4 6 8 km

Kortagrunnur: Landmælingar Íslands

5/11 2002/K6_2

5. Hrafnabjargavirkjun A

Hrafnabjargavirkjun; miðlun við Hrafnabjörg

Virkjun við Hrafnabjörg með miðlun á fljótsdalnum sunnan við Hrafnabjörg í 404 m y.s. sem rúmar 325 Gl miðlun. Virkjun neðanjarðar í múlanum milli Mjóadalsár og fljótsins, og frárennsli til Mjóadalsár. Hluta af Suðará, um 12 m³/s af 20 m³/s meðalrennsli við Ullarfoss er veitt til Hrafnabjargarlóns.⁶

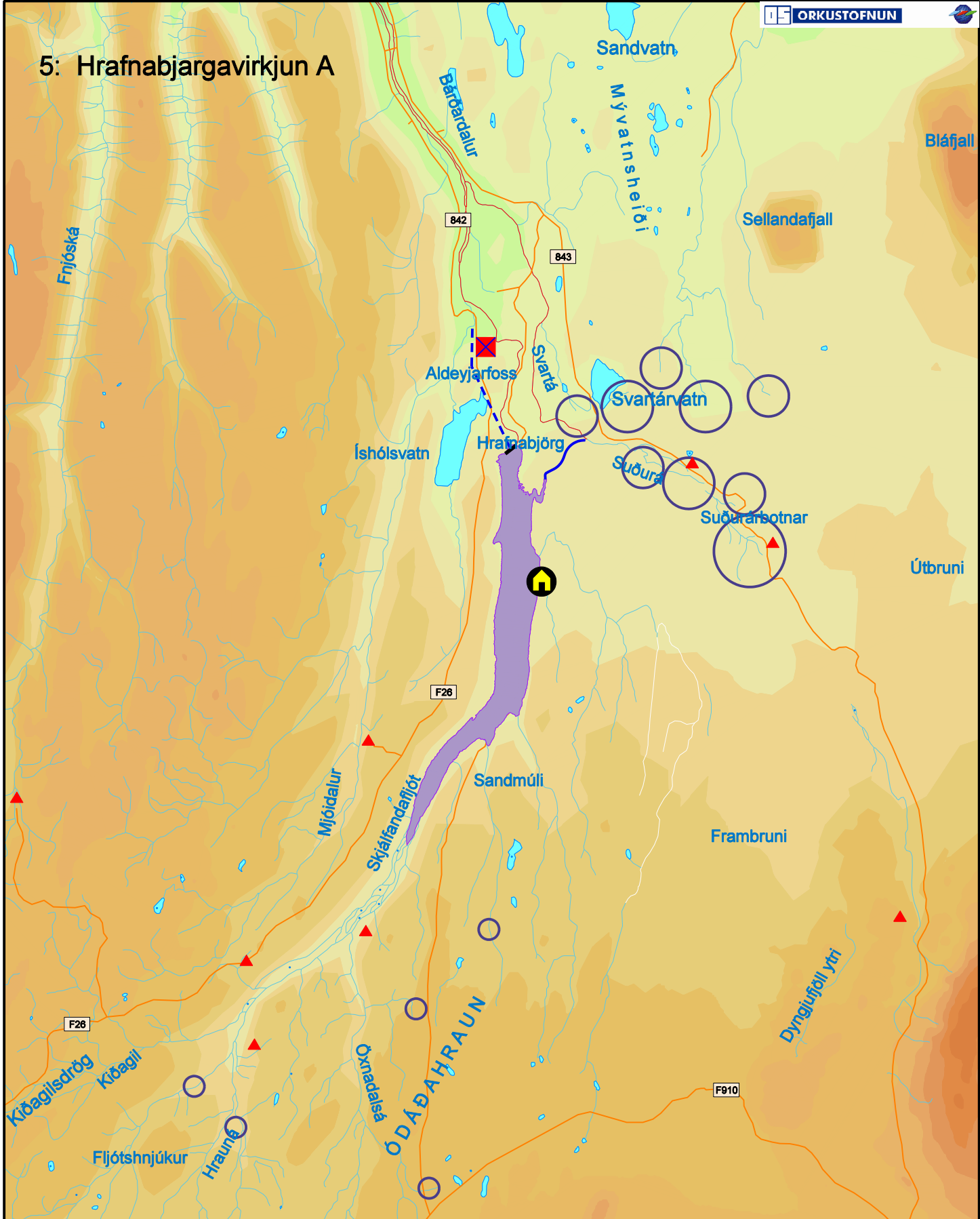
Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Hrafnabjargavirkjun með Hrafnabjargalóni
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	57,9
Vatnasvið (km ²)	~1.900
Yfirfallshæð í miðlun (m)	404
Flatarmál lóna (km ²)	26,8
Miðlun (Gl)	325
Lengd ganga (km)	6,2
Lengd stíflna (m)	1.000
Mesta hæð “ (m)	39
Afl (MW)	88,5
Orkugeta (GWh/a)	575
Stofnkostnaður Mkr	12.210
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	21,2

Hrafnabjargalón yrði myndað á grunni gamals lóns sem líklega hefur stíflast upp af hrauni, sem talið er hafa runnið skömmu eftir að ísaldarjökullinn hopaði úr dalnum. Talið er að lónborð þess lóns hafi verið í um 400 m y.s. Frá lóni niður í Bárðardal fellur áin um Hrafnabjargagljúfur og í tveimur þekktum fossum, Hrafnabjargafossi og Aldeyjarfossi, og einum að auki, Ingvararfossi. Þetta svæði er skráð sem aðrar Náttúruminjar.

⁶ Hönnun hf. 2002. *Virkjanir í Skjálfandafljóti ofan Bárðardals. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/061.

5: Hrafnabjargavirkjun A



Virkjanasvæði Skjálfandasfljóts, neðri hluti

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðssyni

	Fyrirhuguð lón		Stöðvarhús		Ár, lækir, vörn
	Stífla		Göng		Skáll
	Breyting á vatnarenselli vegna stíflanna		Skurðir		Sæluhús
	Lindasvæði		Vegur nr. 1		Vegur
	Vetrarenselli [m ³ /sek]				

	0 - 100 m		1700 - 1800 m		800 - 900 m
	100 - 200 m		1800 - 1900 m		900 - 1000 m
	200 - 300 m		1900 - 2000 m		1000 - 1100 m
	300 - 400 m		2000 - 2100 m		1100 - 1200 m
	400 - 500 m				1200 - 1300 m
	500 - 600 m				1300 - 1400 m
	600 - 700 m				1400 - 1500 m
	700 - 800 m				1500 - 1600 m
	800 - 900 m				1600 - 1700 m
	900 - 1000 m				
	1000 - 1100 m				
	1100 - 1200 m				
	1200 - 1300 m				
	1300 - 1400 m				
	1400 - 1500 m				
	1500 - 1600 m				
	1600 - 1700 m				

N

1 : 250.000

0 2 4 6 8 km

Kortagrunnur: Landmælingar Íslands

6. Hrafnabjargavirkjun B

Hrafnabjargavirkjun; miðlun við Hrafnabjörg og Fljótshaga

Virkjun eins og í kosti nr. 5, en með viðbótarmiðlun við Fljótshaga, sjá kost 4. Sú miðlun yrði þá hugsanlega upphaf að virkjun við Fljótshaga (kostur 4).⁷

Yfirlitstafla

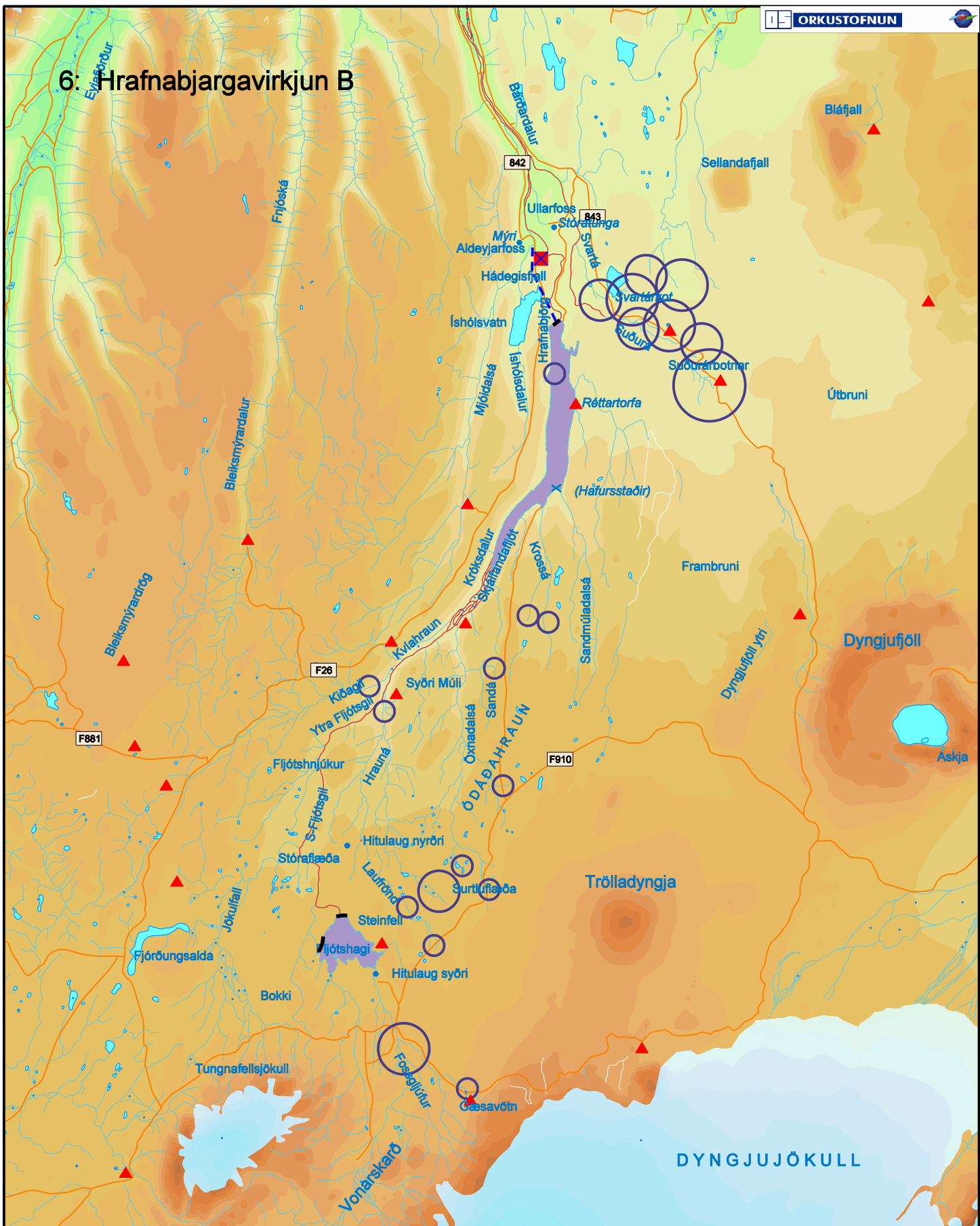
Einkennisstærðir	Hrafnabjargavirkjun; + Fljótshagalón
Rennslí til virkjunar (m ³ /s)	57,9
Vatnasvið (km ²)	~1.900
Yfirfallshæð í miðlun (m)	742/404 ²
Flatarmál lóna (km ²)	11,4+26,8 ²
Miðlun (Gl)	110+325 ²
Lengd ganga (km)	6,2
Efni úr göngum og stöðvarhúsi (m ³)	275.500
Lengd stíflna (m)	2.400+1.000 ²
Mesta hæð “ (m)	28/39 ²
Efnisþörf í stíflur (m ³)	890.000+430.000 ²
Lengd skurða (m)	
Afl (MW)	88,5
Orkugeta (GWh/a)	618
Stofnkostnaður Mkr	14.390
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	23,3

² Hrafnabjarga- og Fljótshagalón

Í flestum fyrri tilhögunum var gert ráð fyrir að veitt yrði úr Hrafnabjargalóni til Íshólsvatns, sem yrði þá hvort tveggja í senn inntakslón og viðbótarmiðlun. Gert var ráð fyrir að veita úr Mjóadalsá til Íshólsvatns. Áætlun um Hrafnabjargavirkjun með veitu úr Mjóadalsá og inntakslóni, sem fengist með verulegri hækkun í Íshólsvatni gaf ekki til kynna að sú lausn bætti hagkvæmni virkjunarinnar. Ennfremur þykir sýnt að þá orkuviðbót sem hún gæfi, mætti síðar fá með sérstakri virkjun úr Íshólsvatni.

⁷ Hönnun hf. 2002. *Virkjanir í Skjálfandafljóti ofan Bárðardals. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/061.

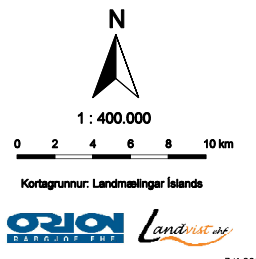
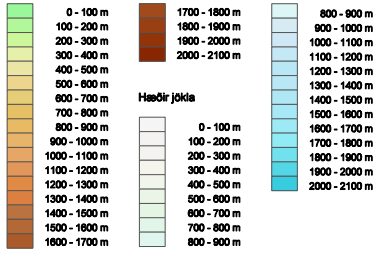
6: Hrafnabjargavirkjun B



Virkjanasvæði Skjálfundasíljóts

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðssyni

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnarennisli vegna stíflanna
- Göng
- Lindasvæði
- Vetrarennisli [m³/sek]
- Á, lækir, vötn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



7. Jökulsá á Fjöllum

Jökulsá á Fjöllum er veitt til Kreppu þar sem styst er milli ána sunnan Þorláks-lindahryggjar. Þaðan er kvíslunum veitt inn í lón sem myndað er með stíflun Arnardalsár frá Arnardalsöldu austur á Grjót. Vatni er veitt um göng að stöðvarhúsi neðanjarðar við Reykjará með frárennsli út í Jökulsá á Dal innan við Brú í um 350 m hæð. Jökulsá á Dal er stífluð við ármót Hölnár og þar myndað lítið inntakslón í farvegi árinna. Frá því er vatni veitt í göngum að stöðvarhúsi neðanjarðar við Norðurdal í Fljótsdal og frárennislíngöng og skurð til Jökulsár í Fljótsdal í um 30 m y.s. Fyrirkomulag í Fljótsdal er hliðstætt og í Kárahnjúkavirkjun.

Þetta er sú tilhögun sem birt var í skýrslu Iðnaðarráðuneytisins frá 1994⁸ og byggði á endurskoðun og samnaburði á fyrri hugmyndum um virkjun, og er sú tilhögun sem talin var skást, bæði með hliðsjón af hagkvæmni og umhverfisáhrifum.

Yfirlitstafla

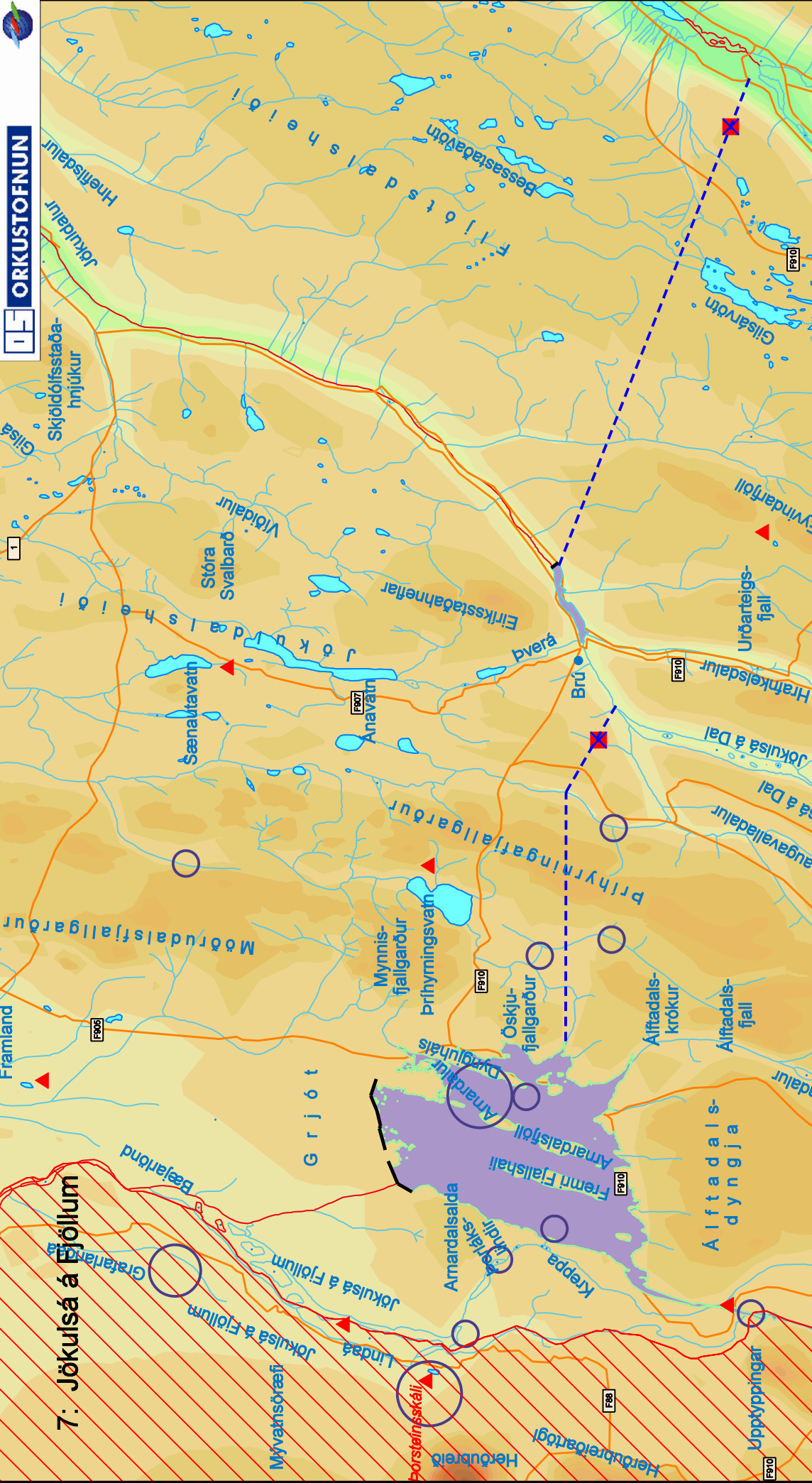
Einkennisstærðir	Virkjun Jökulsár á Fjöllum	
	Arnardalsvirkjun	Brúarvirkjun
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	119	139
Vatnasvið (km ²)	3.480	4.290
Yfirfallshæð (m)	548	352
Flatarmál lóna (km ²)	70	2
Miðlun (Gl)	1.340	0
Lengd ganga (km)	16	25
Lengd stíflna (m)	10.000	1.000
Mesta hæð “ (m)	55	10
Lengd skurða (m)	1.000	3.000
Afl (MW)	570	
Orkugeta (GWh/a)	4.000	
Stofnkostnaður Mkr	73.400	
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	18,4	

Gert er ráð fyrir að tryggt sé að rennsli á Dettifoss verði aldrei minna en 165 m³/s. Það er útfært þannig að á 70 daga tímabili er 100 m³/s alltaf hleypt framhjá og meira þá er lónið er orðið fullt. Annaðhvert ár færi rennsli á Dettifoss í um 200 m³/s og fjórða hvert ár í um 300 m³/s um miðjan ágúst. Þetta framhjärennisli yrði jafnframt notað til aurskolunar. Ennfremur yrði mögulegt að tvöfalda framhjärennislið ef það yrði allt látið fara á 12 klst. tímabili hvern sólarhring, þannig að það skilaði sér á Dettifoss á hæfilegu 12 klst. tímabili yfir daginn. Gróður við Jökulsá á Fjöllum dreifist á nokkrar vinjar, en er óvíða samfelldur eins og við Jökulsá á Dal og Jökulsá í Fljótsdal. Þær helstu eru Hvannalindir, Fagridalur, Herðubreiðalindir, Grafarlönd, Arnardalur og gróðurlendi við Möðrudal (Bæjarlönd og Framlönd). Allt gróðurlendi í Arnardal færi undir vatn. Í Arnardal er verulegt heiðagæsavarp og talið að þar séu um 700 varppör.

Landslag einkennist af háum móbergshryggjum sem myndu verða að eyjum í lóninu.

Arnardalsá er lindá með alls um 5 m³/s rennsli.

⁸ Iðnaðarráðuneytið 1994. *Virkjanir norðan Vatnajökuls – Upplýsingar til undirbúnings stefnumótun.* Iðnaðarráðuneytið, ágúst 1994.

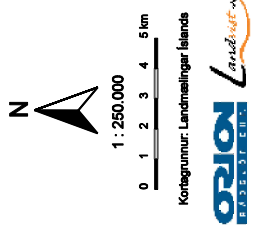
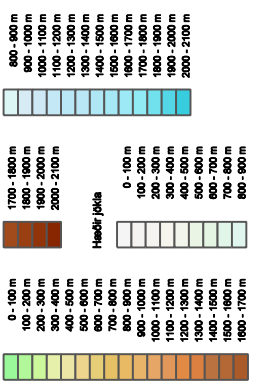


7: Jökulsá á Fjöllum

Virkjanasvæði Arnardals- og Brúarvíkjúnar

Lindir skv. Orkustofnun/Freyrsteini Sigurðesyni

- Fyrirhugað lín
- Stöðvæðing
- Stífla
- Breyting á veitumennali vegna afflarna
- Göng
- Skurdir
- Lindasvæði
- Veitumennali [m²/sek]
- Veitumennali - írlend
- Vetr, dr, lætur
- Skali
- Seuluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



8. Kárahnjúkavirkjun

Jökulsá á Dal er stífluð við Fremri-Kárahnjúk og þannig myndað miðlunarlón sem nefnt hefur verið Háslón. Yfirfallshæð í lóni verður í 625 m y.s. og það mun rúma 2.100 Gl miðlun. Einnig þarf stíflu í Sauðárdal og Desjarárdal. Frá lóninu er vatni veitt um aðrennslisgöng til stöðvarhúss neðanjarðar í Norðurdal og frárennslis út í Jökulsá í Fljótisdal skammt innan við Valþjófsstað. Jökulsá í Fljótisdal er stífluð neðan við Eyjabakkafoss. Lónið sem þar myndast, Ufsarlón er 1 km². Vatni er veitt frá lóninu um göng inn í aðrennslisgöng virkjunarinnar. Þá er vatni veitt úr Kelduá og innstu þverám hennar um lón í Kelduá við Folavatn, sem er um 8 km².⁹

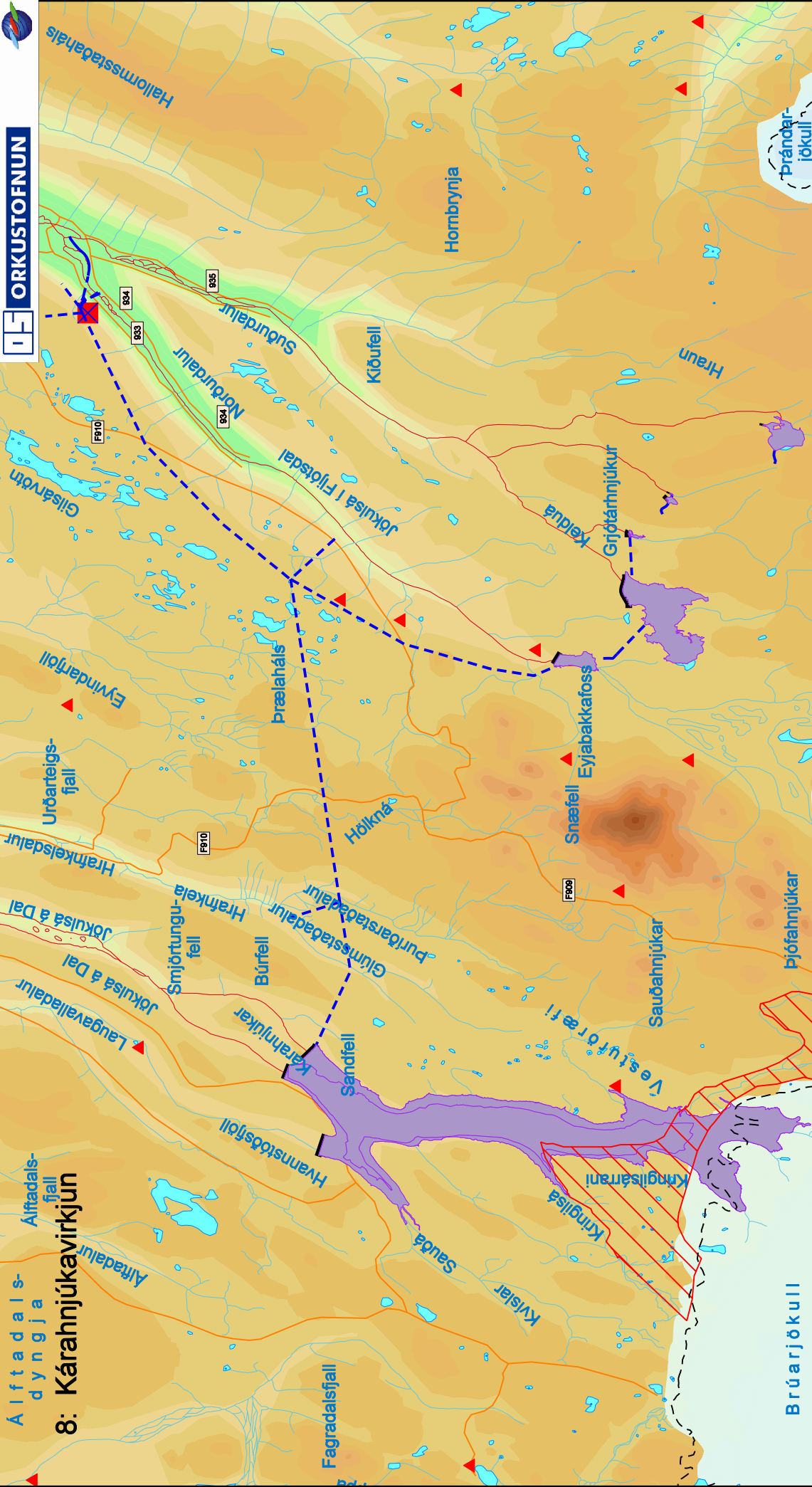
Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Kárahnjúkavirkjun	
	Veita úr Jökulsá á Dal	Veita úr Jökulsá í Fljótisdal og Kelduá
Rennslis til virkjunar (m ³ /s)	103	31
Vatnasvið (km ²)	1.800	400
Yfirfallshæð (m)	625	
Flatarmál lóna (km ²)	57	9
Miðlun (Gl)	2.200	
Lengd ganga (km)	40	13,3
Lengd stíflna (m)	2.730	2.625
Mesta hæð stíflna (m)	190	32
Lengd skurða (m)	2.100	
Afl (MW)	690	
Orkugeta (GWh/a)	4.670	
Stofnkostnaður Mkr	93.470	
Stofnk/orkuin. (kr/(kWh/a))	20,0	

Berggrunnurinn er að mestu gamalt basalt en yngri gosmyndanir, Kárahnjúkar og Snæfell, setja einnig svip á svæðið. Lónstæði Háslóns er að mestu vel gróið og er hluti af kröftugu gróðurlendi beggja vegna árinna. Í lónstæðinu eru sethjallar frá því áður en áin náði að mynda Dimmugljúfur. Í þeim má m.a. lesa sögu jökulsins og veðurfars og um eldvirkni á svæðinu. Þar sem jökullinn gekk lengst fram um 1890 vöðlaði hann upp jarðvegi og mól í hrauka (Töðuhrauka). Aðeins lítill hluti af um 25 km langri hraukaröð færi undir vatn. Hreindýr halda sig á svæðinu vor og sumar og þar eru mikilvæg burðar og beitarsvæði. Allmikið heiðagæsavarp er við Jöklu. Veita Jöklu til Lagarfljóts mun gera það dekkra á litinn, en mun annars hafa takmörkuð áhrif, þar sem miðlun rennslis Jökulsár í Fljótisdal vegur á móti auknu sumarrennslis, auk þess sem ráðstafanir verða gerðar til að vega gegn hækkun vatnsborðs. Gert er ráð fyrir að strönd Héraðsflóa muni færast inn sem nemur um 100 m á næstu öld. Meginhluta sumarsins mun rennslis á fossaröðina í Jökulsá í Fljótisdal verða lítið, en í úrskurði um virkjun er lagt að virkjunaraðila að hleypa framhjá þar, þegar vatnsstaða í miðlunarlóni leyfir.

Athugasemd um jökuljaðar, sjá nr. 9, Fljótisdalsvirkjun.

⁹ Hönnun hf., Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf., Náttúrufræðistofnun Íslands, Landmótun, Sweco VBB Viak og Landsvirkjun 2001. *Kárahnjúkavirkjun – allt að 750 MW. Fyrri áfangi 625 MW – Síðari áfangi allt að 125 MW – Mat á umhverfisáhrifum.* Landsvirkjun, LV-2001/002.

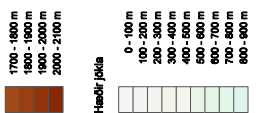
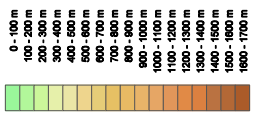


Alftadalsdyngja
8: Kárahnjúkavirkjun

Virkjanasvæði Kárahnjúkavirkjunar

Lindir skv. Orkustofnun/Freyðeini Sigurbeyni

- Fyrirhugað lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vinnuáætlun vegna stíflanna
- Göng
- Skurðir
- Lindasvæði
- Vinnuáætlun [m²/ásk]
- Vindrasvæði - höfðand
- Vöð, ár, teikur
- Skali
- Skulhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



9. Fljótsdalsvirkjun

Jökulsá í Fljótsdal yrði stífluð við Hafursárufis, austan Snæfells, um 800 m ofan við Eyjabakkafoss. Til lönsins verður veitt vatni frá Sauðárvatni, Innri Sauða, Grjótá og Kelduá. Frá miðlunarlóni er vatni veitt um sem næst lárétt 31 km löng göng að stöðvarhúsi neðanjarðar undir Teigsbjargi í Fljótsdal (Norðurdal). Frárennsli virkjunar er með skurði út í Jökulsá í Fljótsdal um 2 km innan við Valþjófsstað. Við Laugará er veitt inn í göngin vatni úr Laugará, Hölná og Grjótá, og Hafursá er veitt í lónið með stuttum skurði¹⁰.

Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Fljótsdalsvirkjun
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	31
Vatnasvið (km ²)	461
Yfirfallshæð (m)	664,5
Flatarmál lóna (km ²)	43
Miðlun (Gl)	500
Lengd ganga (km)	34
Lengd stíflna (m)	8.200
Mesta hæð “ (m)	26
Lengd skurða (m)	10.700
Afl (MW)	210
Orkugeta (GWh/a)	1.390
Stofnkostnaður Mkr	26.300
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	18,9

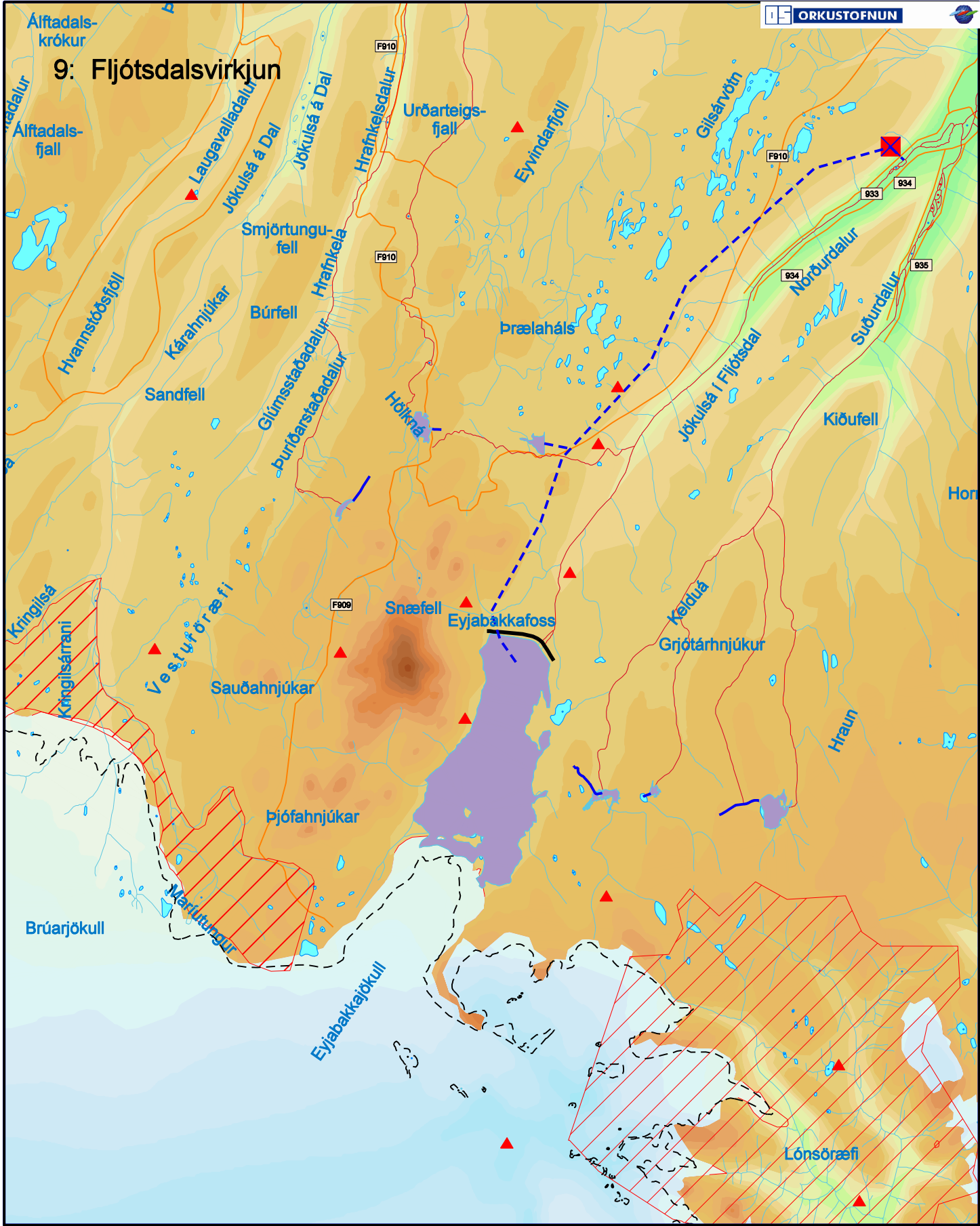
Lónstæðið á Eyjabökkum er flæðiland og einkennist m.a. af mýrum og flóum á eyjum milli kvíslanna. Þar sem jökullinn gekk lengst fram um 1890 ýtti hann á undan sér jarðvegi og möl og hlóð upp í sérkennilega jökulgarða (Hrauka). Áin hefur smám saman verið að fylla í jaðarlón með aurburði sínum, þ.e. grófari hluta hans og hefur verið að rjúfa úr Hraukunum syðst og austast og mun með tímanum líklega ná sér þar í gegn og fara þá í gamla og gróna farvegi austast á Eyjabökkum. Mikill fjöldi heiðagæsa fellir innst á Eyjabökkum, en fáar verpa á svæðinu. Áin fellur nokkuð bratt niður í Fljótsdal og hefur myndað þar marga fagra fossa. Einnig eru margir fossar í Kelduá, sem myndu skerðast vegna veitu úr ánni og þverám hennar.

Athugasemd

Á kortinu til hliðar er jökuljaðar Brúarjökuls sýndur eins og hann var á kortum LMÍ í mælikvarða 1:100.000. Brotin lína sýnir jökuljaðar síðan 1990.

¹⁰ Landsvirkjun 1999. *Fljótsdalsvirkjun – umhverfi og umhverfisáhrif*. Landsvirkjun, nóvember 1999.

9: Fljótsdalsvirkjun



Virkjanasvæði Fljótsdalsvirkjunar

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnserennslí vegna stíflanna
- Göng
- Skurðir
- Lindarsvæði
- Vetrarrennslí [m³/sek]
- Ár, lækir, vötn
- Skáli
- Sæliuhús
- Vegur nr. 1
- Vegur

0 - 100 m	1700 - 1800 m	800 - 900 m
100 - 200 m	1800 - 1900 m	900 - 1000 m
200 - 300 m	1900 - 2000 m	1000 - 1100 m
300 - 400 m	2000 - 2100 m	1100 - 1200 m
400 - 500 m		1200 - 1300 m
500 - 600 m		1300 - 1400 m
600 - 700 m		1400 - 1500 m
700 - 800 m		1500 - 1600 m
800 - 900 m		1600 - 1700 m
900 - 1000 m		1700 - 1800 m
1000 - 1100 m		1800 - 1900 m
1100 - 1200 m		1900 - 2000 m
1200 - 1300 m		2000 - 2100 m
1300 - 1400 m		
1400 - 1500 m		
1500 - 1600 m		
1600 - 1700 m		

Hæðir jökla

0 - 100 m
100 - 200 m
200 - 300 m
300 - 400 m
400 - 500 m
500 - 600 m
600 - 700 m
700 - 800 m
800 - 900 m

N

1 : 250.000

0 2 4 6 8 km

Kortagrunnur: Landmælingar Íslands

ORION Landvist og
DAGSÞJÓFUÞE

20/6. 2003. K9

10. Skaftárvirkjun

Skaftá er stífluð upp í um 315 m hæð með lágri stíflu nokkru fyrir neðan Hólaskjól og veitt til inntaks úr Syðri Ófæru við brúna á ánni norðan við Kálfasléttur. Þaðan er Syðri Ófæru veitt ásamt Skaftá í göngum til miðlunarlóns á Þorvaldsaurum með yfirfallshæð í 311 m y.s. Það er fengið með stíflun Tungufljóts við Réttarfell neðan ármóta við Þorvaldsá. Úr því miðlunarlóni yrði veitt með göngum að virkjun neðanjarðar með frárennsli í Skaftá skammt frá Búlandi í um 125 m y.s.¹¹

Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Skaftárvirkjun
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	85
Vatnasvið (km ²)	~800
Yfirfallshæð (m)	311
Flatarmál lóna (km ²)	9,8
Miðlun (Gl)	120
Lengd ganga (km)	10
Lengd stíflna (m)	3.100
Mesta hæð “ (m)	64
Lengd skurða (m)	1.800
Afl (MW)	139
Orkugeta (GWh/a)	904
Stofnkostnaður Mkr	18.560
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	20,5

Á þessu svæði hafa farið fram ítarlegar rannsóknir á náttúrufari, m.a. gróðurfari og dýralífi, og þetta er eitt lykilsvæðanna við mótun á vistgerðaflokkunarkerfi, sem Náttúrufræðistofnun hyggst nota við náttúruverndarmat í framtíðinni. Innar á svæðinu eru margar eldstöðvar og jarðgrunnurinn er víðast hvar gjallkenndur. Svæðið er meðal hinna úrkomusömustu á landinu. Þetta hvort tveggja er talið eiga sinn þátt í að mosi er einkennandi í flestum gróðurlendum (vistgerðum; habitat types). Fuglalíf er fremur fáskrúðugt einkum inn til landsins.

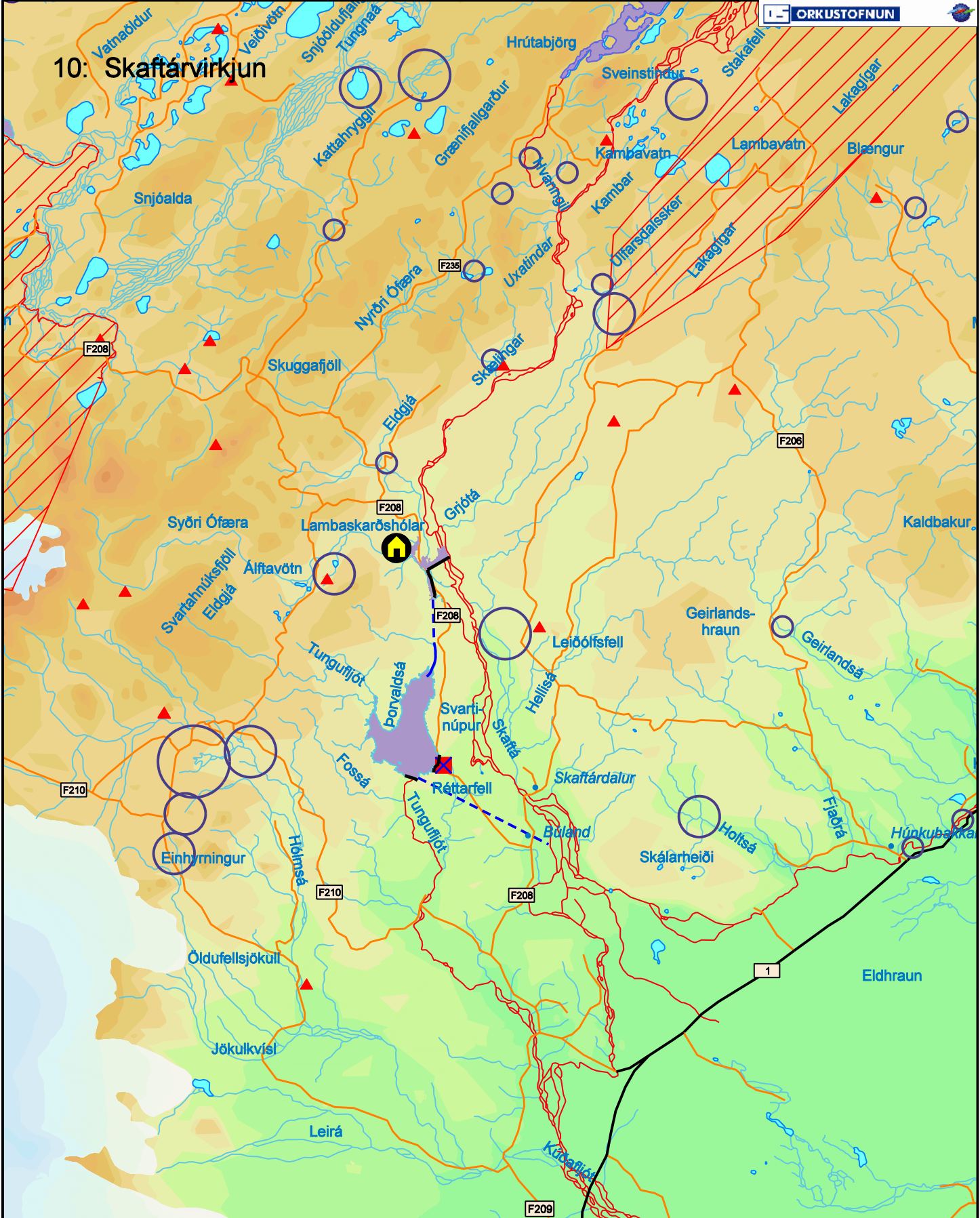
Frá þessu svæði eru til langar rennslisráðir og áratuga rannsóknir á aurburði, þar á meðal eitthvað í mörgum af Skaftárhlaupunum. Á þessu svæði eru merkilegt eldfjallalandslag. Flestir þekktja Laka og Eldgjá, og móbergsfjöllin við Skaftá og Tungnaá eru líklega einstök í heiminum. Virkjun snertir ekkert af þessum merku landslags og jarðfræðifyribærum.

Í áætlunum um virkjunina er gert ráð fyrir að áður verði búið að veita vesturkvíslum Skaftár um Langasjó til Tungnaár. Það svarar til þess að nærri helmingi af jökulvatni árinna á milli hlaupa sé veitt, og þar með drjúgum helmingi af aurburði árinna milli hlaupa. Ennfremur er gert ráð fyrir að bróðurparti Skaftárhlaupa og aurburði þeirra verði veitt til Langasjóar. Með því móti er talið gerlegt að haga inntaksvirkjum Skaftárvirkjunar þannig að aurburður verði ekki til trafala.

Um helmingur af rennsli Tungufljóts er nýttur í Skaftárvirkjun, og er það talið jafngilda um 5 m³/s meðalrennsli.

¹¹ Almenna verkfræðistofan hf. 2002. *Skaftárvirkjun, ofan Skaftárdals. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2002/059.

10: Skaftárvirkjun

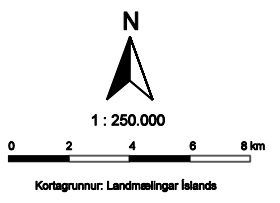
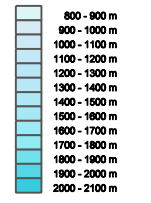
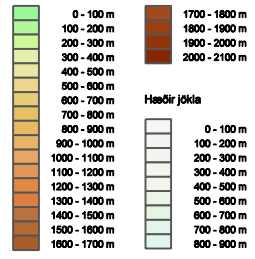


Virkjanasvæði Skaftárvirkjunar

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðssyni

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnarenni vegna stíflanna
- Göng
- Skurðir
- Lindarsvæði
- Vetrarennisli [m³/sek]
 - < 1
 - 1-2
 - 2-5
 - 5-10

- Vemdarsvæði - fríland
- Ár, lækir, vötn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



11. Hólmsárvirkjun

Hólmsá er stífluð efst í gljúfrinu við Einhyrningshamra austan við Einhyrning. Stíflan er um 340 m löng og mesta hæð hennar um 42 m. Stíflan er að mestu á nútímahrauni og er aðeins gert ráð fyrir dægurmiðlun í lóninu, sem verður um 0,5 km² miðað við yfirfallshæð í 362 m y.s. Álfakvísl sem að hluta rennur niður með Einhyrningi að austan er veitt í eystri kvíslina með smástíflu. Úr lóninu er vatni veitt um göng að stöðvarhúsi neðanjarðar. Frá virkjun eru frárennslisgöng út í Tungufljót í um 60 m y.s. um 1 km neðan við bæinn Gröf.¹²

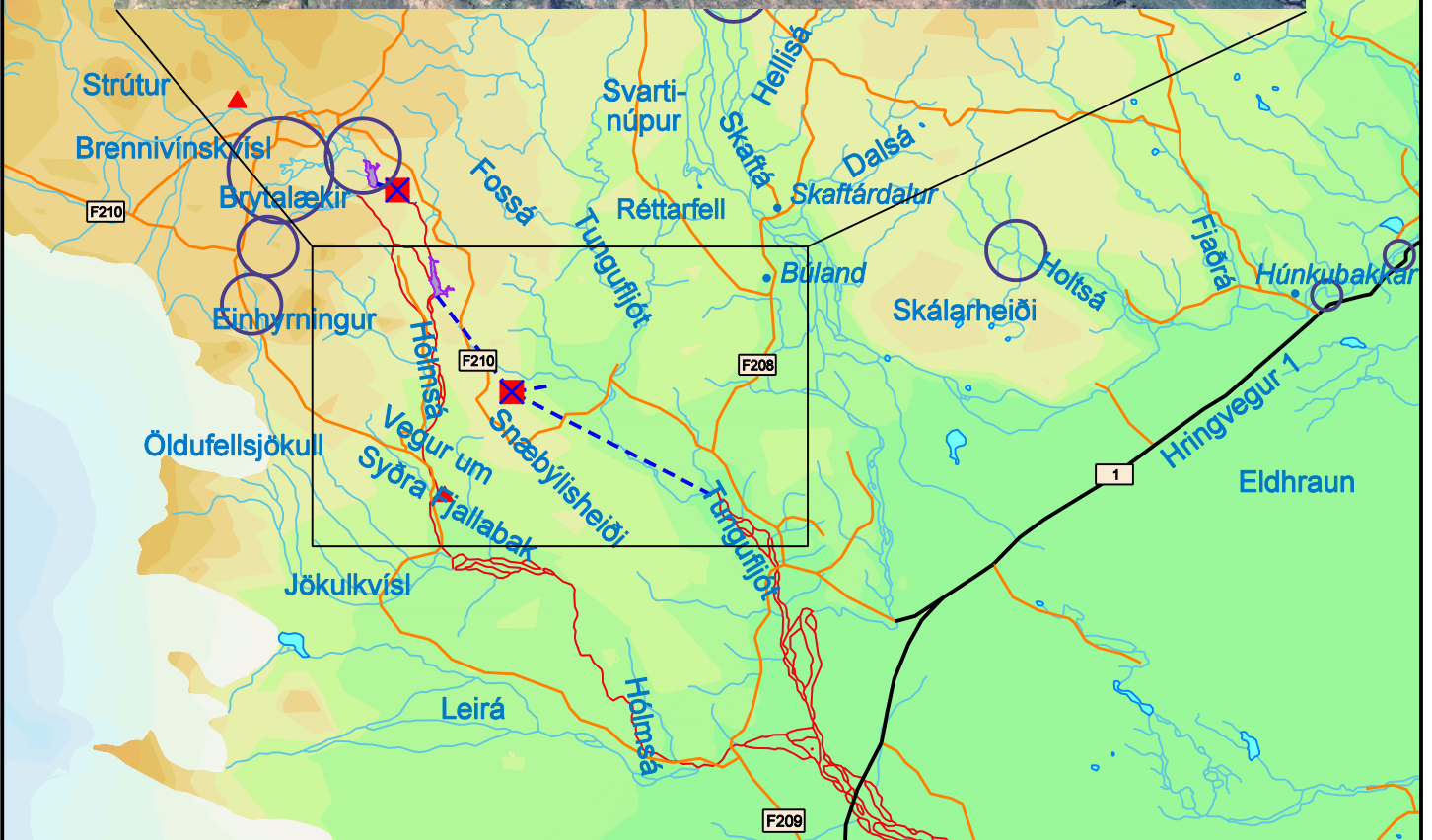
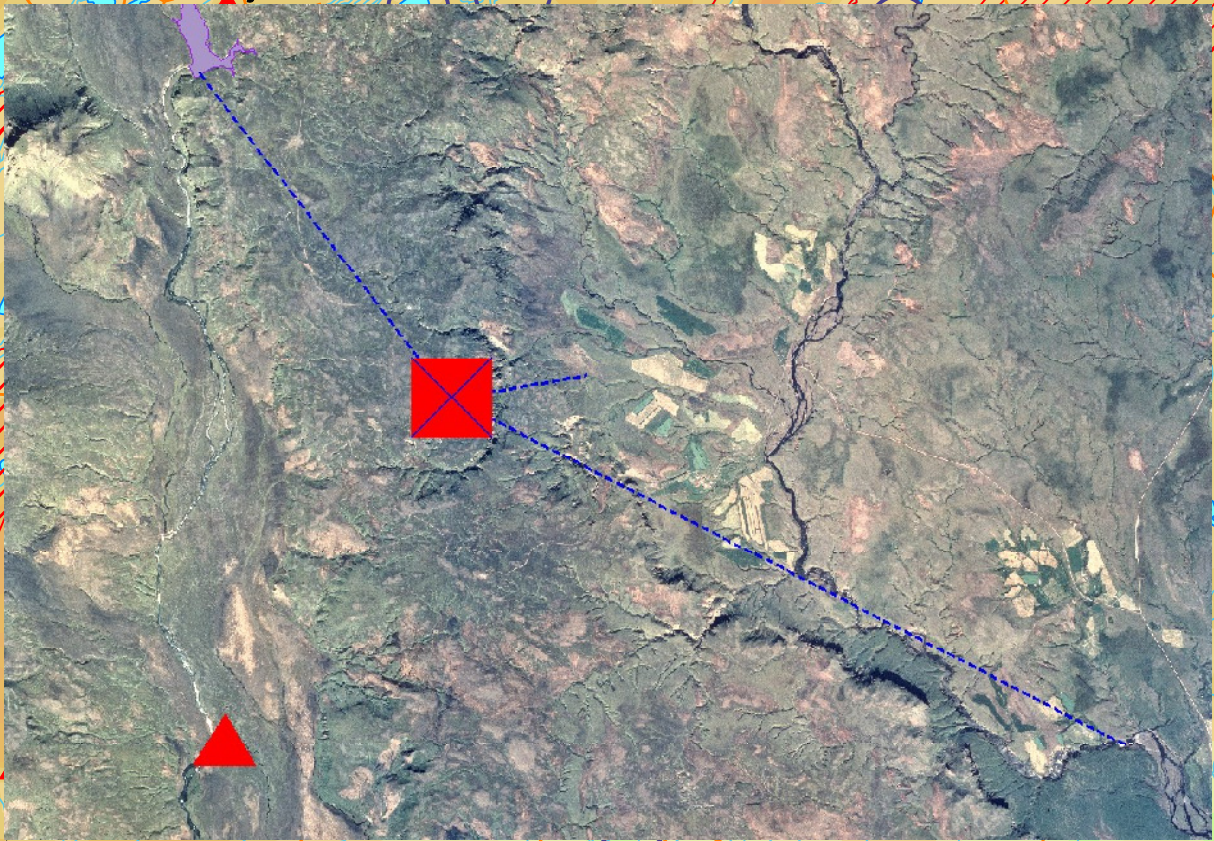
Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Hólmsárvirkjun til Tungufljóts
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	27,9
Vatnasvið (km ²)	202
Yfirfallshæð (m)	362
Flatarmál lóna (km ²)	0,52
Miðlun (Gl)	2
Lengd ganga (km)	13
Lengd stíflna (m)	340
Mesta hæð “ (m)	42
Afl (MW)	73
Orkugeta (GWh/a)	438
Stofnkostnaður Mkr	9.620
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	22,0

Þar sem ráðgert er að stífla ána er hún í um 10 m djúpu gili milli hrauns og undirhlíða Einhyrnings, og er gert ráð fyrir talsverðum leka undir og framhjá stíflu í áætlun um rennsli til virkjunarinnar. Meðalrennsli í Hólmsá minnkar um 24 m³/s og rennsli í Tungufljóti eykst samsvarandi.

¹² Almenna verkfræðistofan hf. 2002. *Hólmsárvirkjun, Hólmsá í Skaftártungu. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/060.

11: Hólmsárvirkjun



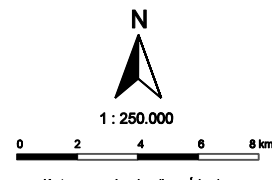
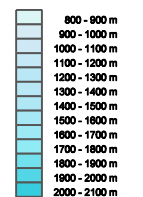
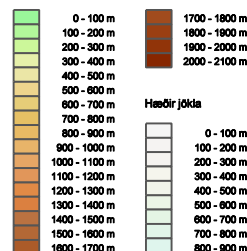
Virkjanasvæði Hólmsárvirkjunar

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðssyni

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnsrennili vegna stíflanna
- Göng
- Skurðir



- Verndarsvæði - friðland
- Ár, lækir, vötn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



12. Markarfljótsvirkjun A

Markarfljót er stíflað efst í Markarfljótsgljúfri ofan við Hattfellsgil. Þar myndast lón sem hefur verið nefnt Emstrulón. Emstrulón er fyrirhugað með yfirfallshæð í 495 m y.s., um 14 km² og rúmar um 280 Gl miðlun. Virkjað er með göngum úr lóni að stöðvarhúsi neðanjarðar norðaustan við Einhyrning með frárennsli í göngum niður í Gilsá í 190 m y.s.¹³

Yfirlitstafla

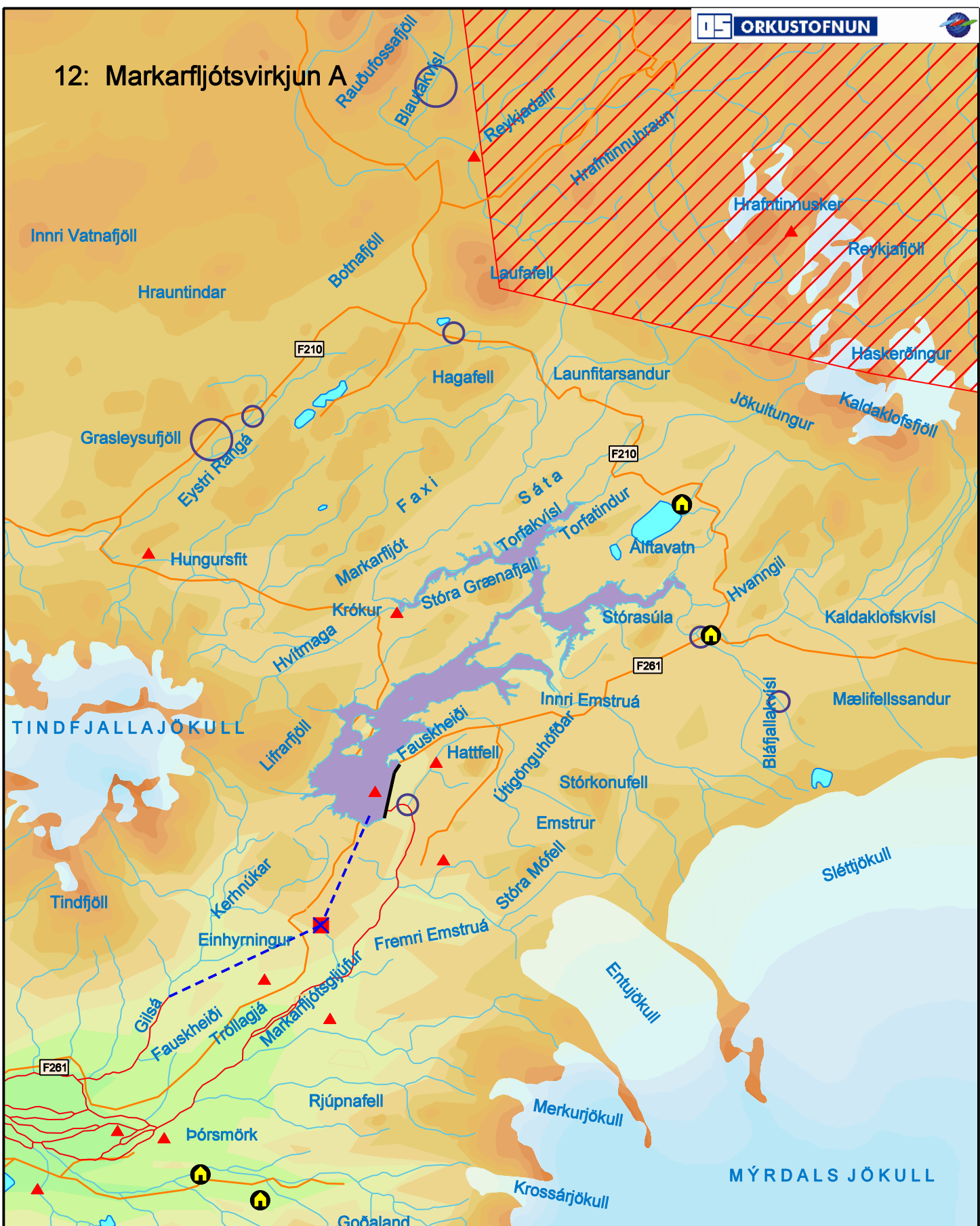
Einkennisstærðir	Emstruvirkjun til Gilsár
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	39,7
Vatnasvið (km ²)	521
Yfirfallshæð (m)	593
Flatarmál lóna (km ²)	14
Miðlun (Gl)	280
Lengd ganga (km)	11
Lengd stíflna (m)	1.700
Mesta hæð “ (m)	120
Afl (MW)	106
Orkugeta (GWh/a)	735
Stofnkostnaður Mkr	17.440
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	23,7

Markarfljótsgljúfur, sem eru mikilúðleg en jafnframt ákaflega litfögur verða vatnslítill frá stíflu niður að S-Emstruá. Stífla Emstrulóns efst í gljúfrinu yrði þannig staðsett að hún sést ekki mjög víða að, en dálítið mun bera á stíflugarðinum austan gljúfurs uppi á hrauninu.

¹³ Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 2002. *Markarfljótsvirkjanir. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2002/058.

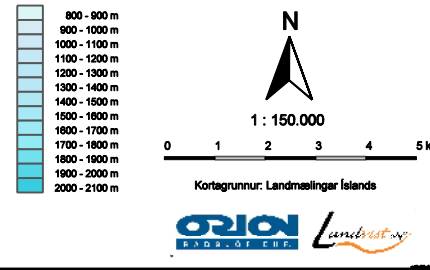
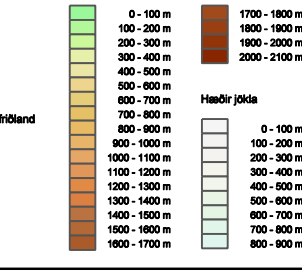
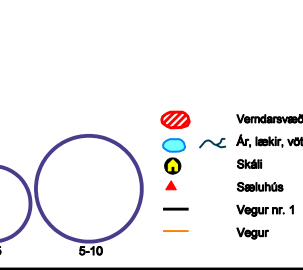
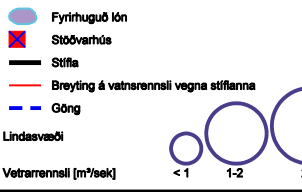


12: Markarfljótsvirkjun A



Virkjanasvæði Emstruvirkjunar

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðssyni



13. Markarfljótsvirkjun B

Einnig hefur verið skoðað að virkja fall ofan af Launfitarsandi, svonefnda Sátuvirkjun með um 11 km² (200 Gl) lóni. Ef virkjun af Emstrum yrði gerð í tengslum við þá virkjun, yrði yfirfallshæð í Emstrulóni um 488 m y.s., flatarmál 11,5 og miðlunarrými tæplega 200 Gl. Með þeirri tilhögun vinnast um 120 GWh/a við lítið eitt hærri einingarkostnað en í Markarfljótsvirkjun einni.¹⁴ Flatarmál lóna yrði um 23 km² (390 Gl).

Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Sátuvirkjun + Emstruvirkjun	
	Sátuvirkjun	Emstruvirkjun
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	13,7	39,7
Vatnasvið (km ²)	173	521
Yfirfallshæð (m)	593	488
Flatarmál lóna (km ²)	11,2	11,5
Miðlun (Gl)	197	193
Lengd ganga (km)	0,6	9
Lengd stíflna (m)	240	1.250
Mesta hæð “ (m)	80	113
Afl (MW)	14	109
Orkugeta (GWh/a)	855	
Stofnkostnaður Mkr	20.820	
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	24,4	

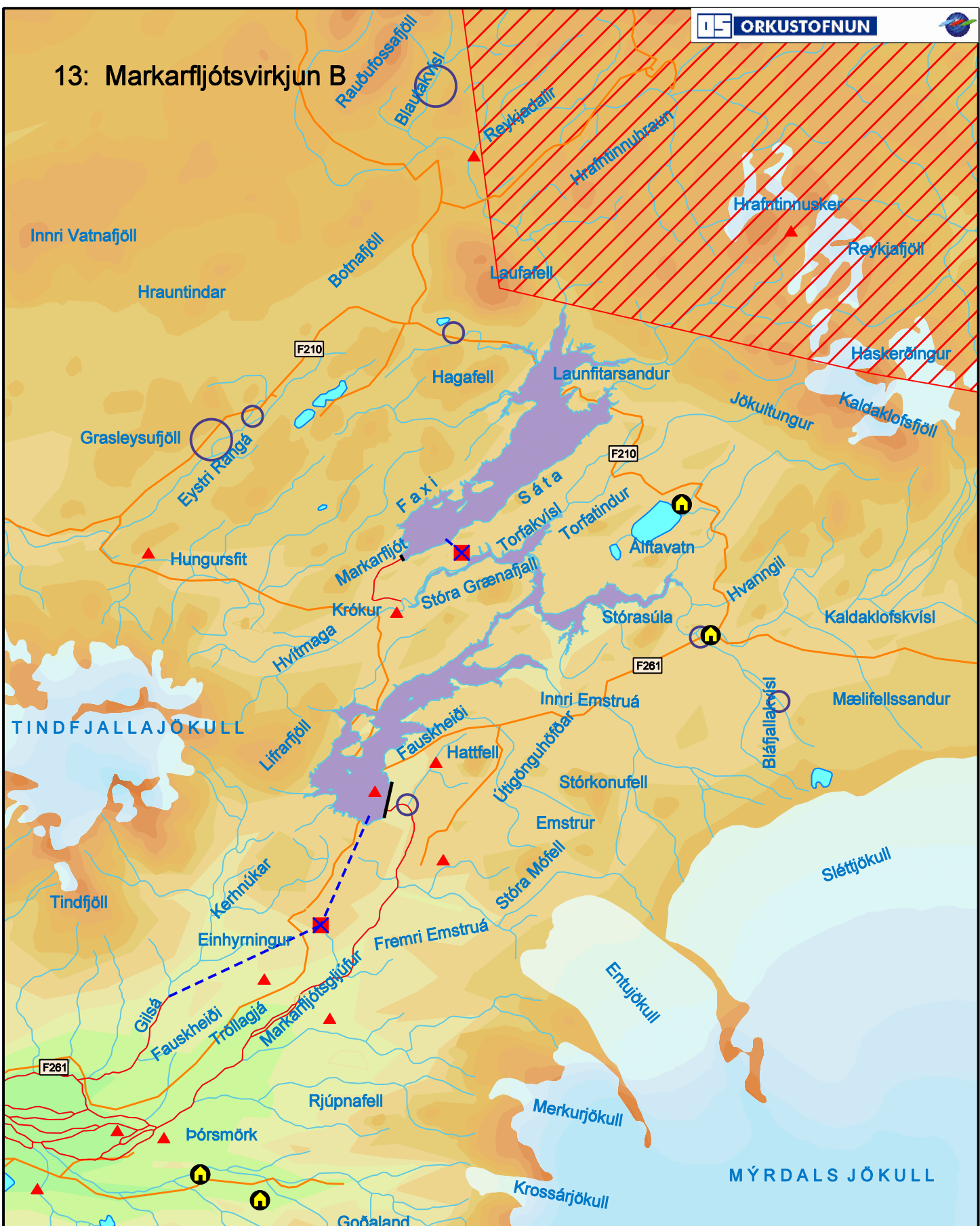
Lónstæðin eru bæði leifar gamalla jökullóna, og geyma merkilega sögu um þróun jökla, eldvirkni og jökulhlaup. Gróður er fremur fábreyttur og fuglalíf lítið.

Nálægð við eldstöðvar veldur því að gjall er víða áberandi, og líkt og á Síðumannaafreйти setur mosagróður áberandi svip á gróðurlendin, sem eru fremur fábreytt og dýralífið að sama skapi.

Í þessari tilhögun yrðu tvö lón í stað eins og yrði einkum hið efra áberandi frá vinsælum útivistarsvæðum og gönguleiðum.

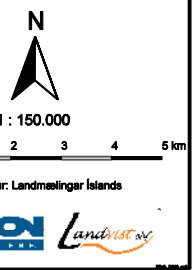
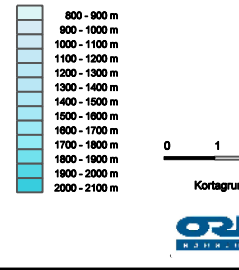
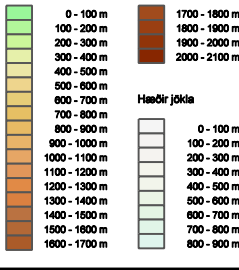
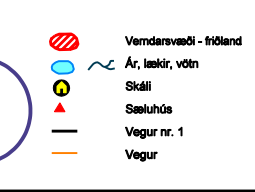
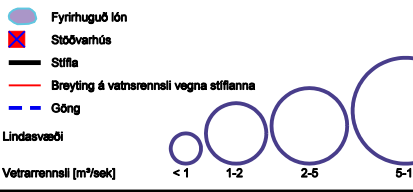
¹⁴ Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 2002. *Markarfljótsvirkjanir. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/058.

13: Markarfljótsvirkjun B



Virkjanasvæði Sátu- og Emstruvirkjunnar

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðssyni



14. Skaftárveita

Vesturkvísl Skaftár er veitt til Tungnaár um Langasjó, sem er jafnframt miðlunarlón veitunnar. Skaftá er stífluð milli móbergshæða skammt innan við Útfall úr Langasjó. Þar myndast um 7 km² lón sem hefur verið nefnt Norðursjór. Miðlun er fyrst og fremst fengin með niðurdreitti í Langsjó og þar hækkar vatnsborð aðeins í Skaftárhlaupum. Vatni er veitt yfir í Langadal og áfram um Lónakvísl og göng til Tungnaár¹⁵.

Orkugeta virkjunar fæst með betri nýtingu virkjana í Tungnaá og Þjórsá.

Yfirlitstafla

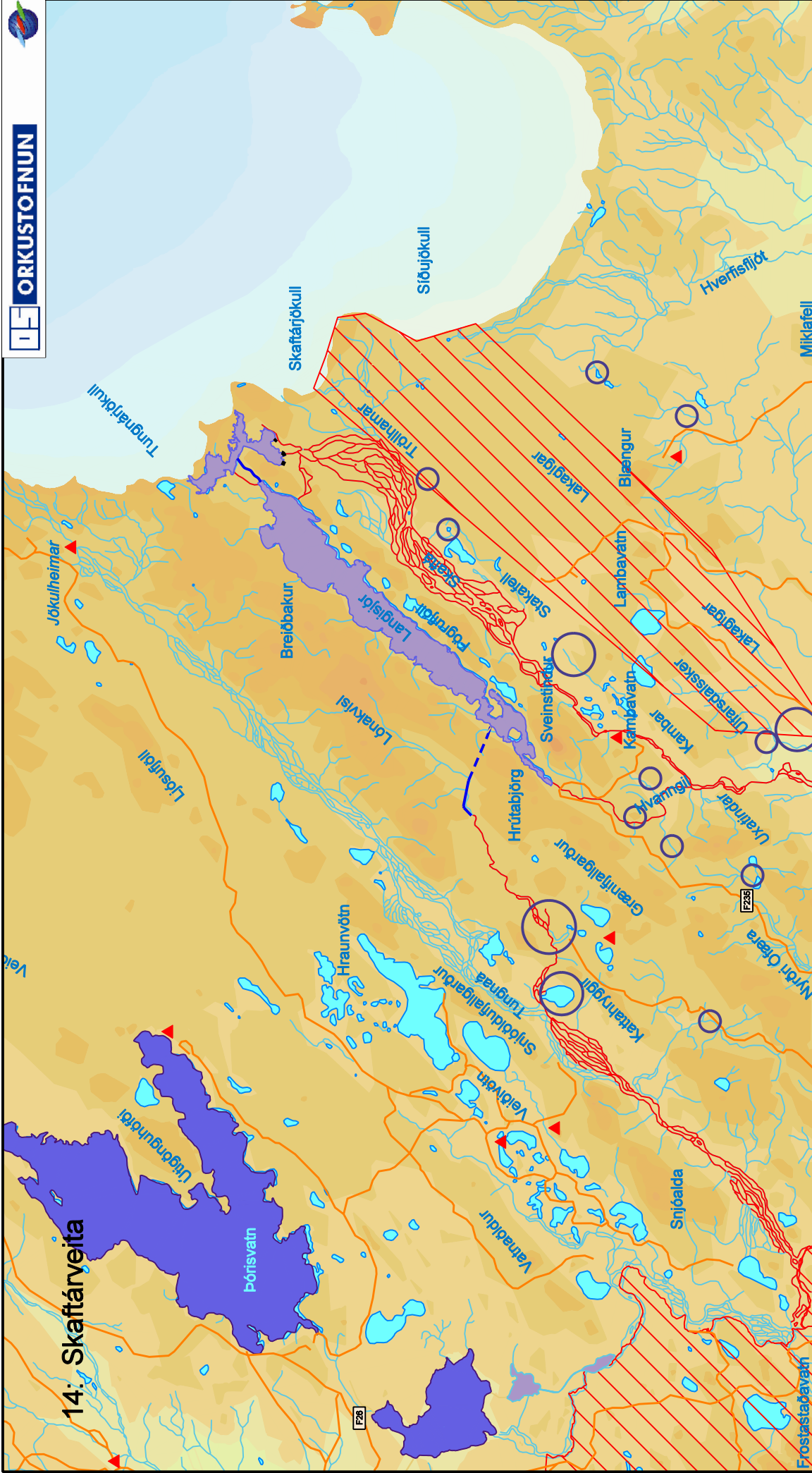
Einkennisstærðir	Skaftárveita til Tungnaár
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	17,4
Vatnasvið (km ²)	295
Yfirfallshæð (m)	662
Flatarmál lóna (km ²)	36
Miðlun (Gl)	480
Lengd ganga (km)	2,6
Lengd stíflna (m)	1.500
Mesta hæð “ (m)	28
Lengd skurða (m)	4.000
Afl (MW)	*
Orkugeta (GWh/a)	460 (-760**)
Stofnkostnaður Mkr	3.670
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	8,2

* Orkugeta veitunnar byggist á að nýta uppsett afl í virkjunum allt frá Sigölduvirkjun og niður úr.

**Hærri talan er miðuð við að Tungnaá og Þjórsá verði fullvirkjaðar, þ.e. að við núverandi virkjanir bætist virkjun í Tungnaá við Bjalla, Búðarhálsvirkjun og virkjanir í Neðri Þjórsá.

Mest áberandi umhverfisáhrif eru fólgin í gruggun Langasjóar. Aurburður inn í vatnið verður til þess að hálfylla það á nokkur hundruð árum, nema Tungnaár og Skaftárjökull haldi áfram að hopa, en þá eru líkur á að stórt jaðarlón muni taka við miklu af aurburði árinna.

¹⁵ Almenna verkfræðistofan hf. 2002. Skaftárveita – Frumhönnun veitu Skaftár til Tungnaár um Langasjó. Landsvirkjun, LV-2002/23.



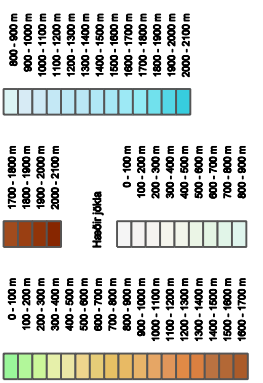
14: Skaftáreirir

Virkjanasvæði Skaftáreiru til Tungnaár

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðesyni

- Fyrirhugað lón
- Stöðvæðing
- Stífla
- Breyting á veitarnemmi vegna effilna
- Göng
- Skurðir
- Lindsævi
- Veitarnemmi [m³/sek]

- Vindarnasvæði - rífland
- Lón í reyktri
- Votn, ár, laekir
- Stífla
- Sælihus
- Vegur nr. 1
- Vegur



15. Norðlingaölduveita

Þjórsá er stífluð austan við Norðlingaöldu og myndað um 29 km² lón, Norðlingaöldulón, með vatnsborði í 575 m y.s. Úr lóninu er vatni síðan dælt um 13 km göng yfir í Þórisvatnsmiðlun. Að dælustöðinni er nokkur hundruð metra langur skurður, sem tryggir niðurdrátt í um 570 m y.s.¹⁶

Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	Norðlingaölduveita
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	53
Vatnasvið (km ²)	1.200
Yfirfallshæð (m)	575
Flatarmál lóna (km ²)	28,5
Miðlun (Gl)	93
Lengd ganga (km)	13
Lengd stíflna (m)	1.100
Mesta hæð “ (m)	24
Afl (MW)	*
Orkugeta (GWh/a)	650*
Stofnkostnaður Mkr	10.590
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	16,3

* Orkugeta veitunnar byggist á að nýta uppsett afl í virkjunum allt frá Vatnsfellsvirkjun niður að Sultartangavirkjun og virkjunum þar neðan við betur miðlað rennsli.

Þessi veita og útfærsla hennar hefur verið til athugunar í áratugi í samræmi við samkomulag sem gert var í tengslum við friðlýsingu Þjórsárvera, en það fól í sér takmarkanir á lónsmyndun. Áður en Landsvirkjun hóf lokaundirbúning að matsferli vegna veitunnar var reifuð hugmynd um einn áfanga enn af Kvíslaveitu, þ.e. 6. áfanga hennar, en með því hefði um 40% af því sem enn var eftir af rennsli Þjórsár við Norðlingaöldu verið veitt beint til Þórisvatns og þar hefði samsvarandi hluti aursins sest til, sem talið var að myndi auðvelda samkomulag um viðunandi lausn. Ekki náðist samkomulag um þá leið. Landsvirkjun lagði þá fram sem sína aðtillögu að lón yrði með yfirfallshæð í 575 m y.s. Í tengslum við meðhöndlun málsins hjá Skipulagsstofnun var síðar gert ráð fyrir að mynda setlón ofan við friðlandið til þess að draga úr auramyndun ofan lónsins. Þannig útfærð veita var samþykkt með úrskurði Skipulagsstofnunar. Hann var kærður til umhverfisráðherra.

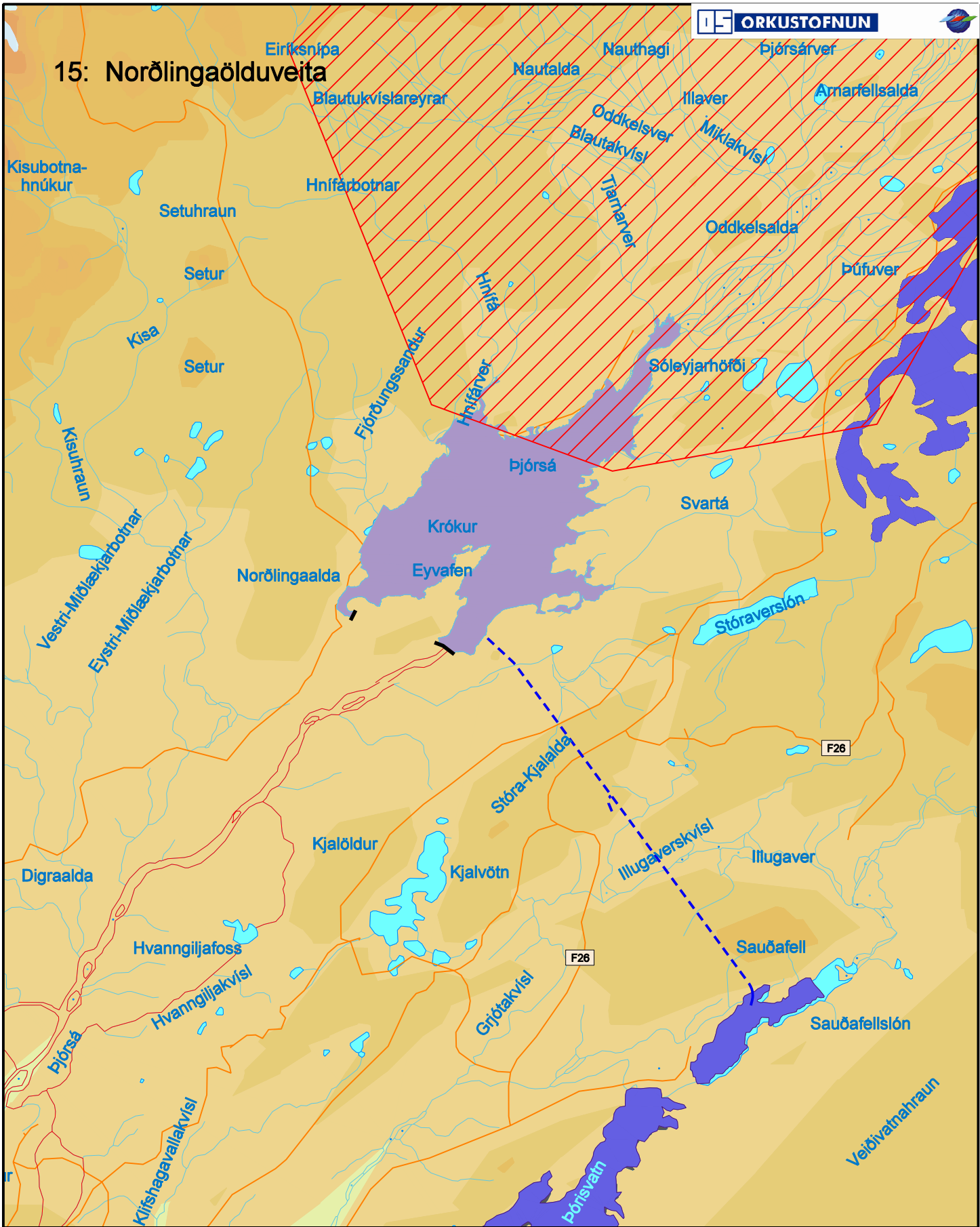
Í úrskurði umhverfisráðherra fólst að lón skyldi fært niður úr friðlandinu, en til þess að sú tilhögun yrði bæði framkvæmanleg og hagkvæm var tiltekin útfærsla af 6. áfanga Kvíslaveitu leyfð miðað við að lón það sem þannig myndaðist yrði jafnframt setlón. Talið er að öll skilyrði umhverfisráðherra séu uppfyllt með Norðlingaöldulóni í t.d. 568 m y.s. og er slík tilhögun til athugunar hjá Landsvirkjun.

Orkugeta virkjunar fæst með betri nýtingu virkjana í Tungnaá og betri miðlun vatns í Þjórsá.

¹⁶ VSÓ ráðgjöf, Almenna verkfræðistofan hf. og Hönnun hf. 2002. *Norðlingaölduveita sunnan Hofsjökuls – Mat á umhverfisáhrifum – Matskýrsla*, ásamt sérhefti með kortum og myndum. Landsvirkjun, LV-2002/37.



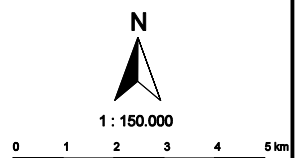
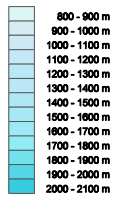
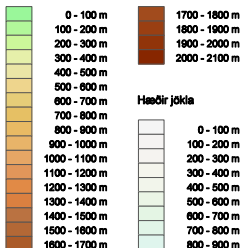
15: Norðlingaölduveita



Virkjanasvæði Norðlingaölduveitu

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnsrennsli vegna stíflanna
- Göng
- Vemdarsvæði - frítand

- Lón í rekstri
- Þéttbýli
- Ár, lækir, vörn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



16. Búðarhálsvirkjun

Í Búðarhálsvirkjun er virkjað um 40 metra fall í Tungnaá milli Hrauneyjafossvirkjunar og Sultartangavirkjunar. Frárennslisfarvegur neðan Hrauneyjafossvirkjunar og Kaldakvísl rétt ofan við ármót Tungnaár eru stífluð og myndað þar um 7 km² lón, Sporðöldulón með yfirfallshæð í 337 m y.s. Sporðöldulón er fyrst og fremst inntakslón en getur einnig nýst til skammtímamiðlunar. Frá lóninu eru skurður og göng í gegnum Búðarháls að stöðvarhúsi ofanjarðar við Sultartangalón. Rennslí til virkjunar er um 230 m³/s, en virkjunin er aflsett miðað við 325 m³/s rennslí, sem fyrst og fremst yrði nýtt við rekstrarstöðvun í Hrauneyjafossvirkjun. Í því skyni er gert ráð fyrir skurði úr Tungnaá til að veita rennslí frá Hrauneyjalóni framhjá virkjun inn í Sporðöldulón¹⁷.

Yfirlitstafla

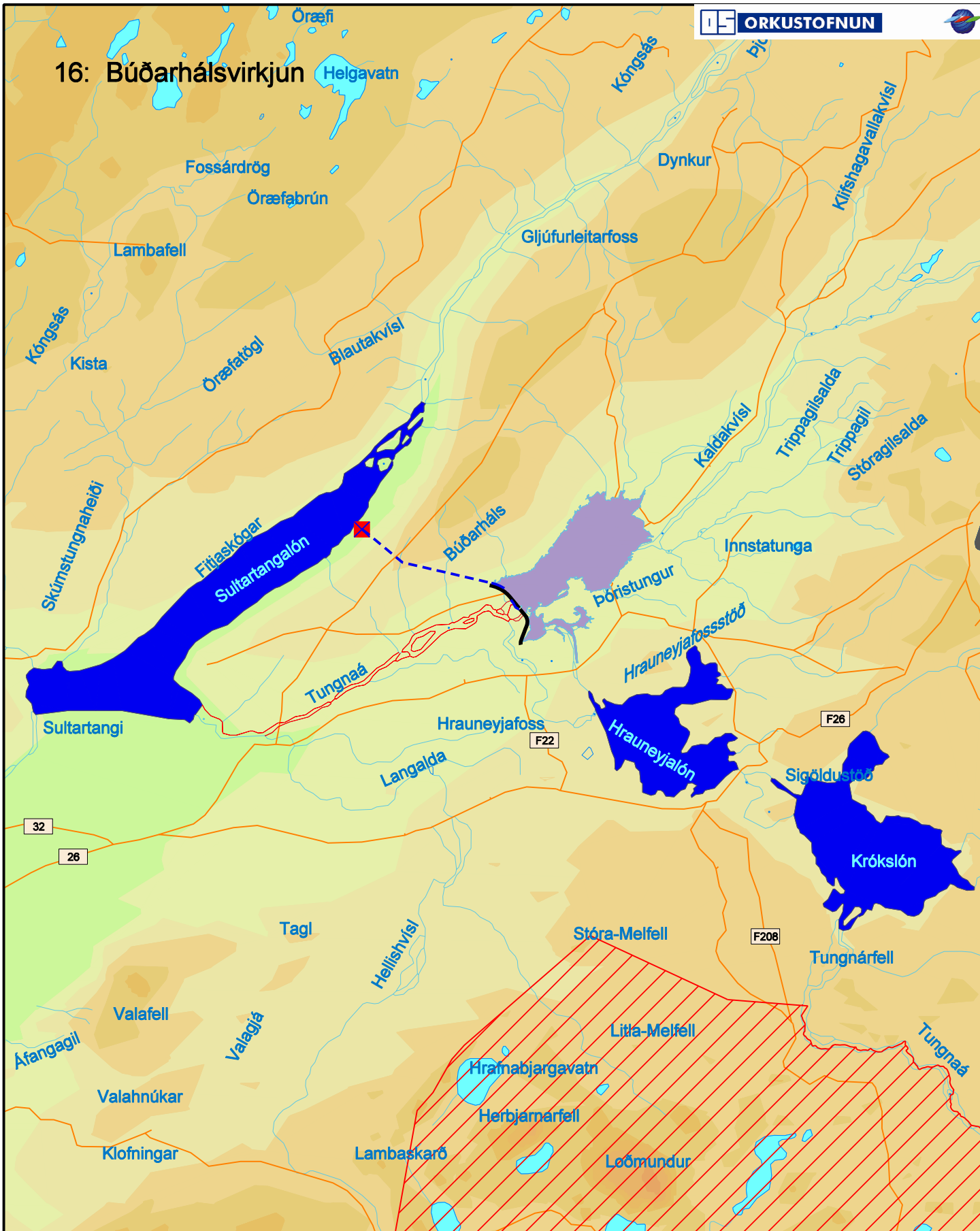
Einkennisstærðir	Búðarhálsvirkjun
Rennslí til virkjunar (m ³ /s)	231
Vatnasvið (km ²)	2.200
Yfirfallshæð í miðlun (m)	337
Flatarmál lóna (km ²)	7
Miðlun (Gl)	26
Lengd ganga (km)	4
Lengd stíflna (m)	2.400
Mesta hæð “ (m)	24
Lengd skurða (m)	1.800
Afl (MW)	100
Orkugeta (GWh/a)	630
Stofnkostnaður Mkr	14.590
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	23,2

Landsvirkjun hefur fengið virkjunarleyfi að undangengnu mati á umhverfisáhrifum af virkjuninni og tengingu hennar við flutningskerfi Landsvirkjunar frá virkjun við Sultartanga.

¹⁷ Hönnun hf. og Rafhönnun 1999. *Búðarhálsvirkjun – Verkhönnun 100 MW virkjunar*. Landsvirkjun, ágúst 1999.



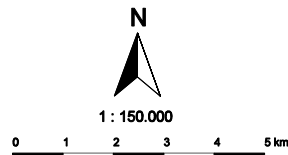
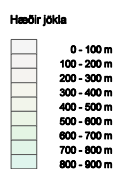
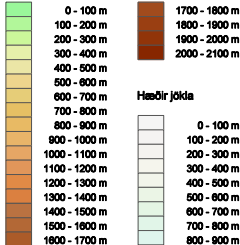
16: Búðarhálsvirkjun



Virkjanasvæði Búðarhálsvirkjunar

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnsrennsli vegna stíflanna
- Göng
- Vemdarsvæði - frítíland

- Lón í rekstri
- Þéttbýli
- Á, laekir, vötn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



17. Núpsvirkjun A

Virkjanir í Neðri Þjórsá búa að því að ofar á vatnasviðinu eru fjölmargar miðlanir, stórar og smáar sem tryggja þeim jafnt rennsli. Virkjanir í Neðri Þjórsá þurfa því ekki á sérstökum miðlunum að halda og þar eru heldur engar landfræðilegar forsendur fyrir þeim.

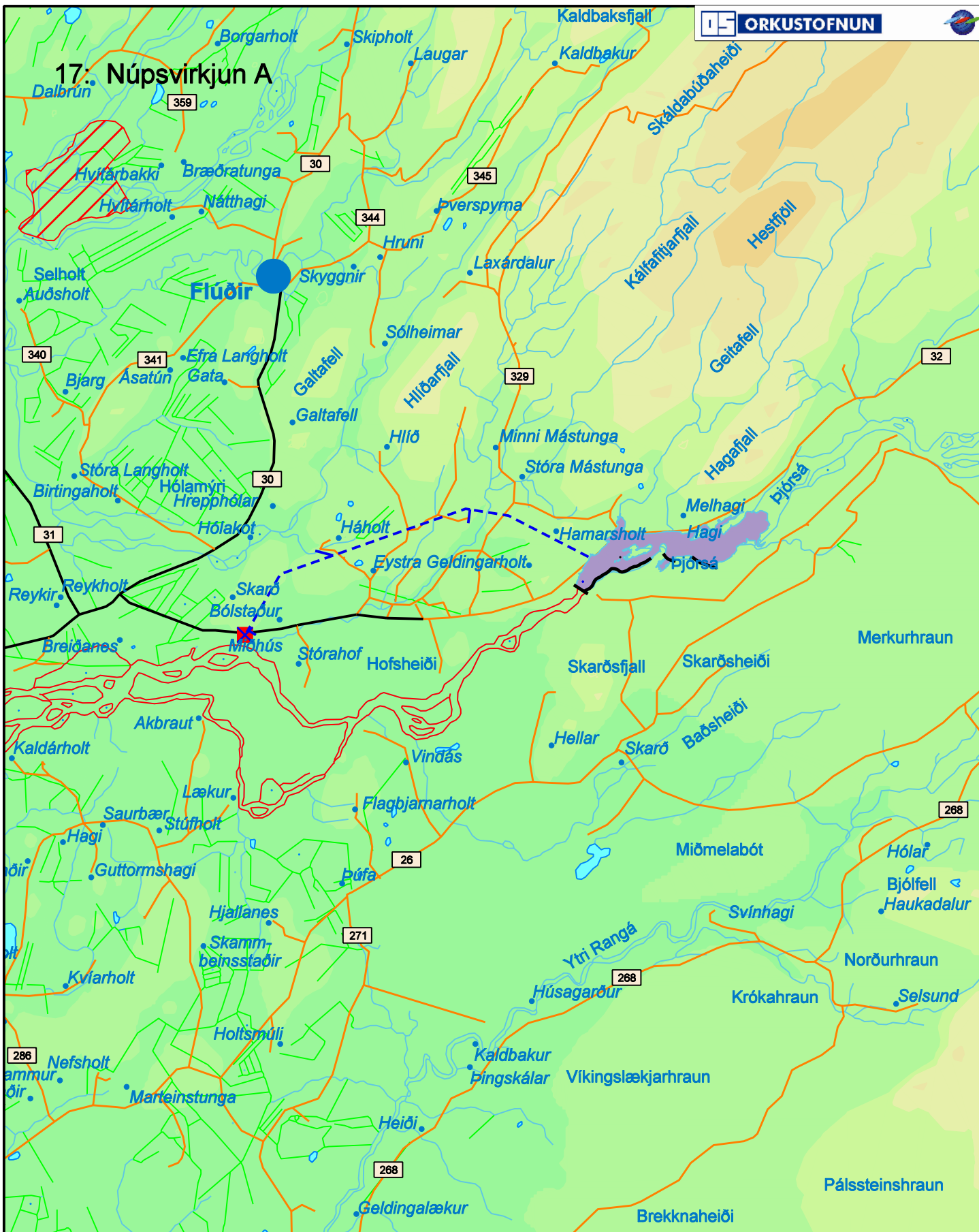
Þjórsá er stífluð þar sem þrengst er um 0,5 km ofan við Viðey (í Þjórsá). Venjuleg yfirfallshæð í stíflu er í 116 m y.s. en getur farið í 118,5 m í mestu flóðum. Venjulega yrði inntakslón virkjunarinnar 4,6 km², en í mestu flóðum flæðir um tvöfalt það landsvæði undir vatn. Lónið er kennt við jörðina Haga. Frá lóninu er vatni veitt um 11,5 km löng aðrennslisgöng að stöðvarhúsi neðanjarðar unndir Skarðsfjalli með frárennsli til Þjórsár skammt neðan ármóta við Kálfá. Aðrennslisgöngin verða sett í steiptan stökk undir Kálfá¹⁸.

Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	317
Vatnasvið (km ²)	7.390
Yfirfallshæð í miðlun (m)	116
Flatarmál lóna (km ²)	4,6
Miðlun (Gl)	15
Lengd ganga (km)	11,5
Lengd stíflna (m)	800
Mesta hæð “ (m)	20
Varnargarðar (m)	3.300
Afl (MW)	121
Orkugeta (GWh/a)	1.000
Stofnkostnaður Mkr	22.700
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	22,7

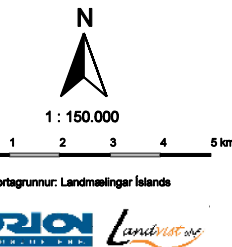
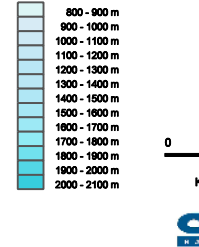
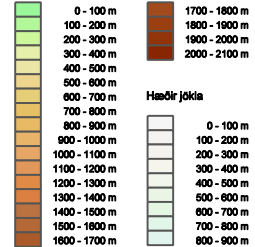
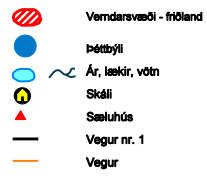
Gert ráð fyrir að tryggja lágmarksrennsli í þeim hluta af farvegi Þjórsár, sem liggur á milli stíflna og þar sem frárennsli frá virkjunum kemur aftur út í ána. Gera þarf fiskistiga í stífluna við Núp.

¹⁸ Almenna verkfræðistofan hf. 2003. *Virkjun Þjórsár við Núp, allt að 150 MW og breyting á Búrfellslínu 1 – Mat á umhverfisáhrifum – Matskýrsla*. Landsvirkjun, LV-2003/032.



Virkjanasvæði Núpsvirkjunar

Lindir skv. Orkustofnun/Freysteini Sigurðssyni



18. Núpsvirkjun B

Hvamms- og Holtavirkjun

Þessi virkjunarkostur er annar möguleiki á virkjun sama falls í Þjórsá og Núpsvirkjun (A), en í tveimur aðskildum virkjunum. Hefur sú efri verið kennd við bæinn Hvamm, og er virkjun úr Hagalóni (sbr. Núpsvirkjun). Frá Hagalóni er um 400 m löng þrýstípa að stöðvarhúsi sem staðsett verður vestan undir norðurtagli Skarðsfjalls (Landsveit). Frá virkjun fer vatn fyrst í um 1300 m löngum jarðgöngum suður með Skarðsfjalli og síðan um 1500 m langan skurð út í ána aftur við Ölmóðsey. Jafnframt verður farvegurinn sunnan Ölmóðseyjar dýpkaður.

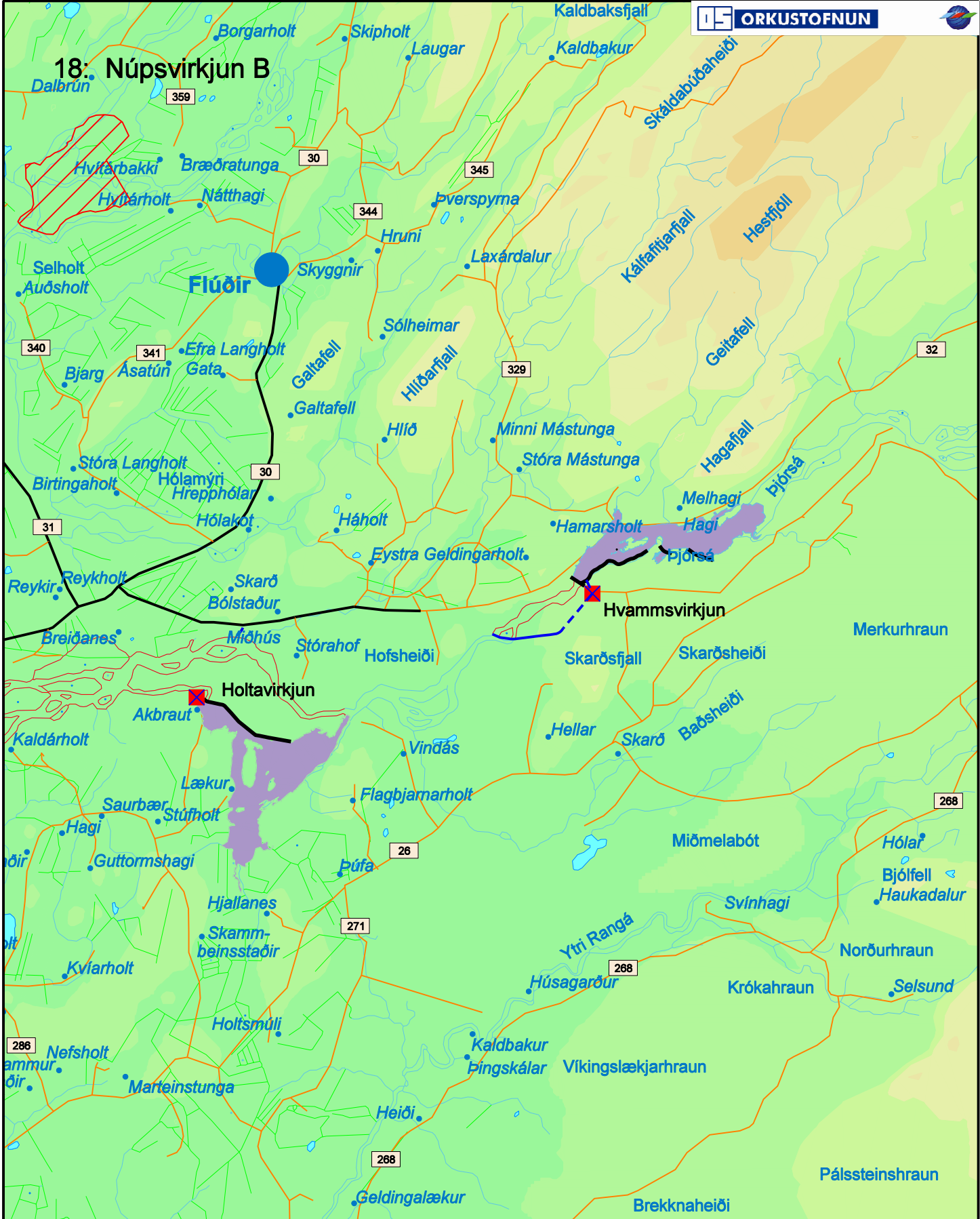
Í neðri virkjuninni sem kennd er við Holtin, er allri ánni ofan við Búðafoss veitt í Árnescvísl. Um 7 km neðar þrengist Árnescvísl og þar er hún stífluð, og veitt í stuttum skurði að stöðvarhúsi ofanjarðar. Inntaksmannvirki og stöðvarhús verða sambyggð. Frá stöðvarhúsi fellur frárennslið um 500-600 m langan skurð aftur til Árnescvíslar, sem verður dýpkuð að Árnessorði. Farveginn verður að víkka á um 2 km kafla þar til hún sameinast fyrrum meginkvísl Þjórsár í um 54 m y.s.¹⁹

Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	317
Vatnasvið (km ²)	7.390
Yfirfallshæð í miðlun (m)	116 og 72
Flatarmál lóna (km ²)	4,6 og 6,7
Miðlun (Gl)	15 og 19
Lengd ganga (km)	11,5
Lengd stíflna (m)	500 og 500
Mesta hæð “ (m)	21 og 24
Varnargarðar (m)	2.800 + 600
Afl (MW)	77 + 45
Orkugeta (GWh/a)	1.020
Stofnkostnaður Mkr	23.514
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	23,1

Gert ráð fyrir að tryggja lágmarksrennsli í þeim hluta af farvegi Þjórsár, sem liggur á milli stíflna og þar sem frárennsli frá virkjunum kemur aftur út í ána. Fiskistigi er við Búðafoss og gera þarf fiskistiga í stífluna við Núp.

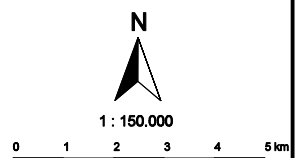
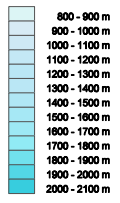
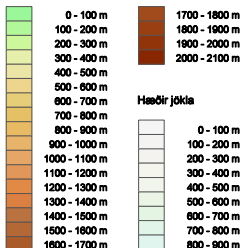
¹⁹ Almenna verkfræðistofan hf. 2003. *Virkjun Þjórsár við Núp, allt að 150 MW og breyting á Búrfellslínu 1 – Mat á umhverfisáhrifum – Matsskýrsla*. Landsvirkjun, LV-2003/032.



Virkjanasvæði Hvamms- og Holtavirkjunar

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnsrennsli vegna stíflanna
- Göng
- Vemdarsvæði - frítland

- Þéttbýli
- Ár, lækir, vötn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



19. Urriðafossvirkjun

Frárennsli Holtavirkjunar er við um 54 m og frá Núpsvirkjun í um 60 m y.s. Þjórsá er stífluð við Heiðartanga, skammt ofan Þjótanda. Meginstíflan í farveginum er um 250 m og mest um 13 m há. Þessi stífla er með steyptri kápu beggja vegna. Í framhaldi af henni erum 750 m löng stífla með steyptri kápu vatnsmegin og um 3.300 m, lág jarðstífla. Í framhaldi af þeim eru um 4.000 m varnargarðar meðfram farvegi árinna. Affall af Skeiðum og hugsanlegum leka frá lóni verður veitt í skurði niður í farveg Þjórsár neðan stíflu. Stöðvarhús er neðanjarðar, staðsett við Heiðatanga. Norðan við inntak er steyptr yfirfall. Frárennslisgöng verða um 3 km og opnast út í ána um 1 km neðan við Urriðafoss í um 9 m y.s.²⁰

Til að fyrirbyggja, eða draga úr óæskilegum áhrifum af ís og krapa verður farvegur árinna breikkaður á um 3 km kafla ofan lóns upp undir Árnessporð.

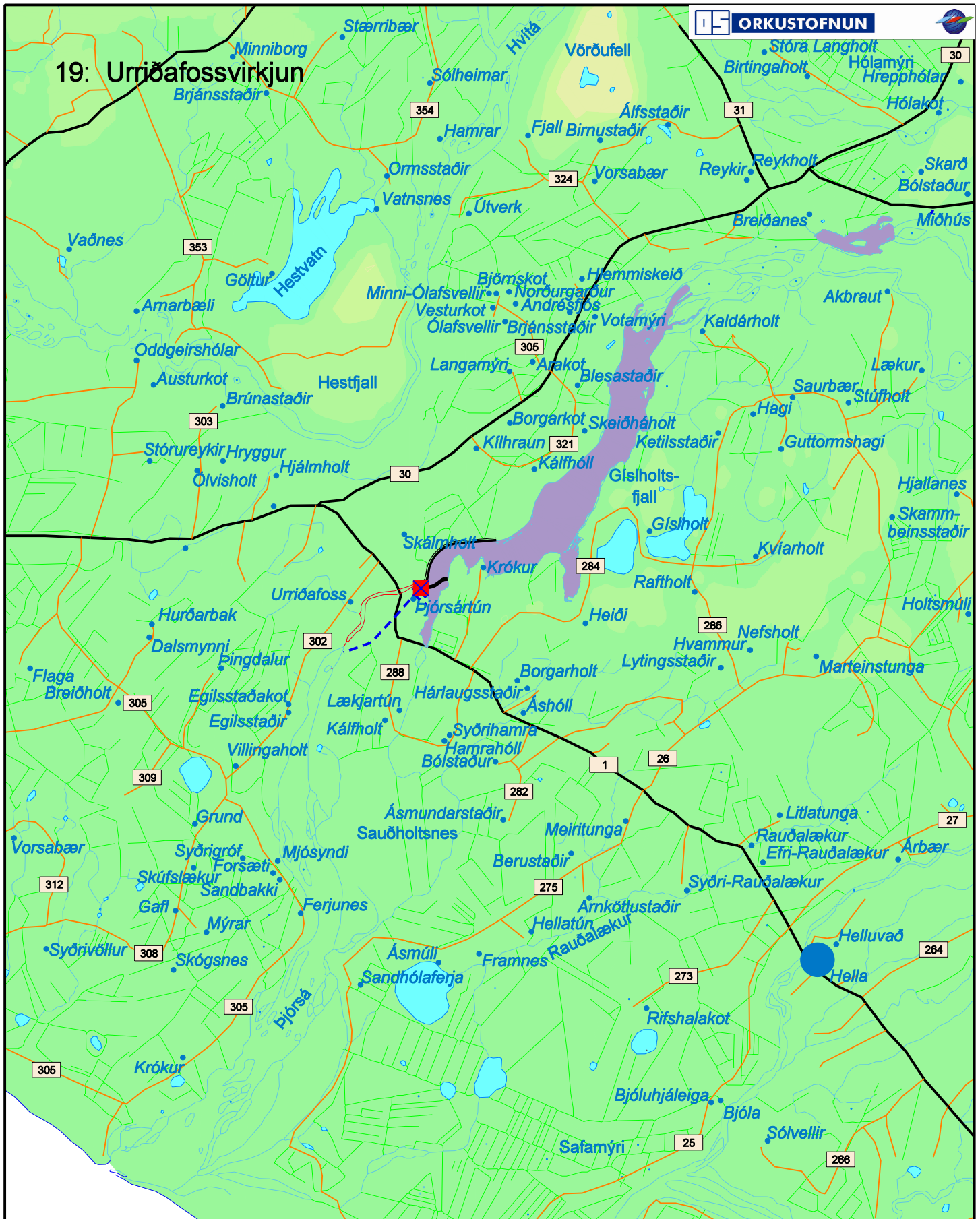
Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	339
Vatnasvið (km ²)	7.700
Yfirfallshæð í miðlun (m)	51 (-53)
Flatarmál lóna (km ²)	12,5
Miðlun (Gl)	26
Lengd ganga (km)	4
Lengd stíflna (m)	4.300
Lengd varnargarðs (m)	4.000
Mesta hæð “ (m)	13
Lengd skurða (m)	1.800
Afl (MW)	120
Orkugeta (GWh/a)	920
Stofnkostnaður Mkr (v: 2001)	21.300
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	23,2

Þar sem hér er um hannaða virkjun að ræða, liggja fyrir nákvæmari upplýsingar um efnislosun og efnisnotkun en þegar um forathugun er að ræða. Þannig liggur fyrir að hluti af efni sem þarf að losa vegna stíflugerðar, nýtist aftur, og af grjótmulningi, bæði úr göngum og undan stíflu er hægt að nýta um 1,2 M m³ af um 1,6 M m³, sem er losað, til mannvirkjagerðar. Ofan lóns þarf að flyta til um 1,5 M m³ af efni sem þarf að koma fyrir á árbakkanum.

Gert ráð fyrir að tryggja lágmarksrennsli í þeim hluta af farvegi Þjórsár, sem liggur á milli stíflu og þar sem frárennsli frá virkjuninni kemur aftur út í ána. Gert er ráð fyrir fiskistiga í stíflunni.

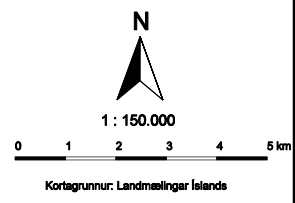
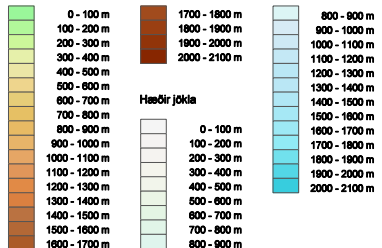
²⁰ Hnit hf. 2003. *Urriðafossvirkjun í Þjórsá, allt að 150 MW og breyting á Búrfellslínu 2 – Mat á umhverfisáhrifum – Matsskýrsla*. Landsvirkjun. LV-2003/031



Virkjanasvæði Urriðafossvirkjunar

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnsrennsli vegna stíflanna
- Göng

- Á, lækir, vötn
- Skáli
- Sæluhúð
- Vegur nr. 1
- Vegur



Hverfisfljót

Virkjun í Hverfisfljóti hefur verið á skrá hjá Orkustofnun frá því að farið var að gera yfirlit um vatnsorku Íslands. Á sjöunda og áttunda áratugnum voru farnar nokkrar vettvangsferðir til að kanna aðstæður, og settar fram ýmsar hugmyndir að fyrirkomulagi virkjunar, án þess að aðstæður væru kannaðar nánar. Í yfirliti Iðnaðarráðuneytisins frá 1994, *Innlendar orkulindir tilvinnslu raforku*, voru þáverandi hugmyndir kynntar. Árið 1981 hófust rennslismælingar, en nákvæm kort voru ekki gerð fyrir en á tíunda áratugnum. Rennsli í fljótinu að vetri er mjög lítið, en hins vegar talsvert grunnrennsli í Þverárvötnum og Eldvatni við Teygingalæk. Grunur lék því á umtalsverðum leka frá vatnsviði Hverfisfljóts. Þessi grunur fékk staðfestingu í hlaupi sem varð í kjölfar framhlaups Síðujökuls 1994/95, þegar það sást úr flugvél að umtalsverð kvísl úr ánni hvarf í hraunið, og varð vart í auknu rennsli og gruggi í Þverárvötnum. Á undanförunum árum hafa breskir hellaáhugamenn í samvinnu við innlenda unnið að kortlagningu hella í Eldhrauni og hafa rakið hellakerfi upp undir vestustu kvíslar árinna.

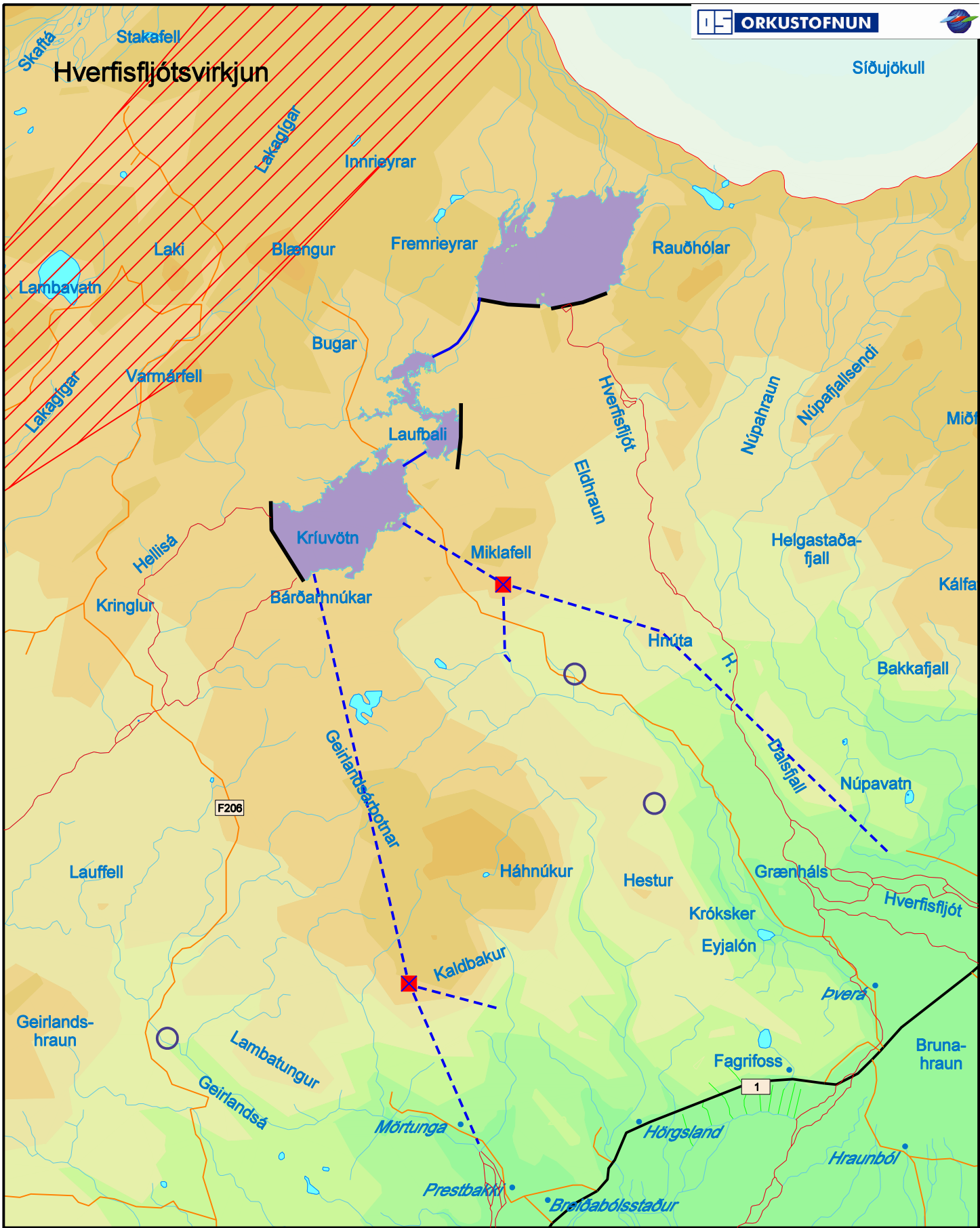
Rennsliseinkenni árinna eru með þeim hætti að hún verður ekki virkjuð nema unnt sé að geyma umtalsverðan hluta jökulleysingar til vetrarins. En vegna lekahættu hefur ráðgerð stífla verið á hröðu undanhaldi til norðurs og jafnframt lækkað í meðförum, og er svo komið að ekki er talið ráðlegt að mæla með virkjun árinna. Það muni að öllum líkindum kosta það mikið að gera þokkalega vatnshelda miðlun, að það svari ekki kostnaði.

Sú tilhögun sem var til athugunar byggði á miðlun við Fremrieyrar, og var vonast til að fá þar a.m.k. 100-150 GJ miðlun, og þyrfti yfirfallshæð í lóni að vera í allt að 590 m y.s. eftir því hvar stíflan yrði. Ekki var talið mögulegt að gera ráð fyrir að hafa lónið hærra en í um 580 m y.s. nema með miklum aðgerðum til þéttingar. Frá miðlunarlóni var ráðgert að veita í lænu meðfram Fremri Eyrum að austan niður í Laufbalavatn. Úr því vatni rennur í svelg út í Eldhraun. Það er í tæplega 540 m hæð og ekki var talið ráðlegt að gera ráð fyrir að hækka í vatninu, nema kosta til þess miklum þéttingum undir stíflu. Af þeim sökum var yfirfallshæð í inntakslóni, sem ráðgert var í svonefndri Kríuvatnalægð efst í drögum Hellisár, takmörkuð við að fara ekki yfir 540 m y.s. Það gefur aðeins um 30-50 GJ lónrým.

Frá inntakslóni í Kríuvatnalægð var gert ráð fyrir að vatni yrði veitt að virkjun með göngum. Í eldri hugmyndum var gert ráð fyrir stöðvarhúsi undir Kaldbak með frárennsli út í Geirlandsá um 2 km innan við Mörtungu, en einnig er mögulegt að hafa útrennsli í Hörgsá. Þá var einnig skoðað lauslega hvort hægt yrði að haga virkjun þannig að frárennsli yrði til Hverfisfljóts. Í því tilfalli er staðsetning stöðvarhúss undir Miklafelli líklegasti kosturinn. Slík lausn yrði augljóslega dýrari vegna lengri ganga og minni fallhæðar. Með tilliti til óvissu um það hvort það væri mögulegt tæknilega eða vegna kostnaðar að ná viðunandi miðlun, voru þessir mismunandi möguleikar á staðsetningu stöðvarhúss og frárennslis ekki athugaðir nánar.²¹

Á kortinu hér til hliðar er sýnd sú niðurstaða um miðlunar og inntakslón, sem að lokum var könnuð. Þar eru sýndar tvær mismunandi útfærslur á staðsetningu virkjunar og frárennslis frá henni, annars vegar virkjun undir Kaldbak með frárennsli til Geirlandsár og hins vegar virkjun undir Miklafelli og frárennsli til Hverfisfljóts.

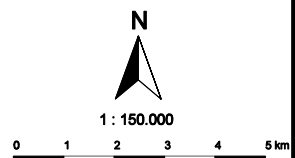
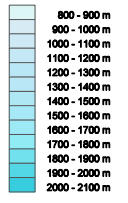
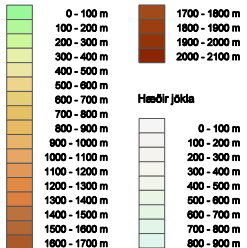
²¹ Almenna verkfræðistofan hf. 2003. *Virkjun Djúpár og Hverfisfljóts í Fljótshverfi – Forathugun*. Orkustofnun, OS-2003/020.



Virkjanasvæði Hverfisfljótsvirkjunar

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnsrennsli vegna stíflanna
- Göng
- Verndarsvæði - friðland

- Þéttbýli
- Ár, ísákir, vötn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



Djúpá í Fljótshverfi

Djúpá yrði stífluð í um 560 m hæð, og veitt með skurði inn í Álftárdal austan Djúpár. Inntakslón í veituna er lítið og gera þarf ráðstafanir til að minnka aurburð inn í Álftárdal.

Lambá er stífluð í minni Álftárdals, með um 1.800 m löngum stíflum, sem eru mest rösklega 40 m háar. Þar er myndað miðlun og inntakslón með yfirfallshæð í 520 m y.s. og 54 Gl lónrýmd. Önnur miðlun og veita af vatnasviði Núpsár fæst með því að stífla Hvítá í V-Hvítárdal í um 770 m hæð. Þar fæst 64 Gl miðlun. Úr henni er veitt með göngum yfir á vatnasvið Lambár.

Úr Álftárdalslóni er vatn tekið í göngum að stöðvarhúsi neðanjarðar undir Rauðabergsheiði. Frárennsli frá virkjun verður veitt út í Djúpá í gljúfri um 1,3 km ofan við brú (gömlu brú). Lagður verður nýr 9,5 km langur vegur með brú yfir Djúpá innanlega í Djúpárdal að aðkomugöngum að stöðvarhúsi í um 260 m hæð.²²

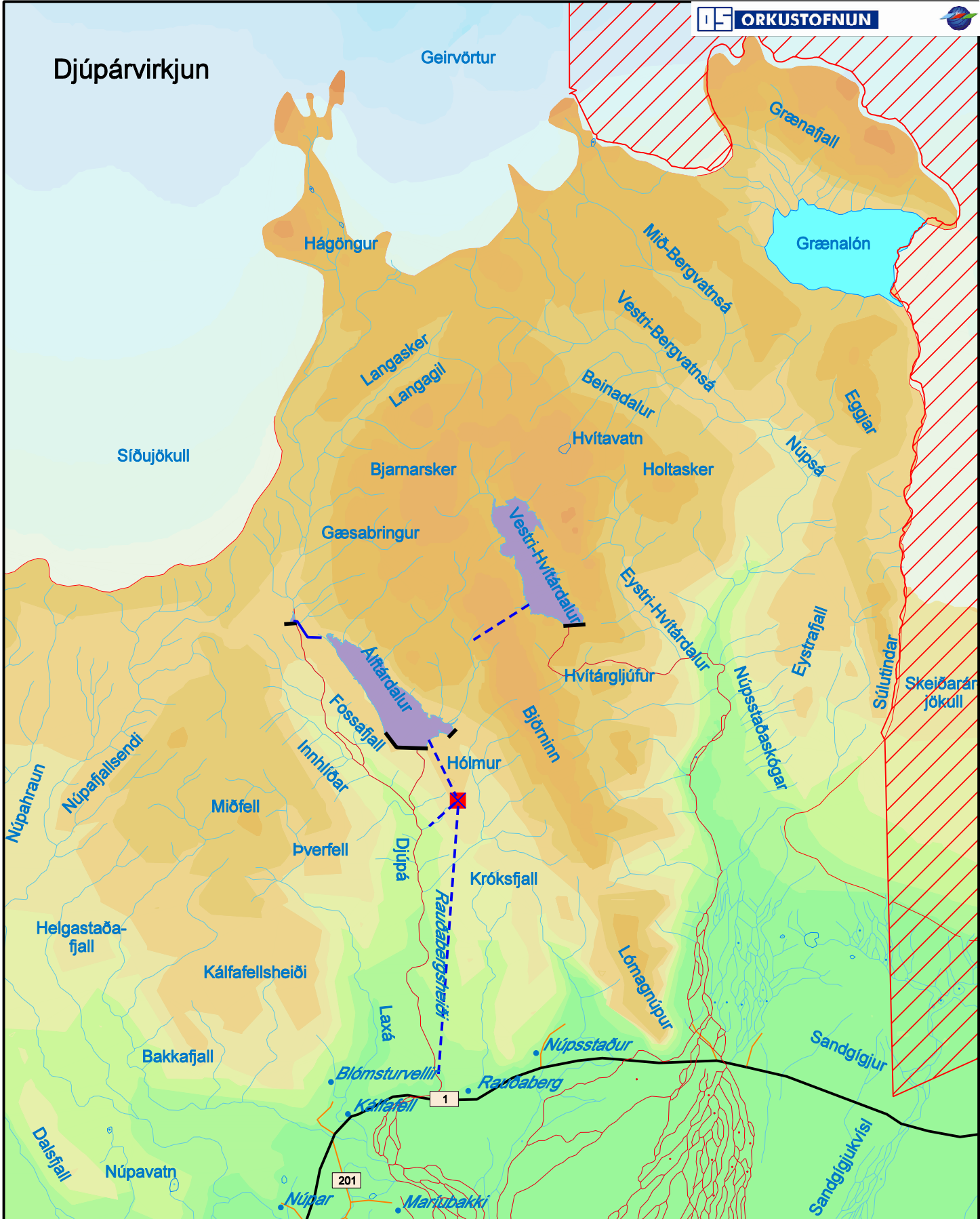
Yfirlitstafla

Einkennisstærðir	
Rennsli til virkjunar (m ³ /s)	20
Vatnasvið (km ²)	356
Yfirfallshæð (m)	520
Flatarmál lóna (km ²)	7
Miðlun (Gl)	118
Lengd ganga (km)	13,8
Efni úr göngum og stöðvarhúsi (m ³)	870.000
Lengd stíflna (m)	2.250
Mesta hæð “ (m)	44
Efnisþörf í stíflur (m ³)	2.000.000
Lengd skurða (m)	1.200
Efni úr skurðum (m ³)	200.000
Afl (MW)	75
Orkugeta (GWh/a)	500
Stofnkostnaður Mkr (v: 2001)	13.100
Stofnk/orkuein. (kr/(kWh/a))	26,3

Hugmynd um að nýta Grænalón sem miðlun og ná jafnframt meira vatni af vatnasvið Núpsár úr V-Bergvatnsá er talin af, m.a vegna þess, að Skeiðarárjökull sem heldur uppi vatninu fer minnkandi.

