

KRÖFLUVIRKJUN II

Allt að 150 MW_e jarðhitavirkjun
við Kröflu í Skútustaðahreppi

Mat á umhverfisáhrifum
Frummatsskýrsla



Landsvirkjun

Apríl 2010



Landsvirkjun

KRÖFLUVIRKJUN II

Allt að 150 MW_e jarðhitavirkjun

við Kröflu í Skútustaðahreppi

Mat á umhverfisáhrifum

Frummatsskýrsla



MANNVIT
VERKFRÆÐISTOFA

Apríl 2010



Landsvirkjun

Upplýsingablað

Skýrsla nr: LV-2010/042

Dags: 2010-03-25

Fjöldi síðna: 141 Upplag: 50 Dreifing: Opin Lokuð til

Titill: Kröfluvirkjun II, Allt að 150 MWe jarðhitavirkjun, Mat á umhverfisáhrifum, frummatsskýrsla

Höfundar: Mannvit verkfræðistofa

Verkefnisstjóri: Albert Guðmundsson

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: Engir

Útdráttur: Fyrirhugað er að reisa allt að 150 MWe jarðhitavirkjun, Kröfluvirkjun II, í Skútustaðahreppi í Þingeyjarsýslu til viðbótar við núverandi Kröflustöð.

Í frummatsskýrslu er fyrirhugaðri framkvæmd og framkvæmdasvæði lýst og fjallað um skipulag og landnotkun á svæðinu.

Lýst er grunnástandi svæðisins, gerð grein fyrir umhverfisáhrifum og birt samantekt á helstu umhverfisáhrifum fyrirhugaðrar framkvæmdar.

Lykilorð: Kröfluvirkjun, Krafla, stækkun Kröflu, Kröfluvirkjun II

ISBN nr: _____

ISSN nr: _____

Undirskrift verkefnastjóra

Albert Guðmundsson

Mynd á forsíðu: Núverandi 60 MW_e Kröflustöð I í júlí 2009.

SAMANTEKT

Almennt

Landsvirkjun áformar að reisa allt að 150 MW_e jarðhitavirkjun við Kröflu í Skútustaðahreppi, Kröfluvirkjun II. Á svæðinu er fyrir 60 MW_e Kröflustöð þannig að með fyrirhugaðri nýrri virkjun verður orkuvinnsla á svæðinu að samanlögðu 210 MW_e. Markmið Landsvirkjunar með byggingu nýrrar jarðhitavirkjunar í Kröflu er að nýta jarðhita á sjálfbæran hátt til framleiðslu rafmagns og sinna þannig þörfum markaðarins hverju sinni.

Í samstarfi við Þeistareyki ehf. er unnið að undirbúningi jarðhitavirkjana á háhitasvæðum í Þingeyjarsýslum. Markmiðið er að kanna hagkvæmni þess að framleiða um 400 MW_e af rafmagni fyrir álver á Bakka við Húsavík eða aðra orkukaupendur. Samhliða mati á umhverfisáhrifum Kröfluvirkjunar II vinna Þeistareykir ehf. að mati á umhverfisáhrifum jarðhitavirkjunar á Þeistareykjum, Landsnet hf. að mati á umhverfisáhrifum háspennulína frá Kröflu og Þeistareykjum að Bakka við Húsavík og Alcoa að mati á umhverfisáhrifum álvers á Bakka. Í samræmi við úrskurð umhverfisráðherra frá 31. júlí 2008 og leiðbeiningar Skipulagsstofnunar í kjölfar úrskurðarins eru frummatsskýrslur framangreindra framkvæmda settar fram samtímis sem og sameiginlegt mat þeirra allra.

Kröflusvæðið

Framkvæmdasvæði Kröfluvirkjunar er innst í Hlíðardal og á hálendinu austan og norðan við botn dalsins. Svæðið er í norðaustur af Mývatni, í rúmlega 10 km fjarlægð frá Reykjahlíð. Jarðhita-kerfið í Kröflu er stórt og inniheldur mikla orku. Er talið að kerfið sé eitt af þremur stærstu jarðhitasvæðum á Norðurlandi eystra. Staðsetning þess í miðju gosbeltinu veldur mikilli vatnslekt innan kerfisins því að tíðir jarðskjálftar og sprunguhreyfingar halda sprungum opnum. Að mati sérfræðinga Landsvirkjunar á sviði forðafræði er talið að svæðið beri nýja, allt að 150 MW_e virkjun, og miðast mat á umhverfisáhrifum við það.

Alls hafa nú verið boraðar 44 holur á Kröflusvæðinu, bæði vinnsluholur og rannsóknaholur. Samanlögð afkastageta er um 90 MW_e, það er 60 MW_e fyrir núverandi Kröflustöð og um 30 MW_e upp í fyrsta áfanga fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II. Kröfluvirkjun hefur frá upphafi verið vagga jarðhitarannsóknar á Íslandi og fyrirmynd annarrar háhitanýtingar hér á landi og víðar. Frá upphafi hefur verið viðhaft öflugt eftirlit með áhrifum vinnslunnar. Þá opnaði vinnsla á Kröflusvæðinu leið fyrir ferðamenn að stöðum eins og Víti og Leirhnjúki, sem eru vinsælir ferðamannastaðir.

Gera má ráð fyrir að eldsumbrot eigi sér stað við Kröflu á nokkur hundruð ára fresti. Kröflueldar stóðu yfir frá 1975-1984 en þar á undan varð svipuð hrina, Mývatnseldar, um 250 árum fyrr. Það tekur tíma fyrir svæðið að safna nægjanlegri spennu til þess að geta gosið aftur. Mikil gliðnun og spennuslökun varð á svæðinu í eldgosahrinunum á 18. og 20. öld og því taldar litlar líkur á nýrri stórrí hrinu næstu 100-200 árin.

Framkvæmd

Áform um Kröfluvirkjun II gera ráð fyrir að reisa í áföngum allt að 150 MW_e jarðhitavirkjun norðan núverandi Kröflustöðvar í 50 MW_e einingum. Áætlun um uppbyggingu fyrirhugaðrar virkjunar ræðst af raforkuþörf markaðarins og áætlaðri vinnslugetu jarðhitasvæðisins. Byggingarhraði virkjunarinnar fer eftir árangri við frekari orkuöflun með vinnsluborunum. Gert er ráð fyrir að haft verði samráð við Orkustofnun um áfangaskiptingu virkjunar við Kröflu.

Stöðvarhús Kröfluvirkjunar II verður reist á svæði skammt norðan við núverandi Kröflustöð. Hverri vélasamstæðu fylgir kæliturn og verða þeir reistir norðan við stöðvarhúsið. Gert er ráð fyrir

að tengivirki nýju stöðvarinnar verði norðan við núverandi tengivirki. Ný skiljustöð verður reist norðan við núverandi skiljustöð og nýtt lokahús ásamt gufuhljóðdeyfi verður skammt frá núverandi lokahúsi.

Gert er ráð fyrir að allt að 30 borholur þurfi fyrir fyrirhugaða Kröfluvirkjun II. Til að dreifa borholum sem minnst um svæðið er ráðgert að bora margar holur frá hverjum borteig á alls 8 borsvæðum. Þrjú svæði eru þar sem borað hefur verið á áður en fimm borsvæði eru á áður óröskuðum svæðum. Tvö þeirra eru norðan Vítis, tvö uppi á Sandabotnafjalli og eitt vestan við Rauðhól. Hvert svæði getur orðið allt að 20.000 m² að flatarmáli. Með því að bora margar holur frá hverjum borteig verður minna rask á landi en ella þar sem borað er á færri svæðum. Þá verður ein meginlögn frá hverju borsvæði að lagnastofni sem liggur að skiljustöð.

Frá núverandi skiljustöð Kröflustöðvar koma um 170 kg/s. Af því er um 40% nú dælt niður á um 2.200 m dýpi í holu K-26 og 60% þess rennur í Dallæk. Frá 150 MW_e virkjun er áætlað að komi tæplega 200 kg/s af skiljuvatni. Gert er ráð fyrir að megninu af skiljuvatninu verði veitt í 300-500 m djúpar niðurrenslisholur. Samhliða förgun skiljuvatns með þessum hætti frá nýrri virkjun er ráðgert að farga einnig þeim hluta skiljuvatns sem rennur í Dallæk frá núverandi skiljustöð Kröflustöðvar, samtals um 280 kg/s. Með grunnförgun, eins og þessi förgunaraðferð skiljuvatns er nefnd, er komið á móts við óskir um að affallið frá fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II sem og núverandi Kröflustöð renni ekki beint út í Dallæk. Áfram verður unnið að rannsóknum á djúpförgun með dælingu í holu K-26. Hugsanlegt er að stærri hluta skiljuvatns verði fargað djúpt ef það hefur jákvæð áhrif á jarðhitageyminn.

Við nýtingu háhita streyma jarðhitalofttegundir út í umhverfið. Útstreymið er tímabundið þegar borholur eru blástursprófaðar. Eftir að jarðhitavirkjun er komin í rekstur losna jarðhitalofttegundir út um gufuháfa og kæliturna. Árlegt heildarútstreymi koldíoxíðs (CO₂) frá Kröfluvirkjun II er áætlað 108.000 t og brennisteinsvetnis (H₂S) 12.800 t.

Neysluvatn þarf fyrir fyrirhugaða virkjun og vinnubúðir. Auk þess þarf vatn til áfyllingar á kælikerfi virkjunarinnar. Gert er ráð fyrir að það fái úr ferskvatnsveitu núverandi virkjunar án þess að afköst hennar verði aukin.

Virkjunarvegur er þegar fyrir hendi inn á orkuvinnslusvæðið við Kröflu. Hann nýtist sem aðkomuvegur að Kröfluvirkjun II og munu flutningar fólks, tækja og búnaðar fara um hann á framkvæmda- og rekstartíma. Innan framkvæmdasvæðis er gert ráð fyrir að leggja vegi að nýjum borsvæðum og slóðir meðfram lögnum þar sem engir vegir eru fyrir.

Vinnubúðir vegna framkvæmda við Kröfluvirkjun II verða staðsettar við núverandi starfsmannahús og mötuneyti Kröflustöðvar. Þar er til staðar fráveita sem nýtt verður. Gert er ráð fyrir að um 150 starfsmenn verði á svæðinu þegar framkvæmdir eru í hámarki.

Áætluð efnisþörf vegna Kröfluvirkjunar II er um 270.000 m³. Steinsteypuþörf í byggingar er áætluð 3.900 m³. Gert er ráð fyrir að afla efnis fyrst og fremst úr núverandi námu við Grænagilsöxl og úr námu í Sandabotnaskarði. Auk þess er hugsanlegt að opnuð verði ný náma austan við afleggjarann að Kröflu, við Þjóðveg 1.

Raforkuflutningur

Frá Kröfluvirkjun II er ráðgert að leggja tvær 220 kV háspennulínur, Kröflulínur 4 og 5. Línurnar koma til með að liggja samsíða að hugsanlegu framtíðartengivirki á Hólasandi. Þaðan mun önnur línun halda áfram til norðurs, austur fyrir Lambafjöll, um Þeistareyki. Hin línun mun liggja vestan Lambafjalla. Vestan Höskuldsvatns mætast línurnar að nýju og liggja samsíða að stóriðjulóðinni á Bakka, þar sem Alcoa ráðgerir að reisa álver.

Skipulag

Áform um aukna orkuvinnslu á Kröflusvæðinu og stækkun orkuvinnslusvæðis kallar á breytingu á Aðalskipulagi Skútustaðahrepps 1996-2015. Hér er um að ræða breytingar í samræmi við staðfest Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025. Tillaga að aðalskipulagsbreytingu sem var auglýst í júlí 2009 hefur verið samþykkt af sveitarstjórn og send Skipulagsstofnun til yfirferðar. Vegna stækkunar orkuvinnslusvæðis og framkvæmda við Kröfluvirkjun II þarf að breyta gildandi deiliskipulagi fyrir Kröflusvæðið svo það samræmist tillögu að breyttu aðalskipulagi.

Umhverfisáhrif

Jarðhitakerfi og orkuforði:

Við áframhaldandi vinnslu jarðhita á Kröflusvæðinu verður miðað að því að halda áfram sjálfbærri nýtingu. Ef vel tekst til í þeim efnum má búast við að frekari raforkuvinnsla á svæðinu muni hafa óveruleg áhrif á jarðhitakerfið. Þetta mat er þó háð óvissu.

Landslag:

Áhrif á landslag verða mest fyrir norðan og austan núverandi virkjun. Landslagsheildir á því svæði verða fyrir talsvert neikvæðum áhrifum þar sem lítið eða ekkert er af mannvirkjum fyrir eða önnur ummerki framkvæmda. Líklega verða áhrif á landslag hvað mest norðan við Víti sem tilheyrir landslagsheildinni Kröflu. Það skal þó nefnt að þar eru fyrir mannvirki tengd borholum og ferðamönnum.

Af þeim landslagsheildum sem greindar voru í grennd við Kröflu fékk Leirhnjúkur hæsta gildið. Sú landslagsheild verður aðeins fyrir óverulegum áhrifum þar sem fyrirhugaðar framkvæmdir ná ekki inn á heildina.

Jarðmyndanir:

Á framkvæmdatíma er á nokkrum stöðum óhjákvæmilegt að eldhraun raskist. Yfirborð þessara hrauna er tiltölulega slétt og þarf því lítið að slétta/skafa þau. Áhrif á þessi hraun eru því metin nokkuð neikvæð. Að öðru leyti verða áhrif á jarðmyndanir óveruleg.

Á rekstrartíma fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II verða áhrif á jarðmyndanir óveruleg.

Líklegt er talið að frekari jarðhitanýting hafi óveruleg áhrif á yfirborðsvirkni jarðhita ef mótvægis- aðgerðir til að takmarka þrýstingslækkun í jarðhitageyminum heppnast vel. Þetta mat er þó háð töluverðri óvissu.

Vatn:

Borvökvi frá borun og affallsvatn frá blástursprófum borholna mun hafa óveruleg áhrif á vatnsverndarsvæði, vatnsból og á vatnafar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

Efnistaka í Sandabotnaskarði hefur óveruleg áhrif á yfirborðsvatn, vatnsverndarsvæði, vatnsból og á vatnafar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

Fyrirhugaðar breytingar á förgun skiljuvatns munu hafa nokkuð jákvæð áhrif á norðurhluta Dallækjar.

Grunnförgun skiljuvatns frá núverandi Kröflustöð og fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II er talin hafa óveruleg áhrif á yfirborðsvatn, vatnsverndarsvæði, vatnsból og á vatnafar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

Lífriki - gróður:

Á framkvæmdatíma verða staðbundin nokkuð neikvæð áhrif á mýri austan Vítis við stækkun borsvæðis F. Slík gróðurlendi eru mjög sjaldgæf á Kröflusvæðinu. Áhrif á sjaldgæf gróðursamfélög eða tegundir plantna á valista eru talin verða óveruleg.

Á rekstrartíma er talið að áhrif H_2S frá jarðhitavinnslu á Kröflusvæðinu á viðkvæman gróður séu óveruleg. Þó ríkir óvissa um áhrifin þar sem þolmörk gróðurs gagnvart H_2S eru ekki þekkt.

Lífriki - fuglar:

Áhrif Kröfluvirkjunar II eru talin verða óveruleg á varplendi og afkomu fugla.

Lífriki – smádýr:

Á framkvæmdatíma eru talin verða staðbundin, talsvert neikvæð áhrif á jarðvegsdýr þar sem jarð-rask verður og mól sett yfir við gerð borsvæða og slóða. Óveruleg áhrif eru talin verða á sjaldgæfar tegundir smádýra.

Á rekstrartíma Kröfluvirkjunar II eru áhrif á smádýr talin verða óveruleg.

Lífriki - Hveralífverur:

Óvissa ríkir um áhrif fyrirhugaðrar jarðhitavinnslu á örverur á hverasvæðum á Kröflusvæðinu en búast má við að þau verði ekki meiri en geta orðið vegna náttúrulegra og/eða árstíðabundinna sveiflna. Áhrif eru því talin verða óveruleg.

Loft:

Áhrif vegna aukins útstreymis jarðhitalofttegunda, einkum koldíoxíðs (CO_2) og brennisteinsvetnis (H_2S) verða óveruleg.

Ásýnd:

Borsvæði, lagnir og aðkomuvegur að borsvæðum uppi á Sandabotnafjalli koma til með að hafa óveruleg áhrif á ásýnd frá helstu útsýnisstöðum ferðamanna.

Borsvæði, lagnir og aðkomuvegur borsvæða norðan Vítis koma til með að sjást frá norðurbrún Vítis. Lögnin kemur einnig til með að sjást af útsýnispalli á vesturbrún gígsins. Áhrif hér eru nokkuð neikvæð en afturkræf í öllum tilvikum nema fyrir ferðamenn á leið að Víti. Fyrir þá eru áhrifin verulega neikvæð en afturkræf ef lögnin fylgir veginum alla leið.

Frá Leirhnjúki koma mannvirki til með að sjást tiltölulega lítið. Það verður helst að gufa sjáist tímabundið frá blásandi borholum. Áhrif er metin óveruleg.

Frá útsýnispalli norðan Kröflustöðvar eru áhrif á ásýnd óveruleg vegna þeirra mannvirkja sem fyrir eru á svæðinu.

Samfélag:

Áhrif eru talin nokkuð jákvæð vegna fjölda atvinnutækifæra sem skapast á framkvæmdatíma. Á rekstrartíma getur aukin raforkuframleiðsla á Kröflusvæðinu haft óbein, veruleg jákvæð áhrif á atvinnulíf á svæðinu ef orkan verður nýtt til atvinnuuppbyggingar þar.

Á framkvæmdatíma er talið að áhrif aukinnar umferðar, ónæðis og hávaða frá borholum í blæstri muni hafa verulega neikvæð, tímabundin áhrif á ferðamenn.

Á rekstrartíma Kröfluvirkjunar II eru áhrif af auknum umsvifum, svo sem aukinni umferð, á ferðamenn talin verða óveruleg. Áhrif hávaða frá borholum í rekstri á „nýjum“ svæðum (þar sem engin starfsemi er nú) eru talin verða óveruleg til nokkuð neikvæð á ferðamenn.

Fornleifar:

Talið er að fyrirhugaðar framkvæmdir muni hafa óveruleg áhrif á fornleifar.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	i
EFNISYFIRLIT	v
MYNDASKRÁ	viii
TÖFLUSKRÁ	x
VIÐAUKAR	xi
ORÐSKÝRINGAR	xii
1 INNGANGUR.....	1
1.1 AÐDRAGANDI.....	1
1.2 MARKMIÐ FRAMKVÆMDAR.....	3
1.3 LEYFI	5
1.4 MAT Á UMHVERFISÁHRIFUM	6
1.4.1 Matsskylda	6
1.4.2 Skýrslugerð og rannsóknir	6
1.4.3 Kynning og samráð	7
1.4.4 Tímaáætlun mats á umhverfisáhrifum	9
1.5 SAMEIGINLEGT MAT Á UMHVERFISÁHRIFUM	9
2 STADHÆTTIR.....	11
2.1 LANDSLAG OG JARÐMYNDANIR.....	11
2.2 VEÐURFAR	13
3 JARÐHITI.....	14
3.1 SJÁLFBÆRNI OG ENDURNÝJANLEIKI	15
3.2 KRÖFLUKERFIÐ	17
3.2.1 Núverandi orkuvinnsla við Kröflu	19
3.2.2 Náttúruvá.....	20
4 FRAMKVÆMDALÝSING.....	22
4.1 VINNSLA JARÐHITA FYRIR KRÖFLUVIRKJUN II	22
4.1.1 Vinnslurás virkjunar.....	24
4.2 MANNVIRKI	26
4.2.1 Borsvæði og borholur.....	26
4.2.2 Gufuveita.....	30
4.2.3 Mannvirki á stöðvarhúsreit	32
4.2.4 Vatnsveitur	33
4.2.5 Frárennslisveita	33
4.3 AÐRIR ÞÆTTIR FRAMKVÆMDAR	35
4.3.1 Vegir.....	35
4.3.2 Vinnubúðir og geymslusvæði	35
4.3.3 Efnistaka.....	35
4.4 TENGDAR FRAMKVÆMDIR – FLUTNINGUR RAFORKU	38
4.5 HELSTU KENNISTÆRÐIR OG ÁÆTLANIR	40
4.5.1 Magntöluáætlun	40
4.5.2 Framkvæmdaáætlun	41
4.5.3 Mannaflaáætlun.....	42

5	KOSTIR	43
5.1	AÐRAR ÚTFÆRSLUR	43
5.1.1	Sandabotnafjall.....	43
5.1.2	Svæðið norðan Vítis og lagnaleiðir.....	48
5.2	NÚLLKOSTUR	56
6	FRÁVIK FRÁ MATSÁÆTLUN	57
6.1	SKILJUSTÖÐ SUÐVESTAN VIÐ RAUÐHÓL	57
6.2	AÐKOMULEIÐ AÐ BORSVÆÐUM Á SANDABOTNAFJALLI	57
6.3	STAÐSETNING BORSVÆÐA NORÐAN VÍTIS.....	57
7	SKIPULAG OG LANDNOTKUN	58
7.1	STAÐA SKIPULAGS	58
7.2	LANDNOTKUN	61
7.3	VERND	61
8	AÐFERÐAFRÆÐI VIÐ MAT Á UMHVERFISÁHRIFUM	64
8.1.1	Athugunar- og áhrifasvæði.....	64
8.1.2	Áhrifaþættir	66
8.1.3	Umhverfisþættir	66
8.1.4	Viðmið umhverfisþátta	67
8.1.5	Einkenni og vægi áhrifa	67
9	GRUNNÁSTAND OG UMHVERFISÁHRIF	70
9.1	JARÐHITAKERFI OG ORKUFORÐI	70
9.1.1	Grunnástand	70
9.1.2	Umhverfisáhrif	87
9.2	LANDSLAG	90
9.2.1	Grunnástand	90
9.2.2	Umhverfisáhrif	93
9.3	JARÐMYNDANIR	95
9.3.1	Grunnástand	95
9.3.2	Umhverfisáhrif	100
9.4	VATN	103
9.4.1	Grunnástand	103
9.4.2	Umhverfisáhrif	108
9.5	LÍFRÍKI.....	115
9.5.1	Grunnástand	115
9.5.1.1	Gróður	115
9.5.1.2	Dýralíf	119
9.5.1.3	Örverur í hverum.....	121
9.5.2	Umhverfisáhrif	121
9.6	LOFT	126
9.6.1	Grunnástand	126
9.6.2	Umhverfisáhrif	128
9.7	ÁSÝND	134
9.7.1	Grunnástand	134
9.7.2	Umhverfisáhrif	135
9.8	SAMFÉLAG	138

9.8.1	Grunnástand	138
9.8.2	Umhverfisáhrif	139
9.9	FORNLEIFAR.....	147
9.9.1	Grunnástand	147
9.9.2	Umhverfisáhrif	147
10	HEILDARÁHRIF	149
11	EFTIRLIT.....	152
12	HEIMILDIR.....	154

MYNDASKRÁ

Mynd 1.1	Yfirlitsmynd af Kröflusvæðinu, núverandi og fyrirhuguð mannvirki.....	2
Mynd 2.1	Yfirlitskort af Kröflusvæðinu og nágrenni.....	12
Mynd 3.1	Einföld skýringarmynd sem sýnir opna vatnshringrás í jarðhitakerfi.....	14
Mynd 3.2	Jarðhitasvæði á Íslandi.....	15
Mynd 3.3	Orkuvinnsla sem fall af tíma.....	16
Mynd 3.4	Jarðfræðikort.....	18
Mynd 3.5	Hugsanlegur uppruni vatns á Mývatnssvæðinu.....	19
Mynd 4.1	Yfirlitsmynd af Kröflusvæðinu, núverandi og fyrirhuguð mannvirki.....	23
Mynd 4.2	Fyrirhuguð vinnslurás Kröfluvirkjunar II.....	25
Mynd 4.3	Samanlagt niðurrennsli frá núverandi Kröflustöð og fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II sem fall af vermi nýrra borholna.....	26
Mynd 4.4	Hefðbundinn frágangur borholu.....	28
Mynd 4.5	Lögn sem flytur borvatn frá borun (úr svarfþró) og síðar skiljuvatn frá hljóðdeyfi við prófanir.....	29
Mynd 4.6	Núverandi náma við Grænagilsöxl.....	37
Mynd 4.7	Malarhjalli í Sandabotnaskarði þar sem efnistaka er fyrirhuguð.....	37
Mynd 4.8	Sandfell og hugsanleg náma í hjalla þar fyrir austan.....	38
Mynd 4.9	Yfirlitskort af virkjunarframkvæmdum og línuleiðum í tengslum við áform um álver á Bakka, norðan Húsavíkur.....	39
Mynd 4.10	Mannaflaáætlun við byggingu hveðrar 50 MW _e virkjunareiningar Kröfluvirkjunar II.....	42
Mynd 5.1	Hluti af korti af Kröflusvæðinu sem sýnir dreifingu jarðhita, staðsetningu gossprungna, gíga og jarðhnika (tektónik).....	44
Mynd 5.2	Ljósmynd tekin til suðurs. Hrafninnuhryggur er vinstra megin á myndinni.....	40
Mynd 5.3	Afstaða fyrirhugaðra borsvæða uppi á Sandabotnafjalli til Hrafninnuhryggjar.....	47
Mynd 5.4	Valkostir aðkomuleiðar að fyrirhuguðum borsvæðum uppi á Sandabotnafjalli.....	48
Mynd 5.5	Ljósmynd tekin af norðurbrún Vítis.....	49
Mynd 5.6	Djúpborunarhola (IDDP-1), séð frá útsýnispalli á vesturbrún Vítis.....	50
Mynd 5.7	Yfirlitsmynd sem sýnir breytta staðsetningu fyrirhugaðra borsvæða norðan Vítis frá upphaflegri tillögu.....	51
Mynd 5.8	Ljósmynd af norðurbrún Vítis.....	52
Mynd 5.9	Ljósmynd af útsýnispalli við vesturbrún Vítis til suðvesturs.....	52
Mynd 5.10	Ljósmynd af útsýnispalli við vesturbrún Vítis til vesturs í átt að Leirhnjúki.....	53
Mynd 5.11	Sýnileiki frá útsýnispalli við vesturbrún Vítis til lagnaleiða A, B og AB.....	53
Mynd 5.12	Ljósmynd af útsýnispalli við vesturbrún Vítis til vesturs í átt að Leirhnjúki.....	54
Mynd 5.13	Ljósmynd af göngustíg að Leirhnjúki, séð til austurs að Kröflu.....	55
Mynd 7.1	Séruppdráttur úr Svæðisskipulagi háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025.....	59
Mynd 7.2	Hluti af uppdrætti sem sýnir tillögu að breyttu Aðalskipulagi Skútustaðahrepps 1996-2015.....	60
Mynd 7.3	Svæði sem njóta verndar í grennd við Kröflu.....	62
Mynd 8.1	Athugunarsvæði náttúrufræðis- og fornleifarannsóknna við Kröflu og á háspennulínu-leiðum þaðan og frá Bjarnarflagi.....	65
Mynd 9.1	Brotakerfi Kröflueldstöðvarinnar.....	71
Mynd 9.2	Staðsetning borholna á Kröflusvæðinu.....	74
Mynd 9.3	Vinnsla og niðurdæling á jarðhitasvæðinu í Kröflu.....	76
Mynd 9.4	Vermi borholuvökva eftir borsvæðum.....	76

Mynd 9.5	Þrýstingsþróun í eftirlitsmælingum í holum K-6 og K-10 í samanburði við vatnsborðsmælingar frá 1976 til 2008.....	77
Mynd 9.6	Vinnslusaga Vítismós.....	78
Mynd 9.7	Þrýstingsþróun í eftirlitsmælingum í holu K-18.....	79
Mynd 9.8	Þrýstingsþróun í eftirlitsmælingum í holu K-21.....	80
Mynd 9.9	Viðnám 600 m undir sjávarmáli á Kröflusvæðinu samkvæmt TEM-mælingum.	82
Mynd 9.10	Tilgátumynd af innri gerð jarðhitakerfisins í Kröflu, horft til suðurs í austur-vestur snið um miðbik Kröfluöskjunnar um Suðurhlíðar, Leirbotna og Vítismó.	84
Mynd 9.11	Tilgátumynd af uppbyggingu jarðhitakerfisins í Kröflu, horft til norðurs í vestur-austur snið eftir suðurjaðri Kröfluöskjunnar um vestursvæðið, Hvíthóla og Sandabotnaskarð.....	85
Mynd 9.12	Tilgátumynd af uppbyggingu jarðhitakerfisins í Kröflu, horft til vesturs í norður-suður snið austarlega á borsvæðinu um Vítismó, Vesturhlíðar, Suðurhlíðar og í Sandabotnaskarði.....	86
Mynd 9.13	Gildi landslagsheilda við Kröflu.	92
Mynd 9.14	Áhrif á landslagsheildir á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði við Kröflu.	94
Mynd 9.15	Jarðfræðikort af Kröflusvæðinu	97
Mynd 9.16	Snjóafbæðslur í Kröflu á árunum 1977, 1990 og 1995.....	98
Mynd 9.17	Snjóafbæðslur í Kröflu á árunum 1999, 2001 og 2004.....	99
Mynd 9.18	Reiknað grunnvatnsrennsli á Mývatnssvæðinu.	104
Mynd 9.19	Afmörkun núverandi grannsvæðis.	105
Mynd 9.20	Tillaga að vatnsvernd við Austarasels- og Sandabotnalindir.	106
Mynd 9.21	Niðurdæling við Námur.....	111
Mynd 9.22	Niðurdæling við Námur og við holu AE-10, sunnan Skarðssels.	112
Mynd 9.23	Niðurdæling við Námur. Reiknaður styrkur í þversniði.....	113
Mynd 9.24	Gróðurkort af Kröflusvæðinu og nágrenni.	116
Mynd 9.25	Líkur á að sólarhringsmeðaltal styrks brennisteinsvetnis (H ₂ S) í lofti frá núverandi 60 MW _e virkjun í Kröflu og 3 MW _e virkjun í Bjarnarflagi sé undir 150 µg/m ³	128
Mynd 9.26	Líkur á að sólarhringsmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H ₂ S) frá Kröflustöð, Kröfluvirkjun II, Bjarnarflagsvirkjun og Þeistareykjavirkjun sé undir 150 µg/m ³	130
Mynd 9.27	Líkur á að klukkustundarmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H ₂ S) frá Kröflustöð, Kröfluvirkjun II, Bjarnarflagsvirkjun og Þeistareykjavirkjun sé undir 42 µg/m ³	131
Mynd 9.28	Líkur á að sólarhringsmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H ₂ S) frá Kröflustöð, Kröfluvirkjun II, Bjarnarflagsvirkjun og Þeistareykjavirkjun sé undir 150 µg/m ³ miðað við 95% hreinsun H ₂ S úr útblæstri Bjarnarflagsvirkjunar.....	132
Mynd 9.29	Líkur á að klukkustundarmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H ₂ S) frá Kröflustöð, Kröfluvirkjun II, Bjarnarflagsvirkjun og Þeistareykjavirkjun sé undir 42 µg/m ³ miðað við 95% hreinsun H ₂ S úr útblæstri Bjarnarflagsvirkjunar.....	132
Mynd 9.30	Líkur á að sólarhringsmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H ₂ S) frá Kröflustöð, Kröfluvirkjun II, Bjarnarflagsvirkjun og Þeistareykjavirkjun sé undir 150 µg/m ³ miðað við 95% hreinsun H ₂ S úr útblæstri Kröfluvirkjunar II.	133
Mynd 9.31	Líkur á að klukkustundarmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H ₂ S) frá Kröflustöð, Kröfluvirkjun II, Bjarnarflagsvirkjun og Þeistareykjavirkjun sé undir 42 µg/m ³ miðað við 95% hreinsun H ₂ S úr útblæstri Kröfluvirkjunar II.	133
Mynd 9.32	Ásýnd frá Leirhnjúki að Víti.	136
Mynd 9.33	Núverandi ásýnd frá útsýnispalli, norðan Kröflustöðvar.	137
Mynd 9.34	Ásýnd frá útsýnispalli, norðan Kröflustöðvar með tilkomu Kröfluvirkjunar II.....	137

Mynd 9.35	Við tjörn og leirhveru í austurhlíð Leirhnjúks lét Landsvirkjun smíða palla á hluta göngustígs til að bæta öryggi ferðafólks.	139
Mynd 9.36	Reiknað hljóðstig frá borsvæði E í blæstri.	141
Mynd 9.37	Reiknað hljóðstig frá borsvæði B í blæstri.	142
Mynd 9.38	Reiknað hljóðstig frá borsvæði F í blæstri.	142
Mynd 9.39	Reiknað hljóðstig frá borsvæði C í blæstri.	143
Mynd 9.40	Reiknað hljóðstig frá borsvæði H í blæstri.	143
Mynd 9.41	Reiknað núverandi hljóðstig frá gufuháfum við Kröflustöð og borholum í rekstri.	145
Mynd 9.42	Reiknað hljóðstig frá kæliturnum við fyrirhugaða Kröfluvirkjun II og borholum í rekstri.	145
Mynd 9.43	Mismundur á núverandi hljóðstigi mannvirkja í rekstri og hljóðstigi eftir að fyrirhuguðum framkvæmdum líkur.	146

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1.1	Verkaskipting við mat á umhverfisáhrifum fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II.	6
Tafla 1.2	Sérfræðiverkefni, unnin vegna áforma um aukna orkuvinnslu á Kröflusvæðinu.	7
Tafla 4.1	Umfang rasks og efnispörf hvers borsvæðis.	27
Tafla 4.2	Árlegt heildarútreymi koldíoxíðs og brennisteinsvetnis frá núverandi Kröflustöð (rauntölur frá árinu 2008) og Kröfluvirkjun II (áætlun).	32
Tafla 4.3	Yfirlit yfir fyrirhuguð efnistökusvæði.	36
Tafla 4.4	Helstu kennistærðir fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II.	40
Tafla 5.1	Samanburður lagnaleiða A, B og AB.	55
Tafla 8.1	Umhverfispættir og viðmið.	68
Tafla 8.2	Hugtök um vægi áhrifa ásamt skýringum.	69
Tafla 9.1	Yfirlit yfir afköst borholna á Kröflusvæðinu.	75
Tafla 9.2	Gildi á tölfræðilegum stærðum fyrir líkindadreifinguna fyrir rafabl úr áætluðum jarðhitageymi í Kröflu til 30, 50 og 100 ára.	87
Tafla 9.3	Rask á eldhraunum vegna fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II.	101
Tafla 9.4	Styrkur mengunarefna (snefilefna) í yfirborðsvatni á Kröflusvæðinu 2008.	110
Tafla 9.5	Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki.	110
Tafla 9.6	Rask á gróðurlendum vegna fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II.	124
Tafla 9.7	Tiltæk viðmiðunarmörk fyrir styrk brennisteinsvetnis (H ₂ S).	127
Tafla 10.1	Samantekt á helstu umhverfisáhrifum fyrirhugaðra framkvæmda á einstaka umhverfispætti að teknu tilliti til viðmiða og einkenna áhrifa.	150

VIÐAUKAR

- Viðauki 1:** Mannvit, 2009. Mat á landslagi á fyrirhuguðum framkvæmdasvæðum í Þingeyjarsýslum.
- Viðauki 2:** Þórólfur H. Hafstað og Daði Þorbjörnsson, 2009. *Austaraselslindir - Afmörkun vatnsverndarsvæða*. Unnið fyrir Landsvirkjun. Greinargerð ÍSOR-09106.
- Viðauki 3:** Vatnaskil, 2009. *Krafla – Dreifing efna í grunnvatni við grunnförgun skiljuvatns*. Unnið fyrir Landsvirkjun Power.
- Viðauki 4:** Kristbjörn Egilsson, Guðmundur Guðjónsson og Rannveig Thoroddsen, 2008. *Gróðurfar á háhitasvæðum og fyrirhuguðum línu- og vegstæðum á Norðausturlandi*. Unnið fyrir Landsvirkjun, Landsnet hf. og Þeistareyki ehf. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-08009.
- Viðauki 5:** Kristbjörn Egilsson og Guðmundur Guðjónsson, 2009. *Gróðurfar á fyrirhuguðum borsvæðum við Kröflu*. Unnið fyrir Landsvirkjun. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-09002.
- Viðauki 6:** Þorkell Lindberg Þórarinnsson og Aðalsteinn Örn Snæþórsson, 2007. *Fuglalíf á framkvæmdasvæðum fyrirhugaðra háhitavirkjana í Þingeyjarsýslum*. Unnið fyrir Landsnet, Landsvirkjun og Þeistareyki ehf. Náttúrustofa Norðausturlands, NNA-07005.
- Viðauki 7:** Vatnaskil, 2010. *Þeistareykjavirkjun og Kröfluvirkjun II – Dreifingarspá fyrir brennisteinsvetni frá jarðvarmavirkjunum á Norðausturlandi*. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. og Landsvirkjun.
- Viðauki 8:** Rannveig Ólafsdóttir og Eva Sif Jóhannsdóttir, 2009. *Mat á áhrifum Kröfluvirkjunar II á ferðaþjónustu og útivist*. Rannsóknamiðstöð ferðamála.
- Viðauki 9:** Mannvit, 2010. *Reikningar á hljóðvist á Kröflusvæðinu vegna fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II*.
- Viðauki 10:** Uggi Ævarsson, 2007. *Deiliskráning vegna fyrirhugaðra framkvæmda við línustæði og orkuvinnslustöðvar, Krafla-Gjástykki-Þeistareykir-Bakki*. Fornleifastofnun Íslands ses., FS366-07211.

ORÐSKÝRINGAR

Aðveituæð	Pípa eða rör sem flytur jarðhitavatn og gufu frá skiljustöð til stöðvarhúss.
Afallsvatn	Samheiti yfir vatn sem streymir frá borholum í blæstri og jarðhitavirkjunum í rekstri, það er skiljuvatn og þéttivatn.
Aflgeta	Framleiðsluafli virkjunar inn á raforkuflutningskerfið, mælt í MW _e .
Afloftari	Í afloftara losna uppleystar lofttegundir úr vatni við suðu.
Ársverk	Vinnuframlag eins starfsmanns á einu ári
bar_a	Mælieining fyrir þrýsting miðuð við lofttæmi (þrýstinginn 0 bar _a). Venjulegur loftþrýstingur er 1,013 bar _a eða 1.013 millibar.
bar_y	Mælieining fyrir þrýsting miðuð við ríkjandi loftþrýsting.
Borholuhljóðdeyfir	Búnaður við holutopp sem borholuvökva er veitt í til afkastamælingar holu og hljóðdeyfingar. Vatn og gufa skilst að í borholuhljóðdeyfum og hávaði í útblæstri er deyfður.
Borholuvökvi	Gufa og vatn sem kemur upp um borholur.
Borleðja	Við boranir er vatn oft blandað borleir til þess að auðvelda skolun borsvarfs upp holuna.
Borsvæði	Afmarkaður hluti jarðhitasvæðis þar sem fyrirhugað er að bora vinnsluholur. Fleiri borstæði eða borteigar geta verið á einu borsvæði.
Borstæði	Í daglegu tali kallað borplan. Afmarkað svæði innan borsvæðis þar sem boranir fara fram.
Borteigur	Stækkað borstæði með rými til að bora fleiri en eina borholu.
Burðarlagsefni	Jarðefni í grunni mannvirkis sem bera uppi álag frá mannvirkinu og það álag sem á mannvirkið kemur.
Eftirlitsholur	Borholur þar sem fylgst er með grunnvatni, s.s. vatnsborði í holum, hita vatnsins og vatnssýni tekin til efnagreininga.
Eimsvali	Varmaskiptir þar sem gufa frá gufuhverfli er þétt með köldu vatni úr vatnsbóli eða kæliturni virkjunarinnar.
Ferilprófun	Aðferð til að mæla hvort og þá hversu lengi grunnvatnsstraumur berst á milli tveggja eða fleiri athugunarstaða. Efni af þekktri efnasamsetningu er sett t.d. í borholu og sýni tekin á völdum stöðum til efnagreininga m.t.t. ferilefnisins.
Frárennslisvirkjun	Virkjun sem nýtir varma skiljuvatns til raforkuframleiðslu.
Fyllingarefni	Jarðefni sem notað er til að fylla að mannvirkjum eða til uppfyllingar undir burðarlagsefni.
GW_h	Gígawattstund = 1.000.000 kW _h . Mælieining raforku, samsvarar þeirri orku sem fæst úr 1 kW af rafmagni í 1 milljón klukkustundir.
Gasútblastur	Útblástur óþéttanlegra jarðhitalofttegunda.
Gufuháfur	Háfur þar sem umframgufu er hleypt út.
Gufuhverfill	Hreyfiorka í gufunni snýr gufuhverflinum og hverfillinn snýr rafala sem framleiðir rafmagn.
Gufupúði	Ef þrýstingur lækkar í jarðhitakerfinu getur vatnið soðið og gufupúði myndast. Þetta gerist oft tiltöluleg grunnt í jörðu.

Gufuskilja	Tæki þar sem vatn er skilið frá gufu.
Gufustjórnlokar	Lokar sem notaðir eru til að stjórna gufurennslu.
Gufuveita	Öll mannvirki sem þarf til að flytja borholuvökva frá borholum í skiljustöð, skilja gufu frá vatni, og veita gufu og skiljuvatni að stöðvarhúsi.
Háhitasvæði	Svæði þar sem hiti nær 200°C á 1 km dýpi.
Háþrýstigufa	Gufa frá borholum undir miklum þrýstingi.
Hitaveituað	Pípa sem lögð er frá varmastöð virkjunar til að leiða heitt vatn að dreifiveitu.
Holutoppur	Búnaður ofan á borholum, lokar og kúluhús.
Hverfisamstæða	Hverfill og rafali ásamt nauðsynlegum hjálparbúnaði í stöðvarhúsi.
Jarðhitageymir	Afmarkað rúmmál af heitu bergi sem inniheldur nýtanlegan jarðhitavökva.
Jarðhitakerfi	Svæði sem nær yfir streymi vatns og varma frá því að vatn fellur til jarðar sem úrkoma, drýpur niður í jörðina, dregur í sig varma og streymir upp sem heitur vökvi í formi vatns og/eða gufu.
Jarðhitalofttegundir	Lofttegundir eins og t.d. brennisteinsvetni og koldíoxíð sem myndast í bráðinni kviku undir jarðhitasvæðum. Gasið berst til yfirborðs um sprungur í berginu og í eldgosum. Við vinnslu jarðhita berst það upp með jarðhitavökvanum úr borholum.
Jarðhitasvæði	Landsvæði afmarkað með jarðhitaummerkjum á yfirborði eða með jarðeðlisfræðilegum yfirborðsmælingum.
Jarðhitavirkjun	Virkjun sem nýtir jarðhita til orkuframleiðslu. Stundum eru einnig notuð orðin jarðvarmavirkjun eða jarðgufuvirkjun.
Jarðhitavökvi	Vatn og gufa í jarðhitageyminum sem hefur dregið í sig varma og steinefni.
Jarðstrengur	Rafstrengur sem lagður er í jörð.
Jarðvarmamat	Mat á jarðvarma jarðhitasvæðis þar sem rúmmál bergs, eðlisvarmi og hitaástand þess er lagt til grundvallar. Þessi aðferð metur á einfaldan hátt þá varmaorku sem fólgin er í berginu. Nýting einstakra svæða fer fyrst og fremst eftir því hversu vel vatnsleiðandi bergið er. Rúmmál svæðis er yfirleitt áætlað út frá flatarmáli innan lágviðnámskápu á 800 m dýpi.
Kæliturn	Varmaskiptir þar sem kælivatn er kælt með því að láta loft leika um það.
Kælivatn	Kalt vatn sem notað er til kælingar með beinum eða óbeinum hætti, til dæmis í eimsvala til þéttingar gufu.
Kælivatnshringrás	Hringrás kælivatns um kæliturn og eimsvala.
Lokahús	Í lokahúsi eru gufustjórnlokar sem stjórna þrýstingi í gufuveitu með því að hleypa umframgufu út í gufuháfi.
MW_e	Mælieining fyrir rafafli, samsvarar 1.000 kW _e (e = electricity). Notað, einkum við jarðhitavirkjanir, til aðgreiningar frá varmaafli (MW _{th}) sem er miklu meira en nýtanlegt rafafli.
Massaforði jarðhitakerfis	Allur vökvi sem er til staðar í þórum bergs á hverjum tíma. Summa vatns og gufu og gastegunda.
Massabreytingar	Massabreytingar í jarðhitakerfinu vegna rennslis úr borholum.
Niðurdráttur	Þrýstingslækkun í jarðhitakerfinu vegna vinnslu.