Ráðgjafar Orkustofnunar hafa bent á möguleika á virkjun úr V-Hvítárdal niður í Álftárdalslón, og yrði hagurinn af því fölginn í að rafmagn yrði framleitt þar á veturna og selt sem varaafli. Ennfremur hafa þeir bent á að reynist það hagkvæmt væri hugsanlegt að nýta sér í framtíðinni einnig verðmun á dag- og næturrafmagni að sumrinu með því að dæla vatni úr Álftárdalslóni upp í V-Hvítárdal á nóttinni og nýta til raforkuframleiðslu á daginn.

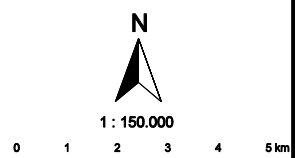
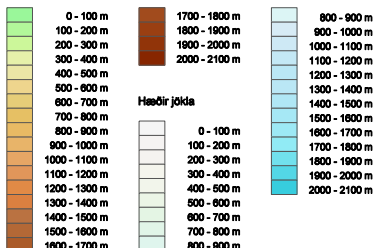
²² Almenna verkfræðistofan hf. 2003. *Virkjun Djúpár og Hverfisfljóts í Fljótshverfi – Forathugun*. Orkustofnun, OS-2003/020.



Virkjanasvæði Djúpárvirkjunar

- Fyrirhuguð lón
- Stöðvarhús
- Stífla
- Breyting á vatnsrennsli vegna stíflanna
- Göng
- Vemdarsvæði - frítand

- Þéttbýli
- Ár, lækir, vörn
- Skáli
- Sæluhús
- Vegur nr. 1
- Vegur



Jarðhitakostir

Í Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Í eftirfarandi kafla er lýsing á jarðhitasvæðum sem tekin voru til mats af faghópum. Faghópar I-III leggja mat á áhrif virkjunar á ýmis gildi á svæðunum með hliðsjón af mögulegum vinnslusvæðum innan þeirra. Þau eru valin á grundvelli niðurstaðna af jarðeðlisfræðilegum mælingum, sem gefa til kynna að hitastig í neðra sé a.m.k. 250 °C. Textinn og kortin eru fengin frá háhitavef á heimasíðu Orkustofnunar, og þar má einnig finna valdar ljósmyndir af einstaka svæðum og stöðum innan þeirra. Þar að auki eru á háhitavefnum yfirlit um helstu jarðhitaform á yfirborði, lýsing á þeim og ljósmyndir til skýringar.

Um flest svæðanna gildir að ekki eru til áætlanir um virkjun. Í þeim tilfellum var Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns (VGK hf) fengin til að stilla upp uppdrætti sem sýnir mögulega afstöðu mannvirkja á einstaka vinnslusvæðum. Þar er gert ráð fyrir að koma megri fyrir 120 MW virkjun á um 5 km² svæði. Fyrir slíka virkjun var reiknaður staðalkostnaður miðað við uppbyggingu virkjunar í 40 MW þrepum. Faghópur IV notaði þann staðal, nema þar sem orkufyrirtækin töldu sig vita betur á grundvelli frekari rannsókna og áætlana um tilhögun.

Háhitavefur Orkustofnunar var tekin saman af starfsmönnum (ROS) Rannsóknarviðs Orkustofnunar, sem frá og með 1. júlí 2003 er sjálfstætt fyrirtæki í eigu ríkisins og nefnist Íslenskar Orkurannsóknir (ÍSOR).

30. Reykjanes

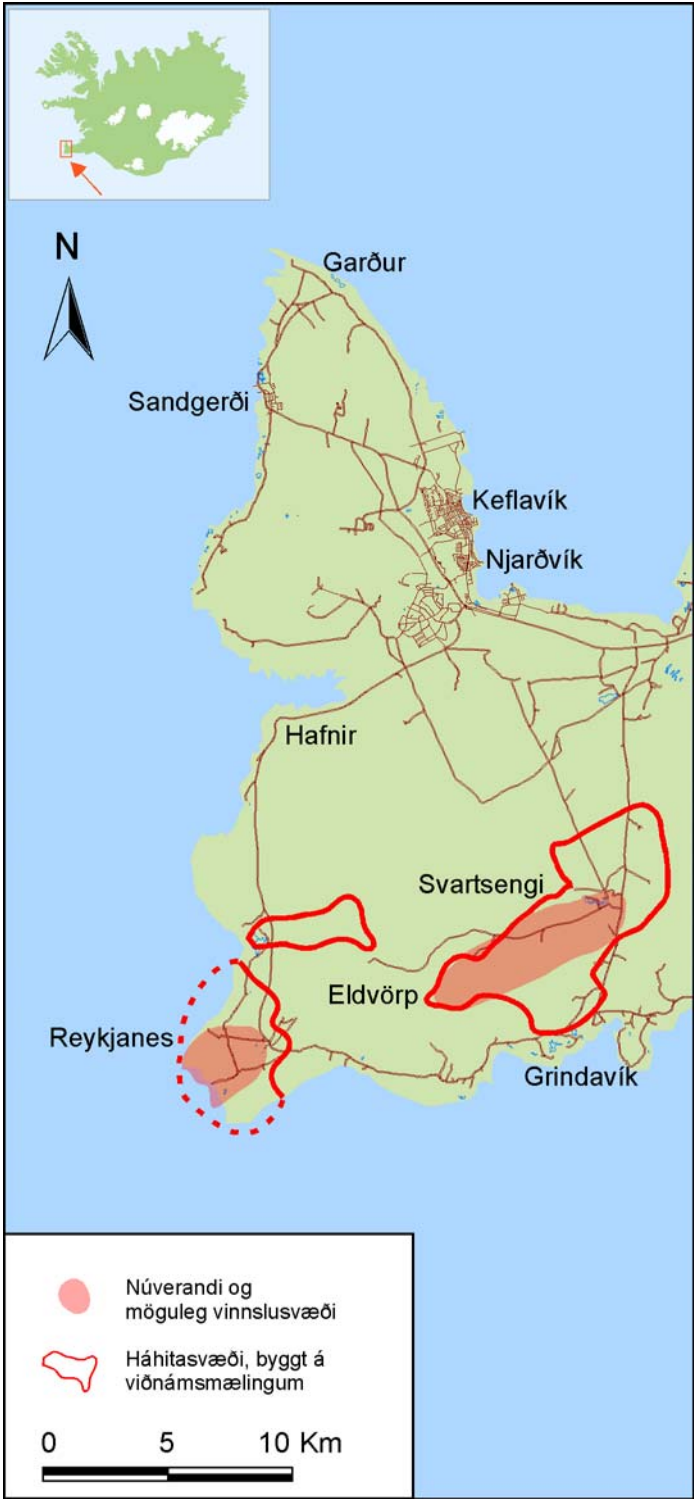
Jarðhitasvæðið á Reykjanesi (á hælnum) er um það bil 1 km² að stærð sé einungis miðað við hverina og önnur sýnileg jarðhitamerki. Viðnámsmælingar benda til að það sé amk. fjórfalt stærra og teygist auk þess út í sjó til suðvesturs. Jarðhitasvæðið er að mestu þakið hraunum, en móbergs- og bólstrabergshryggir standa upp úr. Einn þeirra, Rauðhólar, nær inn á jarðhitasvæðið. Þar voru fyrstu vel heppnuðu vinnsluholurnar boraðar. Tvær gosreinar liggja yfir “hælinn” á Reykjanesi og er jarðhitinn á þeirri eystri milli Skálafells og Litla-Vatnsfells. Vestar er Stampareinin með yngstu hraununum. Á henni er ekki jarðhiti, en viðnámsmælingar gefa til kynna að jarðhitakerfið nái einnig til hennar. Landslag er ekki frítt á Reykjanesi, en þar er þó að finna skoðunarverð fyrirbæri. Þar ber af öskugíg með berggöngum þar sem Stampagígarnir ganga fram í sjó. Á jarðhitasvæðinu hafa goshverir komið upp endrum og eins, raunar tvisvar á síðustu öld í tengslum við jarðskjálftahrinur. Þeir gjósa jarðsjó, en hafa reynst skammlífir. Langlífari hefur verið goshver í s.k. Kísilhól sem nú er óvirkur. Hann er úr móbergi með metersþykku kísilhrúðri ofan á. Þar má einnig sjá sprungu sem reif sig upp í skjálftahrinu fyrir 35 árum og sýnist enn fersk þar sem hún liggur norðaustur frá Gunnuhver. Það sem gefur Reykjanesvæðinu mest gildi er vitundin um að þar koma plötuskil Reykjaneshryggjarins á land. Ferðamenn sem fara út á Reykjanes staldra hjá Valahnúkum til að skoða brimið og hjá Gunnuhver, sem er leirpyttaklasi norðan undir Kísilhólum.

Búseta á Reykjanesi hefur skilið eftir sig ummerki (bú vitavarðar og nýbylíð Hveravellir). Garðrækt hefur lengi verið stunduð, efnistaka í vegi, boranir og verksmiðju-rekstur og því hróflað við mörgu. Ný fyrirbæri hafa skapast. Merkast af þeim eru kísilpaldrarnir vestan undir Rauðhólum í afrennslinu frá saltverksmiðjunni.

Reykjanesvæðið er eitt best rannsakaða háhitasvæði landsins. Grunnurinn að þeim rannsóknum var lagður á árunum fyrir 1970. Þá var nýafstaðin öflug skjálftahrina og við hana færðist líf í hverri. Síðan hefur virknin dvínað töluvert.

Reykjanesvæðið er með þeim heitustu sem nýtt eru hér á landi. 30 ára vinnsla hefur ekki haft nein merkjanleg áhrif á forðann í jarðhitakerfinu. Efnainnihald í jarðsjónum skapar vanda við nýtingu, en jafnframt seljanlega vöru, hingað til þó ekki með gróða.

Heimild: Kristján Sæmundsson.



Krýsuvík

Krýsuvíkursvæðið nær yfir jarðhitasvæðin á Austurengjum, Krýsuvík, í Köldunámum, Trölladyngju, og við Sandfell. Fjögur þau fyrst töldu sýna sig samfelld í viðnámsmælingum, en Sandfellssvæðið er laust frá. Meginsvæðið er hringlaga um 50 km² að flatarmáli innan 10 ohmm jafnlínu. Sandfellssvæðið er mælt á sama hátt um 4 km². Sveifluháls og Vesturháls með Trölladyngju eru móbergshryggir samsettir úr mörgum goseiningum og ná mest í 300–400 m hæð. Nútímahraun þekja allt sléttlendi vestan við hálsana og á milli þeirra. Upptök þeirra eru í gossprungum beggja megin við og utan í Vesturhálsi og Trölladyngju. Gossprungur eru einnig austan í Sveifluhálsi og sprengigígar á öldunum vestan hans, en hraunmagn úr öllum er lítið. Gosvirknin hjaðnar þaðan til NA og verður af lægð þar sem Kleifarvatn er. Jarðmyndanir milli Sveifluháls og Austurengja eru eldri en vestur í hálsunum og á hraunsvæðunum. Efnismiklar móbergsmýndanir úr öðru eldstöðvakerfi eru austan við Kleifarvatn og öldurnar þar suður af.

Hveravirknin á ofanefndum fjórum jarðhitasvæðum er að ýmsu leyti ólík.

Jarðhitinn sem kenndur er við **Sandfell** er í hrauni norðaustan undir fellinu. Þar stígur gufueimur máttleysislega upp á nokkrum stöðum. Á bletti er leirkennd ummyndun í jarðvegi, og þar hefur hiti mælst nærri suðumarki. Móbergið í Vesturhálsi er nokkuð ummyndað á móts við Sandfell og inn með Selvöllum og þar eru grónar hlíðar með rennandi lækjum. Uppi á háhálsinum gegnt gufunum við Sandfell er allstór leirgul hveraskella, en alveg köld. Svæðið gæti samkvæmt því verið stærra en sýnist af yfirborðsmerkjunum.

Hitalækkun í borholum eftir að nokkur hundruð metra dýpi er náð hefur vakið spurningu um hvar uppstreymis sé að leita. Boranirnar í Trölladyngju benda til að þar sé þess að leita undir Sogum. Í Krýsuvík væri þess helst að leita undir Sveifluhálsi. Austurengjahitinn er í útjaðri jarðhitakerfisins skv. viðnámsmælingum, líkt og Trölladyngjuholurnar vestan megin. Svæðið þar sem viðnámsmælingar skynja hátt viðnám undir lágu þarf ekki að lýsa núverandi ástandi því þær sjá ekki mun á því sem var og er >240°C heitt.

32. Sandfell

Jarðhitinn sem kenndur er við **Sandfell** er í hrauni norðaustan undir fellinu. Þar stígur gufueimur máttleysislega upp á nokkrum stöðum. Á bletti er leirkennd ummyndun í jarðvegi, og þar hefur hiti mælst nærri suðumarki. Móbergið í Vesturhálsi er nokkuð ummyndað á móts við Sandfell og inn með Selvöllum og þar eru grónar hlíðar með rennandi lækjum. Uppi á háhálsinum gegnt gufunum við Sandfell er allstór leirgul hveraskella, en alveg köld. Svæðið gæti samkvæmt því verið stærra en sýnist af yfirborðsmerkjunum.

Hitalækkun í borholum eftir að nokkur hundruð metra dýpi er náð hefur vakið spurningu um hvar uppstreymis sé að leita. Boranirnar í Trölladyngju benda til að þar sé þess að leita undir Sogum. Í Krýsuvík væri þess helst að leita undir Sveifluhálsi. Austurengjahitinn er í útjaðri jarðhitakerfisins skv. viðnámsmælingum, líkt og Trölladyngjuholurnar vestan megin. Svæðið þar sem viðnámsmælingar skynja hátt viðnám undir lágu þarf ekki að lýsa núverandi ástandi því þær sjá ekki mun á því sem var og er >240°C heitt.

33. Trölladyngja

Í **Trölladyngju** eru hverir og ummyndun samfelldust á skák sem nær austan frá Djúpavatni vestur á Oddafell. Hveravirkin er fremur dauf, tveir hverir upp við Sogin, gufur með smávegis brennisteini og hverasprengigígur neðan undir hálsinum og hitaskellur í Oddafelli. Sprengigígar og miklir gjallgígar eru á gossprungum þar sem þær liggja yfir ofanefnda A-V-skák. Ummyndun er mest í Sogum þar sem stórt svæði er ummyndað í klessuleir. Vestan í hálsinum frá Sogum suður á móts við Hverinn eina er móbergið einnig ummyndað en hvergi nærri eins og í Sogum. Þar eru stórir sprengigígar frá ísöld, og vatn í sumum. Djúpavatn er myndað á sama hátt. Kalkhrúður finnst á tveim stöðum. Hitarák með gufuhverum liggur frá Trölladyngju um Eldborg norður í Lambafell, bundin nánast við eina sprungu. Hverinn eini er í hrauni skammt suðvestur af SV-endanum á Oddafelli. Gufuauga með smávegis brennisteini er í hraunbolla og gufur á smásvæði í kring. Þar hjá er dálítill hrúðurbunga (kísill) og kaldar hveraholur í henni. Í Trölladyngju eru tvær borholur, önnur við hverasprunguna norðan undir henni, hin á hverasvæðinu vestan undir hálsinum. Báðar sjá um 260°C hita ofarlega, síðan hitalækkun, en dýpri holan endar í 320°C hita á rúmlega tveggja km dýpi.

34. Seltún

Í Krýsuvík er hveravirknin samfelldust í **Hveradölum** og við **Seltún** og nokkuð upp á hálsinn, með gufu- og leirhverum. Þar er nokkuð um brennisteinshveri og miklar gipsútfellingar. Hverir eru einnig í Grænavatni. Frá Grænavatni og Gestsstaðavatni liggja gossprungur með fleiri gígum til norðurs, og stefnir önnur upp í Hveradali, en hin á hverina við Seltún. Hæstur hiti í borholum er í Hveradölum um 230°C. Dýpst hefur verið borað um 1200 m. Hiti er nærri suðuferli niður á ~300 m dýpi, en þar neðan við kólnar. En engar mælingar eru til úr borholum neðan 400 m.

35. Austurengjar

Á **Austurengjum** er jarðhitinn aðallega á einni rák sem nær frá Austurengjahver norður í Kleifarvatn. Töluverð ummyndun sést í bergi alllangt út frá beggja megin. Auk jarðhitans eru á þessari hitarák nokkrir sprengigígar sem gosið hafa gjalli og smáhraunum með úrkastinu. Sá stærsti er um 100 m í þvermál skammt norðaustur af Stóra-Lambafelli og mikil gjalldreif austur frá honum. Gígar þessir eru frá því snemma á nútíma. Ein 600 m djúp borhola er við Kleifarvatn um 150 m vestan við hverarákina. Hæstur hiti í henni er um 160°C. Síðsumars 1924 lifnaði Austurengjahver við jarðskjálfta, var áður lítilfjörlegur. Stórir hverasprengigígar eru norðurfrá honum en eldri, sem bendir til að grunnt sé á jarðhitakerfi nærri suðu líkt og í Krýsuvík.

Köldunámur heita vestan í Sveifluhálsi langt norður frá jarðhitanum í Krýsuvík. Þar skammt vestur af eru gufuaugu í hraunbolla og nokkur brennisteinn (Leynihver), en í hlíðinni köld jarðhitaskella. Gipsmulningur sést sem bendir til að þar hafi einhvern tíma verið brennisteinshverir.

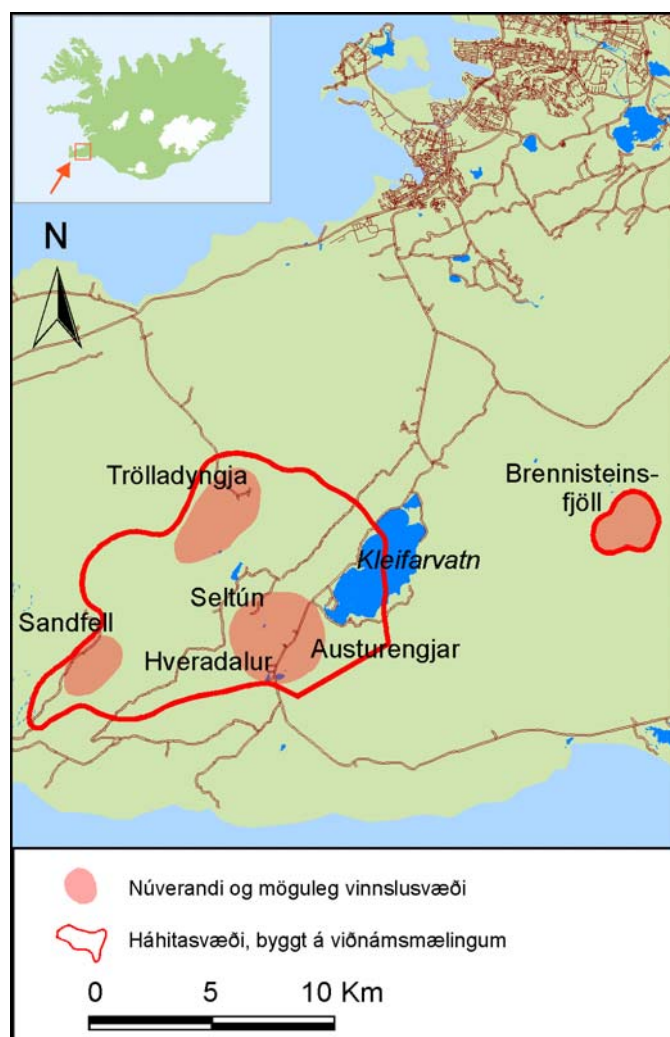
Heimild: Kristján Sæmundsson.

36. Brennisteinsfjöll

Jarðhitasvæðið í Brennisteinsfjöllum liggur í 40–500 m hæð yfir sjó. Virkur jarðhiti kemur fram sem gufur í um 450 m hæð, en köld ummyndun er á fjórum stöðum og vitnar um meiri virkni á fyrri tíð. Jarðhiti á yfirborði er óverulegur og miðað við útbreiðslu jarðhita og ummyndunar er svæðið um 3 km². Viðnámsmælingar benda til þess að svæðið sé um 18 km² á 700 m dýpi undir sjávarmáli, um 1200 m undir yfirborði þar sem jarðhita verður vart. Háhitasvæðið í Brennisteinsfjöllum liggur í samnefndri sprungurein og hefur gosið þar a.m.k. 30–40 sinnum eftir að ísöld lauk. Brotalínur eru ungar á svæðinu frá sjó og norður á Mosfellsheiði og verða oft jarðskjálftar á um 5 km breiðu og um 40 km löngu belti. Jarðskjálftar í Brennisteinsfjöllum geta orðið nokkuð stórir.

Megingerð jarðlaga er móberg, og þar sem gosstöðvar hafa náð upp úr jökli hafa runnið hraun og myndast stapar eða hraunahryggir. Allar bergmyndanir eru basalt og ekkert súrt eða ísúrt berg hefur fundist á yfirborði.

Heimild: Helgi Torfason og Magnús Á. Sigurgeirsson 2001.



Hengill

Hengilssvæðið nær yfir tvær megineldstöðvar og nágrenni þeirra. Önnur, Hveragerðiseldstöðin, er útdauð og sundurgráfin. Hin er virk og nær yfir Hengil og Hrómundartind. Gosmyndanir á svæðinu spanna um 800.000 ár í aldri. Elstu jarðlögin er að finna í ásunum suðaustan við Hveragerði, en yngst eru hraunin sem flætt hafa frá gosreininni gegnum Hengil.

Gosmyndanir á Hengilssvæðinu eru fjölbreyttar. Aðalgerðir eldstöðva eru þó einungis tvær, tengdar sprungugosum og dyngjugosum. Jarðskorpuhreyfingar í gliðnunarbelti eins og verið hefur á Hengilssvæði allan þann tíma sem jarðsaga þess spannar sýna sig í gjám og misgengjum og hallandi jarðlögum á jaðarsvæðunum. Skjálftabelti Suðurlands gengur austan til inn í Hengilssvæðið.

Á vestanverðu Hengilssvæðinu er landslagið mótað af gosmyndunum sem hafa hlaðist upp á síðasta jökulskeiði og á nútíma. Austan til hafa roföflin hins vegar mótað það.

Laus jarðlög þekja sléttlendi og fjallshlíðar eru hvergi mjög skriðurunnar nema þar sem þykk hraunlög eru í brúnum eða fjöllin eingöngu úr bólstrabergi. Um vatnafar á Hengilssvæðinu skiptir í tvö horn. Á því vestanverðu eru stöðugar lindir og lækir einungis þar sem jarðlögin eru svo ummynduð að þau halda vatni. Annars sígur þar allt vatn í jörð. Á austanverðu svæðinu renna ár og lækir árið um kring.

Hengilssvæðið er með stærstu jarðhitasvæðum á landinu, eða um 100 km². Það er þó ekki allt einn og sami suðupotturinn, heldur er það a.m.k. þrískipt:

37. – 39. Hellisheiði, Innstidalur, Nesjavellir

Loks er jarðhitasvæðið í Henglafjöllum. Það nær frá Nesjavöllum suðvestur í Hveradali og Hverahlíð. Jarðhitinn er mestur og samfelldastur utan í Hengli alls staðar nema norðvestan megin. Brennisteinshverir eru mestir vestan til í Henglafjöllum, þ.e. í Sleggjubeinsdölum, norðan við Innstadal og ofan við Hagavíkurlaugar. Austan megin eru kalkhverir og kolsýrulaugar algengar. Jarðhitinum á Henglafjöllum má hugsanlega skipta í nokkur vinnslusvæði, sem öll gætu verið innbyrðis í þrýstisambandi: Nesjavelli, Sleggjubeinsdal, Hellisheiði, Hverahlíð, Þverárdal, Innstadal og Fremstadal.

Landslag á svæðinu er fjöllótt og vinnsla jarðhita fer mjög eftir aðgengi að viðkomandi svæðum. Einnig eru jarðhitasvæðin misjafnlega heppileg til nýtingar, sem aðallega fer eftir hita og kolsýruinnihaldi.

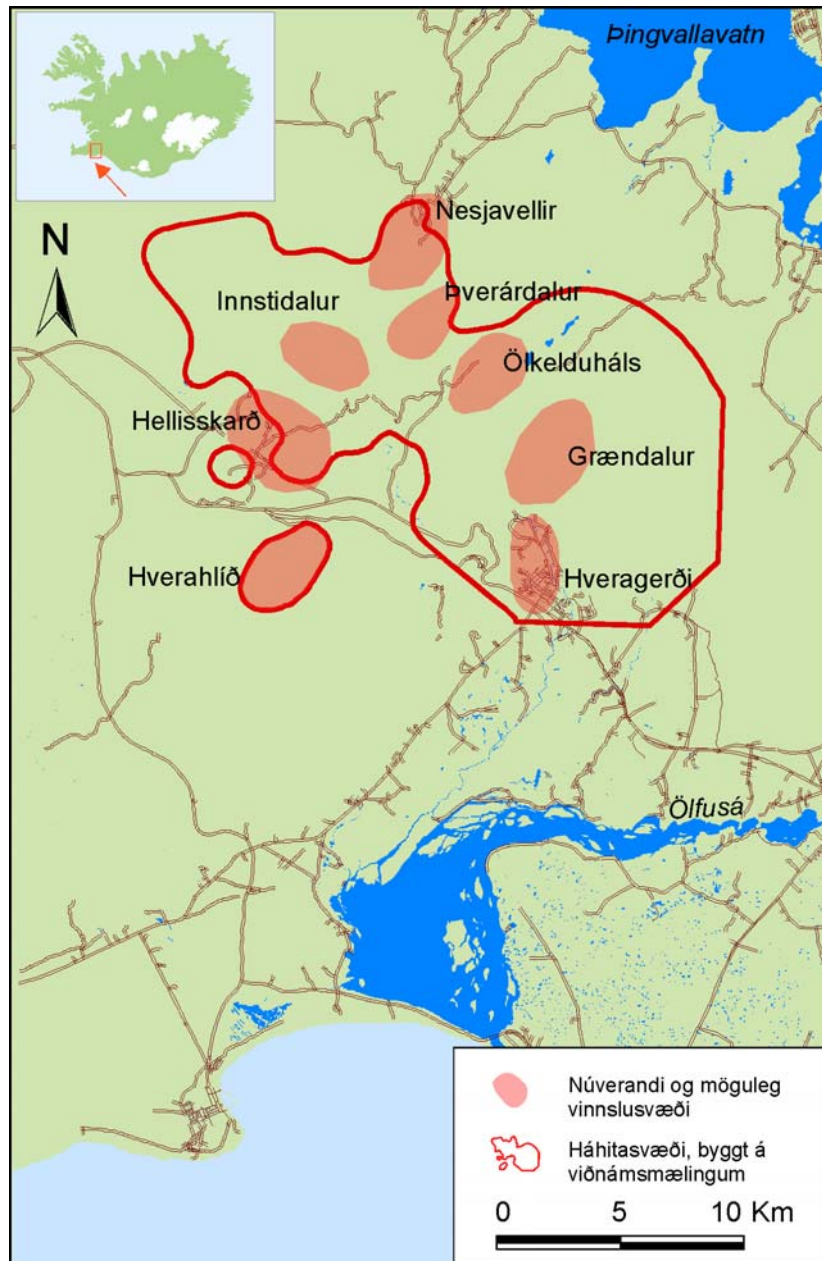
40. Grændalur

Suðaustasti hluti þess er í Hveragerðiseldstöðinni (Grændalur). Hún er hætt gosum og þegar nokkuð rofin. Boranir í Hveragerði og upp með Varmá hafa sýnt að þar er á ferðinni afrennsli af heitara svæði norðar eða norðvestar. Vinnsla umfram það sem núverandi borholur gefa myndi því byggjast á borunum í Grændal. Ef nefna ætti eitthvert séreinkenni þessa svæðis, þá væru það kísilhverirnir í Hveragerði og á Reykjum, eða hinar fjölmörgu laugar sem spretta fram úr berghlaupum í Grændal. Innan um eru gufuhverir sem gjarnan fylgja sprungum tengdum Suðurlandsskjálftum. Mörg dæmi eru um hverabreytingar á þessu svæði, bæði fornar og nýjar. Svæðið er þægilega lágt í landinu, um og innan við 200 m. Aðgengi útheimtir vegalagningu yfir skriðurnar vestan megin í dalnum án þess að spilla hverum eða laugasvæðum.

41 - 42. Þverárdalur – Ölkelduháls

Ölkelduhálssvæðið sker sig úr fyrir kolsýrulaugarnar sem eru í þyrpingu frá Ölkelduhálsi suður í Reykjadal og í Hverakjálka. Jarðhitinn þar fylgir gosrein með misgömlum móbergsfjöllum og stökum hraungígi, Tjarnarhnúki. Aðgengi er auðvelt og raunar nú þegar fyrir hendi línuvegur upp á Ölkelduháls.

Heimild: Kristján Sæmundsson.



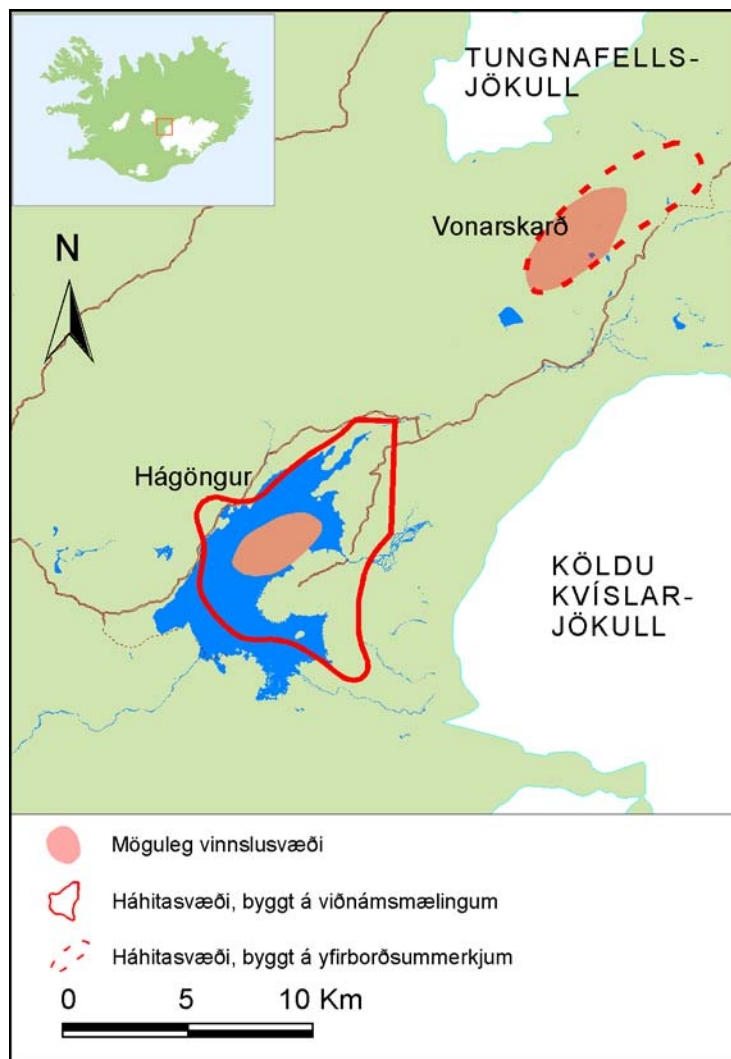
43. Hágöngur

Hágöngur er um 40 km norðaustur af Þórisvatni. Á þessu svæði er lítt þekkt háhitasvæði sem að hluta til lenti undir Hágöngulóni. Á svæðinu virðist vera megineldstöð og er ekki ólíklegt að í henni sé askja þótt hún sjáist ekki. Til þess benda líparítmyndanir sem raða sér á hálfboga (m.a. Nyrðri- og Syðri-Hágöngur).

Yfirborðsjarðhiti er fyrst og fremst á þremur stöðum og tveir þeirra lentu undir vatni er Hágöngulón var fyllt. Þriðji staðurinn er vestast í Sveðjuhrauni. Köld eldri ummyndun hefur fundist á allnokkru svæði, einkum við Kvíslarhnúka norðaustan við Hágöngulón en einnig við Hágöngurnar sjálfar.

Viðnámsmælingar benda til að jarðhitasvæðið sé 28–50 km² að stærð og efnafræði gufunnar sem upp streymir bendir til um 300°C hita í djúpkerfinu.

Heimild: Haukur Jóhannesson.



Torfajökull

Torfajökulssvæðið er samfelldur fjallabálgur sem rís 300–600 m yfir umhverfið. Einkennisbergtegund þess er líparít allt frá elstu myndunum til þeirra yngstu. Móbergsmýndanir eru ofan á líparítinu að hluta, unglegir hryggir og móbergspækjur á vestursvæðinu, en rofleifar á austursvæðinu með berggöngum í undirlaginu. Eldfjallið, sem Torfajökulssvæðið vissulega er, hefur hlaðist upp á hliðarbelti. Þess verður fyrst vart í móbergsmýndunum, sennilega frá síðasta jökulskeiði, að gliðunarbelti brjótist inn í það. Samtímis breyttist bergtegundin úr alkalísku í blandberg þar sem basaltþátturinn er þóleítt. Yngstu merki þessa eru NA-SV-læg misgengi og gossprungur líparíthraunanna.

Á Torfajökulssvæðinu skiptir í tvö horn um landslag. Austursvæðið er útgrafið af giljum þar sem er Jökulgilskvíslin. Hún rennur á aurum og sumar meginkvísilarnar sem að henni liggja, en afgilin eru kröpp í botni, lausaskriður upp frá og berg þegar hærra kemur. Aurarnir eru til komnir við hraunstíflur í Tungnaá og síðast í Jökulgilskvíslinni sjálfri er Norðurnámshraun stíflaði hana fyrir rúmum 500 árum. Kvíslin hlaut vegna þess að hlaða undir sig.

Jarðhiti og jarðhitamerki á Torfajökulssvæðinu ná yfir um 200 km² svæði. Kjarni virka jarðhitans er í feiknamikilli öskju og nær yfir um 100 km², en ummyndun í bergi nær langt út fyrir hana og afrennslisvatn kemur fram á lágsvæðum utan við fjallabálginn, aðallega sunnan megin.

Sprungu- og eldvirkni nær inn á austursvæðið allranyrst með NA-SV-lægum brotum og gossprungu Laugahrauns. Austursvæðið einkennist af litskrúðugu bergi í brattlendi en dökku móbergi og ösku þar sem háslétta tekur við ofan gilja.

Mestallt vestursvæðið er öldótt háslétta með grunnum daldrögum. Markarfljót rennur vestur af henni og sýpur upp smáár og læki úr Reykjadölum, er þó enn lítið á vaðinu norðan við Laufafell. Eina umtalsverða rofsvæðið er í Ljósártungum. Þar hafa grafið alldjúp gil í öskjufyllinguna innan við öskjubarminn og ná norður undir Hrafninnusker og austur að Kaldaklofsjökli. Dalakvísl sem rennur norður af er komin nokkuð á veg með að grafa sig inn frá öskjujaðrinum þeim megin, en vinnst seint því þar er stutt í gossvæði með móbergi og ungum hraunum sem tefja. Yfir að líta er vestursvæðið dökkt, með gufustrókum og grænum rindum þar sem raklent er. Dökka litnum veldur mest yngsta gosaskan (Hekla 1845 og 1597 auk Kötlu 1918). Þar sem til er grafið sjást einnig þykk vikurlög. Það yngsta af þeim er úr Hrafninnuhrauni. Það liggur þykkt á öldunum norðvestur frá hrauninu og slær á þau gráum lit þar sem svarta askan er blásin af.

Jarðhitinn er aðallega í sjö þyrpingum, sem kenndar eru við Landmannalaugar, Hattver, Háuhveri, Stórahver, Vestur- og Austur-Reykjadali og Ljósártungur. Jarðhiti kemur einnig fyrir þar utan við, en er óverulegur. Ofar var getið um afrennslu utan meginkjarnans (Dalakofi, Laufafell, Grashagi, Bratthálskvísl, Strútslaug og Dómadalur). Lítum nánar á þessar sjö aðalþyrpingar.

Vestur hluti

44. Reykjadalir vestari

Hverþyrpingin í **Vestur-Reykjadölum** er um það bil 4 km² að flatarmáli í 800–900 m hæð og nær frá Dalamótum upp í Dalöldur þar vestur af. Hverirnir eru í hvíltum og gilskorum, og hitaskellur umhverfis. Meðal þeirra eru kröftugir gufuhverir, leirhverir, soðpönnur og gruggugir vatnspyttir. Hverasprenigíggar koma fyrir (Fífuhvammur).

Dalöldur eru úr móbergi, en líparít í undirlagi kemur fram í dýpsta gilinu norðan við bílaslóðina. Hverasvæðið er nánast allt norðan við Markarfljót. Sunnan þess eru hraun og vikrar og enginn jarðhiti sýnilegur fyrr en kemur suður fyrir Hrafninnuhraun.

45. Reykjadalir austari

Austur-Reykjadalir (Hrafninnusker). Skörp skil eru ekki milli Austur-Reykjadala og Ljósártungna önnur en þau að í Ljósártungum er jarðhitinn á mjög giljóttu svæði, en í Austur-Reykjadölum er jafnlendara. Utan hraunanna eru þar hallalitlar, vikurþaktar bungur og skorningar fremur en gil kvíslast upp í þær að vatnaskilum sem liggja um Jónsvörðu suðvestur frá Hrafninnuskeri. Hverasvæðið í Austur-Reykjadölum er í 850–1000 m hæð og nær yfir um það bil 10 km² svæði. Tæpur helmingur þess er í elstu hraununum, Sléttahrauni og Hrafninnuskeri, hinn hlutinn suðvestan þeirra. Þar er móberg undir, en líparít í fellunum vestast. Hveravirkni er þarna óvenjulega mikil og samfelld með gufu-, leir- og gruggugum vatnshverum. Mest er hún í hallanum upp að Jónsvörðu, kringum gossprungu Hrafninnuskershraunanna og þar eru öflugustu hverirnir. Mikil hveravirkni og hitaskellur eru einnig kringum uppvörpin í Sléttahrauni og suðvestur þaðan. Auk gossprungna í líparíthraununum stefna misgengi og móbergshryggir norðaustan frá inn á hverasvæðið. Aðdráttarafl svæðisins eru hverirnir, fyrst og fremst íshellarnir syðst í jökulbunka norðvestan undir háskerinu. Vatnsmiklar lindir, sumar volgar, spretta undan Hrafninnuskershrauninu. Í lækina frá þeim berst ógrynni af ösku og vikri í vatnavöxtum þegar við bætist afrennsli ofan af hrauninu.

46. Reykjadalir (Kaldaklof)

Ljósártungur. Hverasvæðið í Ljósártungum er í 850–1000 m hæð og um 10 km² að stærð. Það er að stærstum hluta í giljunum sem renna til Ljósár og Ljósárgilinu sjálfu, en nær einnig ofan í Jökultungur innarlega. Hveravirknin er mest sunnan undir Hrafninnuskeri og vestur undir Jónsvörðu, og gefa sumir hverirnir lítið eftir þeim stærstu þar norðan undir. Allt eru þetta gufu- og leirhverir með hitaskellum umhverfis og stórum flákum, upplituðum af ummyndun en köldum. Móbergshryggir stefna norðaustan frá inn á hverasvæðið í Ljósártungum, og basaltgangar með sömu stefnu sjást þar í giljunum. Laugavegurinn liggur meðfram þessu svæði að austan og stutt er að ganga frá íshellunum suður á aðalhverasvæðið sunnan við Jónsvörðu og Skerið. Landslag og jarðmyndanir er þar einkar fjölbreytt. Líparít, forn öskjufylling, er ráðandi niðri í giljunum, en yngri gúlar ofan við. Sérstakur er einnig vikurstabbi mikill suðaustan undir Hrafninnuskeri, myndaður við upphaf gossins þar.

Hugmyndir um virkjun hafa einkum beinst að Austur- og Vestur-Reykjadölum, þó miklu fremur að Austur-Reykjadölum (Hrafninnuskerssvæðinu), enda er það stærra og virkinn þar miklu meiri. Stórahverssvæðið liggur einnig vel við virkjun. Önnur þau svæði sem hér eru talin kæmu síður til álita vegna verndarsjónarmiða og sum vegna ills aðgengis.

Austur hluti

47. Jökulgil/Háuhverir

Háuhvera-þyrpingin um 7 km² að stærð er austan við Reykjafjöll og teygir sig þaðan niður í Kaldaklof og Heitaklof og þaðan upp undir Torfajökul. Hveravirkni er í 700–900 m hæð, víða samfelld og áköf, allt gufu- og leirhverir. Mesta torleiði er að komast um þetta svæði, en aðkoma greið ef ekið er inn í botn á Jökulgili, eins ef gengið er austur fyrir Reykjafjöll, ellegar upp úr Kaldaklofi syðra.

Af Skalla og Suðurskalla er einstakt útsýni yfir innri hluta Jökulgils með sínum óteljandi afgiljum og litskrúðuga bergi og yfir hverasvæðin og smájöklana kúrandi norðan í háfjöllunum umhverfis. Andstæður hvert sem er lítið: giljaland – háslétta, litskrúð í giljunum og eintóna dökk aska og móberg hið efra, hverir – jöklar, gróin framhlaup og gróðurlausar fjallskriður og aurar.

Stórahvers-þyrpingin er eitt og stakt hverasvæði í austustu drögum Markarfljóts í 900 m hæð og lítið um sig. Þar er áköf hveravirkni og sést gufustrókurinn úr Stórahver jafnan langt að. Fyrir 30 árum hvein svo hátt í honum að óþægilegt var að standa þar hjá, en svo er ekki lengur. Vatnsmiklar volgar lindir koma úr hraunviki beint á móti hvernum. Hveraþyrpingin tengist NA-SV- misgengjum sem ganga inn í og inn undir Hrafninnusker og sama gegnir um kaldar jarðhitaskellur og laugar í gildragi nokkru norðar. Laugavegurinn liggur hjá Stórahver og gömul bílaslóð endar á melnum skammt norðan við hverinn. Umhverfið er fremur fábreytt þar í kring.

48. Brennisteinsalda/Landmannalaugar

Landmannalauga-þyrpingin nær inn um Vondugil, Grænagil og Brandsgil. Landhæð er 600–900 m. Hverirnir eru aðallega gufu- og leirhverir, hvergi mjög öflugir og fylgja stundum NA-SV-lægum sprungum. Á nokkrum stöðum má sjá kulnaða hverir raða sér á brot með sömu stefnu, en þá hátt í landi (Tröllhöfði, og milli Brandsgilja). Hverasprengigígur sjást á nokkrum stöðum, t.d. við Laugaveginn. Hverir með djúpvatnseinkennum (klór- og kísilríku vatni) koma einnig fyrir á aurum þar sem lægst er. Engar verulegar útfellingar sjást þó. Jarðmyndanir eru afar fjölbreyttar á þessu svæði og óhóf í litum og landslagi.

Hattvers-þyrpingin nær yfir fremur lítilfjörleg hverasvæði efst í Stóra-Brandsgili og niður með Suðurskalla, ofan í Hattver og inn í botnana gegnt Hattveri sunnan við “Kvíslina”. Allt eru þetta gufu og leirhverir, en laugahitur í Hattveri. Kalklaugar með skrautlegum þörungagróðri og útfellingapöldrum eru í Hraukagili austur af Skalla.

Heimild: Kristján Sæmundsson.

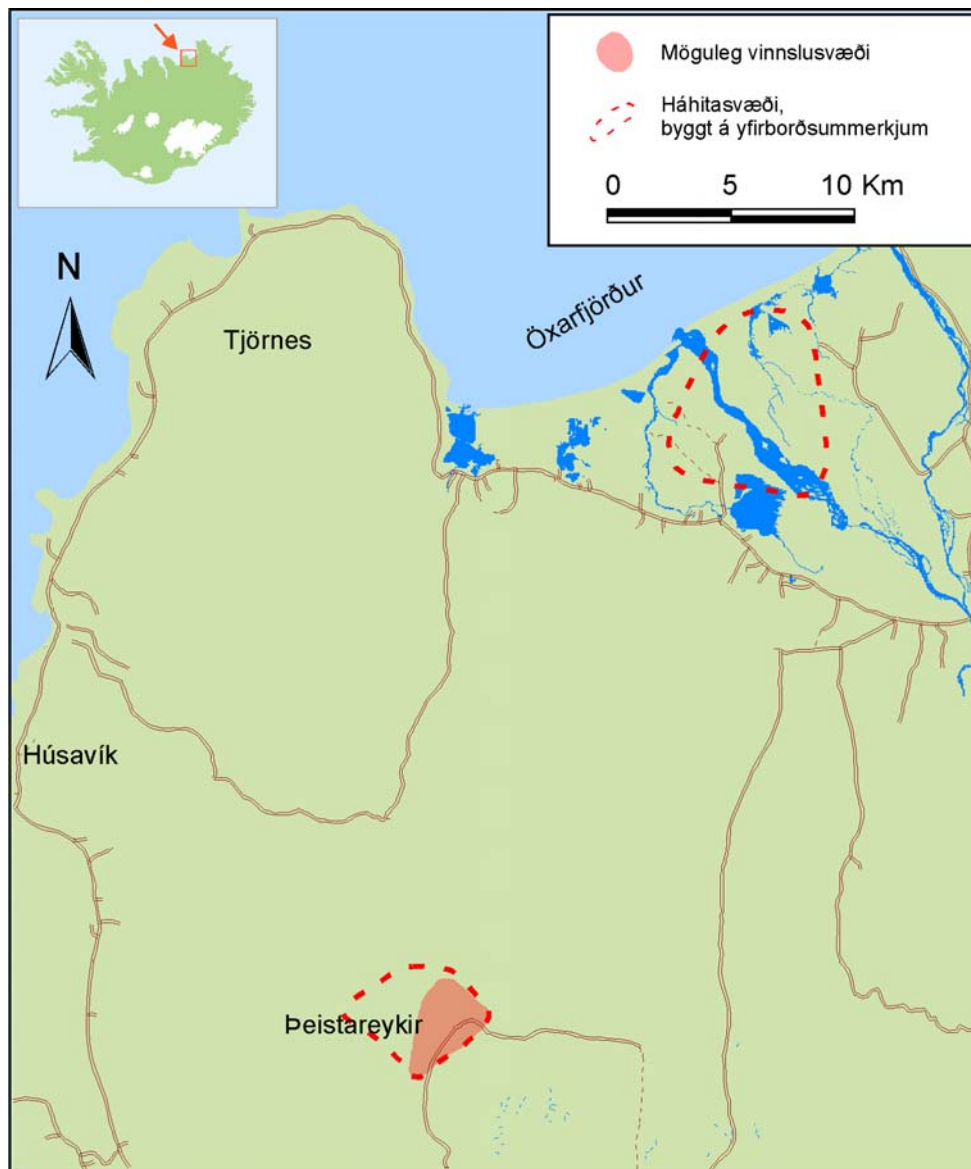


49. Þeistareykir

Jarðhitasvæðið á Þeistareykjum er í tengslum við virka megineldstöð. Um hana gengur sprungukerfi sem stefnir nánast N-S, um 4–5 km breitt og nær frá Mývatni í suðri og norður til sjávar vestast í Kelduhverfi. Sprungukerfið er lítið eldvirkt en stórir jarðskjálftar eru fremur algengir innan þess. Upphleðsla hrauna hefur þó verið allmikil en yngsta hraunið, Þeistareykjahraun, er 2.700 ára gamalt og liggur yfir Stóravítis-hraun, 2 km breitt frá vesturjaðri jarðhitasvæðisins vestan Bæjarfells norður undir Grísatungufjöll.

Jarðhitasvæðið er á sunnanverðri Reykjaheiði milli Lambafjalla í vestri og Þeistareykjabungu í austri, að stórum hluta á flatlendi í um 300 m hæð. Yfirborðshiti nær þó í 530 m hæð í Bæjarfjalli og tæplega 500 m hæð í Ketilfjalli. Næsta umhverfi jarðhitasvæðisins er þakið hraunum sem aðallega hafa runnið á nútíma. Virkur jarðhiti er á um 11 km² svæði og er virkasta svæðið umhverfis norðanvert Bæjarfjall. Auk þess er ummyndað svæði austan Lambafjalla. Yfirborðsummerki jarðhita á Þeistareykjum eru dæmigerð fyrir háhitasvæði. Þar má finna bullandi leirhveri, gufuaugu, brenni-steinspúfur og ummyndun. Vatnshverir eru engir.

Heimild: Halldór Ármannsson.



50. Bjarnarflag

Námafjallssvæðið er í sprungusveimi Kröflukerfisins 4 km sunnan við Kröfluöskjuna. Það er um 4 km² miðað við yfirborðsummerki, ein samfelld heild, upplitað af ummyndun og útsteypt í hverum og heitri jörð. Kaldar skellur eru innan um og á Námafjalli sunnan og norðan við hitasvæðið. Á Námafjalli eru brennisteinsþúfur aðaleinkenni hveravirkinnar. Sama má segja um Bjarnarflag eftir að hveravirkni lifnaði þar við í Kröflueldum. Austan við Námafjall er hins vegar meira um leir- og gufuhveri, allir stærstu gufuhverirnir raunar gamlar borholur frá tímum tilraunar til brennisteinsvinnslu. Viðnámsælingar sýna að svæðið er verulega stærra en yfirborðsummerki gefa til kynna og gæti verið um 20 km² á 1 km dýpi.

Fjöldi misgengja liggur yfir Námafjallssvæðið og oft ekki nema 200–300 m á milli og enn styttra í virkustu sprungureininni sem liggur um Bjarnarflag. Þar er fylgni skýrust milli hvera og misgengja. Hún er einnig fyrir hendi á Námafjalli, en dreifist þar meira frá. Sama gegnir um Hveri (Hverarönd) austan við Námafjall. Námafjallssvæðið er mjög virkt gossvæði. Sunnan Kröflu dregur úr virkninni á nokkurra km kafla, en hún tekur sig upp aftur með gossprungum sem aðallega eru í víðara umhverfi Bjarnarflags og í Námafjalli að vestan.

Það sem þarna þykir skoðunarvert er útsýnið vestan frá Námaskarði til Hverfells yfir röndóttu sand- og hraunfláka eftir misheppnaða uppgræðsluviðleitni og til Mývatns með fágætan arkitektúr hið næsta í forgrunni og norðan vegarins öllu mikilfenglegri merki mannlegrar athafnasemi þar sem eru borholur, affallslón og lagnir í kísiliðju og rafstöð. Austan megin fjallsins eru leirhverirnir og gömlu gufuborholurnar þar sem nú er kallað Hverarönd. Vinsæl gönguleið liggur neðan frá Hverum upp á Námafjall hjá brennisteinsþúfunum við Námakollu, en öllu stærri gerast þær ekki. Margt fleira er þarna skoðunarvert, svo sem túffstabbarnir suður af Jarðbaðshólum og klepragígarnir á gossprungunni frá 1728 vestan í Jarðbaðshólum.

Á kyrrum, köldum dögum gufar víða upp úr hraununum vestur og suður frá Bjarnarflagi. Þar leggur eim upp af heitum grunnvatnsstraumi sem liggur til Mývatns. Jarðböð voru fyrrum í Jarðbaðshólum, en nú nokkru sunnar og mikilsmetin heisulind enn sem fyrr. Baðstaður hefur verið í Grjótagjá og afsprengi hennar sunnar frá því hún fannst fyrir rúmum 60 árum og fyrir þann tíma í Stórugjá.

Boranir í Bjarnarflagi hafa leitt í ljós jarðhitakerfi með mjög heppilega vinnslueiginleika. Vinnslan varð fyrir skakkaföllum í Kröflueldum 1977 þegar flestar holurnar eyðilögðust af völdum sprungna og hraunkviku sem stíflaði þær. Tvær holur sem síðar voru boraðar austan umbrotasvæðisins hafa dugað rekstrinum fram að þessu. Vinnslan hefur til þessa ekki gengið merkjanlega á forðann og áform eru því eðlilega uppi um stærri gufuvirkjun á svæðinu, þ.e. í Bjarnarflagi fyrst í stað þar sem vinnslueiginleikarnir eru þekktir.

Heimild: Kristján Sæmundsson.

51-53. Krafla; Kröfluvirkjun, Vestursvæði og Leirhnjúkur

Jarðhitasvæðið í Kröflu er í gamalli öskju sem er næstum fyllt upp á barma af móbergi og hraunum, en klofin í tvo helminga af gjástykki með NNA-SSV-stefnu.

Jarðhiti og jarðhitamerki eru á belti sem liggur þvert þar á, í öskjunni miðri frá Hrafn-tinnuhrygg í austri og vestur í Krókóttuvötn. Hverir eru aðeins í eystri helmingi öskjunnar og gjástykkinu. Sprengigígar og miklar leirmyndanir frá nútíma (Hvannstóð og Krókóttuvötn) vitna um öfluga hveravirkni vestast í öskjunni, þótt nú sé kalt. Helsta einkenni jarðhitasvæðisins í Kröflu eru sprengigígarnir (“hydrómagmatískir”), bæði sakir stærðar (nokkur hundruð metrar að þvermáli) og hins hversu fagurlega lagaðir þeir eru og úrkastið auðrekjanlegt, og er þá átt við þá yngstu, Hvannstóð og gígana kringum Víti. Auk þeirra koma fyrir hreinir gufusprengigígar, en miklu minni. Eins og á öðrum háhitasvæðum er á Kröflusvæðinu aðallega að finna leir- og gufuhveri, en þar er einnig töluvert um brennisteinsþúfur, einkum sunnan í Kröflu. Víða sjást tengsl jarðhitavirkni við misgengissprungur, svo sem í Leirhnjúk, Vítismó (þar er kalt nú) og sunnan í Kröflu.

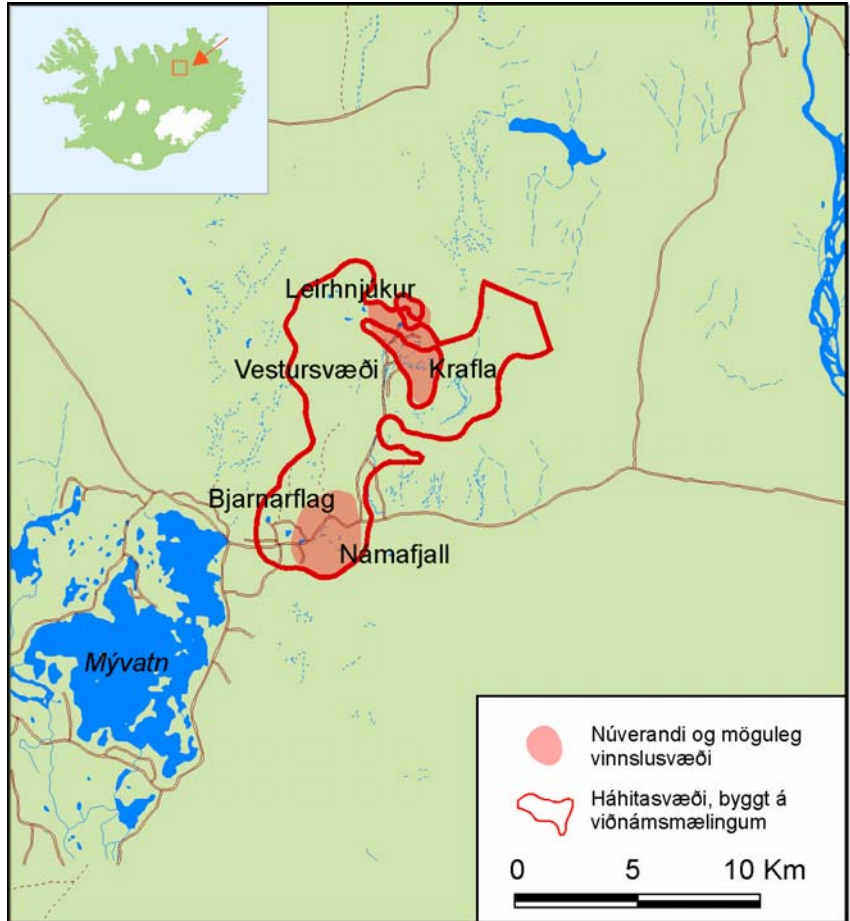
Eldvirkni á Kröflusvæðinu á nútíma hefur gengið yfir í tveim lotum með 4000–5000 ára hléi á milli. Seinni lotan hófst fyrir um 3000 árum með sprungugosi sem náði frá Hverfelli norður í Gjástykki. Eftir fylgdu fimm sprungugos þar af þrjú á sögulegum tíma. Þrisvar gaus á miðreininni þar sem Leirhnjúkur er helsta kennileitið, einu sinni á Dalfjalls-reininni og tvisvar á bogsprungukerfinu norðaustanmegin í öskjunni. Vikur- og gufusprengigos fylgdu sumum sprungugosanna. Sumt af menjum þessara gosa er sýnt ferðamönnum, þ.e. hverir, hraun og gígar í Leirhnjúki, og Víti og áhangandi smágígar með leirhverum og hitaskellum.

Vinnslusvæði Kröfluvirkjunar í Kröfluhlíðum eru skilgreind á grundvelli borana og eru nefnd Suðurhlíðar, Hveragil og Leirbotnar. Flatarmál þessara þriggja undirsvæða er einungis um 2 km², samt er breytileikinn slíkur að hluti þess er ekki nýtanlegur vegna viðvarandi áhrifa kvikugasa. Þetta á við djúpkerfi Leirbotnasvæðisins sem nær norður í Vítismó. Jafnframt er jarðhitakerfið þar tvískipt. Efri hlutinn nær niður á rúmlega 1000 m dýpi og er um 200°C heitur, en neðri hlutinn er yfir 300°C og er varla gerlegt að vinna úr báðum hlutum kerfisins í sömu borholunni. Hveragilsprungan er mjög gjöful með góða eðliseiginleika og nánast þurra gufu að fá þegar best lætur. Loks eru Suðurhlíðarnar, sem fylgja nánast hita suðumarksferils með dýpi, en einungis meðalholum í afli. Mætti hafa þetta í huga þegar mat er lagt á önnur möguleg vinnslusvæði sem sum hver eru margfalt stærri.

Framtíðarvinnsla horfir til svonefnds vestursvæðis Kröflu, þ.e. jarðhitans í gjástykkinu sunnan við Leirhnjúk og suður fyrir Sátur. Þarna er jarðhiti á nokkrum stöðum, en landið svo til allt þakið hrauni sem rann í Mývatnseldum. Merkilegar jarðmyndanir eru þar ekki, aðeins tilbrigði í hrauninu. Þar nærlendis eru hins vegar þeim mun skoðunarverðari fyrirbæri þar sem er sprungusvæðið í Þríhyrningum og Dalfjalli með sundurristum og missignum malarhjöllum sem eitt sinn voru jafnslétta.

Vestursvæðið liggur suður frá meginjarðhitaskákinni og líklegt að þar sé um að ræða afrennsli frá henni sem leiti í brotasvæðið og suður á milli öskjuhelminganna, enda er þar ekki neitt í gosvirkninni sem bendir til samsöfnunar kviku sem hitagjafa undir. Svæði hliðstæð þessu eru þekkt annars staðar frá og vel gæti þetta reynst gjöfult og sennilega grunnt.

Heimild: Kristján Sæmundsson.



Viðauki a3. Skrá yfir heimildir vegna mats.

Þessi skrá er ekki fullunninn heimildalisti en gefur yfirlit yfir helstu heimildir sem faghópar studdust við í mati sínu.

Austari og Vestari Jökulsái Skagafirði

1 - 3. Skatastaðavirkjun a og b, Villinganesvirkjun

Helgi Hallgrímsson (ritstj.) 1982. *Náttúrufarskönnun á virkjunarsvæði Héraðsvatna við Villinganes í Skagafirði*. Orkustofnun OS 82047/VOD 08, maí 1982.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 1999. *Austari Jökulsá í Skagafirði – Forathugun*. Unnið fyrir Orkustofnun og Landsvirkjun, nóvember 1999.

Gunnar Rögnvaldsson 2000. *Áhrif væntanlegrar Villinganesvirkjunar á ferðaþjónustu í sunnanverðum Skagafirði*. Ferðamálabraut Hólaskóla, 2000.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 2001. *Villinganesvirkjun í Skagafirði - Mat á umhverfisáhrifum 33MW virkjunar og 132 kV tengingar við landskerfið*. Unnið fyrir Héraðsvötn ehf., júní 2001.

VSÓ ráðgjöf og Orkustofnun 2001. *Skatastaðavirkjun á Hofsafrétt – Tilhögun og umhverfi*. Orkustofnun, OS-2001/021.

Hólaskóli 2002. *Áhrif væntanlegrar Villinganesvirkjunar á ferðaþjónustu í sunnanverðum Skagafirði*. Unnið fyrir Héraðsvötn ehf., 2002.

Sigurður Magnússon, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Vistgerðarannsóknir; Hofsafrétt, Kárahnjúkasvæði, við Skaftá og í Arnardal/Möðrudal*. Kynning á fundi faghópa I og II, 21.1. 2003.

Steinar Friðgeirsson, Rarik 2003. *Virkjunarhugmynd í Villinganesi*. Kynning á fundi faghóps I, 22.1. 2003.

Skjálfafljót

4 - 6. Fljótshnúksvirkjun, Hrafnabjargarvirkjun a og b

Sigmundur Einarsson (ritstj.) 2000. *Náttúruverndargildi á virkjunarsvæðum norðan jökla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, júní 2000.