Niðurrennslisholur	Borholur þar sem affallsvatn er losað djúpt niður í grunnvatn eða í jarðhitageyminn.
Niðurrennslisveita	Lagnir fyrir affallsvatn frá skiljustöðvum að niðurrennslisholum.
Orkugeta	Framleiðslugeta virkjunar á einu ári inn á raforkuflutningskerfið, mæld í GW_h .
Orkuforði jarðhitakerfis	Allur hrávarmi sem er til staðar neðanjarðar, bæði í vökvanum í porum bergsins, sem og í berginu sjálfu.
Orkuvinnslusvæði	Landssvæði þar sem vinnsluholur og önnur mannvirki virkjunar eru, er jafnframt skilgreint í skipulagsáætlunum sveitarfélags.
Rafali	Vél sem breytir hreyfiorku frá gufuhverfli í raforku.
Rakaskiljur	Sía sem hreinsar síðustu vatnsdropana úr gufu.
Safnæð	Pípa sem flytur borholuvökva frá borholum að stofnlögn.
Safnæðastofn	Pípa/stofnlögn sem tekur við borholuvökva úr nokkrum safnæðum og flytur hann í skiljustöð.
Skiljustöð	Mannvirki fyrir gufuskiljur.
Skiljuvatn	Jarðhitavatn sem skilið hefur verið frá gufu og inniheldur megnið af öllum uppleystum steinefnum úr borholuvökvanum.
Snefilefni	Eru frumefni og efnasambönd, sem eru til staðar í mjög litlum mæli.
Sprungurein	Sprungurein samanstendur af fjölda einstakra sprungna sem tilheyra sama brotinu í berggrunninum.
Sprungusveimur	Margar samliggjandi sprungureinar sem hafa ákveðna stefnu.
Stefnuborun	Borhola er sveigð í fyrirfram ákveðna stefnu út frá lóðlínu.
Stjórnloki	Loki til að stjórna rennsli gufu og vatns.
Stöðvarhús	Mannvirki fyrir vélasamstæðu, rafbúnað og stjórnþúnað virkjunar.
Svarfþró	Þró þar sem svarf, borleðja og sement frá borholum safnast fyrir við borun.
Svelghola	Svelgholur eru 10-60 m djúpar holur sem verða nýttar til förgunar affallsvatns frá háhitaborholum meðan borun og blástur stendur yfir.
Varmaskiptir	Búnaður þar sem varmaorka er flutt úr einum miðli í annan.
Vermi	Varmaorkuinnihald vökva (kJ/kg). Orkuinnihaldið er háð hita og þrýstingi.
Vinnsluhola	Borhola sem er tengd við gufuveitu virkjunar nýtt til vinnslu á jarðhita.
Vinnslurás	Vinnsluferill til nýtingar/framleiðslu, hér framleiðslu á rafmangi með jarðgufu.
Vinnslusvæði	Svæði þar sem jarðhiti er unninn. Þar sem borholur eru stefnuboraðar getur vinnslusvæði náð út fyrir borsvæði.
Viðnámsmælingar	Yfirborðs-rafleiðnimælingar á jarðlögum djúpt niðri sem eru nýttar við kortlagningu jarðhitasvæða.
Þéttivatn	Vatn sem hefur þétt úr gufu.

1 INNGANGUR

Landsvirkjun áformar að reisa allt að 150 MW_e jarðhitavirkjun við Kröflu í Skútustaðahreppi, Kröfluvirkjun II. Á svæðinu er fyrir 60 MW_e Kröflustöð þannig að með nýrri virkjun verður orkuvinnsla við Kröflu að samanlögðu 210 MW_e. Fyrirhugað framkvæmdasvæði Kröfluvirkjunar II ásamt núverandi virkjunarmannvirkjum er sýnt á mynd 1.1 en framkvæmdalýsing er í kafla 4.

Jarðhitasvæðið í Kröflu er talið vera eitt af þremur stærstu jarðhitasvæðum á Norðurlandi eystra. Að mati sérfræðinga Landsvirkjunar á sviði forðafræði er talið að svæðið beri nýja, allt að 150 MW_e virkjun, og miðast mat á umhverfisáhrifum við það. Framkvæmdaraðili mun leggja til stærð endanlegrar virkjunar og sækja um tilskilin leyfi út frá niðurstöðum borana og frekari rannsókna þó að við mat á umhverfisáhrifum sé gengið út frá tiltekinni hámarksstærð.

Skútustaðahreppur hefur stjórnsluforræði á fyrirhuguðu orkuvinnslusvæði. Framkvæmdin er í samræmi við stefnu Skútustaðahrepps um landnýtingu og vernd á háhitasvæðum í Þingeyjarsýslum, samanber Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025 (Samvinnunefnd um svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum, 2007). Unnið er að sambærilegri breytingu á aðalskipulagi Skútustaðahrepps (sjá nánar í kafla 7).

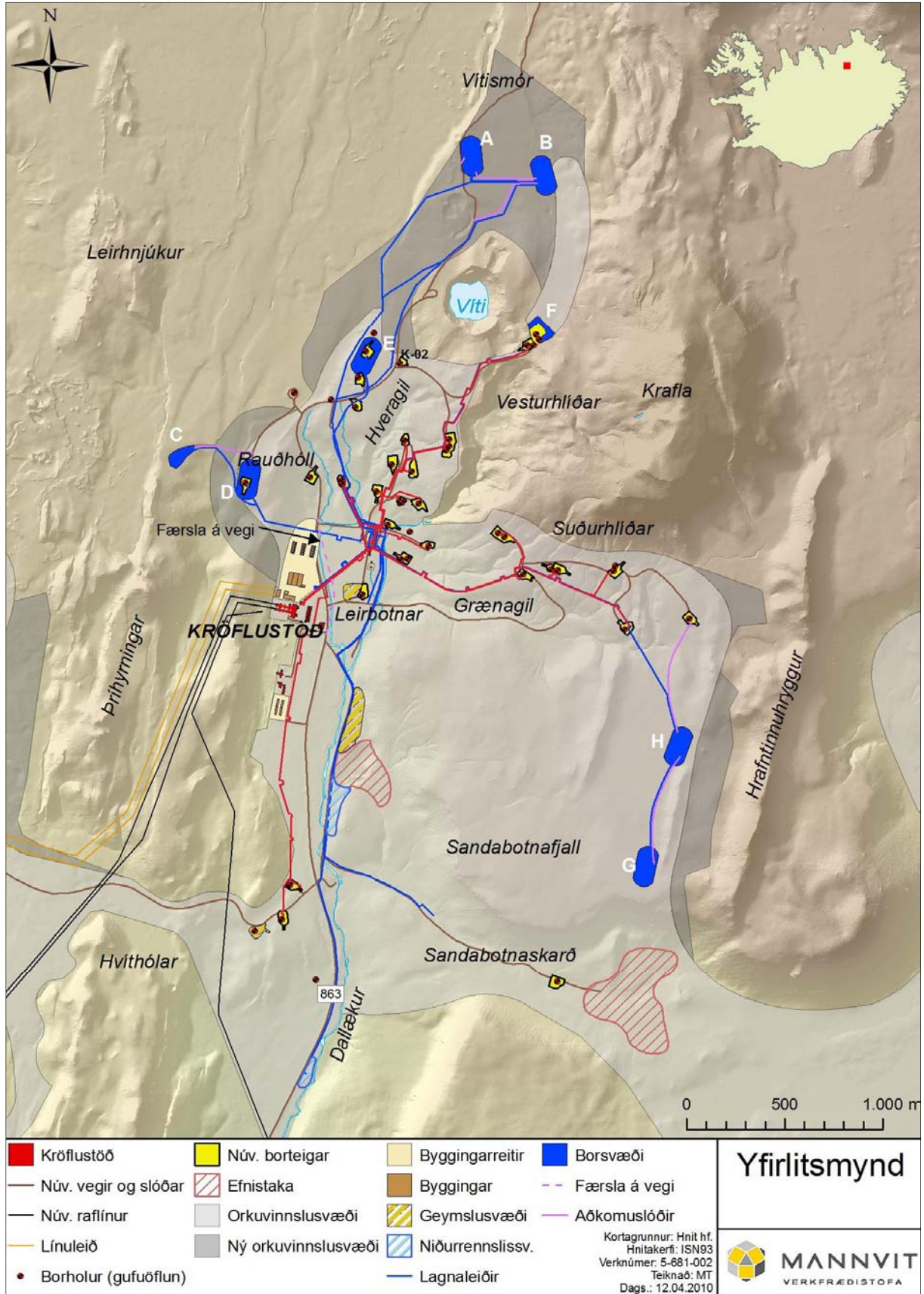
1.1 AÐDRAGANDI

Undirbúningur að frekari orkuvinnslu á Kröflusvæðinu hefur staðið yfir hátt í áratug. Landsvirkjun sendi fyrst erindi til Skipulagsstofnunar þann 16. janúar 2001 þar sem óskað var eftir ákvörðun um hvort borun rannsóknahola á fjórum svæðum á Kröflusvæðinu skyldi háð mati á umhverfisáhrifum. Svæðin sem um ræðir voru eftirfarandi:

- Leirhnjúkssvæði – svæði sunnan og vestan við Leirhnjúk.
- Vestursvæði – svæði vestan Þríhyrninga.
- Suðursvæði – svæði í Sandabotnaskarði.
- Austursvæði – svæði á austurjaðri Kröfluöskjunnar, milli Jörundar og Hágangna.

Niðurstaða Skipulagsstofnunar, þann 26. mars 2001, var á þá leið að borun rannsóknahola á svæðinu við Leirhnjúk og á vestursvæðinu kynni að hafa umtalsverð umhverfisáhrif í för með sér og væri því háð mati á umhverfisáhrifum. Borun rannsóknahola á austur- og suðursvæði væri hins vegar ekki líkleg til að hafa umtalsverð umhverfisáhrif í för með sér og væri því ekki háð mati á umhverfisáhrifum.

Árið 2001 fór fram mat á umhverfisáhrifum stækkunar Kröflustöðvar úr 60 í 100 MW_e og féllst Skipulagsstofnun á þá framkvæmd 7. desember sama ár. Næsta ár voru einnig metin umhverfisáhrif af rannsóknaborunum á vestursvæði við Kröflu en ákveðið var að halda ekki áfram á Leirhnjúkssvæðinu. Skipulagsstofnun féllst einnig á þá framkvæmd þann 9. september 2002. Úrskurðurinn var kærður til umhverfisráðherra, sem staðfesti niðurstöðu Skipulagsstofnunar 13. maí 2003.



Mynd 1.1 Yfirlitsmynd af Kröflusvæðinu, núverandi og fyrirhuguð mannvirki.

Árið 2006 lagði Landsvirkjun fram þriggja ára áætlun um rannsóknir á jarðhitasvæðunum á Norðausturlandi (ársskýrsla Landsvirkjunar 2006). Í því sambandi hafa verið boraðar 8 rannsóknaborholur á Kröflusvæðinu. Í byrjun árs 2008 hófst svo vinna við mat á umhverfisáhrifum fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II en bygging virkjunarinnar er liður í virkjun háhita á Norðausturlandi, það er á Þeistareykjum, í Kröflu og Bjarnarflagi vegna áforma um orkufrekan iðnað við Húsavík.

Skipulagsstofnun tók þá ákvörðun, þann 13. febrúar 2008, að ekki þyrfti að meta sameiginlega umhverfisáhrif allra framkvæmda vegna áforma um orkufrekan iðnað við Húsavík, það er álvers á Bakka við Húsavík, Þeistareykjavirkjunar, stækkunar Kröfluvirkjunar og háspennulína frá Kröflu og Þeistareykjum til Húsavíkur. Þann 18. mars 2008 kærði Landvernd ákvörðun Skipulagsstofnunar til umhverfisráðherra. Samkvæmt úrskurði umhverfisráðherra þann 31. júlí 2008, var ákvörðun Skipulagsstofnunar felld úr gildi og skyldu umhverfisáhrif fyrrgreindra framkvæmda metin sameiginlega.

Til að raska sem minnst tímaáætlunum mats á umhverfisáhrifum Kröfluvirkjunar II og þar með sameiginlega matsins var ákveðið að fara með fyrirhugaðar rannsóknaboranir, sem áður voru hluti af virkjunarmatinu, í sjálfstætt mat. Skipulagsstofnun féllst á þessar fyrirætlanir með bréfi þann 17. október 2008. Enn fremur ákvarðaði Skipulagsstofnun 18. desember 2008 að mat á umhverfisáhrifum rannsóknaborana við Kröflu heyri ekki undir sameiginlegt mat á umhverfisáhrifum framkvæmda vegna álvers á Bakka við Húsavík, Þeistareykjavirkjunar, Kröfluvirkjunar II og háspennulína frá Kröflu og Þeistareykjum til Húsavíkur. Tillaga að matsáætlun rannsóknaborana við Kröflu var lögð fram til Skipulagsstofnunar í desember 2008 og var niðurstaða Skipulagsstofnunar kynnt þann 5. febrúar 2009.

Í samræmi við leiðbeiningar Skipulagsstofnunar voru lögð fram drög að nýrri tillögu að matsáætlun fyrirhugaðrar allt að 150 MW_e Kröfluvirkjunar II 20. febrúar 2009. Í kjölfar athugasemda Skipulagsstofnunar við drögin, dags. 11. mars 2009, var haft samráð við stofnunina og Orkustofnun um tengsl mats á umhverfisáhrifum rannsóknaborana, virkjunar á Kröflusvæðinu og framhald verkefnanna. Í ljósi niðurstöðu Orkustofnunar og samkvæmt leiðbeiningum Skipulagsstofnunar dró Landsvirkjun þann 4. september 2009 til baka áður samþykka matsáætlun fyrir rannsóknaboranir við Kröflu. Þess í stað var ákveðið að málsmeðferð mats á umhverfisáhrifum Kröfluvirkjunar II og þeirra framkvæmda sem féllu undir úrskurð umhverfisráðherra um sameiginlegt mat myndu í framhaldinu fylgja þeim leiðbeiningum sem Skipulagsstofnun lagði til við Landsvirkjun í kjölfar úrskurðar umhverfisráðherra 31. júlí 2008.

Samhliða mati á umhverfisáhrifum Kröfluvirkjunar II vinna Þeistareykir ehf. að mati á umhverfisáhrifum jarðhitavirkjunar á Þeistareykjum, Landsnet hf. að mati á umhverfisáhrifum háspennulína frá Kröflu og Þeistareykjum að Bakka við Húsavík og Alcoa að mati á umhverfisáhrifum álvers á Bakka. Í samræmi við úrskurð umhverfisráðherra frá 31. júlí 2008 og leiðbeiningar Skipulagsstofnunar í kjölfar úrskurðarins eru frummatsskýrslur framangreindra framkvæmda settar fram samtímis sem og sameiginlegt mat þeirra allra.

1.2 MARKMIÐ FRAMKVÆMDAR

Markmið Landsvirkjunar með byggingu nýrrar jarðhitavirkjunar í Kröflu er að nýta jarðhita á sjálfbæran hátt til framleiðslu rafmagns og sinna þannig þörfum

markaðarins hverju sinni. Reynslan af orkunýtingu í Kröflu, ásamt rannsóknaborunum og yfirborðsrannsóknum, gefur til kynna að Kröflusvæðið standi undir aukinni orkuvinnslu. Fjallað er um sjálfbærni og endurnýjanleika jarðhitaauðlindarinnar í kafla 3.1.

Í samstarfi við Þeistareyki ehf. er unnið að undirbúningi jarðhitavirkjana á háhitasvæðum í Þingeyjarsýslum. Markmið þess er að kanna hagkvæmni þess að framleiða um 400 MW_e af rafmagni fyrir álver á Bakka við Húsavík eða aðra orkukaupendur.

Landsvirkjun rannsakar jarðhita og undirbýr allt að 150 MW_e jarðhitavirkjun, Kröfluvirkjun II, á grundvelli eftirtalinna samninga, stefnu og leyfa:

- Samningur milli ríkisstjórnar Íslands og Landsvirkjunar frá 26. júlí 1985 þar sem Landsvirkjun keypti Kröfluvirkjun ásamt ýmsum réttindum á Kröflusvæðinu, þar með talinn rétt til hagnýtingar jarðhitaorku til raforkuframleiðslu allt að 70 MW.
- Samningur við ríkið um rétt til nýtingar jarðhita, samtals allt að 350 MW á Kröflusvæðinu og í Bjarnarflagi í apríl 2006.
- Lög nr. 38/2002 um virkjun Jökulsár á Brú og Jökulsár á Fljótsdal og stækkun Kröfluvirkjunar þar sem Alþingi samþykkir í 2. gr. að iðnaðarráðuneyti sé heimilt að veita Landsvirkjun leyfi til að stækka Kröfluvirkjun í allt að 220 MW ásamt aðalorkuveitum, enda liggja fyrir mat á umhverfisáhrifum framkvæmda.
- Samningur milli landeigenda og Landsvirkjunar, 7. nóvember 2005, um heimild Landsvirkjunar til rannsókna, borana og hagnýtingar á orku úr jörðu í landi Reykjahlíðar, utan jarðhitaréttindasvæðis ríkisins og Landsvirkjunar.
- Viljayfirlýsing sem Alcoa, ríkisstjórnin og Húsavíkurbær undirrituðu þann 17. maí 2006 um áframhaldandi rannsóknir á fjárhagslegri hagkvæmni nýs álvers á Norðurlandi með 250 þúsund tonna framleiðslugetu á ári. Viljayfirlýsingin fylgdi í kjölfar samkomulags frá því í mars 2006 um staðarval fyrir hugsanlegt álver á Bakka við Húsavík. Viljayfirlýsingin var framlengd þann 26. júní 2008 af fulltrúum Alcoa, ríkisstjórnar Íslands og Norðurþings, til 1. október árið 2009. Um var að ræða framlengingu og uppfærslu á fyrri viljayfirlýsingu. Í henni kom fram að haldið yrði áfram þeim verkefnum sem aðilar settu sér árið 2006, áður en lokaákvörðun verður tekin um byggingu álvers á Bakka. Viljayfirlýsingin hefur ekki verið framlengd.
- Viljayfirlýsing sem ríkisstjórnin, Norðurþing, Skútustaðahreppur og Þingeyjar-sveit undirrituðu 22. október 2009, um samstarf aðila á sviði orkurannsókna, orkunýtingar og atvinnuuppbyggingar í Þingeyjarsýslum. Í viljayfirlýsingunni segir orðrétt: „Með viljayfirlýsingu þessari er stefnt að því að skapa þær aðstæður að þann 1. október 2010 verði allri nauðsynlegri forvinnu lokið þannig að unnt verði að ganga til samninga við stóran orkukaupanda/orkukaupendur um uppbyggingu orkufreks iðnaðar í Þingeyjarsýslum. Viljayfirlýsingin gildir til 1. mars 2012. Markmið yfirlýsingarinnar er að nýta jarðvarma í Þingeyjarsýslu til stórfelldrar atvinnuuppbyggingar á svæðinu. Í yfirlýsingunni kemur fram að aðilar stefna að því að rannsóknum og mati á umhverfisáhrifum verði lokið fyrir 1. október 2010.
- Viljayfirlýsing sem Landsnet og Alcoa undirrituðu 16. október 2006, um undirbúning framkvæmda og mat á umhverfisáhrifum vegna flutnings raforku frá virkjunum á Norðurlandi til hugsanlegs álvers við Húsavík. Verkefninu hefur

verið framhaldið á grunni viljayfirlýsingar Landsnets og Alcoa en þar er kveðið á um samstarf um vinnu við mat á umhverfisáhrifum og öðrum nauðsynlegum undirbúningi.

- Viljayfirlýsing Landsvirkjunar, Þeistareykja ehf. og Alcoa, dags. 16. maí 2006, um að kanna og rannsaka háhitasvæðin á Norðausturlandi nægjanlega til þess að unnt verði að taka ákvörðun um hugsanlega nýtingu þeirra fyrir allt að 250 þúsund tonna álver á Bakka við Húsavík. Viljayfirlýsingin var endurnýjuð þann 26. júní 2008. Viljayfirlýsing Landsvirkjunar og Alcoa rann út um mánaðamótin október/nóvember 2008. Fyrirtækin munu engu að síður hafa náð samband og samráð um framvindu mála með það að leiðarljósi að fram­lengja viljayfirlýsinguna og halda verkefninu áfram þegar aðstæður leyfa.
- Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025 sem var staðfest af umhverfisráðherra 16. janúar 2008.

1.3 LEYFI

Framkvæmdir vegna Kröfluvirkjunar II eru háðar eftirfarandi leyfum:

- *Virkjunarleyfi* samkvæmt 4., 5. og 6. gr. raforkulaga nr. 65/2003. Iðnaðar­ráðherra hefur frá og með 1. ágúst 2008 falið Orkustofnun að annast þessar leyfisveitingar á grundvelli heimildar í 33. gr. laganna. Þegar kemur að umsókn um virkjunarleyfi mun liggja fyrir reiknilíkan sem byggir á endur­skoðuðu hugmyndalíkani.
- *Framkvæmdaleyfi* samkvæmt 1. mgr. 27. gr. skipulags- og byggingarlaga nr. 73/1997 sem Skútustaðahreppur veitir. Forsenda fyrir framkvæmdaleyfi er að fyrir liggja staðfest skipulag. Samkvæmt 1. mgr. 48. gr. laga um náttúru­vernd skal enn fremur liggja fyrir áætlun um efnistöku og frágang í námum áður en leyfi er veitt til efnistöku.
- *Byggingarleyfi* þarf fyrir varanlegum húsbyggingum og tengivirkjum sam­kvæmt 36. og 43. gr. skipulags- og byggingarlaga nr. 73/1997 sem Skútustaða­hreppur veitir.
- *Starfsleyfi* fyrir virkjunina þarf að sækja um til Heilbrigðisnefndar Norðurlands eystra samkvæmt 6. gr. laga nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir og 9. gr. reglugerðar nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun, samanber fylgiskjal 2, liði 2.6 (náma) og 9.1 c (virkjun). Einnig varðandi losun affallsvatns í borholur samkvæmt 14. gr. reglugerðar nr. 797/1999 um varnir gegn mengun grunnvatns og varðandi losun þess á yfirborði, meðal annars vegna arsens í vatninu samanber gr. 5.1, 7.2 og 12 í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Umhverfis­stofnun er eingöngu umsagnaraðili varðandi veitingu leyfis til losunar affalls­vatns í jarðlög.
- *Tímabundið starfsleyfi* frá Heilbrigðisnefnd Norðurlands eystra fyrir eftir­farandi þætti á framkvæmdasvæðinu, samanber 17 gr. reglugerðar nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun:
 - Á virkjunarsvæði fyrir vinnubúðir sbr. fylgiskjal 2 lið 10.7. Hér undir fellur ýmiss konar tímabundin aðstaða, svo sem ferðasalarni, ferða­eldhús og vinnubúðir sem tengjast tímabundnum framkvæmdum.

- Aðstaða verktaka vegna framkvæmda á virkjunarsvæði er háð starfsleyfi samkvæmt reglugerð 785/1999, samanber. fylgiskjal 2 liði 10.4 (jarðborun) og 10.7 (sjá hér að framan).
- *Leyfi Fornleifaverndar ríkisins* ef hrófla þarf við fornleifum, samkvæmt 10. gr. Þjóðminjalaga nr. 107/2001.

1.4 MAT Á UMHVERFISÁHRIFUM

Matsvinna vegna fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II hófst á árinu 2008. Hér á eftir verður greint frá hinum ýmsu atriðum er varða matsvinnuna, svo sem ástæðu þess að meta þarf umhverfisáhrif umræddrar framkvæmdar, hverjir komu að matsvinnunni, samráðsferli og tímaáætlun matsvinnunnar.

1.4.1 MATSSKYLDA

Framkvæmdin er matsskyld samkvæmt lögum um mat á umhverfisáhrifum nr. 106/2000 m.s.br. Í 2. lið 1. viðauka með lögunum kemur fram að jarðvarma-virkjanir með 50 MW uppsett varmaafli eða meira og orkuver með 10 MW uppsett rafafli eða meira eru háð mati á umhverfisáhrifum. Slíkar framkvæmdir eru matskyldar samkvæmt 5. grein laganna.

Lögð var fram tillaga að matsáætlun í september 2009 og lá niðurstaða Skipulagsstofnunar fyrir þann 6. nóvember sama ár. Skipulagsstofnun féllst á tillögu framkvæmdaraðila að matsáætlun með viðbótum og nokkrum athugasemdum. Frummatsskýrsla Kröfluvirkjunar II, sem hér er lögð fram, er í samræmi við matsáætlun að mestu leyti. Greint er frá lítils háttar frávikum í kafla 6.

1.4.2 SKÝRSLUGERÐ OG RANNSÓKNIR

Landsvirkjun er verkkaupi og framkvæmdaraðili fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II. Mannvit hf. er ráðgjafi Landsvirkjunar um mat á umhverfisáhrifum sem og undirbúning virkjunarinnar. Sérfræðiráðgjöf sem og tæknileg ráðgjöf kom frá Landsvirkjun Power, Íslenskum orkurannsóknnum (ÍSOR) og Mannviti. Þá komu ýmsir að ráðgjöf við mat á umhverfisáhrifum. Í **töflu 1.1** má sjá verkaskiptingu við gerð frummatsskýrslunnar og helstu ráðgjafa.

Tafla 1.1 Verkaskipting við mat á umhverfisáhrifum fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II.

Starfsmaður	Hlutverk	Fyrirtæki
Albert Guðmundsson	Verkefnisstjóri framkvæmdaraðila	Landsvirkjun Power
Ásgrímur Guðmundsson	Jarðhitaráðgjöf	Landsvirkjun Power
Kristján Einarsson	Tæknileg ráðgjöf	Landsvirkjun Power
Kristinn Ingason	Tæknileg ráðgjöf	Mannvit
Haukur Einarsson	Mat á umhverfisáhrifum, verkefnisstjórn og ritstýring	Mannvit
Auður Andrésdóttir	Mat á umhverfisáhrifum, ráðgjöf	Mannvit
Jóhanna B. Weisshappel	Mat á umhverfisáhrifum, skýrslugerð	Mannvit
María Theodórsdóttir	Mat á umhverfisáhrifum, kortagerð og myndvinnsla	Mannvit
Ragnar Heiðar Þrastarson	Mat á umhverfisáhrifum, kortagerð og myndvinnsla	Mannvit
Sveinn Bjarnason	Mat á umhverfisáhrifum, myndvinnsla	Mannvit

Vegna áforma um aukna orkuvinnslu á Kröflusvæðinu hafa ýmsar rannsóknir farið fram á undanförunum árum og eru niðurstöður þeirra nýttar í þessari skýrslu. Auk rannsókna liggja fyrir ýmis gögn og heimildir sem nýtt verða við matsvinnuna. Í **töflu 1.2** má sjá lista yfir helstu sérfræðiverkefni sem unnin hafa verið í tengslum við matsvinnuna. Höfundar sérfræðiskýrslna hafa lesið yfir þá kafla í þessari frummatsskýrslu sem byggja á sérfræðiskýrslum þeirra. Um er að ræða alla aðila í **töflu 1.2** utan þess að ekki var talin þörf á yfirllestri um fornleifar þar sem engin áhrif eru á fornleifar (sjá kafla 9.9). Tekið hefur verið tillit til þeirra athugasemda sem gerðar voru.

Tafla 1.2 Sérfræðiverkefni, unnin vegna áforma um aukna orkuvinnslu á Kröflusvæðinu.

Starfsmaður/menn	Verkefni	Fyrirtæki/stofnun
Ragnar Heiðar Prastarson	Landslagsgreining- áhrif á landslag og ásýnd.	Mannvit
Gunnar Birnir Jónsson	Áhrif Kröfluvirkjunar II á hljóðvist.	Mannvit
Hjalti Sigurjónsson og Snorri P. Kjaran	Dreifingarspá fyrir brennisteinsvetni frá jarðvarmavirkjunum á Norðausturlandi Krafla, Krafla II og Bjarnarflag	Vatnaskil
Eric Meyer og Snorri P. Kjaran	Grunnvatnslíkan og spá um dreifingu efna í grunnvatni.	Vatnaskil
Anette Kærgaard Mortensen o.fl.	Endurskoðun á jarðhitalíkani	ÍSÖR
Guðmundur Guðjónsson, Kristbjörn Egilsson og Rannveig Thoroddsen	Gróðurfar á háhitavæðum, línu- og vegstæðum, ásamt athugun á fyrirhuguðum borsvæðum við Kröflu.	Náttúrufræðistofnun Íslands
Þorkell Lindberg Þórarinnsson og Aðalsteinn Örn Snæþórsson	Fuglalíf á fyrirhuguðum framkvæmdasvæðum fyrirhugaðra háhitavirkjana í Þingeyjarsýslum.	Náttúrustofa Norðausturlands
Rannveig Ólafsdóttir og Eva Sif Jóhannsdóttir	Mat á áhrifum Kröfluvirkjunar II á ferðabjónustu og útivist 2008.	Rannsóknamiðstöð ferðamála
Ómar Bjarki Smárason	Kröfluvirkjun II og Bjarnaflag-námukömmun.	Jarðfræðistofnan Stapi
Uggi Ævarsson	Deiliskráning vegna fyrirhugaðra framkvæmda við línustæði og orkuvinnslustöðvar, Krafla, Gjástykki, Þeistareykir, Bakki.	Fornleifastofnun Ísland

1.4.3 KYNNING OG SAMRÁÐ

Kynning og samráð vegna mats á umhverfisáhrifum Kröfluvirkjunar II hefur verið í samræmi við það sem lög um mat á umhverfisáhrifum kveða á um. Í þessum kafla verður greint frá því kynningarferli sem fram fór við gerð matsáætlunar sem og því ferli sem framundan er á kynningartíma þessarar frummatsskýrslu.

Tillaga að matsáætlun

Drög að tillögu að matsáætlun voru aðgengileg á heimasíðum Landsvirkjunar og Mannvits hf. frá 20. febrúar til 6. mars 2009. Með birtingunni gafst almenningi kostur á að kynna sér fyrirhugaða framkvæmd og að koma athugasemdum á framfæri við framkvæmdaraðila. Þegar endanleg tillaga að matsáætlun var til umfjöllunar hjá Skipulagsstofnun í október og nóvember 2009 gafst almenningi aftur tækifæri á að koma athugasemdum á framfæri til Skipulagsstofnunar. Enn fremur óskaði stofnunin eftir umsögnum frá umsagnaraðilum lögum samkvæmt.

Auk framangreindra kynninga sem eru í samræmi við lög um mat á umhverfisáhrifum var aðilum frá Skipulagsstofnun, leyfisveitendum og umsagnaraðilum boðið í vettvangsferð á fyrirhugað framkvæmdasvæði í júní 2008. Þessum aðilum var einnig boðið á fund til að ræða helstu framkvæmdaþætti og umhverfisáhrif þeirra, sem Umhverfisstofnun, Orkustofnun og fulltrúar Skútustaðahrepps þáðu.

Haldnir voru þrjár fundir með félagasamtökum, á Húsavík fyrir aðila tengda ferðamálum á Húsavíkursvæðinu og í Reykjavík fyrir Landvernd og Samtök ferðabjónustunnar (SAF). Fyrirhuguð áform voru einnig kynnt fulltrúum Norðurþings og Þingeyjarsveitar í tengslum við sameiginlegt mat á umhverfisáhrifum Kröfluvirkjunar II, Þeistareykjavirkjunar, háspennulína frá Kröflu og Þeistareykjum að Bakka og álvers á Bakka við Húsavík. Jafnframt kynntu fulltrúar framkvæmdaraðila og ráðgjafa fyrirhugaða framkvæmd og mat á umhverfisáhrifum þrívægis á opnum fundum. Hér er um að ræða fund í Ýdölum í júlí 2007, í tengslum við kynningu á aðalskipulagi Aðaldælahrepps, fund í Ljósveitningabúð í mars 2009 þegar aðalskipulag Þingeyjarsveitar var kynnt og fund í Reykjahlíð í ágúst 2009 þegar breyting á aðalskipulagi Skútustaðahrepps var kynnt.

Í kjölfar ákvörðunar Skipulagsstofnunar um tillögu að matsáætlun, dags. 6. nóvember 2009, var fundað með stofnuninni 19. nóvember og leitað sameiginlegs skilnings á fáeinum atriðum sem þar koma fram.

Umsagnaraðilar Skipulagsstofnunar í matsferlinu fyrir allt að 150 MW_e Kröfluvirkjun II hafa verið eftirtaldir:

- Skútustaðahreppur
- Ferðamálastofa
- Fornleifavernd ríkisins
- Heilbrigðiseftirlit Norðurlands
- Landgræðsla ríkisins
- Landsnet
- Orkustofnun
- Umhverfisstofnun

Frummatsskýrsla

Við gerð frummatsskýrslu var áfram öllum heimilt að koma á framfæri ábendingum og athugasemdum auk þess sem framkvæmdaraðili leitaði álits hjá Skipulagsstofnun og umsagnaraðilunum eftir þörfum. Til að mynda var í október 2009 farin önnur vettvangsferð með fulltrúum sveitarstjórnar Skútustaðahrepps, Skipulagsstofnunar, Umhverfisstofnunar og Ferðamálastofu á Kröflusvæðið. Tilgangur ferðarinnar var að gera aðilum nánari grein fyrir staðsetningu borsvæða, aðkomu að þeim og lagaleiðum frá þeim. Drög að frummatsskýrslu voru send Skipulagsstofnun til yfirlestrar og fundað með stofnuninni í kjölfar þess í febrúar 2010. Jafnframt voru drög að kafla 9.1, um jarðhitakerfi og orkuforða, send Orkustofnun til kynningar. Meðal ábendinga Orkustofnunar var ósk um skýrari umræðu um djúpförgun við niðurdælingu og að fram kæmi að reiknilíkön verði uppfærð reglulega auk þess sem bætt yrði við umfjöllun um rannsóknaholur sem boraðar hafa verið og aflgetu þeirra. Tekið hefur verið tillit til ábendinga Orkustofnunar.

Á athugunartíma Skipulagsstofnunar liggur frummatsskýrslan frammi á aðgengilegum stað nærri framkvæmdasvæði og hjá Skipulagsstofnun í 6 vikur, sem jafnframt

er sá frestur sem almenningi gefst til að koma skriflegum athugasemdum á framfæri við Skipulagsstofnun. Skýrslan er einnig aðgengileg á heimasíðum Landsvirkjunar (www.lv.is) og Mannvits hf (www.mannvit.is). Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum og frummatsskýrsla verða kynntar á opnum fundum á kynningartíma skýrslunnar.

Eftir að kynningu lýkur á frummatsskýrslu sem og athugun Skipulagsstofnunar á skýrslunni tekur við gerð matskýrslu. Í henni er gerð grein fyrir umsögnum og athugasemdum sem kunna að berast og viðbrögð framkvæmdaraðila við þeim sett fram. Ekki er gert ráð fyrir frekari kynningum við gerð matskýrslu en hugsanlegt er að leitað verði til leyfisveitenda og umsagnaraðila ef einhver álitæfni koma upp. Eftir að matskýrsla er send Skipulagsstofnun til athugunar líða um 4 vikur þar til stofnunin gefur sitt álit á því hvort skýrslan uppfylli skilyrði laga nr. 106/2000 m.s.br., um mat á umhverfisáhrifum, og að umhverfisáhrifum sé lýst á fullnægjandi hátt. Telji stofnunin að setja þurfi frekari skilyrði fyrir framkvæmd skal það tilgreint og rökstutt.

1.4.4 TÍMAÁÆTLUN MATS Á UMHVERFISÁHRIFUM

Tímaáætlun verkefnisins tekur mið af þeim framkvæmdum sem lúta að sameiginlegu mati á umhverfisáhrifum eins og fjallað er um í kafla 1.5 hér á eftir.

Eftirfarandi er tímaáætlun matsferlisins:

- Febrúar 2009 – drög að tillögu að matsáætlun kynnt á netinu.
- September 2009 – tillaga að matsáætlun send Skipulagsstofnun.
- Nóvember 2009 – ákvörðun Skipulagsstofnunar um tillögu að matsáætlun.
- Mars 2010 – frummatsskýrsla til Skipulagsstofnunar.
- Júní 2010 – matskýrsla til Skipulagsstofnunar.
- Júlí 2010 – álit Skipulagsstofnunar.

Framangreind áætlun er sett fram í samræmi við þá tímafresti sem settir eru í lögum um mat á umhverfisáhrifum nr. 106/2000.

1.5 SAMEIGINLEGT MAT Á UMHVERFISÁHRIFUM

Þann 13. febrúar 2008 komst Skipulagsstofnun að þeirri niðurstöðu eftir samráð við hlutaðeigandi aðila, að sameiginlegt mat skyldi ekki fara fram í samræmi við 5. gr. laga nr. 106/2000 m.s.br. um mat á umhverfisáhrifum þar sem fleiri en ein matsskyld framkvæmd er fyrirhuguð á sama svæði eða framkvæmdirnar eru háðar hver annarri. Skipulagsstofnun lagði hins vegar áherslu á að frummatsskýrslurnar yrðu til umfjöllunar á sama tíma sem og samþætting umfjöllunar.

Þann 18. mars 2008 kærði Landvernd framangreinda ákvörðun Skipulagsstofnunar frá 13. febrúar 2008 til umhverfisráðherra þess efnis að ekki skuli fara fram heildstætt umhverfismat á umhverfisáhrifum álvers á Bakka við Húsavík, Þeistareykjavirkjunar, Kröfluvirkjunar II og háspennulína frá Kröfluvirkjun og Þeistareykjum til Húsavíkur. Í kærinni tekur Landvernd undir með Umhverfisstofnun að til þess að hægt sé að taka afstöðu til umhverfisáhrifa einstakra framkvæmda þurfi yfirsýn yfir heildaráhrif allra framkvæmdanna að liggja fyrir. Slík heildarsýn verði best fengin

með því að meta umhverfisáhrif framkvæmdanna sameiginlega, sbr. heimildir Skipulagsstofnunar í 2. mgr. 5. gr. laganna.

Í úrskurði umhverfisráðherra frá 31. júlí 2008 var ákvörðun Skipulagsstofnunar frá 13. febrúar 2008 felld úr gildi og 2. mgr. 5. gr. laga um mat á umhverfisáhrifum beitt. Í úrskurði umhverfisráðherra er kveðið á um að umhverfisáhrif álvers á Bakka við Húsavík, Þeistareykjavirkjunar, Kröfluvirkjunar II og háspennulína frá Kröflu og Þeistareykjum til Húsavíkur skuli metin sameiginlega. Ráðuneytið taldi brýna þörf á því að með ótvíræðum hætti yrði tryggt að mat á umhverfisáhrifum framkvæmdanna fari fram á sama tíma og umhverfisáhrif þeirra allra liggi fyrir í heild sinni áður en leyfi fyrir einstökum framkvæmdum verði veitt.

Gerð frummatsskýrslu Kröfluvirkjunar II tekur mið af framangreindum úrskurði umhverfisráðherra frá 31. júlí 2008 og eru frummatsskýrslur framangreindra framkvæmda lagðar fram til kynningar á sama tíma.

2 STADHÆTTIR

Framkvæmdasvæði Kröfluvirkjunar er innst í Hlíðardal og á hálendinu austan og norðan við botn dalsins. Svæðið er í norðaustur af Mývatni, í rúmlega 10 km fjarlægð frá Reykjahlíð (**mynd 2.1**). Í þessum kafla er stutt staðhátalýsing á Kröflusvæðinu og næsta nágrenni. Landslagi og jarðmyndunum er lýst, auk þess sem gerð er grein fyrir veðurfari út frá nálægum veðurstöðvum. Í kafla 9 er nánari lýsing á grunnástandi annarra umhverfisþátta á svæðinu.

2.1 LANDSLAG OG JARÐMYNDANIR

All mikið hálendi rís norðaustur af Mývatni sem einkennist af móbergshryggjum, líparítfjöllum, móbergsstöpum og hraunbreiðum (Kristján Sæmundsson, 1991). Á jöðrum fjallgarðsins eru jökulmenjar. Allt þetta umhverfi myndar ákveðna landslagsheild. Í fjallgarðinum rís megineldstöð, sem kennd er við móbergsfjallið Kröflu. Innan megineldstöðvarinnar myndaðist askja fyrir um 110 þúsund árum og setur hún ákveðið mark í landslagið með bogadregnum línunum. Í gegnum hana liggur virkur sprungusveimur með norðlæga stefnu þar sem eldar hafa brunnið á jökultíma og hlýskeyðum. Á **mynd 2.1** má sjá yfirlitskort af Kröflusvæðinu og nágrenni þess.

Á jökultíma hafa hlaðist upp móbergshryggir og stapar sem mynda megin hálendið. Að vestan mynda Námafjall, Leirhnjúkur, Dalfjall og Þríhyrningar fjallakeðju með Hlíðarfjall, gert úr líparíti, sem eins konar táknið vestan við öskjuna. Að austan liggja Halaskógafjall, Sandabotnafjall og Krafla. Þar austan við öskjuna rís líparítfjallið Jörundur sem útvörður til austurs. Ofan á Sandabotnafjalli liggja hryggir úr móbergi og súru bergi þar sem Hrafninnuhryggur er lengst til austurs. Norðan og norðaustan Kröflu eru Hágöng og Graddabunga en norðvestan öskjunnar eru Gæsafjöll, tignarlegur móbergsstapi.

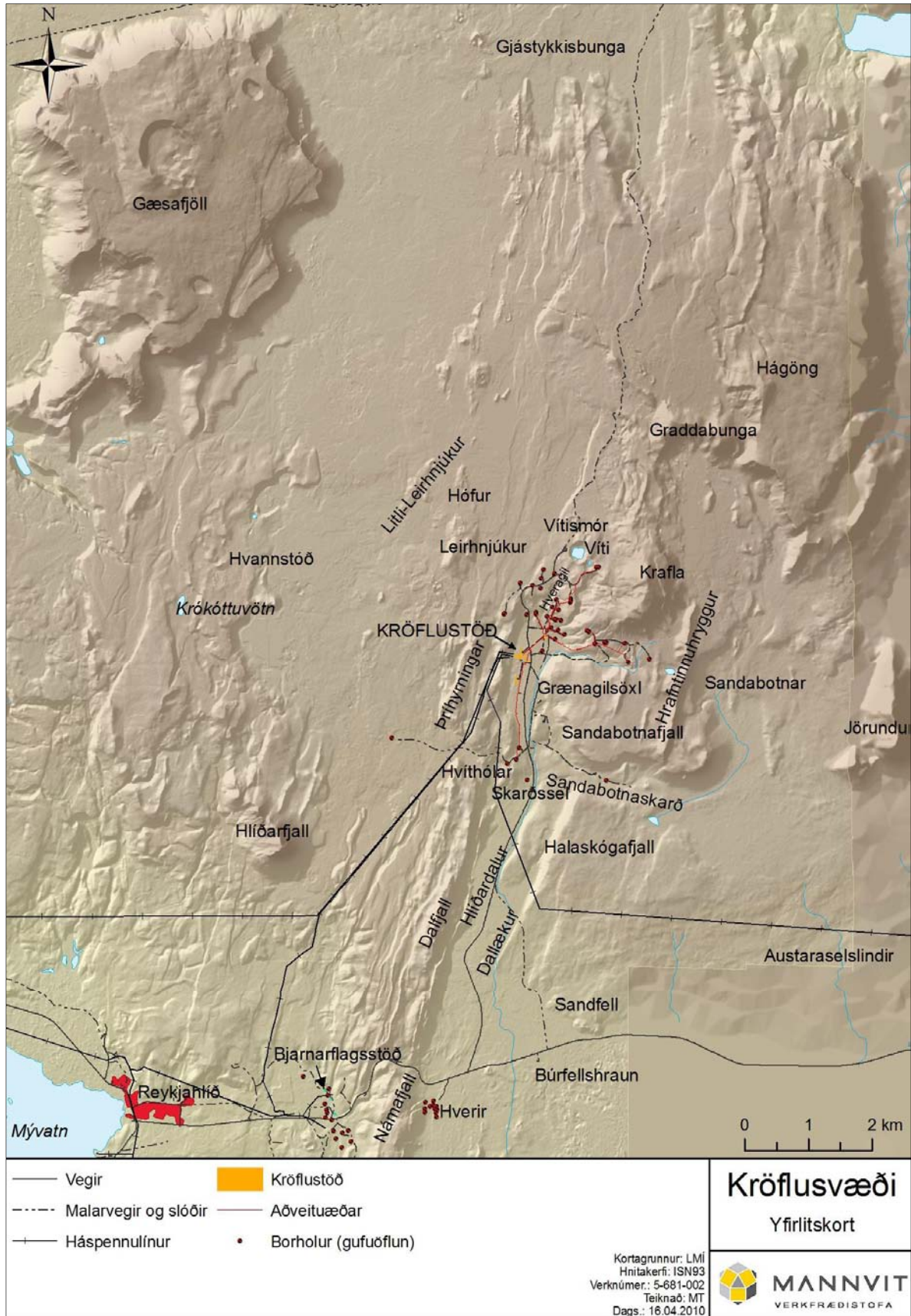
Undir lok jökultíma lögðust jökulset utan í fjallgarðinn og á komandi hlýskeyði, sem nú stendur yfir, runnu hraun yfir láglandi. Kröfluaskjan er um 80 km² að flatarmáli og hraun þekja um 60% hennar. Síðustu 3.000 árin hefur eldvirkni á Kröflu gósréininni sett áberandi svip á landslagið.