Guðmundur Guðjónsson o.fl. 2001. *Gróður, fuglar og verndargildi náttúruminja á hálandissvæðum, áfangaskýrsla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2001.

Ólafur Karl Nielsen, Náttúrufræðistofnun 2002. *Staðhættir við Krók(s)dal og nágrenni*. Kynning á fundi faghóps I, 1.3.2002.

Hönnun 2002. *Virkjanir í Skjálfandafljóti ofan Bárðardals. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/061.

Sigurður H. Magnússon o.fl. 2002. *Vistgerðir á fjórum hálendissvæðum,* Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2002.

Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun 2003. *Virkjunarhugmyndir í Markarfljóti, Jökulsá á Fjöllum og Skjálfandafljóti.* Kynning á fundi faghópa I og II, 21.1. 2003.

7. Jökulsá á Fjöllum

Iðnaðarráðuneytið 1994. *Virkjanir norðan Vatnajökuls – Upplýsingar til undirbúnings stefnumótun, ágúst 1994.*

Orkustofnun. *Rennslisbreytingar vegna virkjunar Jökulsár á Fjöllum.* Ódagsett minnisblað með skýringamyndum. Lagt fram hjá faghópum.

Orkustofnun. *Samantekt úr ýmsum skýrslum.* Ódagsett minnisblað. Lagt fram hjá faghópum.

Guðmundur Guðjónsson o.fl. 2001. *Gróður, fuglar og verndargildi náttúruminja á hálendissvæðum, áfangaskýrsla.* Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2001.

Sigurður H. Magnússon o.fl. 2002. *Vistgerðir á fjórum hálendissvæðum,* Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2002.

Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun 2003. *Virkjunarhugmyndir í Markarfljóti, Jökulsá á Fjöllum og Skjálfandafljóti.* Kynning á fundi faghópa I og II, 21.1. 2003.

Sigurður Magnússon, Náttúrufræðistofnun 2003. *Vistgerðarannsóknir; Hofsafrétt, Kárahnjúkasvæði, við Skaftá og í Arnardal/Möðrudal.* Kynning á fundi faghópa I og II, 21.1. 2003.

8 - 9. Kárahnjúkavirkjun, Fljótsdalsvirkjun

Landsvirkjun 1999. *Fljótsdalsvirkjun – umhverfi og umhverfisáhrif,* nóvember 1999.

Sigmundur Einarsson (ritstj.) 2000. *Náttúruverndargildi á virkjunarsvæðum norðan jökla.* Náttúrufræðistofnun Íslands, júní 2000.

Haraldur Ólafsson og Ólafur Rögnvaldsson 2001. *Reikningar á vindi í grennd við Kárahnjúka.* Reiknistofa í veðurfræði ehf. Unnið fyrir Landsvirkjun í janúar 2001.

Flosi Hrafn Sigurðsson, Þórunn Pálsdóttir og Guðrún Þ. Gísladóttir 2001. *Veðurfar á Kárahnjúkasvæði.* Veðurstofa Íslands. Unnið fyrir Landsvirkjun í febrúar 2001.

Ólafur Arnalds og Fanney Ósk Gísladóttir 2001. *Hálslón, jarðvegur og jarðvegsrof.* RALA. Unnið fyrir Landsvirkjun í mars 2001.

Stuðull, verkfræði og jarðfræðiþjónusta 2001. *Kárahnjúkavirkjun, öldurof við Hálslón.* Unnið fyrir Landsvirkjun í mars 2001.

Hönnun, Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen og Stuðull, verkfræði og jarðfræðipjónusta 2001. *Miðlunarlón vatnsaflsvirkjana. Athugun á rofi og setburði, áfangaskýrsla*. Unnið fyrir Landsvirkjun í mars 2001.

Náttúrufræðistofnun Íslands 2001. *Jarðfræðilegar náttúruminjar á áhrifasvæði Kárahnjúkavirkjunar*, apríl 2001.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 2001. *Kárahnjúkavirkjun. Aurburður og setmyndun í lónum*. Unnið fyrir Landsvirkjun í apríl 2001.

Yngvi Þór Loftsson, Gísli Gíslason, Jón Gauti Jónsson 2001. *Kárahnjúkavirkjun. Mat á umhverfisáhrifum. Samantekt um „ósnortin víðerni“ og sjónræn áhrif*. Landmótun. Unnið fyrir Landsvirkjun í apríl 2001.

Hönnun, Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen, Náttúrufræðistofnun Íslands, Landmótun, Sweco, VBB, Viak og Landsvirkjun 2001. *Kárahnjúkavirkjun – allt að 750 MW. Fyrri áfangi 625 MW – Síðari áfangi allt að 125 MW – Mat á umhverfisáhrifum*. Landsvirkjun, LV-2001/002.
Einnig viðaukar I og II og greinargerðir með stjórnarsýslukæru (4. september 2001 og 12. október 2001).

Guðmundur Guðjónsson o.fl. 2001. *Gróður, fuglar og verndargildi náttúruminja á hálendissvæðum, áfangaskýrsla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2001.

Sigurður H. Magnússon o.fl. 2002. *Vistgerðir á fjórum hálendissvæðum*, Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2002.

Sigurður Magnússon, Náttúrufræðistofnun 2003. *Vistgerðarannsóknir; Hofsafrétt, Kárahnjúkasvæði, við Skaftá og í Arnardal/Möðrudal*. Kynning á fundi faghópa I og II, 21.1. 2003.

10 - 11. Skaftárvirkjun, Hólmsárvirkjun

Guðmundur Guðjónsson o.fl. 2001. *Gróður, fuglar og verndargildi náttúruminja á hálendissvæðum, áfangaskýrsla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2001.

Almenna verkfræðistofan 2002. *Skaftárvirkjun, ofan Skaftárdals. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2002/059.

Almenna verkfræðistofan 2002. *Hólmsárvirkjun, Hólmsá í Skaftárvirkjun. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2002/060.

Sigurður H. Magnússon o.fl. 2002. *Vistgerðir á fjórum hálendissvæðum*, Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2002.

Borgþór Magnússon, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003: *Vistgerðir á afréttum Skaftártungna og Síðumanna*. Kynning á fundi faghóps II, 22.1.2003.

Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun 2003. *Virkjunarhugmynd í Hólmsá*. Kynning á fundi faghóps II, 22.1.2003.

Svavar Jónatansson og Sigmundur Einarsson, Almennu verkfræðistofunni; Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun 2003. *Virkjunarhugmyndir í Skaftá og Skaftárveitu*. Kynning á fundi faghóps II, 22.1.2003.

12 - 13. Markarfljótsvirkjun a og b

Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir 2001. *Forn lón að Fjallabaki*. Orkustofnun OS-2001/072.

Orkustofnun 2002. *Markarfljótsvirkjun, tilhögun og umhverfi*, janúar 2002.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 2002. *Markarfljótsvirkjanir. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2002/058.

Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir 2002. *Jökulmenjar á Emstrum, norðvestan Mýrdalsjökuls*. Orkustofnun OS – 2002/080. Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar og Landsvirkjun í desember 2002.

Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun 2003. *Virkjunarhugmyndir í Markarfljóti, Jökulsá á Fjöllum og Skjálfandafljóti*. Kynning á fundi faghópa I og II, 21.1. 2003.

Ingibjörg Kaldal, Orkustofnun 2003. *Laus jarðlög á Torfajökulssvæðinu*. Kynning á fundi faghópa I og II, 21.1. 2003.

Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Vistgerðir á Markarfljótssvæðinu*. Kynning á fundi faghópa I og II.

14. Skaftárveita

Fanney Gísladóttir 1997. *Veiting jökulvatns á Eldhraun, saga aðgerða og afleiðingar*, Landgræðsla ríkisins, nóvember 1997.

Guðmundur Guðjónsson o.fl. 2001. *Gróður, fuglar og verndargildi náttúruminja á hálandissvæðum, áfangaskýrsla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2001.

Almenna verkfræðistofan 2002. *Skaftárveita – Frumhönnun veitu Skaftár til Tungnaár um Langasjó*. Landsvirkjun, LV-2002/23.

Almenna verkfræðistofan 2002. *Skaftárveita til Tungnaár. Tilhögun og umhverfi*. Landsvirkjun, LV-2002/033.

Landsvirkjun 2002. *Skaftárveita, grunnrannsóknir fram til 2001*, júní 2002.

Sigurður H. Magnússon o.fl. 2002. *Vistgerðir á fjórum hálandissvæðum*, Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2002.

Sigurður Magnússon, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Vistgerðarannsóknir; Hofsafrétt, Kárahnjúkasvæði, við Skaftá og í Arnardal/Möðrudal*. Kynning á fundi faghópa I og II, 21.1. 2003.

Borgþór Magnússon, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Vistgerðir á afréttum Skaftártungna og Síðumanna*. Kynning á fundi faghóps II, 22.1.2003.

Svavar Jónatansson og Sigmundur Einarsson, Almennu verkfræðistofunni; Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun 2003. *Virkjunarhugmyndir í Skaftá og Skaftárveitu*. Kynning á fundi faghóps II, 22.1.2003.

Jón Helgason, Seglbúðum 2003. *Skaftá og vatnafar í Landbroti*. Kynning á fundi faghóps I, 21.2.2003.

15. Norðlingaölduveita

Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1994. *Áhrif miðlunarlóns á gróður og jarðveg í Þjórsárverum*. Líffræðistofnun Háskóla Íslands, maí 1994.

Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1999. *Áhrif miðlunarlóns við 578-579 m og 6. áfanga Kvíslaveitu á gróður og jarðveg í Þjórsárverum*. Líffræðistofnun Háskóla Íslands, 1999.

Jón Gauti Jónsson 2001. *Samantekt á áhrifum Norðlingaölduveitu á ferðamennsku*. júní 2001.

Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson 2001. *Lífriki Hnífár í Þjórsárverum. Könnun gerð í ágúst 2001*. Líffræðistofnun Háskóla Íslands, desember 2001.

Hörður Kristinsson og Ragnhildur Sigurðardóttir 2002. *Fredmýrarústir á áhrifasvæði Norðlingaölduveitu, breytingar á 30 ára tímabili*. Náttúrufræðistofnun Íslands, febrúar 2002.

S. Peters 2002. *Norðlingaölduveita sunnan Hofsjökuls. Landslag*. VSÓ Ráðgjöf, mars 2002.

VSÓ Ráðgjöf, Almenna verkfræðistofan og Hönnun 2002. *Norðlingaölduveita sunnan Hofsjökuls – Mat á umhverfisáhrifum – Matskýrsla*, ásamt sérheftum með kortum og myndum. Landsvirkjun, LV-2002/37.

Svör framkvæmdaaðila við umsögn Náttúruverndar ríkisins, m.a. um mótvægisáðgerðir gegn aurburði og setmyndun.

Eysteinn Hafberg og Hugrún Gunnarsdóttir, Landsvirkjun 2003. *Norðlingaölduveita og virkjun við Búðarháls*. Kynning á fundi faghóps I, 22.1.2003.

16. Búðarhálsvirkjun

Hönnun 2001. *Búðarhálsvirkjun, allt að 120 MW og 220kV Búðarháslína 1, mat á umhverfisáhrifum*. Landsvirkjun, jan. 2001.

Hönnun og Rafhönnun 1999. *Búðarhálsvirkjun – Verkhönnun 100 MW virkjunar*. Landsvirkjun, ágúst 1999.

Borgþór Magnússon 2000. *Gróður á línustæði fyrirhugaðrar Búðarhálsvirkjunar*. RALA. Unnið fyrir Landsvirkjun, september 2000.

Eysteinn Hafberg og Higrún Gunnarsdóttir, Landsvirkjun 2003. *Norðlingaölduveita og virkjun við Búðarháls*. Kynning á fundi faghóps I, 22.1.2003.

17 - 19. Núpsvirkjun a og b, Urriðafossvirkjun

Guðmundur A. Guðmundsson o.fl. 2002. *Gróður og fuglar á áhrifasvæði fyrirhugaðrar Urriðafossvirkjunar*. Náttúrufræðistofnun Íslands, 2002.

Kristbjörn Egilsson o.fl. 2002. *Gróður og fuglar á áhrifasvæði fyrirhugaðrar virkjunar í Þjórsá við Núp*. Náttúrufræðistofnun Íslands, 2002.

Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar 2002. *Urriðafossvirkjun og Núpsvirkjun, áhrif á ferðaþjónustu, útivist og samfélag*, Landsvirkjun, LV-2002/022.

Guðlaugur Þórarinnsson, Landsvirkjun; Ófeigur Ófeigsson, Hnit; og Sigmundur Einarsson, Almennu verkfræðistofnunni 2003. *Mat á umhverfisáhrifum Urriðafossvirkjunar og Núpsvirkjunar a og b*. Kynning á fundi faghóps I, 21.2.2003.

Hnit 2003. *Urriðafossvirkjun í Þjórsá, allt að 150 MW og breytingar á Búrfellslínu 2 – Mat á umhverfisáhrifum – Matskýrsla*. Landsvirkjun. LV-2003/031.

Almenna verkfræðistofnan 2003. *Virkjun Þjórsár við Núp, allt að 150 MW og breytingar á Búrfellslínu 1 – Mat á umhverfisáhrifum – Matskýrsla*. Landsvirkjun, LV-2003/032.

30 - 31. Reykjanes, Eldvörp-Svartsengi

VSÓ Ráðgjöf 2001. *Jarðhitanýting á Reykjanesi, tillaga að matsáætlun*. Hitaveita Suðurnesja, júní 2001.

VSÓ Ráðgjöf 2002. *Jarðhitanýting á Reykjanesi*. Mat á umhverfisáhrifum. Hitaveita Suðurnesja, júní 2002.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki níu háhitasvæða (gróður smádyr, fuglar) – Samantekt vegna rammaáætlunar (faghópur I)*, Vinnuþlagg 3. drög, janúar 2003.

Albert Albertsson, Hitaveitu Suðurnesja 2003. *Virkjunarhugmyndir á Reykjaneskaganum*. Kynning á fundi faghóps I, 14.1.2003.

Krýsuvíkursvæði

32 -35. Sandfell, Trölladyngja, Seltún - Hveradalir, Austurengjar

Almenna verkfræðistofnan 2001. *Yfirlit rannsókna á jarðhitasvæðinu í Krýsuvík*. Orkustofnun, OS – 2001/041, júní 2001.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki níu háhitasvæða (gróður smádyr, fuglar) – Samantekt vegna rammaáætlunar (faghópur I)*, Vinnuþlagg 3. drög, janúar 2003.

Albert Albertsson, Hitaveitu Suðurnesja 2003. *Virkjunarhugmyndir á Reykjanesskaganum*. Kynning á fundi faghóps I, 14.1.2003.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki á 4 háhitasvæðum: Krýsuvík, Brennisteinsfjöll, Torfajökulssvæðið og Þeistareykir*. Kynning á fundi faghóps I og II, 21.2.2003.

Sigmundur Einarsson, Almennu verkfræðistofunni 2003. *Umhverfismat fyrir Krýsuvíkursvæðið (Krýsuvík, Trölladyngja, Sandfell)*. Kynning á fundi faghóps I, 21.2.2003.

36. Brennisteinsfjöll

Helgi Torfason og Magnús Á. Sigurgeirsson 2001. *Brennisteinsfjöll. Rannsóknir á jarðfræði svæðisins*. Orkustofnun OS-2001/048.

Helgi Torfason, Orkustofnun 2002. *Brennisteinsfjöll, rannsóknir á jarðfræði svæðisins*, janúar 2002.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki níu háhitasvæða (gróður, smádýr, fuglar) – Samantekt vegna rammaáætlunar (faghópur I)*, Vinnuþlagg 3. drög, janúar 2003.

Helgi Torfason, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Brennisteinsfjöll*. Kynning á fundi faghóps I, 21.1.2003.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki á 4 háhitasvæðum: Krýsuvík, Brennisteinsfjöll, Torfajökulssvæðið og Þeistareykir*. Kynning á fundi faghóps I og II, 21.2.2003.

Hengilssvæði

37 - 42. Helligheiði, Innstidalur, Nesjavellir, Grændalur, Þverárdalur, Ölkelduháls

Jóhann Óli Hilmarsson 2000. *Fuglalíf í Grændal*. Unnið fyrir Sunnlenska orku ehf., september 2000.

Jón Guðmundsson og Halldór Sverrisson 2000. *Athugun á gróðri í Grændal*. RALA. Unnið fyrir Orkustofnun og Sunnlenska orku ehf í október 2000.

Jón Guðmundsson og Rúnar D. Bjarnason 2001. *Mat á náttúruverndargildi Grændals*. RALA 2001.

Sunnlensk orka 2001. *Borun á rannsóknarholu og vegagerð í Grændal í Ölfusi, mat á umhverfisáhrifum*. febrúar 2001.

Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon 2001. *Jarðhiti við Hengil og á Helligheiði – niðurstöður viðnámsmælinga*. Orkustofnun Rannsóknasvið OS-2001/091. 250 bls.

Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2002. *Gildi landslags á Hengilssvæðinu*. Líffræðistofnun Háskóla Íslands, fjölrit 61, 2002.

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns 2002. *Virkjun á Hellisheiði – rafstöð allt að 120 MW – Mat á umhverfisáhrifum – Tillaga að matsáætlun*. Orkuveita Reykjavíkur, febrúar 2002, 14 bls.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki níu háhitasvæða (gróður smádyr, fuglar) – Samantekt vegna rammaáætlunar (faghópur I)*, Vinnuþlagg 3. drög, janúar 2003.

Ingólfur Hrólfsson og Einar Gunnlaugsson, Orkuveitu Reykjavíkur; Claus Ballzus, VGK 2003. *Virkjunarhugmyndir á Hellisheiði og Hengilssvæði*. Kynning á fundi faghóps I, 14.1.2003.

Steinar Friðgeirsson og Garðar Briem, Rarik 2003. *Virkjunarhugmynd í Grændal*. Kynning á fundi faghóps II, 22.1.2003.

43. Hágöngur

Orkustofnun 2000. *Háhitavæði í Köldukvíslabotnum*, október 2000.

Orkustofnun 2002. *Jarðhitarannsóknir í Köldukvíslabotnum í Ásahreppi*, Landsvirkjun, júlí 2002.

Árni Gunnarsson og Hugufrún Gunnarsdóttir, Landsvirkjun 2003. *Stækkun Kröflu, virkjun á vestursvæði Kröflu. Leirhnjúk, Bjarnarflagi og Hágöngum*. Kynning á fundi faghóps I, 13.1.2003.

Torfajökulssvæði

44 - 48. Vestari Reykjadalir, Austari Reykjadalir, Kaldaklof/Ljósártungur, Jökulgil (Háuhverir), Brennisteinsalda (Landmannalaugar)

Ragna Karlsdóttir 2001. *TEM-viðnámsmælingar á Torfajökulssvæði*. Orkustofnun OS-2001/031.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki níu háhitasvæða (gróður smádyr, fuglar) – Samantekt vegna rammaáætlunar (faghópur I)*, Vinnuþlagg 3. drög, janúar 2003.

Ingibjörg Kaldal, Orkustofnun 2003. *Laus jarðlög á Torfajökulssvæðinu*. Kynning á fundi faghópa I og II, 21.1. 2003.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki á 4 háhitasvæðum: Krýsuvík, Brennisteinsfjöll, Torfajökulssvæðið og Þeistareykir*. Kynning á fundi faghóps I og II, 21.2.2003.

Guðmundur Ómar Friðleifsson jarðfræðingur Orkustofnun. *Fyrirhuguð virkjunarsvæði á Torfajökulssvæði*. Kynning á fundi faghópa I og II, 21.2.2003.

Kristján Sæmundsson, Orkustofnun 2003. *Torfajökulssvæðið*. Kynning á fundi faghópa I og II, 21.2.2003.

49. Þeistareykir

Orkustofnun 2001. *Þeistareykir, yfirlit um rannsóknir og rannsóknarkostnað*. maí 2001.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki á 4 háhitasvæðum: Krýsuvík, Brennisteinsfjöll, Torfajökulssvæðið og Þeistareykir*. Kynning á fundi faghópa I og II, 21.2.2003.

50. Bjarnarflag

Hörður Kristinsson 2001. *Gróðurfar við jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi í Mývatnssveit. Valkostir norðan þjóðvegjar*. Náttúrufræðistofnun Íslands, 2001.

Hörður Kristinsson 2002. *Gróðurfar við fyrirhugaða jarðstrengsleið frá Námaskarði um Hálsa að Kröflulínu 1*. Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2002.

Árni Gunnarsson og Húgrún Gunnarsdóttir, Landsvirkjun 2003. *Stækkun Kröflu, virkjun á vestursvæði Kröflu. Leirhnjúk, Bjarnarflagi og Hágöngum*. Kynning á fundi faghóps I, 13.1.2003.

Kröflusvæði

51 –53. Krafla (núverandi virkjunarsvæði), Vestursvæði, Leirhnjúkur

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns og Orkustofnun Rannsóknasvið 2001. *Stækkun Kröfluvirkjunar í Skútustaðahreppi, Suður Þingeyjarsýslu um 40MW - Mat á umhverfisáhrifum*. Landsvirkjun LV-2001/034, ágúst 2001.

Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. *Lífriki níu háhitasvæða (gróður smádyr, fuglar) – Samantekt vegna rammaáætlunar (faghópur 1)*, Vinnuþlagg 3. drög, janúar 2003.

Árni Gunnarsson og Húgrún Gunnarsdóttir, Landsvirkjun 2003. *Stækkun Kröflu, virkjun á vestursvæði Kröflu. Leirhnjúk, Bjarnarflagi og Hágöngum*. Kynning á fundi faghóps I, 13.1.2003.

Almennari heimildir um virkjunarhugmyndir:

Iðnaðarráðuneytið 1994. *Innlendar orkulindir til vinnslu raforku*. Iðnaðarráðuneytið, maí 1994.

Anna Dóra Sæþórsdóttir 1998. *Áhrif virkjana norðan Vatnajökuls á ferðamennsku*. Iðnaðar- og viðskiptaráðuneytið og Landsvirkjun, janúar 1998.

Sigmundur Einarsson (ritstj.) 2000. *Náttúruverndargildi á virkjunarsvæðum norðan jökla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ – 00009, júní 2000.

Rögnvaldur Guðmundsson 2001. *Ferðamenn á hálendi Íslands sumarið 2000 – Greinargerð unnin fyrir Orkustofnun*. Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar, mars 2001.

Guðmundur Guðjónsson o.fl. 2001. *Gróður, fuglar og verndargildi náttúruminja á hálendisvæðum, áfangaskýrsla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, desember 2001.

Náttúrufræðistofnun Íslands 2002. *Verndun tegunda og svæða, tillögur Náttúrufræðistofnunar vegna náttúruverndaráætlunar*, nóvember 2002.

Sigurður H. Magnússon o.fl. 2002. *Vistgerðir á fjórum hálendisvæðum*, Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ 02006, desember 2002.

Rögnvaldur Guðmundsson 2003. *Gildi hálendisins fyrir ferðaþjónustu og útivist til 2020*. Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar, maí 2003.

Jakob K. Kristjánsson, Prokaria hf 2003. *Hveraörverur og möguleg áhrif virkjana á þær*. Kynning á fundi faghóps I, 8.11.2003.



Verkefnisstjórn um gerð
rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

**Viðaukar b
við
skýrslu um 1. áfanga**

Efnisyfirlit

Viðauki b1: Heiti virkjana og gæði gagna.....	1
Tafla 1.1. Yfirlit yfir heiti virkjana og númer.....	1
Tafla 1.2 Staða þekkingar á virkjunarsvæðum og virkjun – allar virkjanir.....	3
Viðauki b2: Samantekt á niðurstöðum	5
Tafla 2.1 Samantekt - raðað eftir vísitölu umhverfisáhrifa, allar virkjanir.....	5
Tafla 2.2 Samantekt - raðað eftir vísitölu umhverfisáhrifa, án samanburðarvirkjana.....	7
Tafla 2.3 Samantekt virkjana flokkað eftir vatnsafli og jarðvarma, án samanburðarvirkjana - raðað eftir vísitölu umhverfisáhrifa.....	8
Viðauki b3: Faghópur I , aðferðafræði og niðurstaða mats.....	9
Inngangur.....	9
Aðferðafræðin í hnotskurn	9
SKILGREINING Á SVÆÐUM.....	11
Val á svæðum til mats	11
Afmörkun svæða og áhrifa.....	11
HVÆÐA KOSTI ÆTTI MATSAÐFERINA AÐ HAFA?	12
VIÐMIÐ OG VIÐFÖNG	13
Viðmið.....	13
Viðföng.....	15
I. Jarðminjar og vatnafar.....	15
II. Tegundir lífvera	18
III. Vistgerðir og jarðvegur.....	19
IV. Landslag og víðerni.....	20
V. Menningarminjar	22
GRUNDVÖLLUR MATS.....	24
Einkunnagjöf fyrir verðmæti og áhrif.....	24
Vogtölur viðfanga.....	25
VINNUFERLI MATSINS.....	26
Verðmætamat og áhrifamat	26
RÖÐUN SVÆÐA	26
Óvissa og áhætta.....	26
Sérstakt mikilvægi	27
Lokaröðun svæða.....	27
MAT Á AÐFERÐAFRÆÐINNI.....	28
Gæði gagna og álitamál varðandi aðferðafræðina.....	28
Breytingar á úrtaki.....	28
Staða vatnsafllsvirkjana á móti jarðvarmavirkjunum.....	29
Kynning og samráð.....	31
Tafla 3.1a Verðmæti - mat faghóps I , án samanburðarvirkjana	33
Tafla 3.1b Verðmæti - mat faghóps I , allar virkjanir.....	34
Tafla 3.2a Áhrifaeinkunn - mat faghóps I , án samanburðarvirkjana.....	35

Tafla 3.2b Áhrifaeinkunn - mat faghóps I, allar virkjanir	36
Gátlisti fyrir AHP röðun faghóps I	37
Tafla 3.3a AHP- röðun faghóps I - án samanburðarvirkjana	42
Tafla 3.3b AHP- röðun faghóps I - allar virkjanir	42
Tafla 3.4a Einkunnir faghóps I fyrir tegundir/ lífverur, allar virkjanir - raðað eftir áhrifaeinkunn	43
Tafla 3.4b Einkunnir faghóps I fyrir menningarminjar, allar virkjanir - raðað eftir áhrifaeinkunn	44
Tafla 3.4c Einkunnir faghóps I fyrir landslag og víðerni, allar virkjanir - raðað eftir heildar- áhrifaeinkunn	45
Tafla 3.4d1 Einkunnir faghóps I fyrir jarðminjar og vatnafar, allar virkjanir - raðað eftir verðmætaeinkunn	47
Tafla 3.4d2 Einkunnir faghóps I fyrir jarðminjar og vatnafar, allar virkjanir - raðað eftir áhrifaeinkunn	49
Tafla 3.4e Einkunnir faghóps I fyrir vistgerðir og jarðveg, allar virkjanir - raðað eftir áhrifaeinkunn	51
Sérstakar ábendingar faghóps I um tiltekin svæði	53
Viðauki b4: Faghópur II , aðferðafræði og niðurstaða mats	55
Aðferðafræði faghóps II (útivist og hlunnindi)	55
Viðföng og undirviðföng	55
Útivist	55
Veiðar	56
Hlunnindi, þ.e. beit og aðrar landnytjar	56
Vægi undirviðfanga	56
Vægi viðfanga	57
Eyðublað til mats á áhrifum virkjunar	59
Fyrirkomulag einkunnargjafar	60
AHP-samanburður	60
Tafla 4.1a Áhrifaeinkunnir faghóps II - allar virkjanir	61
Tafla 4.2a AHP-röðun faghóps II, allar virkjanir	62
AHP-röðun faghóps II , virkjanir án samanburðarvirkjana	62
Viðauki b5: Faghópur III, aðferðafræði og niðurstaða mats	63
Aðferðafræði faghóps III (efnahagur, atvinna og byggðaáhrif)	63
Inngangur	63
Önnur notkun jarðvarma	64
Áhrif virkjunar á ferðaþjónustu	64
Tafla 5.1 Mat faghóps III - raðað eftir vísitölu hagnaðar	67
Viðauki b6: Faghópur IV, aðferðafræði og niðurstaða mats	69
Aðferðir faghóps IV	69
Vatnsaflsvirkjanir	69
Jarðvarmavirkjanir	71
Virkjunarhugmyndir	71
Virkjunarskýrslur	72

Kennistærðir	72
Tenging virkjana við netið.....	73
Niðurstöður um kennistærðir virkjunarhugmynda í 1. áfanga	73
Tafla V6.1 Kennistærðir virkjunarhugmynda	74
Heimildir.....	75
Viðauki b7: Röðun hópa virkjana til að mæta tiltekinni orkuþörf	76
A1 Norðurland:.....	76
A2 Norðurland:.....	77
B Suðurland	78
Viðauki b8: Virkjunarsvæði og náttúruverndarhagsmunir.....	80

Viðauki b1

Heiti virkjunar og gæði gagna

TAFLA 1.1. YFIRLIT YFIR HEITI VIRKJUNAR OG NÚMER

Vinnuheiti virkjunar	Nr.	Nánari lýsing á virkjun
<u>Vatnsaflsvirkjanir:</u>		
Skatastaðavirkjun a	1	Skatastaðavirkjun í Skagafirði - grunnvirkjun með veitu frá Fossá á Nýjabæjarfjalli
Skatastaðavirkjun b	2	Skatastaðavirkjun í Skagafirði - grunnvirkjun með öllum veitum
Villinganesvirkjun	3	Villinganesvirkjun í Skagafirði án Skatastaðavirkjunar
Fljótshnjúksvirkjun	4	Fljótshnjúksvirkjun í Skjálfandafljóti - mat miðast við að Sprengisandslína hafi verið lögð
Hrafnabjargavirkjun a	5	Hrafnabjargavirkjun í Skjálfandafljóti með Hrafnabjargalóni
Hrafnabjargavirkjun b	6	Hrafnabjargavirkjun í Skjálfandafljóti með Hrafnabjargalóni og miðlun við Fljótshaga
Jökulsá á Fjöllum	7	Virkjun Jökulsár á Fjöllum með lóni í Arnardal, Brúarvirkjun og stöðvarhúsi neðanjarðar í Fljótsdal
Kárahnjúkavirkjun	8	Kárahnjúkavirkjun, skv. úrskurði umhverfisráðherra
Fljótsdalsvirkjun	9	Fljótsdalsvirkjun - kynnt í skýrslu til Alþingis haustið 1999
Skaftárvirkjun	10	Skaftárvirkjun (án lóns við Stakfell)
Hólmsárvirkjun	11	Hólmsárvirkjun
Markarfljótsvirkjun a	12	Virkjun Markarfljóts með Emstruvirkjun til Gilsár
Markarfljótsvirkjun b	13	Virkjun Markarfljóts með Emstruvirkjun til Gilsár auk Sátuvirkjunar
Skaftárveita	14	Skaftárveita - veita úr Langasjó yfir á vatnasvið Þjórsár/Tungnaár
Norðlingaölduveita	15	Norðlingaölduveita miðuð við 575 m y.s.
Búðarhálsvirkjun	16	Búðarhálsvirkjun
Núpsvirkjun a	17	Núpsvirkjun I - í einu þrepi vestan Þjórsár
Núpsvirkjun b	18	Núpsvirkjun II - í tveimur þrepum austan Þjórsár
Urriðafossvirkjun	19	Urriðafossvirkjun
<u>Jarðvarmavirkjanir:</u>		
Reykjanes	30	Reykjanes
Svartsengi - stækkun	31	Stækkun virkjunar í Svartsengi
Sandfell (Krýsuvík)	32	Virkjun við Sandfell á háhitasvæði Krýsuvíkur/Trölladyngju
Trölladyngja (Krýsuvík)	33	Virkjun við Trölladyngju á háhitasvæði Krýsuvíkur/Trölladyngju
Seltún (Krýsuvík)	34	Virkjun við Seltún á háhitasvæði Krýsuvíkur
Austurengjar (Krýsuvík)	35	Virkjun við Austurengjar á háhitasvæði Krýsuvíkur
Brennisteinsfjöll	36	Brennisteinsfjöll
Hellisheiði (Hengill)	37	Virkjun á Hellisheiði á háhitasvæði Hengilsins
Innstidalur (Hengill)	38	Virkjun í Innstadal á háhitasvæði Hengilsins
Nesjavellir - stækkun	39	Stækkun Nesjavallavirkjunar á háhitasvæði Hengilsins

Vinnuheiti virkjunar	Nr.	Nánari lýsing á virkjun
Grændalur (Hengill)	40	Virkjun í Grændal á háhitasvæði Hengilsins
Þverárdalur (Hengill)	41	Virkjun í Þverárdal á háhitasvæði Hengilsins
Ölkelduháls (Hengill)	42	Virkjun á Ölkelduhálsi á háhitasvæði Hengilsins
Hágöngusvæði	43	Virkjun við Hágöngur - mat miðast við að Sprengisandslína hafi verið lögð
Reykjadalir (Vesturdalir)	44	Reykjadalir vestari á Torfajökulssvæðinu
Reykjadalir (Austurdalir)	45	Reykjadalir austari á Torfajökulssvæðinu
Reykjadalir (Kaldaklof)	46	Kaldaklof/Jökultungur/Ljósártungur á Torfajökulssvæðinu
Háuhverir (Torfajökull)	47	Háuhverir/Jökulgil á Torfajökulssvæðinu
Brennisteinsalda (Torfajökull)	48	Brennisteinsalda/Landmannalaugar á Torfajökulssvæðinu
Þeistareykir	49	Þeistareykir
Bjarnarflag	50	Bjarnarflag
Krafla - stækkun	51	Stækkun Kröfluvirkjunar
Krafla Vestursvæði	52	Krafla - virkjun á Vestursvæði
Krafla Leirhnjúkur	53	Virkjun við Leirhnjúk

TAFLA 1.2 STAÐA ÞEKKINGAR Á VIRKJUNARSVÆÐUM OG VIRKJUN – ALLAR VIRKJANIR

	Jarð- minjar &vatna- far	Menn- ingar- minjar	Teg- undir	Vist- gerðir og jarð- vegur	Lands- lag ¹	F1- heild	Úti- vist	Hlunn- indi	Veiðar (fiskur)	F2- heild	Kost- naður	Heildar- staða
Austurengjar (Krýsuvík)	B	B/C	B	C	A	B	C			C	C	C
Bjarnarflag	A	A	A-B	A	A	A	A			A	A	A
Brennisteinsalda (Torfaj.)	B	C	B-C	C	B	B	C	D		C	C	C
Brennisteinsfjöll	A-B	D	C	C	B	C	B			B	C	C
Búðarhálsvirkjun	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Fljótisdalsvirkjun	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A
Fljótshnjúksvirkjun	C	A	B-C	A	B	B	C	C	D	C	B	B
Grændalur (Hengill)	A	A	A	A	B	A	A	A		A	B	A
Hágöngusvæði	A-B	B	B	B	A-B	B	C	D		C	B	B
Háuhverir (Torfajökull)	B	C	C	C	C	C	C	D		C	C	B
Hellisheiði (Hengill)	A	A	A	A	A	A	A	B		A	B	A
Hólmsárvirkjun	B-C	C	C	A	B	B	B	B	B	B	B	B
Hrafnabjargavirkjun a	B-C	C/D	B-C	A	A	B	C	C	D	C	B	B
Hrafnabjargavirkjun b	B-C	C/D	B-C	A	A	B	C	C	D	C	B	B
Innstidalur (Hengill)	B	B	B	A	A-B	B	D	B		C	B	B
Jökulsá á Fjöllum	C	C/D	C	C	B-C	C	D	C	C	C	B	C
Kárahnjúkvirkjun	A	A/B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Krafla (núverandi)	A	B	B	B	A	B	A	B		A	A	A
Krafla - Leirhnjúkur	A	B	B	B	A-B	B	C	B		B	C	B
Krafla - Vestursvæði	A-B	B	B	B	A-B	B	A	B		A	B	B
Markarfljótsvirkjun a	B-C	C/D	B-C	C	B-A	C	B	D	D	B	B	B
Markarfljótsvirkjun b	B-C	C/D	B-C	C	B-A	C	B	D	D	B	B	B
Nesjavellir (Hengill)	A	A	B-C	B	A	A	A	B		A	A	A
Norðlingaölduveita (575m)	B	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A
Núpsvirkjun a	A	B/C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
Núpsvirkjun b	A	B/C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
Reykjadalir (Austurdalir)	B	C	C	C	B	C	C	D		C	C	C
Reykjadalir (Kaldaklof)	B	C	B	C	C	C	C	D		C	C	C
Reykjadalir (Vesturdalir)	B	C	C	C	B-C	C	C	D		C	C	C
Reykjanes	A	A	A	B	A	A	A	C		A	B	A
Sandfell (Krýsuvík)	B-C	C	C	C	C	C	D			C	C	C
Seltún (Krýsuvík)	B	C	B	B	A	B	C			C	B	B
Skaftárveita	B-C	D	A	A	A-B	B	B	B	B	B	B	B
Skaftárvirkjun	B-C	D	B-A	A	B-A	B	B	B	B	B	B	B
Skatastaðavirkjun a	B	B	B-A	A	B	B	C	B	C	C	B	B
Skatastaðavirkjun b	B	B	B-A	A	B	B	C	B	C	C	B	B
Svartsengi - Eldvörp	A	C	B-C	C	A	B	A			A	A	A
Trölladyngja (Krýsuvík)	B	C	B	C	B	B	B			B	B	B
Urriðafossvirkjun	A	B/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Villinganesvirkjun	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Þeistareykir	A	C	A	B	A	B	C	B		C	B	B
Þverárdalur (Hengill)	B	B	C	C	C	C	D	B		C	C	C
Ölkelduháls (Hengill)	A	B	A	C	A	B	D	B		C	B	B

¹ A vísar til þess að það sé góð yfirsýn. Þetta eru svæði sem faghópur I heimsótti sérstaklega eða flestir í faghópnum hafa séð eða að það er til gott myndasafn og myndir þar sem mannvirki hafa verið felld inn. B vísar til svæða sem faghópurinn heimsótti en sá aðeins að hluta og myndir voru að einhverju leyti takmarkaðar. C vísar til svæða sem ekki voru heimsótt og fáir eða jafnvel engir úr faghópnum hafa séð og myndir voru afar takmarkaðar. C vísar einnig til þess ef framkvæmdalýsing var óljós þannig að erfitt var að átta sig á staðsetningu, umfangi og fyrirkomulagi mannvirkja.

Viðauki b2

Samantekt á niðurstöðum

TAFLA 2.1 SAMANTEKT - RAÐAÐ EFTIR VÍSITÖLU UMHVERFISÁHRIFA, ALLAR VIRKJANIR

	Fag- hópur I AHP	Fag- hópur II AHP	Vísitala um- hverfis- áhrifa	Orku- geta	Stofnk./ orkug. kr/kWh/ár	Vísitala hagn- aðar	Afkasta- vextir %	Vísitala um arðsemi	Tengi- kostn- aður
Jökulsá á Fjöllum	10,43	6,17	9,0	4000	18,4	10,0	9,5	4,6	Miðl. ²
Markarfljótsvirkjun b	7,02	12,32	8,8	855	24,4	0,7	6,5	3,2	Mikill
Kárahnjúkavirkjun	10,43	4,47	8,4	4670	20,0	9,3	8,3	4,0	Miðl.
Markarfljótsvirkjun a	6,45	10,66	7,9	735	23,7	0,6	6,4	3,1	Mikill
Norðlingaölduv. (575 m)	7,81	3,90	6,5	650	16,3	1,4	8,6	4,2	Lítill
Fljótsdalsvirkjun	7,81	2,30	6,0	1390	18,9	3,4	9,1	4,4	Lítill
Reykjadalir (Vesturdalir)	5,15	5,84	5,4	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Reykjadalir (Austurdalir)	5,15	5,36	5,2	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Reykjadalir (Kaldaklof)	5,15	4,78	5,0	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Brennisteinsalda (Torfaj.)	3,67	7,43	4,9	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Háuhverir (Torfajökull)	3,67	3,73	3,7	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Skatastaðavirkjun b	3,70	1,02	2,8	1290	25,0	0,7	6,2	3,0	Mikill
Hrafnabjargavirkjun b	2,21	3,49	2,6	618	23,3	0,7	6,9	3,4	Lítill
Skatastaðavirkjun a	3,41	1,02	2,6	1046	24,5	0,8	6,4	3,1	Mikill
Grændalur (Hengill)	2,66	1,55	2,3	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Hrafnabjargavirkjun a	1,19	2,69	1,7	575	21,2	1,0	8,0	3,9	Lítill
Villinganesvirkjun	1,47	1,82	1,6	190	24,4	0,2	6,7	3,3	Lítill
Skaftárveita	0,81	2,98	1,5	450	8,2	2,2	20,5	10,0	Lítill
Þeistareykir	1,19	1,11	1,2	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Brennisteinsfjöll	1,04	1,27	1,1	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Urriðafossvirkjun	1,40	0,51	1,1	920	23,2	1,1	7,0	3,4	Lítill
Krafla - Leirhnjúkur	0,88	1,48	1,1	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Skaftárvirkjun	0,57	2,04	1,1	904	20,5	1,7	8,2	4,0	Miðl.
Fljótshnúksvirkjun	0,93	0,59	0,8	405	40,3	-1,5	2,6	1,3	Lítill
Hólmsársvirkjun	0,62	0,64	0,6	438	22,0	0,7	7,5	3,7	Miðl.
Núpsvirkjun b	0,66	0,55	0,6	1019	23,1	1,2	7,0	3,4	Lítill
Trölladyngja (Krýsuvík)	0,32	1,06	0,6	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Innstidalur (Hengill)	0,46	0,70	0,5	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill

² Miðl.= miðlungs

	Fag- hópur I AHP	Fag- hópur II AHP	Vísitala um- hverfis- áhrifa	Orku- geta	Stofnk./ orkug. kr/kWh/ár	Vísitala hagn- aðar	Afkasta- vextir %	Vísitala um arðsemi	Tengi- kostn- aður
Nesjavellir (Hengill)	0,15	1,32	0,5	210	11,9	0,8	14,5	7,1	Lítill
Seltún (Krýsuvík)	0,33	0,76	0,5	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Reykjanes	0,45	0,51	0,5	840	16,7	1,8	9,1	4,4	Lítill
Núpsvirkjun a	0,39	0,55	0,4	1001	22,7	1,3	7,1	3,5	Lítill
Austurengjar (Krýsuvík)	0,40	0,51	0,4	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Krafla - Vestursvæði	0,20	0,85	0,4	840	17,8	1,4	8,1	4,0	Lítill
Ölkelduháls (Hengill)	0,15	0,89	0,4	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Bjarnarflag	0,45	0,26	0,4	560	18,3	0,8	7,8	3,8	Lítill
Þverárdalur (Hengill)	0,25	0,62	0,4	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Sandfell (Krýsuvík)	0,28	0,41	0,3	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Hágöngusvæði	0,20	0,41	0,3	840	17,7	1,5	8,3	4,0	Lítill
Hellisheiði (Hengill)	0,11	0,59	0,3	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Krafla (núverandi)	0,11	0,39	0,2	280	15,3	0,7	9,9	4,8	Lítill
Svartsengi - Eldvörp	0,16	0,21	0,2	140	10,7	0,6	16,7	8,1	Lítill
Búðarhálsvirkjun	0,12	0,27	0,2	630	23,2	0,7	6,8	3,3	Lítill

TAFLA 2.2 SAMANTEKT - RAÐAÐ EFTIR VÍSITÖLU UMHVERFISÁRHIFA, ÁN SAMANBURÐARVIRKJANA

	Fag- hópur I AHP	Fag- hópur II AHP	Vísitala um- hverfis- áhrifa	Orku- geta	Stofnk./ orkugeta kr/kWh/ár	Vísitala um hagnað á 50 árum	Afkasta- vextir %	Vísitala um arðsemi	Tengi- kostn- aður
Markarfljótsvirkjun b	10,6	14,6	11,9	855	24	0,7	6,5	3,2	Mikill
Jökulsá á Fjöllum	14,2	7,3	11,9	4.000	18	10,0	9,5	4,6	Miðl.
Markarfljótsvirkjun a	9,9	12,6	10,8	735	24	0,6	6,4	3,1	Mikill
Reykjadalir (Vesturdalir)	7,3	6,9	7,2	840	19	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Reykjadalir (Austurdalir)	7,3	6,3	7,0	840	19	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Reykjadalir (Kaldaklof)	7,3	5,7	6,8	840	19	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Brennisteinsalda (Torfaj.)	5,1	8,8	6,3	840	19	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Háuhverir (Torfajökull)	5,1	4,4	4,9	840	19	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Skatastaðavirkjun b	5,2	1,2	3,8	1.290	25	0,7	6,2	3,0	Mikill
Skatastaðavirkjun a	4,7	1,2	3,6	1.046	24	0,8	6,4	3,1	Mikill
Hrafnabjargavirkjun b	2,9	3,2	3,0	618	23	0,7	6,9	3,4	Lítill
Grændalur (Hengill)	3,5	1,8	3,0	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Hrafnabjargavirkjun a	1,5	3,2	2,1	575	21	1,0	8,0	3,9	Lítill
Skaftárveita	1,0	3,5	1,9	450	8	2,2	20,5	10,0	Lítill
Þeistareykir	1,5	1,3	1,4	840	19	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Brennisteinsfjöll	1,3	1,5	1,4	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Urriðafossvirkjun	1,8	0,6	1,4	920	23	1,1	7,0	3,4	Lítill
Krafla - Leirhnjúkur	1,1	1,8	1,3	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Skaftárvirkjun	0,7	2,4	1,3	904	21	1,7	8,2	4,0	Miðl.
Fljótshnjúksvirkjun	1,2	0,7	1,0	405	40	-1,5	2,6	1,3	Lítill
Hólmsárvirkjun	0,8	0,8	0,8	438	22	0,7	7,5	3,7	Miðl.
Núpsvirkjun b	0,8	0,6	0,8	1.019	23	1,2	7,0	3,4	Lítill
Trölladyngja (Krýsuvík)	0,4	1,3	0,7	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Innstidalur (Hengill)	0,6	0,8	0,7	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Reykjanes	0,6	0,6	0,6	840	17	1,8	9,1	4,4	Lítill
Seltún (Krýsuvík)	0,4	0,9	0,6	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Núpsvirkjun a	0,5	0,6	0,5	1.001	23	1,3	7,1	3,5	Lítill
Austurengjar (Krýsuvík)	0,5	0,6	0,5	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Krafla Vestursvæði	0,3	1,0	0,5	840	18	1,4	8,1	4,0	Lítill
Bjarnarflag	0,6	0,3	0,5	560	18	0,8	7,8	3,8	Lítill
Ölkelduháls (Hengill)	0,2	1,1	0,5	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Þverárdalur (Hengill)	0,3	0,7	0,4	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Sandfell (Krýsuvík)	0,3	0,5	0,4	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Hellisheiði (Hengill)	0,2	0,7	0,3	840	19	1,1	7,4	3,6	Lítill
Hágöngusvæði	0,3	0,5	0,3	840	18	1,5	8,3	4,0	Lítill

TAFLA 2.3 SAMANTEKT VIRKJANA, FLOKKAÐ EFTIR VATNSAFLI OG JARÐVARMA, ÁN SAMANBURÐARVIRKJANA - RAÐAÐ EFTIR VÍSITÖLU UMHVERFISÁHRIFA

	Fag- hópur I	Fag- hópur II	Vísitala um- hverfis- áhrifa	Orku- geta	Stofnk./ orkugeta kr/kWh/ár	Vísitala um hagnað á 50 árum	Afkasta- vextir %	Vísitala arðsemi	Tengi- kostn- aður
<i>Vatnsaflsvirkjanir</i>									
Markarfljótsvirkjun b	10,59	14,58	11,9	855	24,4	0,7	6,5	3,2	Mikill
Jökulsá á Fjöllum	14,16	7,29	11,9	4.000	18,4	10,0	9,5	4,6	Miðl.
Markarfljótsvirkjun a	9,86	12,62	10,8	735	23,7	0,6	6,4	3,1	Mikill
Skatastaðavirkjun a	5,17	1,20	3,8	1.290	25,0	0,7	6,2	3,0	Mikill
Skatastaðavirkjun a	4,73	1,20	3,6	1.046	24,5	0,8	6,4	3,1	Mikill
Hrafnabjargavirkjun b	2,88	3,18	3,0	618	23,3	0,7	6,9	3,4	Lítill
Hrafnabjargavirkjun a	1,54	3,18	2,1	575	21,2	1,0	8	3,9	Lítill
Skaftárveita	1,04	3,52	1,9	450	8,2	2,2	20,5	10,0	Lítill
Urriðafossvirkjun	1,75	0,60	1,4	920	23,2	1,1	7	3,4	Lítill
Skaftárvirkjun	0,73	2,41	1,3	904	20,5	1,7	8,2	4,0	Miðl.
Fljótshnjúksvirkjun	1,18	0,70	1,0	405	40,3	-1,5	2,6	1,3	Lítill
Hólmsárvirkjun	0,79	0,76	0,8	438	22,0	0,7	7,5	3,7	Miðl.
Núpsvirkjun b	0,84	0,65	0,8	1.019	23,1	1,2	7	3,4	Lítill
Núpsvirkjun a	0,49	0,65	0,5	1.001	22,7	1,3	7,1	3,5	Lítill
<i>Jarðvarmavirkjanir</i>									
Reykjadalir (Vesturdalir)	7,35	6,91	7,2	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Reykjadalir (Austurdalir)	7,35	6,34	7,0	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Reykjadalir (Kaldaklof)	7,35	5,65	6,8	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Brennisteinsalda (Torfaj.)	5,08	8,79	6,3	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Háuhverir (Torfajökull)	5,08	4,42	4,9	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Grændalur (Hengill)	3,53	1,83	3,0	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Þeistareykir	1,50	1,31	1,4	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Miðl.
Brennisteinsfjöll	1,33	1,50	1,4	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Krafla - Leirhnjúkur	1,14	1,76	1,3	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Trölladyngja (Krýsuvík)	0,40	1,25	0,7	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Innstidalur (Hengill)	0,59	0,82	0,7	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Reykjanes	0,57	0,60	0,6	840	16,7	1,8	9,1	4,4	Lítill
Seltún (Krýsuvík)	0,42	0,90	0,6	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Austurengjar (Krýsuvík)	0,52	0,60	0,5	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Krafla - Vestursvæði	0,26	1,01	0,5	840	17,8	1,4	8,1	4,0	Lítill
Bjarnarflag	0,57	0,31	0,5	560	18,3	0,8	7,8	3,8	Lítill
Ölkelduháls (Hengill)	0,19	1,05	0,5	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Þverárdalur (Hengill)	0,30	0,73	0,4	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Sandfell (Krýsuvík)	0,35	0,49	0,4	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Hellisheiði (Hengill)	0,15	0,70	0,3	840	19,0	1,1	7,4	3,6	Lítill
Hágöngusvæði	0,26	0,49	0,3	840	17,7	1,5	8,3	4,0	Lítill

Viðauki b3

Faghópur I, aðferðafræði og niðurstaða mats

Inngangur

Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma er ætlað að meta og flokka helstu orkulindir landsins til raforkuframleiðslu, bæði vatnsorku og jarðvarma, þar sem vegin eru saman orkugeta og hagkvæmni, þjóðhagsleg áhrif og áhrif á náttúru, menningarverðmæti, útivist og hlunnindi. Með verkefnisstjórn rammaáætlunar starfa fjórir faghópar skipaðir sérfræðingum og á hver hópur um sig að meta og raða virkjunarkostum út frá áhrifum sem snerta þeirra svið. Verksvið faghóps I er náttúrufar og minjar. Í hópnum sitja 13 einstaklingar, tilnefndir af stofnunum og félagasamtökum. Þar eru m.a. sérfræðingar á sviði jarðfræði, vatnafræði, vatnalíffræði, dýrafræði, grasufræði, landnýtingar og fornleifafræði. Vinnuferli hópsins má skipta í fimm þrep: 1) að skilgreina þau fyrirbæri í íslenskri náttúru og menningarminjum sem teljast verðmæt og sem orkuvinnsla kann að hafa áhrif á, 2) finna leið til að meta eða mæla gildi þeirra og 3) meta áhrif framkvæmda á verðmætin, 4) finna leið til að bera saman virkjunarkosti og að lokum 5) raða virkjunarkostum frá besta kosti til lakasta.

Verkefnið er af ýmsum ástæðum ekki auðvelt. Fyrirbæri náttúrunnar eru margbreytileg og flókin: einkum á þetta við um hina lifandi náttúru þar sem oft er erfitt að afmarka einstaka þætti eða fyrirbæri, einkum á efri skipulagsstigum lífríkis, þ.e. þegar kemur að samfélögum lífvera og vistkerfum. Hópurinn þurfti að finna leið til að aðgreina náttúruna í flokka, nægilega marga til að greina sundur helstu fyrirbæri en þó þannig að flokkunin yrði viðráðanleg og hæfði gæðum tiltækra gagna.

Annar meginvandi hópsins liggur í því að erfitt er að smíða hlutlægan mælikvarða á náttúru- og menningarverðmæti sem fæst er hægt að meta til fjár og sum eru að hluta til huglægs eðlis. Hætt er við að þetta leiði til þess að samanburður á efnahagslegum ávinningi virkjunar, útreiknuðum í krónum og aurum, og tapi á náttúruverðmætum verði náttúrugæðunum óhagstæður þar sem engin leið er að reikna út verðmæti þeirra á sama hátt. Nýlega hafa hagfræðingar þróað aðferðir til að meta náttúrugæði með sömu mælistikum og efnisleg gæði sem almenningur er reiðubúinn að greiða fyrir. Hópurinn kynnti sér þessa aðferðafræði en niðurstaða varð þó sú að skilyrt verðmætamat (*contingent valuation*) væri ekki raunhæfur kostur, m.a. vegna kostnaðar og þess tíma sem til verksins var ætlaður. Þá felur skilyrt verðmætamat í sér fjárhagslegt mat á náttúruverðmætum á ákveðnum tíma en veitir ekki upplýsingar um eigið verðmæti náttúrunnar almennt. Því var farin sú leið að gefa svæðum einkunnir fyrir helstu þætti náttúrufars og menningarminjar, leggja síðan mat á líkleg áhrif framkvæmda og raða að lokum virkjunarkostunum með innbyrðis samanburði frá lakasta að besta kosti.

AÐFERÐAFRÆÐIN Í HNOTSKURN

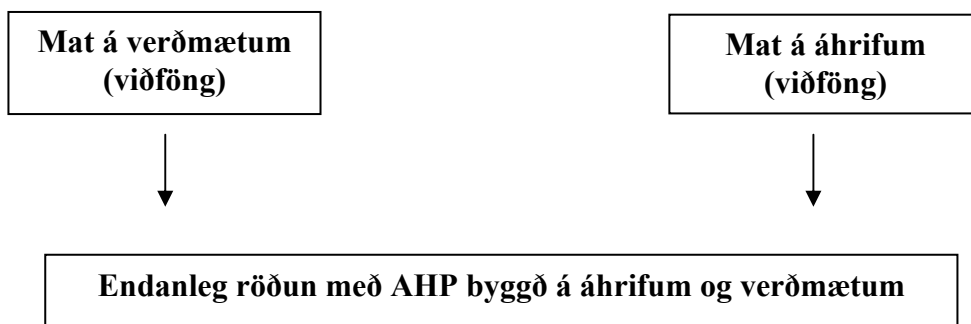
Aðferðafræðinni má skipta í nokkur þrep (1. mynd). Það fyrsta sem hópurinn gerði var að **skilgreina meginþætti náttúru og menningarminja**. Náttúruminum er skipt í 4 meginþætti eða **viðföng** en menningarminjar eru fimmta viðfangið. Þessi fimm viðföng endurspeglu ólík verðmæti. Röðun virkjanakosta eða svæða felur óhjákvæmilega í sér að fyrr eða síðar þarf að veita sama ólík verðmæti eða „gæði“: hvort er t.d. meira virði fagur foss á einum stað eða ríkulegt fuglalíf á öðrum? Til að tryggja samkvæmni og samræmi, er nauðsynlegt að skilgreina **vægi viðfanga í heildarmati** á almennum forsendum strax í byrjun. Innan hópsins var farið í

svokallaða þrepagreiningu (AHP eða *Analytical Hierarchical Process*) til að búa til vogtölur fyrir meginþætti náttúru og menningarminja.

Sjálft matið var þrískipt (1. mynd), þ.e. fyrst eru **verðmæti svæðis metin**, síðan þau **áhrif sem nýting eða framkvæmd myndi hafa** og að lokum er **virðjunarkostum raðað** eftir umhverfisáhrifum. Mat á verðmæti svæðis er unnið sér fyrir hvert viðfang (þ.e. eitt mat á verðmæti jarðmyndana, annað mat fyrir lífverur o.s.frv.). Heildarverðmæti svæðis fékkst með því að leggja saman vegnar einkunnir fyrir hvert viðfang.

Næst var skoðað hvaða áhrif virðjun gæti haft. Áhrifin voru ekki metin sem hlutfallsleg skerðing á verðmætum hvers svæðis heldur eiga einkunnir fyrir áhrif að vera sambærilegar á milli svæða. Til að tryggja þennan samanburð voru áhrifseinkunnir fyrir alla virðjanakosti skráðar saman í eina töflu fyrir hvern meginþátt eða viðfang. Síðan var farið yfir einkunnirnar aftur til að tryggja samræmi milli svæða. Heildaráhrif framkvæmdar fengust með því að leggja saman vegnar áhrifaeinkunnir fyrir hvert viðfang.

Að lokum er svæðunum raðað frá besta til lakasta kosts með samanburði þar sem tvö og tvö svæði eru borin saman í senn fyrir hvert viðfang með þrepagreiningu (AHP) þar sem vegin eru saman verðmæti og áhrif.



1. mynd. Vinnuferli faghóps I við mat á náttúru- og menningarminjum og röðun virðjanakosta.

Vinnan fór þannig fram að 2-4 sérfræðingar innan hópsins unnu rökstudda tillögu að einkunn fyrir verðmæti fyrir hvert viðfang og kynntu á faghópsfundi. Hver faghópsfulltrúi gaf hins vegar einkunnir nafnlaust í tölvupósti og var vegin meðaleinkunn hópsins alls notuð. Einkunnagjöf fyrir áhrif var unnin á sama hátt. AHP-röðunin var hins vegar unnin af öllum faghópnum í sameiningu.

Viðföngin fimm eru: 1) jarðminjar og vatnafar, 2) tegundir lífvera, 3) vistgerðir og jarðvegur, 4) landslag og víðerni, og 5) menningarminjar. Verðmæti þeirra var metið eftir þeim eiginleikum sem geta gefið þeim gildi og eru hér kallaðir viðmið. Viðmið eru alls 6: 1) fjölbreytni/auðgi; 2) fágæti; 3) stærð/samfella/upprunaleiki; 4) alþjóðlegt mikilvægi; 5) upplýsingagildi; og 6) sjónrænt gildi. Ekki er þó lagt mat á öll viðmið fyrir öll viðföng. Sjónrænt gildi er t.d. aðeins metið fyrir landslag.

Sums staðar var hægt að byggja á tiltölulega vel skilgreindri hugmyndafræði, aðferðum og lagastöð, og átti það t.d. við mat á líffræðilegri fjölbreytni. Annars staðar þurfti hópurnar að smíða sér eigin lausnir. Ísland er að ýmsu leyti mjög sérstakt í náttúrufari og ekki alltaf hægt að nýta erlendar aðferðir þróaðar fyrir gjörólíkt umhverfi. Einkum var matið erfitt fyrir víðerni og

landslag. Þar voru fáar erlendar fyrirmyndir, illa skilgreind innlend lagastoð og engin hefð fyrir mati á slíkum verðmætum hér á landi.

Hér á eftir fer yfirlit yfir aðferðafræði faghóps I, skilgreiningar, afmarkanir, mat á verðmætum og áhrifum, lýsing á vinnuferli matsins og á þeirri tilhögun sem hópurinn notaði við einkunnagjöf.

SKILGREINING Á SVÆÐUM

Val á svæðum til mats

Í vinnu við rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma var byrjað á að skilgreina virkjanakosti. Það má hugsa sér að haldið verði áfram vinnu við rammaáætlun þar til allir nýtanlegir virkjanakostir á landinu hafa verið skilgreindir en í fyrsta áfanga vinnunnar var áhersla lögð á virkjunarhugmyndir í jökulám á hálendinu og jarðhita nærri byggð. Þetta eru stærstu virkjunarkostir í vatnsafla og jafnframt þeir sem lengst eru komnir í undirbúningsrannsóknum. Þetta eru því kostir sem þegar höfðu verið skilgreindir sem það álitlegir að vinna hafði verið lögð í skoðun og undirbúning þeirra. Forgangsröðun faghóps I verður að skoða í því ljósi að ekki er um að ræða úttekt á náttúru- eða menningarminjum á hálendi Íslands heldur forgangsröðun svæða sem skilgreind hafa verið sem mögulegir virkjanakostir. Rétt er að hafa einnig í huga að svæði sem eru álitleg sem virkjanakostir eru af ýmsum ástæðum líkleg til að hafa einnig fjölbreytni í náttúrufari og því er líklegt að þau svæði sem koma til mats rammaáætlunar séu í flokki verðmætari svæða hálendisins hvað náttúrufar varðar. Ein augljós skýring á þessu er að gróður á miðhálendi Íslands er helst að finna í lægðum í landi og það eru lægðirnar sem fara undir vatn þegar búin eru til miðlunarlón. Gróðurvinjarnar eru eina búsvæði mjög margra lífvera, þar er líffræðileg fjölbreytni og framleiðni lífræns efnis margföld á við auðnirnar umhverfis. Menningarminjar eru einnig flestar í eða við vinjar eða í öðru grónu landi. Þá má nefna að svæði sem hýsa mikilfengleg gljúfur eða fagra fossa eru jafnframt líklegri en mörg önnur til að vera fýsileg til nýtingar vatnsafls.