Eldvörpin liggja á N-S sprungum og mynda misvel formaða gíga. Sumir eru hálfir á kafi en aðrir eru alveg á kafi. Sprengigígurinn Víti er áberandi jarðmyndun sem varð til í upphafi Mývatnselda árið 1724 við norðurenda Hveragils við vestanverðar fjallsrætur Kröflu.

Innan Kröfluöskjunnar er víðáttumikið háhitasvæði. Jarðhitaummerkin sjást víða og eru margbreytileg. Í miðri öskjunni er öflugt uppstreymi, þar sem leir- og gufuhverir eru áberandi, og sundursoðin litrík jörð. Einnig er áberandi jarðhitasvæði utan í Kröfluhlíðum, að sunnan og vestan. Vesturhlíðarnar einkennast af gufusprengigígum og miklu ljósu úrkasti. Víða innan öskjunnar eru ljósar breiður vegna jarðhitammyndunar, útkulnaðar, volgar eða rjúkandi.

Ofan úr Kröflu renna lækjarsprænur, sem safnast saman í eitt afrennsli í Leirbotnum, Dallæk, sem rennur síðan suður Hlíðardal. Lækurinn hefur verið stíflaður sunnan við Kröfluvirkjun en þaðan liðast hann eftir dalnum nær hindrunarlaust suður í Búrfells-
hraun. Þar hverfur lækurinn ofan í hraunið, í grunnvatnið. Lækurinn hefur náttúrulegt afrennsli frá dalkvosinni sem Kröfluvirkjun er í. Að hluta til er hann afrennsli frá hverasvæðunum og að hluta lindarvatn úr Sandabotnaskarði rétt við Skarðssel. Á

Kröflusvæðinu er lítið um vatn á yfirborði, þá helst leysingavatn á vorin og oft fram eftir sumri. Úrkoma er að jafnaði lítil og hripar niður í gropin, sprungin hraunin.



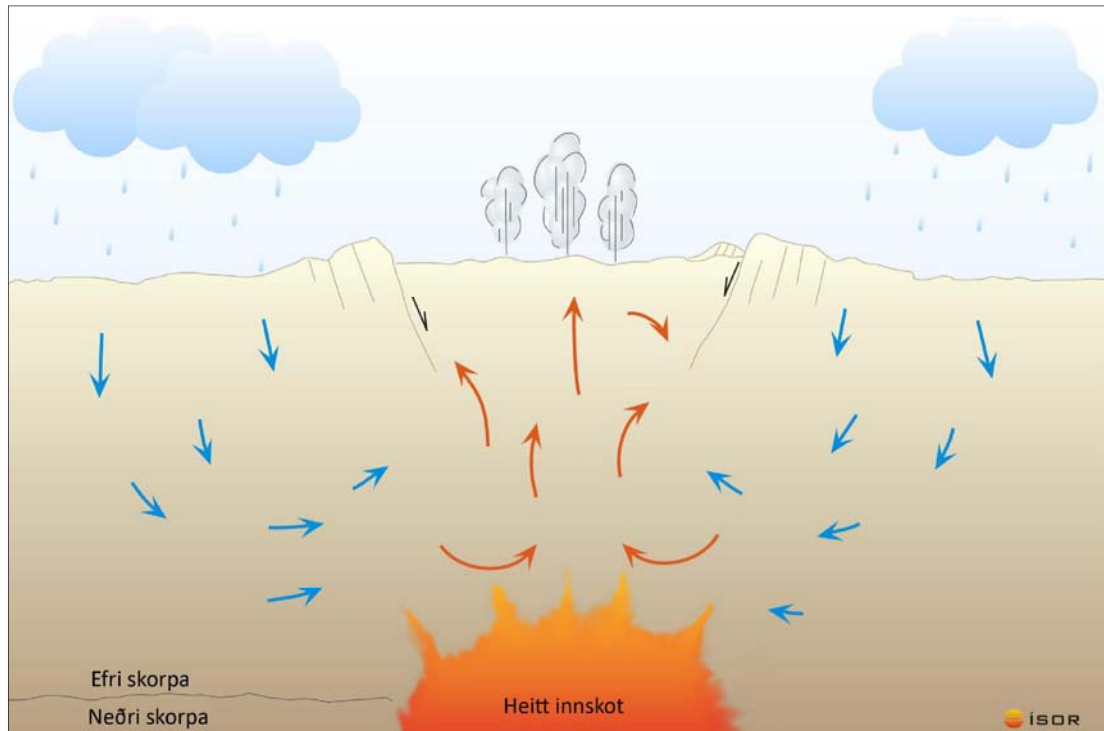
Mynd 2.1 Yfirlitskort af Kröflusvæðinu og nágrenni.

2.2 VEDURFAR

Næstu veðurathugunarstöðvar eru í Reykjahlíð, Bjarnarflagi, á Mývatnsöræfum og á Grímsstöðum á Fjöllum. Stöðin í Reykjahlíð er í 285 m hæð yfir sjó og í um 8 km fjarlægð frá Kröflusvæðinu sem er í um 460 m hæð yfir sjó. Meðalhiti í Reykjahlíð er um 2,2°C og meðalúrkoma tæpir 400 mm á ári. Meðalvindhraði er nálægt 3,6 m/s og logn er algengt í Reykjahlíð. Út frá úrkomu í Reykjahlíð og Grímsstöðum frá 1931-1960 útbjó Veðurstofa Íslands úrkomukort fyrir Kröflu- og Námafjallssvæðið. Lausleg athugun á gögnum frá 1961-1990 gaf ekki tilefni til mikilla breytinga. Niðurstaðan er sú að búast má við allt að tvöfalt meiri ársúrkomu við Kröflu en við Mývatn (Halldór Ármannsson, 2002). Sjálfvirka veðurathugunarstöðin í Bjarnarflagi er í 347 m hæð yfir sjó. Hún hefur verið í gangi frá 2004 og er í eigu Landsvirkjunar.

3 JARÐHITI

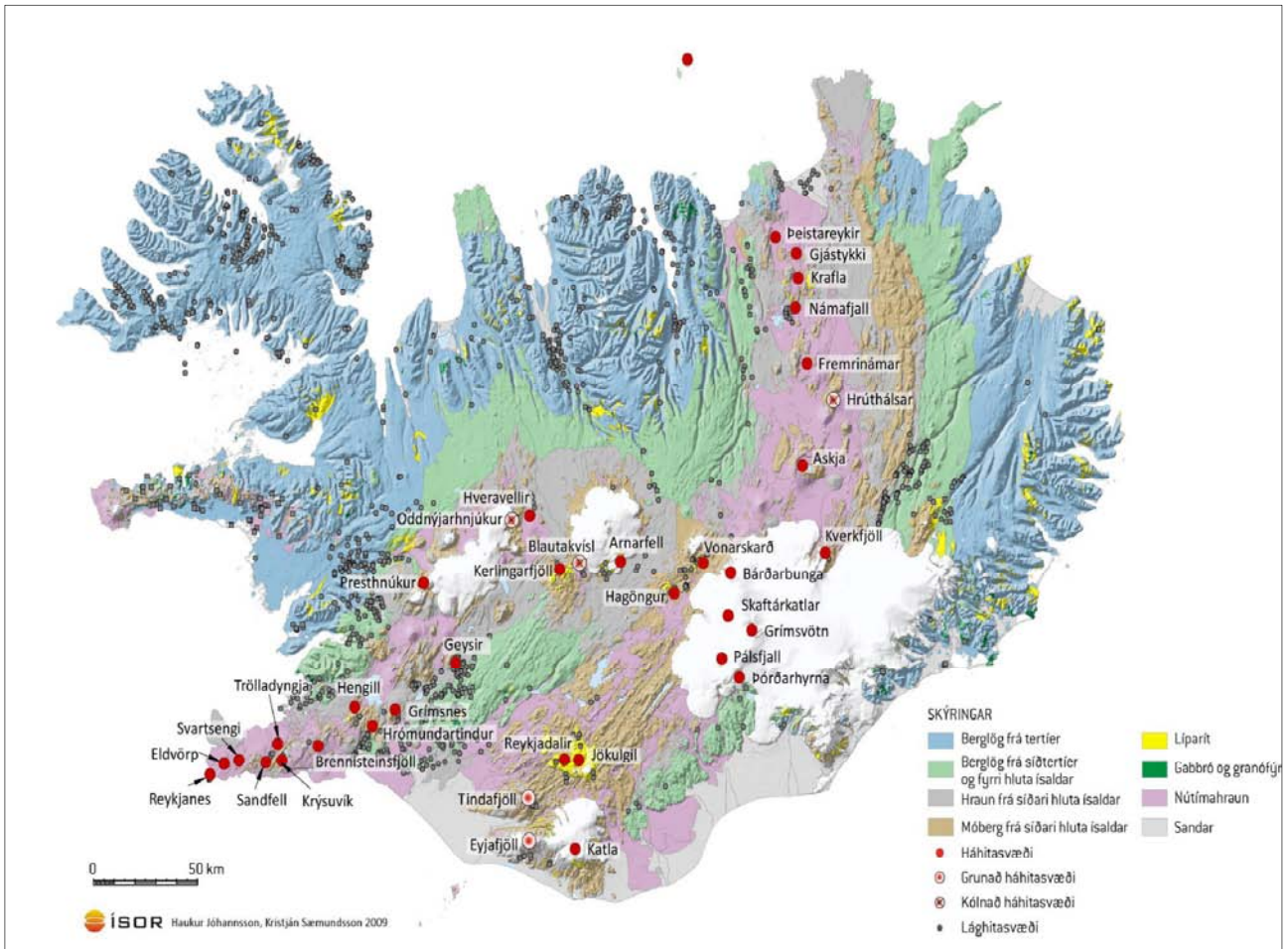
Jarðhiti er sá hiti í jörðu sem er umfram þann hita sem mælist við yfirborð hennar (Guðmundur Pálmason, 2005). Hér á landi myndast jarðhiti í tengslum við eldvirkni og jarðskorpuhreyfingar. **Mynd 3.1** sýnir á einfaldaðan hátt hvernig jarðhitakerfi myndast vegna hringrásar vatns, niðurstreymis á einum stað, upphitunar og uppstreymis á öðrum stað. Í gosbeltinu er mikið af virkum sprungum og vatnsleiðandi jarðlögum sem gerir þessa hringrás mögulega.



Mynd 3.1 Einföld skýringarmynd sem sýnir opna vatnshringrás í jarðhitakerfi. Varmagjafinn getur ýmist verið heitt berg eða kólnandi kvika.

Jarðhitasvæði eru oft flokkuð í lághita og háhita. Háhitasvæði er skilgreint á þann hátt að þar er hitinn yfir 200°C neðan við 1 km dýpi. Eins og sjá má á **mynd 3.2** eru öll háhitasvæðin á Íslandi innan hins virka gosbeltis þar sem hraunkvika er víða á nokkurra kílómetra dýpi. Lághitasvæðin eru hins vegar víða um land. Gosbeltið einkennist af virkum sprungusveimum og verða eldgos og jarðhræringar tíðum innan þeirra (Guðmundur Pálmason og fl., 1985). Gliðnun landsins er um 1-2 cm á ári til austurs og vesturs út frá gosbeltinu.

Háhitasvæðin eru oftast tengd megineldstöðvum, það eru eldstöðvar sem hafa verið virkar í mjög langan tíma. Tilvist megineldstöðva tengist svokallaðri kvikuþró en það er svæði með bráðinni kviku á nokkurra kílómetra dýpi í jarðskorpunni. Jarðhitasvæði Kröflu, Námafjalls og Gjástykkis tilheyra sömu megineldstöð og eru öll á sprungu- og misgengjasveimi, svonefndu Kröflukerfi (Kristján Sæmundsson, 1991). Þeistareykir eru á sjálfstæðum sprungusveimi sem liggur nokkru vestar og er eldvirkni þar mun minni en í Kröflukerfinu. Þar varð síðast gos fyrir um 2.500 árum.



Mynd 3.2 Jarðhitasvæði á Íslandi. Öll háhitasvæðin eru í gosbeltinu, það er á jarðskorpuflekamótum.

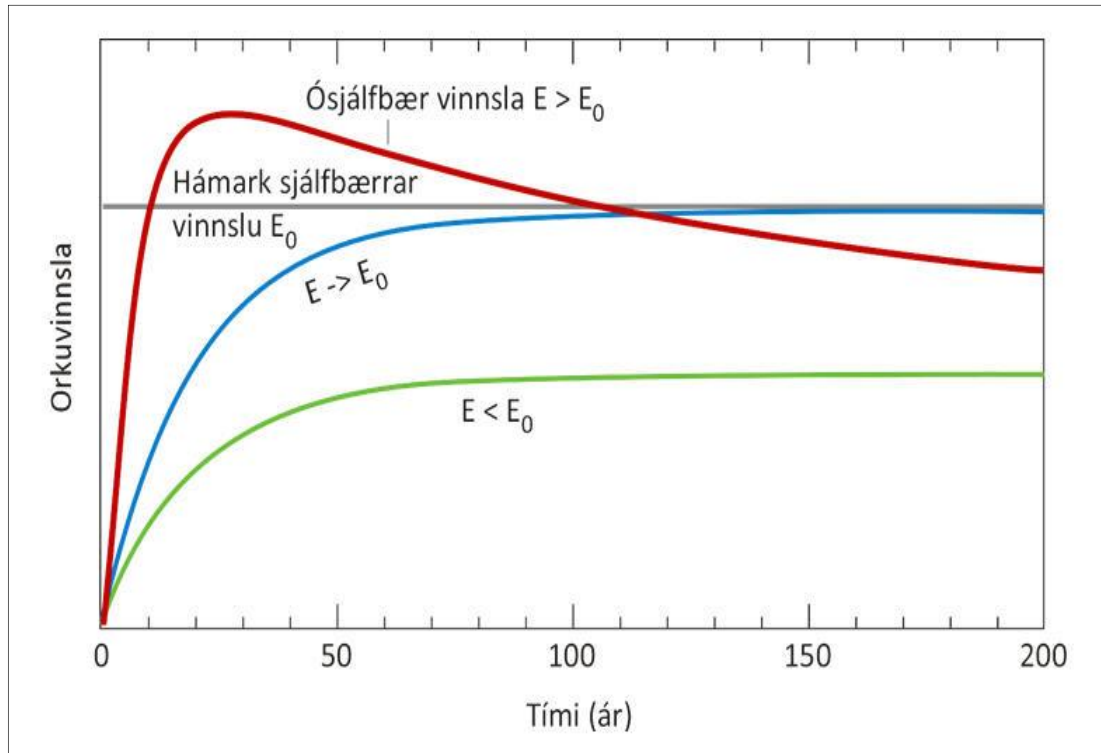
3.1 SJÁLFBÆRNI OG ENDURNÝJANLEIKI

Landsvirkjun stefnir að því að nýta jarðhitaforðann á Kröflusvæðinu með sjálfbærum hætti í samræmi við umhverfisstefnu fyrirtækisins.

Ekki er til opinber skilgreining á hugtakinu *sjálfbær vinnsla jarðhita* en Landsvirkjun hefur tekið mið af tillögu sem vinnuhópur á vegum Orkustofnunar lagði fram árið 2001 (Guðni Axelsson o.fl., 2001 og 2006). Sú skilgreining byggir á því að fyrir sérhvert jarðhitasvæði séu til eins konar vinnslumörk þannig að ef vinnsla er undir þeim sé hægt að halda henni í jafnvægi í mjög langan tíma, eða eins og hér segir orðrétt:

„Fyrir sérhvert jarðhitasvæði, og sérhverja vinnsluaðferð, er til ákveðið hámarksvinnslustig, E_0 , sem er þannig háttáð að með lægra vinnslustigi en E_0 er unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu frá kerfinu yfir mjög langt tímabil (100-300 ár). Sé vinnsluálag meira en E_0 , er ekki unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu svo lengi. Jarðvarmavinnsla minni en eða jöfn E_0 er skilgreind sem sjálfbær vinnsla en vinnsla umfram E_0 er ekki sjálfbær.“

Á mynd 3.3 er framangreind skilgreining á sjálfbærni sýnd með myndrænum hætti.



Mynd 3.3 Orkuvinnsla sem fall af tíma. Ef vinnsluálag er minna en eða jafnt E_0 er um sjálfbæra vinnslu að ræða (mynd frá Guðna Axelssyni).

Lögð var áhersla á að rugla ekki saman hugtökunum sjálfbærni og endurnýjanleiki þar sem það fyrra lýsir því hvernig orkulind er nýtt, en það seinna eðli hennar. Jarðhiti er endurnýjanleg orkulind. Á háhitasvæðum samanstendur orkulindin annars vegar af stöðugum náttúrulegum orkustraumi (varmaleiðni og varmaburði) frá hitagjafa tengdum eldvirkni og hins vegar orkuforða sem safnast hefur fyrir í bergi og vökva. Við hefðbundna jarðhitavinnslu er sóttur meiri varmi í jarðhitakerfið en sem nemur náttúrulega orkustraumnum og er þá gengið á orkuforðann. Sé vinnslu hins vegar hætt endurnýjast forðinn aftur með tímanum. Vægi þessara tveggja þátta í jarðhitaorkuvinnslu er bæði háð jarðhitakerfi og vinnsluálagi. Í svokölluðum „Hot Dry Rock“ kerfum er vægi forðans yfirgnæfandi, en í öflugustu háhitakerfunum í gosbelti Íslands er vægi orkustraumsins meira.

Við vinnslu jarðhitavökva lækkar þrýstingur í jarðhitakerfinu. Ef kaldari vökvi streymir inn í kerfið frá jöðrum þess eða með niðurdælingu eykst varmastreymi frá hitagjafa. Náist nýtt þrýstijafnvægi í svæðinu, lægra en upphaflegt þrýstiástand þess, er talað um að vinnslan sé sjálfbær, en náist ekki þrýstijafnvægi í svæðinu er talað um ágenga vinnslu.

Vinnslu jarðhitans með tilliti til sjálfbærni má skoða frá ýmsum sjónarhornum (Guðni Axelsson o.fl., 2006):

1. Stöðug vinnsla (fyrir utan sveiflur vegna tímabundins álags eins og árssveiflur) í 100-300 ár. Varla raunhæfur kostur vegna þess að sjálfbær vinnslugeta jarðhitakerfa er ekki þekkt fyrirfram. Því þarf í raun eins konar reynslutímabil í upphafi þar til hún hefur verið metin.
2. Vinnsla aukin í nokkrum áföngum þar til sjálfbær vinnslugeta hefur verið metin og sjálfbæru mörkunum náð.

3. Ágeng vinnsla (ekki sjálfbær) í nokkra áratugi (um 30 ár) með algjörum hléum, e.t.v. nokkru lengri en vinnslutímabilin (um 50 ár), þar sem jarðhitakerfið nær að jafna sig að verulegu leyti í hléunum.
4. Ágeng vinnsla í 30-50 ár, síðan stöðug en minni vinnsla næstu árin, það er að segja minni en sjálfbær vinnslugeta svæðis við stöðuga vinnslu (aðferð 1).

Ástæða er til að leggja áherslu á að vinnsla úr jarðhitasvæði getur færst til á þann hátt að aukið álag á einu undirsvæði þarf ekki að hafa áhrif á vinnslu á öðru. Þannig er hægt að draga úr vinnslu eða hvíla á einum stað meðan aukið er á öðrum. Slík vinnsla viðheldur stöðugri rafmagnsframleiðslu frá jarðhitaorkuveri.

Landsvirkjun stefnir að því að auka vinnslu jarðhita á Kröflusvæðinu í áföngum til að tryggja að unnið sé innan marka sjálfbærni (aðferð 2). Þegar hefur vinnsla á svæðinu verið aukin í áföngum, fyrst var 30 MW_e náð árið 1985 og 60 MW_e árið 1999. Reynsla af rúmlega 30 ára vinnslu á Kröflusvæðinu gefur til kynna að svæðið standi undir verulega aukinni vinnslu.

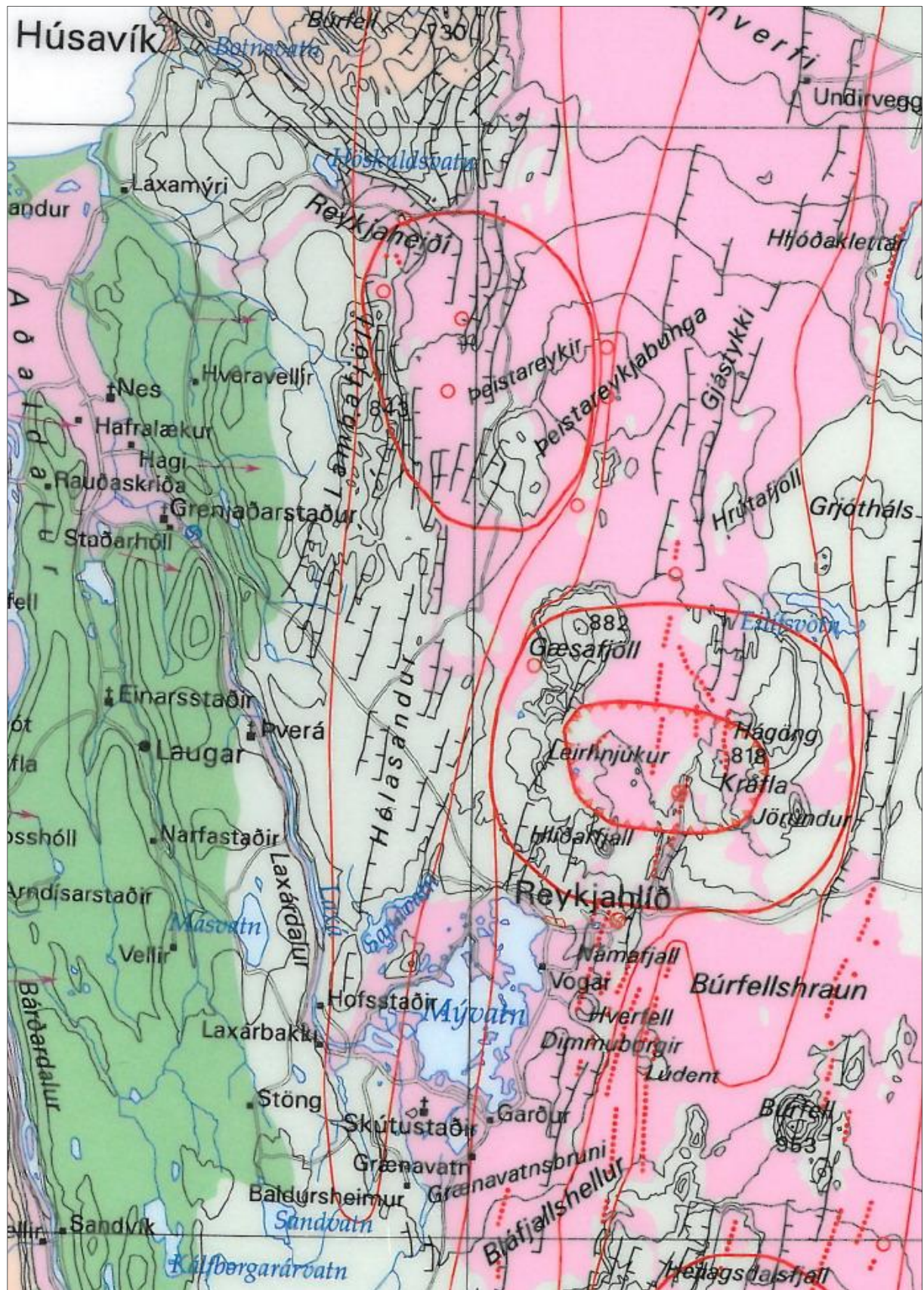
3.2 KRÖFLUKERFIÐ

Jarðhitakerfið í Kröflu er stórt og inniheldur mikla orku. Staðsetning þess í miðju gosbeltinu veldur mikilli vatnslekt innan kerfisins því að tíðir jarðskjálftar og sprunguhreyfingar halda sprungum opnum (Anette Mortensen o.fl., 2009.). Jarðhitasvæðið í Kröflu liggur í gamalli öskjugeil, sem talin er hafa myndast í gríðarlegum eldsumbrotum fyrir 110.000 árum og hefur síðan fyllst af móbergi og hraunum (upplýsingar af vef www.os.is/jardhiti; Kristján Sæmundsson, 1991). **Mynd 3.4** sýnir öskjuna, 8-10 km breiða, og er hún klofin í tvo helminga af sprungustykki með NNA-SSV stefnu. Innan í öskjunni eru háhitasvæði. Undir Kröflu er kvikuhólf á um 3-7 km dýpi sem er aðal hitagjafinn (sjá á **mynd 3.5**).

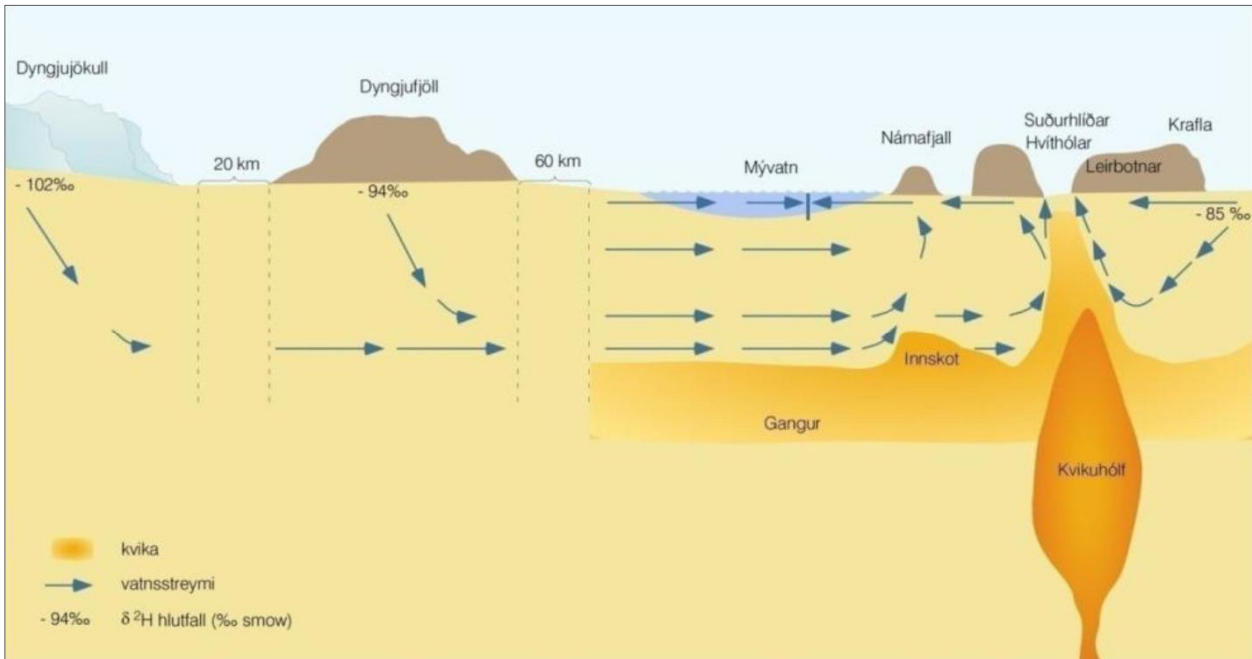
Á **mynd 3.4** má sjá að í gegnum megineldstöðina Kröflu liggur mjög langur sprungu- og misgengjasveimur með NNA-læga stefnu. Syðsti hluti þessa sveims er sunnan við Mývatn en um 90 km norðar hverfur hann ofan í Öxarfjörð. Sprungusveimurinn er 5-10 km að breidd.

Meiri háttar landreks- og eldgosahrinur verða í Kröflukerfinu á nokkur hundruð ára fresti (Axel Björnsson o. fl., 2007). Eldvirkni á svæðinu spannar um 300.000 ár og er mest frá Hverfelli/Hverfjalli og norður að Hrutafjöllum (Kristján Sæmundsson, 1991). Mest hefur gosvirknin verið innan öskjunnar og í Námafjalli. Eldvirkni á nútíma á Kröflusvæðinu (<10.000 ár) hefur gengið yfir í tveimur lotum með 4.000-5.000 ára hléi á milli. Seinni lotan hófst fyrir um 3.000 árum með sprungugosi frá Hverfelli/Hverfjalli norður í Gjástykki. Þá urðu goshrinur fyrir um 1.000 árum og fyrir um 250 árum. Seinast gaus í Kröflueldum árin 1975-1984. Á því tímabili átti sér stað 21 umbrotahrina, þar af voru níu eldgos. Fyrsta eldgosið hófst 20. desember 1975 og hinu síðasta lauk í september 1984. Eftir það hafa litlar landhreyfingar átt sér stað á eystri hluta svæðisins.

Eins og á öðrum háhitasvæðum er á Kröflusvæðinu aðallega að finna leir- og gufuhveri. Þar er einnig töluvert um brennisteinsþúfur og þá einkum sunnan í Kröflu (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2009). Víða sjást tengsl jarðhitavirkni við misgengisprungur, svo sem í Leirhnjúki, Vítismó og sunnan í Kröflu. Jarðeðlisfræðilegar mælingar (TEM- og MT- viðnámsmælingar) benda til að jarðhitasvæðið innan öskjunnar sé um 40 km² að stærð (Anette Mortensen o.fl., 2009).



Mynd 3.4 Jarðfræðikort (Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson, 1998). Innri rauði hringurinn („broddahringur“) við Kröflu eru útlínur Kröfluöskjunnar. Rauðu stóru hringirnir tveir eru virkar eldstöðvar. Ung misgengi og sprungur eru merkt með svörtum línum með N og NNA stefnu. Gossprungur og gígar frá nútíma eru merktir með rauðum punktálínum.



Mynd 3.5 Hugsanlegur uppruni vatns á Mývatnssvæðinu (Halldór Ármannsson, 2005).

Í Kröflu er jarðhiti og jarðhitamerki á belti í miðri öskjunni, sem liggur frá Hrafn-tinnuhrygg í austri, vestur í Krókóttuvötn (Kristján Sæmundsson, 1991). Hverir eru aðeins í eystri helmingi öskjunnar og í sprungustykkinu. Sprengigíggar og miklar leir-myndanir frá nútíma (Hvannstóð og Krókóttuvötn) vitna um öfluga hveravirkni vestast í öskjunni. Eitt af sérkennum jarðhitasvæðisins í Kröflu eru sprengigíggar kringum Víti vegna stærðar og fagurlegrar lögunar.

3.2.1 NÚVERANDI ORKUVINNSLA VIÐ KRÖFLU

Framkvæmdir við jarðhitavirkjun á Kröflusvæðinu hófust árið 1974 með tilrauna-borunum. Fyrstu tvær holurnar voru boraðar niður á um 1.200 m dýpi. Ári seinna hófust vinnsluboranir ásamt byggingu 60 MW_e jarðhitavirkjunar og 132 kV háspennulínu til Akureyrar. Áframhaldandi byggingaframkvæmdir, rannsóknir og boranir fóru fram á næstu árum í skugga Kröfluelda. Sex vinnsluholur voru boraðar árið 1976 auk þess sem unnið var að borholu- og yfirborðsrannsóknum. Jarð-hræringarnar ollu því að tærandi kvikugas streymdi inn í jarðhitakerfið og orsakaði tæringu og útfellingar sem eyðilögðu borholur.

Keyptar voru tvær 30 MW_e vélasamstæður fyrir stöðina og hús og önnur mannvirki miðuð við þær. Fyrri vélasamstæða stöðvarinnar var gangsett í ágúst 1977 en vegna gufuskorts hófst rafmagnsframleiðsla ekki fyrr en í febrúar 1978. Í upphafi var stöðin rekin með mjög takmörkuðu afli á einni vélasamstæðu en undanfarinn aldar-fjórðung hefur vélasamstæðan gengið með fullum afköstum nema þegar hugað er að viðhaldi.

Árið 1996 ákvað Landsvirkjun að ráðast í uppsetningu á seinni vélasamstæðu stöðvarinnar og afla gufu í þágu hennar. Með endurbættri tækni var hafist handa, meðal annars var beitt stefnuborunum. Bæði voru nýjar holur boraðar og eldri endurunnar. Alls hafa nú verið boraðar 44 holur á Kröflusvæðinu, bæði vinnsluholur og rannsóknaholur, þar af voru fyrstu tvær holurnar ekki hannaðar til að nýta til vinnslu. Þess fyrir utan hafa verið boraðar grunnar rannsóknaholur í þeim tilgangi að

tékka af niðurstöður úr yfirborðsmælingum. Hér er um að ræða kjarnaboranir KH-1-KH-6 auk AE-seríunnar (holur AE-1-AE-11), en þar eru holur sérstaklega boraðar fyrir skjálftamæla, könnun á förgunarstað, leit að neysluvatni og vatn fyrir borvatnsveituna. Enn fremur eru holur sem boraðar voru í Búrfellshrauni og næsta nágrenni við það til að fylgjast með grunnvatni (LUD-holur og AB holur).

Samanlögð afkastageta er um 90 MW_e, það er 60 MW_e fyrir núverandi Kröflustöð og um 30 MW_e upp í fyrsta áfanga fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II. Raforkuframleiðsla með seinni vélasamstæðunni hófst í nóvember 1997 með hálfum afköstum, en eftir að borun og endurbótum á gufuveitunni lauk 1999 fór Kröflustöð að starfa með tveimur vélasamstæðum og fullu 60 MW_e afli.

Kröfluvirkjun hefur frá upphafi verið vagga jarðhitarannsóknna á Íslandi og fyrirmynd annarrar háhitanýtingar hér á landi og víðar. Frá upphafi hefur verið viðhaft öflugt eftirlit með áhrifum vinnslunnar. Þá opnaði vinnsla á Kröflusvæðinu leið fyrir ferðamenn að stöðum eins og Víti og Leirhnjúki, sem eru vinsælir ferðamannastaðir. Virkjunarvegurinn er fjölfarinn og er umferð ferðamanna á svæðið um 70 þúsund ferðamenn á ári samkvæmt nýjustu upplýsingum.

3.2.2 NÁTTÚRUVÁ

Náttúruvá, tengd eldsumbrotum, er fyrir hendi á Kröflusvæðinu og er skemmst að minnast Kröfluelda í því sambandi. Mest hætta stafar af hraunrennsli sem runnið gæti frá svæðinu kringum Leirhnjúk og niður eftir vestursvæðinu í átt að Mývatni. Líkur á hraunflóði voru metnar áður er umbrotunum við Leirhnjúk lauk og var niðurstaðan sú að líkur á umtalsverðu tjóni á mannvirkjum á Kröflusvæðinu væru innan við 1%. Spennulosun eftir Kröfluelda gerir það að verkum að litlar líkur eru taldar á umtalsverðum jarðskorpuhreyfingum næstu áratugi (Helgi G. Þórðarson o.fl. 1985). Árið 1987 voru reistir varnargarðar til að beina hugsanlegu hraunrennsli frekar niður í Þríhyrningadal heldur en að það færi ótruflað niður í Hlíðardal.

Í febrúar 2007 skipuðu Landsvirkjun, Þeistareykir ehf. og Landsnet hf. hóp sérfræðinga til að meta jarðvá á fjórum háhitasvæðum á Norðausturlandi og línustæðum háspennulína frá virkjununum að iðnaðarsvæði á Bakka, norðan Húsavíkur. Virkjunarstaðirnir eru Krafla, Bjarnarflag, Þeistareykir og Gjástykki. Í skýrslu sérfræðinganna kemur fram að jarðvá tengist einkum eldvirkni, jarðskjálftum og hreyfingu vegna landreks og kvikusöfnunar í jarðskorpunni (Axel Björnsson o.fl., 2007).

Samkvæmt framangreindri skýrslu má gera ráð fyrir að eldsumbrot eigi sér stað við Kröflu á nokkur hundruð ára fresti. Kröflueldar stóðu yfir frá 1975-1984 en þar á undan varð svipuð hrina, Mývatnseldar, um 250 árum fyrr. Þar áður var eldvirkni fyrir 1.000 árum. Það tekur tíma fyrir svæðið að safna nægjanlegri spennu til þess að geta gosið aftur. Mikil gliðnun og spennuslökun varð á svæðinu í eldgosahrinunum á 18. og 20. öld og því taldar litlar líkur á nýrri stórri hrinu næstu 100-200 árin.

Jarðskjálftavá á Kröflusvæðinu er talin fremur lítil. Litlar líkur eru taldar á að jarðskjálftar stærri en 5 á Richter verði á eða í grennd við jarðhitasvæðin. Hins vegar er gert ráð fyrir að skjálftar með stærðina 6,5 á Richter geti orðið á suðausturhluta Húsavíkurmisgengisins. Misgengið liggur í NV frá sjó norðan við Húsavíkurhöfða, í gegnum Húsavíkurbæ, meðfram Húsavíkurfjalli, suður fyrir Botnsvatn og norður fyrir Höskuldsvatn og endar á svæði nokkru suðaustan við það.

Í framangreindri skýrslu er talin lítil hættu á að jarðskjálftar verði stærri en 5 á Richter á og í grennd við framkvæmdasvæðið. Þá eru taldar vera litlar líkur á umbrotahrinu á svæðinu næstu 100-200 árin í ljósi þess hve stutt er síðan Kröflueldar áttu sér stað með tilheyrandi spennulosun.

Til grundvallar mannvirkjagerð á svæðinu verða lagðar til grundvallar góðar verkfræðihéðir og dregið úr áhættu vegna jarðvár eins og mögulegt er. Mikilvægast í því sambandi er talið að staðsetja öll mannvirki á yfirborði utan virkustu miðju sprungureinanna.

4 FRAMKVÆMDALÝSING

Í þessum kafla verður fjallað um fyrirhugaða framkvæmd við allt að 150 MW_e áfangaskiptrar jarðhitavirkjunar við Kröflu, Kröfluvirkjun II. Fyrirkomulag mannvirkja er sýnt á mynd 4.1. Myndin sýnir núverandi 60 MW_e Kröflustöð og þau mannvirki sem henni tengjast. Sjá má stækkun orkuvinnslusvæðisins í austur, norður og vestur og fyrirhuguð borsvæði. Borsvæðin eru átta, þar af fimm á svæðum þar sem ekki hefur verið borað áður.

Þessi kafli lýsir fyrirhugaðri framkvæmd eins og Landsvirkjun leggur til að hún verði. Í kafla 5 er rætt um aðrar útfærslur þar sem þær komu til greina og rökin fyrir því að hafa fyrirkomulag mannvirkja eins og sýnt er á mynd 4.1.

Hér á eftir verður vinnslurás fyrirhugaðrar virkjunar gerð skil og fjallað um eftirfarandi framkvæmdaþætti fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II:

- Borteigar og borholur
- Gufuveita
- Mannvirki á stöðvarhúsreit
- Frárennslisveita
- Vegir og slóðir
- Vinnubúðir
- Geymslusvæði
- Efnistaka

4.1 VINNSLA JARÐHITA FYRIR KRÖFLUVIRKJUN II

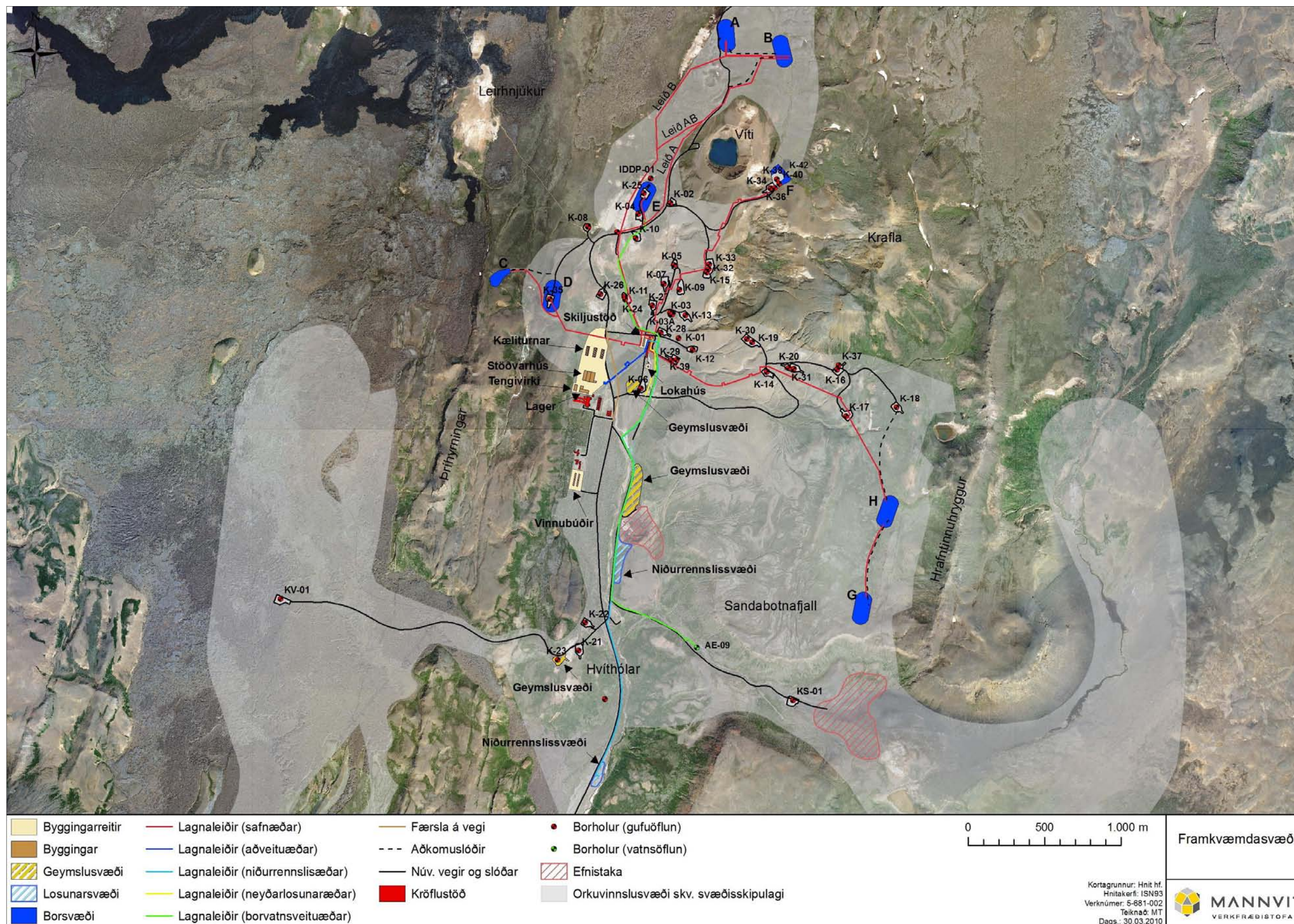
Vinnslugeta Kröflusvæðisins hefur verið metin í samráði við jarðvísindamenn og sérfræðinga um forðafærði. Byggist hún á þekkingu á eiginleikum jarðhitasvæðisins, reynslu af rekstri þess og upplýsingum sem fengist hafa úr borholum.

Miðað við að áætlað meðalafl úr hverri borholu á Kröflusvæðinu sé um 5 MW_e þarf 30 borholur fyrir fyrirhugaða Kröfluvirkjun II. Fyrir 150 MW_e virkjun, skilgreint sem afl út á net, þarf um 270 kg/s af gufu eða um 90 kg/s fyrir hverja 50 MW_e einingu. Afl borholna dalar með tímanum. Til að viðhalda nægu gufustreymi að hverflum virkjunarinnar er því gert ráð fyrir að bora þurfi nýja holu annað til fjórða hvert ár í samræmi við þá reynslu sem liggur fyrir við rekstur núverandi Kröflustöðvar.

Gert er ráð fyrir að stöðin verði keyrð á stöðugu álagi. Leitast verður við að stilla streymi úr borholum þannig að það gefi sem næst uppsettu afli og að lágmarka umframgufu sem blásið verður út um gufuháf við lokahús.

Vegna eftirlits og reglubundins viðhalds verður að gera ráð fyrir að stöðin verði stöðvuð reglulega. Áætlað er að rekstrarstopp verði að jafnaði 14 dagar á ári eða 336 klst. og að þau verði tímasett þannig að áhrif á raforkukerfi verði sem minnst. Samkvæmt því verður stöðin keyrð að lágmarki í um 8.200 klst. á ári og orkugeta hennar er áætluð í samræmi við það um 420 GWh árlega frá 50 MW_e virkjunar-áfangi og um 1.280 GWh fyrir 150 MW_e virkjun.

Í umsókn um virkjanaleyfi mun Landsvirkjun gera nánari grein fyrir frumorkunotkun virkjunarinnar, massatöku úr jarðhitageyminum og þætti niðurdælingar. Gert er ráð fyrir að leggja fram uppfært reiknilíkan fyrir fyrirhugaðri vinnslu.



Mynd 4.1 Yfirlitsmynd af Kröflusvæðinu, núverandi og fyrirhuguð mannvirki.

4.1.1 VINNSLURÁS VIRKJUNAR

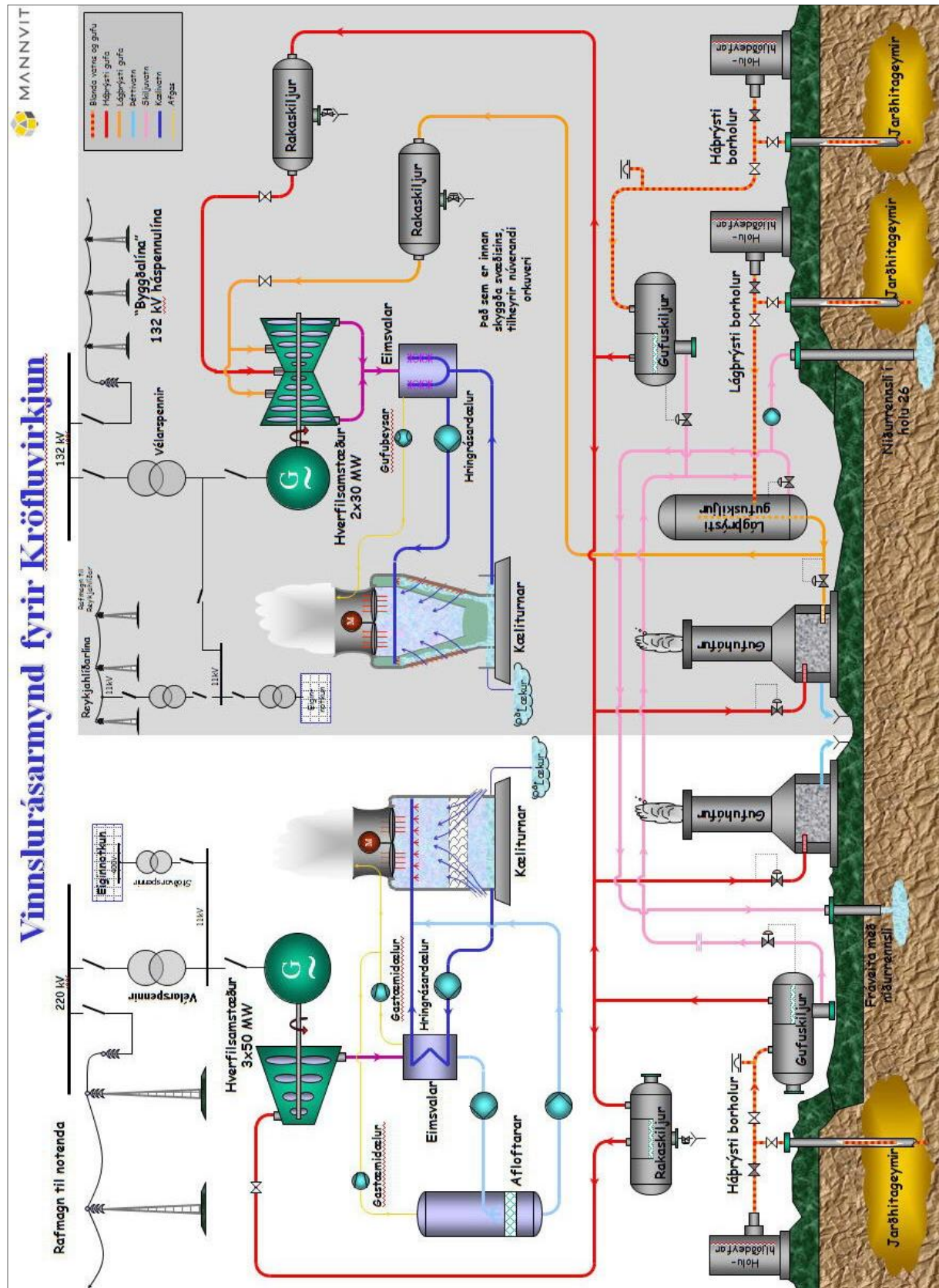
Öll helstu tæki virkjunarinnar verða innandyrá eins og fram kemur í köflunum hér á eftir. Á mynd 4.2 er sýnd vinnslurás fyrirhugaðrar virkjunar. Einnig er þar sýnd vinnslurás núverandi virkjunar. Þegar nýta á jarðhita á háhitasvæðum þarf að bora niður í jarðhitageyminn til að fá upp jarðhitavökva. Jarðhitavökvinn úr borholunni er blanda vatns og gufu. Í gufuveitu er vökva frá borholum safnað saman og hann leiddur að skiljustöð þar sem gufan er skilin frá vatninu. Frá skiljustöð er gufa leidd um aðveituæðar að vélasölum og í gufuhverfla, þar sem orka gufunnar er nýtt til rafmagnsframleiðslu. Til að nýta varmann sem best er gufa, sem streymir frá hverfli, þétt í eimsvölum. Við það myndast þéttivatn, en jarðhitalofttegundirnar þéttast ekki. Skiljuvatn er leitt frá skiljustöðvum að niðurrenslissvæði ásamt þéttivatni, sem ekki gufar upp í kælirás.

Vinnslurás fyrirhugaðrar virkjunar er hefðbundin með einþrýstikerfi þar sem gufan er skilin frá vatni á einum þrýstingi. Venjulega er skiljuvatni frá skiljum í einþrýstikerfi fargað en í Kröfluvirkjun II verður hluti skiljuvatnsins leiddur að lágþrýstiskiljum núverandi Kröflustöðvar og það hvellsóðið. Gufan, sem þannig myndast, verður nýtt í lágþrýstiþrepum núverandi vélasamstæðna. Skiljuvatn frá lágþrýstiskiljum verður leitt að niðurrenslissvæðum. Ef núverandi vélasamstæður eru ekki í notkun, verður skiljuvatn frá nýju skiljunum leitt framhjá lágþrýstiskiljunum og að niðurrenslissvæðunum.

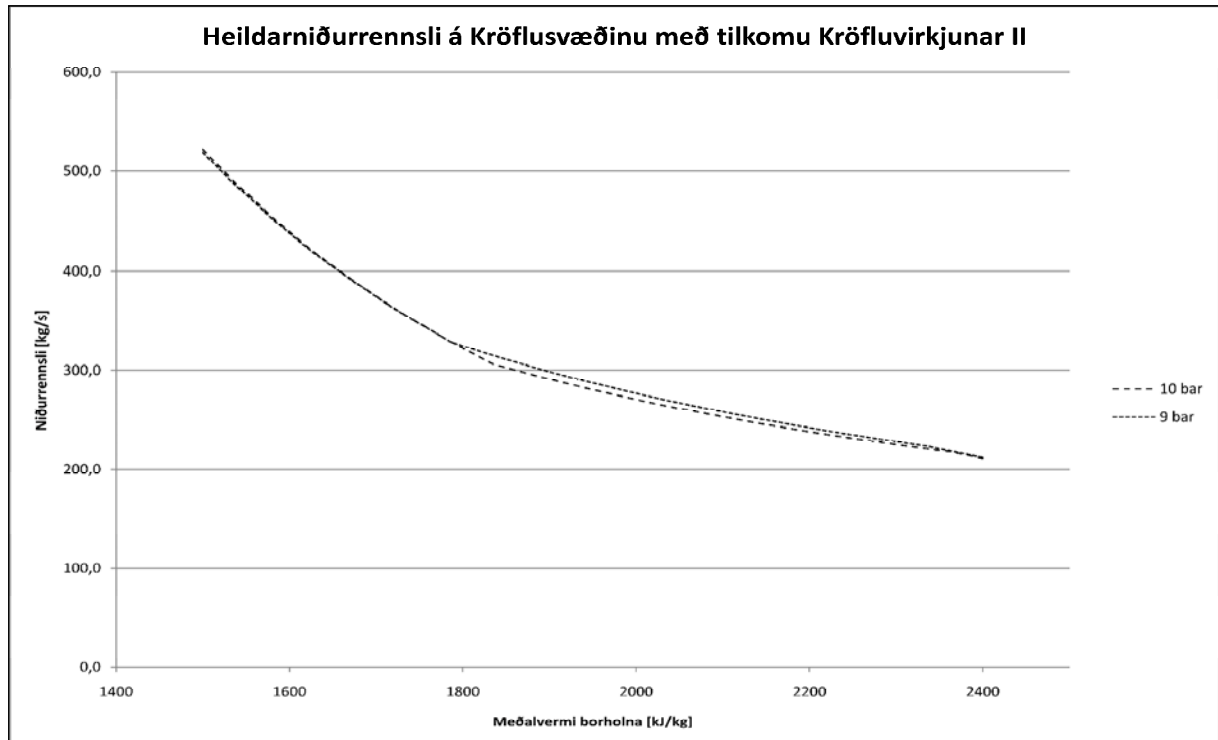
Forsendur vinnslurásar fyrirhugaðrar virkjunar eru eftirfarandi:

- Gufa frá skilju verður leidd í aðveituæð að gufuhverfli. Þar verður þrýstingur gufunnar felldur. Aflinu, sem myndast þegar vermi gufunnar lækkar í hverflinum, verður umbreytt í raforku í rafala. Virkjunin sjálf þarf raforku til að knýja kælivatns-hringrásardælur, viftur í kæliturni, gasdælur og fleira.
- Heildarniðurrennsli ræðst af vermi borholuvökva og er minna eftir því sem vermið er hærra. Á mynd 4.3 er sambandið á milli vermis og niðurrenslis sýnt fyrir vermi borholuvökva frá 1.500 kJ/kg til 2.400 kJ/kg. Í ljósi reynslunnar frá vinnslu á Kröflusvæðinu er gert ráð fyrir að vermi borholuvökva verði að jafnaði um 1.900 kJ/kg. Ekki er vitað hvernig afköst borholnanna munu breytast með holutoppþrýstingi en vitað er að sambandið getur breyst á rekstrartíma.

Í eimsvala er gufan þétt þegar hún kemur út úr gufuhverflinum. Jafnframt er óþéttanlegum lofttegundum í gufunni dælt jafnóðum út úr eimsvalanum. Þéttivatnið frá eimsvala er síðan látið hvellsjóða í afloftara. Við það rjúka úr vatninu óþéttanlegar lofttegundir. Þessum lofttegundum, ásamt óþéttanlegum lofttegundum frá eimsvala, er dælt út í andrúmsloftið efst í kæliturni. Eftir að þéttivatnið hefur verið afloftað er því blandað í kælivatnshringrásina. Kælivatninu er dælt í gegnum eimsvalann og síðan áfram í kæliturn þar sem varminn er fjarlægður úr því.



Mynd 4.2 Fyrirhuguð vinnslurás Kröfluvirkjunar II, 3 x 50 MW_e vinstra megin við gráskeygga svæðið. Innan gráskeygga svæðisins er vinnslurás núverandi Kröfluvirkjunar.



Mynd 4.3 Samanlagt niðurrennsli frá núverandi Kröflustöð og fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II sem fall af vermi nýrra borholna.

4.2 MANNVIRKI

Hér á eftir verður fjallað um eftirfarandi mannvirki fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II:

- Borteigar og borholur
- Gufuveita
- Mannvirki á stöðvarhúsreit
- Vatnsveitur
- Frárennslisveita

Eins og sjá má á **mynd 4.1** verður stöðvarhús Kröfluvirkjunar II reist á svæði skammt norðan við núverandi Kröflustöð. Hverri vélasamstæðu fylgir kæliturn og verða þeir reistir norðan við stöðvarhúsið. Gert er ráð fyrir að tengivirki nýju stöðvarinnar verði norðan við núverandi tengivirki. Ný skiljustöð verður reist norðan við núverandi skiljustöð og nýtt lokahús ásamt gufuhljóðdeyfi verður skammt frá núverandi lokahúsi. Á **mynd 4.1** má sjá núverandi efnistökusvæði við Grænagilsöxl, nýtt efnistökusvæði í Sandabotnaskarði og legu aðkomuvegar (vegur nr. 863) að Kröflustöð.

4.2.1 BORTEIGAR OG BORHOLUR

Eins og fram kemur í kafla 4.1 er gert ráð fyrir að allt að 30 borholur þurfi fyrir fyrirhugaða Kröfluvirkjun II. Til að dreifa borholum sem minnst um svæðið er ráðgert að bora margar holur frá hverjum borteig. Á **mynd 4.1** eru afmörkuð alls 8 borsvæði þar sem ráðgert er að staðsetja teigana. Þrjú svæði eru þar sem borað hefur verið á áður en fimm borsvæði eru á áður óröskuðum svæðum. Tvö þeirra eru norðan Vítis,

tvö uppi á Sandabotnafjalli og eitt vestan við Rauðhól. Hvert svæði getur orðið allt að 20.000 m² að flatarmáli. Ráðgert er að bora 4 til 6 holur frá hverjum borteig en allt að 8 borholur rúmast á hverjum teig. Undantekning á þessu eru borsvæði C og F. Á borsvæði C rúmast einungis 2 holur og er svæðið alls um 8.500 m². Á borsvæði F er gert ráð fyrir að bora 3-4 holur viðbótar þeim fjórum sem fyrir eru. Alls verður svæðið um 15.000 m² en það er í dag um 8.500 m². Á svæðum D og E eru borteigar fyrir, um 3.000 m² að umfangi hvor. Alls munu svæðin því stækka um 17.000 m². Fylliefni sem þarf fyrir hvern borteig er háð því hve margar holur verða boraðar á honum. Fyrir fyrstu holu á hverjum teig er áætluð fylliefnisþörf 5.000 m³ en 2.000 m³ fyrir hverja holu eftir það.

Með því að bora margar holur frá hverjum borteig eins og lýst er hér að framan verður minna rask á landi en ella þar sem borað er á færri svæðum. Þá verður ein meginlögn frá hverju borsvæði að lagnastofni sem liggur að skiljustöð.

Með hliðsjón af framangreindum upplýsingum eru í **töflu 4.1** settar fram upplýsingar um fjölda borholna sem gert er ráð fyrir að bora frá hverju borsvæði, áætlað umfang rasks og heildar fylliefnisþörf. Í töflunni er ekki gert ráð fyrir viðhaldsborunum. Ráðgert er að viðhaldsholur verði boraðar á sömu borsvæðum og kynnt eru í þessum kafla (sjá **mynd 4.1**).

Borteigur

Á borstað þarf að útbúa stæði fyrir borinn og fylgihluti hans. Steyptir kjallarar, um 1,5 m að dýpt, verða byggðir utan um hverja borholu. Gert er ráð fyrir svarfþró við hvern borteig, sem nýtast mun við borun allra holnanna á teignum

Tafla 4.1 Umfang rasks og efnisþörf hvers borsvæðis.

Borsvæði	Áætlaður fjöldi holna	Umfang rasks (m ²)	Efnisþörf (m ³)
A	6	20.000	15.000
B	6	20.000	15.000
C	2	8.500	7.000
D	3	17.000	9.000
E	3	17.000	9.000
F	4	6.500	11.000
G	6	20.000	15.000
H	6	20.000	15.000
Samtals	30	129.000	96.000

Á borteig verður aðstaða og geymslusvæði fyrir borverktaka og rannsóknaraðila. Settur verður upp kaffiskúr og ferðasalerni fyrir starfsmenn en ekki er þörf á annari starfsmannaáðstöðu. Affallsvatni frá borunum og blástursprófunum verður veitt í lögnum út í nálæga farvegi eða sprungur (sjá hér á eftir). Þar sem unnið er með olíur og mengandi vökva verður olúgildra á fráveitu eða lokað safnkerfi.

Þess verður gætt að mengunarvarnir verði uppfylltar í samræmi við lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir og reglugerð nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun. Að öðru leyti munu mengunarvarnir á svæðinu er varða birgðir af olíu og öðrum hættulegum efnum taka mið af

ákvæðum í starfsleyfi, útgefnu af Heilbrigðiseftirliti Norðurlands eystra og þeim kröfum sem Landsvirkjun gerir til verktaka og þjónustuaðila.

Borholur

Borholur verða ýmist lóðréttar eða stefnuboraðar og tekur borun þeirra einn til tvo mánuði. Við hverja holu er komið upp hefðbundnum hljóðdeyfi. Við blástursprófanir mun skiljuvatn verða leitt frá honum í lögnum ofan í hraunsprungur, líkt og lýst er hér á eftir um förgun borvatns við boranir. Á mynd 4.4 má sjá hefðbundinn frágang við borholu. Frá hljóðdeyfinum hægra megin á myndinni mun affallsvatnið verða leitt í lögnum að förgunarstað eins og áður er getið en ekki verða losað á yfirborði.



Mynd 4.4 Hefðbundinn frágangur borholu. Kúluhúsið er yfir sjálfa borholuna og gufan rýkur út um hljóðdeyfinn. Hægra megin við hann rennur affallsvatnið út.

Frá dælukari borsins liggur frárennislögn í svarfpró. Í hana safnast allt borsvarf, borleðja og steypusvarf sem berst frá borun holu. Lítið vatn berst frá bornum meðan á borun stendur. Við borun efri hluta holu er oft notuð svonefnd borleðja. Henni er hringdælt og tapast því yfirleitt ekki. Þegar opnar æðar eru skornar tapast skolvökvi og svarf út í þær. Úr svarfprónni verður borvökvi sem ekki tapast í holunni leiddur í lögnum ofan í hraunsprungur eða í farvegi nærri viðkomandi borsvæði og þess gætt að ekkert verði losað á yfirborði (mynd 4.5). Eftir því sem dýpi holunnar eykst tapast yfirleitt meira af skolvökvanum. Í borlok verður svarfinu í prónni ekið í burtu og fargað á viðurkenndum stað.



Mynd 4.5 Lögn sem flytur borvatn frá borun (úr svarfþró) og síðar skiljuvatn frá hljóðdeyfi við prófanir. Myndin er tekin af núverandi borteig við Rauðhól þar sem borsvæði H er fyrirhugað.

Við borun norðan Vítis og uppi á Sandabotnafjalli er hugsanlegt að svelgholur verði boraðar til að farga borvatni ef sprungur taka ekki við því. Svelgholur eru 10-60 m djúpar holur, boraðar í útjaðri borplana háhitahola. Því er ekki þörf á sérstakri plangerð vegna borunar holnanna. Eftir borun mun standa 30-40 cm upp úr jörðu 14 tommu fóðring og flans (kragi á pípuenda). Erfitt er að tilgreina nákvæmt dýpi svelgholna nema jarðlög séu mjög vel þekkt í nánasta umhverfi. Þó er gert ráð fyrir að endanlegt dýpi verði ekki meira en 60 m og holan fóðruð á um 10-20 m dýpi.

Gert er ráð fyrir að á hverju borsvæði verði hægt að bora allt að 8 holur. Kostir þess að bora holur frá sameiginlegum borteig er að yfirborðsrask verður mun minna en ef holur eru dreifðar, bæði hvað varðar sjálf borstæðin en ekki síður hvað varðar aðkomu að holum og safnæðar frá þeim. Auðveldara verður einnig að vanda frágang á borvatnsveitu og frárennsli frá bornum meðan á borun stendur. Holurnar verða ýmist boraðar beinar eða stefnuboraðar. Niðurstöður rannsókna og upplýsingar úr fyrri borholum ráða því hvar næstu holur verða boraðar.

Holur dala með tímanum og afköst þeirra minnka. Því verður að gera ráð fyrir að seinna á vinnslutímanum verði bætt við holum til að viðhalda nægu gufustreymi að hverflum. Eins og fram kemur í upphafi þessa kafla má reikna með að bora þurfi nýja holu annað til fjórða hvert ár í samræmi við þá reynslu sem liggur fyrir við rekstur núverandi Kröflustöðvar.

Stefnuborun frá sameiginlegum borteig leiðir af sér dýrari borholur en styttri safnæðar. Samnýting borteiga, lagna og minni vegagerð veiga að einhverju leyti upp þann kostnað. Erfitt eða ómögulegt er að bora við hlið holu í blæstri þar sem gufumökkur getur lagst yfir bor. Taka verður tillit til þess í framkvæmdaáætlunum.

Blástursprófanir

Að lokinni borun holu er hún látin hitna í nokkra mánuði. Á þeim tíma er hiti og þrýstingur mældur í holunni. Þannig fást upplýsingar um náttúrulegt ástand jarðhitakerfisins. Að lokum er holunni hleypt upp og hún látin „blása“. Áætlaður blásturstími er 1-6 mánuðir eins og tíðkast víðast hvar við borun eftir jarðhita. Samtímis blæstri er hegðun holunnar mæld sem gefur hugmynd um afl hennar. Einnig eru tekin sýni af jarðhitavökvanum til að meta gæði og vinnsluhæfni.

Á meðan blástursprófanir standa yfir er blástursbúnaður með hljóðdeyfi tengdur við hverja holu. Holutoppurinn verður varinn með kúluhúsi. Skiljuvatni frá borholu í blæstri verður veitt í nálægar sprungur í hrauninu eða náttúrulega farvegi eftir því sem við á (sjá mynd 4.5). Einnig er hugsanlegt að veita vatninu í svelgholur á sama hátt og borvatni við borun.

Vatn fyrir borholur

Við borun vinnsluholu þarf að meðaltali 40 til 60 l/s af vatni til kælingar og skolunar á borsvarfi upp úr holunum. Vatn til borunar verður tekið úr borvatnsveitu Kröfluvirkjunar úr borholum í Sandabotnaskarði, sunnan Sandabotnafjalls (sjá mynd 4.1).

Frágangur við borholur

Við gerð borstæða og við allar tengdar framkvæmdir verður þess vandlega gætt að valda sem minnstu jarðraski. Að borun lokinni verður borteigurinn lagfærður þannig að hann falli sem best að umhverfinu. Allt efni og búnaður sem ekki tengist nýtingu holnanna verður fjarlægð að borun lokinni. Hljóðdeyfar verða settir við holur á borteig að lokinni borun og lokuð hús sett yfir holutoppa til að verja búnað og koma í veg fyrir slys. Reglulegt eftirlit verður haft með vinnsluholum og holubúnaði. Að loknum borunum, upphleypingu og blæstri er hægt að tengja borholur við gufuveitu.

4.2.2 GUFUVEITA

Gufuveita tekur við vökvanum frá borholunum og skilur að gufu og skiljuvatn. Þrýstingi á gufuveitunni er haldið stöðugum með því að stilla afköst vinnsluholna eftir þörfum og lágmarka blástur umframgufu. Jafnframt veitir hún skiljuvatni í frárennslisveitu.

Gufuveitan er byggð samkvæmt reynslu, sem aflað hefur verið í sams konar gufuveitum á háhitasvæðum á Íslandi. Safnæðar frá borteigum tengjast sameiginlegum skiljustöðvum og fjarlægð frá þeim að stöðvarhúsi er höfð um hálfur kílómetri. Það tryggir jöfn og góð gæði á gufunni til langs tíma.

Helstu hlutar gufuveitu eru safnæðar frá borholum að safnæðastofnum, safnæðastofnar, gufuskiljur, lokahús, aðveituæðar og gufuháfar.

Safnæðar

Safnæðar leiða jarðhitavökvann, sem er blanda vatns og gufu, frá borholum að skiljustöð. Safnæðar verða sameinaðar í stofnlagnir sem liggja munu að skiljustöðvum. Eins og fram kemur í töflu 4.4 í kafla 4.5.1 verður heildarlengd safnæða frá borholum um 9.000 m, að stórum hluta samsíða núverandi lögnum. Við hönnun fyrirhugaðrar virkjunar er gert ráð fyrir að allar lagnir liggi ofanjarðar á steiptum undirstöðum. Lagnaleiðir, hönnun, litaval og áferð munu taka mið af umhverfi til að falla

vel að landi. Skoðaður verður sá möguleiki að setja upp jarðvegsmanir til að draga úr sýnileika á köflum þar sem það er talið sérstaklega æskilegt.

Til er tækni sem gerir kleift að grafa gufulagnir í jörðu en henni verður eingöngu beitt í takmörkuðum tilfellum, til dæmis við þverun vega. Kostnaður við að leggja gufulagnir í jörðu, til dæmis í ræsi eða steypum stokki er mun meiri en að ganga frá lögnum á yfirborði á þann hátt, sem ætlunin er að gera í Kröflu. Gröftur lagna í jörðu hefur einnig í för með sér meira rask þar sem skurðir þurfa að vera um 2 m djúpir og um eða yfir 3 m á breidd. Hiti í jörðu kann einnig að valda erfiðleikum og gröftur getur verið erfiður ef fara þarf í gengum klappir. Þá getur verið erfitt að ganga frá ýmsum tækjum sem gufulögnum fylgja. Búast má við að breyta þurfi lögnum og tengingum, einkum ef virkjunin verður byggð í áföngum. Slíkar breytingar verða erfiðari ef lagnir eru grafnar í jörðu. Jarðvegur í Kröflu er víða leirkenndur og getur skriðið í rigningu. Erfitt verður að tryggja að jarðvegsskrið skemmi ekki niðurgrafnar lagnir. Til viðbótar má nefna að vatn getur komist inn í stokka og tært undirstöður og lagnir utan frá. Þungar gastegundir geta einnig safnast saman í slíkum stokkum, sem er varasamt mönnum og dýrum.

Rekstur niðurgrafinna lagna er að ýmsu leyti erfiðari en lagna á yfirborði. Til dæmis verður erfiðara að tæma lagnir eða fylgjast með þeim í upphitun. Skemmist lagnir til dæmis vegna jarðvegsskriðs getur reynst erfitt að finna skemmd og laga.

Gufuskiljur - skiljustöðvar

Í skiljustöð er jarðhitavökvinn skilinn í gufu og vatn. Gufan er flutt í lögnum að stöðvarhúsi en skiljuvatnið er leitt að niðurrenslissvæði. Eins og fram kemur í **töflu 4.3** í kafla 4.5.1 verður heildarlengd aðveituæða um 450 m. Settar verða upp tvær láréttar gufuskiljur fyrir hverja 50 MW_e einingu. Byggt verður stálgrindarhús á steypum undirstöðum yfir hluta skiljunnar og verða mælar og stjórnbúnaður, svo sem hæðargler og skynjarar, undir þaki. Í húsinu verður herbergi fyrir raf- og stjórnbúnað gufuveitunnar sem verður það loftþétt með lofthreinsibúnaði. Flatarmál skiljustöðvar verður um 600 m² og hæð hennar 10 m.

Gufustjórnlokar - lokahús

Gufustjórnlokar stjórna þrýstingi í gufuveitu með því að hleypa umframgufu út í gufuháfi. Byggt verður stálgrindarhús á steypum undirstöðum yfir gufustjórnlokana vegna hávaða frá þeim, svokallað lokahús. Lögn mun liggja frá aðveituæðinni að gufustjórnlokunum. Settir verða upp tveir gufustjórnlokar fyrir fyrstu virkjunar-eininguna og síðan einn fyrir hverja einingu sem bætist við. Stjórnlokar og íhlutir þeirra verða sérhannaðir með tilliti til hávaða og titrings. Flatarmál lokahúss verður um 130 m² og hæð þess 6,5 m.

Skiljuvatnið, sem streymir í gegnum skiljuvatnsstjórnlokana, verður leitt ofan í niðurrenslissholur.

Aðveituæðar

Frá skiljustöð verður gufu veitt að rafstöð í aðveituæð með 1 m þvermál fyrir hverja 50 MW_e einingu. Eins og fram kemur í **töflu 4.4** í kafla 4.5.1 verður heildarlengd aðveituæða um 450 m og í grunnatriðum hannaðar á sama hátt og safnaðar.

Útstreymi jarðhitaloftegunda

Á eldvirkum svæðum streymir gas frá kólnandi kviku sem leitar upp til yfirborðs en safnast fyrir í háhitakerfinu, uppleyst í jarðhitavökvanum, undir þéttu þakbergi. Við nýtingu háhita streyma jarðhitaloftegundir út í umhverfið. Útstreymið er tímabundið þegar borholur eru blástursprófaðar.

Eftir að jarðhitavirkjun er komin í rekstur losna jarðhitaloftegundir frá henni út um gufuháfa með gufuútbæstri og frá lofttæmidælum, sem draga lofttegundirnar út úr eimsvala og dæla þeim út í andrúmsloftið, annað hvort með aðstoð vifta í kæliturnum eða sérstökum útblástursháfi á gagnstæðri hlið stöðvarhúss. Þar blandast þær loftbæstri upp úr kæliturnunum og dreifast þar vel.

Árlegt heildarútstreymi jarðhitaloftegundanna koldíoxíðs og brennisteinsvetnis frá fullbyggðri 150 MW_e jarðhitavirkjun við Kröflu er áætlað í **töflu 4.2** (Trausti Hauksson, tölvupóstur 21.12.2009) samanborið við heildarútstreymi núverandi Kröflustöðvar árið 2008:

Tafla 4.2 Árlegt heildarútstreymi koldíoxíðs og brennisteinsvetnis frá núverandi Kröflustöð (rauntölur frá árinu 2008) og Kröfluvirkjun II (áætlun).

Loftegund	Kröfluvirkjun II	Kröflustöð (2008)
Koldíoxíð (CO ₂)	108.000 t	44.300 t
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	12.800 t	5.250 t

4.2.3 MANNVIRKI Á STÖÐVARHÚSREIT

Gert er ráð fyrir að stöðvarhúsið verði tvískipt bygging, annars vegar vélasalur á einni hæð og hins vegar þjónustubygging á tveimur hæðum. Strengjakjallari verður undir þjónustubyggingunni og hluta vélasalar. Flatarmál stöðvarhúss verður um 3.900 m² og hæð þess 12 m.

Fyrirhugað er að vélasalurinn verði einangrað stálgrindarhús. Í húsinu er gert ráð fyrir hreyfanlegum krana til að hífa einingar hverfilsamstæðunnar og annan vélbúnað til viðhalds og viðgerðar. Vinnusvæði verður við enda hverfilsamstæðu og eru dyr á vélasalnum við vinnusvæðið.

Í vélasalnum er gert ráð fyrir einföldu loftræstikerfi, sem flytur burt varma sem myndast í salnum. Neyðarhitun kemur í veg fyrir frostsKemmdir, ef stöðva þarf virkjun á vetrartíma.

Til að vernda rafbúnað gegn tæringu af völdum brennisteinsvetnis, H₂S, má styrkur þess í lofti, sem leikur um hann, ekki vera meiri en 3 ppb. Til þess að fullnægja þessari kröfu er gert ráð fyrir að í þjónustubyggingu verði sérstakt loftræstikerfi, sem heldur yfirþrýstingi í byggingunni. Í loftræstisamstæðunni verða kolasíur, sem hreinsa H₂S úr loftinu. Annars staðar á virkjunarsvæðinu verður rafbúnaður í þéttum skápum og í þá verður veitt hreinsuðu lofti frá þrýstiloftskerfi, sem heldur yfirþrýstingi í skápunum. Gert er ráð fyrir, að þau rými, sem þurfa hreinsað loft verði sérstaklega vel frágengin, hvað þéttleika varðar og er meðal annars þess vegna valið að þjónustubyggingin verði steinsteypt.

Þjónustubygging hýsir allan raf- og stjórnbúnað virkjunarinnar svo sem háspennu-, millispennu- og lágspennukerfi, rafgeyma fyrir stjórnbúnað, geymslu og verkstæði fyrir rafeindabúnað, loftþjöppu og loftræstikerfi fyrir bygginguna. Spennar verða staðsettir við hlið stöðvarhúss.

Starfsmannahald og verkstjórn verður sameiginleg fyrir núverandi Kröflustöð og fyrirhugaða Kröfluvirkjun II og ýmiss konar aðstaða mun samnýttast.

Reistir verða allt að þrjú kæliturenar um 100 m norðan við stöðvarhúsið, einn fyrir hverja vélasamstæðu (hver um sig 50 MW_e). Gert er ráð fyrir kælitureni af mótstremisgerð, það er vatni er úðað yfir fyllingu og undir henni er steipt þró, sem vatninu er safnað í. Loftið er dregið í gegnum op á hliðum turnsins, upp í gegnum fyllinguna og blásið upp úr turninum með rafdrifnum viftum. Hver kælituren verður með fjórum viftum. Hluti kælivatnsins gufar upp og mettar loftið úr kælitureninum. Auk ferskvatns er gert ráð fyrir að nota þéttivatn frá eimsvala til að bæta upp vatnið, sem hverfur úr hringrásinni. Byggja þarf sérstakt skýli fyrir dælur við kælituren þar sem verður krani fyrir dælur og loka. Dæluhúsið er stálgrindarhús á steiptum kjallara. Utanhússklæðning og þakklæðning verður málmklæðning. Flatarmál kæliturena verður um 3.000 m² og hæð þeirra 13,5 m.

Gert er ráð fyrir að skemmur og verkstæði í Kröflustöð verði endurnýjaðar. Skemmur, sem standa við innkeyrslu að núverandi virkjun, verða fjarlægðar og sameinaðar skemmu og verkstæði, sem standa mun milli núverandi og væntanlegs stöðvarhúss. Gert er ráð fyrir að sambyggt verkstæði og skemma verði stálgrindarhús, 18x40 m að grunnfleti og 8 m að hæð.

4.2.4 VATNSVEITUR

Neysluvatn þarf fyrir fyrirhugaða virkjun og vinnubúðir. Auk þess þarf vatn til áfyllingar á kælikerfi virkjunarinnar. Gert er ráð fyrir að það fáiast úr ferskvatnsveitu núverandi virkjunar án þess að afköst hennar verði aukin. Ferskt vatn verður, eftir því sem aðstæður leyfa, notað til kælingar á búnaði virkjunarinnar og kemur einnig til greina að nota vatn úr borvatnsveitu til þess. Búnaður verður þó aðallega kældur með kælivatni frá kæliturenum.

Til að bæta upp vatn, sem tapast við uppgufun í kælitureni, er gert ráð fyrir að nota þéttivatn frá eimsvala. Áður er þéttivatnið hreinsað af óþéttanlegum lofttegundum.

4.2.5 FRÁRENNSLISVEITA

Frá fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II kemur töluvert vatn. Fyrst og fremst er um að ræða skiljuvatn en einnig kemur þó nokkuð þéttivatn frá virkjuninni og kælivatn frá kæliturenum. Auk þess er annað frárennsli en þar er um lítið magn að ræða. Hér á eftir fer lýsing á því hvernig fyrirkomulagi við frárennsli verður háttáð á Kröflusvæðinu með tilkomu Kröfluvirkjunar II.

Skiljuvatn

Frá núverandi skiljustöð Kröflustöðvar koma um 170 kg/s. Af því er um 40% nú dælt niður á um 2.200 m dýpi í holu K-26 og 60% þess rennur í Dallæk.

Frá 150 MW_e virkjun er áætlað að komi tæplega 200 kg/s af skiljuvatni. Hér er um hlutfallslega minna skiljuvatn að ræða en fyrir núverandi Kröflustöð. Ástæða þess er

sú að varmainnihald vökvans er hærra sem leiðir til þess að gufuhlutinn verður hærri. Skiljuvatnið verður þar af leiðandi minna. Gert er ráð fyrir að skiljuvatnið verði að hluta nýtt til uppfyllingar á skiljuvatnsþörf lágþrýstiveitu núverandi virkjunar en að megninu verði veitt í niðurrenslissholur. Með förgun skiljuvatns frá nýrri virkjun er ráðgert að farga einnig þeim hluta skiljuvatns sem kemur frá núverandi skiljustöð Kröflustöðvar, samtals um 280 kg/s.

Í ljósi reynslunnar frá vinnslu á Kröflusvæðinu er gert ráð fyrir að vermi borholuvökva verði um 1.900 kJ/kg. Gert er ráð fyrir að bora tvær til tíu 300-500 m djúpar niðurrenslissholur fyrir 150 MW_e virkjun neðan Skarðssels í Hlíðardal eða við námuna við Grænagilsöxl (sjá mynd 4.1). Affallsvatnið verður leitt frá skiljustöð að niðurrenslissholum í niðurgrafinni lögð meðfram aðkomuvegi að Kröflu. Holurnar verða fóðraðar niður á 200-300 m dýpi og vatninu því veitt niður í grunnvatnið og í efri lög jarðhitageymisins. Hér er um að ræða grunnförgun og taka fóðringarnar á holunum mið af því að förgunin verði vel neðan yfirborðs Mývatns (278 m h.y.s.). Gert er ráð fyrir að hver niðurrenslisshola taki við 50-100 kg/s af vatni. Með grunnförgun er ekki verið að bæta nýtingu jarðhitakerfisins heldur koma á mótis við óskir um að affallið frá fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II sem og núverandi Kröflustöð renni ekki beint út í Dallæk. Áfram verður unnið að rannsóknum á djúpförgun með niðurdælingu í holu K-26. Hugsanlegt er að stærri hluta skiljuvatns verði fargað djúpt ef það hefur jákvæð áhrif á jarðhitageyminn.

Reiknað er með að lokið verði við borun tveggja niðurrenslissholna áður en fyrsta eining nýrrar virkjunar verði tekin í gagnið. Fleiri holur yrðu svo boraðar eftir því sem þörf krefur. Komi eitthvað upp á þannig að niðurrenslis virki ekki sem skyldi verður skiljuvatn tímabundið leitt út í Dallæk við skiljustöð (neyðarlosun).

Þéttivatn og kælivatn

Frá núverandi Kröflustöð rennur, auk skiljuvatns, þéttivatn og kælivatn í Dallæk frá kæliturnum, samtals um 80 kg/s. Frá kæliturnum fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II er reiknað með að um 90 kg/s bætist við rennsli í Dallæk. Eins og kom fram í kafla 4.2.4 um vatnsveitur verður þéttivatn afloftað og bætt í kælivatnshringrás sem og upphitað ferskvatn. Til greina kemur að blanda hluta þéttivatns saman við skiljuvatn og veita í niðurrenslissholur. Við það mun frárennsli frá kæliturnum Kröfluvirkjunar II minnka en vegna nauðsynlegrar útskolunar í kælivatnshringrás verður frárennsli þó ekki minna en 8 kg/s frá hverjum kæliturni eða 24 kg/s frá 3x50 MW_e virkjun. Við skiljuvatnið myndu þá bætast við 66 kg/s og yrði heildarmagn skiljuvatns og þéttivatns sem fargað yrði um niðurrenslissholur þá allt að 350 kg/s.

Annað frárennsli

Auk frárenslis, sem talið er upp hér að framan, myndast þéttivatn í rakaskiljum, gufuaðveitu, í gufuhljóðdeyfum og við upphitun safnæða. Hér er um lítið magn að ræða. Gert er ráð fyrir að þéttivatn, sem tekið verður út úr gufulögnum á stöðvarhússvæðinu verði sameinað þéttivatni frá hverfli en þéttivatn annars staðar á virkjunarsvæði verði losað í grjótfyllingar á yfirborði.

Skólp og frárennsli úr niðurföllum verður tengt inn á frárensliskerfi núverandi virkjunar, sem verður stækkað eftir þörfum. Til staðar eru rotþrær fyrir skólp frá stöðvarhússvæði annars vegar og fyrir skólp frá starfsmannahúsi hins vegar. Frárennsli frá niðurföllum í vélasal verður veitt í olfuskilju núverandi virkjunar sem og frárennsli frá þvottaplani við stöðvarhús. Með þessu fyrirkomulagi telur fram-

kvæmdaraðili að fráfrennsli sé meðhöndlað í samræmi við viðeigandi reglur og ákvæði sem starfsleyfisútgefandi setur fyrirtækinu.

4.3 AÐRIR ÞÆTTIR FRAMKVÆMDAR

4.3.1 VEGIR

Virkjunarvegur er þegar fyrir hendi inn á orkuvinnslusvæðið við Kröflu. Hann nýttist sem aðkomuvegur að Kröfluvirkjun II og munu flutningar fólks, tækja og búnaðar fara um hann á framkvæmda- og rekstrartíma. Við nyrðri enda stöðvarhúsreitsins er lítil færsla á veginum áður en hann liggur upp úr Hlíðardalnum en að öðru leyti breytist hann ekki (sjá mynd 4.1). Innan framkvæmdasvæðis er gert ráð fyrir að leggja vegi að nýjum borsvæðum eins og sýnt er á mynd 4.1 og slóðir meðfram lögnum þar sem engir vegir eru fyrir. Til að byrja með, eða meðan á rannsóknaborunum stendur, verður framkvæmdum haldið í lágmarki. Þetta felur í sér að vegum verður ekki rutt upp heldur efni keyrt í þá í takmörkuðu magni þannig að ekki verði um uppbyggða vegi að ræða. Með þessu móti er hægt að moka efni úr vegum og færa svæði aftur í fyrra horf ef umrædd svæði þykja ekki álitleg. Ef árangur borana verður góður og borholur nýtast sem vinnsluholur verða aðkomuvegir bættir með því að byggja þá betur upp svo hægt sé að aka um þá stærstan hluta ársins án þess að raska svæðum utan vegarstæðanna.

Vegir að borteigum verða að hámarki 6 m breiðir en slóðir meðfram lögnum um 4 m breiðar. Í töflu 4.4 í kafla 4.5.1 er greint frá heildarlengd og efnisþörf í ráðgerða vegi og slóðir.

4.3.2 VINNUBÚÐIR OG GEYMSLUSVÆÐI

Vinnubúðir vegna framkvæmda við Kröfluvirkjun II verða staðsettar við núverandi starfsmannahús og mötuneyti Kröflustöðvar. Þar er til staðar fráveita sem nýtt verður. Gert er ráð fyrir að um 150 starfsmenn verði á svæðinu þegar framkvæmdir eru í hámarki. Sá verktaki sem vinnur að framkvæmdinni mun reisa vinnubúðirnar í samvinnu við Landsvirkjun og í samræmi við reglugerð nr. 941/2002 um hollustu-hætti.

Afmörkun geymslusvæðis er við núverandi námu við Grænagilsöxl og á svæði við holu K-6, sunnan við lokahús eins og sjá má á mynd 4.1. Einnig er hugsanlegt að notast við eldra geymslusvæði við Hvíthóla. Áformað er að geyma rör og annað efni vegna framkvæmda á geymslusvæðunum. Þess verður gætt að nýting geymslusvæðanna einskorðist við það efni sem við kemur framkvæmdunum og að svæðin verði rýmd eftir því sem kostur er að framkvæmdum loknum.

4.3.3 EFNISTAKA

Áætluð efnisþörf vegna Kröfluvirkjunar II er um 170.000 m³ af burðarefni og um 100.000 m³ af fyllingarefni, samtals 270.000 m³. Steinsteypuþörf í byggingar er áætluð 3.900 m³. Sumarið 2007 voru könnuð hugsanleg efnistökusvæði vegna Kröfluvirkjunar II (Ómar Bjarki Smárason, 2009). Niðurstaðan var sú að afla efnis fyrst og fremst úr núverandi námu við Grænagilsöxl og úr námu í Sandabotnaskarði (mynd 4.1). Auk þess er hugsanlegt að opnuð verði ný náma austan við afleggjarann

að Kröflu (sjá **mynd 7.2**), við Þjóðveg 1. Gerð verður áætlun um efnistöku í samræmi við ákvæði í VI. kafla laga nr. 44/1999 um náttúruvernd og sótt um framkvæmdaleyfi fyrir opnun nýrra náma.