Afmörkun svæða og áhrifa

Í lýsingu á ammaáætlun í framkvæmdaáætlun ríkisstjórnarinnar kom m.a. fram að „Í henni verði sérstaklega fjallað um verndargildi einstakra vatnasvæða“ í þeirri erlendu vinnu sem helst var hægt að hafa til hliðsjónar, hinu norska Samlet Plan for Vassdrag, voru heil vatnasvið metin. Einn kostur fyrir faghóp I hefði verið að miða við vatnasvið fyrir alla kosti í vatnsafla en vinna önnur viðmið fyrir jarðvarmavirkjanir. Sjónræn áhrif fylgja þó ekki alltaf vatnasviði og geta eftir atvikum náð yfir stærra eða minna svæði.

Faghópurinn ákvað að beita tveimur viðmiðum við landfræðilega afmörkun svæða en vegna skorts á upplýsingum hefði ekki verið gerlegt að vinna mat á áhrifum fyrir heil stór vatnasvið. Ystu mörk voru annaðhvort dregin eftir vatnasviðum þeirra vatnsfalla sem raskast eða breytast við framkvæmdina eða að mörkum þeirra heilda sem verða fyrir sjónrænum áhrifum, eftir því hvað við átti í hvert skipti. Við mat á áhrifum jarðvarmavirkjana var miðað við 5 km² svæði eins og það er tilgreint í lýsingu á staðalvirkjun³ auk þess sem miðað var við mörk þeirra heilda sem líklega yrðu fyrir sjónrænum áhrifum, aftur eftir því hvað við átti í hvert skipti.

Landfræðilega má greina áhrif orkuvinnslu niður í nokkur belti. Í fyrsta lagi er sjálft virkjanasvæðið þar sem eru mannvirki (byggingar, stíflur, borpallar, lón eða skurðir). Virkjanasvæðið getur verið mjög misstórt, allt eftir eðli og tilhögun framkvæmdar. Jarðhitavirkjanir þurfa alla jafna minna landsvæði en vatnsaflsvirkjanir með miðlunarlónum en þá ber einnig að hafa orkugetu í huga. Þurft gæti 10 jarðhitavirkjanir til að skila sömu orku og

³ Staðalvirkjun er lýst í : Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns h.f 2003. Stofnkostnaður jarðvarmavirkjana. Greinargerð – VGK/03.03.03.

ein stór vatnsaflsvirkjun. Á þessu svæði má búast við að virkjun geti valdið verulegum og óafturkræfum breytingum eða tapi á náttúru- og menningarminjum, t.d. þegar minjar lenda undir lóni. Háspennulínur eða pípur, sem liggja frá virkjanasvæði, eru einnig mannvirki með mikil áhrif á umhverfi.

Í öðru lagi geta framkvæmdir og rask vegna virkjunar valdið breytingum á heild mun stærri svæða. Breytinga á grunnvatnsstöðu getur gætt á víðáttumiklu landi og rask getur brotið vistgerðir og búsvæði upp í aðskilda búta og haft áhrif á stofna lífvera og á starfsemi vistkerfa. Annað dæmi um heildir eru t.d. megineldstöðvar eða gosstöðvakerfi sem eru reyndar svo stórar að þær raskast sjaldnast nema að hluta til við virkjanir. Svipað má segja um menjar um jökulstigasyrpur sem marka framgang eða kyrrstöðu jökla. Sjónrænna áhrifa framkvæmda getur gætt í mikilli fjarlægð á miðhálandi Íslands þar sem er víðsýnt, mannvirki hafa tilhneigingu til að vera mjög áberandi í landi og erfitt er að fela þau.

Í þriðja lagi eru fjaráhrif framkvæmdanna. Þau eru einnig mismikil, e.t.v. óveruleg við sumar jarðvarmavirkjanir en mikil þegar um er að ræða flutning vatns milli vatnasviða við stórar vatnsaflsvirkjanir. Slíkar framkvæmdir geta haft áhrif alveg frá efstu drögum vatnasviðs og út í sjó. Flutningur stóráa á milli vatnakerfa hefur t.d. mikil áhrif í farvegum beggja áa og á allt lífríki þeirra, grunnvatnsstaða getur hækkað eða lækkað á láglendum svæðum og leitt til breytinga á gróðurfari, strandrof getur aukist vegna minni framburðar og áhrifa getur gætt á grunnsævi með afleiðingum fyrir lífríki sjávar. Því miður hafði faghópurinn ekki tók á að vinna sundurliðað mat fyrir áhrif vatnsaflsvirkjana neðan stíflu. Sundurliðað mat á verðmætum og áhrifum var eingöngu hægt að vinna fyrir „efsta“ hluta virkjunarsvæðisins, þ.e. vatnasviðið ofan stíflu, þar með talin miðlunarlón. Fyrir vatnafar og lífríki í vatni tók sundurliðaða matið alla jafna til vatnasviðs ofan hálandisbrúnar eða stíflu og til árfarvegarins sjálfs þar fyrir neðan. Verðmæta- og áhrifamat fyrir menningarminjar tók einnig til næsta nágrennis farvega neðan stíflu. Fyrir annað lífríki (en vatnalíf) takmarkaðist sundurliðaða matið hins vegar við vatnasvið (stundum aðeins hluta þess) ofan hálandisbrúnar eða stíflu. Hópnum var vel ljóst að afleiðingar virkjunar neðan stíflu geta verið afdrifaríkar fyrir lífríki, t.d. þar sem eru votlendi nálægt ósum og lífríkt grunnsævi en því miður voru ekki til upplýsingar eða rannsóknir til að byggja á. Fyrir þessi atriði lagði hópurinn gróft, ósundurliðað mat á áhrif neðan stíflu (engin/óveruleg, nokkur eða mikil/mjög mikil áhrif) og var það haft til hliðsjónar við endanlega röðun virkjunarkosta.

HVADA KOSTI ÆTTI MATSADFERÐ AÐ HAFNA?

Við mótun aðferðafræði hafði hópurinn eftirfarandi markmið að leiðarljósi:

- ❑ að aðferðin sé grundvölluð á almennum atriðum, að hún sé byggð á viðteknum vísindalegum grunni og eftir fongum hlutlæg,
- ❑ að hún byggist á heildstæðu þrepaskiptu kerfi þar sem hvert þrep sé rökstutt,
- ❑ að aðferðin sé gegnsæ svo að hægt sé að sjá eftir á hvernig endanleg röðun varð til,
- ❑ að aðferðin sé sjálfri sér samkvæm og hægt sé að endurtaka matið og fá sömu niðurstöðu,
- ❑ að einkunnagjöf byggist á skýrum og fyrir fram skilgreindum viðmiðum.

Viðfangsefni faghóps I eru yfirgripsmikil og margþætt. Mikilvægt er að aðferðin verði ekki svo margslungin að erfitt verði að ná yfirsýn yfir aðalatriði og matsferlið sjálft má ekki verða of flókið. Við endanlega útfærslu á aðferðafræðinni var fækkað bæði undirviðfongum en þó einkum viðmiðum frá fyrri drögum. Viðmiðin eru skilgreind út frá almennum forsendum og eftir fongum stuðst við viðteknar alþjóðlegar skilgreiningar. Viðmið eru 6 og hægt að koma þeim öllum fyrir í einni töflu sem auðveldar yfirsýn yfir heildarverðmæti eða áhrifamat á hverju svæði.

Faghópurinn taldi einnig nauðsynlegt að setja einhvers konar hömlur á einkunnargjöf: hún mátti ekki verða of „ódyr“. Hann telur að sú leið sem valin var fullnægi þeim kröfum. Mikilvægi einstakra viðmiða er heft með vogtölum þannig að heildarsumma þeirra er alltaf 1 fyrir hvert viðfang. Endanleg röðun byggist á samanburði, ekki á einkunnunum sjálfum. Markmið vinnunnar er að greina á milli svæða og því er mikilvægt að viðmið séu þannig valin að þau greini á milli svæða með því að draga fram þá þætti sem mestu máli skipta. Þannig eru t.d. viðmið sem leiða til sömu einkunnar fyrir öll svæði (hvort sem hún er há eða lág) ekki gagnleg.

Þær raddir hafa heyrst að ekki sé forsvaranlegt að ákveða fyrir fram hvert skuli vera vægi viðfanga; það hljóti að vera breytilegt eftir svæðum. Á einu svæði sé fuglalíf fjölskrúðugt en á öðru séu merkar menningarminjar. Þetta er rétt og sýnir í hnotskurn vanda verksins: verið er að bera saman ólík gæði. Það gildir samt einu hvaða leið er valin: ef ætlunin er að skila inn forgangsröðun svæða þarf fyrir eða síðar að bera saman fossa og fugla, malarása og lindir eða vörður og votlendi. Mikilvægast er að tryggja að matið sé eins hlutlægt og mögulegt er og það blasir við að hlutlægni er best tryggð með því að ákveða fyrir fram, á almennum forsendum, hvert skuli vera vægi einstakra efnisþátta (viðfanga) en gera það ekki þegar komið er að því að bera saman einstök svæði.

Aðferðafræðin er vissulega ekki gallalaus. Það má draga í efa hvort slíkur veginn samanburður á náttúru- og menningarminjum sé réttlætjanlegur en komist menn að þeirri niðurstöðu að hann sé það ekki verður líklega að hugsa aðferðafræði allrar rammaáætlunar upp á nýtt. Strangt tekið er staða virkjanakosts í röð aðeins í fullu gildi meðan enginn kostur hefur verið nýttur þar sem endanleg röðun byggist ekki á algildu (*absolute*) mati á verðmætum heldur á samanburði milli svæða. Eftir að ráðist hefur verið í framkvæmdir á einhverjum svæðanna má búast við að verðmæti þeirra sem eftir eru hafi aukist. Verðmæti sumra hefur e.t.v. lítið breyst en verðmæti annarra getur hafa aukist til muna ef á þeim er að finna fágæt en verðmæt náttúrufyrirbæri sem eyðilögð voru með framkvæmdum á virkjuðu svæðunum. Styrkur aðferðarinnar, sem notuð verður, er að hún er gegnsæ og matið sundurliðað þannig að hægt er að sjá eftir á hvers vegna virkjanakostir radast ofarlega eða neðarlega. Vegna þess að matið er tvískipt (verðmæti og áhrif) og einkunnir sundurliðaðar ætti að vera fyrirhafnarminna en ella að endurtaka matið ef útfærsla virkjanakosts breytist.

VIÐMIÐ OG VIÐFÖNG

Viðmið

Hér að neðan er gerð grein fyrir viðmiðum og síðan viðföngum og undirviðföngum, skilgreiningu þeirra og því hvað lagt er til grundvallar við mat á verðmætum og áhrifum. Í töflu 1 sést hvaða viðmið eru notuð fyrir hvert viðfang og enn fremur vogtala þeirra.

Tafla 1.

Viðföng og undirviðföng fyrir mat á verðmætum og vægi viðmiða sem notuð voru fyrir hvert viðfang. Fyrir jarðminjar og vatnafar var gefin ein einkunn fyrir auðgi/fjölbreytni og fágæti. Alveg sams konar tafla var lögð til grundvallar við mat á áhrifum virkjana.

viðföng	undirviðföng	v i ð m i ð					
		auðgi, fjölbr.	fágæti	stærð, heild	alþjóðl. ábyrgð	upplýs. gildi	sjónr. gildi
jarðminjar og vatnafar	berggrunnur	0,5		0,3		0,2	
	jarðgrunnur	0,5		0,3		0,2	
	grunnvatn	0,5		0,3		0,2	
	fallvötn, stöðuvötn	0,5		0,3		0,2	
tegundir lífvera	tegundir (plöntur og dýr)	0,4	0,4		0,2		
vistgerðir og jarðvegur	vistgerðir/jarðvegur	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	
landslag + víðerni	landslag + stök	0,3	0,2	0,2			0,3
	víðerni		0,2	0,8			
menningarminjar	búseta, samgöngur, saga, þjóðtrú	0,2	0,3	0,2		0,3	

Viðmið voru skilgreind út frá almennum forsendum þannig að hægt væri að setja þau upp í eina töflu með öllum viðföngum (Tafla 1). Alls voru skilgreind 6 viðmið. Notuð voru 3 eða 4 fyrir hvert viðfang en þó aðeins 2 fyrir víðerni og 5 fyrir vistgerðir og jarðveg.

Almennt gildir að það telst verðmætt sem er auðugt eða fjölbreytt og á það bæði við menningar- og náttúruminjar. Tiltekið svæði getur t.d. verið sérlega auðugt að fuglategundum (þ.e. þar finnast sérstaklega margar tegundir fugla) og annað getur verið sérlega fjölbreytt hvað vistgerðir varðar (þ.e. mörg ólík búsvæði, s.s. votlendi, fjallagróður og heiðar). Mikilvægi auðgi og fjölbreytni er almennt viðurkennt fyrir hina lifandi náttúru og skilgreint í alþjóðasamningum s.s. Samningnum um líffræðilega fjölbreytni (Río 1992).

Fágætar náttúru- og menningarminjar hafa sérstakt gildi; brotthvarf þeirra skerðir fjölbreytni. Ísland er t.d. auðugt að jarðfræðifyrirkærum sem mörg eru sjaldgæf á heimsvísu.

Það gildir einnig almennt að verðmæti náttúru- og menningarminja verður meira ef þær eru stórar, samfelldar eða mynda sérstaka heild. Stærð og samfella hefur auk þessa alveg sérstakt mikilvægi fyrir hina lifandi náttúru vegna mikilvægis fyrir lífvænleika stofna, starfsemi vistkerfa og viðhald líffræðilegrar fjölbreytni. Sem dæmi má taka að stórt, samfellt votlendi eða birkiskógur eru miklu verðmætari en lítið eða sundurslítið svæði. Upprunaleiki og aldur skiptir máli fyrir gildi fornleifa og vatnsfall, sem bugðast í sínum upprunalega farvegi sem þróast hefur um langan tíma, hefur meira gildi en vatnsfall sem grafið hefur verið í stökk. Stærð, heild/samfella og upprunaleiki eru metin saman sem eitt viðmið.

Alþjóðleg ábyrgð vísar til náttúru- eða menningarfyrirbæra sem viðurkennt er að Íslendingar bera einhvers konar alþjóðlega ábyrgð á.

Náttúrufyrirbæri geta haft sérstakt vísinda- eða rannsóknagildi eða verið verndarverð sakir dæmigildis eða heimildagildis. Önnur henta e.t.v. fyrir kennslu vegna þess að þau eru í eða rétt við skóla eða þéttbýli (fræðslugildi). Menningarminjar geta líka haft sérstaka táknræna þýðingu, t.d. minjar á Þingvöllum. Einstaka náttúrufyrirbæri getur haft slíka táknræna þýðingu og mætti nefna Geysi í Haukadal sem slík tegund goshvera er alþjóðlega kennd við. Vísinda-, fræðslu-, táknrænt- og dæmigildi eru hér kölluð saman upplýsingagildi og metin sem eitt viðmið.

Sjónrænt samspil og mikilfengleiki eru einu óhlutbundnu gildin sem lagt er mat á. Þau eru aðeins metin fyrir landslag og stök í landi.

Viðföng

I. Jarðminjar og vatnafar

a) **Berggrunnur:**

Skilgreining: Fast berg úr ýmiss konar jarðlögum, sem myndar samfellda heild, með ummerkjum höggunar (*tektóník*). Til berggrunns teljast einnig gosstöðvar frá nútíma, einkum formgerð, þó að þær séu úr gjalli, vikri eða öðrum lausum efnum.

Forsendur: Margar gerðir íslenskra jarðminja hafa mikið fágætisgildi á heimsmælikvarða (dyngjur, goshryggir, móbergsfjöll, leir- og kalksnauður jöklu ruðningur o.fl.). Dreifing þeirra um landið er ójöfn og því geta jarðminjar haft svæðisbundið fágætisgildi innanlands þó að gnótt sé af þeim annars staðar. Fjölbreytni þeirra (stað- og svæðisbundin samsetning) eykur enn á fágætisgildið umfram tilvist einstakra gerða.

Gagnagrunnur: Virkjanaskýrslur, jarðfræðikort (þar sem þau eru til), staðþekking.

Verðmætamat: Gosvirkni og upphleðsla berggrunns er einstæð á Íslandi að því leyti að þar er virkur úthafshryggur á þurru landi í samverkan við heitan reit og sniðgengi af hans völdum. Eldstöðvar og berglagastaflar eru því margar sérstæðar og fágætar, svæðisbundin samsetning þeirra (heild) sömuleiðis og rannsóknargildi þeirra í kjölfarið en fræðslugildi víða mikið vegna góðs aðgengis og augljósrar samtengingar jarðminjanna.

Mat á áhrifum: Rask á jarðminjum af völdum virkjana felst einkum í þrennu:

- 1) Eyðing: Taka jarðefna, tilfærsla efnis eða skeringar í jarðminjar geta eytt þeim eða skert til muna svo að þær séu ekki lengur til staðar eða hlutar og þættir minjanna séu eyddir. Eins geta breytingar á vatnsföllum eða lónum leitt til þess að jarðminjar eyðist af rofi með tímanum.
- 2) Hulning: Jarðminjar geta hulist undir virkjunarlónum eða mannvirkjum svo að þær séu ekki lengur aðgengilegar nema þá stundum við sérstakar aðstæður, oft erfiðar, t.d. við lágstöðu í lónum en þá jafnvel undir sethulum.
- 3) Samhengisrof: Samfella jarðminja og ummerki myndunarferla þeirra getur slitnað sundur þó að jarðminjunum sjálfum sé einungis eytt, eða þær huldar, að litlu leyti. Heild þeirra og þekkingargildi geta raskast stórlega við það, auk skerðingar á fágætisgildi þeirra.

b) Jarðgrunnur:

Skilgreining: Laus jarðefni á yfirborði, yfirleitt frá ísöld eða eftir lok ísaldar, ásamt menjum eftir mótunaröfl eins og jökla, vötn og vinda. Til jarðgrunns teljast einnig laus gosefni á yfirborði eins og vikur og gjall, þ.á m. gígar hvað efnisgerð varðar.

Forsendur: Jarðgrunnur (laus jarðlög) á hálendi eru einkum margs konar jökulset úr basískum eldgosaeftum, áreyrar, fornar og nýjar og öskulög. Allar þessar gerðir eru fremur fágætar á heimsvísu en aðgengi þeirra víða gott héraendis.

Gagnagrunnur: Virkjanaskýrslur, jarðfræðikort (þar sem þau eru til), staðþekking.

Verðmætamat: Jarðminjar tengdar jökulstigum (*glacial stadal*) eru á þó nokkrum svæðum og stöðum vel varðveittar á hálendinu (jökulgarðar, endasleppir sandar, malarásar o.fl.) og hafa vissa sérstöðu í því að vera myndaðar á flatlandi af orkuríkum jökulum. Samband þeirra við aðrar jarðminjar, svo sem fornar áreyrar og farvegi, myndar sums staðar stórar atburðaheildir, sem hafa töluvert fágæti og verulegt upplýsingagildi. Öskulög frá íslenskum eldstöðvum hafa mikið jarðsögulegt gildi, m.a. fyrir athuganir á setlögum á hafsbotni.

Mat á áhrifum: Beint og óbeint rask á jarðgrunni er með sama hætti hvað hulningu varðar og lýst var að ofan en við bætist að efnistaka er oft veruleg úr lausum byggingareftum. Við það er þeim eytt á óafturkræfan hátt.

c) Grunnvatn:

Skilgreining: Grunnvatn er allt vatn neðanjarðar, jarðraki í jarðvegi, streymandi grunnvatn, bæði kalt og heitt, ástand vatnsins, veitar (“*aquifers*”) þess og uppkomur, jafnt bleytur og lindir sem hverir og laugar. Þetta undirviðfang er einna síst sýnilegt vegna þess að það er undir yfirborði en það dregur ekki úr mikilvægi þess.

Forsendur: Ísland er eitt af hlutfallslega grunnvatnsauðugustu löndum jarðar og er að miklu leyti tengt við lek berglög á ýmsum stigum lektarþróunar og sprunguskara sem er nokkuð sérstætt en rannsóknaraðgengi er tiltölulega gott að grunnvatni héraendis.

Gagnagrunnur: Virkjanaskýrslur, jarðfræðikort (þar sem þau eru til), vatnaskrár, staðþekking.

Verðmætamat: Grunnvatnsauðgi og grunnvatnsaðstæður hér á landi hafa umtalsvert fágætisgildi, mynda víða stórar og merkilegar heildir og hafa verulegt upplýsingagildi vegna frekar góðs aðgengis.

Mat á áhrifum: Grunnvatn getur orðið fyrir breytingum við það að vatnsborð hækkar eða lækkar í grunnvatnsgeyminum, aðrennsli og þá útrennsli lindavatna getur breyst, leiðir grunnvatnsstrauma geta jafnvel tekið breytingum og ástand grunnvatnsins getur breyst. Tilfærsla vatna hefur yfirleitt áhrif á grunnvatn utan vatnanna sjálfra.

d) Fallvötn:

Skilgreining: Rennandi vatn í samfelldum farvegi á yfirborði af mismunandi uppruna (lindár, jökulár, dragár), vatnakerfi þeirra (þverár og net aðrennsli), rennlishættir þeirra og tímabreytileiki (þ.m.t. hlaup og flóð), farvegir og farvegþróun og ástand vatnsins (þ.m.t. aurburður).

Forsendur: Meiri háttar fallvötn á hálendinu eru yfirleitt sérkennileg blanda af jökul-, linda- og dragvatni en farvegir þeirra víða enn í örri mótun. Stöðuvötn mynda merkilegt róf (spektrum) eftir myndun, vatnshag og ástandi vatnsins í þeim.

Gagnagrunnur: Virkjanaskýrslur, vatnaskrár, sérskýrslur, staðþekking. Flokkun íslenskra jökuláa (Líffræðistofnun Háskólans, Orkustofnun o.fl.).

Verðmætamat: Fjölbreytni í samsetningu og farvegir fallvatna hafa töluvert fágætisgildi á veraldarvísu en einnig mikið upplýsingagildi. Sama gildir um samtengingu mismunandi vatnagerða á vatnasviðum þar með talin stöðuvötn og áhrif þeirra í vatnshag og ástand vatns auk þess sem þau hafa verulegt gildi vegna gerðar- og ástandsrofs þeirra.

Mat á áhrifum: Virkjun fallvatna (vatnsaflsvirkjanir) felst í því að veita vötnum til í því augnamiði að nýta sem best fall þeirra og þarf þá yfirleitt að gera fyrir þau nýja farvegi (vatnsvegi) og uppistöður (veitu- og miðlunarlón). Aðgerðir þessar og mannvirki geta breytt vatnafari á vatnasviði viðkomandi fallvatna til mikilla muna og jafnvel fært fallvötnin yfir á önnur vatnasvið. Mestar eru yfirleitt breytingarnar á fallvötnum. Þeim er veitt úr farvegi sínum, sem við það getur þornað meira eða minna, lengur eða skemur, gerðir eru nýir vatnsvegir fyrir þau (skurðir, göng, veiting í farvegi annarra vatna eða í nýja farvegi) en af þessum gerðum verður breyting á staðsetningu þeirra, vatnsmagni, rennsli og jafnvel ástandi (hiti, efni, aurburður). Jafnframt verða breytingar á farvegum þeirra, sem geta leitt til bakkabrots, upphleðslu eða rofs á seti (eyrum) og breytingu á grunnvatnsstöðu við þau, auk þess sem rennslishættir, eins og hlaup, flóð, þurrðir og ísalög geta breyst.

e) Stöðuvötn:

Skilgreining: Samfelldir vatnsbolir í stöðugum vatnslægjum á yfirborði með vart merkjanlegum halla né rennsli, form þeirra, bakkar og botn, aðrennslishættir og ástand vatnsins í þeim. Sl. áratug hefur verið unnið að yfirgripsmiklum rannsóknum á íslenskum stöðuvötnum og er vistfræðileg flokkun þeirra langt komin og er stuðst við hana hér.

Forsendur: Flestar gerðir íslenskra stöðuvatna má finna annars staðar á jörðinni en fjölbreytt samsetning þeirra á stóru svæði er nánast einsdæmi, sem byggist á einstökum jarðfræðilegum og veðurfræðilegum aðstæðum. Dreifing vatnagerða um landið er mjög misjöfn og að sama skapi landshlutabundið fágæti.

Gagnagrunnur: Vistfræðileg flokkun íslenskra stöðuvatna (Náttúrufræðistofa Kópavogs o.fl.), virkjanaskýrslur, staðþekking.

Verðmætamat: Stærð vatna og vatnakerfa endurspeglar að vissu marki megin („potential“) þeirra, bæði aflrænt og lífrænt. Samtengd heild vatna og vatnakerfa er ráðandi fyrir aðrennsli þeirra, farvegi, veita og vatnslægi, afrennsli og ástand vatnsins.

Mat á áhrifum: Stöðuvötn geta sum verið ræst fram að meira eða minna leyti, önnur aukin sem virkjunarlón og vatnsborði þeirra breytt en enn önnur geta verið búin til frá grunni sem virkjunarlón. Við þessar breytingar getur bakkabrot við vötnin breyst, vatnsborðssveiflur geta breyst og leitt til ofanskolunar efna í vötnin eða uppfoks efna úr þeim og loks getur ástand vatnsins í þeim breyst. Rask á vötnum af völdum vatnsaflsvirkjana er margvíslegt en það má þó draga saman í fjóra meginþætti sem allir lúta að breytingum: Magnbreytingar, lægisbreytingar, ástandsbreytingar og samhengisbreytingar.

Magnbreytingar: Magnbreytingar fela í sér breytingar á rennsli og rennslisháttum fallvatna og grunnvatnsstrauma, breytingar á stærð vatnsbols og vatnsborði stöðuvatna og grunnvatns, þar með veitingar fallvatna úr einu lægi (farvegi) í annan, framræsingur stöðuvatna og myndun nýrra (veitu- og virkjunarlón), skerðingu eða aukningu á aðrennsli til grunnvatns og aðrar breytingar á vatnshag vatnanna.

Lægisbreytingar: Lægisbreytingar fela í sér breytingar á farvegum og farvegapróun fallvatna, botni og bökkum stöðuvatna og veitum eða rennslisleiðum grunnvatns.

Ástandsbreiingar: Ástandsbreiingar fela í sér breiingar á hitafari, efnainnihaldi, sýrustigi og aurburði vatna.

Samhengisbreiingar: Samhengisbreiingar fela í sér breiingar á ferli vatnsins í vötnunum, vatnasviðum þeirra og mótun ástands vatnsins, þ.e. hinum aflrænu og efnafræðilegu ferlum vatnsins í náttúrunni og mótun vatnanna. Hér er ekki síst um vatnaveitingar og nýmyndun virkjunarlóna að ræða.

II. Tegundir lífvera

Skilgreining: Miðað var við tegundir og viðurkennd afbrigði eða sérstaka stofna eins og þau eru skilgreind fyrir flóru og fánu landsins.

Forsendur: Líffræðileg fjölbreytni (*biodiversity*) nær yfir samanlagða fjölbreytni á öllum skipulagsstigum lífríkis jarðar (frá genum, stofnum, tegundum, búsvæðum, upp í fjölbreytni á landslagsskala og í lífbeltum jarðar). Ásamt flestum öðrum ríkjum heims hefur Ísland tekið á sig skuldbindingar um verndun líffræðilegrar fjölbreytni. Gífurleg vinna er að mæla líffræðilega fjölbreytni með beinum hætti á öllum skipulagsstigum lífríkis, jafnvel fyrir lítil svæði, og það er nær aldrei gert. Tegundir eru sú eining sem almennt er notuð sem vísitala á líffræðilega fjölbreytni.

Gagnagrunnur: Ýmsar bækur og skýrslur, válistar Náttúrufræðistofnunar Íslands, náttúrufræðisráðgjafar á vegum virkjunaraðila og Orkusjóðs. Góð eða þokkaleg yfirsýn fékkst fyrir flest svæði um tegundaaugði háplantna, fugla, fiska og spendýra en upplýsingar um fundarstaði sjaldgæfra tegunda og varpstaði sjaldgæfra og/eða friðlýstra fugla vantaði stundum. Gögn um skordýr, mosa og fléttur voru glöppóttari. Mikilvægt er að fá upplýsingar um vaxtarstaði/dvalarstaði sjaldgæfra eða mikilvægra tegunda svo hægt sé að átta sig á því hvort þeir verða fyrir áhrifum.

Verðmætamat: Gefin var einkunn fyrir 3 viðmið. Svæði fá háa einkunn ef þau eru sérlega tegundaaugðug eða ef á þeim er að finna sjaldgæfar tegundir. Undir alþjóðlega ábyrgð Íslands falla einkum fuglar sem teljast vera sérstakar ábyrgðartegundir Íslands og tegundir sem falla undir Bernarsáttmálann um verndun dýra og plantna í útrýmingarhættu í Evrópu og búsvæði þeirra.

Mat á áhrifum: Metið var hversu mikil áhrif framkvæmdin gæti haft á tegundaaugði og hvort hún gæti skert eða útrýmt sjaldgæfum tegundum, stofnum eða afbrigðum. Áhrif teljast mikil ef framkvæmd eyðileggur sérlega tegundaaugðug svæði, ef hún leiðir til staðbundins útdauða stofna, ef hún skerðir mikilvæg búsvæði sjaldgæfra tegunda og áhrifin teljast mjög neikvæð ef þau eru umtalsverð á tegund sem nýtur friðlýsingar, telst vera sérstök ábyrgðartegund Íslands eða ef framkvæmdin á annan hátt stangast á við íslensk lög eða alþjóðasamþykktir.

III. Vistgerðir og jarðvegur

a) Vistgerðir:

Skilgreining: Notað var ný flokkunarfræði og kerfi Náttúrufræðistofnunar Íslands (Sigmundur Einarsson ritstj. o.fl. 2000) þar sem orðið vistgerð er notað sem íslensk þýðing á „*habitat type*“. Í skýrslu Sigmundar og féлага segir m.a. (bls. 16): „Í stað þess að miða við einstaka tegundir og þarfir þeirra er hér leitast við að skilgreina svæði og lýsa þeim með tilliti til ýmissa sameiginlegra þátta, lífrænna og ólífrænna, svo sem ríkjandi plöntutegunda og jarðvegsgerðar. Miðað er við að einingarnar eigi sér líffræðilega samsvörun í náttúrunni en sjaldnast er um að ræða stranga vísindalega skilgreiningu. Til að aðgreina þessa flokkun frá hinni hefðbundnu skilgreiningu á búsvæðum tegunda er lagt til að einingar í hinni nýju flokkun verði nefndar vistgerðir.“

Forsendur og gagnagrunnur: Vistgerðir (*habitat types*) endurspeglar helstu búsvæðagerðir og fjölbreytni gróðurs og dýralífs. Ísland hefur tekið á sig skuldbindingar í alþjóðlegum sáttmálum um verndun ákveðinna búsvæða og gróðurlenda, t.d. votlendis. Í náttúruverndarlögum er m.a. kveðið á um verndun votlendis, vatna og tjarna og birkiskóga. Sumar íslenskar vistgerðir eru sjaldgæfar á heimsvísu og hafa þess vegna fágætisgildi. Nefna má t.d. flár (rústamýrar), jarðhita- og lindasvæði og mosagrónar hraunbreiður. Íslensk stöðuvötn hafa verið greind í 6 megingerðir sem eru hliðstæðar við vistgerðir sem skilgreindar hafa verið á þurru landi (Arnþór Garðarsson 1979, Hilmar Malmquist 1998).

Faghópurinn notaði ný vistgerðakort Náttúrufræðistofnunar en annars gróðurkort. Við mat á lífríki í vatni var stuðst við áður nefnda flokkun á íslenskum stöðuvötnum (Hilmar Malmquist o.fl. 1999) og flokkun lífríkis í íslenskum jökulám (Gísli Már Gíslason o.fl. 1999).

Verðmætamat: Gefnar voru einkunnir fyrir 5 viðmið. Svæði fengu háa einkunn ef á þeim voru i) sérlega fjölbreyttar vistgerðir, ef þar fundust ii) sérlega margar vistgerðir sem einnig leiðir til mikillar fjölbreytni eða ef þar voru iii) fágætar vistgerðir. Stærð og samfella svæðis er mikilvæg vegna þess að stór, samfelld svæði eru líffræðilega miklu verðmætari en lítil eða sundurslitin. Stærð svæðis (búsvæðis) skiptir m.a. máli fyrir verndun líffræðilegrar fjölbreytni og lífvænlegir stofnar sumra tegunda (t.d. fugla) þrífast ekki nema á stórum svæðum. Þá voru óröskuð svæði metin hærra en röskuð. Undir alþjóðlega ábyrgð falla svæði sem eru sérstaklega mikilvæg búsvæði tegunda sem njóta alþjóðlegrar verndar eða eru á lista Bernarsáttmálans eða falla undir sáttmálann vegna þess að þau teljast sjaldgæf eða mikilvæg búsvæði. Að lokum kunna sum svæði að hafa sérstakt gildi til vísindarannsókna eða fyrir fræðslu, t.d. þau sem eru nálægt byggð.

Mat á áhrifum: Lagt var mat á hversu mikið framkvæmdin skerðir fjölbreytni vistgerða á svæðinu, hvort fágætar eða sérlega fjölbreyttar vistgerðir glattist og hvort gróðurlendi/vistgerðir sem njóta sérstakrar verndar skv. íslenskum lögum (t.d. birkiskógar, votlendi, vötn og tjarnir) eða alþjóðasamþykktum myndu skerðast eða raskast. Þá var metið hvort framkvæmdin myndi skerða flatarmál mikilvægra vistgerða svo mikið að það geti haft áhrif á lífvænleika stofna eða á starfsemi vistkerfa.

b) Jarðvegur:

Skilgreining: Jarðvegur er almennt skilgreindur sem laus lög á yfirborði jarðar þar sem gróður fær þrifist (sjá t.d. Ólafur Arnalds, Wilding & Hallmark 1992). Jarðvegshugtakið tekur því einnig til auðna þar sem lífrænn jarðvegur er sáralítill. Faghópurinn miðaði hins vegar mat sitt fyrst og fremst við lífrænan jarðveg. Víðáttumiklar auðnir gátu því ekki fengið háa einkunn vegna jarðvegs.

Forsendur: Jarðvegur er undirstaða fyrir gróður. Jarðvegur myndast á mjög löngum tíma og er ekki endurnýjanleg auðlind á sama hátt og ýmsar lífrænar auðlindir s.s. lífverustofnar. Uppblástur og jarðvegseyðing frá upphafi Íslandsbyggðar hafa stórlega skert forða Íslands af lífrænum jarðvegi. Á miðhálandinu myndar samfelldur gróður með gömlum lífrænum jarðvegi víðast hvar einangraðar eyjar. Einkum er lítið eftir af þurrlendisjarðvegi.

Gagnagrunnur: Byggt var á skýrslum um náttúrufar og vistgerðakortum en að auki stuðst við skýrslur Ólafs Arnalds o.fl. (einkum Jarðvegsrof á Íslandi, 1997), rofkort Rala og nýtt jarðvegskort.

Verðmætamat: Gamall, lífrænn jarðvegur er verðmæt auðlind sem myndast á tíma sem talinn er í þúsundum ára. Hann er undirstaða fyrir gróskumikinn gróður. Jarðvegur er því alltaf verðmætur en lífrænn jarðvegur á miðhálandinu hefur auk þess sérstakt gildi vegna þess að mestur hluti þessarar auðlindar hefur horfið þar. Eins og lýst var að ofan mat faghópurinn fyrst og fremst meta lífrænan jarðveg til verðmæta. Lífrænn jarðvegur geymir auk þess mikilvægar upplýsingar í öskulögum og lífrænum leifum og frjókornum. Úr þeim má lesa sögu gróðurs og loftslags. Upplýsingargildi slíks jarðvegs er því mjög mikið.

Mat á áhrifum: Lagt var mat á hvort með framkvæmdunum tapist lífrænn jarðvegur og hversu mikið tapist af heildaryfirborði slíks jarðvegs innan vatnasviðsins. Einnig var fágætis- og upplýsingagildi hans metið.

IV. Landslag og víðerni

a) Landslag:

Forsendur: Landslag á Íslandi er fjölbreytt og mjög sérstakt. Á árinu 2001 var undirritaður Landslagssáttmáli Evrópu (*European Landscape Convention*). Þar er m.a. lögð áhersla á að náttúrulegt landslag og menningarlandslag sé mikilvægur hluti þjóðararfleifðar hvers lands en einnig sameiginleg arfleifð Evrópu. Landslag sé mikilvægur hluti lífsgæða almennings og verndun landslags eigi að verða pólitískt virkt málefni. Landslag á miðhálandi Íslands er mjög óvenjulegt og á sér óvíða ef nokkurs staðar hliðstæðu. Sé landslag metið til náttúruverðmæta er því augljóst að það hefur hátt verndargildi vegna fágætis en sókn innlendra og erlendra ferðamanna sýnir jafnframt að það er eftirsóknarverð auðlind. Hópurinn var einhuga um mikilvægi þess að taka landslag inn í mat sitt á náttúruverðmætum. Ekki er hefð fyrir því hér á landi að meta gildi landslags með formlegum hætti, t.d. í mati á umhverfisáhrifum framkvæmda. Á vegum hópsins hefur verið leitað fanga víða erlendis um aðferðir við mat á landslagi og einnig hefur verið þrouð aðferð til að flokka landslag á miðhálandi Íslands niður í megingerðir.

Gagnagrunnur: Flokkun landslags á miðhálandi Íslands í megingerðir (unnin á vegum faghóps 1). Fyrir þær virkjunarhugmyndir, sem einna lengst voru komnar, höfðu framkvæmdaaðilar stundum útbúið tölvuunnar myndir þar sem búið var að teikna mannvirki inn á skámyndir. Slíkar myndir eru afar gagnlegar við að meta sjónræn áhrif framkvæmda en því miður voru þær ekki til nema fyrir örfá svæði. Faghópurinn fór í nokkrar kynningarferðir og náði að heimsækja svo að segja alla staðina sem til mats komu í 1. áfanga (undantekningar eru Þverárdalur í Hengli sem kom mjög seint inn til mats og sumir virkjunarstaðir á Torfajökulssvæðinu). Einnig var safnað saman ljósmyndum og kom hópurinn sér upp safni nokkur hundruð ljósmynda sem hafðar voru til hliðsjónar.

Verðmætamat: Svæði fengu háa einkunn ef þar eru fágætar landslagsgerðir eða ef á þeim er sérlega fjölbreytt landslag eða stór, samfelld og óröskuð svæði með tiltekinni landslagsgerð. Svæði sem talin voru sérlega gott dæmi um viðkomandi landslagsgerð fengu einnig hærri einkunn. Við fagurfræðilegt mat var einkum byggt á aðferðafræði þróaðri í Bandaríkjunum (sjá Landscape Aesthetics. A Handbook for Scenery Management. USDoA, US FS).

Mat á áhrifum: Litið var til þess hvort sjaldgæfar landslagsgerðir hyrfu og hversu mikið landslag raskaðist eða brotnaði upp. Lagt var mat á að hvaða marki mannvirki (línur, lón, skurðir, byggingar) skertu sjónræna heild landslags.

b) Stök:

Forsendur og gagnagrunnur: Stök er hér notað sem heiti yfir einstök, sjónrænt áberandi fyrirbæri í landi. Mörg þessara fyrirbæra eru nafngreind, s.s. fossar, klettadrangar, og sérstakar gosmyndanir. Hópurinn takmarkaði sig við fremur lítil eða miðlungsstór fyrirbæri í landi, þ.e. fyrirbæri sem falla inn í landslagið en eru ekki ráðandi um heildarmynd þess (heil fjöll gætu því ekki talist vera stök). Mörg stök hafa verulegt landslagsgildi, auka fjölbreytni þess og gefa því meiri vídd. Upphaflega voru stök þriðja undirviðfangið undir landslagi og víðernum en eftir tilraunamatið taldi hópurinn réttara að setja það frekar með landslagi sem annað af tveimur undirviðföngum.

Verðmætamat: Svæði fengu hærri einkunn ef þar voru sérlega merkileg eða vel þekkt stök eða mikil fjölbreytni staka eða ef þar voru stök með sérlega hátt sjónrænt gildi.

Mat á áhrifum: Lagt var mat á hversu mikið gæti farið forgörðum eða fordjarfast af verndarverðum stökum.

b) Óbyggð víðerni:

Skilgreining: Orðið *ósnortin víðerni* hefur verið notað almennt um hinar víðáttumiklu óbyggðir á miðhálandi Íslands. Í því felst að land sé í einhvers konar upprunalegu ástandi, en líklega hafa stór svæði á miðhálandinu blásið upp síðan um landnám. Eins og þekkingu okkar er nú háttáð er ómögulegt að flokka svæðin niður í þau sem blásið hafa upp og hin sem verið hafa auðnir um þúsundir ára. Hópurinn kaus því að nota *óbyggð víðerni* og skilgreina þau sem *land án mannvirkja og að mestu eða alveg án sýnilegra ummerkja um umsvif mannsins*. Að öðru leyti var fylgt reglugerð um ósnortin víðerni, m.a. fyrir skilgreiningu á lágmarksstærð víðerna þar sem miðað er við 5 km radíus út frá miðju.

Forsendur: Umsvif mannsins og athafnir eru nú ríkjandi eða hafa verulega mótað mestallt þurrlendi jarðar og því eru svæði sem ekki slík merki verðmæt fyrir komandi kynslóðir

og hafa auk þess mikið gildi fyrir lífríki, vísindarannsóknir og veita fólki möguleika á að upplifa náttúru þar sem afskipti mannsins sjást ekki. Stórum, óbyggðum svæðum, sem ekki bera sýnileg merki um umsvif mannsins, hefur farið ört fækkandi á sl. öldum. Aðeins fjögur lönd í Evrópu (Ísland, Noregur, Svíþjóð og Finnland) eru enn talin eiga sæmilega víðáttumikil óbyggð víðerni.

Gagnagrunnur: Kort Náttúruverndar ríkisins (Umhverfisstofnunar) af óbyggðum víðernum og önnur fánleg gögn, loftmyndir, staðþekking.

Verðmætamát: Svæði fengu háa einkunn ef þar voru stór samfelld víðerni. Ekki var gefin einkunn fyrir sjónrænt gildi víðerna.

Mat á áhrifum: Há einkunn fyrir áhrif ef framkvæmd klýfur eða skerðir verulega stór, samfelld víðerni.

V. Menningarminjar

Skilgreining: Til menningarminja teljast hér hvers kyns leifar fornra mannvirkja og annarra staðbundinna minja sem menn hafa gert eða mannaverk eru á og eru 100 ára og eldri, eins og gert er ráð fyrir í Þjóðminjalögum, nr. 107/2001. Við matið var litið til atriða sem tengjast 1) búsetu, 2) samgöngum, 3) sögu eða 4) þjóðtrú. Það ber að nefna að menningarlandslag fellur ekki undir matið, hvorki við mat á menningarminjum né á landslagi.

Forsendur: Menningarminjar eru mikilvægar heimildir um fortíðina, sögu þjóðarinnar, jafnt einar sér sem í tengslum við umhverfi sitt. Verndun menningarminja þarf að taka mið af því að allar tegundir minja eru eða geta verið mikilvægar heimildir um sögu þjóðarinnar. Í menningarminjum er eins víst að fólgnar séu upplýsingar um þætti sem ekki eru til aðrar heimildir um, s.s. þróun húsagerðar, lífskjör mismunandi stétta eða þjóðfélagshópa, heilsufar, neysluvenjur, húsdýrahald, landnýtingu o.m.fl. Eyðibýggðir og búseta útilegumanna á hálendinu hafa mikið fágætisgildi, ef svo má að orði komast, rannsóknargildi, fræðslugildi og einnig mikið varðveislugildi vegna þess hve sjaldgæfar þær eru og vegna staðsetningar þeirra, dreifing þeirra um landið er ekki mikil.

Gagnagrunnur: Virkjanaskýrslur, svæðisskráning á miðhálendinu eftir Orra Vésteinsson, ýmsar skráningaskýrslur Þjóðminjasafns Íslands, fornleifaskráning Guðrúnar Sveinbjarnardóttur í Austur- og Vesturdal, Árbækur Hins íslenska fornleifafélags, ýmsar bækur, s.s. ferðabækur, veita gagnlegar upplýsingar hvað snertir menningarminjar. Gegnum heimildirnar fékkst góð eða þökkaleg sýn yfir hvað væri af minjum á svæðunum. Mikið skortir þó á vettvangsskráningu. Fjöldi þekktra minja eykst oftast þegar fornleifafræðingar kanna vettvang með skipulegum hætti.

Verðmætamát: Menningarminjar á hálendinu tengjast búsetu, samgöngur, sögu og þjóðtrú. Sumar hverjar eru einstakar, eins og fornar leiðir, eyðibýggðir, gæsaréttir og útilegumannabústaðir. Leifar búsetu á hálendinu frá elstu tíð bera vitni um allt annars konar umhverfi þar en nú blasir við. Verndargildi svæðanna eykst enn fremur vegna fjölda minjanna og samhengisins á milli þeirra innbyrðis. Fornar leiðir og eyðibýggðir eru margar sérstæðar og fágætar, svæðisbundin samsetning þeirra (heild) sömuleiðis og rannsóknargildi og fræðslugildi þess vegna víða mikið, ekki síst vegna góðs aðgengis. Almennt má segja að menningarminjar í landslaginu, hvort sem um er að ræða rústir eða hús, hafi mikið fræðslugildi. Minjarnar færa fortíðina nær fólki en aðrar heimildir, virkja ímyndunaraflíð og auka skilning.

Mat á áhrifum: Lagt var mat á hvort framkvæmdin skerti fjölbreytni, heildir, upplýsingagildi, fágætar minjar og hvort minjar, sem eru sérstaklega friðlýstar skv. þjóðminjalögum, myndu skerðast eða raskast.

Rask á fornleifum af völdum virkjana felst einkum í þrennu:

1. Eyðing eða röskun: Við eyðingu eða röskun er þeim eytt á óafturkræfan hátt. Taka jarðefna, tilfærsla efnis eða skeringar í jarðveg, þar sem eru fornleifar, geta eytt þeim eða skert þær til muna svo að þær verði ekki lengur til staðar eða hlutar og þættir minjanna hverfi. Eins geta breytingar á vatnsföllum eða lónum leitt til þess að fornleifar eyðist af rofi með tímanum vegna nálægðar við bakka.
2. Huldar: Fornleifar geta hulist undir virkjunarlónum eða mannvirkjum svo að þær verði ekki lengur aðgengilegar nema þá stundum við sérstakar aðstæður að hægt sé grafa þær aftur upp. Er þá engin víska um ástand þeirra. Fræðslugildi og rannsóknargildi minjanna glatast algerlega ef þær eru ekki lengur aðgengilegar.
3. Samhengisrof: Með því að rjúfa samhengi minja í menningarlandslagi eða heildir, með því að raska hluta af svæði, getur fræðslugildi, þekkingargildi og fágætisgildi minjanna raskast stórlega.

GRUNDVÖLLUR MATS

Til grundvallar einkunnagjöf fyrir áhrifamat voru lögð markmið íslenskrar náttúruverndar og þjóðminjaverndar eins og þau eru skilgreind í lögum:

1) Um markmið náttúruverndar segir í 1. gr. laga um náttúruvernd (nr. 44 1999): „Lögin eiga að tryggja eftir föngum þróun íslenskrar náttúru eftir eigin lögmálum, en verndun þess sem þar er sérstætt eða sögulegt.“

2) Markmið með verndun menningarminja er skilgreint svo í 1. gr. þjóðminjalaga (nr. 107 2001): „... stuðla að verndun menningarsögulegra minja og tryggja að íslenskum menningararfi verði skilað óspilltum til komandi kynslóða“ og „ tryggja eftir föngum varðveislu menningarsögulegra minja í eigin umhverfi.“

Mat á áhrifum á náttúru byggist þannig á því hversu áhrifin teljast fela í sér mikil inngríp í „þróun íslenskrar náttúru eftir eigin lögmálum“. Ekki er reynt að flokka áhrifin í jákvæð eða neikvæð áhrif en þó skal taka fram að í svo að segja öllum tilfellum teljast slík áhrif vera neikvæð í skilningi framangreindra laga. Við mat á áhrifum á menningarminjar var miðað við hversu mikil áhrifin teljast vera fyrir „varðveislu menningarsögulegra minja í eigin umhverfi“ og svo skila megi íslenskum menningararfi óspilltum til komandi kynslóða.

EINKUNNAGJÖF FYRIR VERÐMÆTI OG ÁHRIF

Við val á kvarða fyrir einkunnagjöf var stuðst við álit aðferðafræðihóps rammaáætlunar þar sem mælt er með að nota 3–5 stig. Hópurinn prófaði sig áfram með línulegan og ólínulegan skala í tilraunamati. Niðurstaða varð sú að til að ná skýrt fram atriðum sem aðgreina svæði þyrfti að nota ólínulegan skala og hópurinn taldi að slíkur skali endurspegladi best raunverulega dreifingu á náttúru- og menningarverðmætum. Fyrir valinu var fjórstiga skali fyrir verðmætamat en fimmstiga skali fyrir áhrifamat eins og sýnt er í töflu 2.

Tafla 2. Einkunnaskali fyrir verðmætamat og áhrifamat faghóps 1.

einkunn	munur á milli þrepa	verðmætamat	áhrifamat
0		(ekki notað)	engin áhrif
1	1	lítil verðmæti	lítil áhrif
3	2	nokkur verðmæti	nokkur áhrif
6	3	mikil verðmæti	mikil áhrif
10	4	mjög mikil verðmæti	mjög mikil áhrif, eyðilegging

Áhrif voru ekki metin sem hlutfallsleg skerðing á verðmætum svæðis heldur var stærðargráða þeirra metin á almennum forsendum, þ.e. út frá landsvísu. Útbúin var tafla þar sem virkjanakostum var raðað undir hvert viðfang og einkunnir færðar inn en síðan var farið aftur yfir einkunnagjöfina athugað hvort samræmis hafi verið gætt á milli virkjanakosta (sjá töflu 3).

Tafla 3. Dæmi

Í þessu dæmi eru metin áhrif 5 virkjanakosta (A til E) á líffræðilega fjölbreytni, þ.e. á tegundir lífvera. Áhrif eru lítil á svæði C en mikil á svæði E. Einkunn fyrir áhrif var gefin fyrir hvert viðmið og færð í eina töflu fyrir hvert viðfang. Endanleg einkunn á að vera sambærileg milli virkjanakosta: hún endurspeglar ekki hversu mikil áhrifin teljast vera hlutfallslega innan hvers svæðis (virkjanakosts). Svipuð einkunn á svæðum A og D þýðir að áhrifin (á landsvísu) teljast svipuð en ekki endilega að hlutfallsleg skerðing á fjölbreytni sé hin sama á svæðunum tveimur.

viðfang: tegundir lífvera	virkjana- kostur	auðgi, fjölbreytni	fágæti	stærð, samfella	alþjóðleg ábyrgð	vegið meðaltal
Vægi		0,4	0,4		0,2	
↑	A	3	6		3	4,2
	B	3	1		1	1,8
	C	1	1		1	1,0
	D	6	3		6	4,8
↓	E	10	6		3	7,0

Vogtölur viðfanga

Eins og rakið var í inngangi felst einn meginvandi við röðun á svæðum eftir mikilvægi náttúrufars og menningarminja í því að verið er að bera saman ólík gæði (hvort er meira virði fagur foss eða rústir útilegumannakofa?). Ef raða á svæðum verður fyrir eða síðar að vega saman ólík gæði og augljóslega er best að gera það eftir almennum forsendum. Hér var það gert þannig að faghópurinn allur mat sameiginlega og raðaði viðföngum með svokallaðri þrepagreiningu (AHP eða *Analytical Hierarchical Process*). Niðurstöður matsins urðu síðan vogtölur viðfanga sem sýndar eru í Töflu 5.

Tafla 5.
Vogtölur viðfanga náttúru og menningarminja

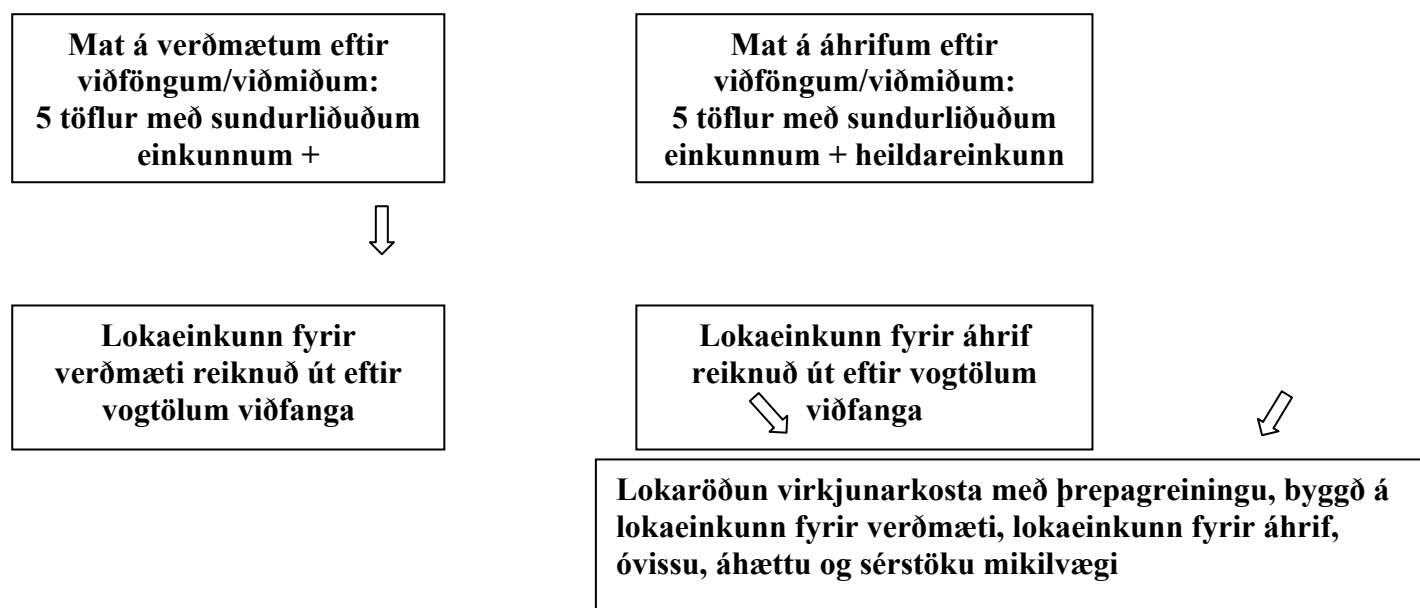
viðfang	vogtala
jarðminjar og vatnafar	0,25
tegundir lífvera	0,20
vistgerðir og jarðvegur	0,20
landslag og víðerni	0,25
menningarminjar	0,10

VINNUFERLI MATSINS

Verðmætamat og áhrifamat

Eins og áður sagði var byrjað á að gefa svæði einkunn fyrir verðmæti. Mat á verðmætum var sundurliðað eftir viðföngum og viðmiðum og heft með vogtölum. Þegar búið er að gefa svæðum einkunn fyrir verðmæti liggja fyrir 5 töflur (ein fyrir hvert viðfang) með sundurliðuðum einkunnum og heildareinkunn (2. mynd).

Næst er farið í áhrifamatið á alveg sama hátt: gefnar eru einkunnir fyrir hvert viðfang/viðmið og aftur verða til 5 töflur með sundurliðuðum einkunnum og einni heildareinkunn.



1. mynd. Vinnuferli faghóps I við mat og röðun á virkjunarkostum eftir verðmætum og áhrifum á náttúru og menningarminjar.

RÖÐUN SVÆÐA

Endanleg röðun virkjunarkosta byggist á AHP-samanburði þar sem hvort tveggja er lagt til grundvallar, verðmæti svæða og ætluð áhrif framkvæmdanna (2. mynd). Hópurinn velti fyrir sér hvort ætti að byggja endanlega röðun aðeins á áhrifamati eða taka verðmæti einnig með. Niðurstaða hópsins var sú að rétt væri að styðjast einnig við verðmæti. Rökin fyrir því eru einkum tvenn. Í fyrsta lagi er rétt að raða verðmætum svæðum neðar sem virkjanakostum af þeirri ástæðu einni að þar er meira í húfi. Í öðru lagi er ljóst að mat á áhrifum er háð mun meiri óvissu en mat hópsins á verðmætum. Áhrifamatið er byggt á verðmætamatinu og felur þannig í sér sömu óvissu og verðmætamatið en því til viðbótar kom að upplýsingar um áhrif voru mun minni og ófullkomnari en upplýsingar um verðmæti og mun minni en lagðar eru til grundvallar við mat á umhverfisáhrifum framkvæmda.

Óvissa og áhætta

Reynsla af áhrifum víðtækra raskana á náttúru hefur sýnt að sjaldnast er hægt að spá fyrir með vissu um afleiðingar þeirra, jafnvel að undangengnum ítarlegum rannsóknum. Einkum á þetta

við um áhrif á lífríki. Lífverur bregðast við áreitum og röskun getur t.d. haft margvísleg áhrif á atferli dýra. Röskun getur leitt af sér óbein og keðjuverkandi áhrif, sem geta borist áfram upp fæðukeðju eða til aðliggjandi eða jafnvel fjarlæggra staða, eða komið fram seinna. Spár um áhrif stórra framkvæmda eru því ævinlega háðar óvissu, bæði eiginlegri (*qualitative*) óvissu, þ.e. hvort tiltekin áhrif muni koma fram eða ekki, og megindlegri óvissu (*quantitative*), þ.e. hversu víðtæk eða stór áhrifin verða.

Fyrir flesta virkjunarkosti, hafði faghópur I fremur lítil eða jafnvel óveruleg gögn um áhrif framkvæmdanna og hafði ekki tók á að meta ýmsa þætti sem haft geta gífurleg áhrif þegar um er að ræða stórar virkjanir og flutning á milli vatnasviða. Þetta eru t.d. áhrif slíks flutnings á grunnvatn og lífríki (t.d. votlendi) neðan stíflu bæði í farvegi sem þornar og þeim sem veitt er til. Slíkar framkvæmdir geta einnig haft veruleg áhrif við ósa og á grunnsævi, t.d. á strandrof. Uppblásturshætta getur verið veruleg við stór miðlunarlón sem liggja í grunnnum skálum að grónu landi. Af þessu er ljóst að veruleg óvissa er tengd mati á sumum áhrifaþáttum og aðra hefur faghópurinn tæpast forsendur til að meta. Faghópurinn taldi þó mikilvægt að þessi atriði kæmu einhvers staðar fram og hafði því til hliðsjónar við endanlega röðun hversu mikla óvissu og áhættu hann teldi tengda áhrifum framkvæmdarinnar. Þetta var metið saman á einföldum þriggja þrepa skala (óveruleg/lítil, nokkur, mikil/mjög mikil).

Sérstakt mikilvægi

Hið samsetta mat á náttúru og menningarminjum, sem lýst var hér á undan, er gagnlegt til að leggja mat á heildarverðmæti svæða og heildaráhrif framkvæmda. Á hinn bóginn geta einstök fyrirbæri geta aldrei vegið þungt í slíku mati þar sem vogtala viðkomandi viðmiðs/viðfangs og fjöldi matseininga (31 atriði alls fyrir verðmæti og aftur fyrir áhrifamat) þýðir að einstakt fyrirbæri getur aldrei ráðið nema litlu um heildareinkunn.

Sum fyrirbæri/svæði hafa ótvírætt og viðurkennt sérstakt mikilvægi sem rétt er að hafa til hliðsjónar við endanlega röðun svæða. Svæði eða náttúruforbæri kann að vera einstakt eða hafa viðurkennt gildi á heimsvísu eða njóta friðlýsingar eða sérstakrar verndar samkvæmt lögum. Slík sérstaða eða sérstakt mikilvægi svæðis eru höfð til hliðsjónar á lokastigi matsins þegar virkjanakostum er raðað með þrepaþreiningu. Þarna er einkum átt við friðlýst svæði (þjóðgarða, friðlönd) eða náttúruminjar, vástategundir í bráðri hættu, sjaldgæfar friðlýstar tegundir, svæði sem talin eru mjög mikilvæg fyrir viðhald stofns eða tegundar, svæði sem njóta alþjóðlegrar viðurkenningar eða fyrirbæri með ótvírætt táknrænt gildi.

Lokaröðun svæða

Við lokaröðun svæða (2. mynd) var stuðst við gátlista þar sem færð voru inn fyrir hvern virkjunarkost vegin einkunn fyrir verðmæti, vegin einkunn fyrir áhrif, gróft mat á þeirri óvissu eða áhættu sem ætla má að sé samfara framkvæmdinni og upptalning á sérstöku gildi svæðis þar sem það er til staðar (tafla 6). Einkum var stuðst við mat á áhrifum.

Tafla 6. Gátlisti fyrir lokaröðun virkjunarkosta hjá faghópi I

virkJunarkostur	verðmæti	áhrif	óvissa/áhætta	sérstakt mikilvægi
A				
B				
C				
D				
E				
F				

Í lokaröðuninni var búin til tafla þar sem færðar voru inn samanburðareinkunnir fyrir hverja tvo kosti í einu. Lokaeinkunn virkjunarkosts er summa einkunna úr öllum 2x samanburðum. Virkjanakostir, sem fá hæstu einkunn, teljast lakastir út frá sjónarmiðum náttúru og menningarminja en þeir sem fá lægstu einkunn eru taldir hafa minnst áhrif.