Leitað var að vinnanlegu efni fyrir fyrirhugaðar framkvæmdir í nágrenni Kröflusvæðisins. Við val á efnistökusvæðum er almennt litið til eftirfarandi atriða:

- Efnisgæði og vinnsluhæfni.
- Flutningsvegalegd.
- Verndargildi, sýnileiki og sjónræn áhrif.

Í **töflu 4.3** er yfirlit yfir framangreind efnistökusvæði. Greint er frá staðsetningu þeirra, áætluðu flatarmáli, magnáætlun, jarðmyndun, efnisgerð og verndarflokkun. Verndargildi efnistökusvæðanna hefur verið greint samkvæmt verndarflokkun Vega-gerðarinnar. Flokkarnir eru fimm, frá fyrsta flokki með mjög hátt verndargildi og niður í fimmta flokk með mjög lágt verndargildi. Flokkunin gefur vísbendingu um hve viðkvæmt fyrirhugað efnistökusvæði er og hversu líklegt er að efnistaka kunni að hafa umhverfisáhrif (Vegagerðin, 2002).

Tafla 4.3 Yfirlit yfir fyrirhuguð efnistökusvæði.

Náma	Fjarlægð frá virkjun	Flatarmál (ha)	Magnáætlun (m ³)	Jarðmyndun	Efnisgerð	Verndarflokkur
Grænagilsöxl	2 km	2	100.000	Gjallgígur	Gjall	3
Sandabotnaskarð	4 km	6,8	500.000	Malarhjallar	Möl og sandur	4 (1)*
Sandfell	10 km	2,3	50.000	Jökulurð	Möl og sandur	4

* Sjá umfjöllun í texta hér að neðan um verndargildi efnistökusvæðisins.

Núverandi efnistökusvæði við Grænagilsöxl má sjá á **mynd 4.6**. Náman er í dag nokkuð áberandi frá virkjunarveginum. Stækkun námunnar verður ekki jafn áberandi þar sem hún verður opnuð meira til suðurs inn í daldrag á milli hólsins suðvestan námunnar og hlíðar Sandabotnafjalls.

Á **mynd 4.7** má sjá hjallana í Sandabotnaskarði þar sem efnistaka er fyrirhuguð. Jarðlögin sem mynda hjallana eru talin vera 10-11 þúsund ára gömul og mynduð við jökulsporð sem gekk upp að Kröflusvæðinu úr suðri. Sams konar malarhjalla er að finna á Reykjahlíðarheiði.

Eins og sjá má í **töflu 4.3** lendir náman í Sandabotnaskarði í 1. verndarflokki vegna staðsetningar hennar skammt innan við mörk grannsvæðis vatnsverndar. Eins og færð eru rök fyrir í kafla 9.4 er grannsvæði vatnsbólsins dregið óþarflega stórt og á náman með réttu að vera rétt innan við mörk fjarsvæðis vatnsverndar (sjá **mynd 9.20**). Við endanlegt mat á verndargildi námunnar lendir náman í 4. flokki þar sem talið er réttlætjanlegt að horfa fram hjá vatnsverndinni. Rökin fyrir því eru að sýnt þykir að efnisvinnsla þarna hafi óveruleg áhrif á vatnsverndina, svæðið er úr alfaraleið og er því lítt áberandi. Auk þess hefur áður verið tekið efni á þessum stað, en saga um fyrri efnistöku kemur til lækkunar á verndargildi.



Mynd 4.6 Núverandi náma við Grænagilsöxl (ljósmynd Emil Þór, 2009). Fyrirhuguð stækkun námunnar er til suðurs (niður og til hægri á mynd), á milli hólsins og hlíðarinnar.



Mynd 4.7 Malarhjalli í Sandabotnaskarði þar sem efnistaka er fyrirhuguð (ljósmynd, Mannvit).

Hugsanlega námu í hjalla fyrir austan Sandfell má sjá á **mynd 4.8**. Jarðmyndunin er jökulrænt set, möl, sandur og grágryti frá síðari hluta ísaldar. Náman er um 200 m norðan við þjóðveg 1 og sést frá honum austan við Sandfellið. Á framkvæmdatíma

verður náman áberandi en ganga má frá henni á þann hátt að sjónræn áhrif verði í lágmarki. Náman nýtur ekki sérstakrar verndar vegna jarðmyndunar eða náttúrufars.

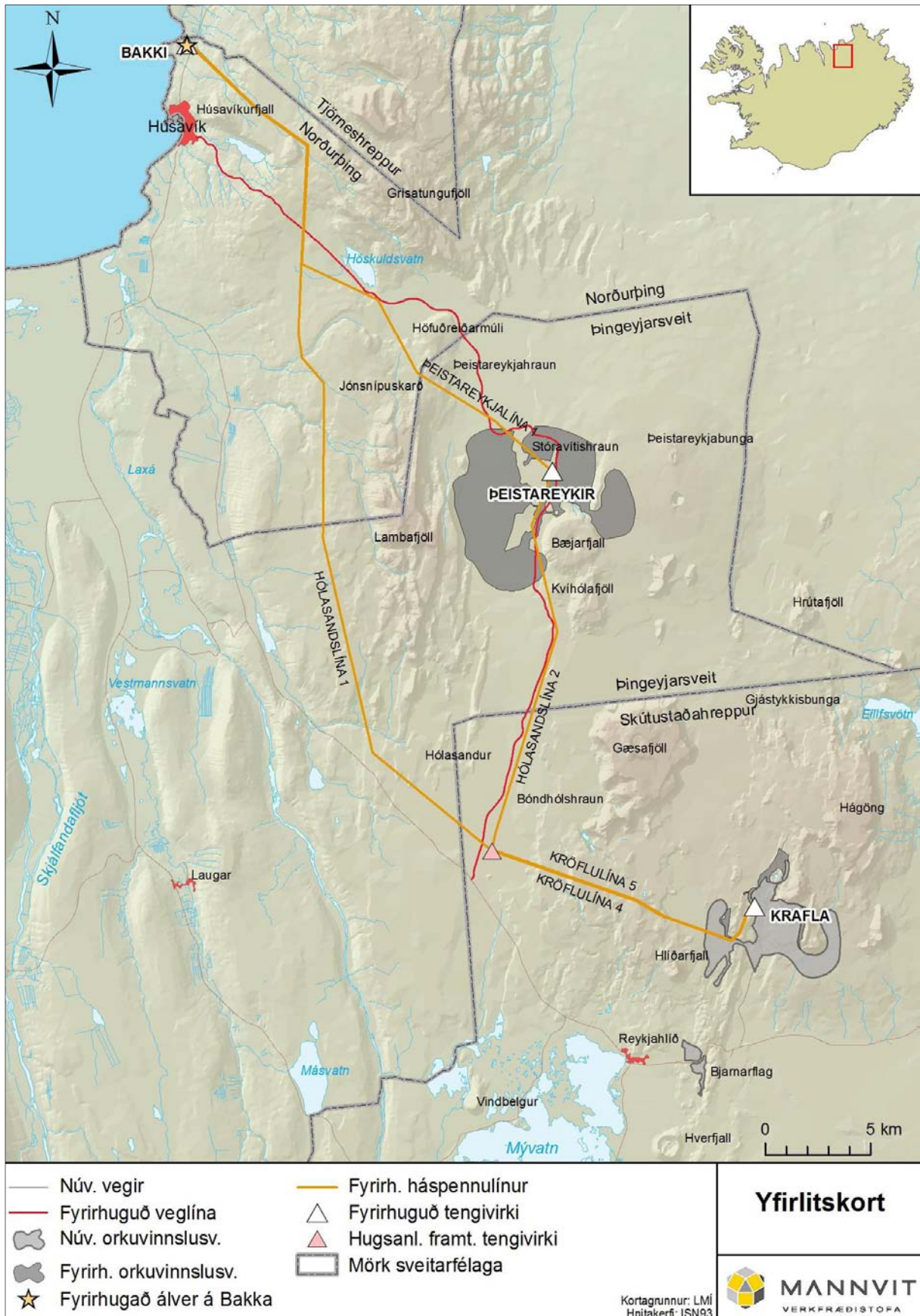


Mynd 4.8 Sandfell og hugsanleg náma í hjalla þar fyrir austan (Ómar Bjarki Smáráson, 2009).

Við frágang efnistökusvæðis verður landið mótað og slétt á sem náttúrulegastan hátt þannig að það falli inn í landslag og á þann hátt að vatn renni af og ekki sé hætta á rofi. Þar sem jarðvegshula og gróðurþekja er til staðar verður svarðlagi haldið til haga og því dreift yfir að efnistöku lokinni og landið þannig grætt upp. Með þessu fyrirkomulagi eru varanleg sýnileg áhrif lágmarkuð.

4.4 TENGDAR FRAMKVÆMDIR – FLUTNINGUR RAFORKU

Flutningur raforku frá Kröfluvirkjun II verður í höndum Landsnets hf. í samræmi við raforkulög nr. 65/2003. Gert er ráð fyrir afhendingu raforku frá fyrirhugaðri virkjun á 220 kV spennu til nýs tengivirkis sem verður byggt á orkuvinnslusvæðinu. Frá tengivirkinu er ráðgert að leggja tvær 220 kV háspennulínur, Kröflulínur 4 og 5 (**mynd 4.9**). Línurnar koma til með að liggja samsíða að hugsanlegu framtíðartengivirki á Hólasandi. Þar mun önnur línan, Hólasandslína 1 halda áfram til norðurs, vestur fyrir Lambafjöll. Hin línan, Hólasandslína 2 mun liggja í norður, austan Lambafjalla, að tengivirki fyrirhugaðrar 200 MW_e jarðhitavirkjunar á Þeistareykjum. Þaðan liggur Þeistareykjalína 1 til norðvesturs að Hólasandslínu 1, vestan Höskuldsvatns. Þaðan liggja línurnar samsíða í norður og svo í norðvestur að stóriðjulóðinni á Bakka, þar sem Alcoa ráðgerir að reisa álver. Umhverfisáhrif allra þessara framkvæmda, það er Kröfluvirkjunar II, Þeistareykjavirkjunar, háspennulínanna og álversins á Bakka eru metin sameiginlega í sjálfstæðu matsferli (sjá nánar í kafla 1.5).



Mynd 4.9 Yfirlitskort af virkjunarframkvæmdum og línuleiðum í tengslum við áform um álver á Bakka, norðan Húsavíkur.

4.5 HELSTU KENNISTÆRÐIR OG ÁÆTLANIR

Í þessum kafla verður greint frá helstu kennistærðum fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II ásamt áætlunum um magntölur við framkvæmdirnar. Því næst er sett fram framkvæmdaáætlun þar sem reynt er að áætla þann tíma sem það tekur að reisa virkjunina og að lokum mannaflaáætlun sem tekur mið af framkvæmdaáætluninni.

4.5.1 MAGNTÖLUÁÆTLUN

Í **töflu 4.4** hafa helstu kennitölur fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II verið teknar saman, þar á meðal magntöluáætlun fyrirhugaðrar framkvæmdar.

Tafla 4.4 (frh. á næstu síðu) Helstu kennistærðir fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II.

Kröfluvirkjun II allt að 150 MW_e		
Afl og orka	Uppsett afl	3*50 MW _e
	Vermi	1.500-2.400 kJ/kg
	Orkugeta	1.280 GWh/ári
Borsvæði	Fjöldi	8
	Meðalflatarmál borplans	1.816 m ²
	Heildarflatarmál borteiga	54.500 m ²
Borholur	Fjöldi	Allt að 30
	Dýpi	Allt að 3.000 m
<i><u>Safnæðar:</u></i>		
	Þvermál	DN 400 - 1000
	Heildarlengd lagna, leið A	8.915 m
	Heildarlengd lagna, leið B	8.784 m
	Heildarlengd lagna, leið AB	8.899 m
<i><u>Skiljustöð:</u></i>		
	Hæð	10 m
	Flatarmál	600 m ²
Gufuveita	<i><u>Lokahús:</u></i>	
	Hæð	6,5 m
	Flatarmál	130 m ²
<i><u>Gufuháfar:</u></i>		
	Fjöldi	2
	Hæð	12 m
<i><u>Aðveituæðar:</u></i>		
	Fjöldi	3
	Þvermál	DN 1000
	Heildarlengd lagna	450 m
<i><u>Niðurrennslisholur:</u></i>		
Frárennsli sveita	Fjöldi	2-10
	<i><u>Niðurrennsliæðar:</u></i>	
	Fjöldi	1
	Heildarlengd lagna	3.060 m

Kröfluvirkjun II allt að 150 MW_e

<u>Aðkomuvegir að borsvæðum:</u>			
Vegir og slóðir	Lengd m.v. leið AB	1.815 m	
	Lengd m.v. leið B	1.726 m	
	Lengd m.v. leið A	1.270 m	
	Breidd	4-6 m	
<u>Efnistökusvæði:</u>			
Efnistaka	Fjöldi	2-3	
	Flatarmál	212.000 m ²	
	<u>Byggingar og borteigar:</u>		
	Fyllingar- og burðarlagsefni	246.000 m ³	
	<u>Vegir á framkvæmdasvæði:</u>		
	Fyllingar- og burðarlagsefni	10.000 m ³	
	<u>Breyting á virkjunarvegi:</u>		
	Fyllingar, burðarlag og slitlag	14.000 m ³	
	<u>Stöðvarhús:</u>		
	Hæð	12 m	
Flatarmál	3.900 m ²		
<u>Þjónustubygging:</u>			
Hæð	8 m		
Flatarmál	900 m ²		
<u>Kæliturnar:</u>			
Hæð	13,5 m		
Flatarmál	3 x 1.000 m ²		
<u>Kælivatnsdæluhús:</u>			
Hæð	5,5 m		
Flatarmál	360 m ²		
<u>Skemmur og verkstæði:</u>			
Hæð	8 m		
Flatarmál	1.600 m ²		

4.5.2 FRAMKVÆMDAÁÆTLUN

Áform um Kröfluvirkjun II gera ráð fyrir að reisa í áföngum allt að 150 MW_e jarðhitavirkjun norðan núverandi Kröflustöðvar í 50 MW_e einingum. Nú þegar eru til staðar um 30 MW_e upp í fyrstu virkjunareininguna eins og greint er frá í kafla 3.2.1. Áætlun um uppbyggingu fyrirhugaðrar virkjunar ræðst af raforkuþörf markaðarins og áætlaðri vinnslugetu jarðhitasvæðisins, byggðri á hugmyndalíkani af því, rannsóknaborunum og síðar hermireikningum, þegar reynsla hefur fengist af rekstri þess. Byggingarhraði virkjunarinnar fer eftir árangri við frekari orkuöflun með vinnslaborunum. Gert er ráð fyrir að haft verði samráð við Orkustofnun um áfangaskiptingu virkjunar við Kröflu.

Hér á eftir er gerð grein fyrir framkvæmdaáætlun fyrir fyrstu einingu 150 MW_e Kröfluvirkjunar II. Gert er ráð fyrir að ákvörðun um virkjun verði tekin í upphafi árs. Undirbúningur verður þá hafinn og helstu verkþættir boðnir út um vorið og um sumarið. Boranir munu byrja að vori, hlé gert á borunum yfir háveturinn, og þeim lokið sumarið á eftir. Fyrsta sumarið er gert ráð fyrir að jarðvegsframkvæmdir hefjist og vinna við byggingarnar í framhaldinu sem reiknað er með að verði lokið sumarið á eftir. Gert er ráð fyrir að samið verði við verktaka um vél- og rafbúnað

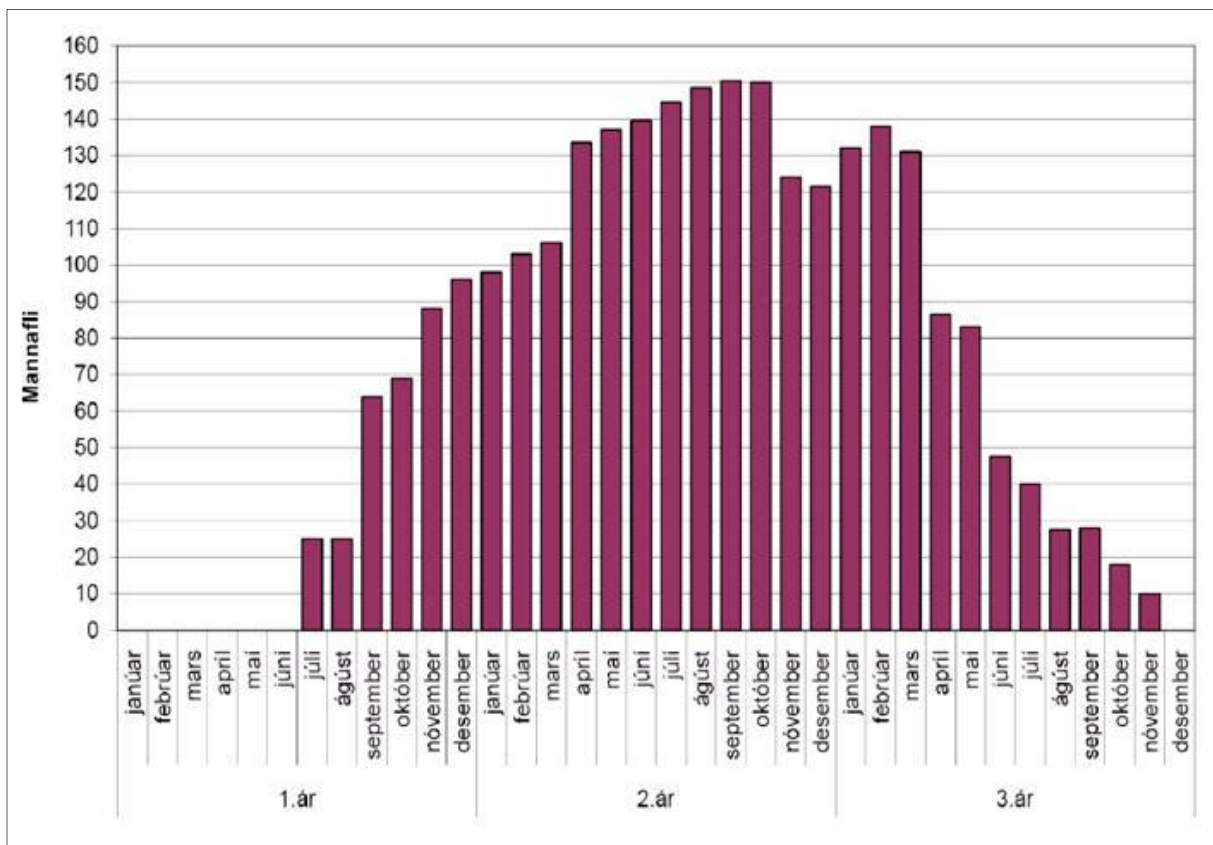
undir lok fyrsta árs framkvæmdanna. Gert er ráð fyrir að uppsetningu vélasamstæðna, hjálparkerfa hennar og rafbúnaðar ljúki um mitt sumar þriðja árið. Þá hefst gangsetning og prófanir. Gert er ráð fyrir að stöðin verði tilbúin í rekstur á 4. ársfjórðungi á þriðja ári framkvæmdanna eða um 33 mánuðum eftir að ákvörðun var tekin um virkjunina.

Þegar álit Skipulagsstofnunar um mat á umhverfisáhrifum Kröfluvirkjunar II liggur fyrir og aflað hefur verið tilskilinna leyfa geta framkvæmdir hafist. Í grófum dráttum er framkvæmdaáætlun fyrir fyrstu einingu 150 MW_e Kröfluvirkjunar II eftirfarandi:

1. ár: Vegagerð, jarðvinna og boranir. Vinna við byggingar hefst.
2. ár: Byggingar, gufuveita og boranir, ásamt forsmíði vél- og rafbúnaðar.
3. ár: Uppsetning vél- og rafbúnaðar. Gangsetning og prófanir.

4.5.3 MANNAFLAÁÆTLUN

Ársverk vegna fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II eru um 220 við byggingu hvernar 50 MW_e einingar. Hámarki framkvæmda verður náð á öðru ári miðað við þá framkvæmdaáætlun sem lagt er upp með eða 150 starfsmenn. Áætluð mannaflapörf við byggingu hvernar einingar er sýnd á mynd 4.10.



Mynd 4.10 Mannaflaáætlun við byggingu hvernar 50 MW_e virkjunareiningar Kröfluvirkjunar II.

5 KOSTIR

Vinnsluboránir hófust á Kröflusvæðinu árið 1974 og rafmagnsframleiðsla hefur verið í gangi á svæðinu frá árinu 1978. Gufuöflun gekk ekki vel til að byrja með en úr því hefur ræst og er nú fyrir hendi næg gufa umfram þau 60 MW_e sem Kröflustöð framleiðir. Með þeim áformum sem kynnt eru í þessari skýrslu er gert ráð fyrir að reisa nýja virkjun, Kröfluvirkjun II, í stað áður ráðgerðrar stækkunar núverandi Kröflustöðvar (sjá kafla 1.1). Ástæðan fyrir þessari breytingu á fyrirhuguðum áformum um frekari nýtingu á Kröflusvæðinu er sú að jarðhitakerfið hefur sýnt sig vera það öflugt að það þoli meiri vinnslu en áður var ráðgert (sjá umfjöllun í kafla 9.1). Aukning um 150 MW_e rúmast ekki í núverandi Kröflustöð og því er nauðsynlegt að reisa þar nýja virkjun.

Virkjunaráformin á Kröflusvæðinu eru liður í verkefni um virkjun háhita á Norðausturlandi fyrir orkufrekan iðnað við Húsavík. Sveitarfélög á svæðinu hafa í Svæðisskipulagi háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025 markað þá stefnu að orkuvinnslan fari fram á fjórum svæðum, það er Bjarnarflagi, Kröflu, Þeistareykjum og í Gjástykki. Í skipulaginu er sérstaklega tekið fram að ekki verði virkjað í Gjástykki nema hin svæðin gefin ekki nægjanlega orku fyrir starfsemi og atvinnuuppbyggingu á skipulagssvæðinu.

Hér á eftir verður fjallað um mismunandi útfærsluhugmyndir sem komið hafa fram á ákveðnum svæðum fyrirhugaðrar virkjunar. Hér er um að ræða svæði sem ekki hefur verið farið inn á áður, það er svæðið uppi á Sandabotnafjalli og svæðið norðan Vítis. Fjallað er um hvaða sjónarmið komu upp á matsáætlunarstigi varðandi staðsetningu borsvæða, legu aðkomuvega og legu lagna frá svæðunum. Sýndar verða helstu útfærslur sem skoðaðar voru og færð rök fyrir þeirri leið sem valin var og lýst er í kafla 4 hér á undan.

Í lok þessa kafla verður fjallað um hvers konar þróunar er að vænta á svæðinu ef ekki verður af byggingu Kröfluvirkjunar II.

5.1 AÐRAR ÚTFÆRSLUR

Hér á eftir verður greint frá hugmyndum og athugasemdum sem fram hafa komið um staðsetningu borsvæða uppi á Sandabotnafjalli, aðkomuleiða að þeim og legu gufulagna frá þeim. Einnig verður fjallað um staðsetningu borsvæða á svæðinu norðan Vítis og legu gufulagna frá þeim.

5.1.1 SANDABOTNAFJALL

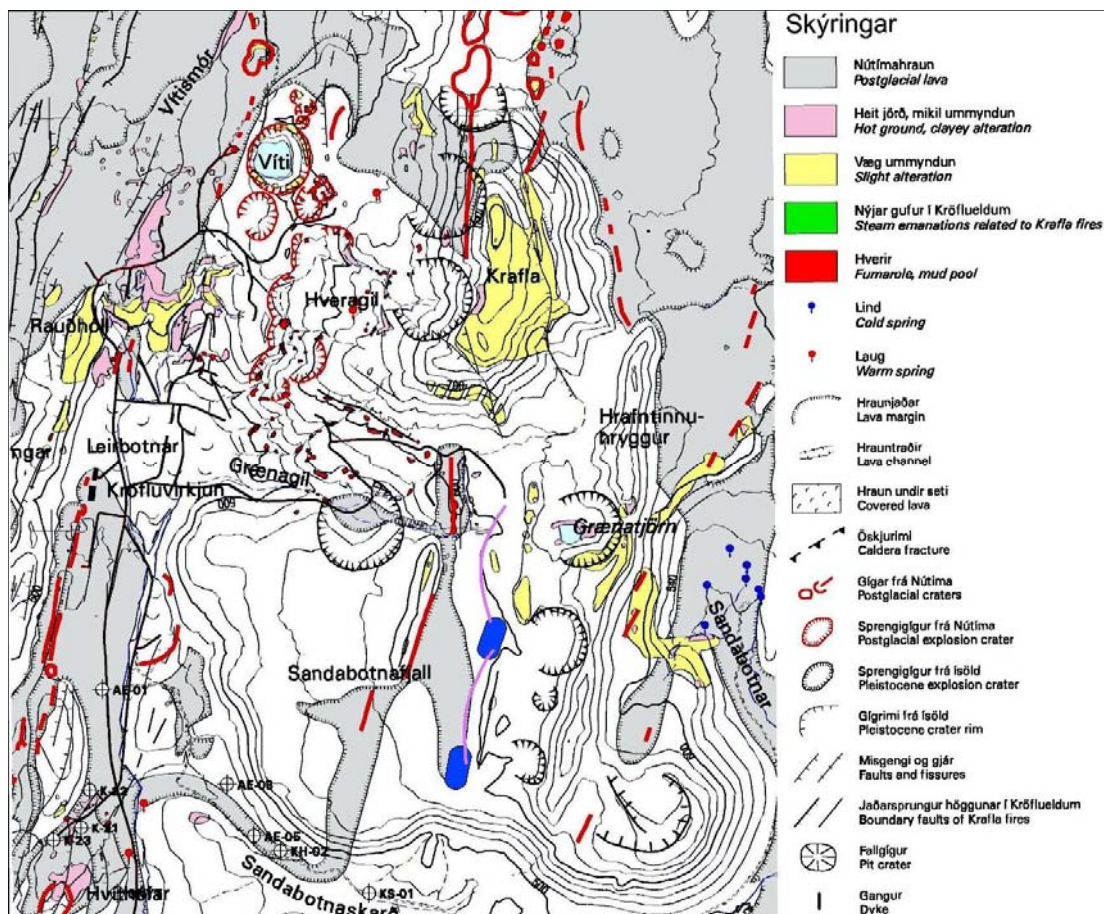
Í ákvörðun Skipulagsstofnunar um tillögu að matsáætlun er óskað eftir að gerð verði grein fyrir og mat lagt á þann valkost að staðsetja borsvæði fjær Hrafninnuhrygg, það er í að minnsta kosti 500 m fjarlægð frá fjallsrótum. Ástæða þessarar óskar er sú að Náttúrufræðistofnun Íslands telur óviðunandi að fara í slíka framkvæmd svo nálægt merkri jarðfræðimyndun sem Hrafninnuhryggur er og taldi stofnunin að hryggurinn þyrfti helgunarsvæði sem væri ekki minna en 500 m frá fjallsrótum. Bæði Umhverfisstofnun og Náttúrufræðistofnun Íslands (NÍ) hafa lagt til að Hrafninnuhryggur verði friðaður.

Í tengslum við framangreint álit um fjarlægð borsvæða frá Hrafninnuhrygg telur Skipulagsstofnun eðlilegt að gerð sé grein fyrir þeim valkosti að bora frá þeim borteigum sem þegar eru til staðar í grennd við svæðið, það er borteigum K-17 og K-18.

Hér á eftir verður gerð nánari grein fyrir vali á staðsetningu borsvæða á Sandabotnafjalli (sjá mynd 4.1) með hliðsjón af þeim fjarlægðarviðmiðum sem NÍ leggur til og því að bora frá nálægum borteigum. Einnig verður fjallað um kosti sem skoðaðir hafa verið á aðkomuleiðum að fyrirhuguðum borsvæðum og legu lagna frá þeim.

Boranir frá nálægum borsvæðum

Holur K-17 og K-18 á svokölluðu Suðurhlíðasvæði, staðsettar í norðurkanti Sandabotnafjalls, stóðust ekki væntingar og var því ákveðið að prófa svæði í Sandabotnaskarði. K-17 reyndist vera viðsnúin og sveiflast í afli vegna samspils vatnsríkra æða djúpt í holunum og hávermisæða ofar. Hóla K-18 er áberandi kaldari í efstu 1.000 m en aðrar vinnsluholur í Suðurhlíðum og þar neðan við hækkar hitinn rólega. Jafnframt er holan með mjög lélega vatnslekt í vinnsluhlutanum. Í Sandabotnaskarði, þegar borhóla KS-01 var prófuð, komu fram vísbendingar um betri lekt jarðlaga á sprungurein sem liggur samsíða Hrafninnuhrygg. Sprungureinin liggur samsíða hryggnum og næsta hrygg vestan við hann og á milli þeirra er sprengigígargöð (sjá sprengigígargöð frá Grænutjörn vestan til í Hrafninnuhrygg á mynd 5.1).



Mynd 5.1 Hluti af korti af Kröflusvæðinu sem sýnir dreifingu jarðhita, staðsetningu gossprungna, gíga og jarðhnika (tektónik) (gögn frá Landsvirkjun, mars 2009). Á myndina hafa verið sett inn fyrirhuguð borsvæði á Sandabotnafjalli og aðkomuvegur að þeim.

Líklegt er að umrótið í kringum sprengigígana og goshyggina sé ástæða betri lektar á því svæði en austan og vestan við. Þá er vandamál að leggja lagnir frá holu KS-01 að skiljustöð í Leirbotnum vegna hæðarmismunar. Staðsetning fyrirhugaðra borsvæða á Sandabotnafjalli, um 3-400 m vestan við Hrafninnuhrygg, gefur möguleika á að skáborá frá báðum svæðum með þeim hætti að mest allur vinnsluhluti holnanna verði innan framangreindrar lekareinar.

Af framangreindu má sjá að staðsetning fyrirhugaðra borsvæða uppi á Sandabotnafjalli er talin líklegust til árangurs. Lakur árangur borana frá borteigum í grennd við svæðið (K-17 og K-18) sýna hins vegar að ekki er fýsilegt að bora þaðan.

Fjarlægð frá Hrafninnuhrygg

Staðsetning borsvæðanna tveggja uppi á Sandabotnafjalli er valin með tilliti til þess að sem bestar líkur verði á árangri borana. Til að hafa borsvæðin sem minnst sýnileg var valið að staðsetja þau við nyrðri og syðri enda lágs hryggjar, vestan Hrafninnuhryggjar. Með þessari staðsetningu eru borsvæðin minna áberandi, séð frá Hrafninnuhrygg, en ef þau eru færð vestar, út á flatann sem þar er (**mynd 5.2**). Á **mynd 5.3** má enn fremur sjá afstöðu borsvæðanna til Hrafninnuhryggjar ásamt tveimur þversniðum og einu langsníði.

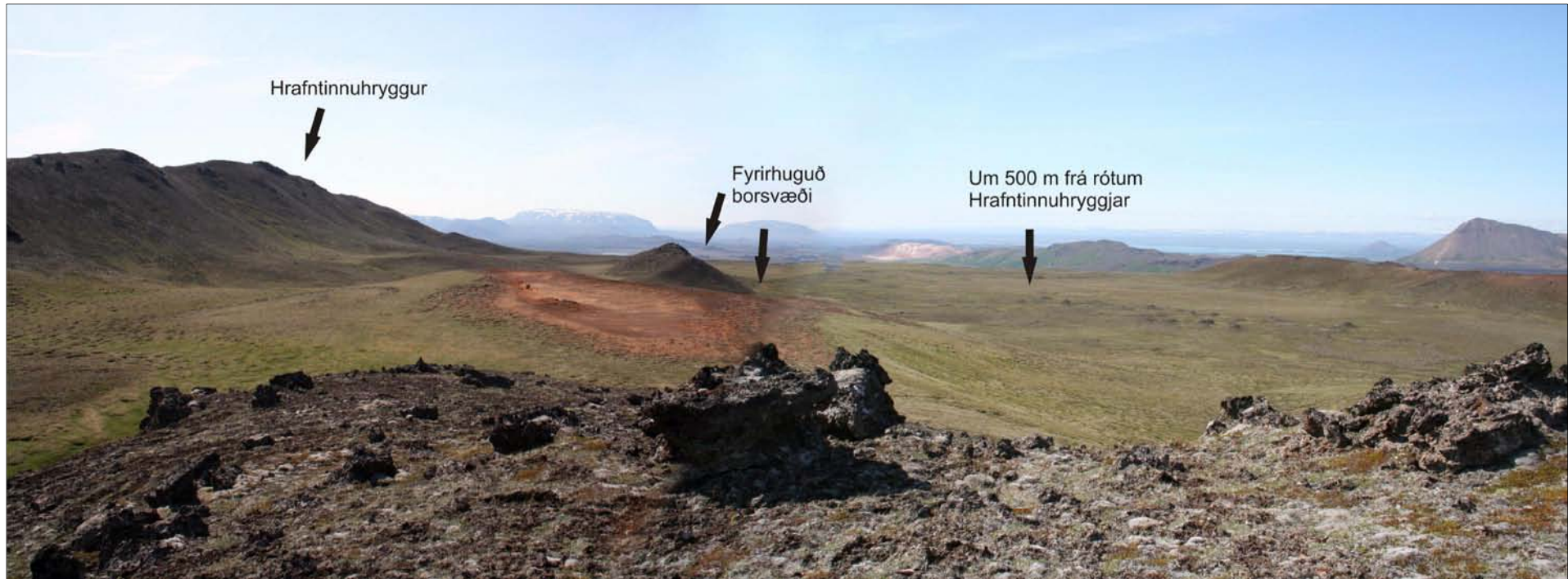
Að mati framkvæmdaraðila hafa fjarlægðarviðmið ekki afgerandi áhrif á verndargildi Hrafninnuhryggjar og koma fyrirhuguð borsvæði ekki til með að spilla fyrir hugmyndum um friðun hryggjarins. Ef svæðin yrðu færð 200 m vestar væru þau á opnara svæði og þar með meira áberandi, séð frá Hrafninnuhrygg (**mynd 5.2**).

Aðkomu- og lagnaleiðir

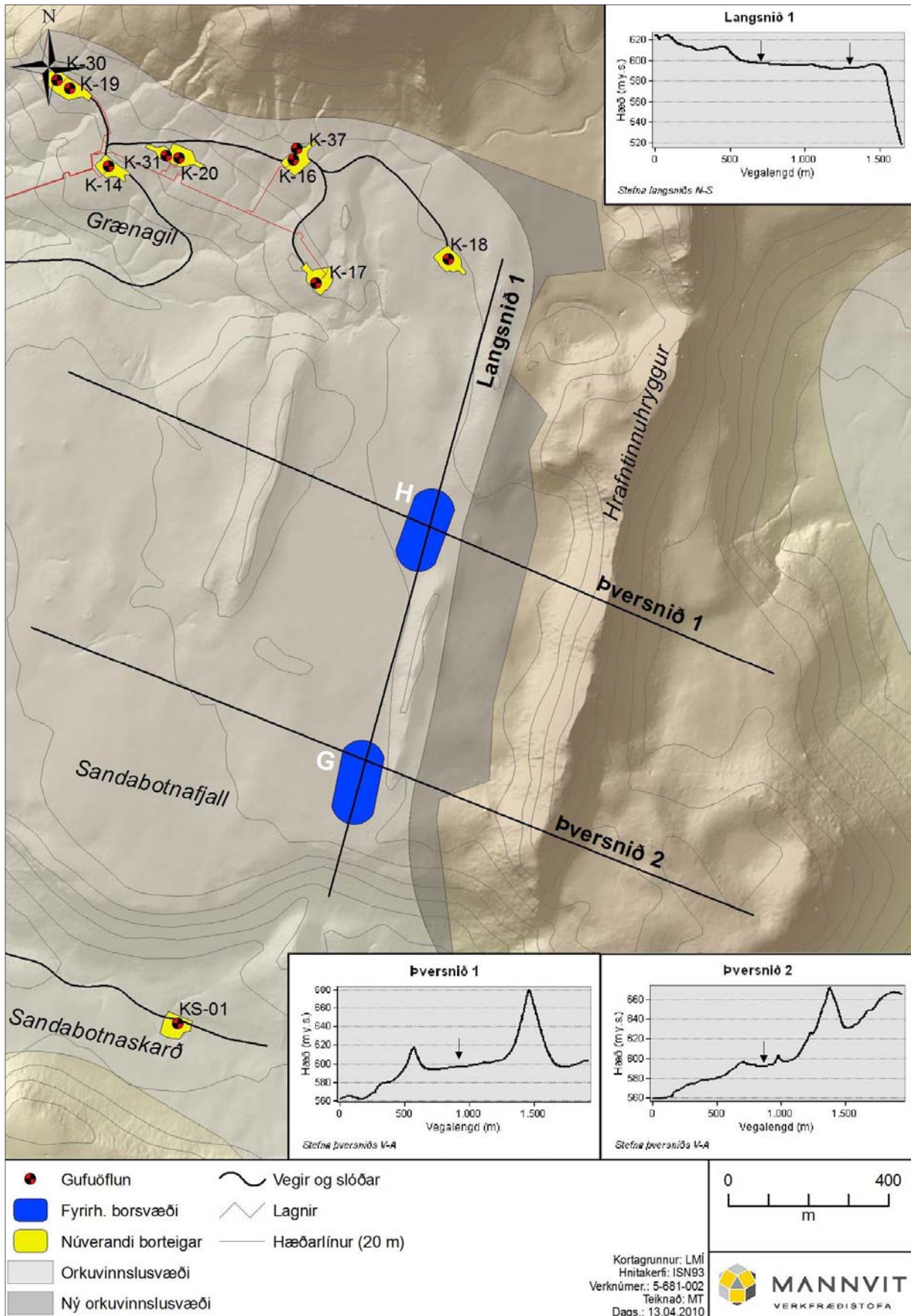
Í tillögu að matsáætlun voru lagðir fram tveir valkostir á aðkomuleið að fyrirhuguðum borsvæðum uppi á Sandabotnafjalli.

Valkostur 1 er að fara upp úr Grænagili út frá núverandi vegi (**mynd 5.4**). Slóðin lægi fyrst um 1,5 km leið upp úr gilinu að syðra borsvæðinu og um 0,5 km eru á milli borsvæðanna. Helstu kostir þessarar legu eru greiðara aðgengi að borsvæðunum þar sem engar krappar beygjur eru á leiðinni né borteigar sem þarf að fara um. Á þessari leið eru snjóþyngsli álitin minni en á núverandi leið um borteiga K-14, K-16 og K-18. Ókostir þessarar leiðar eru að vegslóðin færi inn á óraskað svæði í Grænagili og á Sandabotnafjalli og kæmi til með að sjást frá útsýnispalli, norðan Kröflustöðvar.

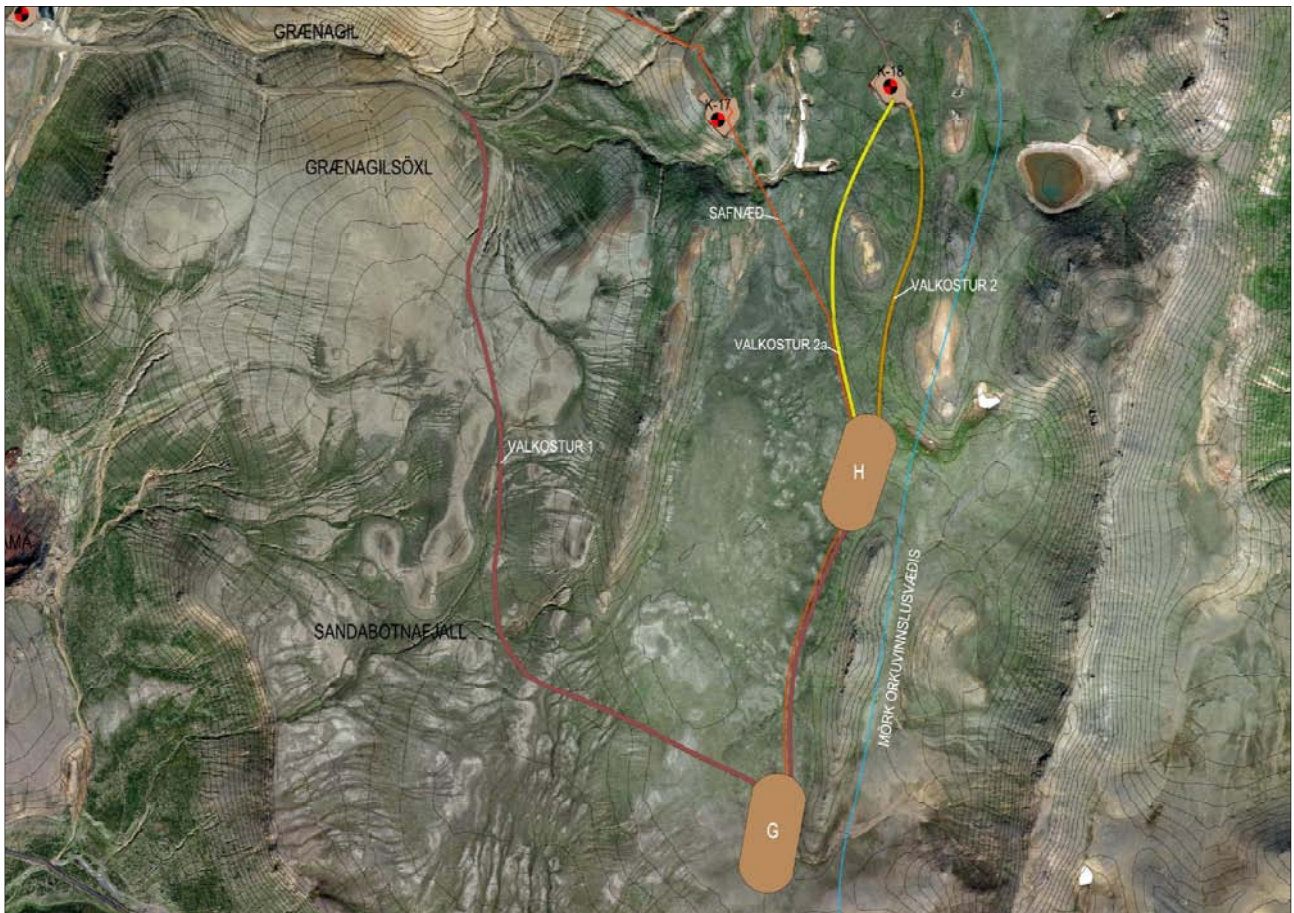
Valkostur 2 er að fara núverandi leið upp að borholu K-18 en þaðan út á fjallið að fyrirhuguðum borsvæðum (**mynd 5.4**). Um 0,7 km eru að nyrðra borsvæðinu og um 0,5 km þaðan að syðra borsvæðinu. Helstu kostir við valkost 2 eru að veglínan kemur ekki til með að sjást af útsýnispalli, norðan Kröflustöðvar auk þess að vera ódýrari en valkostur 1. Ókostirnir eru þeir að snjóþyngsli geta verið töluverð á þessari leið eins og fram hefur komið og farið er um óraskað svæði frá holu K-18. Aðgengi að borsvæðunum er ekki jafn greitt og samkvæmt valkosti 1 þar sem krappar beygjur eru á núverandi vegi auk þess sem farið yrði um núverandi borteiga K-14, K-16 og K-18.



Mynd 5.2 Ljósmynd tekin til suðurs. Hrafninnuhryggur er vinstra megin á myndinni. Vinstra megin við miðju er lági hryggurinn en undir honum að sunnan- og norðanverðu eru fyrirhuguð borsvæði staðsett. Vestan við lága hrygginn sést hve landið er flatt. Borsvæði þar yrðu því töluvert meira áberandi en við lága hrygginn.



Mynd 5.3 Afstaða fyrirhugaðra borsvæða uppi á Sandabotnafjalli til Hrafninnuhryggjar. Örvarnar á sniðmyndunum sýna staðsetningu borsvæðanna.



Mynd 5.4 Valkostir aðkomuleiðar að fyrirhuguðum borsvæðum uppi á Sandabotnafjalli. Á myndinni er einnig sýnd fyrirhuguð lagnaleið meðfram vegi á milli borsvæða og áfram meðfram valkosti 2a og þaðan að holu K-17.

Að teknu tilliti til kosta og galla framangreindra valkosta er ráðgert að aðkomuleið verði samkvæmt valkosti 2. Reyndar er lítil útfærslubreyting á leiðinni, svokallaður valkostur 2a sem ætlunin er að fara. Ástæða þess er sú að reynt er að hafa lagnaleiðir og vegi samhliða þar sem það er mögulegt til að lágmarka rask vegna slíkra mannvirkjabelta. Með því að færa veglínuna vestur fyrir litla hæð næst betri samnýting, það er lögn frá borsvæðunum er þá lengur samhliða veginum. Lögnin getur hins vegar ekki fylgt veginum alla leið vegna þess að hana má ekki leggja upp í móti. Leiðir skiljast því norðan við nyrðra borsvæðið, vegurinn liggur að borplani K-18 en lögnin að borplani K-17 og þaðan samhliða núverandi lögn að skiljustöð.

5.1.2 SVÆÐIÐ NORDAN VÍTIS OG LAGNALEIÐIR

Tvö borsvæði eru fyrirhuguð norðan Vítis (sjá mynd 4.1). Frá þeim þarf að leggja lagnir að nýrri skiljustöð í Leirbotnum (sjá kafla 4.2.2). Hér á eftir verður fjallað um staðsetningu borsvæðanna með hliðsjón af nálægð við Víti og greint frá mögulegum lagnaleiðum frá þeim.

Staðsetning borsvæða

Staðsetning borsvæðanna norðan Vítis (sjá mynd 4.1) er valin með tilliti til þess að kanna frekar álitlegt svæði sem viðnámsmælingar hafa leitt í ljós þar norður undan. Á þessu svæði er sléttlendi og því lítið sem skyggir á sýn fyrirhugaðra borsvæða og

mannvirkja ef gengið er upp á norðurbrún Vítis (sjá kafla 9.7). Æskilegt er talið að vera ekki of nálægt jafn merkri jarðfræðimyndun sem Víti er. Staðsetningin miðar að því að raska ekki jarðmyndunum, eldhrauni og öðrum þáttum sem vert er að vernda en jafnframt að hámarka árangur borana út frá jarðhitafræðilegu sjónarmiði. Borsvæðin eru staðsett 6-700 m norður af Víti. Fjarlægð til sprengigíga sem mynduðust um leið og megingígurinn Víti er eitthvað minni en þó vel frá mörkum hverfisverndar sem mörkuð er um Víti.

Náttúrufræðistofnun Íslands hefur lagt til að mannvirki verði ekki nær Víti og tilheyrandi sprengigígum en 500 m samanber fjarlægðarviðmið borsvæða uppi á Sandabotnafjalli við Hrafninnuhrygg. Þó svo að fjarlægð til þeirra gíga sem næstir eru sé minni en 500 m telur framkvæmdaraðili fyrirhugaða staðsetningu borsvæðanna norðan Vítis ekki hafa afgerandi áhrif á verndargildi Vítis þar sem fjarlægðin að megingígnum er talsvert meiri. Þá munu ferðamenn eingöngu sjá svæðin af norðurbrún Vítis (**mynd 5.5**) en við útsýnispallinn á vesturbrún Vítis sést ekki norður fyrir gígbarminn. Til samanburðar má geta þess að töluvert lengra er að fyrirhuguðum borsvæðum en að núverandi borsvæði, austsuðaustan við Víti (sjá **mynd 4.1**). Þá er álíka langt frá Víti í suðvestur að djúpborunarholunni (IDDP-1) og er frá fyrirhuguðum borsvæðum að næstu gígum, norðan Vítis (**mynd 5.6**).



Mynd 5.5 Ljósmynd tekin af norðurbrún Vítis. Á myndina hafa fyrirhuguð borsvæði verið sett inn og mögulegar lagnaleiðir frá þeim.



Mynd 5.6 Djúpbörunarhola (IDDP-1), séð frá útsýnispalli á vesturbrún Vítis.

Eins og sjá má á **mynd 5.7** hefur vestara borsvæðið verið fært frá upphaflegri tillögu lítið eitt til norðurs. Þar er land sléttara auk þess sem svæðið er þá ekki fast við gígmýndun sem þarna er. Austara borsvæðið hefur einnig verið fært lítið eitt frá upphaflegri tillögu. Færsla þess er til austurs upp að brekkurótunum sem þar eru. Gerð var athugun á því að færa svæðið upp í hlíðina með það að markmiði að leggja lagnir frá því austur fyrir Víti. Það reyndist hins vegar ekki tæknilega mögulegt eins og sjá má á appelsínugulu línunni, sem er jafnhalla lína, til að ná rennsli þessa leið. Borsvæðið hefði því þurft að færa sunnar og austar, út fyrir orkuvinnslusvæðið, til að þessu markmiði yrði náð.

Lagnaleiðir

Eins og sjá má á **mynd 5.7** hafa verið kannaðar mismunandi lagnaleiðir vestan Vítis. Um er að ræða tvær meginleiðir, leið A og leið B. Leið A liggur meðfram aðkomuvegi að borsvæðunum og áfram meðfram veginum upp að Víti. Leið B er vestar, ofan í slakka sem misgengisstallur myndar við Vítismó. Þaðan er farið meðfram slakkanum til suðurs og vestur fyrir djúpbörunarholuna (IDDP-1).

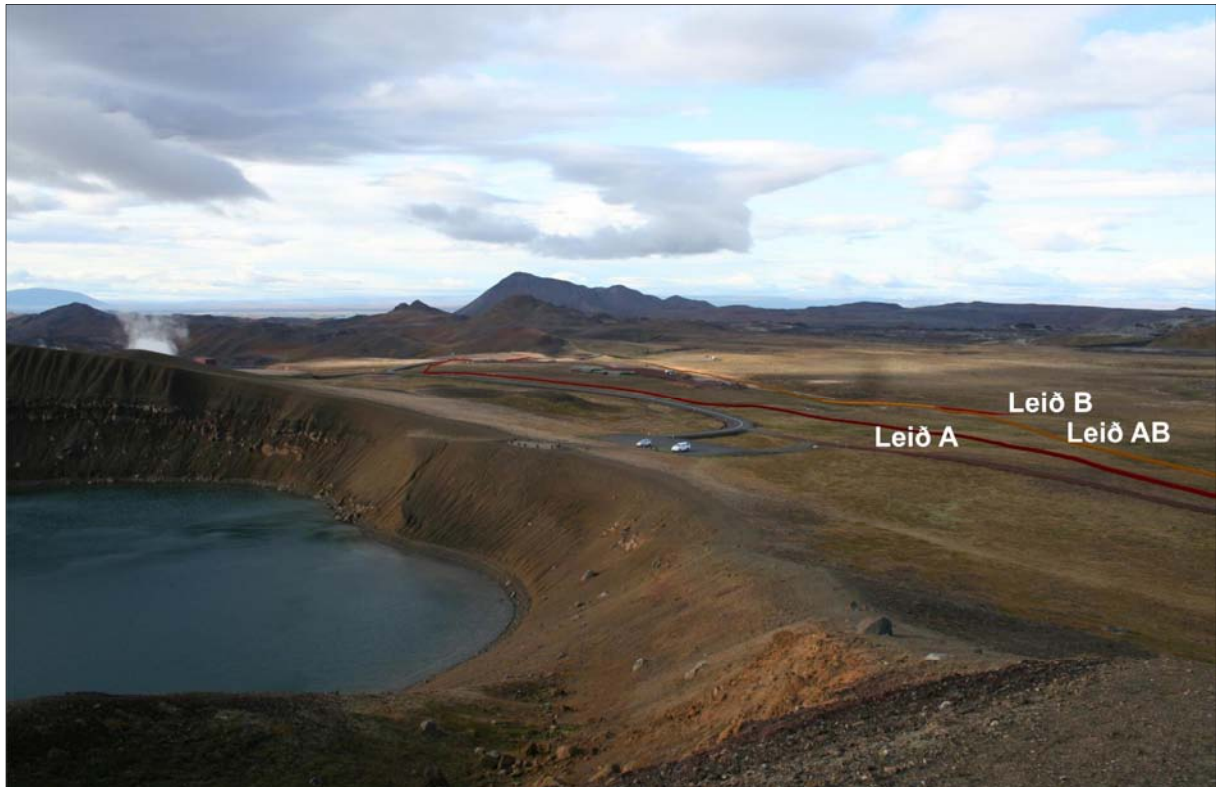
Helstu kostir leiðar A er að lögnin er þar að mestu leyti meðfram núverandi vegi, land tiltölulega slétt og rask á landi því í lágmarki. Lögnin kemur hins vegar til með að verða vel sýnileg ferðamönnum á leið upp að Víti og eins frá útsýnispallinum á vesturbrún gígsins (**myndir 5.8 til 5.11**).



Mynd 5.7 Yfirlitsmynd sem sýnir breytta staðsetningu fyrirhugaðra borsvæða norðan Vítis frá upphaflegri tillögu. Þrír kostir á lagnaleið eru sýndir auk þess sem appelsínugula línan austast á myndinni sýnir hversu langt þarf að fara til að ná halla á lögnum austur fyrir Víti.

Með leið B er reynt að vera fjær Víti og meira í hvarfi við misgengisstallinn sem þar er. Þetta markmið næst ágætlega þar til komið er á móts við útsýnispallinn á vesturbrún Vítis (**myndir 5.8, 5.11 og 5.12**). Með leið B er rask á landi hins vegar talsvert meira en eftir leið A þar sem lögnin liggur niður og í halla á fyrri hluta leiðarinnar. Þá þarf að leggja þarf vinnuslóð meðfram allri lögninni.

Til greina kemur einnig að fara bil beggja leiða, það er fyrst eftir leið A sem sveigi yfir á leið B þegar komið er á móts við norðurbrún Vítis. Með þessum valkosti er lögnin áfram vel sýnileg frá útsýnispallinum við vesturbrún Vítis. Hún liggur þó heldur fjær auk þess sem hún er þá ekki ofan í aðkomuveginum að Víti (**myndir 5.8, 5.11 og 5.12**).



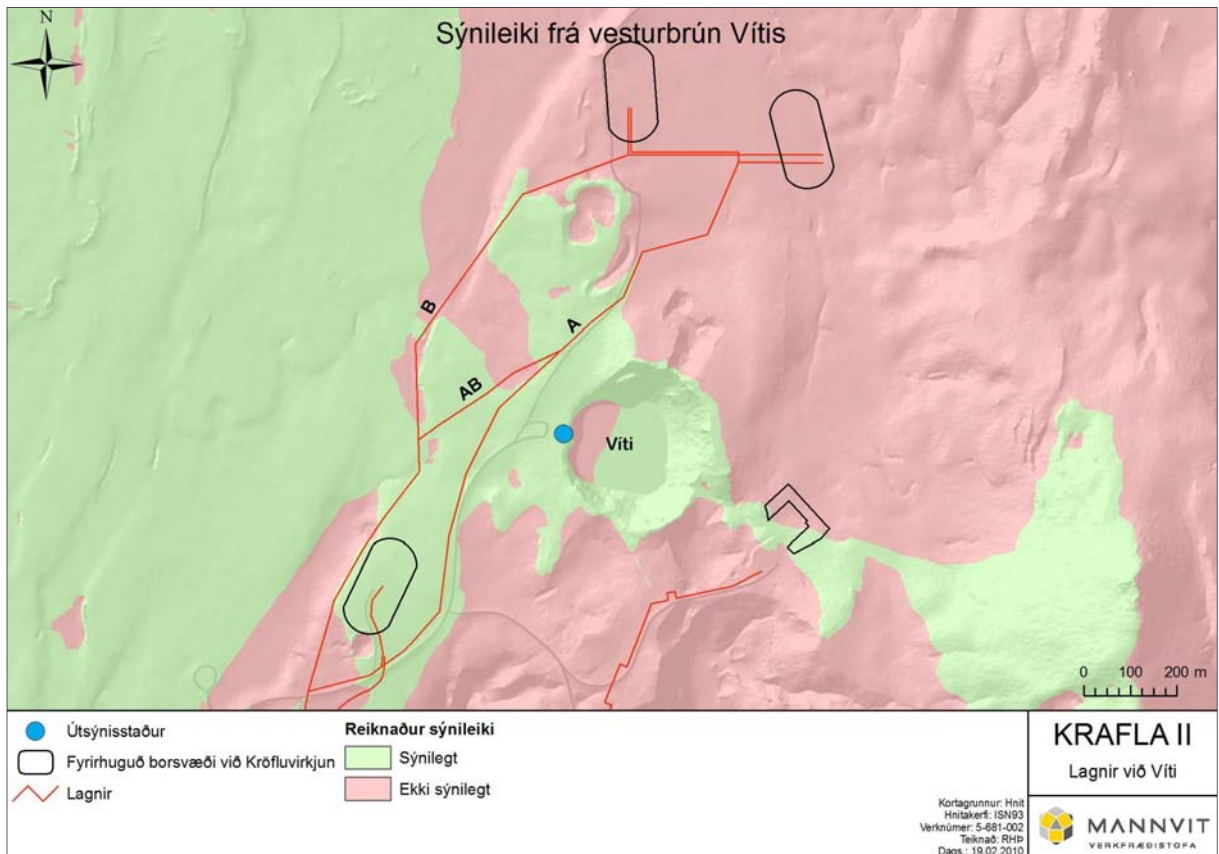
Mynd 5.8 Ljósmynd af norðurbrún Vítis. Lagnaleið A er næst vegi en B fjær þar sem hún kemur undan misgengisstallinum. Á myndinni sést einnig hvar leið A sveigir yfir á leið B (leið AB). Lagnirnar eru hafðar í áberandi litum til glöggvunar.



Mynd 5.9 Ljósmynd af útsýnispalli við vesturbrún Vítis til suðvesturs. Rauða línan sýnir hvar lögn færi meðfram vegi (leið A). Fjær sér í lagnaleið B. Lagnirnar eru hafðar í áberandi litum til glöggvunar.



Mynd 5.10 Ljósmynd af útsýnispalli við vesturbrún Vítis til vesturs í átt að Leirhnjúki. Rauða línan sýnir hvar lögn færi meðfram vegi (leið A). Lögnin er höfð í áberandi lit til glöggvunar.



Mynd 5.11 Sýnileiki frá útsýnispalli við vesturbrún Vítis til lagnaleiða A, B og AB.



Mynd 5.12 Ljósmynd af útsýnispalli við vesturbrún Vítis til vesturs í átt að Leirhnjúki. Rauðbrúna línán sýnir hvernig leið AB færi neðar í landi heldur en með leið A (**mynd 5.10**). Með leið B sér fyrst í lögnina þar sem hún verður appelsínugul. Lögnin er höfð í áberandi litum til glöggvunar.

Eins og sjá má á **mynd 5.11** sér í lögnina samkvæmt leið B þar sem hún kemur undan misgengisstallinum og áfram þar sem hún liggur til suðurs, vestur fyrir djúpbórunarholuna (IDDP-1). Þar hverfur sýn til hennar á ný. Sýnileiki leiðar B frá Víti er því töluvert minni en leiðar A (sjá **myndir 5.10** og **5.12**). Á móti kemur að rask á landi er töluvert meira þar sem leggja þarf vinnuveg meðfram lögninni megnið af þessari leið auk þess sem farið er út á svæði sem að öðrum kosti væri óraskað. Sé horft að Víti frá Leirhnjúki kemur lögnin til með að sjást, sama hvaða leið verður valin (**mynd 5.13**). Fjarlægðin er hins vegar það mikil að þar skiptir meira máli litur og áferð á lögninni heldur en hvaða leið verður valin.



Mynd 5.13 Ljósmynd af göngustíg að Leirhnjúki, séð til austurs að Kröflu. Á myndinni sést lagnaleið AB. Lögnin er höfð í áberandi lit til glöggvunar.

Niðurstaða

Samanburður á lagnaleiðum A, B og AB lýtur að ásýnd og raski á landi og gróðri. Helstu niðurstöður eru dregnar fram í **töflu 5.1**.

Tafla 5.1 Samanburður lagnaleiða A, B og AB.

Umhverfispáttur	Lagnaleið A	Lagnaleið B	Lagnaleið AB
Ásýnd	Sést vel frá aðkomuvegi að Víti og frá Víti vegna nálægðar.	Sést lítið frá vegi og að hluta til frá Víti.	Sést frá aðkomuvegi að Víti þar sem lögnin liggur niður slakkann, vestan Vítis, og að hluta til frá Víti.
Rask	Lítið rask þar sem ekki þarf að leggja vinnuslóð meðfram lögn auk þess sem land er tiltölulega slétt.	Talsvert rask þar sem lögnin liggur niður og í halla á fyrri hluta leiðarinnar. Leggja þarf vinnuslóð meðfram lögninni.	Nokkurt rask þar sem leggja þarf vinnuslóð meðfram lögninni að hluta.

Eins og sjá má í **töflu 5.1** vega ásýndaráhrif frá Víti mest á lagnaleið A. Á mótí kemur að jarðrask er minnst á þeirri leið. Ásýndaráhrifin eru lágmörkuð með lagnaleið B en á þeirri leið yrði jarðrask talsvert meira. Með lagnaleið AB er farið bil beggja hvað varðar áhrif vegna ásýndar og jarðrasks.

5.2 NÚLLKOSTUR

Þær hugmyndir sem settar eru fram í kafla 4 miðast við að lágmarka fjölda borsvæða eins og kostur er og hlífa þannig Kröflusvæðinu að stórum hluta. Í svæðisskipulagi háhitasvæða er umfang nýrra orkuvinnslusvæða takmarkað verulega í þessum tilgangi. Því er til að mynda ekki unnt að bora vestan og norðan við Leirhnjúk né í Vítismó, en ef eingöngu er tekið tillit til jarðhitafræðilegra sjónarmiða liggur beinast við að kanna þessi svæði nánar.

Vegna þeirra takmarkana sem staðsetningu borsvæða eru settar koma aðrir staðarvalskostir ekki til greina. Ef hins vegar boranir á svæðinu gefa ekki góða raun eða ef ekki reynist markaður fyrir orkuna gæti farið svo að ekki yrði virkjað frekar á Kröflusvæðinu. Í því tilviki er um svokallaðan núllkost að ræða, það er ekkert frekar yrði aðhafst á svæðinu umfram viðhaldsboranir fyrir núverandi orkuvinnslu.

Með núllkosti kemur ekki til aukins útstreymis jarðhitalofttegunda og magn skiljuvatns breytist lítið. Á móti kemur að samfélagsleg áhrif tengd iðnaðaruppbyggingu í Þingeyjarsýslum og á landsvísu verða af hugsanlegum efnahagslegum ávinningi af framkvæmdum og orkunýtingu. Án frekari orkuvinnslu á Kröflusvæðinu mun auk þess draga úr rannsóknum á svæðinu. Á Kröflusvæðinu myndi þar með tapast einstakt tækifæri til áframhaldandi rannsókna sem án alls efa myndu bæta umtalsvert þekkingu manna á eðli jarðhitakerfa.

6 FRÁVIK FRÁ MATSÁÆTLUN

Helstu frávik frá matsáætlun eru eftirfarandi:

- Hætt hefur verið við skiljustöð suðvestan við Rauðhól.
- Fallið hefur verið frá aðkomuleið upp að borsvæðum G og H á Sandabotnafjalli samkvæmt valkosti 1.
- Aðkomuleið upp á Sandabotnafjall samkvæmt valkosti 2 hefur verið hliðrað lítið eitt til vesturs á kaflanum frá holu K-18 að borsvæði H.
- Staðsetning borsvæða A og B, norðan Vítis, hefur verið endurskoðuð.

Hér á eftir verður greint frá ástæðu framangreindra frávika.

6.1 SKILJUSTÖÐ SUÐVESTAN VIÐ RAUÐHÓL

Með því að reisa skiljustöð suðvestan við Rauðhól, sem taka myndi við jarðhitavökva frá holum á borsvæðum C og D, var ætlunin að minnka álag á nýrri skiljustöð í Leirbotnum. Skiljustöðin þar yrði minni, lagnir færri og fyrirkomulag einfaldara. Nánari skoðun leiddi hins vegar í ljós að ýmsar flækjur verða samfara nýrri skiljustöð og sparnaður í lögnum var ofmetinn. Enn fremur var fyrirséð að óhagkvæmni yrði fólgin í að reka skiljustöðvar á tveimur stöðum. Vegna þessa var ákvörðun um skiljustöð suðvestan við Rauðhól endurskoðuð og ákveðið að aðeins yrði reist ný skiljustöð í Leirbotnum.

6.2 AÐKOMULEIÐ AÐ BORSVÆÐUM Á SANDABOTNAFJALLI

Eins og fram kom í kafla 5.1.1 eru helstu ókostir aðkomuleiðar að borsvæðum G og H uppi á Sandabotnafjalli þeir að vegslóðin færi inn á óraskað svæði í Grænagili og á Sandabotnafjalli og kæmi til með að sjást frá útsýnispalli, norðan Kröflustöðvar. Í ljósi þess var ákveðið að nýta frekar núverandi veg upp að holu K-18 þrátt fyrir að hann sé vegtæknilega verri vegna krappa beygja og snjóþyngsla auk þess sem þá er farið um núverandi borteiga K-14, K-16 og K-18. Frá borteig holu K-18 var einnig ákveðið að gera litla útfærslubreytingu á valkosti 2 með því að hliðra veglínunni lítið eitt til vesturs (sjá mynd 5.4). Ástæða þess var fyrst og fremst sú að hafa lagnaleið frá fyrirhuguðum borsvæðum uppi á Sandabotnafjalli sem lengst samhliða aðkomuvegi.

Nánari umfjöllun um þessi frávik er í kafla 5.1.1.

6.3 STAÐSETNING BORSVÆÐA NORÐAN VÍTIS

Staðsetning borsvæða A og B, norðan Vítis, er valin með tilliti til þess að kanna frekar álitlegt svæði sem viðnámsmælingar hafa leitt í ljós þar norður undan. Borsvæðin hafa verið færð lítið eitt frá því sem kynnt var í matsáætlun. Vestara svæðið (borsvæði A) var fært til norðurs á sléttara land og fjær gígum sem þarna eru. Austara svæðið (borsvæði B) var fært til austurs, upp að brekkurótunum til að halda fjarlægð milli svæðanna sem mestri og til að minnka áhrif á ásýnd þess.

Nánari umfjöllun um þessi frávik er í kafla 5.1.2.

7 SKIPULAG OG LANDNOTKUN

Orkuvinnslusvæðið við Kröflu er í Skútustaðahreppi. Hér á eftir er greint frá stöðu skipulags, landnotkunar og verndar á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði.

7.1 STAÐA SKIPULAGS

Á orkuvinnslusvæði Kröflustöðvar eru í gildi svæðisskipulag, aðalskipulag og deiliskipulag. Fyrirhuguð Kröfluvirkjun II kallar á breytingar á Aðalskipulagi Skútustaðahrepps 1996-2015 og deiliskipulagi fyrir Kröflusvæðið (sjá umfjöllun síðar í þessum kafla).

Svæðisskipulag

Á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði Kröfluvirkjunar II er í gildi ein svæðisskipulagsáætlun, Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025, og er fyrirhuguð framkvæmd í samræmi við það skipulag. Hér er um að ræða fyrsta skipulag sinnar tegundar á Íslandi. Svæðisskipulagið markar sameiginlega stefnu viðkomandi sveitarstjórna um orkuvinnslu og vernd á jarðhitasvæðum í Þingeyjarsýslum. Skipulagið var unnið í samræmi við lög um umhverfismat áætlana. Við mótnun þeirrar stefnu sem fram kemur í skipulaginu var haft samráð við stofnanir, hagsmunaaðila og félagasamtök. Afmörkuð eru orkuvinnslusvæði byggt á niðurstöðum rannsókna, náttúrufars, náttúruverndar og menningarminja. Til áréttingar stefnu um vernd eru sett hverfisverndarákvæði vegna náttúru- og menningarminja. Jafnframt er mörkuð stefna um legu aðkomuvega og flutningslína.

Á mynd 7.1 er séruppráttur fyrir orkuvinnslusvæðið við Kröflu. Þar er fyrirhugað framkvæmdasvæði fyrir Kröfluvirkjun II skilgreint sem orkuvinnslusvæði. Umhverfisráðherra staðfesti svæðisskipulagið 16. janúar 2008.

Aðalskipulag

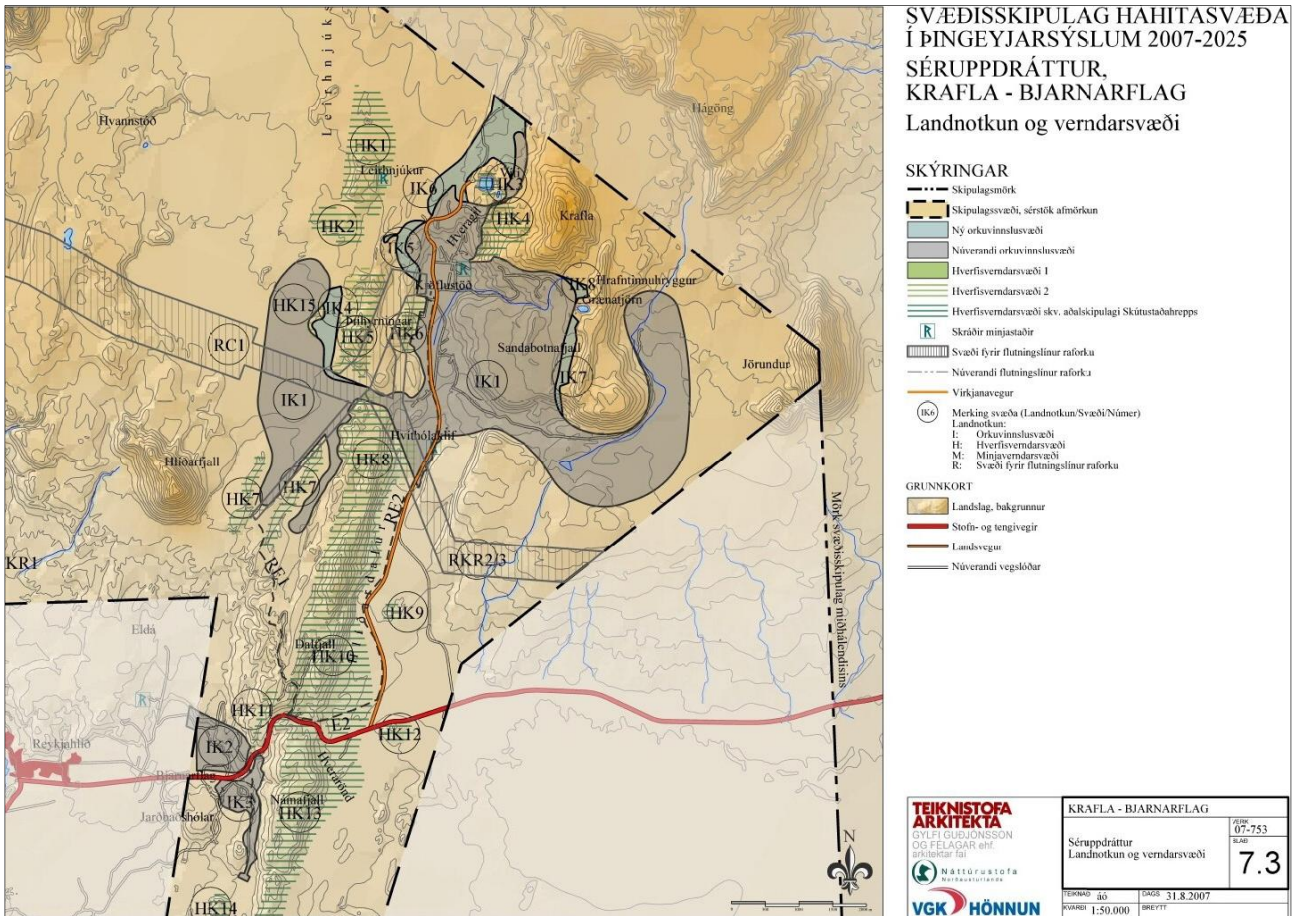
Aðalskipulag Skútustaðahrepps 1996-2015 var upphaflega staðfest 31. desember 1997. Eftirfarandi breytingar hafa verið gerðar á skipulaginu: Jarðbaðshólar 19. mars 2003, Kröflusvæðið 31. ágúst 2004 og Bjarnarflag 19. desember 2005.

Áform um aukna orkuvinnslu á Kröflusvæðinu og stækun orkuvinnslusvæðis kallaði á breytingu á Aðalskipulagi Skútustaðahrepps 1996-2015. Tillaga að aðalskipulagsbreytingu var auglýst í júlí 2009 og rann athugasemdatími út 7. september. Samkvæmt upplýsingum frá Skútustaðahreppi hefur samþykkt skipulagsbreyting verið send Skipulagsstofnun til yfirferðar. Skipulagið öðlast gildi við staðfestingu ráðherra að lokinni yfirferð Skipulagsstofnunar.

Með skipulagsbreytingunni voru gerðar breytingar á iðnaðar- og orkuvinnslusvæðum, hverfisverndarsvæðum, svæðum fyrir flutningslínur, efnistökusvæðum og skilgreindur nýr virkjunarvegur um Hólasand (Landslag ehf. og Mannvit hf., 2009).

Samráð var haft við Skútustaðahrepp um Kröfluvirkjun II og að stækka þyrfti orkuvinnslusvæðið í aðalskipulaginu. Breytingar í aðalskipulaginu á orkuvinnslusvæði við Kröflu og hverfisverndarsvæðum á svæðinu var í samræmi staðfest Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025. Einnig þyrfti að skilgreina og afmarka fleiri efnistökusvæði vegna fyrirhugaðrar framkvæmdar. Sett hefur verið inn ný efnisnáma í Sandabotnaskarði og önnur við Sandfell. Á mynd 7.2 er tillaga

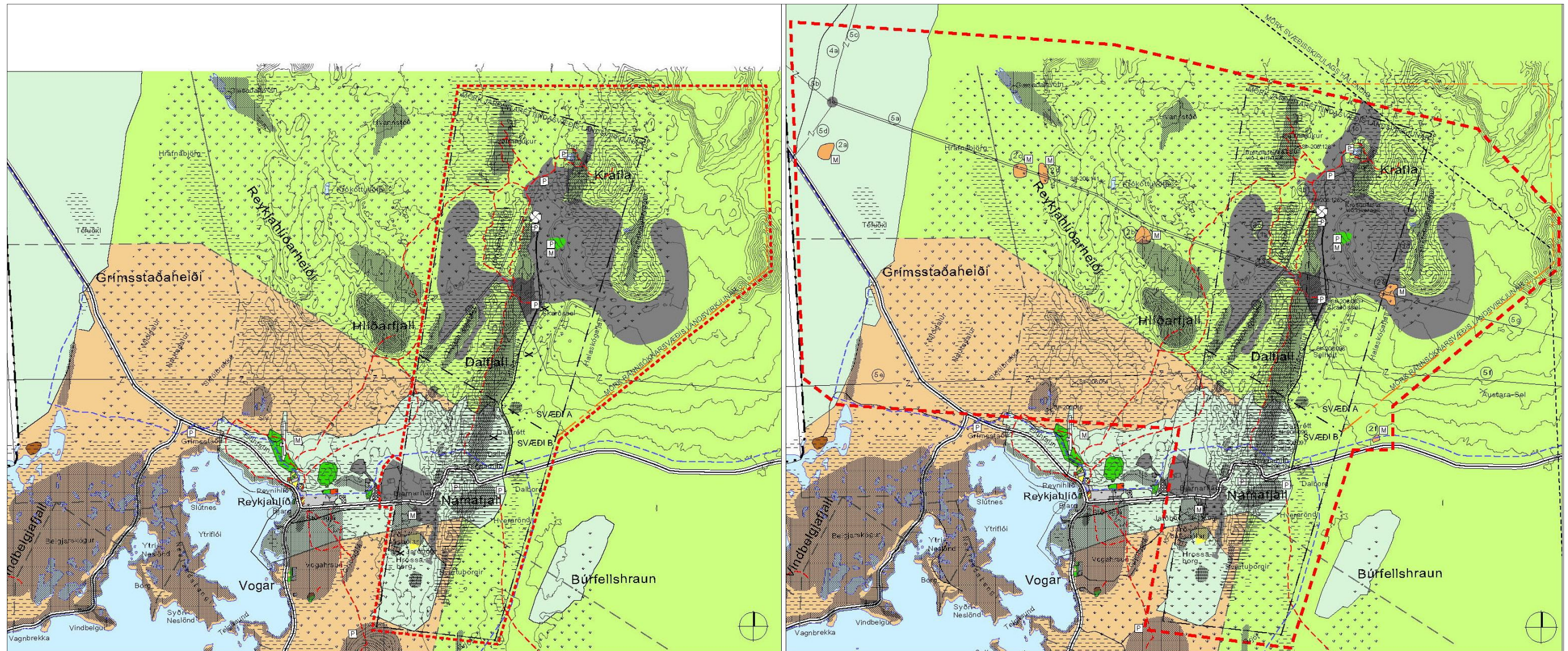
að breyttu aðalskipulagi sýnd og má þar sjá stækkað orkuvinnslusvæði við Kröflu og nýju efnistökusvæðin. Fyrirhuguð framkvæmd samræmist stefnu gildandi aðalskipulags og tillögu að breyttu aðalskipulagi um að nýta jarðhitaauðlindir.



Mynd 7.1 Séruppdráttur úr Svæðisskipulagi háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025.

Deiliskipulag

Gildandi deiliskipulag fyrir Kröflusvæðið er í samræmi við gildandi aðalskipulag, Aðalskipulag Skútustaðahrepps 1996-2015. Vegna stækkunar orkuvinnslusvæðis og framkvæmda við Kröfluvirkjun II þarf að breyta deiliskipulaginu svo það samræmist tillögu að breyttu aðalskipulagi. Sú vinna er að hefjast í samvinnu við Skútustaðahrepp og framkvæmdaraðila, Landsvirkjun.



Mynd 7.2 Hluti af uppdretti sem sýnir tillögu að breyttu Aðalskipulagi Skútustaðahrepps 1996-2015. Mörk skipulagsbreytinga eru afmörkuð með rauðri brotalínu (Landslag, 2009). Tillagan var auglýst í júní 2009.

7.2 LANDNOTKUN

Fyrirhuguð framkvæmd er í samræmi við núverandi landnotkun á orkuvinnslu-svæðinu við Kröflu. Á svæðinu fer fram orkuvinnsla og þangað liggur töluverður straumur ferðamanna. Kröflustöð er opin almenningi og í samvinnu við hagsmunaaðila hafa verið útbúin bílastæði og salernisaðstaða á svæðinu ásamt því sem reistir hafa verið tréþallar við leirhverina á Leirhnjúki til að bæta öryggi ferðamanna. Í næsta nágrenni Kröflustöðvar eru nokkrir vinsælir ferðamannastaðir, þar helst að nefna Víti og Leirhnjúk. Þá hafa gönguleiðir verið merktar og lagðar timbri þar sem álag er mikið vegna bleytu og átroðnings (sjá staðsetningu gönguleiða á mynd 7.3). Ýmis ferðafélög bjóða upp á skipulagðar gönguferðir/skíðagönguferðir á svæðinu og er algengt að vélsleðamenn fari þar um (sjá kafla 9.8 um samfélag).

Í svæðisskipulagi háhitasvæða í Þingeyjarsýslum er gert ráð fyrir að þjónusta við ferðamenn verði fyrst og fremst utan fyrirhugaðs framkvæmdasvæðis, til dæmis við Mývatn, Húsavík og Ásbyrgi. Á orkuvinnslusvæðum er þó heimilt að gera ráð fyrir aðstöðu og þjónustu fyrir ferðamenn og útivistarfólk.

7.3 VERND

Hverfisvernd

Í núgildandi Aðalskipulagi Skútustaðahrepps 1996-2015 eru afmörkuð hverfisverndarsvæði vegna náttúrufars og menningarminja (sjá mynd 7.3), alls fjórtán svæði. Í Svæðisskipulagi háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025 voru gerðar lítils háttar breytingar á afmörkun hverfisverndarsvæða og einu bætt við á Kröflusvæðinu, það er hrauntröð inni á Leirhnjúkshrauni, vestan Þríhyrninga (HK15). Tilgangur með hverfisvernd er að áréttastefnu skipulagsáætlana og að draga úr hugsanlegum neikvæðum áhrifum. Hverfisvernd felur ekki í sér lögformlega friðun.

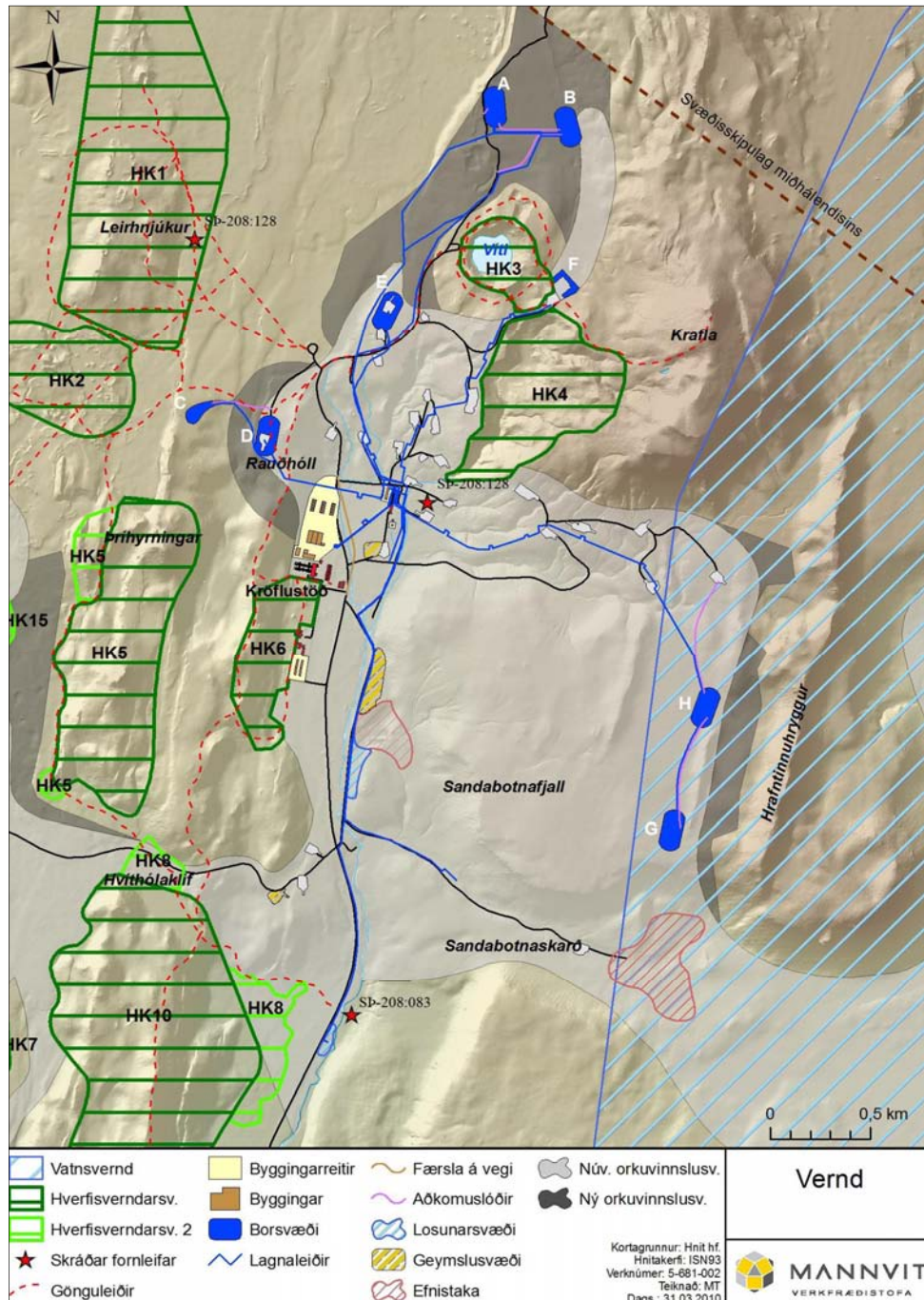
Fyrirhuguð Kröfluvirkjun II og tilheyrandi mannvirki, borsvæði, lagnir, niðurrennsliðssvæði, vegir og slóðir munu liggja utan við svæði sem njóta hverfisverndar. Við ákvörðun á mörkum hverfisvernduðu svæðanna á skipulagsstigi var gert ráð fyrir borsvæði suðaustan Vítis, borsvæði F. Borsvæðið, lögn og slóð að því, er staðsett á mjóu svæði á milli tveggja svæða sem njóta hverfisverndar (sjá á mynd 7.3). Um er að ræða Víti og nánasta umhverfi (HK3) og Hveragil vestan í Kröflu (HK4).

Almenn ákvæði um hverfisvernd í skipulaginu kveða á um að jarðrask sé óheimilt á svæðunum en almenn umferð gangandi fólks sé heimil. Ekki er gert ráð fyrir skipulagðri göngustígagerð nema á þeim stöðum þar sem álag er mest og þá fyrst og fremst til að tryggja verndun svæðanna samfara öryggi vegfarenda.

Hverfisverndarsvæði í grennd við Kröflu eru talin upp hér á eftir og sýnd á mynd 7.3:

- Víti og nánasta umhverfi (HK3).
- Hveragil, vestan í Kröflu (HK4).
- Leirhnjúkur og gígaröð til norðurs (HK1).
- Hituhóll, gígaröð frá Mývatnseldum (HK2).
- Gígaröð og misgengi sunnan við Kröflustöð (HK6).

- Þríhyrningar (HK5, Hvíthólar eru innan þessa svæðis).
- Dalbjall norður undir Hvíthólaklif (HK8).
- Austurhlíð Dalbjalls og láglandið að Kröflu afleggjara.
- Hvannahólsdalur og Þríhyrningar (HK7).
- Leirhnjúkshraun vestan Þríhyrninga (HK15).



Mynd 7.3 Svæði sem njóta verndar í grennd við Kröflu. Vesturmörk vatnsverndar vatnsbóls þéttbýlisins í Mývatnssveit, í Austaraselslindum, eru sýnd á myndinni en ekki mörk vatnasviðs Mývatns og Laxár því það nær yfir allt Kröflusvæðið. Grænstrikuðu svæðin njóta hverfisverndar. Framkvæmdasvæði Kröfluvirkjunar II, lagnaleiðir, borsvæði, niðurrennslissvæði, vegir slóðir og efnistökusvæði er afmarkað og gönguleiðir sýndar á svæðinu.

Vatnsvernd

Mörk vatnsverndar vatnsból þéttbýlisins í Mývatnssveit, í Austaraselslindum, eru sýnd á **mynd 7.3**. Mörk vatnsverndar eru inni á tillögu að breyttu aðalskipulagi Skútustaðahrepps. Vatnsból Kröflustöðvar í Sandabotnum er einnig innan vatnsverndarsvæðisins.

Samkvæmt lögum nr. 97/2004 nýtur vatnasvið Mývatns og Laxár vatnsverndar, bæði yfirborðsvatn og grunnvatn, og nær það yfir allt Kröflusvæðið. Talið er að vatnaskil liggja nokkuð norðan Kröflusvæðisins og að grunnvatn renni þaðan til suðurs í átt að Mývatni (Vatnaskil, 2008). Í lögunum eru ákvæði um varnir gegn hvers konar mengun á vatnasviðinu, þar á meðal á grunnvatnskerfi.

Fjallað er um aðra vernd í viðeigandi undirköflum í kafla 9.

8 AÐFERÐAFRÆÐI VIÐ MAT Á UMHVERFISÁHRIFUM

Þessi frummatsskýrsla er unnin eftir þeirri forskrift sem sett er í matsáætlun. Matsáætlun samanstendur af tillögu að matsáætlun framkvæmdaraðila auk þess sem fram kemur í ákvörðun Skipulagsstofnunar um tillögu að matsáætlun.

Í þessum kafla er fjallað um aðferðafræði mats á umhverfisáhrifum Kröfluvirkjunar II. Fyrst er greint frá athugunarsvæði mögulegra beinna áhrifa og áhrifasvæði afmarkað. Því næst er umfjöllun um hvaða framkvæmdaþættir eru helst taldir hafa áhrif á umhverfið og á hvaða umhverfisþætti er lögð áhersla við mat á áhrifum. Einnig er greint frá þeim viðmiðum sem liggja til grundvallar mati á umhverfisáhrifum og hugtökum sem notuð eru við greiningu á einkennum og vægi áhrifa.