MAT Á AÐFERÐAFRÆÐINNI

Gæði gagna og álitamál varðandi aðferðafræðina

Æskilegast hefði verið að sambærilegar upplýsingar hefðu legið fyrir um náttúrufar og menningarminjar á öllum svæðunum og fyrir allar virkjunarhugmyndir en svo var ekki. Þau svæði sem tekin voru til mats í 1. áfanga hafa verið mismikið rannsökuð og útfærsla virkjunarhugmynda var mislangt komin. Heildstætt yfirlit um náttúrufar landsins hefur enn ekki verið unnið og þekkingargrunnurinn var mjög misgóður fyrir einstök meginviðföng hópsins. Almennt séð voru upplýsingar um útbreiðslu lífvera líklega bestar en þó er lítið vitað um útbreiðslu margra hópa, t.d. skordýra og um útbreiðslu tegunda á og við háhitasvæði. Eins og áður var vikið að hefur ákaflega lítil verið unnið að kortlagningu og mati á íslensku landslagi og þekking á útbreiðslu og ástandi menningarminja á hálendi er ákaflega brotakennd. Fæstar hafa verið rannsakaðar til nokkurrar hlítar og lítið er vitað um núverandi ástand meirihluta skráðra minja.

Í ljósi þessa má því spyrja hversu traust lokaröðun hópsins er og hvort líklegt sé að hún gæti breyst verulega með meiri upplýsingum. Mat faghóps I er að í flestöllum tilvikum hafi nægileg þekking legið fyrir og, miðað við núverandi virkjunarhugmyndir, sé röð virkjunarkosta ólíkleg til að breytast verulega þótt auðvitað geti einstakir kostir færst eitthvað upp eða niður. Þarna verður m.a. að hafa í huga hversu mörg atriði (31 einkunn) voru lögð til grundvallar við einkunnagjöf og því þarf talsvert til að breyta röð kostanna.

Breytingar á úrtaki

Mikilvægt er að hafa í huga að eftir að tiltekinn virkjunarkostur í úrtaki hefur verið tekinn í gagnið getur röðun þeirra sem eftir eru breyst. Ástæðan er sú að fágætisgildi sumra fyrirbæra eða svæða, sem eftir eru, hefur hækkað. Þetta má útskýra með dæmi. Fuglategund X á sér búsvæði á 4 stöðum á Íslandi og svo háttar til að allir staðirnir 4 eru á svæðum sem verið er að meta í tilteknu úrtaki virkjunarkosta, og myndu lenda undir miðlunarlóni ef til byggingar vatnsaflsvirkjunar kæmi. Allir faghópar rammaáætlunar hafa unnið út frá þeim forsendum að hver virkjun sé metin eins og hún sé næst í röðinni. Faghópur I mat því fágætisgildi hvers svæðis út frá því að þótt það svæði tapaðist yrðu engu að síður eftir 3 óröskuð búsvæði. Til að

halda áfram með dæmið mætti hugsa sér að fágætisgildi fuglategundar X fengi í þessu tilviki einkunnina 6 á hverju svæði. Ef tekið yrði meðaltal allra svæðanna yrði einkunnin áfram 6. Eftir að búið er að virkja á 3 af þessum 4 stöðum eru 3 af 4 búsvæðum horfin undir vatn og þá finnst tegund X aðeins á einu svæði. Ef þar yrði virkjað hyrfi síðasta búsvæðið og tegundin gæti dáið út á landinu. Svipað gæti orðið uppi á teningnum ef nokkrir smærri kostir yrðu vegnir saman á móti einum stórum kosti. Í dæminu að ofan myndi tap á öllum svæðunum fjórum leiða til þess að öll búsvæði tegundarinnar á Íslandi hyrfu og hún gæti dáið út í landinu.

Raunar er líklegt að það að taka eina eða nokkrar virkjanir út úr hópnum breyti oftast litlu um einkunnagjöf og e.t.v. engu um lokaröðun virkjunarkosta. Hins vegar er ekki hægt að útiloka að það geti gerst. Í 1. áfanga rammaáætlunar var raðað tvisvar, fyrst öllum virkjunarkostum sem rammaáætlun var beðin að meta og síðan aftur án samanburðarvirkjana. Verðmæta- og áhrifaekunnir hækkuðu í nokkrum tilfellum eftir að verðmæt fyrirbæri höfðu orðið fyrir áhrifum samanburðarvirkjana en það nægði ekki til að breyta röð þeirra kosta sem eftir voru. Fágætishugtakið er einn af hornsteinum náttúruverndar og verndunar menningarminja og það er þess eðlis að verðmæti aukast eftir því sem fyrirbærið eða hluturinn verður fágætari. Það að röð virkjanakosta geti breyst eftir að nokkrir kostir í úrtakinu hafa verið teknir til nýtingar hefur því ekkert með aðferðafræði faghóps I að gera en endurspeglar einungis eðli þeirra verðmæta sem felast í fágæti. Hin þrepaskipta og sundurliðaða aðferðafræði með viðföngum og viðmiðum þar sem verðmæta- og áhrifamat er aðskilið gerir það einmitt mögulegt að endurskoða matið eða breyta samsetningu úrtaksins þannig að það kosti lágmarksvinnu að endurraða.

Staða vatnsaflsvirkjana miðað við jarðvarmavirkjanir

Sé röðun faghóps I sundurliðuð kemur í ljós að jarðvarmavirkjanir hafa tilhneigingu til að lenda neðar á listanum og teljast æskilegri virkjunarkostir en vatnsaflsvirkjanirnar. Fyrir þessu eru nokkrar ástæður.

Í fyrsta lagi verður að hafa í huga að þær vatnsaflsvirkjanir, sem teknar voru í 1. áfanga rammaáætlunar, eru margar mjög stórar með gríðarlega mikil umhverfisáhrif. Áhrifasvæði þessara virkjana eru oft mjög víðfeðm.

Í öðru lagi var verðmætamat svæða við jarðvarmavirkjanir gjarnan lægra í ákveðnum viðföngum en hjá vatnsaflsvirkjunum. Þetta átti einkum við tiltekna þætti lífríkis, s.s. fuglalíf. Jarðhitasvæðin eru á eldvirkum og gropnum svæðum og oft þurr á yfirborði. Vistgerðir voru oft heldur einsleitar. Vatnsaflsvirkjanir eru af ýmsum ástæðum líklegar til að lenda á svæðum sem eru verðmæt vegna náttúruvafars. Eðli málsins samkvæmt eru þær helst settar þar sem er vatn og fall: slík svæði eru líkleg til að hafa gljúfur, fossa og flúðir og þar er landslag oft stórbrotið. Miðlunarlón liggja í lægðum í landi og þar eru gróðurvinjar helst, þar er votlendi sem er af ýmsum ástæðum líffræðilega verðmætt, þar er líffræðileg fjölbreytni almennt mest á hálendinu og margar menningarminjar, s.s. leitamannakofar og aðrar rústir, áningarstaðir og sögustaðir eru nátengdar gróðurvinjunum.

Mestu skiptir þó að á heildina litið eru umhverfisáhrif jarðvarmavirkjana líkleg til að vera minni en vatnsaflsvirkjana. Ástæður þessa eru teknar saman í töflu 7. Beint tap náttúru- og menningaminja undir t.d. lón vatnsaflsvirkjana getur verið mikið en tiltölulega lítið glatast undir jarðvarmavirkjanir og hugsanlega er þar meira svigrúm til að hnika mannvirkjum til. Stærð áhrifasvæðis framkvæmdanna er í flestum tilfellum meira við virkjun vatnsafls með miðlunarlóni.

Faghópurinn reyndi að afla sér upplýsinga um langtímaáhrif jarðvarmavirkjana á vatnafar og lífríki (einkum örverur) og hvort hægt væri að líta á umhverfisáhrif virkjana sem afturkræf, a.m.k. að hluta. Hér var hópurinn m.a. að velta fyrir sér hvort jarðhitageymirinn myndi ná sér aftur yrði vinnslu hætt og hversu mikil áhrif vinnsla hefði á lífríki utan mannvirkjasvæðisins, t.d.

vegna breytinga á sýrustigi sem aftur gætu haft áhrif á örverusamfélög hveranna. Hópurinn leitaði til ýmissa sérfræðinga en hér skortir rannsóknir og telur hópurinn mikilvægt að þar sé bætt úr.

Tafla 7. Samanburður á hugsanlegum áhrifum vatnsaflsvirkjana með miðlunarlóni og jarðvarmavirkjana á náttúrufar og menningarminjar.

	vatnsaflsvirkjanir	jarðvarmavirkjanir
helstu áhrif	stór lón, stíflur, skurðir, haugsetning, námur, vegir, línur	títtölulega lítil svæði hverfa undir mannvirki, vegir, línur, pípur
stærð áhrifasvæðis	breytilegt en getur verið mjög stórt, til viðbótar koma sjónræn áhrif vega og lína	áhrifasvæði sjálfrar virkjunarinnar ekki mjög stórt en til viðbótar koma sjónræn áhrif vegna gufustróka og vegna vega, lína og pípa
beint tap á náttúruminum	getur verið mikið	beint tap oftast ekki mikið
beint tap á menningarminjum	getur verið mikið	beint tap lítið eða ekkert
áhrif á lífverur	geta verið mikil á bæði dýr og plöntur	lítil á fugla og blómplöntur en kunna að mikil á fágæta mosa, óvissa um langtímaáhrif á hveraörverur.
sjónræn áhrif	geta verið mikil	geta verið mikil og á jarðhitasvæðum er landslag oft óvenjulegt og litauðgi mikil
afturkræfni	óafturkræfar breytingar, a.m.k. í jökulám	óviss en hugsanlega eru áhrif a.m.k. að hluta til afturkræf
fágætisgildi	mjög breytilegt	jarðhitasvæði eru fágæt á heimsvísu og hafa verulega sérstöðu í jarðfræði, vatnafari, landslagi og líffræði (hitakærar örverur) og hátt vísindalegt gildi

Af ofansögðu mætti ætla að, að öllu öðru jöfnu, væru jarðvarmavirkjanir betri kostur út frá umhverfissjónarmiðum en vatnsaflsvirkjanir með miðlunarlóni. Einu má þó ekki gleyma en það er fágætisgildi jarðhitasvæða á heimsvísu. Jarðhitasvæði finnast aðeins í fáum löndum og eru afar lítil og afmörkuð. Ísland er eitt auðugasta jarðhitaland heims og hefur þar verulega sérstöðu.

Náttúrufar á jarðhitasvæðum er um margt mjög óvenjulegt og sérstakt, s.s. jarðfræðilega, í vatnafari og í lífríki. Landslag er þar gjarnan mjög sérstakt, einkum er litafar óvenjulegt og fjölbreytt og mörg þeirra taldar einstakar náttúruperlur. Vinnuferli faghóps I leyfði hins vegar ekki að þessi sérstaða jarðhitasvæðanna sem heildar yrði tekin með í matið. Í upphaflegu vinnuferli sínu flokkaði hópurinn verðmæti og fágætisgildi eftir því hvort þau teldust mikil á heimsvísu, landsvísu eða héraðsvísu en eftir fyrsta tilraunamat var ljóst að einfalda yrði matið og í ljósi markmiðs vinnunnar (þ.e. að raða virkjunarkostum innbyrðis) var ákveðið að miða aðeins við verðmæti og fágæti á landsvísu. Faghópurinn telur þó mjög mikilvægt að vega og meta þessi sérstöðu jarðhitasvæðanna og fágæti á heimsvísu þegar verið er að velja svæði til virkjunar. Jafnframt bendir faghópurinn á að fjöldi jarðhitasvæða á Íslandi er takmarkaður og nú þegar hefur mörgum svæðum verið breytt með mannvirkjum.

KYNNING OG SAMRÁÐ

Faghópur I leitaði til margra sérfræðinga á þeim u.þ.b. fjórum árum sem vinnan stóð. Mest samráð var haft við sérfræðinga Náttúrufræðistofnunar Íslands. Auk ýmissa fulltrúa virkjunaraðila, sem komu á fund faghópsins til að kynna virkjunarkosti, leitaði faghópurinn sér ráða og upplýsinga hjá mörgum. Meðal annars komu á fundi hópsins náttúrufræðingur, listfræðingur, landslagsarkitekt, finnskur prófessor í náttúrufræðingum, landgræðslustjóri og sérfræðingar frá Veiðimálastofnun, Orkustofnun og Náttúruvernd ríkisins. Að undirlagi faghópsins kom hingað til lands einnig bandarískur prófessor sem er sérfræðingur í mati á landslagi.

Aðferðafræði faghópsins var kynnt stofnunum og samtökum á yfir 20 fundum, m.a. Náttúrufræðistofnun Íslands, Jarð- og landfræðiskor Háskóla Íslands, Landgræðslu ríkisins, Landsvirkjun, Líffræðistofnun Háskólans, Náttúruvernd ríkisins, Rafmagnsveitum ríkisins og Skipulagsstofnun, og á fundum þar sem voru boðaðir fulltrúar Fuglaverndarfélag Íslands, Hins íslenska náttúrufræðifélags, Landverndar, Náttúruverndarsamtaka Íslands, Sólar í Hvalfirði og Umhverfisverndarsamtaka Íslands. Þá var aðferðafræðin kynnt á Orkuþingi 2001 og á kynningarfundum á vegum Rammaáætlunar í Reykjavík með fjarfundatengingu til Akureyrar og Egilsstaða.

Nálgun og aðferðafræði hópsins mæltist almennt vel fyrir og ekki varð vart við annað en náttúruvísindamenn teldu að aðferðafræðin gæti þjónað hlutverki sínu. Aðferðafræðin var í þróun fram eftir árinu 2001 og tók talsverðum breytingum, m.a. í kjölfar tilraunamats sem framkvæmt var þrisvar til að prófa aðferðirnar og til að koma til móts við ábendingar. Tveir kynningarfundir voru haldnir með Skipulagsstofnun og þrír með Náttúrufræðistofnun. Náttúrufræðistofnun kom með athugasemdir um vægi viðfanga og uppsetningu viðmiða. Helsta gagnrýni stofnunarinnar var að lífríki væri of lágt metið. Hópurinn fjallaði um þessar athugasemdir og fleiri og var tekið tillit til margra þeirra. Í álitserð sem unnin var fyrir Landsvirkjun⁴ segir m.a. að aðferðafræðin, sem lagt var upp með, virðist í meginatriðum vera skynsamleg. Þar er bent á að mikilvægi þess að greina á milli mats á verðmætum og mat á áhrifum framkvæmda á þessi sömu verðmæti. Þetta telur faghópurinn sig gera með því að birta bæði einkunnir fyrir verðmæti og áhrif. Benda má á dæmi þar sem verðmæt svæði verða fyrir tiltölulega litlum áhrifum vegna framkvæmda. Þá leggur Landsvirkjun til að þekkingarstig, sem getur verið afar mismunandi eftir virkjunarhugmyndum, verði auðkennt með skýrum hætti. Þetta hefur faghópurinn gert. Einnig bauð Landsvirkjun upp á kynningu á tilteknum virkjunarhugmyndum og notfærði faghópurinn sér það boð. Faghópur I hefur þannig farið yfir ábendingar og gagnrýni og leitast við að koma til móts við rökstuddar tillögur.

⁴ Sjá Sigurður St. Arnalds, Hönnun h.f. Álitserð fyrir Landsvirkjun, janúar 2003.

TAFLA 3.1A VERÐMÆTI - MAT FAGHÓPS I, ÁN SAMANBURÐARVIRKJANA

	Samvegin verðmæti	Jarðminjar og vatnafar	Menn- ingar- minjar	Tegundir	Vistgerðir og jarðvegur	Lands- lag
<i>Vogtala viðfangs</i>	<i>1,00</i>	<i>0,25</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>0,25</i>
Jökulsá á Fjöllum	7,4	7,6	7,3	5,5	6,5	9,7
Reykjadalir (Torfajökull)	6,0	6,8	1,0	5,0	3,4	10,0
Markarfljótsvirkjun b	5,2	5,5	4,4	1,8	3,2	9,5
Markarfljótsvirkjun a	5,2	5,5	4,4	1,8	3,2	9,5
Skaftárveita	5,1	6,0	1,1	2,7	5,8	7,1
Skatastaðavirkjun b	5,0	4,8	7,4	4,0	5,0	5,0
Skatastaðavirkjun a	4,9	4,6	7,3	4,0	5,0	5,0
Brennisteinsalda (Torfajökull)	4,8	4,7	2,1	4,1	4,0	7,3
Grændalur (Hengill)	4,7	4,7	1,6	5,0	5,4	5,3
Seltún (Krýsuvík)	4,7	6,0	4,8	3,8	4,5	4,0
Austurengjar (Krýsuvík)	4,6	6,0	4,7	3,8	4,5	4,0
Reykjanes	4,5	4,9	5,2	5,4	2,6	4,4
Hrafnabjargavirkjun b	4,4	4,6	7,2	4,5	2,9	4,3
Hrafnabjargavirkjun a	4,4	4,6	7,1	4,2	2,9	4,3
Fljótshnjúksvirkjun	4,3	3,5	7,2	4,5	2,9	4,7
Háuhverir (Torfajökull)	4,2	3,9	1,0	1,0	2,2	9,9
Bjarnarflag	4,0	3,8	2,2	5,3	5,7	2,7
Skaftárvirkjun	3,8	5,7	2,5	1,8	2,9	4,6
Þeistareykir	3,3	2,9	4,7	2,6	2,0	4,6
Brennisteinsfjöll	3,2	3,2	2,2	1,0	2,1	6,2
Krafla - Leirhnjúkur	3,1	4,1	1,0	2,6	2,2	4,3
Núpsvirkjun b	3,1	2,9	8,2	2,0	2,7	2,7
Núpsvirkjun a	3,0	2,9	7,2	2,0	2,7	2,7
Hólmsárvirkjun	3,0	2,5	3,8	2,6	2,6	4,0
Krafla - Vestursvæði	3,0	4,1	1,0	2,6	2,0	4,0
Urriðafossvirkjun	2,8	1,4	5,9	4,8	2,7	1,3
Trölladyngja (Krýsuvík)	2,6	3,4	1,6	1,8	2,0	3,3
Innstidalur (Hengill)	2,6	2,7	1,6	1,9	2,0	3,9
Ölkelduháls (Hengill)	2,0	2,5	1,6	2,8	1,6	1,4
Hágöngusvæði	2,0	2,6	1,0	1,0	1,1	3,2
Þverárdalur (Hengill)	2,0	2,0	1,6	1,8	1,6	2,5
Hellisheiði (Hengill)	1,7	1,8	5,1	1,0	1,4	1,1
Sandfell (Krýsuvík)	1,5	1,5	1,6	1,0	1,0	2,4
<i>Meðaltal</i>	<i>3,9</i>	<i>4,1</i>	<i>3,8</i>	<i>3,0</i>	<i>3,1</i>	<i>4,8</i>

TAFLA 3.1B VERÐMÆTI - MAT FAGHÓPS I , ALLAR VIRKJANIR

	Samvegin verðmæti	Jarðminjar og vatnafar	Menn- ingar- minjar	Teg- undir	Vistgerðir og jarðvegur	Landslag
<i>Vogtala viðfangs</i>	<i>1,00</i>	<i>0,25</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>0,25</i>
Jökulsá á Fjöllum	7,2	7,6	7,3	5,1	5,9	9,7
Norðlingaölduveita	7,2	3,2	5,4	10,0	9,9	7,5
Kárahnjúkavirkjun	6,8	5,1	8,5	5,9	8,2	7,5
Fljótsdalsvirkjun	6,0	3,8	5,6	6,2	6,9	7,3
Reykjadalir (Torfajökull)	6,0	6,8	1,0	5,0	3,4	10,0
Skaftárveita	5,1	6,0	1,1	2,7	5,8	7,1
Markarfljótsvirkjun b	5,1	5,0	4,4	1,8	3,2	9,5
Markarfljótsvirkjun a	5,0	4,9	4,4	1,8	3,2	9,5
Skatastaðavirkjun b	4,9	4,8	7,4	4,0	5,0	4,6
Brennisteinsalda (Torfajökull)	4,8	4,7	2,1	4,1	4,0	7,3
Skatastaðavirkjun a	4,8	4,6	7,3	4,0	5,0	4,6
Grændalur (Hengill)	4,7	4,7	1,6	5,0	5,4	5,3
Seltún (Krýsuvík)	4,7	6,0	4,8	3,8	4,5	4,0
Austurengjar (Krýsuvík)	4,6	6,0	4,7	3,8	4,5	4,0
Reykjanes	4,5	4,9	5,2	5,4	2,6	4,4
Hrafnabjargavirkjun b	4,3	4,2	7,2	4,5	2,9	4,2
Hrafnabjargavirkjun a	4,2	4,2	7,1	4,2	2,9	4,2
Fljótshnjúksvirkjun	4,1	3,5	7,2	4,5	2,9	4,2
Bjarnarflag	4,0	3,8	2,2	5,3	5,7	2,7
Háuhverir (Torfajökull)	4,2	3,9	1,0	1,0	2,2	9,9
Skaftárvirkjun	3,7	5,3	2,5	1,8	2,9	4,6
Villinganesvirkjun	3,6	2,4	7,6	5,0	3,0	2,7
Þeistareykir	3,3	2,9	4,7	2,6	2,0	4,6
Krafla - Leirhnjúkur	3,1	4,1	1,0	2,6	2,2	4,3
Núpsvirkjun b	3,1	2,9	8,2	2,0	2,7	2,7
Núpsvirkjun a	3,0	2,9	7,2	2,0	2,7	2,7
Hólmsárvirkjun	3,0	2,5	3,8	2,6	2,6	4,0
Krafla - Vestursvæði	3,0	4,1	1,0	2,6	2,0	4,0
Brennisteinsfjöll	3,0	3,2	2,2	1,0	2,1	5,3
Krafla (núverandi)	2,9	4,1	1,0	2,6	2,0	3,4
Nesjavellir (Hengill)	2,8	3,4	3,0	2,6	2,0	2,8
Urriðafossvirkjun	2,8	1,4	5,9	4,8	2,7	1,3
Trölladyngja (Krýsuvík)	2,6	3,4	1,6	1,8	2,0	3,3
Innstidalur (Hengill)	2,6	2,7	1,6	1,9	2,0	3,9
Ölkelduháls (Hengill)	2,0	2,5	1,6	2,8	1,6	1,4
Hágöngusvæði	2,0	2,6	1,0	1,0	1,1	3,2
Þverárdalur (Hengill)	2,0	2,0	1,6	1,8	1,6	2,5
Svartsengi - Eldvörp	1,9	2,4	2,0	1,1	2,0	1,7
Búðarhálsvirkjun	1,7	1,9	1,6	1,7	1,9	1,4
Hellisheiði (Hengill)	1,7	1,8	5,1	1,0	1,4	1,1
Sandfell (Krýsuvík)	1,5	1,5	1,6	1,0	1,0	2,4
Meðaleinkunn fyrir viðfang	3,8	3,8	3,9	3,3	3,4	4,6

TAFLA 3.2A ÁHRIFAEINKUNN - MAT FAGHÓPS I , ÁN SAMANBURÐARVIRKJANA

	Samvegin áhrif	Jarð- minjar og vatnafar	Menn- ingar- minjar	Teg- undir	Vistgerðir og jarðvegur	Landslag
<i>Vogtala viðfangs</i>	<i>1,00</i>	<i>0,25</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>0,25</i>
Jökulsá á Fjöllum	7,3	7,0	4,9	5,4	8,5	9,3
Markarfljótsvirkjun b	4,9	5,0	2,0	2,6	2,7	9,5
Markarfljótsvirkjun a	4,8	4,7	2,0	2,6	2,7	9,4
Skatastaðavirkjun b	4,4	4,3	3,6	3,7	4,6	5,3
Skatastaðavirkjun a	4,2	4,2	3,6	3,7	4,6	4,6
Grændalur (Hengill)	4,1	2,6	0,9	3,1	5,7	6,4
Brennisteinsalda (Torfajökull)	4,0	2,2	0,0	4,2	3,7	7,7
Reykjadalir (Torfajökull)	3,7	1,6	0,0	3,1	2,1	9,1
Hrafnabjargavirkjun b	3,5	2,7	6,3	3,0	2,6	4,5
Háuhverir (Torfajökull)	3,3	1,3	0,0	2,4	1,5	8,7
Hrafnabjargavirkjun a	3,2	2,7	6,3	3,0	2,6	3,0
Urriðafossvirkjun	3,1	2,4	5,9	5,0	1,5	2,6
Peistareykir	3,1	1,5	4,7	2,4	1,5	5,7
Fljótshnjúksvirkjun	2,9	2,0	1,9	2,6	3,5	4,1
Brennisteinsfjöll	2,8	1,1	1,0	0,8	1,3	8,1
Skaftárveita	2,8	2,5	1,3	3,0	1,3	4,7
Bjarnarflag	2,7	1,7	0,0	6,0	3,8	1,2
Núpsvirkjun b	2,5	1,9	6,0	1,6	2,3	2,7
Innstidalur (Hengill)	2,5	1,7	0,0	2,4	1,3	5,4
Skaftárvirkjun	2,5	2,8	2,7	1,0	2,5	3,2
Hólmsársvirkjun	2,4	1,4	1,9	1,8	3,2	3,6
Reykjanes	2,2	1,3	2,1	2,5	1,1	4,0
Krafla - Leirhnjúkur	2,2	1,7	0,0	2,4	1,5	4,1
Núpsvirkjun a	2,1	1,8	5,9	1,3	1,1	2,3
Trölladyngja (Krýsuvík)	2,0	1,5	0,9	2,4	1,5	2,9
Seltún (Krýsuvík)	1,9	1,7	3,0	2,4	1,1	2,0
Austurengjar (Krýsuvík)	1,7	1,7	0,0	2,4	1,1	2,3
Þverárdalur (Hengill)	1,6	2,1	0,3	1,6	1,2	1,7
Sandfell (Krýsuvík)	1,5	0,7	0,9	0,5	0,9	4,1
Krafla - Vestursvæði	1,4	1,5	0,0	0,8	1,3	2,4
Hágöngusvæði	1,3	1,0	0,0	0,8	0,9	2,9
Ölkelduháls (Hengill)	1,2	2,0	0,0	0,8	1,2	1,4
Hellisheiði (Hengill)	1,2	1,1	3,8	0,8	0,9	0,8
Meðaltal	2,9	2,3	2,2	2,5	2,4	4,5

TAFLA 3.2B ÁHRIFAEINKUNN - MAT FAGHÓPS I, ALLAR VIRKJANIR

	Samvegin áhrif	Jarð- minjar og vatnafar	Menn- ingar- minjar	Teg- undir	Vistgerðir og jarðvegur	Lands- lag
<i>Vogtala viðfangs</i>	<i>1,00</i>	<i>0,25</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>0,25</i>
Kárahnjúkavirkjun	7,8	6,1	5,6	8,4	8,5	9,3
Jökulsá á Fjöllum	7,3	7,0	4,9	5,0	8,5	9,3
Fljótsdalsvirkjun	6,6	4,1	1,0	7,6	9,0	8,7
Norðlingaölduveita	5,2	2,9	4,1	6,9	5,3	6,5
Markarfljótsvirkjun b	4,9	5,0	2,0	2,6	2,7	9,5
Markarfljótsvirkjun a	4,7	4,3	1,8	2,6	2,7	9,4
Skatastaðavirkjun b	4,3	4,3	3,6	3,7	4,6	4,9
Skatastaðavirkjun a	4,1	4,2	3,6	3,7	4,6	4,3
Grændalur (Hengill)	4,1	2,6	0,9	3,1	5,7	6,4
Brennisteinsalda (Torfajökull)	4,0	2,2	0,0	4,2	3,7	7,7
Reykjadalur (Torfajökull)	3,6	1,6	0,0	2,5	2,1	9,1
Hrafnabjargavirkjun b	3,4	2,4	6,3	3,0	2,6	4,3
Fljótshnjúksvirkjun (sérst. lína)	3,4	2,0	1,9	2,6	3,5	5,8
Háuhverir (Torfajökull)	3,3	1,3	0,0	2,4	1,5	8,7
Villinganesvirkjun	3,2	2,5	4,5	4,8	2,7	2,7
Urriðafossvirkjun	3,1	2,4	5,9	5,0	1,5	2,6
Þeistareykir	3,1	1,5	4,7	2,4	1,5	5,7
Hrafnabjargavirkjun a	3,0	2,4	6,3	3,0	2,6	2,7
Fljótshnjúksvirkjun	2,9	2,0	1,9	2,6	3,5	3,9
Brennisteinsfjöll	2,8	1,1	1,0	0,8	1,3	8,1
Skaftárveita	2,8	2,5	1,3	3,0	1,3	4,7
Bjarnarflag	2,7	1,7	0,0	6,0	3,8	1,2
Núpsvirkjun b	2,5	1,9	6,0	1,6	2,3	2,7
Innstidalur (Hengill)	2,5	1,7	0,0	2,4	1,3	5,4
Hólmsársvirkjun	2,4	1,4	1,9	1,8	3,2	3,6
Skaftárvirkjun	2,3	2,2	2,7	1,0	2,5	3,2
Krafla - Leirhnjúkur	2,2	1,7	0,0	2,4	1,5	4,1
Reykjanes	2,2	1,3	2,1	2,5	1,1	4,0
Núpsvirkjun a	2,1	1,8	5,9	1,3	1,1	2,3
Trölladyngja (Krýsuvík)	2,0	1,5	0,9	2,4	1,5	2,9
Seltún (Krýsuvík)	1,9	1,7	3,0	2,4	1,1	2,0
Austurengjar (Krýsuvík)	1,7	1,7	0,0	2,4	1,1	2,3
Hágöngusvæði (sérstök lína)	1,7	1,0	0,0	0,8	0,9	4,3
Þverárdalur (Hengill)	1,6	2,1	0,3	1,6	1,2	1,7
Sandfell (Krýsuvík)	1,5	0,7	0,9	0,5	0,9	4,1
Nesjavellir (Hengill)	1,5	2,3	0,0	2,4	1,1	1,0
Svartsengi – Eldvörp	1,5	0,7	1,6	0,5	1,3	3,2
Krafla - Vestursvæði	1,4	1,5	0,0	0,8	1,3	2,4
Hágöngusvæði	1,3	1,0	0,0	0,8	0,9	2,9
Ölkelduháls (Hengill)	1,2	2,0	0,0	0,8	1,2	1,4
Búðarhálsvirkjun	1,2	1,5	3,1	0,5	0,9	1,0
Hellisheiði (Hengill)	1,2	1,1	3,8	0,8	0,9	0,8
Krafla (núverandi)	0,8	1,2	0,0	0,2	0,9	1,1
<i>Meðaltal</i>	<i>3,0</i>	<i>2,3</i>	<i>2,2</i>	<i>2,7</i>	<i>2,6</i>	<i>4,5</i>

GÁTLISTI FYRIR AHP-RÖÐUN FAGHÓPS I

Virkjunarkostur	Samvegin verðmæti	Samvegin áhrif	Sérstök verðmæti ⁵	Óvissa/ fjaráhrif	Sérstakt mikilvægi
Jökulsá á Fjöllum	7,4	7,3	1 JV 3 M* 1 T 1 VJ 3 L	3	Þjóðgarður: Þjóðgarðurinn í Jökulsárgljúfrum Friðlönd: Herðubreiðarfríðland, Hvannalindir, Kringilsárrani Náttúruvætti: Askja í Dyngjufjöllum Náttúruminjar: votlendi við Óxarfjörð, Jökulsárgljúfur austan ár, Kverkfjöll og Krepputunga, Fagridalur og Grágæsadalur Tegundir á valista: flórgoði YH, kvistaskegg CR, Hypogymnia farinacea CR, Sarcosagium capestre EN, Tegundir undir Bernarsáttmála: flórgoði í Kelduhverfi Friðlýstar minjar: 2 staðir
Markarfljótsvirkjun b	5,2	4,9	5 JV* 4 L*	2	Náttúruminjar: Emstrur og Fjallabak Tegund á valista: Loðgresi VU, þyrnisrós VU Friðlýstar minjar: 1 staður
Markarfljótsvirkjun a	5,2	4,8	5 JV* 4 L*	2	Náttúruminjar: Emstrur og Fjallabak Tegund á valista: loðgresi VU, þyrnisrós VU Friðlýstar minjar: 1 staður
Skatastaðavirkjun b	5,0	4,4	2 M 5 VJ*	2	Friðland: votlendi v/Miklavatn í Skagafirði, liggur lágt hjá Héraðsvötnum Náttúruminjar: Orravatnsrústir, botn Vesturdals/Hofsárdals Tegund á valista: himbrimi YH, flórgoði YH, gargönd YH v/Héraðsvötn, Solorina octospora EN, rindaskalli EN Tegundir undir

⁵ Sýnir sæti vegna verðmætaeinkunnar:

L= landslag, VJ= vistgerðir og jarðvegur, JV=jarðmyndanir og vatnafar, T= tegundir, M=menningarminjar og

* = tvær eða fleiri jafnháar

Virkjunarkostur	Samvegin verðmæti	Samvegin áhrif	Sérstök verðmæti ⁵	Óvissa/ fjaráhrif	Sérstakt mikilvægi
					Bernarsáttmála: himbrimi, flórgoði Búsvæði á lista Evrópuráðsins: rústamýrar Friðlýstar minjar: mikil fjöldi minja
Skatastaðavirkjun a	4,9	4,2	3 M* 5 VJ*	2	Friðland: votlendi v/Miklavatn í Skagafirði, liggur lágt hjá Héraðsvötnum Náttúruminjar: Orravatnsrústir, botn Vesturdals/Hofsárdals Tegund á valista: himbrimi YH, flórgoði YH, gargönd YH v/Héraðsvötn, Solorina octospora EN, rindaskalli EN Tegundir undir Bernarsáttmála: himbrimi, flórgoði Búsvæði á lista Evrópuráðsins: rústamýrar Friðlýstar minjar: mikil fjöldi minja
Grændalur (Hegill)	4,7	4,1	4 T* 4VJ	2	Náttúruminjar: Hengill Tegund á valista: laugadepla VU
Brennisteinsalda (Torfajökull/Landmannlaugar)	4,8	4,0	5 L		Friðland: Friðland að fjallabaki Tegundir á valista: hrafn YH, laugarandi VU, hveraseti CR,
Reykjadalir (Torfajökull)	6,0	3,7	2 JV 4 T* 1 L	óvissa um vegi, línur	Friðland: Friðland að fjallabaki
Hrafnabjargavirkjun b	4,4	3,5	4M*	2	Náttúruminjar: Laufrönd og Neðribotnar, Ingvararfoss, Aldeyjarfoss, Hrafnabjargafoss, Goðafoss, Þingey, votlendi á Sandi og Sílalæk í Aðaldal Tegund á valista: snæugla BH, fálki YH, gulönd YH, Parmeliopsis hyperopta CR Tegundir undir Bernarsáttmála: snæugla, fálki Friðlýstar minjar:
Háuhverir (Torfajökull)	4,2	3,3	2 L	óvissa um vegi, línur	Friðland: Friðland að fjallabaki
Hrafnabjargavirkjun a	4,4	3,2	5M	2	Náttúruminjar: Ingvararfoss, Aldeyjarfoss,

Virkjunarkostur	Samvegin verðmæti	Samvegin áhrif	Sérstök verðmæti ⁵	Óvissa/ fjaráhrif	Sérstakt mikilvægi
					Hrafnabjargafoss, Goðafoss, Þingey, votlendi á Sandi og Sílalæk í Aðaldal Tegund á valista: fálki YH, gulönd YH Tegundir undir Bernarsáttmála: fálki Friðlýstar minjar:
Þeistareykir	3,3	3,1		1	Náttúruminjar: Jarðhitamyndanir Tegund á valista: Fálki YH, hrafn YH, Phaeorrhisa nimbosa EN
Urriðafossvirkjun	2,8	3,0	5 T	1	áhrif á lax Friðlýstar minjar: mikil fjöldi minja
Fliótshnúksvirkjun m. Sprengisandslínu	4,3	2,9	4M*	2	Náttúruminjar: Laufrönd og Neðribotnar, Ingvararfoss, Aldeyjarfoss, Hrafnabjargafoss, Goðafoss, Þingey, votlendi á Sandi og Sílalæk í Aðaldal Tegund á valista: snæugla BH, fálki YH, gulönd YH Tegundir undir Bernarsáttmála: snæugla, fálki
Brennisteinsfjöll	3,2	2,8	10 í stærð og heild víðerna	1	Fólkvangur
Skaftárveita	5,1	2,8	3 JV* 2 VJ	2	Náttúruvætti: Lakagígar Náttúruminjar: Grænifjallgarður, Eldgjá
Bjarnarflag	4,0	2,7	3 T 3 VJ	1	Friðlýst skv. sérlægum: Mývatn og Laxá Tegund á valista: fálki, hrafn, Philonotis marchica VU, Melanelia septen. EN, Svartskjóða EN, Birkiskegg VU
Núpsvirkjun b	3,1	2,5	1 M		Náttúruminjar: Búðaröð Friðlýstar minjar:
Skaftárvirkjun	3,8	2,5	4 JV		Náttúruminjar: Eldgjá
Innstidalur	2,6	2,5			Náttúruminjar: Hengill
Hólmsárvirkjun	3,0	2,4		1	Tegund á valista: helsingi H Tegund undir Bernarsáttmála: helsingi
Reykjanes	4,5	2,2	2 T		Náttúruminjar: Eitt stærsta kríuvarp á landinu, jarðfræði, volg sjávartjörn,

Virkjunarkostur	Samvegin verðmæti	Samvegin áhrif	Sérstök verðmæti ⁵	Óvissa/ fjaráhrif	Sérstakt mikilvægi
					jarðhitagróður Tegundir á valista: flóajurt VU, hæruburst VU
Krafla - Leirhnjúkur	3,1	2,2			Friðlýst skv. sérlögum: Mývatn og Laxá
Núpsvirkjun a	3,0	2,1	4M*		Friðlýstar minjar:
Trölladyngja (Krýsuvík)	2,6	2,0			Náttúruminjar: Keilir og Höskuldavellir Tegundir á valista: EN Tunguskollakambur
Seltún (Krýsuvík)	4,7	1,9	3 JV*		FÓLKVANGUR: Tegundir á valista: vatnalaukur VU, blátoppa VU, Friðlýstar minjar:
Austurengjar (Krýsuvík)	4,6	1,7	3 JV*		Fólkvangur: Tegundir á valista: vatnalaukur VU, blátoppa VU
Þverárdalur	2,0	1,6			Náttúruminjar: Hengill
Nesjavellir (Hengill)	2,8	1,5			
Sandfell (Krýsuvík)	1,5	1,5			
Krafla - Vestursvæði	3,0	1,4			Friðlýst skv. sérlögum: Mývatn og Laxá
Hágöngur m. Sprengisandslínu	2,0	1,3			
Hellisheiði (Hengill)	1,7	1,2			Náttúruminjar: Hengill Friðlýstar minjar:
Ölkelduháls (Hengill)	2,0	1,2			Náttúruminjar: Hengill Tegundir á valista: laugarandi VU

Gátlisti fyrir AHP-röðun faghóps I – virkjanir til samanburðar

Virkjunarkostur	Verðmæti	Áhrif	Sérstök verðmæti	Óvissa/fjaráhrif	Sérstakt mikilvægi
Kárahnjúkavirkjun	6,8	7,8	1 M 2 VJ 3 T 4 L* 5 JV	3	Friðland: Kringilsárrani Náttúruminjar: Votlendi í Hjaltastaðabingá, Snæfell, Vesturöræfi og Hafrahvammagljúfur, Eyjabakkar, Stuðlafoss Tegundir á valista: flórgoði YH, grágæs YH, Hj., þymisrós VU, Phaeorrhisa nimbose EN, kvistaskegg CR, Hypogymnia farinacea CR, Melanelia septen. EN, Tegundir undir Bernarsáttmála: flórgoði við? Hjaltastaðabinghá stærsta varp löms í Evrópu við ósa Hj. Friðlýstar minjar: mikill fjöldi minja
Fljótsdalsvirkjun	6	6,6	2 T 3 VJ 5 L*	2	Náttúruminjar: Eyjabakkar, votlendi í Hjaltastaðabinghá Tegundir undir Bernarsáttmála: Búsvæði á lista Evrópuráðsins: rústamýrar, votlendi Friðlýstar minjar
Villinganesvirkjun	3,6	3,2	3 M	2	Friðland: votlendi v/Miklavatn í Skagafirði, liggur lágt hjá Héraðsvötnum Tegund á valista: stórt hrafnavarp YH, v/Héraðsvötn, flórgoði YH, gargönd YH, fjóluhokki EN v/jarðhita Tegundir undir Bernarsáttmála: flórgoði við? Héraðsvötn
Svartsengi- Eldvörp	1,9	1,5			Náttúruminjar: gígaraðir Eldvörp
Nesjavellir (Hengill)	2,8	1,5			
Búðarhálsvirkjun	1,7	1,2			
Krafla	2,9	0,8			Friðlýst skv. sérlögum: Mývatn og Laxá?? Tegundir á valista: fálki YH, hrafnYH, grágæs YH, Phaeophyscia constipata CR, svartskjóða EN, birkiskegg VU
Norðlingaölduveita (575)	7,2	5,2	1 T 1 VJ 4 L*	2	Friðland: Þjórsárver Alþjóðlegar friðlýsingar: Ramsar-svæði Tegund á valista: himbrimi YH Tegundir undir Bernarsáttmála: himbrimi Búsvæði á lista Evrópuráðsins: rústamýrar, votlendi Friðlýstar minjar:

TAFLA 3.3A AHP- RÖÐUN FAGHÓPS I - ÁN SAMANBURÐARVIRKJANA

Jökulsá á Fjöllum	14,2	Skaftárveita	1,0
Markarfljótsvirkjun II	10,6	Núpsvirkjun II	0,8
Markarfljótsvirkjun I	9,9	Hólmsárvirkjun	0,8
Reykjadalir (Vestur)	7,3	Skaftárvirkjun	0,7
Reykjadalir (Austur)	7,3	Innstidalur (Hengill)	0,6
Reykjadalir (Kaldaklof)	7,3	Bjarnarflag	0,6
Skatastaðavirkjun II	5,2	Reykjanes	0,6
Brennisteinsalda (Torfajökull)	5,1	Austurengjar (Krýsuvík)	0,5
Háuhverir (Torfajökull)	5,1	Núpsvirkjun I, göng vestan ár	0,5
Skatastaðvirkjun I	4,7	Seltún (Krýsuvík)	0,4
Grændalur (Hengill)	3,5	Trölladyngja (Krýsuvík)	0,4
Hrafnabjargavirkjun II	2,9	Sandfell (Krýsuvík)	0,3
Urriðafossvirkjun	1,8	Þverárdalur (Hengill)	0,3
Hrafnabjargavirkjun I	1,5	Krafla Vestursvæði	0,3
Þeistareykir	1,5	Hágöngusvæði	0,3
Brennisteinsfjöll	1,3	Ölkelduháls (Hengill)	0,2
Fljótshnjúksvirkjun	1,2	Hellisheiði (Hengill)	0,2
Krafla Leirhnjúkur	1,1		

TAFLA 3.3B AHP- RÖÐUN FAGHÓPS I – ALLAR VIRKJANIR

Jökulsá á Fjöllum	10,4	Skaftárveita	0,8
Kárahnjúkavirkjun	10,4	Núpsvirkjun II	0,7
Norðlingaölduveita	7,8	Hólmsárvirkjun	0,6
Fljótsdalsvirkjun	7,8	Skaftárvirkjun	0,6
Markarfljótsvirkjun II	7,0	Innstidalur (Hengill)	0,5
Markarfljótsvirkjun I	6,5	Bjarnarflag	0,5
Reykjadalir (Vesturdalir)	5,1	Reykjanes	0,5
Reykjadalir (Austurdalir)	5,1	Austurengjar (Krýsuvík)	0,4
Reykjadalir (Kaldaklof)	5,1	Núpsvirkjun I	0,4
Skatastaðavirkjun II	3,7	Seltún (Krýsuvík)	0,3
Brennisteinsalda (Torfajökull)	3,7	Trölladyngja (Krýsuvík)	0,3
Háuhverir (Torfajökull)	3,7	Sandfell (Krýsuvík)	0,3
Skatastaðvirkjun I	3,4	Þverárdalur (Hengill)	0,2
Grændalur (Hengill)	2,7	Krafla Vestursvæði	0,2
Hrafnabjargavirkjun II	2,2	Hágöngusvæði	0,2
Villinganesvirkjun	1,5	Svartsengi - Eldvörp	0,2
Urriðafossvirkjun	1,4	Nesjavellir (Hengill)	0,1
Hrafnabjargavirkjun I	1,2	Ölkelduháls (Hengill)	0,1
Þeistareykir	1,2	Búðarhálsvirkjun	0,1
Brennisteinsfjöll	1,0	Hellisheiði (Hengill)	0,1
Fljótshnjúksvirkjun	0,9	Krafla (núverandi)	0,1
Krafla-Leirhnjúkur	0,9		

TAFLA 3.4A EINKUNNIR FAGHÓPS I FYRIR TEGUNDIR/ LÍFVERUR, ALLAR VIRKJANIR - RAÐAÐ EFTIR ÁHRIFAEINKUNN

	Verðmæti				Áhrif			
	Sam- vegið	auðg./ fjölbr.	fágæti	alþj. ábyrg	Sam- vegið	auðg./ fjölbr.	fágæti	alþj. ábyrg
<i>Vægi viðmiðs</i>	<i>1,00</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,2</i>	<i>1,00</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,2</i>
Kárahnjúkavirkjun	5,9	6,7	6,7	3,0	8,4	9,7	9,7	3,0
Fljótsdalsvirkjun	6,2	6,3	6,3	6,0	7,6	10,0	6,0	6,0
Norðlingaölduveita	10,0	10,0	10,0	10,0	6,9	6,3	6,0	10,0
Bjarnarflag	5,3	3,0	9,7	1,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Jökulsá á Fjöllum	5,5	6,0	7,0	1,3	5,4	6,0	7,0	1,0
Urriðafossvirkjun	4,8	5,2	6,0	1,5	5,0	6,0	6,0	1,0
Villinganesvirkjun	5,0	6,0	6,0	1,0	4,8	5,8	5,8	1,0
Brennisteinsalda (Torfajökull)	4,1	6,0	3,8	1,0	4,2	6,0	3,0	3,0
Skatastaðavirkjun a	4,0	5,5	3,0	3,0	3,7	3,2	5,5	1,0
Skatastaðavirkjun b	4,0	5,5	3,0	3,0	3,7	3,2	5,5	1,0
Grændalur (Hengill)	5,0	6,0	6,0	1,0	3,1	3,2	3,2	2,8
Reykjadalir (Torfajökull)	5,0	6,0	6,0	1,0	3,1	3,2	3,0	3,0
Skaftárveita	2,7	3,0	3,3	1,0	3,0	3,5	3,9	0,4
Hrafnabjargavirkjun a	4,2	3,0	6,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Hrafnabjargavirkjun b	4,5	3,0	6,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Fljótshnjúksvirkjun	4,5	3,0	6,7	3,0	2,6	3,0	3,0	1,0
Markarfljótsvirkjun a	1,8	3,0	1,0	1,0	2,6	3,0	3,0	1,0
Markarfljótsvirkjun b	1,8	3,0	1,0	1,0	2,6	3,0	3,0	1,0
Reykjanes	5,4	6,0	6,0	3,0	2,5	3,0	3,2	0,0
Krafla (núverandi)	2,6	3,0	3,0	1,0	2,4	3,0	3,0	0,1
Austurengjar (Krýsuvík)	3,8	6,0	3,0	1,0	2,4	3,0	3,0	0,0
Háuhverir (Torfajökull)	1,0	1,0	1,0	1,0	2,4	3,0	3,0	0,0
Innstidalur (Hengill)	1,9	3,2	1,0	1,0	2,4	3,0	3,0	0,0
Krafla - Leirhnjúkur	2,6	3,0	3,0	1,0	2,4	3,0	3,0	0,0
Nesjavellir (Hengill)	2,6	3,3	2,8	1,0	2,4	3,0	3,0	0,0
Seltún (Krýsuvík)	3,8	6,0	3,0	1,0	2,4	3,0	3,0	0,0
Trölladyngja (Krýsuvík)	1,8	3,0	1,0	1,0	2,4	3,0	3,0	0,0
Þeistareykir	2,6	3,0	3,0	1,0	2,4	3,0	3,0	0,0
Hólmsársvirkjun	2,6	3,0	3,1	1,0	1,8	1,0	3,0	1,0
Núpsvirkjun a	2,0	3,5	1,0	1,0	1,6	3,0	1,0	0,1
Þverárdalur (Hengill)	1,8	3,0	1,0	1,0	1,6	3,0	1,0	0,0
Núpsvirkjun b	2,0	3,5	1,0	1,0	1,3	3,0	0,3	0,1
Skaftárvirkjun	1,8	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Brennisteinsfjöll	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,0
Hágöngusvæði	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,0
Hellisheiði (Hengill)	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,0
Krafla - Vestursvæði	2,6	3,0	3,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,0
Ólkelduháls (Hengill)	2,8	3,5	3,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,0
Búðarhálsvirkjun	1,7	2,8	1,0	1,0	0,5	1,0	0,2	0,1
Sandfell (Krýsuvík)	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	0,2	0,0
Svartsengi - Eldvörp	1,1	1,3	1,0	1,0	0,5	1,0	0,2	0,0

TAFLA 3.4B EINKUNNIR FAGHÓPS I FYRIR MENNINGARMINJAR, ALLAR VIRKJANIR - RAÐAÐ EFTIR ÁHRIFAEINKUNN

	Verðmæti					Áhrif				
	Samtals	auðgi/ fjölbr.	fágæti	stærð, heild	uppl. gildi	Samtals	auðgi/ fjölbr.	fágæti	stærð, heild	uppl. gildi
Vægi viðmiðs	1,00	0,2	0,3	0,2	0,3	1,00	0,2	0,3	0,2	0,3
Hrafnabjargavirkjun a	7,1	6,8	9,1	6,5	5,8	6,3	4,6	7,0	6,1	7,0
Hrafnabjargavirkjun b	7,2	6,8	9,4	6,5	5,8	6,3	4,6	7,0	6,1	7,0
Núpsvirkjun b	8,2	6,0	9,7	6,0	9,7	6,0	5,8	6,0	6,0	6,0
Urriðafossvirkjun	5,9	5,8	6,0	5,8	6,0	5,9	5,8	6,0	5,8	6,0
Núpsvirkjun a	7,2	6,0	6,3	6,0	9,7	5,9	5,8	6,0	6,0	5,8
Kárahnjúkavirkjun	8,5	8,5	8,3	8,5	8,7	5,6	4,6	6,0	4,8	6,3
Jökulsá á Fjöllum	7,3	5,3	9,0	3,0	9,7	4,9	4,4	7,0	1,7	5,3
Þeistareykir	4,7	3,0	6,0	2,8	5,8	4,7	3,0	5,8	3,0	6,0
Villinganesvirkjun	7,6	6,8	9,7	5,8	7,2	4,5	5,4	4,8	3,8	4,0
Norðlingaölduveita	5,4	2,3	9,4	1,4	6,3	4,1	3,0	7,8	1,0	3,0
Hellisheiði (Hengill)	5,1	5,8	5,5	3,0	5,8	3,8	3,0	3,0	3,0	5,8
Skatastaðavirkjun a	7,3	5,4	8,7	5,2	8,5	3,6	3,0	3,0	6,0	3,0
Skatastaðavirkjun b	7,4	5,4	8,7	5,2	8,7	3,6	3,0	3,0	6,0	3,0
Búðarhálsvirkjun	1,6	1,0	1,0	1,0	2,8	3,1	3,0	1,0	2,8	5,5
Seltún (Krýsuvík)	4,8	3,0	6,0	3,0	6,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Skaftárvirkjun	2,5	2,4	3,1	1,0	3,0	2,7	1,3	4,9	1,0	2,7
Reykjanes	5,2	3,0	5,8	5,5	6,0	2,1	1,2	1,2	3,0	3,0
Markarfljótsvirkjun b	4,4	3,0	5,3	1,3	6,4	2,0	1,0	2,4	1,0	3,0
Fljótshnjúksvirkjun	7,2	6,8	9,4	6,5	5,8	1,9	1,7	1,7	1,7	2,5
Hólmsárvirkjun	3,8	3,0	2,6	2,6	6,3	1,9	1,0	2,7	1,0	2,2
Markarfljótsvirkjun a	4,4	3,0	5,3	1,3	6,4	1,8	1,2	2,0	1,2	2,5
Svartsengi - Eldvörp	2,0	2,8	1,0	1,0	3,0	1,6	1,0	1,0	1,0	2,8
Skaftárveita	1,1	1,0	1,2	1,0	1,2	1,3	1,0	1,6	1,0	1,3
Fljótsdalsvirkjun	5,6	5,2	5,2	5,2	6,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Brennisteinsfjöll	2,2	1,0	3,0	1,0	2,8	1,0	0,1	0,2	0,1	2,8
Sandfell (Krýsuvík)	1,6	1,0	1,0	1,0	3,0	0,9	0,1	0,1	0,0	2,8
Trölladyngja (Krýsuvík)	1,6	1,0	1,0	1,0	3,0	0,9	0,1	0,1	0,0	2,8
Grændalur (Hengill)	1,6	1,0	1,0	1,0	3,0	0,9	0,0	0,0	0,0	2,8
Þverárdalur (Hengill)	1,6	1,0	1,0	1,0	3,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0
Krafla - Leirhnjúkur	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Brennisteinsalda (Torfajökull)	2,1	1,2	2,8	1,0	2,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Austurengjar (Krýsuvík)	4,7	3,0	5,8	3,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bjarnarflag	2,2	1,0	3,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hágöngusvæði	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Háuhverir (Torfajökull)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Innstidalur (Hengill)	1,6	1,0	1,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Krafla (núverandi)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Krafla - Vestursvæði	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nesjavellir (Hengill)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reykjadalir (Torfajökull)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ölkelduháls (Hengill)	1,6	1,0	1,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**TAFLA 3.4C EINKUNNIR FAGHÓPS OG VÍÐERNI, ALLAR VIRKJANIR - RAÐAÐ EFTIR HEILDAR-
ÁHRIFAEINKUNN**

	Verðmæti										Áhrif										
	Sam- tals við- fang	Landsl. & stök	auðgi/ fjölbr.	fágæti	stærð, heild	sjón- rænt	Víðerni	fágæti	stærð, heild	auðgi/ fjölbr.	Landsl. & stök	Landsl. & stök	auðgi/ fjölbr.	fágæti	stærð, heild	sjón- rænt	Víðerni	fágæti	stærð, heild	Áhrif línu og vega	Heildar- áhrif
vog			0,3	0,2	0,2	0,3	1	0,2	0,8			1	0,3	0,2	0,2	0,3	1	0,2	0,8		
Markarfljótsvirkjun b	9,5	9,7	10,0	10,0	8,7	10,0	8,9	7,4	9,3			9,3	9,1	8,2	9,1	10,0	9,6	8,0	10,0	10,0	9,5
Markarfljótsvirkjun a	9,5	9,7	10,0	10,0	8,7	10,0	8,9	7,4	9,3			9,1	9,1	8,2	9,2	10,0	8,8	8,0	9,0	10,0	9,4
Kárahnjúkavirkjun	7,5	6,6	7,3	6,0	6,7	6,3	9,3	6,7	10,0			9,1	8,9	9,7	10,0	9,7	9,4	7,0	10,0	9,7	9,3
Jökulsá á Fjöllum	9,7	9,6	9,3	10,0	10,0	9,3	9,9	9,4	10,0			9,3	9,2	9,0	10,0	10,0	9,4	7,0	10,0	6,0	9,3
Reykjadalir (Torfajökull)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,9	9,7	10,0			8,7	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,1
Háuhverir (Torfaj.)	9,9	9,8	9,7	10,0	9,7	10,0	10,0	10,0	10,0			8,1	7,1	6,0	9,7	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,7
Fijótsdalsvirkjun	7,3	6,7	7,3	6,7	6,0	6,7	8,4	6,7	8,8			8,2	8,0	7,0	9,0	10,0	8,6	7,0	9,0	9,7	8,7
Brennisteinsfjöll	6,2	6,4	3,4	8,0	10,0	6,0	5,6	8,0	5,0			7,1	7,2	6,0	10,0	10,0	6,8	10,0	6,0	10,0	8,1
Brennisteinsalda (Torfajökull)	7,3	9,1	10,0	10,0	6,0	9,7	3,6	6,0	3,0			6,5	7,9	10,0	9,7	10,0	3,6	6,0	3,0	10,0	7,7
Norðlingaölduveita	7,5	7,5	7,3	8,0	6,7	8,0	7,6	9,1	7,2			6,5	6,8	5,8	5,8	9,5	6,0	6,7	5,8	0,1	6,5
Grændalur (Hengill)	5,3	7,1	5,6	6,3	6,0	10,0	1,6	3,0	1,3			6,4	8,0	6,3	10,0	9,7	3,2	3,0	3,2	1,0	6,4
Fijótsnhjúksvirkjun ⁶	4,7	4,1	3,0	6,0	6,0	2,7	6,0	6,0	6,0			4,3	3,7	4,5	5,0	3,0	5,4	6,0	5,2	9,7	6,1
Þeistareykir	4,6	5,5	6,0	3,0	6,3	6,0	3,0	3,0	3,0			3,7	3,9	3,0	3,2	6,0	3,2	3,0	3,2	9,7	5,7
Innsidalur (Hengill)	3,9	5,0	3,0	6,0	5,5	6,0	1,5	3,0	1,2			5,1	6,8	3,0	9,3	9,5	1,7	3,0	1,4	6,0	5,4
Skatastaðavirkjun b	5,0	4,7	4,0	6,0	6,1	3,7	5,6	6,0	5,5			5,0	4,1	4,5	6,0	3,7	6,8	6,0	7,0	5,8	5,3
Skafárveita	7,1	7,6	6,0	10,0	9,7	6,1	6,0	6,0	6,0			4,7	4,4	3,1	3,3	5,6	5,3	3,5	5,8	1,2	4,7
Skatastaðavirkjun a	5,0	4,7	4,0	6,0	6,1	3,5	5,6	6,0	5,5			4,1	3,7	3,0	3,7	3,7	5,0	6,0	4,7	5,8	4,6
Hrafnabjargavirkjun b	4,3	3,5	3,0	3,0	6,0	2,7	6,0	6,0	6,0			4,5	3,8	3,0	5,8	3,7	6,0	6,0	6,0	3,2	4,5
Hagöngusvæði	3,2	4,3	5,8	5,5	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0			1,4	1,6	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	10,0	4,3
Krafla - Leirhnjúkur	4,3	4,9	6,0	3,2	3,2	6,0	3,0	3,0	3,0			4,1	4,6	6,0	3,0	6,0	3,2	3,0	3,2	3,2	4,1
Sandfell (Krýsuvík)	2,4	3,1	3,0	1,0	5,3	3,0	1,2	1,2	1,2			3,1	3,1	3,0	3,0	3,2	3,2	3,0	3,2	6,0	4,1
Fijótsnhjúksvirkjun A		0,0					0,0					4,1	3,4	3,0	3,0	3,0	5,4	6,0	5,2	3,0	4,1
Reykjanes	4,4	5,9	5,5	6,0	6,0	6,0	1,5	1,5	1,5			2,9	3,9	3,0	3,0	6,0	1,0	1,0	1,0	6,0	4,0
Hólmsárirkjun	4,0	4,4	3,0	2,8	5,8	6,0	3,0	3,2	3,0			2,6	2,5	1,5	2,5	3,2	2,7	1,6	3,0	5,6	3,6

⁶ Fyrir Hagöngusvæðið og Fijótsnhjúksvirkjun eru metnir tveir kostir. Í öðrum kostinum er gengið út frá því að leggja þurfi sérstaka línu að núverandi línuneti. Í hinum (merkt með A) er gengið út frá því að Sprengisandslína hafi verið teist.