Í kafla 9 er fjallað um hvern umhverfisþátt fyrir sig. Fyrst er stutt umfjöllun um grunnástand viðkomandi umhverfisþáttar og svo lagt mat á hugsanleg áhrif fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II út frá rannsóknum og upplýsingum sem liggja fyrir. Ef mögulegt er að beita mótvægisáðgerðum til að lágmarka hugsanleg neikvæð áhrif á umhverfið verður þeirra getið þar sem við á.

8.1.1 ATHUGUNAR- OG ÁHRIFASVÆÐI

Yfirlitsmynd af Kröflusvæðinu, núverandi og fyrirhuguð mannvirki, er sýnd á mynd 4.1.

Athugunarsvæði vegna hugsanlegra áhrifa á umhverfi nær út fyrir orkuvinnslusvæðið. Má þar nefna áhrif á vatn, loft, landslag og samfélag. Athugunarsvæði vegna náttúrufars- og fornleifarannsóknna á orkuvinnslusvæðinu við Kröflu og á háspennulínuleiðum þaðan og frá Bjarnarflagi er sýnt á mynd 8.1.

Skipta má þýðingarmestu áhrifum fyrirhugaðra virkjunarframkvæmda í fjóra eftirfarandi þætti sem afmarka svokallað áhrifasvæði:

- Bein áhrif vegna rasks á borsvæðum, lagnaleiðum og slóðum meðfram þeim, vegarstæðum og byggingarreitum.
- Áhrif á loftgæði og vatn vegna útstreymis jarðhitalofttegunda og losunar jarðhitavökva.
- Sjónræn áhrif varanlegra mannvirkja og áhrif hljóðs frá borholum á framkvæmdatíma og virkjun á rekstartíma (ríkjandi hljóðuppsprettur).
- Áhrif á samfélag á nærliggjandi svæðum.

Í kafla 9 er lagt mat á umhverfisáhrif fyrirhugaðra framkvæmda. Heildaráhrifin eru sett fram í kafla 10 sem er þá jafnframt nánari lýsing á eiginlegu áhrifasvæði fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II.



Mynd 8.1 Athugunarsvæði náttúrufars- og fornleifarannsókna við Kröflu og á háspennulínuleiðum þaðan og frá Bjarnarflagi.

8.1.2 ÁHRIFAPÆTTIR

Fyrirkomulag mannvirkja Kröfluvirkjunar II er sýnt á **mynd 4.1**. Með hugtakinu áhrifapáttur er vísað til þeirra þátta framkvæmdar og starfsemi sem henni fylgir sem líklegir eru til að valda umhverfisáhrifum. Áhrifapættir eru greindir út frá upplýsingum um umfang og tilhögun framkvæmdar. Eftirfarandi framkvæmdapættir (áhrifapættir) eru taldir geta valdið umhverfisáhrifum á framkvæmdatíma annars vegar og á rekstrartíma hins vegar:

Framkvæmdatími	Rekstrartími
<ul style="list-style-type: none"> • Vegir og slóðir • Borteigar • Vatnsveitur • Borholur • Gufuveita • Stöðvarhús • Kæliturnar • Frárennslisveita • Umferð • Efnistaka 	<ul style="list-style-type: none"> • Vinnsla jarðhita • Borholur • Vatnsvinnsla • Losun affallsvatns • Útstreymi jarðhitalofttegunda • Varanleg mannvirki • Umferð

8.1.3 UMHVERFISPÆTTIR

Mikilvægt er að greina eins fljótt og hægt er hvaða áhrif fyrirhuguð framkvæmd getur haft á helstu umhverfisþætti. Sú vinna hefst með gerð matsáætlunar þar sem einnig er metið hvaða hlutar framkvæmdarinnar eru taldir líklegastir til að valda mestum umhverfisáhrifum og hvers eðlis þau áhrif eru. Við greiningu áhrifa er meðal annars stuðst við

- reynslu Landsvirkjunar af uppbyggingu og rekstri jarðhitavirkjana.
- reynslu Landsvirkjunar af borun rannsóknaholna og vinnsluholna.
- upplýsingar um staðhætti og umhverfi.
- ábendingar umsagnaraðila, leyfisveitenda, sérfræðinga og annarra er málið varðar.
- niðurstöðu Skipulagstofnunar úr ákvörðunum og úrskurðum vegna rannsóknaborana við Kröflu, stækkunar Kröfluvirkjunar og rannsóknaborana á vestursvæði við Kröflu.

Í kafla 9 hér á eftir verða metin umhverfisáhrif á þá umhverfisþætti sem framangreind greiningarvinna leiddi í ljós. Um er að ræða eftirfarandi umhverfisþætti:

- Jarðhitakerfi og orkuforði
- Landslag
- Jarðmyndanir
- Vatn
- Lífríki
- Loft

- Ásýnd
- Samfélag
- Fornleifar

Ef niðurstaða mats á umhverfisáhrifum leiðir í ljós neikvæð áhrif er gerð grein fyrir hugsanlegum mótvægisáðgerðum til að draga úr umfangi þeirra. Í ljósi niðurstöðu mats á umhverfisáhrifum eru settar fram tillögur um vöktun áhrifa ef þörf krefur.

8.1.4 VIÐMIÐ UMHVERFISÞÁTTA

Til að greina og meta áhrif virkjunar á umhverfið er gerð grein fyrir framkvæmdinni og grunnástandi umhverfisins á og í nágrenni virkjunarsvæðisins. Við mat á áhrifum framkvæmdar á umhverfisþætti er stuðst við eftirfarandi viðmið:

- Lög og reglugerðir.
- Gildandi skipulagsáætlanir.
- Aðra stefnumörkun stjórnvalda.
- Sérfræðiskýrslur (sjá **töflu 1.2**).
- Umsagnir og athugasemdir sem koma fram við samráð og kynningu.

Viðmið í **töflu 8.1** eru notuð við mat umhverfisáhrifa þeirra umhverfisþátta sem getið er í kafla 8.1.3. Við mat á umhverfisáhrifum eru einnig notaðar niðurstöður úr sérfræðiskýrslum og umsagnir og athugasemdir sem komu fram við samráð og kynningu. Auk þess eru markmið Landsvirkjunar í umhverfismálum ávallt höfð til hliðsjónar, til að mynda að vinna verkefnið í sátt við lífríki og náttúru og stuðla að sem bestri nýtingu auðlinda.

8.1.5 EINKENNI OG VÆGI ÁHRIFA

Við mat á umhverfisáhrifum fyrirhugaðrar framkvæmdar eru stuðst við leiðbeiningar Skipulagsstofnunar um flokkun umhverfisáhrifa, viðmið, einkenni og vægi. Í hverjum áhrifakafla eru einkenni og vægi áhrifa metin með tilliti til umfangs og skilgreindra viðmiða. Í samantektartöflu í lok skýrslunnar eru einkenni og vægi umhverfisáhrifa dregin saman fyrir hvern umhverfisþátt. Eftirfarandi skilgreiningar á einkennum og vægi áhrifa eru notuð eftir því sem við á:

Einkenni umhverfisáhrifa

- Bein og óbein áhrif
- Jákvæð og neikvæð áhrif
- Sammögnuð áhrif
- Varanleg áhrif
- Tímabundin áhrif
- Afturkræf og óafturkræf áhrif

Vægi umhverfisáhrifa

Til að skilgreina vægi áhrifanna er notast við hugtök sem byggja á leiðbeiningum Skipulagsstofnunar. Í **töflu 8.2** eru hugtökin sett fram ásamt skýringum.

Tafla 8.1 Umhverfispættir og viðmið.

Umhverfispættir	Viðmið
Jarðhitakerfi og orkuforði	<ul style="list-style-type: none"> Lög nr. 57/1998 um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu. Velferð til framtíðar, sjálfbær þróun í íslensku samfélagi, stefnumörkun til ársins 2020, gefið út af umhverfisráðuneytinu.
Landslag og ásjýnd	<ul style="list-style-type: none"> V. kafli laga nr. 44/1999 um náttúruvernd. Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025.
Jarðmyndanir	<ul style="list-style-type: none"> 37. gr. laga um náttúruvernd nr. 44/1999. Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025. Velferð til framtíðar, sjálfbær þróun í íslensku samfélagi, stefnumörkun til ársins 2020, gefið út af umhverfisráðuneytinu.
Vatn	<ul style="list-style-type: none"> Lög um verndun Mývatns og Laxár, nr. 97/2004. Lög nr. 57/1998 um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu. Fyrirliggjandi grunnvatnslíkan fyrir svæðið. Reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns m.s.br. Reglugerð nr. 797/1999 um varnir gegn mengun grunnvatns. Reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn. Reglugerð nr. 35/1994 um varnir gegn olíumengun frá starfsemi í landi.
Lífriki	<ul style="list-style-type: none"> Lög nr. 44/1999 um náttúruvernd. Válisti 1 - Plöntur, 1996. Válisti 2 - Fuglar, 2000. Alþjóðasamningar sem varða líffræðilega fjölbreytni og vernd votlendis, svo sem Ramsarsamningurinn. Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025.
Loft	<ul style="list-style-type: none"> Viðmið Alþjóða heilbrigðismálastofnunarinnar (WHO). Reglugerð nr. 154/1999 um mengunarmörk og aðgerðir til að draga úr mengun á vinnustöðum. Lög um losun gróðurhúsalofttegunda nr. 65/2007. Lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengun. Reglugerð nr. 787/1999 um loftgæði. Rammasamningur Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar.
Samfélag	<ul style="list-style-type: none"> Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025. Viljayfirlýsing ríkisstjórnar Íslands, Norðurþings, Skútustaða-hrepps og Þingeyjarsveitar. 22. október 2009. Reglugerð nr. 724/2008, um hávaða.
Fornleifar	<ul style="list-style-type: none"> Þjóðminjalög nr. 107/2001.

Tafla 8.2 Hugtök um vægi áhrifa ásamt skýringum.

Vægi áhrifa	Skýringar
Verulega jákvæð	<ul style="list-style-type: none"> Áhrif framkvæmdar á umhverfisþátt bæta hag mikils fjölda fólks og/eða hafa jákvæð áhrif á umfangsmikið svæði. Breyting eða ávinningur sem hlýst af framkvæmd er oftast varanleg. Áhrifin eru oftast á svæðis-, lands- og/eða heimsvísu en geta einnig verið staðbundin. Áhrifin samræmast ákvæðum laga og reglugerða, almennri stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.
Talsvert jákvæð	<ul style="list-style-type: none"> Áhrif framkvæmdar á umhverfisþátt taka ekki til umfangsmikils svæðis, en svæðið kann að vera viðkvæmt fyrir breytingum, m.a. vegna náttúrufars og fornminja. Áhrifin geta verið jákvæð fyrir svæðið og/eða geta verið jákvæð fyrir fjölda fólks. Áhrifin gera verið varanleg. Áhrif geta verið staðbundin, svæðisbundin og/eða á landsvísu. Áhrifin samræmast ákvæðum laga og reglugerða, almennri stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.
Nokkuð jákvæð	<ul style="list-style-type: none"> Áhrif framkvæmdar á umhverfisþátt eru minni háttar, með tilliti til umfangs svæðis og viðkvæmni þess fyrir breytingum ásamt fjölda fólks sem verður fyrir áhrifum. Áhrifin eru í mörgum tilfellum tímabundin Áhrifin eru oftast staðbundin eða svæðisbundin. Áhrifin samræmast ákvæðum laga og reglugerða, almennri stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.
Óveruleg/engin	<ul style="list-style-type: none"> Áhrif framkvæmdar á umhverfisþátt eru lítil og taka til lítills afmarkaðs svæðis. Verndargildi umhverfisþátta er óverulegt. Áhrif á fólk eru óveruleg. Áhrif staðbundin og yfirleitt afturkræf. Áhrif framkvæmdar á umhverfisþátt eru engin á skilgreindu áhrifsvæði. Áhrifin samræmast ákvæðum laga og reglugerða, almennri stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.
Nokkuð neikvæð	<ul style="list-style-type: none"> Áhrif framkvæmdar á umhverfisþátt eru minni háttar með tilliti til umfangs svæðis og viðkvæmni þess fyrir breytingum ásamt fjölda fólks sem verður fyrir áhrifum. Áhrifin eru í mörgum tilfellum tímabundin og að mestu afturkræf. Áhrifin eru oftast staðbundin eða svæðisbundin. Áhrif geta að einhverju leyti verið í ósamræmi við ákvæði laga og reglugerða, almenna stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamninga sem Ísland er aðili að.
Talsvert neikvæð	<ul style="list-style-type: none"> Áhrif framkvæmdar á umhverfisþátt taka ekki til umfangsmikils svæðis, en svæðið kann að vera viðkvæmt fyrir breytingum, m.a. vegna náttúrufars og fornminja. Áhrifin geta verið neikvæð fyrir svæðið og/eða geta valdið fjölda fólks ónæði eða óþægindum. Áhrifin geta verið varanleg og í sumum tilfellum óafturkræf. Áhrif geta verið staðbundin, svæðisbundin og/eða á landsvísu. Áhrif geta verið í ósamræmi við ákvæði laga og reglugerða, almenna stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamninga sem Ísland er aðili að.
Verulega neikvæð	<ul style="list-style-type: none"> Áhrif framkvæmdar á umhverfisþátt skerða umfangsmikið svæði og/eða svæði sem er viðkvæmt fyrir breytingum, m.a. vegna náttúrufars og fornminja, og/eða rýra hag mikils fjölda fólks. Breyting eða tjón sem hlýst af framkvæmdinni er oftast varanleg og yfirleitt óafturkræf. Áhrifin eru oftast á svæðis-, lands- og/eða heimsvísu en geta einnig verið staðbundin. Áhrifin eru í ósamræmi við ákvæði laga og reglugerða, almenna stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamninga sem Ísland er aðili að.
Óvissa	<ul style="list-style-type: none"> Ekki er vitað um eðli eða umfang umhverfisáhrifa á tiltekna umhverfisþætti, meðal annarsa. vegna skorts á upplýsingum, tæknilegra annmarka eða skorts á þekkingu. Það getur verið unnt að afla upplýsinga um áhrifin með frekari rannsóknum eða markvissri vöktun.

9 GRUNNÁSTAND OG UMHVERFISÁHRIF

Í kafla 8 er fjallað um aðferðafræði mats á umhverfisáhrifum fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II. Greint er frá athugunarsvæði vegna hugsanlegra umhverfisáhrifa, hvaða framkvæmdaþættir eru taldir hafa áhrif á umhverfið og á hvaða umhverfisþætti er lögð áhersla við mat á áhrifum. Í köflum 9.1 til 9.9 er fjallað um mismunandi umhverfisþætti. Fyrst er greint frá grunnástandi út frá rannsóknum og upplýsingum sem liggja fyrir. Yfirgripsmiklar rannsóknir á Kröflusvæðinu undanfarna þrjú áratugi, samhliða reynslu af framleiðslu á 60 MW_e í Kröflustöð, eru nýttar við að meta umhverfisáhrif fyrirhugaðrar framkvæmdar. Einnig eru í því sambandi notaðar niðurstöður viðamikils eftirlits á rekstrartíma Kröflustöðvar. Þar sem við á eru lagðar til mótvægisáðgerðir til að minnka hugsanleg umhverfisáhrif. Einkenni og vægi umhverfisáhrifa eru metin út frá skilgreindum viðmiðum og ef við á, mótvægisáðgerðum.

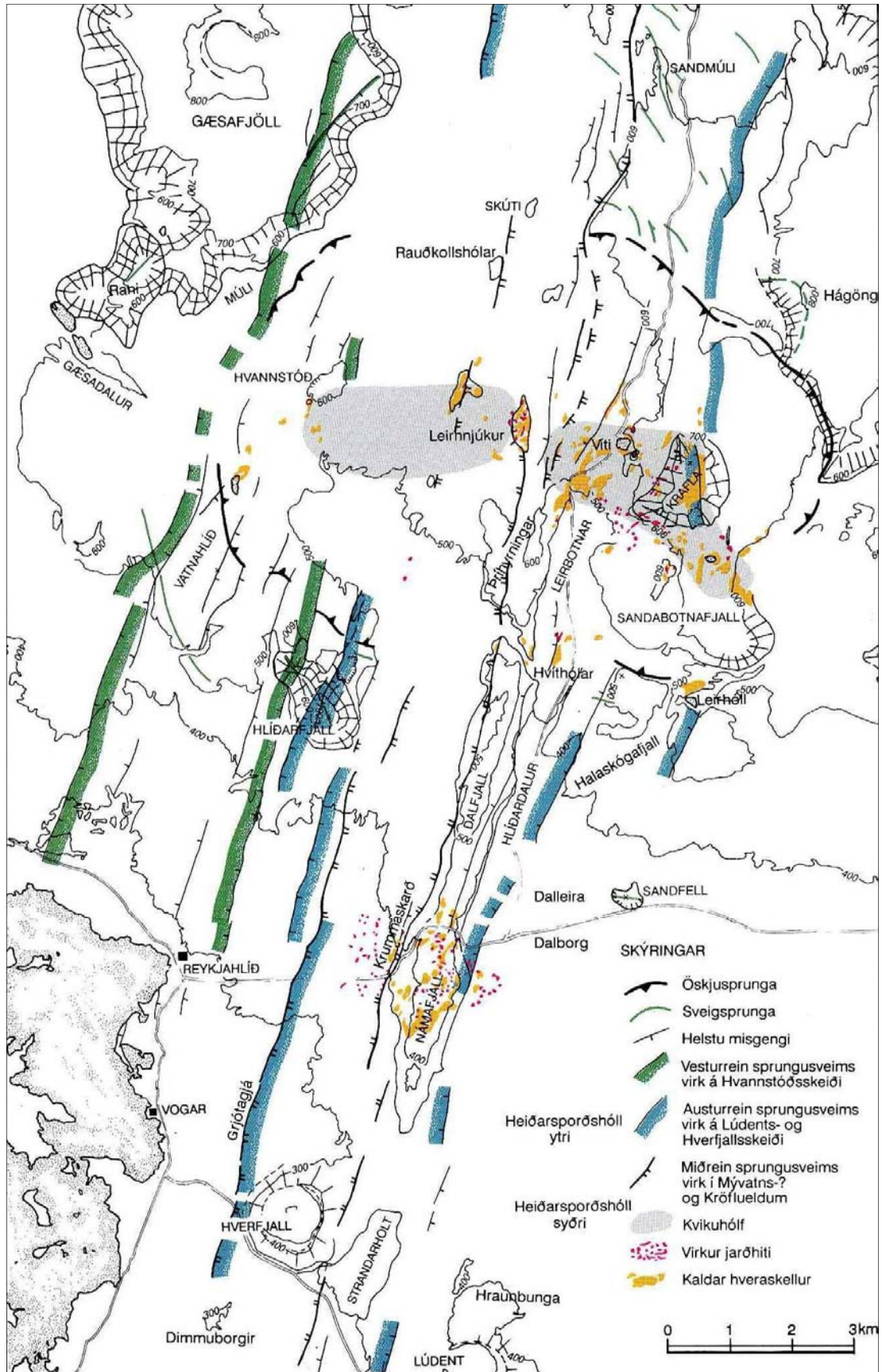
9.1 JARÐHITAKERFI OG ORKUFORÐI

9.1.1 GRUNNÁSTAND

Jarðfræði Kröflukerfisins

Krafla er þroskuð megineldstöð með 8x10 km stóra öskju og virkt jarðhitakerfi. Sprungusveimur liggur langsum í gegnum Kröfluöskjuna, og nær frá Jökulsár-söndum fyrir botni Öxarfjarðar allt suður á móts við Bláfjall. Eldstöðvakerfið allt er nálægt 100 km á lengd. Sprungusveimurinn er tvískiptur í vestur- og austurrein eins og sjá má á mynd 9.1. Eldvirknin eftir að síðustu ísöld lauk hefur verið á víxl í vestur- og austurreininni. Undanfarin 3.000 ár hefur eldvirknin eingöngu verið úr austari sprungureininni en í um það bil 5.000 ár þar á undan var sú vestari virk. Eldvirkni í vestari gosreininni er mun minni en í þeirri austari (Kristján Sæmundsson, 1991).

Undir Kröflu eru kvikuhólf talin vera á um 3-7 km dýpi. Undir Leirhnjúki, þar sem sprunguvirknin er hvað mest, virðist vera nokkurs konar mitti á milli kvikuhólfanna. Kvikuhólfín eða innskot og gangar ofan þeirra eru aðal hitagjafi jarðhitakerfisins. Samkvæmt greiningu jarðskjálfta undir megineldstöðinni liggja kvikuhólfín á austurvesturbelti í öskjunni sem fellur vel að yfirborðsummerkjum virks jarðhita (yfirborðsjarðhiti og ummyndanir) sem nær yfir um 30 km² svæði. Jarðhitinn er virkastur um miðbik svæðisins, Litli-Leirhnjúkur og Leirhnjúkur, og að austanverðu við Víti og Hveragil (Einarsson, P., 1978; Anette K. Mortensen o.fl., 2009).



Mynd 9.1 Brotakerfi Kröflueldstöðvarinnar. Vesturrein sprungusveimsins er sýnd með grænum lit og austurreinin með bláum lit (Kristján Sæmundsson, 1991).

Borsagan

Eftirfarandi umfjöllun er úr endurskoðun á hugmyndalíkani Kröflusvæðisins (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Boranir í Kröflu hófust sumarið 1974 þegar boraðar voru tvær rannsóknaholur á svæðinu með bornum Glaumi. Holurnar náðu niður á 1.138 og 1.204 m dýpi. Á niðurstöðum rannsókna á þessum tveimur holum mælti Orkustofnun með virkjun svæðisins. Árið 1975 hófst borun vinnsluholna og sama ár var byrjað að reisa stöðvarhús virkjunarinnar. Í lok ársins hófust eldsumbrot í Leirhnjúki með ófyrirsjáanlegum afleiðingum fyrir framkvæmdirnar.

Sumarið 1976 hófust boranir að nýju. Boraðar voru 6 holur með tveimur borum, gufubornum Dofra og Jötni, sem þá var nýjasti bor landsins. Árangur þessara borana var ekki samkvæmt væntingum og varð mönnum þá ljóst að Kröflusvæðið væri mjög flókið jarðhitakerfi. Mikið lærðist á þessu sem hefur nýst síðan. Þannig kom í ljós að Leirbotnasvæðið, sem borað hafði verið í fram til þessa (Vítismór þar með talinn) reyndist tvískipt í efra og neðra kerfi, sem var illmögulegt að keyra saman í sömu holunni. Hönnun fódringa var því endurskoðuð og unnið samkvæmt því árið 1977.

Haustið 1978 var hola K-12 boruð austan við skiljustöðina. Hún varð 2.222 m djúp og var lengi vel dýpsta holan í Kröflu. Holan reyndist skila yfirhitaðri gufu og með svæsna klóríð tæringu. Í ljós kom að jarðhitakerfið undir Leirbotnasvæðinu var undir áhrifum kvikugasa og því nauðsynlegt að útvíkka borsvæðið.

Næst var haldið inn á nýtt borsvæði í suðurhlíðum Kröflu. Hola K-14 var boruð og heppnaðist vel. Holan skilaði um 7 MW_e afli og sýndi nýja eðliseiginleika fyrir þennan hluta svæðisins.

Sumarið 1981 voru boraðar holur K-16, 17 og 18 í Suðurhlíðum með misjöfnum árangri. Í ljós kom að mikill munur var á hita við holu K-18 og við hinar Suðurhlíðaholurnar þar sem hún var mun kaldari í efri hlutanum. Ári síðar voru holur K-19 og 20 boraðar í Suðurhlíðum. Með holu K-20 urðu þáttaskil í borunum þegar ný bortækni var tekin upp, svokölluð stefnuborun. Holan varð 1.823 m djúp og náði um 650 m út í borstefnuna.

Með tilkomu stefnuborunartækni og gírómælinga varð ákveðin stefnubreyting við borframkvæmdir. Með gírómælingum á nokkrum eldri holum kom í ljós að margar þeirra höfðu skekkst í borun og hallaði eins og um stefnuborun væri að ræða.

Árið 1982 var haldið yfir á nýtt borsvæði á Hvíthólum sem var laust við kvikugös. Þar var haldið áfram árið 1983.

Næstu árin var tiltölulega rólegt í borframkvæmdum eða þar til hola K-24 var boruð sumarið 1988. Sumarið 1990 var svo hola K-25 boruð í Vítismó. Ákveðnar vísbendingar voru um endurbata á þessum slóðum í jarðhitakerfinu. Borunin gekk vel og markmið með boruninni gengu upp þar til að í ljós kom að vökvinn þar var enn súr og tærandi. Þetta sumar var einnig forborað fyrir holu K-26 og svo á borplani austan Vítis þar sem níu árum síðar var boruð hola K-34.

Vökvinn í holu K-26 reyndist súr og var því ákveðið að kæfa holuna til að forða henni frá skemmdum. Frá því snemma árs 2002 hefur holan verið notuð sem niðurdælingarhola.

Árið 1996 var ákveðið að setja niður vél 2 í Kröflustöð og bora til að fullnægja gufuþörfinni. Á næstu árum voru ýmsar holur boraðar eða endurunnar. Sumar uppfylltu væntingar á meðan aðrar gerðu það ekki. Þróunarvinna við stefnuboranir var þá enn í þróun sem sést á því að hola K-32, sem átti að bora til norðausturs, hafði leitað til norðurs og síðan vesturs. Þrátt fyrir það er hún góð vinnsluhola.

Síðustu tvær holurnar sem boraðar voru vegna stækkunar Kröflu voru K-33 og K-34. Sú síðarnefnda var boruð lóðrétt niður á 2.000 m dýpi skammt austan við Víti. Allt gekk að óskum og er holan sú öflugasta sem boruð hefur verið í Kröflu. Upphaflega svaraði afl hennar til um 18 MW_e.

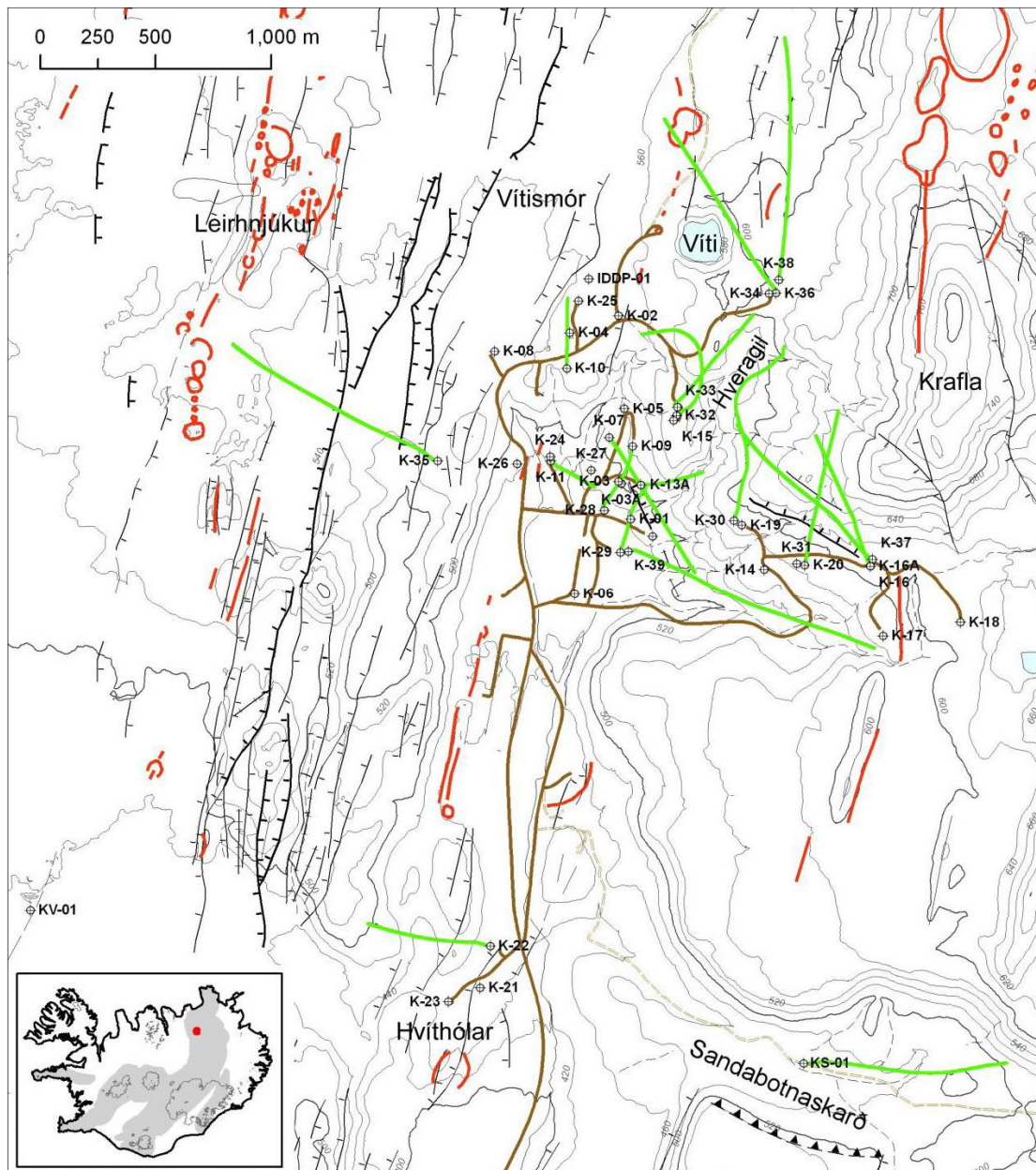
Eftir þessar framkvæmdir í Kröflu kom langt hlé þar til árið 2006 er verkefni um rannsóknaboranir hófst á Norðausturlandi. Verkefnið náði yfir háhitasvæðin á Norðausturlandi frá Námafjalli til Þeistareykja að báðum meðtöldum. Í Kröflu hófust rannsóknaboranir á vestursvæðinu í Leirhnjúkshrauni árið 2006. Hola KV-1 var boruð lóðrétt niður á tæpa 3.000 m. Þar var botnhiti ekki hærri en 240°C og því ekki eftir neinu að slægjast. Kjarnahola KH-6 var boruð vestan Þríhyrninga til frekari upplýsingaöflunar. Hún gaf frekari vonir um norðurhluta vestursvæðisins, en þangað má ná með borunum, austan frá núverandi borsvæði við Rauðhóla (borsvæði D).

Árið 2007 var hola KS-1 stefnuboruð í Sandabotnaskarði til austurs, samsíða öskjumisgenginu og þvert á N-S brotastrúktúr, sem liggur meðfram Hrafninnuhrygg. Hún var rétt í meðallagi í afköstum en sýndi bæði góðan hita og lekt. Með þessari holu var leitað út fyrir þáverandi vinnslusvæði.

Næst var borað fyrir vestan Rauðhól, á gömlu borplani sem þar er. Hola K-35 var stefnuboruð þaðan til vestnorðvesturs, með stefnu undir megingíga Mývatnselda. Í ljós kom að súr tærandi vökví var í botnæðum hennar. Hola K-36 var stefnuboruð frá borplani K-34, austan Vítis, vestnorðvestur undir Vítis- og Hólseldasprungunar. Undir Hólseldasprungunni kom í ljós mjög öflugt en tærandi jarðhitakerfi sem þurfti að steypa í. Aftur á móti var vökvinn úr Vítissprungunni góður til vinnslu á 1.400-1.600 m dýpi. Í lok ársins og fram yfir áramót var hola K-37 boruð í Suðurhlíðum en hún gaf lítið.

Árið 2008 voru boraðar tvær holur. Sú fyrri var 2.700 m löng, á borteignum austan Vítis, stefnuboruð til norðurs. Hún sá efra kerfið ná dýpra niður og einng að tærandi vökví var neðan 2.000-2.500 m dýpis. Hola K-39 var boruð frá borteig K-29 með stefnu til austurs undir Grænagil. Hún varð tæplega 2.900 m löng en lenti í kviku. Steypt var í botninn á henni en vökvinn sem fékkst úr holunni reyndist samt tærandi.

Sjá má staðsetningu borholna á **mynd 9.2**. Grænar línur sýna stefnu borana og hversu langt þær ná.



Mynd 9.2 Staðsetning borholna á Kröflusvæðinu (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

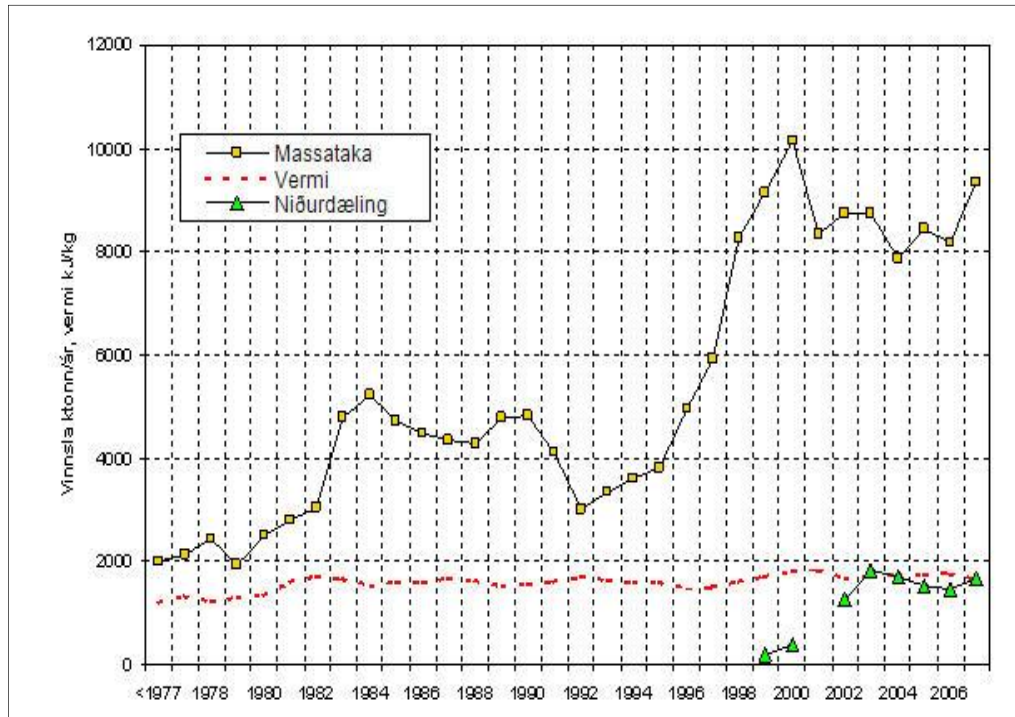
Vinnslugeta Kröflukerfisins – afköst borholna

Afköst borholna í Kröflu hafa verið mæld reglulega samfara vinnslu úr þeim. Niðurstöður þessara mælinga eru birtar í árlegum eftirlitsskýrslum (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 2009). Í **töflu 9.1** er yfirlit um afköst einstakra holna.

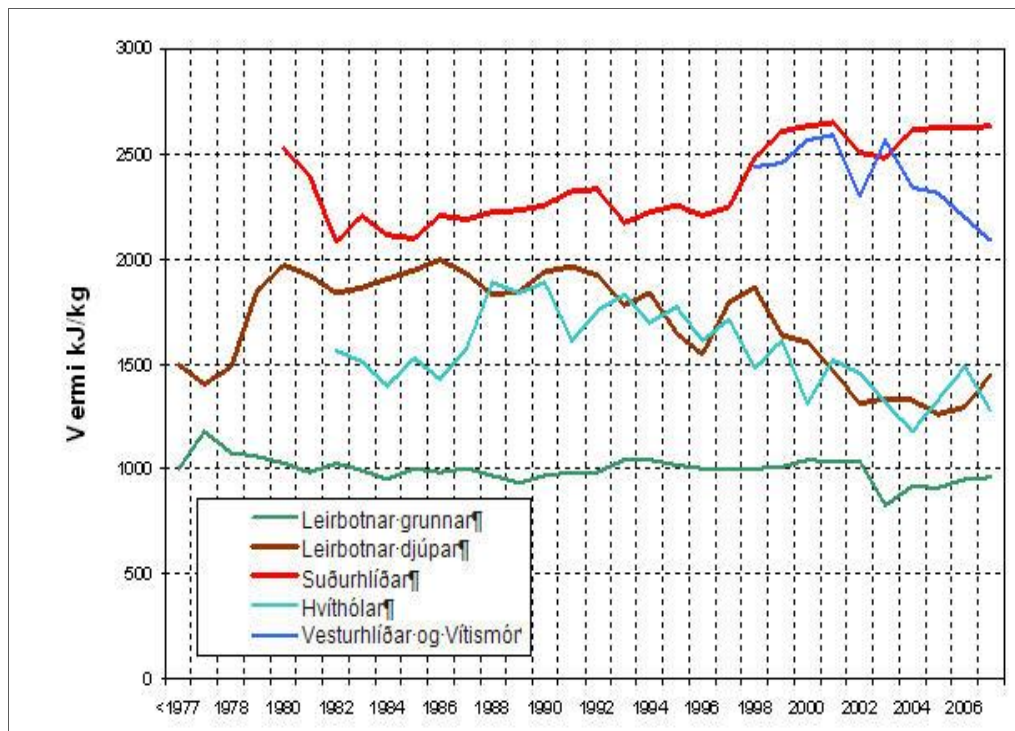
Samanlögð vinnsla úr jarðhitasvæðinu í Kröflu er sýnd á **mynd 9.3** og vermi rennslis frá borsvæðunum á **mynd 9.4** (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 2008). Vermi hefur haldist stöðugt í grynri hluta Leirbotnasvæðisins. Vermi rennslis úr djúpum holum í Leirbotnum og Hvíthólum hefur minnkað eftir að vinnsla úr kerfinu var tvöfölduð frá 1997–1999. Vermi hefur aukist frekar í Suðurrhlíðum en minnkað í holum í Vesturrhlíðum og Vítismóum frá því að vinnsla hófst þar.

Tafla 9.1 Yfirlit yfir afköst borholna á Kröflusvæðinu (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Hola	Borað ár	Dýpi m	Vermi kJ/kg	Rennsli kg/s	Varmaafll MW	Rafafll MW _e	Athugasemdir
K-01	1974	1.138	1.676	4,7	7,1	1,2	
K-02	1974	1.204	903	16,8	12,4	1,5	
K-03	1975	1.720	1.070	80	71,4	6,2	
K-03!	1983	985	903	20,2	14,9	1,8	
K-04	1975	2.000					Sjálfskaparviti
K-05	1975	1.299	925	20,2	15,3	1,4	
K-06	1976	2.000	1.673	10,6	15,9	2,3	
K-07	1976	2.165	1.624	17,1	24,8	3,5	
K-08	1976	1.658	871	13,7	10,7	1,0	
K-09	1976	1.101	939	18,1	13,9	1,3	Fyrir dýpkun
K-09	1977	1.280	1.316	41,3	47,5	6,1	Fóðruð og dýpkuð
K-10	1976	2.082	1.331	48,2	56,1	7,2	
K-11	1976	2.217	2.121	6,5	12,6	2,0	Eftir endurfóðrun
K-12	1978	2.222	2.891	9,8	27,0	4,5	
K-13	1980	2.050	2.668	6,0	15,1	2,5	
K-13A	1983	1.780	2.202	14,6	29,8	4,7	Stefnuboruð að Hveragili
K-14	1980	2.107	2.630	17,0	41,9	6,9	
K-15	1980	2.097	2.675	4,2	10,4	1,7	
K-16	1981	1.981	1.695	7,9	12,1	1,8	
K-16A	1998	2.191	2.203	5,3	10,1	1,6	Stefnuboruð undir Kröflu
K-17	1981	2.190	1.814	8,9	14,2	2,1	
K-18	1981	2.215					Þétt – hefur ekki blásið
K-19	1982	2.150	2.658	8,7	21,7	3,6	
K-20	1982	1.823	1.714	14,0	21,7	3,2	
K-21	1982	1.200	1.683	34,8	53,8	7,6	
K-22	1983	1.876	1.213	20,9	21,9	2,6	
K-23	1983	1.968					Þétt – hefur ekki blásið
K-24	1988	1.400	891	22,4	16,2	1,4	
K-25	1.990	2.105	1.938	41,5	73,5	11,2	
K-26	1991	1.200	1.013	21,1	17,9	1,8	Fyrir dýpkun
K-26	1991	2.127	2.595	8,0	19,4	3,2	Fóðruð og dýpkuð
K-27	1997	1.771	1.163	31,1	30,9	3,6	
K-28	1996	1.003	1.047	60,6	53,3	5,7	
K-29	1997	2.103	2.674	10,3	25,8	4,3	
K-30	1997	2.054	2.389	33,2	73,9	11,9	
K-31	1997	1.440	2.676	7,1	17,9	3,0	
K-32	1998	1.875	2.676	13,2	33,2	5,5	
K-33	1999	2.011	2.676	25,4	63,6	10,5	
K-34	1999	2.002	2.632	45,7	112,7	18,4	
K-35	2007	2.508	2.562	19,1	45,8	7,5	
K-36	2007	2.501	2.676	45,1	113	18,7	
K-36	2008	1.700	2.027	11,3	21,0	3,2	Steypt upp að 1.700 m
K-37	2008	2.194	2.672	9,4	23,6	2,6	
K-38	2008	2.700	2.305	16,7	35,6	6,4	
K-39	2008	2.822	2.450	14,9	34,1	5,5	Steypt upp í 2.612 m
KS-01	2007	2.502	1.623	14,2	20,7	3,0	Sandabotnaskarð
KV-01	2006	2.894					Leirhnjúkshraun-köld
Samtals				900	1.413	206	
Meðaltal				19,6	30,7	4,5	



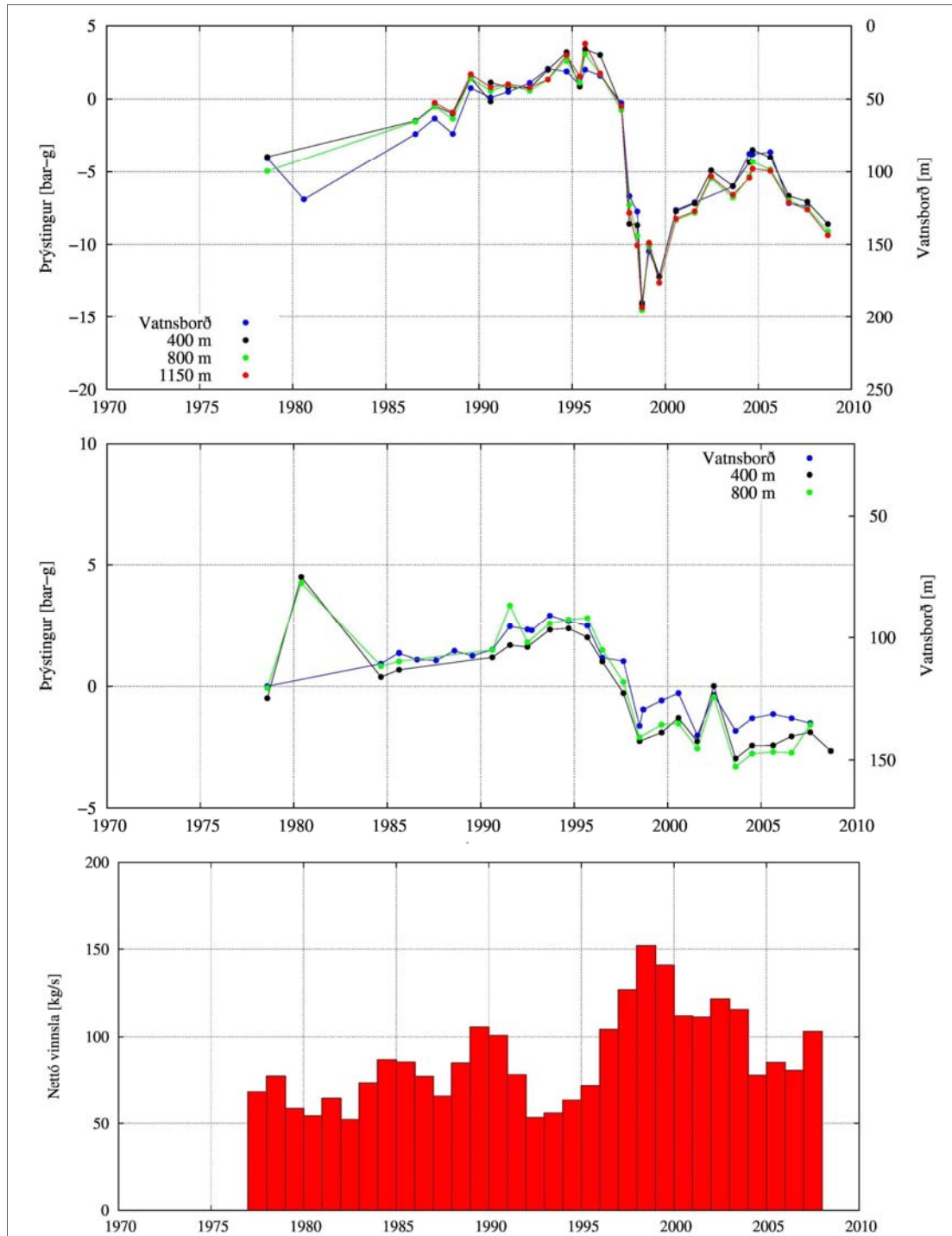
Mynd 9.3 Vinnsla og niðurdæling á jarðhitasvæðinu í Kröflu (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).