	Sam- tals við- fang	Landsl. & stök	auðgi/ fjölbr.	fágæti	stærð, heild	sjón- rænt	Víðerni	fágæti	stærð, heild	sjón- rænt	Víðerni	fágæti	stærð, heild	Áhrif línu og vega	Heildar- áhrif
Skaftárvirkjun	4,6	5,2	5,3	4,3	4,9	6,1	3,4	3,2	3,5	3,0	3,0	3,0	6,0	1,0	3,2
Svartsengi - Eldvörp	1,7	2,0	1,2	1,0	3,0	3,0	1,1	1,0	1,2	3,0	3,2	1,0	3,0	1,2	3,2
Hrafnabjargavirkjun a	4,3	3,5	3,0	3,0	6,0	2,7	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	1,5	3,0	3,0	3,0
Hágöngusvæði A		0,0					0,0							1,0	2,9
Trölladyngja (Krýsuvík)	3,3	4,4	5,5	3,0	6,0	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,2	3,0	6,0	1,2	2,9
Núpsvirkjun a	2,7	3,5	6,0	1,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	6,0	1,0	6,0	0,0	2,7
Villinganesvirkjun	2,7	3,5	3,0	3,0	5,8	2,9	1,0	1,0	1,0	3,0	5,3	1,8	2,5	1,0	2,7
Urriðafossvirkjun	1,3	1,5	2,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	6,0	6,0	2,8	3,0	0,0	2,6
Krafla - Vestursvæði	4,0	4,6	5,6	2,8	3,0	5,8	2,7	2,7	2,7	3,0	3,0	3,0	3,0	1,4	2,4
Núpsvirkjun b	2,7	3,5	6,0	1,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	6,0	6,0	1,0	3,0	0,0	2,3
Austurengjar (Krýsuvík)	4,0	5,4	6,0	6,0	3,0	6,0	1,2	1,2	1,2	3,2	3,2	1,0	3,0	1,2	2,3
Seltún (Krýsuvík)	4,0	5,5	6,0	6,0	3,2	6,3	1,0	1,0	1,0	3,2	3,2	1,0	3,0	0,2	2,0
Þverárdalur (Hengill)	2,5	3,1	3,0	1,0	5,5	3,0	1,4	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,2	1,7
Ölkeiduháls (Hengill)	1,4	1,6	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	1,0	3,0	0,2	1,4
Bjarnarflag	2,7	3,5	6,0	3,0	1,2	3,0	1,0	1,0	1,0	3,2	3,2	1,0	1,2	0,1	1,2
Krafla (núverandi)	3,4	3,7	5,6	2,8	3,0	3,0	2,7	2,7	2,7	3,0	3,0	1,0	1,0	0,1	1,1
Nesjavellir (Hengill)	2,8	3,7	5,8	3,0	1,3	3,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Búðarhálsvirkjun	1,4	1,6	2,8	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0
Hellisheiði (Hengill)	1,1	1,1	1,2	1,0	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,0	1,0	0,2	0,8

TAFLA 3.4D1 EINKUNNIR FAGHÓPS I FYRIR JARÐMINJAR OG VATNAFAR, ALLAR VIRKJANIR - RAÐAÐ EFTIR VERÐMÆTAEINKUNN

Verðmæti		Berggrunnur				Jarðgrunnur				Grunnvatn				Fall- og stöðuvötn				
		Alls	auðgi/ fjölb./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölb./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölb./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölb./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	
	vog	Samtals	0,25	0,5	0,3	0,2	0,25	0,5	0,3	0,2	0,17	0,5	0,3	0,2	0,33	0,5	0,3	0,2
Jökulsá á Fjöllum		7,6	8,6	8,6	8,6	5,8	5,2	5,2	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	7,6	8,6	5,2	8,6
Reykjadalir (Torfajökull)		6,8	8,8	10,0	10,0	5,1	6,0	3,0	6,0	6,0	7,8	9,7	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Seltún (Krýsuvík)		6,0	6,1	6,0	6,6	4,5	6,0	3,0	3,2	3,2	8,6	9,7	6,0	10,0	5,7	5,8	5,5	5,8
Skaffárveita		6,0	9,2	8,3	10,0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	8,5	10,0	5,2	10,0	4,7	6,0	2,4	5,1
Austurengjar (Krýsuvík)		6,0	6,0	6,0	6,0	4,5	6,0	3,0	3,0	3,0	8,6	9,7	6,0	10,0	5,7	5,8	5,5	5,8
Skaffárvirkjun		5,7	7,4	7,4	7,5	5,0	5,0	5,0	5,1	5,1	5,5	5,8	3,9	7,0	5,1	6,0	3,0	6,0
Markarfljótsvirkjun a		5,5	6,6	8,3	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,7	3,1	1,6	3,5
Markarfljótsvirkjun b		5,5	6,6	8,3	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,7	3,1	1,6	3,5
Kárahnjúkvirkjun		5,1	4,7	6,0	3,5	7,1	8,6	4,6	6,9	6,9	2,2	2,6	1,4	2,6	5,3	6,0	3,8	6,0
Reykjanes		4,9	8,9	10,0	6,3	2,4	3,0	1,0	3,0	3,0	8,6	9,7	6,0	10,0	1,9	2,8	1,0	1,0
Skatastaðavirkjun b		4,8	4,4	4,8	4,7	4,0	5,2	3,0	2,6	2,6	5,4	5,2	5,8	5,2	5,4	5,2	5,8	5,2
Brennisteinsalda (Torfaj.)		4,7	6,1	6,0	6,0	2,7	3,0	3,0	1,3	1,3	5,2	6,0	3,2	6,0	5,1	6,0	3,0	5,8
Grændalur (Hengill)		4,7	3,7	3,0	3,2	5,1	6,0	3,0	6,0	6,0	5,2	6,0	3,2	6,3	4,9	5,5	3,0	6,0
Skatastaðavirkjun a		4,6	4,3	4,7	4,7	3,9	5,2	2,6	2,6	2,6	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
Hrafnabjargavirkjun a		4,6	3,0	3,0	3,0	6,0	7,0	5,0	5,0	5,0	3,2	3,2	3,2	3,0	5,4	6,0	6,0	2,8
Hrafnabjargavirkjun b		4,6	3,0	3,0	3,0	6,0	7,0	5,0	5,0	5,0	3,2	3,2	3,2	3,0	5,4	6,0	6,0	2,8
Krafla (núverandi)		4,1	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,1	6,0	3,0	6,0	3,0	3,0	2,8	3,0
Krafla - Leirhnjúkur		4,1	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,1	6,0	3,0	6,0	3,0	3,0	2,8	3,0
Krafla - Vestursvæði		4,1	5,9	6,0	5,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,1	6,0	3,0	6,0	3,0	3,0	2,8	3,0
Háuhverir (Torfajökull)		3,9	6,9	6,3	6,0	2,4	3,0	1,0	3,0	3,0	5,2	6,0	3,2	6,0	2,0	3,0	1,2	1,0
Fijótsdalsvirkjun		3,8	3,9	6,0	1,2	4,3	5,5	2,9	3,1	3,1	1,0	1,0	1,0	1,2	4,8	5,2	3,8	5,2
Bjarnarflag		3,8	4,6	3,2	6,0	2,4	3,0	1,0	3,0	3,0	6,1	6,0	6,0	6,3	3,1	3,2	3,0	3,0
Fijótsnhjúkuvirkjun		3,5	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	3,2	3,2	3,2	3,0	5,2	5,8	5,8	2,8

	Berggrunnur				Jarðgrunnur				Grunnvatn				Fall- og stöðuvötn			
	Alls	auðgi/ fjölbr./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölbr./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölbr./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölbr./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi
Nesjvellir (Hengill)	3,4	6,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,9	5,8	6,0	6,3	2,1	1,2	3,0	3,0
Trölladyngja (Krysumvík)	3,4	6,0	3,0	6,0	2,4	3,0	1,0	3,0	3,1	3,0	3,2	3,2	3,0	3,0	3,0	3,0
Brennisteinsfjöll	3,2	10,0	9,7	10,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
Norðlingaöduveita (575)	3,2	3,0	1,5	1,2	2,6	3,0	2,6	1,4	3,5	3,0	3,5	4,7	4,4	5,0	3,0	5,0
Þeistareykir	2,9	6,0	3,4	6,1	1,0	1,0	1,0	1,0	3,7	3,0	3,2	6,3	2,3	2,8	1,0	2,8
Núpsvirkjun a	2,9	3,0	3,0	6,0	2,4	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,6	3,0	3,0	1,0
Núpsvirkjun b	2,9	3,0	3,0	6,0	2,4	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,6	3,0	3,0	1,0
Innstidalur (Hengill)	2,7	3,0	3,2	3,2	2,4	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,2	2,4	3,0	1,0	3,0
Hágöngusvæði	2,6	5,8	5,8	3,0	1,6	1,0	3,0	1,0	3,1	3,2	3,0	3,0	1,3	1,3	1,2	1,3
Hólmsársvirkjun	2,5	2,6	1,0	2,6	1,0	1,0	1,0	1,0	3,9	5,2	2,6	2,6	3,2	5,2	1,2	1,2
Ölkelduháls (Hengill)	2,5	3,0	3,0	3,2	1,1	1,2	1,0	1,0	3,8	3,2	3,0	6,3	2,4	3,0	1,0	3,0
Svartsengi - Eldvörp	2,4	3,2	3,5	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,1	6,0	3,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Villinganesvirkjun	2,4	2,6	1,0	1,2	2,6	2,6	2,6	2,5	3,1	3,2	2,8	3,2	2,3	2,6	2,6	1,4
Þverárdalur (Hengill)	2,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	1,0	1,2	2,0	3,0	1,2	1,0
Búðarhálsvirkjun	1,9	1,0	2,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,9	3,0	2,7	3,0	2,4	2,7	2,7	1,0
Heilishéiði (Hengill)	1,8	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,6	2,8	3,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
Sandfell (Krysumvík)	1,5	2,8	3,0	2,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
Urriðafossvirkjun	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,3	2,8	1,2	2,8

TAFLA 3.4D2 EINKUNNIR FAGHÓPS I FYRIR JARÐMINJAR OG VATNAFAR, ALLAR VIRKJANIR - RAÐAÐ EFTIR ÁHRIFAEINKUNN

Áhrif	Berggrunnur				Jarðgrunnur				Grunnvatn				Fall- og stöðuvötn			
	Alls	auðgi/ fjölbr./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölbr./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölbr./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölbr./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi
vog	Samtals															
Jökulsá á Fjöllum	6,7	3,1	3,0	3,2	3,0	3,0	3,0	3,0	6,0	6,0	6,0	6,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Kárahnjúkavirkjun	5,7	3,1	3,0	3,2	3,2	3,0	3,0	3,0	8,0	6,3	9,7	9,7	2,4	3,0	1,0	3,0
Markarfiðsvirkjun b	4,4	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	10,0	10,0	10,0	10,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Markarfiðsvirkjun a	3,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	10,0	10,0	10,0	10,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Skatastaðvirkjun b	4,4	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,4	3,0	1,0	3,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Skatastaðvirkjun a	4,2	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,4	3,0	1,0	3,0	5,1	6,0	3,0	6,0
Fliósdalsvirkjun	3,9	2,6	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	5,1	6,0	3,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Norðlingaöduveita	2,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	2,8	3,0	2,4	2,8	1,4	3,0
Skaftárvirkjun	2,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	4,0	4,0	4,0	4,0	1,5	1,2	1,2	3,0
Hrafnabjargvirkjun a	2,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	4,4	4,0	4,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Hrafnabjargvirkjun b	2,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	4,4	4,0	4,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Grændalur (Hengill)	2,7	2,5	3,0	1,3	3,0	3,0	3,0	3,0	1,1	1,0	1,3	1,0	3,9	6,0	1,2	3,0
Villinganesvirkjun	2,6	3,6	3,0	3,0	3,0	3,0	6,0	6,0	2,4	3,0	1,0	3,0	3,2	3,2	1,4	6,1
Skaftárveita	2,4	1,5	1,6	1,6	1,3	1,6	1,3	1,3	2,1	2,0	2,0	2,4	2,7	2,6	2,9	2,6
Urríðafosvirkjun	2,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,4	3,0	1,0	3,0
Nesjavellir (Hengill)	2,3	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0
Brennisteinsá (Torfaj.)	2,2	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	2,4	3,0	1,0	3,0
Þverárdalur (Hengill)	2,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ölkelduháls (Hengill)	2,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,4	3,0	1,2	3,0
Flióthnjúksvirkjun	1,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,4	3,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Núpsvirkjun a	1,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,4	3,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Núpsvirkjun b	1,8	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0
Bjarnarflag	1,7	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	5,1	6,0	3,0	6,0
Austurengjar (Krýsuvík)	1,7	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,4	3,0	1,2	3,0
Seltún (Krýsuvík)	1,7	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,4	3,0	1,2	3,0
Krafla - Leirhnjúkur	1,8	2,6	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0	3,0	1,0	1,0	1,2	1,0	3,5	6,0	1,0	1,0
Innstidalur (Hengill)	1,8	2,0	3,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0
Reykjadalur (Torfajökull)	1,6	1,1	1,0	1,3	1,0	1,3	1,0	1,0	1,1	1,0	1,3	1,0	2,4	3,0	1,0	3,0
Búðarhálsvirkjun	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Áhrif	Berggrunnur				Jarðgrunnur				Grunnvatn				Fall- og stöðuvötn			
	Alls	auðgi/ fjölb./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölb./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölb./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi	Alls	auðgi/ fjölb./ fágæti	stærð heild	uppl. gildi
Trölladyngja (Krýsuvík)	1,5	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,2	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0
Þeistareykir	1,5	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0
Krafla - Vestursvæði	1,5	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	6,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,4
Hólmsárirkjún	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	2,0	3,0	1,2	1,0
Reykjanes	1,3	1,0	1,3	1,2	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Háuhverir (Torfajökull)	1,3	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Krafla (núverandi)	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Hellisheiði (Hengill)	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	6,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Brennisteinsfjöll	1,2	2,5	6,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,2	1,0	2,0	3,0	1,2	1,0
Hágöngusvæði	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,1	1,2	1,0	1,2
Svartsengi - Eldvörp	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	3,0	1,4	1,0	1,2	0,0
Sandfell (Krýsuvík)	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0

TAFLA 3.4E EINKUNNIR FAGHÓPS I FYRIR VISTGERÐIR OG JARÐVEG, ALLAR VIRKJANIR - RAÐAÐ EFTIR ÁHRIFAEINKUNN

	Verðmæti					Áhrif				
	Samtals	auðgi fjölbr.	stærð, heild	alpj. ábyrg	uppl. gildi	Samtals	auðgi fjölbr.	stærð, heild	alpj. ábyrg	uppl. gildi
Vog	1	0,3	0,3	0,1	0,1	1	0,3	0,3	0,1	0,1
Fijótsdalsvirkjun	6,9	6,5	7,6	6,0	4,8	9,0	9,7	9,7	6,0	6,0
Kárahnjúkavirkjun	8,2	8,8	8,0	3,8	8,0	8,5	9,4	9,4	3,0	6,0
Jökulsá á Fjöllum	6,5	6,5	8,0	2,5	6,0	8,5	10,0	10,0	3,2	9,7
Grændalur (Hengill)	5,4	6,0	6,0	1,2	6,0	5,7	6,0	6,0	3,0	6,0
Norðlingaölduveita	9,9	10,0	9,7	10,0	9,7	5,3	4,3	4,0	10,0	6,0
Skatastaðavirkjun a	5,0	5,3	6,0	3,0	5,2	4,6	3,0	5,8	3,0	5,5
Skatastaðavirkjun b	5,0	5,3	6,0	3,0	5,2	4,6	3,0	5,8	3,0	5,5
Bjarnarflag	5,7	3,5	9,4	3,2	9,7	3,8	3,0	6,0	3,0	6,0
Brennisteinsalda (Torfajökull)	4,0	3,0	6,0	1,0	5,8	3,7	3,0	6,0	1,0	3,0
Fijótsnhjúkuvirkjun	2,9	3,4	3,0	1,2	2,8	3,5	3,0	6,0	1,0	1,2
Hólmsárvirkjun	2,6	2,7	3,0	1,0	2,7	3,2	3,0	3,0	0,0	3,0
Markarfiótsvirkjun a	3,2	3,4	2,5	1,0	1,8	2,7	3,0	1,0	0,0	3,0
Markarfiótsvirkjun b	3,2	3,4	2,5	1,0	1,8	2,7	3,0	1,0	0,0	3,0
Villinganesvirkjun	3,0	3,4	3,4	1,0	3,0	2,7	3,0	3,2	3,0	3,0
Hrafnabjargavirkjun a	2,9	3,4	3,0	1,2	2,8	2,6	3,0	3,0	1,0	1,0
Hrafnabjargavirkjun b	2,9	3,4	3,0	1,3	2,8	2,6	3,0	3,0	1,0	1,0
Skaftárvirkjun	2,9	3,0	1,8	1,0	1,4	2,5	3,0	1,0	0,0	1,0
Núpsvirkjun b	2,7	3,0	3,0	1,0	3,0	2,3	3,0	2,8	0,0	3,0
Reykjadalir (Torfajökull)	3,4	3,0	3,0	1,0	3,0	2,1	1,0	1,2	0,0	3,0
Peistareykir	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,2	0,0	3,0
Krafla - Leirhnjúkur	2,2	3,0	1,0	1,0	3,0	1,5	1,0	1,0	0,1	3,0
Háuhverir (Torfajökull)	2,2	1,0	3,0	1,0	3,0	1,5	1,0	1,0	0,0	3,0
Trölladyngja (Krýsuvík)	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	0,0	3,0
Urriðafossvirkjun	2,7	3,0	3,0	1,0	3,0	1,5	2,8	1,0	0,0	1,0
Skaftárveita	5,8	3,0	8,6	1,0	5,5	1,3	1,0	1,5	0,1	3,2
Brennisteinsfjöll	2,1	1,2	1,0	1,6	1,0	1,3	1,0	1,0	0,0	1,2
Krafla - Vestursvæði	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	0,1	1,0

	Verðmæti						Áhrif													
	Samtals		auðgi fjölbr		stærð, heild		alpj. ábyrg		uppl. gildi		Samtals		auðgi fjölbr		stærð, heild		alpj. ábyrg		uppl. gildi	
	Samtals	auðgi fjölbr	fágæti	stærð, heild	alpj. ábyrg	uppl. gildi	Samtals	auðgi fjölbr	fágæti	stærð, heild	alpj. ábyrg	uppl. gildi	Samtals	auðgi fjölbr	fágæti	stærð, heild	alpj. ábyrg	uppl. gildi		
Innstidalur (Hengill)	2,0	3,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	1,3	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0		
Svartsengi - Eldvörp	2,0	1,0	1,0	6,0	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	1,3	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0		
Þverárdalur (Hengill)	1,6	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	1,2	1,0	1,0	3,0	0,0	0,1		
Ölkelduháls (Hengill)	1,6	3,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	1,2	1,0	1,0	3,0	0,0	3,0		
Reykjanes	2,6	4,5	1,0	3,0	1,0	3,0	1,1	1,0	1,0	3,0	0,0	3,0	1,1	1,0	1,0	3,0	0,0	3,0		
Nesjavellir (Hengill)	2,0	3,0	1,0	3,0	1,0	1,2	1,1	1,0	1,0	3,0	0,0	1,2	1,1	1,0	1,0	1,2	0,0	3,0		
Austurengjar (Krýsuvík)	4,5	6,0	5,8	3,0	1,0	3,0	1,1	1,0	1,0	3,0	0,0	3,0	1,1	1,0	1,0	3,0	0,0	3,0		
Núpsvirkjun a	2,7	3,0	3,0	2,5	1,0	3,0	1,1	1,0	1,0	3,0	0,0	3,0	1,1	1,0	1,0	3,0	0,0	3,0		
Seltún (Krýsuvík)	4,5	6,0	5,8	3,0	1,0	3,0	1,1	1,0	1,0	3,0	0,0	3,0	1,1	1,0	1,0	3,0	0,0	3,0		
Krafla (núverandi)	2,0	3,0	1,0	3,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,1	1,0		
Búðarhálsvirkjun	1,9	3,0	1,0	2,7	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0		
Hágöngusvæði	1,1	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0		
Hellisheiði (Hengill)	1,4	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0		
Sandfell (Krýsuvík)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,9	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0		

SÉRSTAKAR ÁBENDINGAR FAGHÓPS Í UM TILTEKIN SVÆÐI

Háuhverir

Hæstur jarðvarmavirkjana í landslagi og hár í heild, með 10,0 eða 9,7 í fjórum landslagsþáttum.

Svæðið er innan friðlands og hluti af einni sérstæðustu og áhrifamestu landslagsheild landsins, hátt sjónrænt og fágætisgildi landslags.

Framkvæmd myndi hafa mjög mikil sjónræn áhrif á landslag.

Ósnert háhitasvæði með vatns- og gufuhverum og fjölbreyttum jarðmyndunum, líparíti og basalti.

Torfajökull er allur mjög dýrmæt náttúruperla, sérstaklega vegna landslags.

Torfajökulssvæðið er allt dýrmætt sökum landslags.

Fyrir landslag og mikil áhrif virkjunar á landslagsheild og víðerni.

Brennisteinsfjöll

Næst hæstur jarðvarmavirkjana í landslagi, með 10,0 fyrir þrjá landslagsþætti, auk þess að vera langhæstur fyrir einn þátt berggrunns (6,0).

Ósnortið víðerni sem þarf að varðveita.

Ósnert háhitasvæði með fjölbreyttum jarðminjum frá nútíma. Einstakt svæði á heimsvísu.

Eina ósnortna háhitasvæðið á Reykjanesskaga.

Fyrir háa einkunn í landslagi og víðernum en aftur lítið í öðrum viðföngum.

Grændalur

Hæstur jarðvarmavirkjana í heild, í jarðminjum og vatnafari, í vistgerðum og með 10,0 eða 9,7 í tveimur landslagsþáttum, auk þess að vera hæstur (6,0) í einum þætti grunnvatns.

Óspillt lífríki. Skorar hátt í öllum viðföngum nema menningarminjum.

Ósnert jarðhitasvæði á jaðri Hengilssvæðisins. Óvenjumikið af vatnshverum og volgrum með tilheyrandi gróðri og örverulífi.

Einangraður, ósnortinn dalur með verðmætt náttúrufar, m.a. hveralíf, hveravirkni í mýrlendi o.fl.

Einangraður, ósnortinn dalur með verðmætt náttúrufar m.a. hveralíf og hveravirkni í mýrlendi.

Skaftárveita

Ósnortið vatnasvið, óbyggð víðerni og sérstæð landslagsfegurð.

Vegna landslags og víðernis og návígis við Laka. Hátt fyrir þessi viðföng en fellur niður vegna hinna viðfanganna, s.s. lífríkis sem er mjög lágt.

Brennisteinsalda - Landmannalaugar

Svæðið er innan friðlands og hluti af einni sérstæðustu og áhrifamestu landslagsheild landsins, hátt sjónrænt og fágætisgildi landslags, framkvæmd myndi hafa mjög mikil sjónræn áhrif á landslag.

Viðauki b4

Faghópur II , aðferðafræði og niðurstaða mats

AÐFERÐAFRÆÐI FAGHÓPS II (ÚTIVIST OG HLUNNINDI)

Faghópur II hefur unnið að því að skilgreina þá þætti sem honum var falið að meta. Farin var sú leið að flokka fyrst niður í þrjá efnisþætti eða viðföng, a) útivist, b) veiðar og c) hlunnindi. Lagt var mat á gildi útivistar og veiða til afþreyingar með því að áætla fjölda daga sem varið er til þessara þátta. Efnahagsleg áhrif af ferðaþjónustu og veiðum falla undir faghóp III. Með hlunnindum er átt við landnytjar aðrar en veiði, svo sem beit og nytjar af berjum og grösom.

Hverju viðfangi er skipt í undirviðföng til að auðvelda mat á áhrifum virkjunar á mismundi þætti. Því er ekki að leynd að oft getur atriði átt heima í fleiri en einu undirviðfangi.

Viðföng og undirviðföng

Útivist

- *Stuttar ferðir (dagsferðir)*. Ferðir þar sem ferðamaður kemur á svæðið að morgni og er farinn út af því að kveldi. Ferðast er í langferðabifreiðum, bílaleigubílum, einkabílum eða með öðrum hætti. Ekki er gist á svæðinu. Mjög stuttar gönguferðir og landslagsskoðun. Sem dæmi um slíkar ferðir má nefna rútuferð frá Reykjavík til Gullfoss og Geysis.
- *Langar ferðir*. Í þessum flokki eru ferðir sem taka tvo eða fleiri daga. Gist er í tjöldum eða í húsum eina nótt eða fleiri. Í þessum flokki eru gönguferðir, skíðaferðir, hjólréiðaferðir o.fl. þ.h. Dæmi: Gönguferð eftir Laugaveginum, skíðaferð um Lakasvæðið, hjólréiðaferð þvert yfir hálendið.
- *Náttúruskoðun*. Í þessum flokki er það meginmarkmið ferðar að skoða ákveðna þætti náttúrunnar, s.s. jökla, hella, jarðmyndanir, plöntur og fugla, og að taka myndir. Það liggur í hlutarins eðli að náttúruskoðun grípur inn í aðrar ferðir. Þennan þátt má iðka hvort sem um dagsferð er að ræða eða lengri ferð.
- *Ævintýraferðir*. Í þessum flokki eru ferðir þar sem mikið er lagt upp úr upplifunar- og ævintýragildi ferðarinnar. Gott dæmi um slíkar ferðir er fljótareið sem reynir á dug og þor. Einnig má flokka hér eintrjángingssiglingar, klettlífur, böð í heitum lindum og mjög krefjandi gönguferðir þar sem búið er við frumstæð skilyrði. Yfirleitt er gist á svæðinu. Gott dæmi um þennan flokk er fljótareið í jökulám Skagafjarðar.
- *Þjóðfræðiferðir*. Í þessum ferðum beinist athyglin að sögu, menningu og minjum. Í þessum ferðum er áherslan á örnefni, sögu og sagnir, lífshætti og aðra þá þætti sem snúa að menningu og þjóðfræði. Þessi tegund ferða hefur hingað til einkum höfðað til Íslendinga en það er að breytast. Dæmi: Ferð á Njáluslóðir. Ýmist er gist á svæðinu eða ekki.
- *Hestaferðir*. Þessi flokkur, eins og nafnið bendir til, snýst um ferðalög á hestum og í flestum tilfellum er um lengri ferðir að ræða. Gist á svæðinu. Dæmi um slíkar ferðir er hestaferð um Kjalveg hinn forna.
- *Vetrar- og jöklaferðir*. Í þessum flokki eru einkum ferðir þar sem fararskjótinn er vélknúinn, s.s. jeppar, vélsleðar eða snjóbílar. Ferðir sem að vetrinum ná til landsins alls en að sumrinu eingöngu á jökulum. Yfirleitt gist á svæðinu eða í grennd. Dæmi: Vélsleða-eða jeppaferð þvert yfir Vatnajökul.

- *Upplifun.* Undir þessum lið er reynt að meta áhrif svæðisins í heild og inn í þennan þátt spila mannvirki og önnur röskun af manna völdum. Hér koma einnig til dóms „ósnotin víðerni“ og hughrif þeirra.

Veiðar

- *Veðar í ám.* Stangveiðar í straumvötnum. Yfirleitt dvelja stangveiðimenn lengur en einn dag á svæðinu. Dæmi: Stangveiði í Blöndu.
- *Veðar í vötnum.* Í þessum flokki eru veiðar í stöðuvötnum hvort sem um er að ræða stangveiði eða netaveiði. Dæmi: Veiðar í Veiðivötnum. Yfirleitt dvelja veiðimenn á staðnum lengur en einn dag.
- *Skotveiðar.* Í þessum flokki eru allar veiðar á fiðurfénaði s.s. rjúpu, gæs og öndum. Yfirleitt er dvalið á svæðinu lengur en einn dag. Dæmi: Rjúpnaskyttirí á Holtavörðuheiði. Einnig eru í þessum flokki hreindýraveiðar.

Hlunnindi, þ.e. beit og aðrar landnytjar

- *Grasatekja og berjalestur.* Í þessum flokki er tínsla á fjallagrösom, sveppum og öðrum gróðri til ýmissa nota auk berjalesturs að hausti. Ýmist gist á svæðinu eða ekki.
- *Beit og ræktarland.* Hér er fyrst og fremst átt við sauðfjárbreit en einnig verður að taka tillit til hrossabeitar einkum á láglandi. Beit á hálendi er eingöngu bundin við tiltölulega stuttan tíma að sumrinu. Í þessum flokki verður að taka tillit til þjóðháttagildis (sbr. t.d. göngur og réttir).

Áhrif virkjunar eru metin á þann hátt að matið er fyrir hvert undirviðfang hvort áhrifin séu a) jákvæð, b) engin, c) lítil, d) nokkur eða e) mikil. Einkunnagjöf verður eftirfarandi:

Jákvæð áhrif	+3
Engin áhrif	0
Lítill neikvæð áhrif	-1
Nokkur neikvæð áhrif	-3
Mikil neikvæð áhrif	-5

Vægi undirviðfanga

Útivist Leitað var í smiðju Rögnvaldar Guðmundssonar og er mat hans, byggt á þeim ferðakönnunum sem til eru, eftirfarandi:

Útivist	Mat RG	Hlutdeild
Stuttar ferðir	3	0,10
Langar ferðir	4	0,13
Náttúruskoðun	5	0,17
Ævintýraferðir	4	0,13
Þjóðfræðiferðir	3	0,10
Hestaferðir	3	0,10
Vetrarferðir	3	0,10
Upplifun	5	0,17
Samtals	30	1,00

Vægi (hlutföll) þessi verða notuð við matið á virkjunarkostunum.

Veiðar Byggt er á upplýsingum um fjölda veiðidaga sem fengnar voru hjá Veiðimálastofnun og Veiðistjóraembættinu. Eins og fram kemur hér að neðan þá er umfang hreindýraveiða hverfandi og þeim því slegið saman við aðrar skotveiðar.

Veiði	Veiðidagar	Hlutdeild
Veiðar í ám	170.040	0,37
Veiðar í vötnum	209.280	0,46
Skotveiðar	75.000	0,17
Samtals	455.920	1,00

Vægi (hlutföll) þessi verða notuð við matið á virkjunarkostum.

Hlunnindi Þegar bera þarf saman beit og önnur hlunnindi er ekki um annað að ræða en notast við fjárhagsleg verðmæti. Í beitinni var stuðst við sauðfjárbreit helming úr árinu (6 mánuði). Til eru kannanir á fjölda sem fer í ber (um þriðjungur landsmanna) og til að geta vegið það saman við beitina gáfum við okkur að hver maður væri tilbúinn að greiða 1000 kr. fyrir aðgang.

Önnur hlunnindi		Verðmæti	Hlutdeild
Beit	Helmingur af stofni búnaðargjalds fyrir sauðfjárbúskap	1.925.500.000	0,954 (0,95)
Grös og ber	Áætlaður fjöldi berjatínslugadaga*1000 kr.	93.000.000	0,046 (0,05)
Samtals		2.018.500.000	1,000

Vægi viðfanga

Þegar reynt er að vega saman útivist, veiðar og hlunnindi er óhjákvæmilegt að notast við einhvers konar fjárhagsmat vegna þess að einn þátturinn verður tæpast metinn nema til fjár (þ.e. beit). Því var notast við hlutdeild ferðaþjónustu (m. veiðum) og sauðfjárræktar í vergi landsframleiðslu (VLF). Síðan þarf að greina í sundur ferðaþjónustu og veiðar.

1. þrep

	%	Hlutfall
Hlutdeild ferðaþjónustu (m. veiðum) í VLF	4,50%	0,91
Hlutdeild landbúnaðar/sauðfjárræktar í VLF	0,43%	0,09
Samtals	4,93	1,0

2. þrep

	Dagar	Hlutdeild
Ferðadagar	3.488.160	0,79
Veiðidagar	911.840	0,21
Samtals	4.400.000	1,00

Við útreikninga á fjölda ferðadaga er miðað við tölur úr könnunum og þar reiknast meðaldvöl erlendra ferðamanna 10 dagar en meðalferðalengd Íslendinga 5 dagar. Veiðidagar voru tvöfaldaðir þar sem bæta verður við ferðum til og frá veiðistað.

Endanlegt vægi viðfanga er því eftirfarandi:

Útivist	0,72
Veiði	0,19
Hlunnindi	0,09
Samtals	1,00

Veiði er metin hér sem veiðidagar en ekki sem hlunnindi.

EYÐUBLAÐ TIL MATS Á ÁHRIFUM VIRKJUNAR

VirkJun		Áhrif							
Viðfang	Vogtala undirviðfangs							Vogtala viðfangs	Hluteinkunn viðfangs
Útivist		Jákvæð +3	Engin 0	Lítill -1	Nokkur -3	Mikil -5	Vegin einkunn undirviðfangs		
Stuttar ferðir	0,10								
Langar ferðir	0,13								
Náttúruskoðun	0,17								
Ævintýraferðir	0,13								
Þjóðfræðiferðir	0,10								
Hestaferðir	0,10								
Vetrarferðir	0,10								
Upplifun	0,17								
Vegin meðaleinkunn								0,72	
Veiðar		Jákvæð +3	Engin 0	Lítill -1	Nokkur -3	Mikil -5	Vegin einkunn		
Veiðar í ám	0,37								
Veiðar í vötnum	0,46								
Skotveiðar	0,17								
Vegin meðaleinkunn								0,19	
Hlunnindi		Jákvæð +3	Engin 0	Lítill -1	Nokkur -3	Mikil -5	Vegin einkunn		
Grös og ber	0,05								
Beit	0,95								
Vegin meðaleinkunn								0,09	
Heildarmat áhrifa virkjunar									

Gefa skal einkunn fyrir undirviðföng. Summan af einkunnum fyrir undirviðföng myndar einkunn fyrir viðkomandi viðfang.

Við mat á áhrifum virkjana skal höfð hliðsjón af skýrslu Orkustofnunar eða viðkomandi orkufyrirtækis um viðkomandi virkjunarhugmynd. Vegna áhrifa á útivist skal stuðst við niðurstöður á rannsókn um framtíðarútivistargildi virkjunarsvæðis þar sem það á við.

FYRIRKOMULAG EINKUNNARGJAFAR

Einkunnargjöf fór fram með eftirfarandi hætti.

- Hver faghópsfélagi lagði fram tillögur að einkunn fyrir virkjunarhugmyndir, fyrir eitt eða fleiri viðföng og sendir ritara
- Ritari tók einkunnir saman og dregur fram þau atriði þar sem einkunnagjöf er mismunandi og sendir öllum í faghópnum með nafnleynd
- Faghópsfélagar fóru yfir álitamál og gefa einkunnir með rökstuðningi og senda ritara
- Ritari sendi út einkunnir með nafngreindum rökstuðningi
- Faghópsfélagar endurskoðuðu afstöðu sína og senda inn tillögu að einkunn
- Álitamál lögð fyrir fund til umræðu og reynt að samræma einkunnir á grundvelli framlagðs rökstuðnings
- Þar sem ekki fæst einróma einkunn ræður meirihluti atkvæða

Ef faghópurinn telur ástæðu til að veita einu tilteknu undirviðfangi sérstakt vægi vegna mikilvægis þess skal greint frá því sérstaklega (rautt flagg). Tillaga þess efnis þarf aukinn meirihluta til að hljóta framgang.

AHP-SAMANBURÐUR

Virkjunarkostir bornir saman tveir og tveir með AHP-aðferð fyrir hvert viðfang fyrir sig.

Þegar fært er inn í AHP-töfluna verður eftirfarandi einkunnakerfi notað um mun á mismunandi virkjunarkostum. Samanburður byggist á eftirfarandi gögnum:

1. Niðurstöðu mats skv. framangreindum eyðublöðum (gátlistum) um gildi svæðis og áhrifum virkjunar á það gildi.
2. Öðrum gögnum í virkjunarskýrslum og tiltækum rannsóknaskýrslum sem varða þau viðfangsefni sem metin eru, t.d. skýrslur um útivistar- og afþreyingarmöguleika og áhrif virkjana á þessi atriði.

Þegar fært er inn í AHP-töfluna verður eftirfarandi einkunnakerfi notað um mun á mismunandi virkjunarkostum.

1	jafn
2	smámunur
3	allnokkur munur
4	mikill munur
5	afgerandi munur

Niðurstaða samanburðar á grundvelli þriggja viðfanga skal vegin saman á grundvelli vogtalna sem faghópurinn hefur ákveðið.

TAFLA 4.1A ÁHRIFAEINKUNNIR FAGHÓPS II - ALLAR VIRKJANIR

Undirviðföng																	Heildareinkunn
	Vægi	Stuttar ferðir	Langar ferðir	Náttúruskoðun	Fvintýraferðir	Þjóðfræðiferðir	Hestaferðir	Vetrarferðir	Upplifun	Útivist	Veidar í ám	Veidar í vötnum	Skotveidar	Veidar	Grös og ber	Beit	
	10	13	17	13	10	10	10	17	0,72	37	46	17	0,19	5	95	0,09	
Markarfljótsvirkjun b	-1	-5	-5	-5	-3	-5	-5	-5	-4,4	-1	0	0	-0,4	0	-1	-1,0	-3,3
Markarfljótsvirkjun a	-1	-5	-5	-5	-3	-5	-3	-5	-4,2	-1	0	0	-0,4	0	-1	-1,0	-3,2
Brennisteinsalda (Torfaj.)	0	-5	-5	-5	0	-1	-5	-5	-3,6	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,6
Jökulsá á Fjöllum	-3	-3	-3	-3	-1	0	0	-5	-2,5	-3	-3	-3	-3,0	0	-1	-1,0	-2,5
Reykjadalir (Vesturdalir)	0	-5	-5	-5	0	-1	-3	-5	-3,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,4
Reykjadalir (Austurdalir)	0	-5	-5	-5	0	0	-3	-5	-3,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,4
Reykjadalir (Kaldaklof)	0	-5	-5	-5	0	0	-3	-5	-3,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,4
Kárahnjúkavirkjun	3	-3	-5	0	0	0	0	-5	-1,8	-3	-3	-5	-3,3	-1	-5	-4,8	-2,4
Norðlingaölduveita	0	-3	-3	-5	-1	0	0	-5	-2,5	0	-1	-3	-1,0	-1	-3	-2,9	-2,2
Háuhverir (Torfajökull)	0	-5	-5	-5	0	0	-1	-5	-3,1	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,2
Hrafnabjargavirkjun b	-5	-3	-5	-1	0	-1	-1	-3	-2,6	0	0	-3	-0,5	-1	-3	-2,9	-2,2
Skaftárveita	0	-5	-3	-1	0	0	-1	-5	-2,2	-3	-3	0	-2,5	0	0	0,0	-2,1
Hrafnabjargavirkjun a	-5	-3	-5	-1	0	-1	-1	-3	-2,6	0	0	-3	-0,5	-1	-1	-1,0	-2,0
Fljótsdalsvirkjun	3	-3	-5	-1	0	-1	0	-5	-2,0	0	0	-5	-0,9	-1	-3	-2,9	-1,9
Skaftárvirkjun	3	-5	-5	-3	0	0	0	-3	-2,1	-3	0	0	-1,1	0	-1	-1,0	-1,8
Villinganesvirkjun	-1	0	-3	-5	0	0	0	-1	-1,4	-3	-1	-1	-1,7	-1	-3	-2,9	-1,6
Grændalur (Hengill)	-3	0	-3	-1	0	0	0	-5	-1,8	0	0	0	0,0	0	-3	-2,9	-1,5
Krafla - Leirhnjúkur	-3	0	-5	-1	0	0	0	-5	-2,1	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-1,5
Brennisteinsfjöll	-3	0	-3	-3	0	0	0	-5	-2,1	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-1,5
Skatastaðavirkjun b	3	-1	-1	-5	-1	-3	0	-3	-1,6	-1	-1	-1	-1,0	0	-1	-1,0	-1,4
Skatastaðavirkjun a	3	-1	-1	-5	-1	-3	0	-3	-1,6	-1	-1	-1	-1,0	0	-1	-1,0	-1,4
Innstidalur (Hengill)	-3	0	-3	0	0	0	-1	-3	-1,4	0	0	0	0,0	0	-1	-1,0	-1,1
Fljótsahnjúksvirkjun	0	-3	-1	-1	0	0	0	-3	-1,2	0	0	0	0,0	-1	-1	-1,0	-1,0
Núpsvirkjun a	3	0	-3	-1	-1	3	0	-3	-0,7	-3	0	0	-1,1	0	-3	-2,9	-0,9
Núpsvirkjun b	3	0	-3	-1	-1	3	0	-3	-0,7	-3	0	0	-1,1	0	-3	-2,9	-0,9
Urriðafossvirkjun	-1	0	-1	-1	0	0	0	-1	-0,6	-5	0	0	-1,9	0	-1	-1,0	-0,8
Hágöngusvæði	0	-3	-1	-1	0	0	-1	-1	-1,0	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-0,7
Krafla (núverandi)	3	0	-3	-1	0	0	-1	-3	-1,0	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-0,7
Nesjavellir (Hengill)	3	0	-3	0	0	0	-1	-3	-0,8	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-0,6
Þeistareykir	3	0	-1	0	-1	0	-1	-3	-0,6	0	0	0	0,0	0	-1	-1,0	-0,5
Trölladyngja (Krýsuvík)	0	0	-1	0	0	0	0	-3	-0,7	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-0,5
Ölkelduháls (Hengill)	0	0	-1	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0	0	0,0	0	-1	-1,0	-0,3
Krafla Vestursvæði	-1	0	-1	0	0	0	0	-1	-0,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-0,3
Seltún (Krýsuvík)	0	0	-1	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-0,2
Hólmsársvirkjun	3	-1	-1	0	0	0	0	-1	-0,2	-1	0	0	-0,4	0	0	0,0	-0,2
Þverárdalur (Hengill)	3	0	-1	0	0	0	-1	-1	-0,1	0	0	0	0,0	0	-1	-1,0	-0,2
Hellisheiði (Hengill)	0	0	0	0	-1	0	0	0	-0,1	0	0	0	0,0	0	-1	-1,0	-0,2
Austurengjar (Krýsuvík)	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,2	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-0,1
Reykjanes	0	0	-1	0	0	0	0	0	-0,2	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-0,1
Sandfell (Krýsuvík)	3	0	-1	0	0	0	0	-1	0,0	0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0
Búðarhálsvirkjun	3	3	0	0	0	0	0	0	0,7	-1	0	0	-0,4	0	-1	-1,0	0,3
Bjarnarflag	0	0	0	0	0	0	0	3	0,5	0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,4
Svartsengi - Eldvörp	3	0	-1	0	0	0	0	3	0,6	0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,5

TAFLA 4.2A AHP-RÖÐUN FAGHÓPS II, ALLAR VIRKJANIR

Markarfljótsvirkjun b	12,3	Skatastaðavirkjun b	1,0
Markarfljótsvirkjun a	10,7	Skatastaðavirkjun a	1,0
Brennisteinsalda (Torfajökull)	7,4	Ölkelduháls (Hengill)	0,9
Jökulsá á Fjöllum	6,2	Krafla Vestursvæði	0,9
Reykjadalir (Vesturdalir)	5,8	Seltún (Krýsuvík)	0,8
Reykjadalir (Austurdalir)	5,4	Innstidalur (Hengill)	0,7
Reykjadalir (Kaldaklof)	4,8	Hólmsársvirkjun	0,6
Kárahnjúkavirkjun	4,5	Þverárdalur (Hengill)	0,6
Norðlingaölduveita	3,9	Fljótshnjúksvirkjun	0,6
Háuhverir (Torfajökull)	3,7	Hellisheiði (Hengill)	0,6
Hrafnabjargavirkjun b	3,5	Núpsvirkjun a	0,5
Skaftárveita	3,0	Núpsvirkjun b	0,5
Hrafnabjargavirkjun a	2,7	Urriðafossvirkjun	0,5
Fljótisdalsvirkjun	2,3	Austurengjar (Krýsuvík)	0,5
Skaftárvirkjun	2,0	Reykjanes	0,5
Villinganesvirkjun	1,8	Sandfell (Krýsuvík)	0,4
Grændalur (Hengill)	1,5	Hágöngur	0,4
Krafla - Leirhnjúkur	1,5	Krafla (núverandi)	0,4
Nesjavellir	1,3	Búðarhálsvirkjun	0,3
Brennisteinsfjöll	1,3	Bjarnarflag	0,3
Þeistareykir	1,1	Svartsengi - Eldvörp	0,2
Trölladyngja	1,1		

AHP-RÖÐUN FAGHÓPS II, VIRKJANIR ÁN SAMANBURÐARVIRKJANA

Markarfljótsvirkjun b	14,4	Skatastaðavirkjun a	1,2
Markarfljótsvirkjun a	12,5	Ölkelduháls (Hengill)	1,0
Brennisteinsalda	8,7	Krafla Vestursvæði	1,0
Jökulsá á Fjöllum	7,2	Seltún (Krýsuvík)	0,9
Reykjadalir (Vesturdalir)	6,8	Innstidalur (Hengill)	0,8
Reykjadalir (Austurdalir)	6,3	Hólmsársvirkjun	0,8
Reykjadalir (Kaldaklof)	5,6	Þverárdalur (Hengill)	0,7
Háuhverir (Torfajökull)	4,4	Fljótshnjúksvirkjun	0,7
Hrafnabjargavirkjun b	4,1	Hellisheiði (Hengill)	0,7
Skaftárveita	3,5	Núpsvirkjun a	0,6
Hrafnabjargavirkjun a	3,2	Núpsvirkjun b	0,6
Skaftárvirkjun	2,4	Urriðafossvirkjun	0,6
Grændalur	1,8	Austurengjar (Krýsuvík)	0,6
Krafla - Leirhnjúkur	1,7	Reykjanes	0,6
Brennisteinsfjöll	1,5	Sandfell (Krýsuvík)	0,5
Þeistareykir	1,3	Hágöngur	0,5
Trölladyngja	1,2	Bjarnarflag	0,3
Skatastaðavirkjun b	1,2		

Viðauki b5

Faghópur III, aðferðafræði og niðurstaða mats

AÐFERÐAFRÆÐI FAGHÓPS III (EFNAHAGUR, ATVINNA OG BYGGÐAÁHRIF)

Inngangur

Ekki fór allt eins og til stóð í undirbúningi þessa verks. Upphaflega stóð til að mat á einstökum virkjunarkostum byggðist á sambærilegum virkjunarskýrslum. Í raun hefur hópurinn fengið til umfjöllunar mjög mismunandi vandaðar áætlanir um virkjanir enda hugmyndir komnar mjög mislangt í undirbúningi. Eftir að hafa kannað þær áætlanir, sem hópurinn hefur fengið, treystir hann sér ekki til að gera upp á milli virkjunarkostanna að því er varðar innlenda kostnaðarhlutdeild við byggingu þeirra og þar með hvert framlag þess yrði til landsframleiðslunnar að ráðast í byggingu þeirra.

Hópurinn kannaði ítarlega hver hafa verið staðbundin áhrif á byggingartíma þeirra virkjana sem þegar hefur verið ráðist í. Niðurstaða hópsins var að staðbundin áhrif yrðu mun takmarkaðri en áður hefur verið. Stafar það fyrst og fremst af því að líklegra er nú en áður að verktakar og vinnuafli komi ekki frá viðkomandi byggðarlagi. Þróunin undafarin ár hefur verið sú að landið er orðið einn verktaka- og vinnumarkaður og með tilkomu EES-samningsins er það svæði sem um ræðir mun stærra. Faghópurinn hefur þó gert allnákvæmt líkan til að meta staðbundin áhrif einstakra virkjanaframkvæmda.

Að lokum var það því einungis lítil hluti þeirra þátta, sem hópnun var ætlað að skoða, sem hann hefur metið fyrir einstakar virkjunarhugmyndir. Þessir þættir eru: áhrif virkjunar á ferðaþjónustu á viðkomandi svæði, möguleg nýting raforku miðað við mismunandi nýtingarstað og möguleg nýting jarðvarma til annars en raforkuframleiðslu.

Í rammaáætlun er fyrst og fremst fjallað um virkjanir fyrir stóriðju enda þarf ekki stórar virkjanir til að framleiða þá auka raforku sem þörf verður á án slíkra framkvæmda. Enda þótt flutningskostnaður raforku sé ekki afgerandi þáttur í framleiðslukostnaði hennar getur hann skipt máli. Þess vegna hefur hópurinn flokkað virkjanir í tvo hópa eftir því hvort styttra (og þar með ódýrara) er að flytja raforkuna til nýtingarstaðar á Norður- eða Austurlandi eða til suðvesturhornansins.

Virkjunarframkvæmdir eru þess eðlis að þær setja mjög mark sitt á þau landsvæði þar sem þær eru staðsettar. Enda þótt stöðvarhúsin sjálf séu nú að mestu neðanjarðar fylgja virkjunum oft umfangsmikil uppistöðulón sem breyta landslagi. Flutningi raforkunnar fylgja einnig háspennulínur, sem einnig hafa áhrif á ásýnd lands, jafnvel mjög langt frá virkjununum sjálfum. Virkjun jarðvarma fylgja gufustrókar sem sjást langt að og allnokkur hávaði þegar nær er komið. Borplön, lagnir og stöðvarhús jarðvarmavirkjana hafa hingað til að mestu verið ofanjarðar og eru því áberandi í nærlandslagi. Allt þetta getur haft áhrif á ferðaþjónustu sem byggist á því að selja Ísland sem land þar sem ósnortin náttúra ræður ríkjum. Á hinn bóginn er ferðaþjónusta háð samgöngum og þegar virkjað hefur verið í hálendisbrúninni og vatni safnað í lón þar fyrir ofan hefur oftast þurft að gera aðkomuvegi til að auðvelda framkvæmdirnar. Ferðaþjónustan og hinn almenni ferðamaður hafa notið þessara samgöngubóta. Þá má ekki horfa fram hjá því að ferðamönnum geta hugnast tilkomumikil mannvirki og því geta þau haft aðdráttarafl sem slík. Þarna vegast áhrifaþættir á. Í starfi sínu hefur faghópurinn reynt að meta mismunandi vægi þeirra þátta sem efla ferðaþjónustu á þeim svæðum sem fyrir áhrifum munu verða á mótí þeim sem ætla má að dragi úr eða jafnvel komi í veg fyrir slíka starfsemi.

Í tilraunamati rammaáætlunarinnar voru engar jarðvarmavirkjanir. Því er engin reynsla komin á það hvernig best er að standa að mati á áformum um þær. Í flestum tilvikum eru kostnaðaráætlanir fyrir slíkar virkjanir alls ekki til og raunar þarf að kosta umfangsmiklar tilraunaboranir áður en hægt er að komast að því hvernig eigi að standa að virkjun ef af yrði. Ef farið er af stað með tilraunaboranir er búið að raska viðkomandi svæði með vegum og mannvirkjum.

Önnur notkun jarðvarma

Gerð hefur verið stöðluð kostnaðaráætlun fyrir jarðvarmavirkjun. Bendir hún til að raforka, sem framleidd er í jarðvarmavirkjun, sé álíka dýr og orka sem framleidd er með vatnsorku í meðalstórri virkjun að teknu tillit til þess að rekstrarkostnaður jarðvarmavirkjunar er eitthvað meiri en vatnsorkuvers. Hér á landi er það hins vegar aðeins í Kröfluvirkjun þar sem jarðvarmi er einvörðungu nýttur til raforkuframleiðslu. Á Nesjavöllum og í Svartsengi er orkan notuð til að hita vatn til húshitunar og var það megingilgangurinn þegar ráðist var í framkvæmdir þar. Því er ekki rétt að gefa sér að jarðvarmi sé einungis nýttur til raforkuframleiðslu. Faghópurinn gerði því sérstaka athugun á kostnaði við flutning á gufu til þess að komast að því hvaða háhitasvæði má ætla að hægt væri að virkja með beina nýtingu gufunnar að markmiði. Enda þótt heitt vatn megi flytja um alllangan veg til annarrar nýtingar eru því líklega takmörk sett, m.a. annars vegna samkeppni frá lághitasvæðum. Þessi sjónarmið koma til skoðunar hjá hópnum við mat á mögulegri nýtingu orkunnar til annars en raforkuframleiðslu eða beinnar nýtingar gufu.

Áhrif virkjunar á ferðaþjónustu

Mat hópsins á áhrifum virkjunar á ferðaþjónustu byggist mjög á þeirri undirbúningsvinnu sem unnin hefur verið af vinnuhópi með fulltrúum úr faghópum II og III. Þessi hópur, sem fengið hefur Rögnvald Guðmundsson til sérfræðilegrar ráðgjafar, hefur haft það verkefni að meta núverandi gestafjölda og athafnir þeirra sem heimsækja hugsanleg virkjanasvæði. Hópurinn hefur einnig lagt mat á það við hverju er að búast almennt að því er varðar þær tegundir ferðaþjónustu sem Ísland býður helst upp á. Vegna þess hversu langt er almennt talið í land með að landið sé fullnýtt með tilliti til ferðaþjónustu og ýmis svæði eru talin vera til sem fáir sækja en sem kunna í framtíðinni að draga að sér umtalsverðan fjölda gesta var ráðist í það að fá til verksins hóp manna, bæði úr viðkomandi héruðum og menn með almenna þekkingu á ferðaþjónustu á landinu öllu til þess að meta framtíðarmöguleika þeirra svæða sem til athugunar eru. Þær upplýsingar, sem þarna hefur verið safnað, mynda grunninn að mati faghópsins. Að sjálfsögðu er ekki hægt að spá fyrir um alla nýja möguleika sem kunna að verða til í framtíðinni. Á sama hátt er ekki hægt að segja með vissu hvernig tiltekin atvinnustarfsemi bregst við ef grundvöllur hennar raskast. Að því er ferðaþjónustuna varðar er sú verkaskipting milli faghópa II og III að faghópur III einbeitt sér að þeim þáttum ferðaþjónustu sem greitt er fyrir en hópur II horfir mun víðar á þá upplifun sem fólk verður fyrir með heimsókn á tiltekið svæði, án tillits til þess hvort einhverjum er borgað fyrir það eða ekki.

Til einföldunar er ferðamönnum skipt í tvo hópa. Þeir sem eru í dýrari ferðum, s.s. jöklaferðum á jeppum eða snjósleðum, hestaferðum, fljótasiglingum, laxveiði í ám og gönguferðum með leiðsögn, eru settir í annan hópinn. Aðrir gestir eru settir í hinn og er áætlað að útgjöld hinna fyrrnefndu séu þreföld á við þá síðarnefndu. Er þar byggt á mati Ferðamálaráðs á útgjöldum ferðamanna og algengu verði á afþreyingu sem keypt er. Í báðum tilvikum er ætlunin að meta raunverulega greiddan kostnað á því svæði, sem um ræðir, að meðaltali og þá bæði í byggð og óbyggð.

Í samanburði faghópsins er gengið út frá því að hin almenna tilhneiging sé sú að umsvif í ferðþjónustu tvöfaldist á næstu tuttugu árum. Fyrir hverja virkjunarhugmynd verður metið hversu mikið frávik má ætla að verði frá þeirri almennu þróun með og án virkjunar. Reiknað verður með jöfnum vexti eða samdrætti eftir því sem við á. Síðan eru útgjaldaraðirnar núvistar og borin saman þróun með og án virkjunar fyrir hvert svæði. Með því að reikna vinnsluvirði útgjaldanna er framlag til landsframleiðslu áætlað. Ekki náðist sameiginleg niðurstaða í faghópnum um þessi áhrif í nokkrum tilvikum.

TAFLA 5.1 MAT FAGHÓPS III - RAÐAÐ EFTIR VÍSITÖLU HAGNAÐAR

virkjunarnr.		Vísitala fyrir hagnað	Bein nýting jarðvarma	Nýting afgangsvarma	Mikilvægi ferðaþjónustu	Áhrif á ferðaþjónustu	Nýting orku á landsbyggð	Tengi-kostnaður
7	Jökulsá á Fjöllum	10,0			xxxx		x	Miðlungs
8	Kárahnjúkavirkjun	9,1			xx	+	x	Miðlungs
9	Fljótsdalsvirkjun	3,3			xx	+	x	Lítill
14	Skaftárveita	2,2			x			Lítill
10	Skaftárvirkjun	1,8			xxx	0		Miðlungs
30	Reykjanes	1,8	x	x	óþekkt	+		Lítill
52	Krafla - Vestursvæði	1,4		x	0	0	x	Lítill
43	Hágöngusvæði	1,4			ath.			Lítill
15	Norðlingaölduveita	1,4						Lítill
17	Núpsvirkjun I	1,2			0	0		Lítill
18	Núpsvirkjun II	1,1			0	0		Lítill
19	Urriðafossvirkjun	1,1			0	0		Lítill
5	Hrafnabjargavirkjun I	1,1			0	0	x	Lítill
35	Austurengjar (Krýsuvík)	1,0	x	x	0	0		Lítill
48	Brennisteinsalda (Torfaj.)	1,0			xxxx	ath.		Miðlungs
36	Brennisteinsfjöll	1,0	x	x	0	0		Lítill
40	Grændalur (Hengill)	1,0	x	x	ath.	ath.		Lítill
47	Háuhverir (Torfajökull)	1,0			xxxx	ath.		Miðlungs
37	Hellisheiði (Hengill)	1,0	x	x	óþekkt	+		Lítill
38	Innstidalur (Hengill)	1,0	x	x	ath.	ath.		Lítill
53	Krafla - Leirhnjúkur	1,0		x	xx	-	x	Lítill
45	Reykjadalir (Austurdalir)	1,0			xxxx	ath.		Miðlungs
46	Reykjadalir (Kaldaklof)	1,0			xxxx	ath.		Miðlungs
44	Reykjadalir (Vesturdalir)	1,0				ath.		Miðlungs
32	Sandfell (Krýsuvík)	1,0	x	x	0	0		Lítill
34	Seltún (Krýsuvík)	1,0	x	x	0	0		Lítill
33	Trölladyngja (Krýsuvík)	1,0	x	x	0	0		Lítill
49	Þeistareykir	1,0	x	x	0	0	x	Miðlungs
41	Þverárdalur (Hengill)	1,0	x	x	ath.	ath.		Lítill
42	Ölkelduháls (Hengill)	1,0	x	x	ath.	ath.		Lítill
1	Skatastaðavirkjun I	0,8			xx	+	x	Mikill
2	Skatastaðavirkjun II	0,8			xx	+	x	Mikill
50	Bjarnarflag	0,8	x	x	xxxx	+	x	Lítill
39	Nesjavellir (Hengill)	0,8	x	x	óþekkt	+		Lítill
11	Hólmsársvirkjun	0,7			0	0		Miðlungs
51	Krafla (núverandi)	0,7		x	0	0	x	Lítill
13	Markarfljótsvirkjun II	0,7			xxxx	-		Mikill
16	Búðarhálsvirkjun	0,7			0	0		Lítill
6	Hrafnabjargavirkjun II	0,7			0	0	x	Lítill
12	Markarfljótsvirkjun I	0,6			xxxx	-		Mikill
31	Svartsengi - Eldvörp	0,6	x	x	xxxx	0		Lítill
3	Villinganesvirkjun	0,2			xx	-	x	Lítill
4	Fljótshnúksvirkjun	-1,5			0	0	x	Lítill

Viðauki b6

Faghópur IV, aðferðafræði og niðurstaða mats

AÐFERÐIR FAGHÓPS IV

Hlutverk faghóps IV var að greina virkjanakosti, meta orkugetu þeirra og stofn- og rekstrar-kostnað. Hópurinn sótti upplýsingar í fyrirbyggjandi virkjunarskýrslur og beint til verkfræðistofa og orkufyrirtækja eða til Orkustofnunar. Þær meginstærðir, sem hópurinn notar, eru orkugeta, stofnkostnaður og vísitölur um hagnað og arðsemi. Eðlismunur er á vatnsaflsvirkjunum og jarðvarmavirkjunum en samt var reynt að gera forsendur sambærilegar eftir því sem eðli máls leyfði.

Vatnsaflsvirkjanir

Almennar forsendur: Leitast er við að reikna orkugetu og kostnað á sambærilegan hátt og gert er fyrir þær vatnsaflsvirkjanir sem orkufyrirtækin hafa búið undir mat á umhverfisáhrifum vegna framkvæmda. Til að orkugeta sé sambærileg milli virkjana þarf að reikna með því að hver virkjun komi inn á þekktan sambærilegan orkumarkað. Mat á orkugetu fæst með því að láta virkjanirnar bætast við núverandi kerfi að viðbættum Búðarhálsvirkjun og Kárahnjúkavirkjun (grunnkerfi). Einfölduð er þessi forsenda að gera ráð fyrir orkumarkaði með um 7000 stunda meðalnýtingu á uppsettu afli. Þessari einföldun var t.d. beitt við mat á orkugetu jarðvarmavirkjana. Til að forsendur um kostnað séu sambærilegar var talið nauðsynlegt að líkja eftir hönnun og nota sama kostnaðarlíkan og við hönnun virkjana⁷. Gert er ráð fyrir að þær áætlanir, sem orkufyrirtækin leggja fram, séu byggðar á hönnun virkjunar. Samið var við þær þrjár verkfræðistofur sem mesta reynslu hafa í gerð virkjunaráætlana um forathugun. Þær eru Almenna verkfræðistofan hf. [1-3], Hönnun hf. [4] og Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. [5].

Sértækar forsendur: Í orkukerfisreikningunum er rennslisröð fyrir viðkomandi virkjun bætt við rennslisröð virkjana í skilgreindu grunnkerfi. Orkustofnun lætur gera rennslislíkan og reikna út 44 ára rennslisraðir (1950-1994). Líkan reiknar út hagkvæmstu nýtingu þessa rennslis og reiknar hvaða miðlunarstærð gefur besta nýtingu á rennslinu, þ.e. stuðlar að sem mestri orkugetu viðbótarinnar. Til þess er notað orkuforrit sem Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. hefur þróað⁸. Þar er byggt á rennslisröð sem nær yfir fyrrgreint tímabil. Í þessu kerfi eru 180 MW framleidd í jarðgufustöðvum en þær stöðvar eru lagðar undir og látnar framleiða á föstu álagi nema 3-4 vikur sem þær eru stöðvaðar vegna viðhalds. Með því móti verða vatnsaflsvirkjanir látnar leggja til afltoppa og reiðuafli.

Stofnkostnaður er reiknaður í kostnaðarlíkani Landsvirkjunar. Þar sem forathugun byggist ekki á nákvæmri hönnun einstakra mannvirkja voru unnar staðlaðar, almennar hönnunarforsendur fyrir einstök mannvirki í samstarfi Orkustofnunar, Almennu verkfræðistofunnar hf., Hönnunar hf. og Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen hf.

Faghópurinn notaði niðurstöður þessarar forathugunar hvað varðar orkugetu og stofnkostnað á orkueiningu við stöðvarvegg við samanburð á virkjunarhugmyndum.

⁷ Samráðshópur um virkjunarkosti í Rammaáætlun 2001. Samræmdar hönnunarforsendur og reiknireglur fyrir virkjanir í rammaáætlun. 3. drög; 08.01.2001.

⁸ Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 2001. Leiðbeiningar með orkuforriti VST.

Jarðvarmavirkjanir

Þegar fyrir liggur hönnuð jarðvarmavirkjun má gera ráð fyrir að áætlanir um borkostnað byggist á reynslu við rannsóknarboranir og því er hann nokkuð nærri væntanlegum raunkostnaði. Í forathugun hafa að jafnaði engar rannsóknarboranir átt sér stað og því á litlu að byggja um borkostnað. Hins vegar er talið að annar tæknilegur kostnaður sé nokkuð staðlaður [6]. Mismunur á kostnaði milli jarðvarmavirkjana er þannig fyrst og fremst háður árangri af borun, sem hefur áhrif á fjölda borhola og lengd gufuveitu. Í raun eru ekki efni til að gera mun á jarðvarmavirkjunum á forathugunarstigi og því var samið við Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns að setja upp áætlun fyrir staðlaða jarðvarmavirkjun [7].

Gert er ráð fyrir að á hverjum virkjunarstað verði jarðvarmavirkjun er svari til allt að 120 MW rafafis. Reynist jarðhitasvæðið geta staðið undir meiri vinnslu yrði valinn annar virkjunarstaður á svæðinu. Á stærri jarðhitasvæðum gæti þannig verið um nokkra slíka virkjunarstaði að velja. Á grundvelli fyrirbyggjandi reynslu var miðað við að afl staðalvirkjunar skyldi vera 120 MW og gufu til hennar mætti afla af 5 borteigum. Meðalafköst úr borholu eru áætluð duga til 5 MW rafmagns frá rafstöð. Stærð vinnslusvæðis 120 MW virkjunar nær með borteigum, gufuveitum og stöðvarhúsi yfir um 5 km². Gengið er út frá að á hverjum teig séu boraðar tvær beinar holur en bora megi auk þess allt að 8 holur á ská út frá teignum. Gert er ráð fyrir að affallsvatni verði veitt ofan í 300-400 m djúpar holur. Miðað við þrjá 40 MW áfanga er áætlaður stofnkostnaður um 16 milljarðar króna.

Leitað var til Jónasar Matthíassonar, verkfræðings og Árna Gunnarssonar, verkfræðings hjá LV um mat á rekstrarkostnaði en þar munar þó nokkru á vatnsaflsvirkjunum og jarðvarmavirkjunum. Öll orkufyrirtækin, sem reka jarðvarmastöðvar, hafa lagt fram gögn til þessara útreikninga. Reksturskostnaður er áætlaður 2% af stofnkostnaði á ári og er þar með tekinn með í reikninginn kostnaður við borun viðbótarhola til að halda fullu gufurensli í 50 ár. Þá var leitað til Magnúsar Sigurðssonar hjá Landsteinum [8], um mat á nýtingartíma afis í raforkukerfinu og áhrif þess á hagkvæmni.

Á þessu stigi getur mismunur í áætluðum stofnkostnaði jarðvarmavirkjana aðeins byggst á rökstuddum hugmyndum um frávík frá þessari stöðluðu virkjun, svo sem að virkjunin njóti nálægðar við aðra virkjun og geti þess vegna sparað sér ýmis atriði í stöðluðum stofnkostnaði eða aðstæður séu hagstæðari en að jafnaði, t.d. ekki þörf á kæliturnum eða niðurdælingu. Meira máli gæti þó skipt ef aðstæður leyfa beina notkun jarðvarma til annarra nota en raforkuframleiðslu eða notkun afgangsvarma. Ekki er tekið tillit til þess í samanburði hér en faghópur III getur þess í sínum samanburði hvort líklegt er að til slíkra nota geti komið á virkjunarstað.

Virkjunarhugmyndir

Ákveðið var að í 1. áfanga að rammaáætlun skyldu teknar fyrir virkjanir í jökulám, einkum þær sem hafa miðlunarlón á hálendinu, og þær jarðvarmavirkjanir sem eru nærri byggð. Margar af þessum virkjunarhugmyndum eru nú þegar til athugunar hjá orkufyrirtækjum en hinar eru í verkahring Orkustofnunar. Um þær síðarnefndu eru gerðar svonefndar forathuganir en þær virkjanir, sem eru í forsjá orkufyrirtækja, eru yfirleitt a.m.k. komnar á verkhönnunarstig sem þýðir að þá hefur verið valin tiltekin lausn og hún útfærð í mun meiri smáatriðum en hægt er í forathugun.

Þær vatnsaflsvirkjanir, sem teknar eru fyrir í 1. áfanga, eru ýmist á forathugunarstigi eða lengra komnar, þar af allmargar á framkvæmdastig, og í þeim tilfellum er byggt á skýrslum um mat á umhverfisáhrifum framkvæmdar. Þar er ekki í öllum tilfellum byggt á þeirri nálgun sem notuð er við rammaáætlun enda liggja þá einatt fyrir mun ítarlegri rannsóknir, og er því fjallað um ýmis

smáatriði sem í ljós koma við fullnaðarhönnun en ekki er fengist við í forathugun, svo sem nákvæma legu vega, staðsetningu efnisnáma og svæða þar sem fyrirhugað er að losa efni og staðsetningu vinnubúða.

Það gildir líkt um háhitasvæðin og vatnsorkusvæðin að gögn, sem byggt er á, eru nokkuð mismunandi bæði að umfangi og eðli eftir því hvort orkufyrirtækin eru að undirbúa vinnslu eða hvort þau eru á forathugunarstigi.

Virkjunarskýrslur

Upplýsingar um sem flesta þá þætti, sem talið var að skiptu máli við mat á einstökum virkjunarkostum, voru teknar saman í yfirlitsskýrslur, sem báru undirtitilinn tilhögun og umhverfi. Lokið var við slíka skýrslu um Skatastaðvirkjun [9] en aðrar eru í bráðabirgðaútgáfu sem var dreift til verkefnisstjórnar og faghópa. Enn vantar hluta af þeim upplýsingum sem þurfa að prýða yfirlitsskýrslurnar, og bíða þær því útgáfu.

Orkustofnun lét taka saman nokkrar yfirlitsskýrslur um jarðvarmasvæði þar sem unnið hafði verið að rannsóknum á forathugunarstigi [10-12]. Eftir er að gera hliðstæða skýrslu um eitt þeirra, Torfajökul, en frumgögnin liggja fyrir í nokkrum skýrslum og kortum.

Kennistærðir

Orkugeta vatnsaflsvirkjana ræðst af rennsli vatnsfallanna og möguleikum á miðlun þess yfir árið. Í jarðvarmavirkjunum er, eins og fyrr segir, almennt gert ráð fyrir 120 MW á hverjum virkjunarstað og þar með 840 GWh/ár miðað við 7.000 stunda sölu á orku á ári.

Stofnkostnaður miðast við verðlag í ársbyrjun 2003. Þar er allur kostnaður við mannvirki sem tengjast virkjuninni, ásamt vegum innan virkjunarsvæðis og að næsta stofnvegi, kostnaður vegna undirbúningsrannsókna og mats á umhverfisáhrifum, vinnubúða og vaxta á byggingartíma. Kostnaður miðast við háspennta orku inn á tengivirki við stöðvarvegg en tekur ekki til flutningsvirkja til að koma orkunni frá virkjuninni. Stuðst er við kostnaðartölur frá orkufyrirtækjum þar sem þær eru tiltækar, að öðrum kosti við mat hönnuða í frumáætlunum. Í niðurstöðum faghópsins er sýndur stofnkostnaður á orkueiningu (kr./(kWh/ár) þar sem orkugetu er deilt upp í stofnkostnaðinn.

Þá er reiknaður núvirtur heildarhagnaður af rekstri virkjana. Sá reikningur er gerður með sérstöku hermílikani sem þróað var af hugbúnaðarfyrirtækinu AGR. Reiknað er yfir 50 ára rekstartíma. Um afskriftartíma er farið eftir afskriftareglum Landsvirkjunar. Notað var orkuverð við stöðvarvegg 1,70 kr./kWh á forgangsortku sem seld er í 7000 stundir á ári en verð á ótryggðri orku er 0,60 kr./kWh, og hún seld allt að 10% til viðbótar við forgangsortku. Árlegur rekstrar-kostnaður reiknast 0,8% af stofnkostnaði vatnsaflsvirkjana og 2% af stofnkostnaði jarðvarma-virkjana. Rekstrargjöld hvers árs eru dregin frá sölutekjum hvers árs og mismunur núvirtur með 5,5% vöxtum til fyrsta rekstrardags. Á sama hátt er stofnkostnaður sem fellur til á mismunandi tíma núvirtur til fyrsta rekstrardags og dreginn frá núvirtum nettótekjum⁹. Mismunurinn er skilgreindur sem núvirtur hagnaður af rekstri virkjunar. Hagkvæmnireikningarnir hafa aðeins þann tilgang að bera virkjanakosti saman. Ekki má taka niðurstöður sem talnalegt mat á hagkvæmni. Þótt hagkvæmnitölurnar séu byggðar á umdeilanlegum forsendum er þess vænst að óvissa í þeim riðli ekki hagkvæmnisröð virkjana. Prófað var að reikna hagnaðinn með öðru verði á forgangsortku, 1,5 kr./kWh og 1,9 kr./kWh. Sú breyting riðlaði ekki hagkvæmnisröðinni. Í hermireikningunum er forsendustærðum hnikað nokkuð til í samræmi við almennt hugboð um óvissu hvers og eins þeirra. Þetta á einkum við um stofnkostnað sem er að sjálfsögðu óvissu undirorpinn, einkum ef hann er metinn á forathugunarstigi. Niðurstöðurnar eru því meðaltöl

⁹ Hér er ekki átt við vexti á byggingartíma, enda eru þeir teknir með í stofnkostnað.

margra ólíkra forsendutalna sem hver um sig er að meðalgildi eins og að framan greinir. Hermi-reikningarnir sýna að óvissa í niðurstöðunum er að jafnaði ekki undir 15% og er þá ekki er tekið tillit til áhættu ef markaður fyrir framleiðslu virkjunar kynni að bregðast. Sú áhætta gæti verið meiri eftir því sem virkjun er stærri.

Við útreikning á hagnaði er gert ráð fyrir að allar virkjanir selji forgangsorku á sama verði. Þar sem stofnkostnaður á orkueiningu er svipaður fyrir flestar virkjanir í þeim hópi sem um var fjallað í 1. áfanga, og forsendur um rekstrarkostnað og orkuverð hinar sömu fyrir hvora gerð virkjana, vatnsafl og jarðvarma, endurspeglar vísitala hagnaðar fyrst og fremst sölutekjur og stærð virkjana í hvorri gerð. Til að leggja áherslu á hagkvæmnisröð fremur en umdeilanlega fjárhæð hagnaðar eru niðurstöður settar fram sem vísitala hagnaðar þar sem mestur núvirtur hagnaður virkjunar er látinn samsvara 10 í vísitölu og aðrar virkjanir fá vísitölu í hlutfalli við það.

Hlutfall núvirtis hagnaðar og stofnkostnaðar virkjunar dregur skýrt fram arðsemi fjárfestingar í virkjun. Til þess að gera þær hlutfallstölur þægilegri í meðförum var valið að gefa meðaltalshlutfalli safnsins gildið 100. Þetta hlutfall var nefnt hlutfall arðsemi. Önnur leið til að meta arðsemi er að reikna afkastavexti virkjunar. Afkastavextir sýna þá hæstu ávöxtunarkröfu, sem virkjunin gæti staðið undir, án þess að núvirtur hagnaður verði neikvæður. Þessir reikningar voru gerðir með hermilíkaninu og undir sömu forsendum og reikningar á núvirtum hagnaði. Þar sem hér er einnig um röð fremur en upphæð að ræða voru niðurstöður settar fram sem vísitala arðsemi, reiknuð á þann hátt að hæstu afkastavextir virkjunar í safninu gefa vísitölu 10 en afkastavextir annarra virkjana gefa þeim vísitölu í hlutfalli við það.

Tenging virkjana við netið

Kostnaður tengingar virkjunar við flutningskerfi raforku er háður stærð og stað virkjunar svo og flutningsgetu kerfisins. Geta meginflutningskerfisins til að flytja orku frá einstaka virkjunum er misjöfn og þótt kerfið geti tekið við orku frá einni virkjun á ákveðnu svæði nú er ekki víst að það dugi næstu virkjun á sama svæði. Það er talið ógerningur að leggja í þá vinnu sem þarf til að reikna flutningsgetuna í smáatriðum. Einnig verður að hafa í huga að röðun virkjana eftir hagkvæmni er aðeins gild miðað við þær forsendur að hver virkjun sé reiknuð eins og að hún verði næst í röðinni á eftir þeim sem eru innifaldar í grunnkerfinu. Engin leið er að áætla svo mark sé á takandi í hvaða röð mismunandi kostir verða virkjaðir enda er það m.a. eitt af markmiðum með rammaáætlun að nálgast nokkrar af helstu forsendunum fyrir slíkri röðun. Þegar til kastanna kemur mun röðunin ráðast af ákvörðunum orkufyrirtækjanna.

Ekki var talið gerlegt að meta tengikostnað nákvæmlega þar sem virkjunartilhögun er víðast enn óljós. Eins eru mörg álitamál uppi hvernig skipta á þessum kostnaði. Tengikostnaður var lauslega áætlaður með hliðsjón af líklegri lengd háspennulína og þeim búnaði sem þarf til að tengja virkjun við meginflutningskerfið eða notanda beint, en gert er ráð fyrir að virkjanir stærri en um 150 MW verði tengdar inn á svæði sem faghópur III telur nægilega öflugt og býr yfir aðstæðum til að þar megi byggja upp orkufreka starfsemi. Guðmundur Valsson rafmagnsverkfræðingur [13] var fenginn til að áætla þennan kostnað. Tengikostnaður er á þessu stigi ekki látinn hafa áhrif á röðun virkjana eftir hagkvæmni en athugasemdir eru gerðar um það hvort hann er líklegur til að vera mikill, miðlungs eða lítill.

Niðurstöður um kennistærðir virkjunarhugmynda í 1. áfanga

Kennistærðir þeirra virkjunarhugmynda sem voru til umfjöllunar í 1. áfanga rammaáætlunar eru dregnar saman í töflu V6.1. Virkjunarhugmyndum er raðað í töflunni eftir vísitölu hagnaðar. Í 1. dálki er auðkennisnúmer virkjunarhugmyndarinnar, í 2. dálki vinnuheiti hennar, síðan orkugeta (GWh/ár), stofnkostnaður á orkueiningu (kr./(kWh/ár)), þá vísitala núvirtis hagnaðar yfir 50 ára rekstartíma, hlutfall arðsemi reiknað út frá hlutfalli núvirtis hagnaðar og stofnkostnaðar, þá

afkastavextir og vísitala arðsemi. Í síðasta dálki er gefið til kynna hvort tengikostnaður gæti orðið mikill, miðlungs eða lítill.

TAFLA V6.1 KENNISTÆRÐIR VIRKJUNARHUGMYNDA

Raðað er eftir vísitölu hagnaðar

Nr.	Nafn virkjunarstaðar	Orkugeta (GWh/ár)	Stofnkostn. á orkuein. (kr./kWh/ár)	Vísitala hagnaðar	Hlutfall arðsemi	Afkasta-vextir %	Vísitala arðsemi	Umfang tengi-kostnaðar
7	Jökulsá á Fjöllum	4000	18,4	10,00	145	9,5	4,6	Miðlungs
8	Kárahnjúkavirkjun	4670	20,0	9,28	105	8,3	4,0	Miðlungs
9	Fljótisdalsvirkjun	1390	18,9	3,35	135	9,1	4,4	Lítill
14	Skaftárveita	450	8,2	2,18	630	20,5	10,0	Lítill
30	Reykjanes	840	16,7	1,79	136	9,1	4,4	Lítill
10	Skaftárvirkjun	904	20,5	1,74	99	8,2	4,0	Miðlungs
43	Hágöngusvæði	840	17,7	1,49	106	8,3	4,0	Lítill
52	Krafla - Vestursvæði	840	17,8	1,39	99	8,1	4,0	Lítill
15	Norðlingaölduveita (575m)	650	16,3	1,38	139	8,6	4,2	Lítill
17	Núpsvirkjun a	1001	22,7	1,26	59	7,1	3,5	Lítill
18	Núpsvirkjun b	1019	23,1	1,16	53	7,0	3,4	Lítill
32	Sandfell	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
33	Trölladyngja	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
34	Seltún	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
35	Austurengjar	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
36	Brennisteinsfjöll	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
37	Hellisheiði	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
38	Innstidalur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
40	Grændalur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
41	Þverárdalur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
42	Ölkelduháls	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
44	Reykjadalir vestari	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
45	Reykjadalir austari	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
46	Reykjadalir (Kaldaklof)	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
47	Háuhverir	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
48	Brennisteinsalda	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
49	Þeistareykir	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
53	Krafla - Leirhnjúkur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
19	Urriðafossvirkjun	920	23,2	1,06	53	7,0	3,4	Lítill
5	Hrafnabjargavirkjun a	575	21,2	1,03	90	8,0	3,9	Lítill
50	Bjarnarflag	560	18,3	0,82	85	7,8	3,8	Lítill
1	Skatastaðavirkjun a	1046	24,5	0,77	32	6,4	3,1	Mikill
39	Nesjavellir - stækkun	210	11,9	0,76	322	14,5	7,1	Lítill
2	Skatastaðavirkjun b	1290	25,0	0,73	24	6,2	3,0	Mikill
16	Búðarhálsvirkjun	630	23,2	0,72	52	6,8	3,3	Lítill
51	Krafla I (3)	280	15,3	0,70	175	9,9	4,8	Lítill
6	Hrafnabjargavirkjun b	618	23,3	0,70	52	6,9	3,4	Lítill
13	Markarfljótsvirkjun b	855	24,4	0,70	35	6,5	3,2	Mikill
11	Hólmsárvirkjun	438	22,0	0,67	74	7,5	3,7	Miðlungs
12	Markarfljótsvirkjun a	735	23,7	0,59	36	6,4	3,1	Mikill
31	Svartsengi- stækkun	140	10,7	0,57	401	16,7	8,1	Lítill
3	Villinganesvirkjun	190	24,4	0,18	41	6,7	3,3	Lítill
4	Fljótshnúksvirkjun	405	40,3	-1,49	-97	2,6	1,3	Lítill

HEIMILDIR

- [1] Almenna verkfræðistofan hf. 2002. *Skaftárvirkjun, ofan Skaftárdals. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/059.
- [2] Almenna verkfræðistofan hf. 2002. *Hólmsárvirkjun, Hólmsá í Skaftártungu. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/060.
- [3] Almenna verkfræðistofan hf. 2003. *Virkjun Djúpár og Hverfisfljóts í Fljótshverfi. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2003/020.
- [4] Hönnun hf. 2002. *Virkjanir í Skjálfandafljóti ofan Bárðardals. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/061.
- [5] Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 2002. *Markarfljótsvirkjanir. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/058.
- [6] Valgarður Stefánsson 2000. *Stofnkostnaður jarðgufuvirkjana.* Orkustofnun, greinargerð VS-2000/01.
- [7] Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf. 2003. *Stofnkostnaður jarðvarmavirkjana.* Greinargerð - VGK/03.03.03.
- [8] Magnús Sigurðsson 2003. *Þróun nýtingartíma íslenska raforkumarkaðarins á næstu árum og áhrif þess á hagkvæmni jarðgufustöðva.* Minnisblað 25.02.2003.
- [9] VSÓ Ráðgjöf og Orkustofnun 2001. *Skatastaðavirkjun á Hofsafrétt – Tilhögun og umhverfi.* Orkustofnun, OS-2001/021.
- [10] Halldór Ármannsson 2001. *Þeistareykir – Yfirlit um rannsóknir og rannsóknakostnað.* Orkustofnun, OS-2001/035.
- [11] Almenna verkfræðistofan hf. 2001. *Yfirlit rannsókna á jarðhitasvæðinu í Krýsuvík.* Orkustofnun, OS-2001/041.
- [12] Helgi Torfason og Magnús Á. Sigurgeirsson 2001. *Brennisteinsfjöll – Rannsóknir á jarðfræði svæðisins.* Orkustofnun, OS-2001/048.
- [13] Guðmundur Valsson 2003. *Minnisblað um áætlun á stofnkostnaði við tengingar virkjunarkosta í rammaáætlun við meginflutningskerfið og notkunarstaði.* (GV/4.3.2003).

Viðauki b6

Faghópur IV, aðferðafræði og niðurstaða mats

AÐFERÐIR FAGHÓPS IV

Hlutverk faghóps IV var að greina virkjanakosti, meta orkugetu þeirra og stofn- og rekstrar-kostnað. Hópurinn sótti upplýsingar í fyrirbyggjandi virkjunarskýrslur og beint til verkfræðistofa og orkufyrirtækja eða til Orkustofnunar. Þær meginstærðir, sem hópurinn notar, eru orkugeta, stofnkostnaður og vísitölur um hagnað og arðsemi. Eðlismunur er á vatnsaflsvirkjunum og jarðvarmavirkjunum en samt var reynt að gera forsendur sambærilegar eftir því sem eðli máls leyfði.

Vatnsaflsvirkjanir

Almennar forsendur: Leitast er við að reikna orkugetu og kostnað á sambærilegan hátt og gert er fyrir þær vatnsaflsvirkjanir sem orkufyrirtækin hafa búið undir mat á umhverfisáhrifum vegna framkvæmda. Til að orkugeta sé sambærileg milli virkjana þarf að reikna með því að hver virkjun komi inn á þekktan sambærilegan orkumarkað. Mat á orkugetu fæst með því að láta virkjanirnar bætast við núverandi kerfi að viðbættum Búðarhálsvirkjun og Kárahnjúkavirkjun (grunnkerfi). Einfölduð er þessi forsenda að gera ráð fyrir orkumarkaði með um 7000 stunda meðalnýtingu á uppsettu afli. Þessari einföldun var t.d. beitt við mat á orkugetu jarðvarmavirkjana. Til að forsendur um kostnað séu sambærilegar var talið nauðsynlegt að líkja eftir hönnun og nota sama kostnaðarlíkan og við hönnun virkjana⁷. Gert er ráð fyrir að þær áætlanir, sem orkufyrirtækin leggja fram, séu byggðar á hönnun virkjunar. Samið var við þær þrjár verkfræðistofur sem mesta reynslu hafa í gerð virkjunaráætlana um forathugun. Þær eru Almenna verkfræðistofan hf. [1-3], Hönnun hf. [4] og Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. [5].

Sértækar forsendur: Í orkukerfisreikningunum er rennslisröð fyrir viðkomandi virkjun bætt við rennslisröð virkjana í skilgreindu grunnkerfi. Orkustofnun lætur gera rennslislíkan og reikna út 44 ára rennslisraðir (1950-1994). Líkan reiknar út hagkvæmstu nýtingu þessa rennslis og reiknar hvaða miðlunarstærð gefur besta nýtingu á rennslinu, þ.e. stuðlar að sem mestri orkugetu viðbótarinnar. Til þess er notað orkuforrit sem Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. hefur þróað⁸. Þar er byggt á rennslisröð sem nær yfir fyrrgreint tímabil. Í þessu kerfi eru 180 MW framleidd í jarðgufustöðvum en þær stöðvar eru lagðar undir og látnar framleiða á föstu álagi nema 3-4 vikur sem þær eru stöðvaðar vegna viðhalds. Með því móti verða vatnsaflsvirkjanir látnar leggja til afltoppa og reiðuafli.

Stofnkostnaður er reiknaður í kostnaðarlíkani Landsvirkjunar. Þar sem forathugun byggist ekki á nákvæmri hönnun einstakra mannvirkja voru unnar staðlaðar, almennar hönnunarforsendur fyrir einstök mannvirki í samstarfi Orkustofnunar, Almennu verkfræðistofunnar hf., Hönnunar hf. og Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen hf.

Faghópurinn notaði niðurstöður þessarar forathugunar hvað varðar orkugetu og stofnkostnað á orkueiningu við stöðvarvegg við samanburð á virkjunarhugmyndum.

⁷ Samráðshópur um virkjunarkosti í Rammaáætlun 2001. Samræmdar hönnunarforsendur og reiknireglur fyrir virkjanir í rammaáætlun. 3. drög; 08.01.2001.

⁸ Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 2001. Leiðbeiningar með orkuforriti VST.

Jarðvarmavirkjanir

Þegar fyrir liggur hönnuð jarðvarmavirkjun má gera ráð fyrir að áætlanir um borkostnað byggist á reynslu við rannsóknarboranir og því er hann nokkuð nærri væntanlegum raunkostnaði. Í forathugun hafa að jafnaði engar rannsóknarboranir átt sér stað og því á litlu að byggja um borkostnað. Hins vegar er talið að annar tæknilegur kostnaður sé nokkuð staðlaður [6]. Mismunur á kostnaði milli jarðvarmavirkjana er þannig fyrst og fremst háður árangri af borun, sem hefur áhrif á fjölda borhola og lengd gufuveitu. Í raun eru ekki efni til að gera mun á jarðvarmavirkjunum á forathugunarstigi og því var samið við Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns að setja upp áætlun fyrir staðlaða jarðvarmavirkjun [7].

Gert er ráð fyrir að á hverjum virkjunarstað verði jarðvarmavirkjun er svari til allt að 120 MW rafafis. Reynist jarðhitasvæðið geta staðið undir meiri vinnslu yrði valinn annar virkjunarstaður á svæðinu. Á stærri jarðhitasvæðum gæti þannig verið um nokkra slíka virkjunarstaði að velja. Á grundvelli fyrirbyggjandi reynslu var miðað við að afl staðalvirkjunar skyldi vera 120 MW og gufu til hennar mætti afla af 5 borteigum. Meðalafköst úr borholu eru áætluð duga til 5 MW rafmagns frá rafstöð. Stærð vinnslusvæðis 120 MW virkjunar nær með borteigum, gufuveitum og stöðvarhúsi yfir um 5 km². Gengið er út frá að á hverjum teig séu boraðar tvær beinar holur en bora megi auk þess allt að 8 holur á ská út frá teignum. Gert er ráð fyrir að affallsvatni verði veitt ofan í 300-400 m djúpar holur. Miðað við þrjá 40 MW áfanga er áætlaður stofnkostnaður um 16 milljarðar króna.

Leitað var til Jónasar Matthíassonar, verkfræðings og Árna Gunnarssonar, verkfræðings hjá LV um mat á rekstrarkostnaði en þar munar þó nokkru á vatnsaflsvirkjunum og jarðvarmavirkjunum. Öll orkufyrirtækin, sem reka jarðvarmastöðvar, hafa lagt fram gögn til þessara útreikninga. Reksturskostnaður er áætlaður 2% af stofnkostnaði á ári og er þar með tekinn með í reikninginn kostnaður við borun viðbótarhola til að halda fullu gufurensli í 50 ár. Þá var leitað til Magnúsar Sigurðssonar hjá Landsteinum [8], um mat á nýtingartíma afis í raforkukerfinu og áhrif þess á hagkvæmni.

Á þessu stigi getur mismunur í áætluðum stofnkostnaði jarðvarmavirkjana aðeins byggst á rökstuddum hugmyndum um frávík frá þessari stöðluðu virkjun, svo sem að virkjunin njóti nálægðar við aðra virkjun og geti þess vegna sparað sér ýmis atriði í stöðluðum stofnkostnaði eða aðstæður séu hagstæðari en að jafnaði, t.d. ekki þörf á kæliturnum eða niðurdælingu. Meira máli gæti þó skipt ef aðstæður leyfa beina notkun jarðvarma til annarra nota en raforkuframleiðslu eða notkun afgangsvarma. Ekki er tekið tillit til þess í samanburði hér en faghópur III getur þess í sínum samanburði hvort líklegt er að til slíkra nota geti komið á virkjunarstað.

Virkjunarhugmyndir

Ákveðið var að í 1. áfanga að rammaáætlun skyldu teknar fyrir virkjanir í jökulám, einkum þær sem hafa miðlunarlón á hálendinu, og þær jarðvarmavirkjanir sem eru nærri byggð. Margar af þessum virkjunarhugmyndum eru nú þegar til athugunar hjá orkufyrirtækjum en hinar eru í verkahring Orkustofnunar. Um þær síðarnefndu eru gerðar svonefndar forathuganir en þær virkjanir, sem eru í forsjá orkufyrirtækja, eru yfirleitt a.m.k. komnar á verkhönnunarstig sem þýðir að þá hefur verið valin tiltekin lausn og hún útfærð í mun meiri smáatriðum en hægt er í forathugun.

Þær vatnsaflsvirkjanir, sem teknar eru fyrir í 1. áfanga, eru ýmist á forathugunarstigi eða lengra komnar, þar af allmargar á framkvæmdastig, og í þeim tilfellum er byggt á skýrslum um mat á umhverfisáhrifum framkvæmdar. Þar er ekki í öllum tilfellum byggt á þeirri nálgun sem notuð er við rammaáætlun enda liggja þá einatt fyrir mun ítarlegri rannsóknir, og er því fjallað um ýmis

smáatriði sem í ljós koma við fullnaðarhönnun en ekki er fengist við í forathugun, svo sem nákvæma legu vega, staðsetningu efnisnáma og svæða þar sem fyrirhugað er að losa efni og staðsetningu vinnubúða.

Það gildir líkt um háhitasvæðin og vatnsorkusvæðin að gögn, sem byggt er á, eru nokkuð mismunandi bæði að umfangi og eðli eftir því hvort orkufyrirtækin eru að undirbúa vinnslu eða hvort þau eru á forathugunarstigi.

Virkjunarskýrslur

Upplýsingar um sem flesta þá þætti, sem talið var að skiptu máli við mat á einstökum virkjunarkostum, voru teknar saman í yfirlitsskýrslur, sem báru undirtitilinn tilhögun og umhverfi. Lokið var við slíka skýrslu um Skatastaðvirkjun [9] en aðrar eru í bráðabirgðaútgáfu sem var dreift til verkefnisstjórnar og faghópa. Enn vantar hluta af þeim upplýsingum sem þurfa að prýða yfirlitsskýrslurnar, og bíða þær því útgáfu.

Orkustofnun lét taka saman nokkrar yfirlitsskýrslur um jarðvarmasvæði þar sem unnið hafði verið að rannsóknum á forathugunarstigi [10-12]. Eftir er að gera hliðstæða skýrslu um eitt þeirra, Torfajökul, en frumgögnin liggja fyrir í nokkrum skýrslum og kortum.

Kennistærðir

Orkugeta vatnsaflsvirkjana ræðst af rennsli vatnsfallanna og möguleikum á miðlun þess yfir árið. Í jarðvarmavirkjunum er, eins og fyrr segir, almennt gert ráð fyrir 120 MW á hverjum virkjunarstað og þar með 840 GWh/ár miðað við 7.000 stunda sölu á orku á ári.

Stofnkostnaður miðast við verðlag í ársbyrjun 2003. Þar er allur kostnaður við mannvirki sem tengjast virkjuninni, ásamt vegum innan virkjunarsvæðis og að næsta stofnvegi, kostnaður vegna undirbúningsrannsókna og mats á umhverfisáhrifum, vinnubúða og vaxta á byggingartíma. Kostnaður miðast við háspennta orku inn á tengivirki við stöðvarvegg en tekur ekki til flutningsvirkja til að koma orkunni frá virkjuninni. Stuðst er við kostnaðartölur frá orkufyrirtækjum þar sem þær eru tiltækar, að öðrum kosti við mat hönnuða í frumáætlunum. Í niðurstöðum faghópsins er sýndur stofnkostnaður á orkueiningu (kr./(kWh/ár) þar sem orkugetu er deilt upp í stofnkostnaðinn.

Þá er reiknaður núvirtur heildarhagnaður af rekstri virkjana. Sá reikningur er gerður með sérstöku hermílkani sem þróað var af hugbúnaðarfyrirtækinu AGR. Reiknað er yfir 50 ára rekstartíma. Um afskriftartíma er farið eftir afskriftareglum Landsvirkjunar. Notað var orkuverð við stöðvarvegg 1,70 kr./kWh á forgangsortku sem seld er í 7000 stundir á ári en verð á ótryggðri orku er 0,60 kr./kWh, og hún seld allt að 10% til viðbótar við forgangsortku. Árlegur rekstrar-kostnaður reiknast 0,8% af stofnkostnaði vatnsaflsvirkjana og 2% af stofnkostnaði jarðvarma-virkjana. Rekstrargjöld hvers árs eru dregin frá sölutekjum hvers árs og mismunur núvirtur með 5,5% vöxtum til fyrsta rekstrardags. Á sama hátt er stofnkostnaður sem fellur til á mismunandi tíma núvirtur til fyrsta rekstrardags og dreginn frá núvirtum nettótekjum⁹. Mismunurinn er skilgreindur sem núvirtur hagnaður af rekstri virkjunar. Hagkvæmnireikningarnir hafa aðeins þann tilgang að bera virkjanakosti saman. Ekki má taka niðurstöður sem talnalegt mat á hagkvæmni. Þótt hagkvæmnitölurnar séu byggðar á umdeilanlegum forsendum er þess vænst að óvissa í þeim riðli ekki hagkvæmnisröð virkjana. Prófað var að reikna hagnaðinn með öðru verði á forgangsortku, 1,5 kr./kWh og 1,9 kr./kWh. Sú breyting riðlaði ekki hagkvæmnisröðinni. Í hermireikningunum er forsendustærðum hnikað nokkuð til í samræmi við almennt hugboð um óvissu hvers og eins þeirra. Þetta á einkum við um stofnkostnað sem er að sjálfsögðu óvissu undirorpinn, einkum ef hann er metinn á forathugunarstigi. Niðurstöðurnar eru því meðaltöl

⁹ Hér er ekki átt við vexti á byggingartíma, enda eru þeir teknir með í stofnkostnað.

margra ólíkra forsendutalna sem hver um sig er að meðalgildi eins og að framan greinir. Hermi-reikningarnir sýna að óvissa í niðurstöðunum er að jafnaði ekki undir 15% og er þá ekki er tekið tillit til áhættu ef markaður fyrir framleiðslu virkjunar kynni að bregðast. Sú áhætta gæti verið meiri eftir því sem virkjun er stærri.

Við útreikning á hagnaði er gert ráð fyrir að allar virkjanir selji forgangsorku á sama verði. Þar sem stofnkostnaður á orkueiningu er svipaður fyrir flestar virkjanir í þeim hópi sem um var fjallað í 1. áfanga, og forsendur um rekstrarkostnað og orkuverð hinar sömu fyrir hvora gerð virkjana, vatnsafl og jarðvarma, endurspeglar vísitala hagnaðar fyrst og fremst sölutekjur og stærð virkjana í hvorri gerð. Til að leggja áherslu á hagkvæmnisröð fremur en umdeilanlega fjárhæð hagnaðar eru niðurstöður settar fram sem vísitala hagnaðar þar sem mestur núvirtur hagnaður virkjunar er látinn samsvara 10 í vísitölu og aðrar virkjanir fá vísitölu í hlutfalli við það.

Hlutfall núvirtis hagnaðar og stofnkostnaðar virkjunar dregur skýrt fram arðsemi fjárfestingar í virkjun. Til þess að gera þær hlutfallstölur þægilegri í meðförum var valið að gefa meðaltalshlutfalli safnsins gildið 100. Þetta hlutfall var nefnt hlutfall arðsemi. Önnur leið til að meta arðsemi er að reikna afkastavexti virkjunar. Afkastavextir sýna þá hæstu ávöxtunarkröfu, sem virkjunin gæti staðið undir, án þess að núvirtur hagnaður verði neikvæður. Þessir reikningar voru gerðir með hermilíkaninu og undir sömu forsendum og reikningar á núvirtum hagnaði. Þar sem hér er einnig um röð fremur en upphæð að ræða voru niðurstöður settar fram sem vísitala arðsemi, reiknuð á þann hátt að hæstu afkastavextir virkjunar í safninu gefa vísitölu 10 en afkastavextir annarra virkjana gefa þeim vísitölu í hlutfalli við það.

Tenging virkjana við netið

Kostnaður tengingar virkjunar við flutningskerfi raforku er háður stærð og stað virkjunar svo og flutningsgetu kerfisins. Geta meginflutningskerfisins til að flytja orku frá einstaka virkjunum er misjöfn og þótt kerfið geti tekið við orku frá einni virkjun á ákveðnu svæði nú er ekki víst að það dugi næstu virkjun á sama svæði. Það er talið ógerningur að leggja í þá vinnu sem þarf til að reikna flutningsgetuna í smáatriðum. Einnig verður að hafa í huga að röðun virkjana eftir hagkvæmni er aðeins gild miðað við þær forsendur að hver virkjun sé reiknuð eins og að hún verði næst í röðinni á eftir þeim sem eru innifaldar í grunnkerfinu. Engin leið er að áætla svo mark sé á takandi í hvaða röð mismunandi kostir verða virkjaðir enda er það m.a. eitt af markmiðum með rammaáætlun að nálgast nokkrar af helstu forsendunum fyrir slíkri röðun. Þegar til kastanna kemur mun röðunin ráðast af ákvörðunum orkufyrirtækjanna.

Ekki var talið gerlegt að meta tengikostnað nákvæmlega þar sem virkjunartilhögun er víðast enn óljós. Eins eru mörg álitamál uppi hvernig skipta á þessum kostnaði. Tengikostnaður var lauslega áætlaður með hliðsjón af líklegri lengd háspennulína og þeim búnaði sem þarf til að tengja virkjun við meginflutningskerfið eða notanda beint, en gert er ráð fyrir að virkjanir stærri en um 150 MW verði tengdar inn á svæði sem faghópur III telur nægilega öflugt og býr yfir aðstæðum til að þar megi byggja upp orkufreka starfsemi. Guðmundur Valsson rafmagnsverkfræðingur [13] var fenginn til að áætla þennan kostnað. Tengikostnaður er á þessu stigi ekki látinn hafa áhrif á röðun virkjana eftir hagkvæmni en athugasemdir eru gerðar um það hvort hann er líklegur til að vera mikill, miðlungs eða lítill.

Niðurstöður um kennistærðir virkjunarhugmynda í 1. áfanga

Kennistærðir þeirra virkjunarhugmynda sem voru til umfjöllunar í 1. áfanga rammaáætlunar eru dregnar saman í töflu V6.1. Virkjunarhugmyndum er raðað í töflunni eftir vísitölu hagnaðar. Í 1. dálki er auðkennisnúmer virkjunarhugmyndarinnar, í 2. dálki vinnuheiti hennar, síðan orkugeta (GWh/ár), stofnkostnaður á orkueiningu (kr./(kWh/ár)), þá vísitala núvirtis hagnaðar yfir 50 ára rekstartíma, hlutfall arðsemi reiknað út frá hlutfalli núvirtis hagnaðar og stofnkostnaðar, þá

afkastavextir og vísitala arðsemi. Í síðasta dálki er gefið til kynna hvort tengikostnaður gæti orðið mikill, miðlungs eða lítill.

TAFLA V6.1 KENNISTÆRÐIR VIRKJUNARHUGMYNDA

Raðað er eftir vísitölu hagnaðar

Nr.	Nafn virkjunarstaðar	Orkugeta (GWh/ár)	Stofnkostn. á orkuein. (kr./kWh/ár)	Vísitala hagnaðar	Hlutfall arðsemi	Afkasta-vextir %	Vísitala arðsemi	Umfang tengi-kostnaðar
7	Jökulsá á Fjöllum	4000	18,4	10,00	145	9,5	4,6	Miðlungs
8	Kárahnjúkavirkjun	4670	20,0	9,28	105	8,3	4,0	Miðlungs
9	Fljótisdalsvirkjun	1390	18,9	3,35	135	9,1	4,4	Lítill
14	Skaftárveita	450	8,2	2,18	630	20,5	10,0	Lítill
30	Reykjanes	840	16,7	1,79	136	9,1	4,4	Lítill
10	Skaftárvirkjun	904	20,5	1,74	99	8,2	4,0	Miðlungs
43	Hágöngusvæði	840	17,7	1,49	106	8,3	4,0	Lítill
52	Krafla - Vestursvæði	840	17,8	1,39	99	8,1	4,0	Lítill
15	Norðlingaölduveita (575m)	650	16,3	1,38	139	8,6	4,2	Lítill
17	Núpsvirkjun a	1001	22,7	1,26	59	7,1	3,5	Lítill
18	Núpsvirkjun b	1019	23,1	1,16	53	7,0	3,4	Lítill
32	Sandfell	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
33	Trölladyngja	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
34	Seltún	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
35	Austurengjar	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
36	Brennisteinsfjöll	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
37	Hellisheiði	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
38	Innstidalur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
40	Grændalur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
41	Þverárdalur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
42	Ölkelduháls	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
44	Reykjadalir vestari	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
45	Reykjadalir austari	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
46	Reykjadalir (Kaldaklof)	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
47	Háuhverir	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
48	Brennisteinsalda	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
49	Þeistareykir	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
53	Krafla - Leirhnjúkur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
19	Urriðafossvirkjun	920	23,2	1,06	53	7,0	3,4	Lítill
5	Hrafnabjargavirkjun a	575	21,2	1,03	90	8,0	3,9	Lítill
50	Bjarnarflag	560	18,3	0,82	85	7,8	3,8	Lítill
1	Skatastaðavirkjun a	1046	24,5	0,77	32	6,4	3,1	Mikill
39	Nesjavellir - stækkun	210	11,9	0,76	322	14,5	7,1	Lítill
2	Skatastaðavirkjun b	1290	25,0	0,73	24	6,2	3,0	Mikill
16	Búðarhálsvirkjun	630	23,2	0,72	52	6,8	3,3	Lítill
51	Krafla I (3)	280	15,3	0,70	175	9,9	4,8	Lítill
6	Hrafnabjargavirkjun b	618	23,3	0,70	52	6,9	3,4	Lítill
13	Markarfljótsvirkjun b	855	24,4	0,70	35	6,5	3,2	Mikill
11	Hólmsársvirkjun	438	22,0	0,67	74	7,5	3,7	Miðlungs
12	Markarfljótsvirkjun a	735	23,7	0,59	36	6,4	3,1	Mikill
31	Svartsengi- stækkun	140	10,7	0,57	401	16,7	8,1	Lítill
3	Villinganesvirkjun	190	24,4	0,18	41	6,7	3,3	Lítill
4	Fljótshnjúksvirkjun	405	40,3	-1,49	-97	2,6	1,3	Lítill

HEIMILDIR

- [1] Almenna verkfræðistofan hf. 2002. *Skaftárvirkjun, ofan Skaftárdals. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/059.
- [2] Almenna verkfræðistofan hf. 2002. *Hólmsárvirkjun, Hólmsá í Skaftártungu. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/060.
- [3] Almenna verkfræðistofan hf. 2003. *Virkjun Djúpár og Hverfisfljóts í Fljótshverfi.* Forathugun. Orkustofnun, OS-2003/020.
- [4] Hönnun hf. 2002. *Virkjanir í Skjálfandafljóti ofan Bárðardals. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/061.
- [5] Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 2002. *Markarfljótsvirkjanir. Forathugun.* Orkustofnun, OS-2002/058.
- [6] Valgarður Stefánsson 2000. *Stofnkostnaður jarðgufuvirkjana.* Orkustofnun, greinargerð VS-2000/01.
- [7] Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf. 2003. *Stofnkostnaður jarðvarmavirkjana.* Greinargerð - VGK/03.03.03.
- [8] Magnús Sigurðsson 2003. *Þróun nýtingartíma íslenska raforkumarkaðarins á næstu árum og áhrif þess á hagkvæmni jarðgufustöðva.* Minnisblað 25.02.2003.
- [9] VSÓ Ráðgjöf og Orkustofnun 2001. *Skatastaðavirkjun á Hofsafrétt – Tilhögun og umhverfi.* Orkustofnun, OS-2001/021.
- [10] Halldór Ármannsson 2001. *Þeistareykir – Yfirlit um rannsóknir og rannsóknakostnað.* Orkustofnun, OS-2001/035.
- [11] Almenna verkfræðistofan hf. 2001. *Yfirlit rannsókna á jarðhitasvæðinu í Krýsuvík.* Orkustofnun, OS-2001/041.
- [12] Helgi Torfason og Magnús Á. Sigurgeirsson 2001. *Brennisteinsfjöll – Rannsóknir á jarðfræði svæðisins.* Orkustofnun, OS-2001/048.
- [13] Guðmundur Valsson 2003. *Minnisblað um áætlun á stofnkostnaði við tengingar virkjunarkosta í rammaáætlun við meginflutningskerfið og notkunarstaði.* (GV/4.3.2003).

Viðauki b7

Röðun hópa virkjana til að mæta tiltekinni orkuþörf¹⁰

Hér á eftir verða sýnd nokkur dæmi um það hvernig nota má niðurstöður rammaáætlunar, einkum röðun þá sem sett er fram í töflu 5.13. Settar verða fram óskir um tiltekna orkugetu sem uppfylla þarf á ákveðnum landsvæðum. Vegna framkvæmdahraða er gert ráð fyrir að ekki gefist nægur tími til að láta reyna á fulla getu jarðvarmavirkjana og því verði um það bil 50% af orkugetunni að koma vatnsaflsvirkjunum. Jarðvarmavirkjanir eru því aðeins taldar með 50% af fullri áætlaðri orkugetu nema virkjanir í Bjarnarflagi, á Hellisheiði og Reykjanesi sem eru betur þekktar og reiknast með full afköst. Þegar val stendur milli jarðvarmavirkjana með álíka umhverfisáhrif er sá virkjunarstaður valinn fyrst sem betur er rannsakaður. Af samanburðarvirkjunum eru Villinganesvirkjun og Búðarhálsvirkjun taldar með en gert er ráð fyrir að stækkanir í Svartsengi, á Nesjavöllum og í Kröflu fari til annarra nota.

Tekin eru þessi dæmi:

A. Virkja þarf 3.000–4.000 GWh/ári á Norðurlandi vegna álvers við Eyjafjörð eða Húsavík og annars iðnaðar þar. Skoðaðir eru tveir kostir, A1 og A2.

B. Virkja þarf 6.000 GWh/ári á Suðurlandi vegna stækkana álvera og annars iðnaðar á Suðvesturlandi.

A1 NORÐURLAND:

Í fyrsta lagi eru skoðaðir virkjunarkostir á Norðurlandi með samanlagða orkugetu a.m.k. 3.000 GWh/ár, þar sem Jökulsá á Fjöllum er sleppt. Byrjað er efst í töflu 5.13 og haldið niður eftir henni með áður nefnda kröfu í huga að ekki komi meira en 50% af orkugetunni frá jarðhitavirkjunum.

Niðurstaðan er eftirfarandi röðun:

Virkjunarkostur	Orkugeta	Uppsöfnuð	Tegund	Vísitala	Flokkur		
	GWh/ár	orkugeta	virkjunar	umhverfis- áhrifa	U	H	A
		GWh/ár					
Bjarnarflag	560	560	J	0,48	a	c	c
Krafla - Vestursvæði	420	980	J	0,50	a	c	c
Þeistareykir ¹¹	420	1.400	J	1,43	b	c	c
Hrafnabjargavirkjun a	575	1.975	V	2,07	b	c	c
Skatastaðavirkjun a ¹²	1.046	3.021	V	3,55	c	d	d

¹⁰ Þessi viðauki er byggður á greiningu Páls Jenssonar prófessors.

¹¹ Þeistareykir eru betur rannsakaðir en Krafla – Leirhnjúkur. Munur í umhverfisáhrifum er óverulegur.

A2 NORÐURLAND:

Þessi kostur felur í sér val á milli virkjunar Jökulsár á Fjöllum með orkugetu 4.000 GWh á ári og annarra virkjana sem hefðu svipaða orkugetu. Í töflu 5.13 sést í hvaða flokkum virkjun Jökulsár á Fjöllum er (e a a). Ef auka á kost A1 til jöfnuðar í orkugetu við Jökulsá þyrfti að bæta við um 1.000 GWh á ári. Af vatnsaflsvirkjunum norðan lands kæmi þá aðeins Villinganesvirkjun til greina. Auk hennar kæmu Hágöngusvæði og Krafla - Leirhnjúkur til skjalanna. Bent skal á að í þessari lausn kemur um 55% af orkugetunni frá jarðhitavirkjunum.

Kostur til samanburðar við Jökulsá yrði:

Virkjunarkostur	Orku- geta	Uppsöfnuð orkugeta	Tegund virkjunar	Vísitala umhverfis- áhrifa	Flokkur		
	GWh/ár	GWh/ár			U	H	A
Bjarnarflag	560	560	J	0,48	a	c	c
Krafla - Vestursvæði	420	980	J	0,50	a	c	c
Þeistareykir	420	1.400	J	1,43	b	c	c
Hrafnabjargavirkjun a	575	1.975	V	2,07	b	c	c
Skatastaðavirkjun a	1.046	3.021	V	3,55	c	d	d
Hágöngusvæði ¹³	420	3.441	J	0,33	a	c	c
Villinganesvirkjun	190	3.631	V		b	d	d
Krafla - Leirhnjúkur	420	4.051	J	1,34	b	c	c

Vísitölur umhverfisáhrifa eru í eðli sínu hlutfallstölur. Því væri marklaust að taka meðaltal af þeim fyrir hópinn heldur yrði að gera sérstakt mat á samanlögðum umhverfisáhrifum virkjananna átta og bera þau saman við umhverfisáhrif virkjunar Jökulsár á Fjöllum. Mat á náttúrufarsverðmætum er hins vegar í fullu gildi á hverju svæði ef undan eru skildar breytingar sem verða á verðmætum fágætra eða sérstaklega mikilvægra svæða þegar virkjað er úr hópnum og óröskuðum svæðum með þessum einkennum fækkar.

¹² Villinganesvirkjun dygði ekki. Hún gæti hins vegar aukist í orkugetu og orðið hagkvæmari ef Skatastaðavirkjun með miðlun í Bugslóni er byggð fyrst.

¹³ Nýting á Hágöngusvæði er ekki hugsanleg án Sprengisandslínu.

B SUÐURLAND

Á Suðurlandi eru athugaðir virkjunarkostir sem skilað gætu 6.000 GWh/ár til Suðvesturlands. Aftur er byrjað efst í töflu 5.13 og haldið niður eftir henni, með áður nefnda kröfu í huga að ekki komi meira en 50% af orkugetunni frá jarðhitavirkjunum.

Röðunin yrði þá þessi:

Virkjunarkostur	Orkugeta	Uppsöfnuð orkugeta	Tegund virkjunar	Vísitala umhverfisáhrifa	Flokkur		
	GWh/ár	GWh/ár			U	H	A
Núpsvirkjun a	1.001	1.001	V	0,54	a	b	c
Hágöngusvæði ¹⁴	420	1.421	J	0,33	a	c	c
Hellisheiði	840	2.261	J	0,33	a	c	c
Reykjanes ¹⁵	840	3.101	J	0,58	a	c	c
Seltún ¹⁶	420	3.521	J	0,58	a	c	c
Sandfell	420	3.941	J	0,39	a	c	c
Hólmsárvirkjun ¹⁷	438	4.379	V	0,78	a	d	c
Búðarhálsvirkjun	630	5.009	V		a	d	d
Urriðafossvirkjun	920	5.929	V	1,37	b	c	c
<i>Næst kæmu:</i>							
Þverárdalur	420	6.349	J	0,44	a	c	c
<i>eða</i>							
Skaftárveita	450	6.799	V	1,86	b	b	a

¹⁴ Nýting á Hágöngusvæði er ekki hugsanleg án Sprengisandslínu.

¹⁵ Reykjanes er betur rannsakað en Sandfell. Munur í umhverfisaáhrifum er óverulegur.

¹⁶ Seltún er betur rannsakað en Sandfell. Munur í umhverfisaáhrifum er óverulegur.

¹⁷ Hólmsá er tekin vegna skilyrðis um 50% vatnsafl.

Viðauki b8

Virkjunarsvæði og náttúruverndarhagsmunir¹⁸

Vinnuheiti virkjunar	Nr.	Virkjunarsvæði vs svæði friðlýst sbr. lög um náttúruvernd.	Virkjunarsvæði vs svæði vernduð með sérlögum.	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillögum UST	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillaga umhverfis-ráðuneytisins	Virkjunarsvæði vs svæði á náttúruminjaskrá 7. útg. 1996
Vatnsaflsvirkjanir:						
Skatastaðavirkjun a	1	Auglýsing nr. 29/1977, Miklavatn.		Orravatnsrústir Austara-Eylendið.		NMS-413, Orravatnsrústir NMS-414, Botn Vesturdals (Hofsárdals).
Skatastaðavirkjun b	2	Auglýsing nr. 29/1977, Miklavatn.		Orravatnsrústir Austara-Eylendið.		NMS-413, Orravatnsrústir NMS-414, Botn Vesturdals (Hofsárdals). NMS-418, Austara-Eylendið.
Villinganesvirkjun	3	Auglýsing nr. 29/1977, Miklavatn.		Austara-Eylendið.	Austara-Eylendið.	NMS-418, Austara-Eylendið.
Fljótshnjúksvirkjun	4					NMS-518, Laufrönd og Neðribotnar. NMS-519, Ingvararfoss, Aðeyjarfoss og Hrafnabjargafoss. NMS-521, Goðafoss. NMS-522, Þingey. NMS-527, Votlendi á Sandi og Sílalæk.

¹⁸ Yfirlit þetta er tekið saman af Umhverfisstofnun.

Vinnuheiti virkjunar	Nr. Virkjunarsvæði vs svæði friðlýst sbr. lög um náttúruvernd.	Virkjunarsvæði vs svæði vernduð með svæði sérilögum.	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillögum UST	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillaga umhverfis-ráðuneytisins	Virkjunarsvæði vs svæði á náttúruminjaskrá 7. útg. 1996	
Hrafnabjargavirkjun a	5				NMS-518, Laufrönd og Neðribotnar. NMS-519, Ingvararfoss, Aldeyjarfoss og Hrafnabjargafoss. NMS-521, Goðafoss. NMS-522, Þingey. NMS-527, Votlendi á Sandi og Sílalæk.	
Hrafnabjargavirkjun b	6				NMS-518, Laufrönd og Neðribotnar. NMS-519, Ingvararfoss, Aldeyjarfoss og Hrafnabjargafoss. NMS-521, Goðafoss. NMS-522, Þingey. NMS-527, Votlendi á Sandi og Sílalæk.	
Jökulsá á Fjöllum	7	1) Reglugerð nr. 359/1993 um þjóðgarðinn í Jökulsárgljúfrum. 2) Auglýsing nr. 456/1996 um friðlýsingu Dettifoss, Selfoss og Hafragilsfoss. 3) Auglýsing nr. 272/1974, Herðubreiðar-friðland.	Lög nr. 36/1974, um vernd Mývatns og Laxár.	Jökulsárgljúfrur, stækkun þjóðgarðsins.	Jökulsárgljúfrur, stækkun þjóðgarðsins.	NMS-536, Jökulsárgljúfur austan ár. NMS-613, Kverkfjöll og Krepputunga.
Kárahnjúkavirkjun	8			1) Eyjabakkar - Vesturóræfi. 2) Fijótsdalshérað (Úthérað).		NMS-605, Votlendi og sandar í Hjaltastaðapinghá og Hjaltastaðaásar. NMS-615, Snæfell, Vesturóræfi og Hafrahvammagljúfur. NMS-616, Eyjabakkar. NMS-639, Eylendið í Jökulsárhlið. NMS-647, Finnsstaðanes og Egilsstaðanes. NMS-648, Húsey. NMS-649, Gláma og nágr.

Vinnuheiti virkjunar	Nr. Virkjunarsvæði vs svæði fríðlýst sbr. lög um náttúruvernd.	Virkjunarsvæði vs svæði vernduð með sér lögum.	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillögum UST	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillaga umhverfis-ráðuneytisins	Virkjunarsvæði vs svæði á náttúru-minjaskrá 7. útg. 1996
Fljótsdalsvirkjun	9			1) Eyjabakkar - Vesturöræfi. 2) Fljótsdalshérað (Úthérað).	NMS-605, Votlendi og sandar í Hjaltastaðaþinghá og Hjaltastaðaásar. NMS-615, Snæfell, Vesturöræfi og Hafra-hvammagljúfur. NMS-616, Eyjabakkar. NMS-647, Finnsstaðanes og Egilsstaðanes. NMS-648, Húsey. NMS-649, Gláma og nágr.
Skaftárvirkjun	10			Skaftáreldahraun Grenlækur - Eldvatn	NMS-704, Grenlækur NMS-705, Steinsmýrarflóð NMS-759, Skálarheiði, Rauðhóll, Bunuhólar og Hálsagígar.
Hólmsárvirkjun	11				
Markarfljótsvirkjun a	12			(Þórsmörk)	NMS-714, Þórsmörk. NMS-717, Litla- og Stóra Dímon. NMS-719, Tjarnir og Tjarnanes. NMS-761, Emstrur og Fjallabak.
Markarfljótsvirkjun a	13			(Þórsmörk)	NMS-714, Þórsmörk. NMS-717, Litla- og Stóra Dímon. NMS-719, Tjarnir og Tjarnanes. NMS-761, Emstrur og Fjallabak.
Skaftárveita	14	Auglýsing nr. 215/1975, Lakagígar.		Skaftáreldahraun. Grenlækur - Eldvatn.	NMS-704, Grenlækur. NMS-705, Steinsmýrarflóð NMS-706, Eldgjá. NMS-759, Skálarheiði, Rauðhóll, Bunuhólar og Hálsagígar. NMS-760, Grænifjallgarður.

Vinnuheiti virkjunar	Nr. Virkjunarsvæði vs svæði fríðlýst sbr. lög um náttúruvernd.	Virkjunarsvæði vs svæði vernduð með sér lögum.	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillögum UST	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillaga umhverfis-ráðuneytisins	Virkjunarsvæði vs svæði á náttúru-minjaskrá 7. útg. 1996
Norðlingaölduveita	15	Auglýsing nr. 507/1987, Þjórsárver		Þjórsárver og Þjórsá (stækkun friðlands)	
Búðarhálsvirkjun	16				
Núpsvirkjun a	17				
Núpsvirkjun b	18				
Urriðafossvirkjun	19				

Jarðvarmavirkjanir:

Reykjanes	30			Reykjanes - Eldvörp - Hafnaberg	Reykjanes - Eldvörp - Hafnaberg	NMS-106, Reykjanes - Eldvörp og Hafnaberg.
Svartsengi - Eldvörp	31			Reykjanes - Eldvörp - Hafnaberg	Reykjanes - Eldvörp - Hafnaberg	NMS-106, Reykjanes - Eldvörp og Hafnaberg.
Sandfell (Krýsuvík)	32	Auglýsing nr. 520/1975, Reykjanesfólkvangur				
Trölladyngja (Krýsuvík)	33	Auglýsing nr. 520/1975, Reykjanesfólkvangur				NMS-101, Keilir og Höskuldarvellir.
Seltún (Krýsuvík)	34	Auglýsing nr. 520/1975, Reykjanesfólkvangur.				
Austurengjar (Krýsuvík)	35	Auglýsing nr. 520/1975, Reykjanesfólkvangur.		Brennisteinsfjöll - Herdísarvík		
Brennisteinsfjöll	36	Auglýsing nr. 520/1975, Reykjanesfólkvangur. Auglýsing nr. 121/1975, Herdísarvík		Brennisteinsfjöll - Herdísarvík		NMS-758, Stakkavík og Hlíðarvatn í Selvogi.
Hellisheiði (Hengill)	37					NMS-752, Hengilssvæðið.
Innstidalur (Hengill)	38					NMS-751, Varmá og Ölfusforir. NMS-752, Hengilssvæðið.
Nesjavellir (Hengill)	39			Þingvellir - Skjaldbreiður - Tindaskagi.		NMS-751, Varmá og Ölfusforir. NMS-752, Hengilssvæðið.
Grændalur (Hengill)	40			Grændalur - Reykjadalir		NMS-751, Varmá og Ölfusforir. NMS-752, Hengilssvæðið.
Þverárdalur (Hengill)	41					

Vinnuheiti virkjunar	Nr. Virkjunarsvæði vs svæði friðlýst sbr. lög um náttúruvernd.	Virkjunarsvæði vs svæði vernduð með sérilögum.	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillögum UST	Virkjunarsvæði vs svæði í náttúruverndar-áætlun, tillaga umhverfis-ráðuneytisins	Virkjunarsvæði vs svæði á náttúruminjasrá 7. útg. 1996
Ölkelduháls (Hengill)	42		Grændalur - Reykjadalir		NMS-751, Varmá og Ölfusforir. NMS-752, Hengilssvæðið.
Hágöngusvæði	43				
Reykjadalir (Vesturdalir)	44	Auglýsing nr. 354/1979, Friðland að Fjallabaki	Hekla.		NMS-730, Hekla, NMS-761, Emstrur og Fjallabak.
Reykjadalir (Austurdalir)	45	Auglýsing nr. 354/1979, Friðland að Fjallabaki	Hekla.		NMS-730, Hekla, NMS-761, Emstrur og Fjallabak.
Reykjadalir (Kaldaklof)	46	Auglýsing nr. 354/1979, Friðland að Fjallabaki	Hekla.		NMS-730, Hekla, NMS-761, Emstrur og Fjallabak.
Háuhverir (Torfajökull)	47	Auglýsing nr. 354/1979, Friðland að Fjallabaki			NMS-761, Emstrur og Fjallabak.
Brennisteinsalda (Torfajökull)	48	Auglýsing nr. 354/1979, Friðland að Fjallabaki	Hekla.		NMS-730, Hekla, NMS-761, Emstrur og Fjallabak.
Þeistareykir	49				NMS-533, Þeistareykir.
Bjarnarflag	50		Lög nr. 36/1974, um verndun Mývatns og Laxár		
Krafla (núverandi)	51		Lög nr. 36/1974, um verndun Mývatns og Laxár		
Krafla Vestursvæði	52		Lög nr. 36/1974, um verndun Mývatns og Laxár		
Krafla Leirhnjúkur	53		Lög nr. 36/1974, um verndun Mývatns og Laxár		