Mynd 9.4 Vermi borholuvökva eftir borsvæðum (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Afköst grunnra holna í Leirbotnum: Hóla K-9 var boruð 1976 og K-28 1996 eða 20 árum síðar. Þær hafa stíflast af kalki og voru hreinsaðar reglulega. Eftir að tálma-búnaði var komið í þær þá hættu útfellingarnar. Afköstin hafa verið óregluleg, bæði vegna útfellinga og óstöðugar notkunar. Að jafnaði hefur þó dregið úr afköstunum í holu K-9. Holur K-5 og K-24 hafa lítið breyst. **Mynd 9.5** sýnir eftirlitsmælingar í

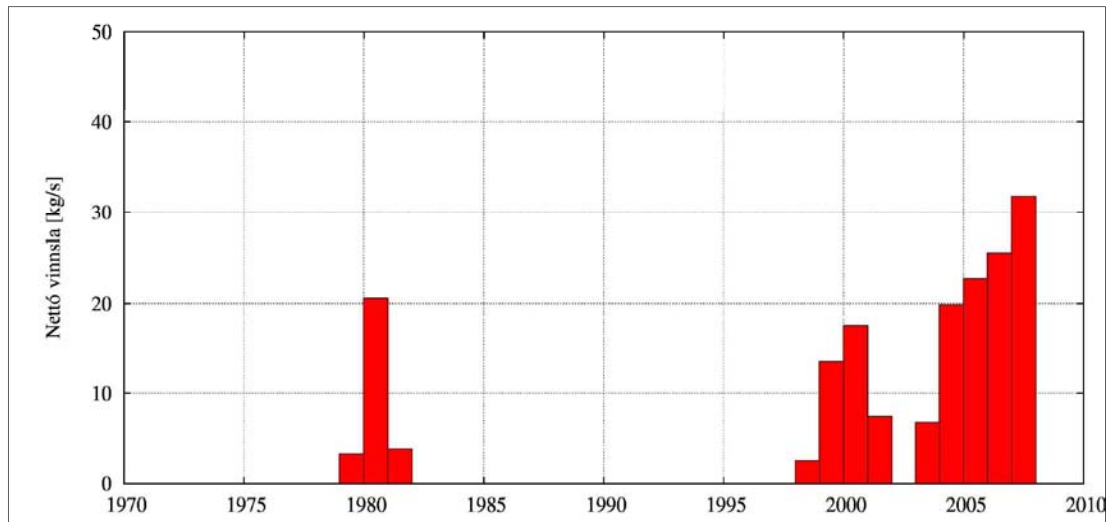
holu K-6 og vinnslusögu Leirbotna. Mælingarnar endurspeglar mjög skýrt viðbrögð vegna blásturs efra kerfis holna í Leirbotnum. Þrátt fyrir tengingu í neðri hluta svæðisins þá sjást engin merki um vinnslu þar í eftirlitsmælingunum. Sama er að segja um eftirlitsmælingar í holu K-10 sem nemur norðurhluta efra kerfisins og hefur einnig tengingu í neðra kerfi Leirbotna (**mynd 9.5**). Hola K-10 svarar bæði til kerfisins í Leirbotnum og í Vítismó.



Mynd 9.5 Þrýstingsþróun í eftirlitsmælingum í holum K-6 og K-10 í samanburði við vatnsborðsmælingar frá 1976 til 2008. Á neðstu myndinni má sjá vinnslusögu Leirbotna til samanburðar (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

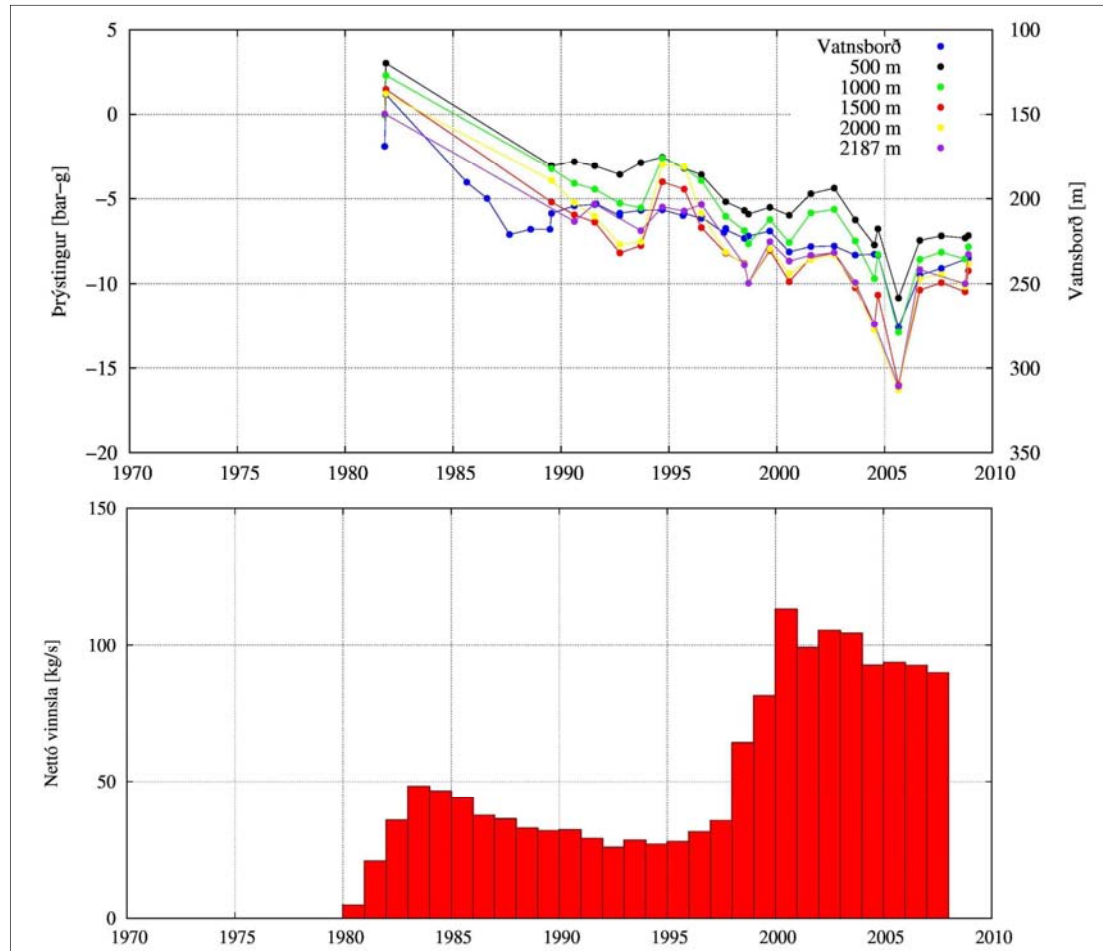
Afköst djúpra holna í Leirbotnum: Rennsli hefur aukist úr holunum og vermi lækkað samhliða, væntanlega vegna aðstreymis kaldari vökva. Hægt hefur á þessu hin síðustu ár. Þróun þessi hófst löngu áður en byrjað var að dæla í holu K-26 og því erfitt að tengja kólnunina við niðurdælinguna.

Afköst holna í Vesturhlíðum og Vítismó: Vermi rennslis úr holu K-32 í Vítismó hefur minnkað jafnt og þétt undanfarin ár vegna aukins vatnsrennslis og minnkandi gufurennslis úr holunni. Afköst holu K-34 hafa minnkað jafnt og þétt frá því hún var tekin í notkun. Vatnsrennsli hefur verið lítið og vermi hátt. Á mynd 9.6 má sjá vinnslusögu Vítismós.



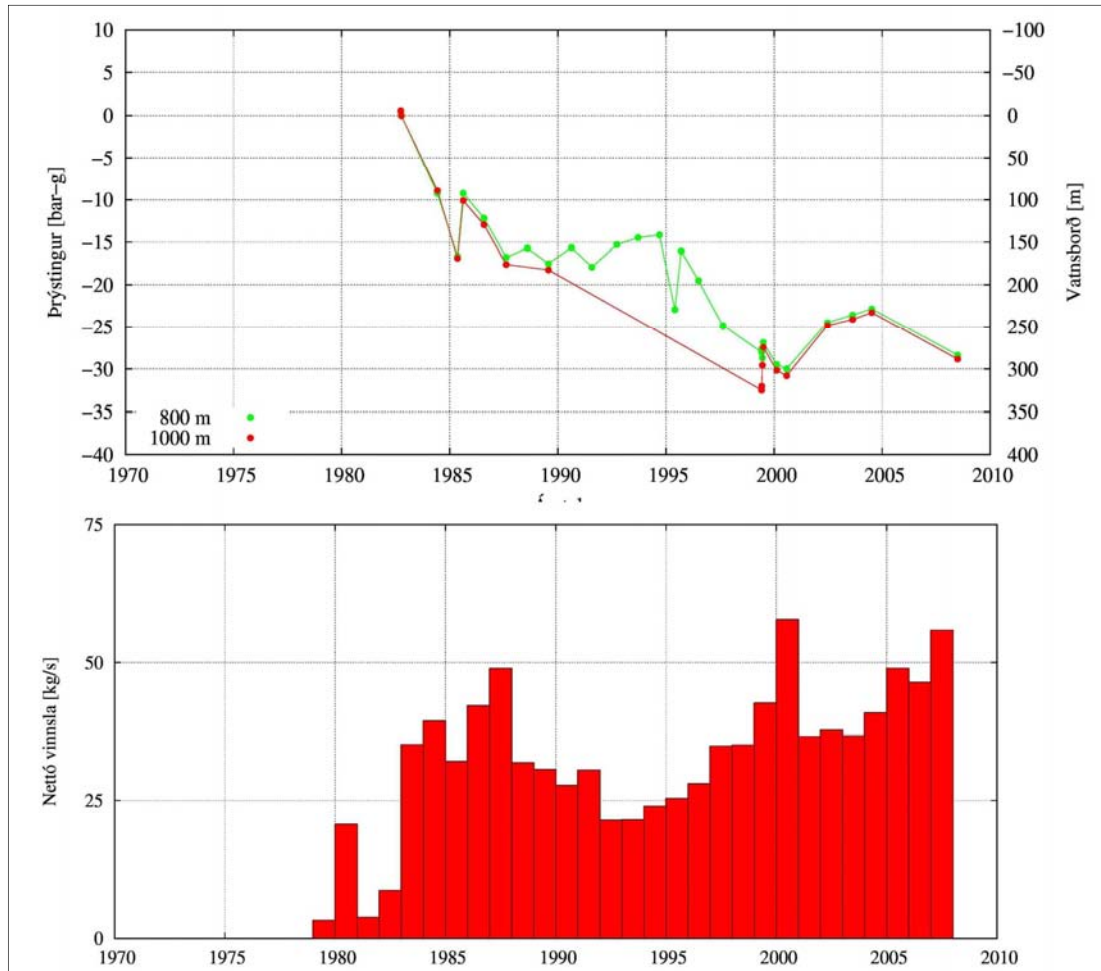
Mynd 9.6 Vinnslusaga Vítismós (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Afköst holna í Suðurhlíðum: Fyrsta holan, K-14, var boruð þar 1980 og á næstu þremur árum voru holur K-16, K-17, K-18, K-19 og K-20 boraðar. Hóla K-18 er austast á svæðinu og hefur alla tíð frá lokum borunar verið notuð sem eftirlitshola. Árin 1997 og 2007 voru holur K-31 og K-37 boraðar í Suðurhlíðum og hafa reynst afkastalitlar þrátt fyrir að hafa ágætan ádælingarstuðul. Vermi rennslis hefur verið hátt í öllum holunum frá upphafi nema holu K-20. Vermið í henni hefur þó hækkað jafnt og þétt og er hún nú næstum þurr. Vermið er hæst í holum K-14, K-19 og K-31, sem eru næstum þurrar. Afköst hafa minnkað í nær öllum holunum í Suðurhlíðum, nema holum K-17 og K-20 sem hafa haldið afli. Það bendir til þess að aflminnkun borholna í Suðurhlíðum sé vegna þrýstilækkunar í jarðhitageyminum frekar en vegna borholuskemmda eða stíflunar. Mynd 9.7 sýnir þrýstingsbreytingar í holu K-18 mest allan vinnslutímamann og vinnslusögu Suðurhlíða. Afgerandi breyting eða þrýstifall er mælt árið 2006, sem var skýrt á þann hátt að köld gusa hafi komið inn í eftirlitsholuna. Árið eftir var ástandið komið í fyrra horf.



Mynd 9.7 Þrýstingsþróun í eftirlitsmælingum í holu K-18 í samanburði við vatnsborðsmælingar. Á neðri myndinni má sjá vinnslusögu Suðurhlíða til samanburðar (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Afköst í Hvíthólum: Hóla K-21 var boruð 1982 og hefur verið í notkun með stuttum hléum síðan. **Mynd 9.8** sýnir þrýstingsbreytingar í holu K-21 mest allan vinnslutímann og vinnslusögu Suðurhlíða. Vermis rennslis úr holu K-21 hefur verið að lækka undanfarin ár. Þetta stafar bæði af auknu vatnsrennslis úr holunni og einnig minnkandi gufurennslis.



Mynd 9.8 Þrýstingsþróun í eftirlitsmælingum í holu K-21 í samanburði við vatnsborðsmælingar. Á neðri myndinni má sjá vinnslusögu Hvíthóla til samanburðar (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Í kjölfar ákvörðunar um stækkun Kröfluvirkjunar 1996 var farið í gerð þrívíðs líkans af Kröflusvæðinu í heild sinni og var unnið að því næstu árin. Líkanið var byggt á nýju hugmyndalíkani og samanstóð af 5.500 kubbum í 10 lögum, skipt í 26 bergtegundir. Líkanið var enn á vinnslustigi þegar áfangaskýrsla var skrifuð og gekk illa að herma afkastamælingar (Grímur Björnsson o.fl., 1997a). Síðar hafa verið skrifaðar þrjár greinargerðir um stöðu verkefnisins (Grímur Björnsson o.fl., 1997b; Grímur Björnsson og Ómar Sigurðsson, 1999; Ómar Sigurðsson, 2001) og er þar greint frá framförum í hermun svæðisins en ekki var gerð nein lokaskýrsla um verkefnið.

Lengi vel voru vissir erfiðleikar við hermun Kröflukerfisins vegna grunnra kvikuinnskota og kvikuhólfa. Það olli meðal annars skammvinnum líftíma margra borholna vegna tæringar og útfellinga. Eftir að virkjunin var stækkuð upp í 60 MW_e var ljóst að víða mátti afla gufu með venjubundnum aðferðum, en annars staðar var þörf á tæknilegum úrlausnum við að nýta gufuna inn á hverfla virkjunarinnar. Eins og fram kemur hér á undan þá er þrýstifall óverulegt í neðri hluta Leirbotnasvæðisins, sem upphaflega var gert ráð fyrir að staði undir upphaflegum hugmyndum um Kröfluvirkjun.

Endurskoðun á hugmyndalíkani jarðhitakerfisins í Kröflu (Anette K. Mortensen o.fl. 2009) rekur rannsóknarsögu Kröflu og lýsir stöðu þekkingar á svæðinu. Ekki er mögulegt að meta afkastagetu jarðhitakerfisins í Kröflu af mikilli nákvæmni, bæði vegna þess hve kerfið er flókið og vegna vinnslutæknilegu vandamálanna sem við er að etja, en styðjast má við þrennt:

1. Niðurstöður rúmmáls matsins (jarðvarmamatsins) sem rætt er um hér á eftir, en þær gefa reyndar mjög vítt bil vegna óvissunnar í ýmsum þáttum matsins og eðlis aðferðarinnar. Niðurstöður rúmmáls matsins benda þó til þess að orkuforði Kröflukerfisins sé mjög mikill.
2. Þrýstibreytingarnar sem orðið hafa í jarðhitakerfinu í gegnum tíðina. Þær hafa verið breytilegar milli mismunandi hluta kerfisins, en almennt frekar litlar, sem sýnir að kerfið þolir töluvert aukna vinnslu. Eina undantekningin er Suðurhlíðarnar, en þar hefur orðið einna mest þrýstingslækkun, sem bendir til þess að sá hluti kerfisins þoli ekki verulega aukningu í vinnslu, nema gripið verði til niðurdælingar þar. Aukinni vinnslu á Kröflusvæðinu þyrfti þó að dreifa markvisst um svæðið auk þess sem aukin niðurdæling myndi styðja við aukna vinnslu.
3. Reiknilíkan var sett upp fyrir Kröflukerfið á tíunda áratug síðustu aldar, en á þeim tíma tókst ekki að herma kerfið mjög nákvæmlega vegna þess hve flókið það er og vegna ýmissa þátta sem hafa áhrif á afköst og viðbrögð einstakra holna og líkanið getur ekki hermt. Þó má geta þess að í Suðurhlíðum virðast þrýstibreytingar ekki hafa orðið eins miklar og líkanið spáði, sem þýðir eitthvað meiri afkastagetu en líkanið benti til. Jafnvel má yfirfæra þá niðurstöðu á allt líkanið.

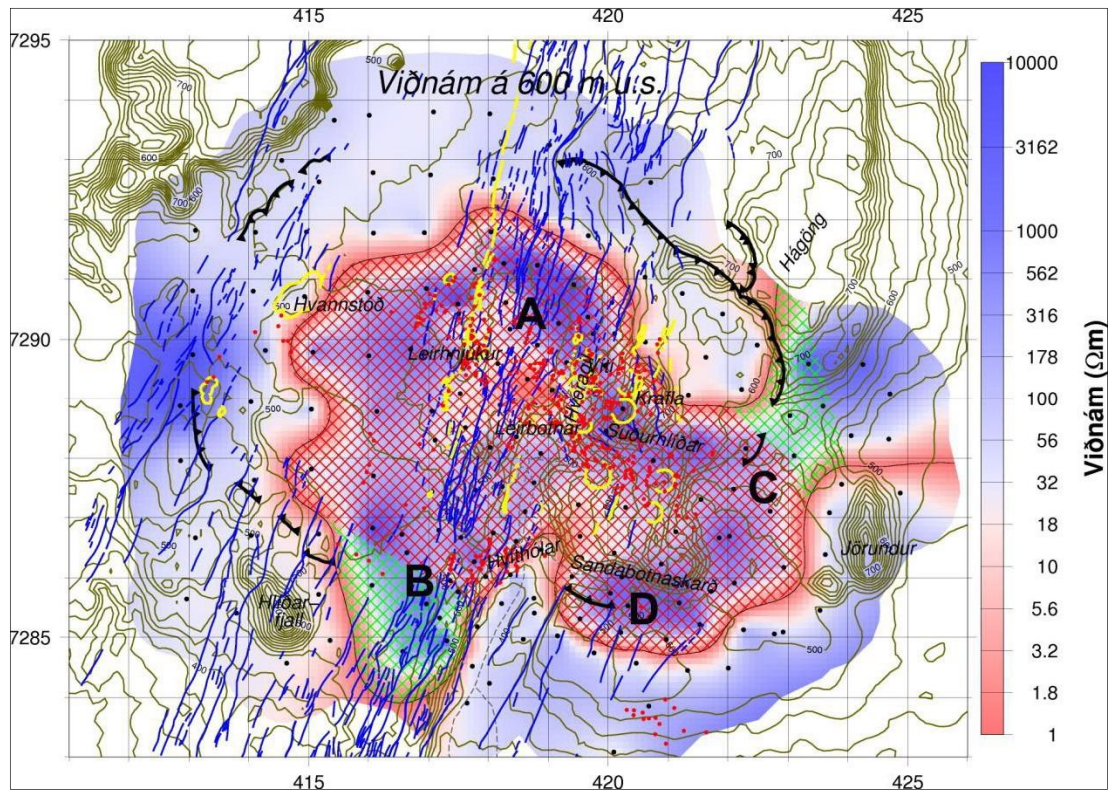
Rannsóknir og hugmyndalíkan af jarðhitakerfinu

Eins og fram hefur komið var hugmyndalíkan af jarðhitakerfinu í Kröflu uppfært á árunum 2008-2009 (Anette K. Mortensen o.fl., 2009) vegna áforma um frekari orkuvinnslu á Kröflusvæðinu. Árið 1977 var lagt fram fyrsta hugmyndalíkanið af jarðhitakerfinu (Valgarður Stefánsson o.fl., 1977) og árið 1997 endurskoðað og nákvæmara hugmyndalíkan (Grímur Björnsson o.fl., 1997). Hugtakið hugmyndalíkan vísar til samræmds samsafns hugmynda um gerð og eðli jarðhitakerfis sem byggir á öllum tiltækum gögnum frá viðkomandi kerfi á hverjum tíma. Í stuttu máli á slíkt líkan að segja til um hitagjafa jarðhitakerfisins, uppstreymi jarðhitavökvans og rennislísiðir hans. Aðferðin, ásamt líkani af jarðhitakerfinu, var notuð til að meta með sem nákvæmustum hætti vinnslugetu jarðhitasvæðisins og hugsanleg áhrif á auðlindina. Hér á eftir verður fjallað um helstu niðurstöður hugmyndalíkansins.

Stærð jarðhitakerfisins var kortlögð með Schlumberger-, TEM- og MT-viðnámsmælingum. Viðnámsmælingar í Kröflu endurspeglar hitaummyndun í jarðhitakerfinu og sýna jarðhitakerfið sem háviðnámskjarna þar sem hitinn er hæstur og utanáliggjandi lágviðnámskápu. Viðnámsmælingar ásamt djúprannsóknnum með borunum sýna virkan jarðhita á svæðum A og D, en kólnandi fyrrum virk svæði B og C. Í Kröflu má segja að lágviðnámskápan hylji fjóra toppa háviðnámskjarna, sem litið er á sem sérstök svæði (viðnámsfrávik) tengd jarðhita (**mynd 9.9**):

- A er stærst og nær allt frá suðurhlíðum Kröflu, yfir Víti, Vítismó og Leirhnjúk (Krafla-Leirhnjúkur).

- **B** er á vestursvæði Kröflu, vestur af Þríhyrningum og teygir sig til suðurs.
- **C** er kennt við Hágöng austan við Hrafninnuhrygg og norðan við Jörund.
- **D** liggur undir Sandabotnaskarði.



Mynd 9.9 Viðnám 600 m undir sjávarmáli á Kröflusvæðinu samkvæmt TEM-mælingum. Viðnámsfrávikin (háviðnámskjarnar undir lágviðnámi) fjögur eru merkt A–D. Svæði sem boranir sýndu að eru köld eru græn rúðstrikud á myndinni (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Ekkert viðnámsfrávik sést í mælingum við Hvannstóð og Krókóttuvötn, vestanvert í öskjunni, þrátt fyrir að þar sjáist kaldar jarðhitaummyndanir á yfirborði.

Jarðhitakerfið er samkvæmt viðnámsmælingum og borunum að hámarki 40 km² að flatarmáli. MT-mælingar sýna að undir svæðum A og D eru djúpstæð lágviðnámsfrávik sem tengjast hitagjöfum og heitu uppstreymi. Slík frávik sjást ekki undir svæðum B og C.

Alls hafa verið boraðar 44 háhitaholur í Kröflu. Flestar holurnar eru á svæðinu við Vítismó og Leirbotna og vestan- og sunnanvert við fjallið Kröflu, en einnig hafa nokkrar holur verið boraðar á þremur svæðum við suðurbrún öskjunnar, við Hvíthóla, í Sandabotnaskarði og á vestursvæðinu í Leirhnjúkshrauni. Fjallað er ýtarlega um hita- og þrýstingsmælingar og fleiri mælipætti í borholunum í hugmyndafræðingunni (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Boranir gefa til kynna að tvö megin uppstreymi í Kröflu eru undir Víti-Hveragili og Leirhnjúki, sem samræmist yfirborðsummerkjum og MT-viðnámsmælingum. Boranir hafa sýnt að öflugustu holurnar í Kröflu, fyrir utan K-21 á Hvíthólum, eru við Hveragil og í Vesturhlíðum. Einnig var öflugt uppstreymi undir Leirhnjúki stað-

fest með holu K-35. Auk þess sýndi hola KS-01 hita og lekt undir Sandabotnaskarði og að þar sé vinnsluhæft jarðhitakerfi.

Hitamælingar benda til sérstakrar upprengislistotu til Suðurhlíða úr aðaluppstreymi í Kröflu. Þá er áætlaður upphafsþrýstingur í Suðurhlíðum hærrí en upphafsþrýstingur í Vesturhlíðum, sem gæti bent til þess að aðaluppstreymið sé nær Suðurhlíðum en Vesturhlíðum. Hitamælingar sýna jafnframt uppstreymi í Sandabotnaskarði fyrir austan Hvíthóla. Uppstreymisrásin fyrir Hvíthóla er ekki þekkt og jarðhitinn þar gæti verið afrennsli úr Leirbotnum, staðbundið eða ef til vill úr Sandabotnaskarði.

Í hugmyndalíkaninu (Anette K. Mortensen o.fl., 2009) er gerð nánari grein fyrir innri byggingu jarðhitakerfisins í Kröflu, kerfisskiptingu og eiginleika kerfa byggt á jarðfræðilegum og jarðeðlisfræðilegum gögnum frá yfirborðsránsóknum og borholuránsóknum. Til einföldunar eru helstu niðurstöður ránsókna settar í þrívítt, einfaldað hugmyndalíkan fyrir Kröflukerfið og er það sýnt á myndum 9.10-9.12. Auk hitaástands jarðhitakerfisins eru í líkaninu sýndir hitagjafir, uppstreymissvæði og helstu streymisleiðir jarðhitavökvans eftir misgengjum og gossprungum.

Nánar um yfirborðsflatarmál jarðhitakerfisins

Gufu fyrir Kröflustöð hefur hingað til verið aflað úr eftirfarandi fjórum vinnlusvæðum:

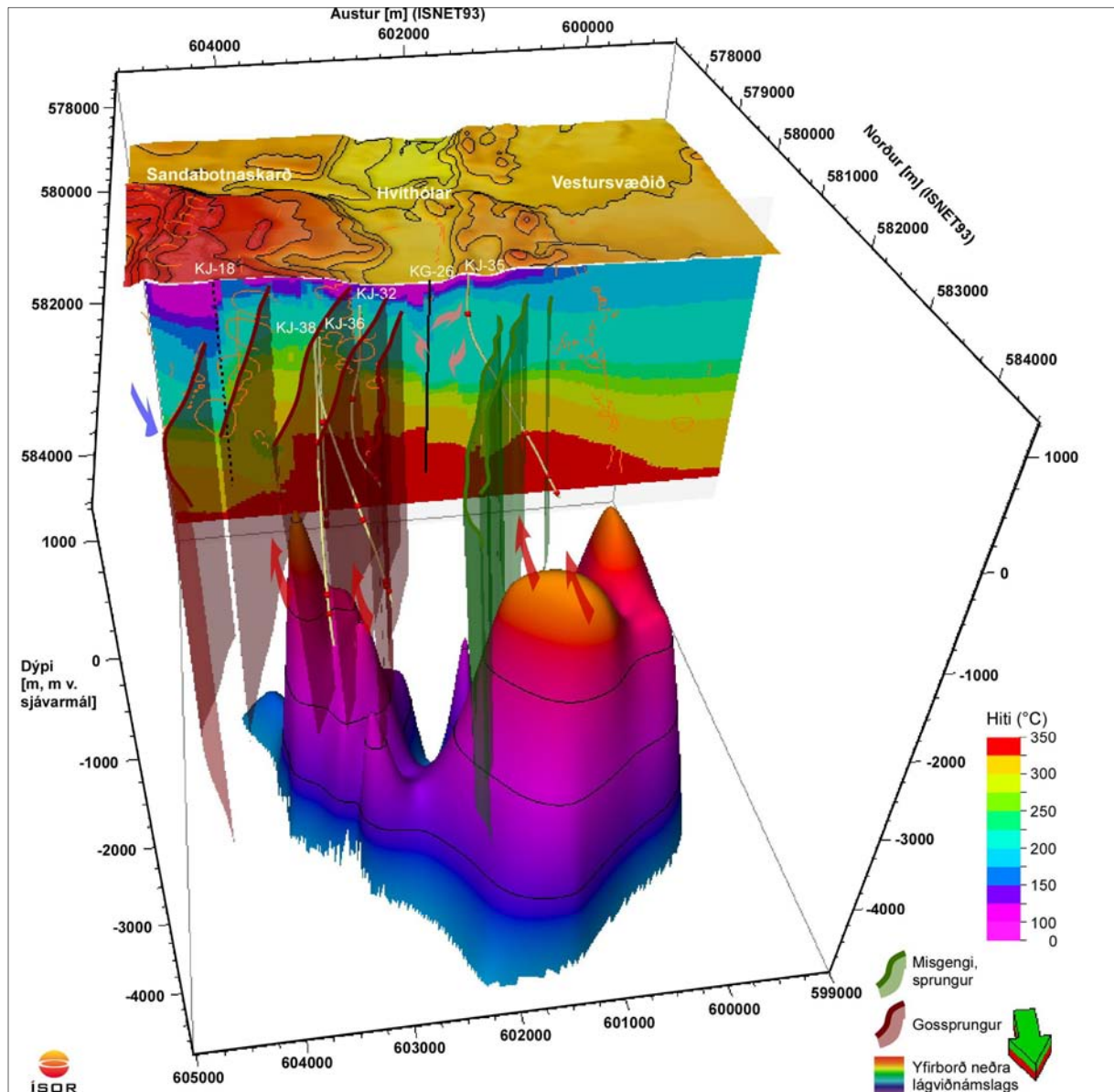
- Leirbotnar-Vítismór
- Vesturhlíðar
- Suðurhlíðar
- Hvíthólar

Hvert þessara svæða hefur sín sérstöku einkenni og er fjallað nánar um hvert þeirra í hugmyndalíkaninu.

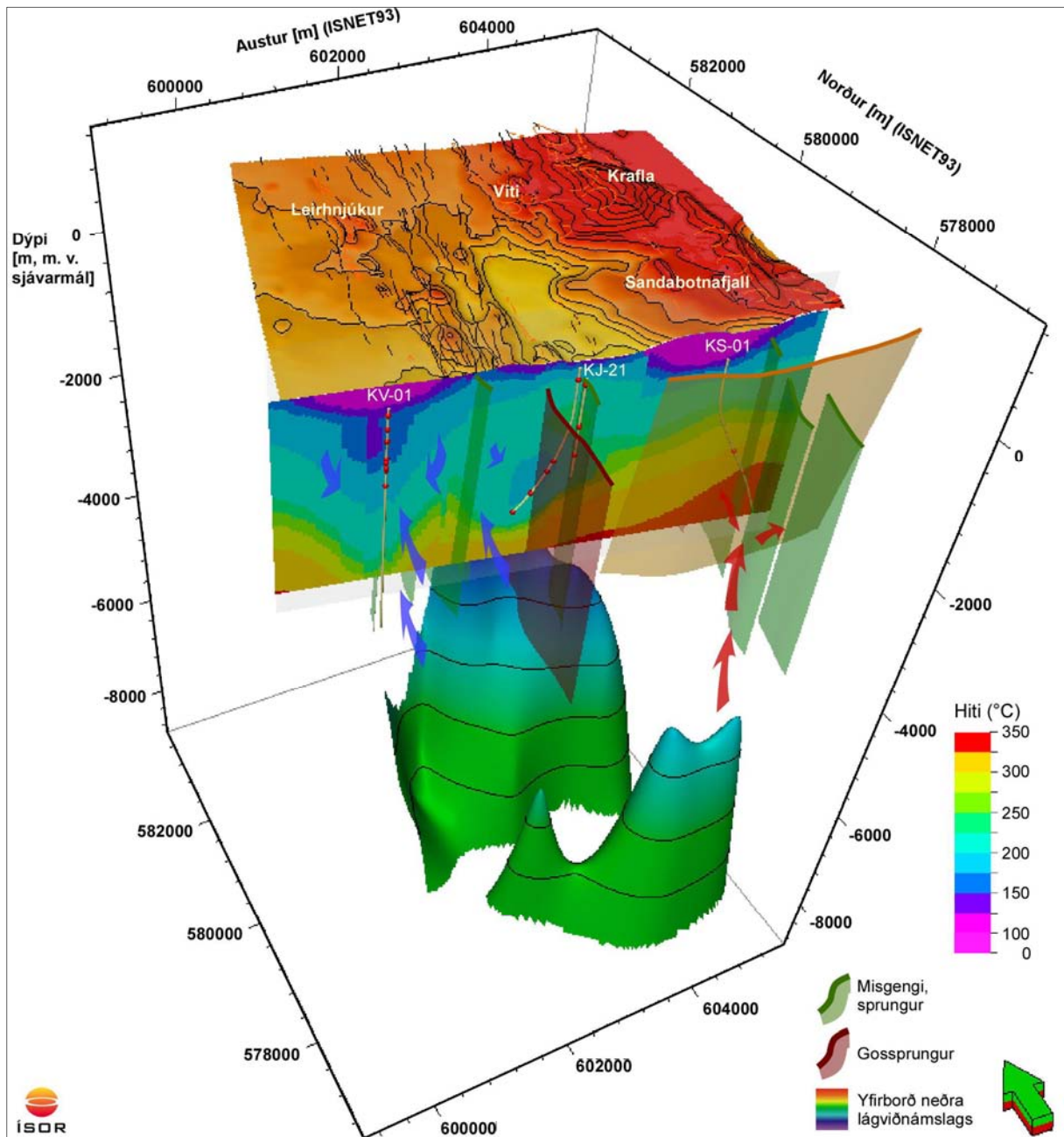
Tilvist háhitakerfis hefur verið staðfest á núverandi fjórum vinnlusvæðum (sjá hér að framan). Að auki hefur verið boruð hola við Sandabotnaskarð sem sýnir yfir 260°C hita á 400 m undir sjávarmáli og yfir 300°C hita á 900 m undir sjávarmáli. Gert er ráð fyrir að stærð svæðanna sé eftirfarandi (Anette K. Mortensen o.fl., 2009):

- Leirbotnar 3 km²
- Vítismór 3 km²
- Vesturhlíðar 3 km²
- Suðurhlíðar 3 km²
- Hvíthólar 2 km²
- Sandabotnaskarð 2 km²

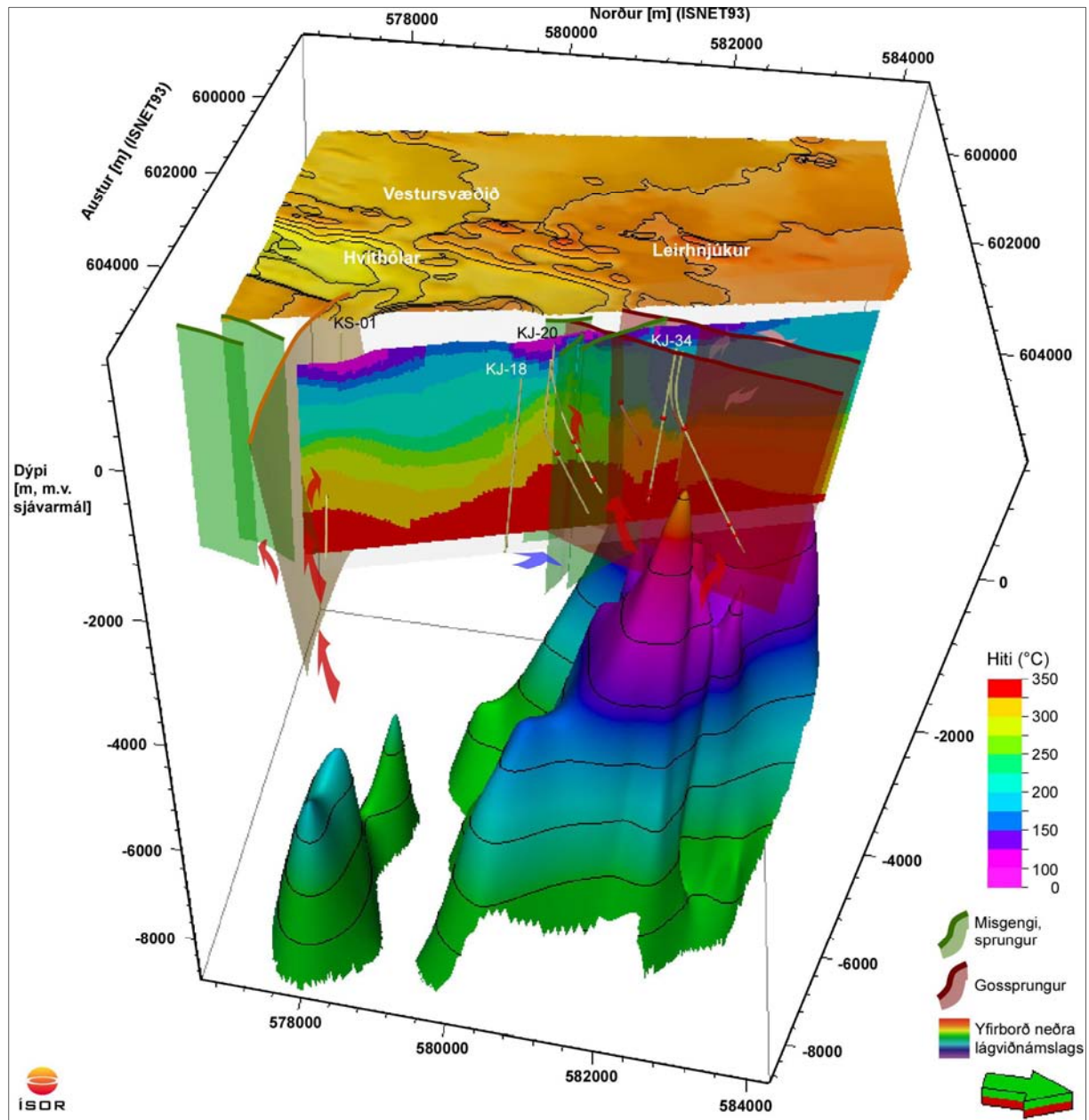
Samtals hefur jarðhiti þannig verið staðfestur með borunum á alls 16 km² svæði. Líklegt verður að teljast að jarðhitakerfið nái yfir stærri hluta viðnámsfrávíksins. Í reikningunum er hámarksstærð svæðisins talin vera 40 km² og lágmarksstærð 16 km². Líklegasta stærðin er meðaltal þessara stærða, það er 28 km².



Mynd 9.10 Tilgátumynd af innri gerð jarðhitakerfisins í Kröflu, horft til suðurs í austur-vestur snið um miðbik Kröfluöskjunnar um Suðurhlíðar, Leirbotna og Vítismó. Tveir áberandi toppar í neðra lágviðnámslaginu (blár-rauður flötur neðst með jafndýpislínur á 1.000 m bili) við Leirhnjúk og vestan við Kröflufjall tengjast meginhitagjafa og jarðhitauppstreyminu í Kröflu. Jarðhitavökvinn leitar til yfirborðs meðfram lekum strúktúrum, svo sem misgengjum (grænir fletir) og gossprungum (rauðir fletir). Á myndinni er einnig sýnt austur-vestur hitasnið um Suðurhlíðar-Leirbotna-Vítismó og valdar borholur þar sem rauðir blettir merkja helstu æðar í holunum. Rauðar örvar sýna rennislíðið jarðhitavökvans upp til yfirborðs eftir sprungunum og misgengjum. Bleikar örvar tákna vatnshræringu í efra kerfinu í Leirbotnum og Vítismó, en innrennsli af kaldari vökva austanvert í Suðurhlíðum er skilgreint með blárri ör. Græn/rauð ör neðst til hægri bendir til norðurs (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).



Mynd 9.11 Tilgátumynd af uppbyggingu jarðhitakerfisins í Kröflu, horft til norðurs í vestur-austur snið eftir suðurjaðri Kröfluöskjunnar um vestursvæðið, Hvíthóla og Sandabotnaskarð. Toppur í neðra lágviðnámslaginu (grænn-blár flötur neðst með jafndýpislínu á 1.000 m bili) undir Sandabotnaskarði tengist meiri djúpstæðum hitagjafa og jarðhitauppstreymi. Á myndinni er sýnt vestur-austur hitasnið um Sandabotnaskarð-Hvíthóla-vestursvæðið og nokkrar valdar borholur, þar sem rauðir blettir merkja helstu æðar í holunum. Jarðhitavökvinn leitar til yfirborðs meðfram lekum strúktúrum, svo sem misgengjum (grænir fletir), gossprungum (rauðir fletir) og öskjubrotinu (ljósbrúnn flötur), einkum í skurðpunktum milli lekra strúktúra. Rauðar örvar sýna rennislíði jarðhitavökvans upp til yfirborðs eftir sprungum og misgengjum undir Sandabotnaskarði. Innrennsli af kaldari vökva um sprungusveiminn á vestursvæðinu er skilgreint með bláum örvum, sem hefur valdið verulegri kælingu þar. Viðsnúning í hita við Hvíthóla má tengja kælingu úr sprungusveimnum á vestursvæðinu, en jarðhitakerfið við Hvíthóla má mögulega tengja við uppstreymi meðfram öskjubrotinu frá austri úr Sandabotnaskarði. Græn/rauð ör neðst til hægri bendir til norðurs (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).



Mynd 9.12 Tilgátumynd af uppbyggingu jarðhitakerfisins í Kröflu, horft til vesturs í norður-suður snið austarlega á borsvæðinu um Vítismó, Vesturhlíðar, Suðurhlíðar og í Sandabotnaskarði. Áberandi toppur í neðra lágviðnámslaginu (grænn-blár-rauður flötur neðst með jafndýplínur á 1.000 m bili) vestan við Kröflufjall tengist djúpstæðum hitagjafa og meginjarðhitaupstreymi í Hveragili á meðan toppur undir Sandabotnaskarði tengist djúpstæðum hitagjafa þar og jarðhitaupstreymi, en einnig eru minni toppar í neðra lágviðnámslaginu til vesturs frá Sandabotnaskarði. Á myndinni er sýnt norðvestur-suðaustur hitasnið um Vítismó-Vesturhlíðar-Suðurhlíðar-Sandabotnaskarð og útvaldar borholur, þar sem rauðir blettir merkja helstu æðar í holunum. Jarðhitavökvinn leitar til yfirborðs meðfram lekum strúktúrum, svo sem misgengjum (grænir fletir), gossprungum (rauðir fletir) og öskjubrotinu (ljósbrúnn flötur), einkum í skurðpunktum milli lekra strúktúra. Rauðar örvar sýna rennslisleið jarðhitavökvans upp til yfirborðs eftir sprungum og misgengjum undir Vesturhlíðar, Suðurhlíðar og Sandabotnaskarð. Innrennsli af kaldari vökva úr austri í Suðurhlíðum er skilgreint með bláum örvarum á meðan bleikar örvar tákna vatnshræringu í efra kerfinu við Vítismó. Græn/rauð ör neðst til hægri bendir til norðurs (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Mat á vinnslugetu jarðhitakerfisins

Til að mögulegt væri að spá fyrir um viðbrögð jarðhitakerfisins við áframhaldandi nýtingu var reiknuð möguleg raforkuvinnslugeta jarðhitakerfisins til 30, 50 og 100 ára (sjá í **töflu 9.2**) með ákveðnum vikmörkum. Reikningarnir voru miðaðir við að líklegasta stærð jarðhitasvæðisins væri 28 km² að flatarmáli og að framleiðsla rafmagns yrði úr þeim hluta jarðhitageymisins sem er heitari en 170°C miðað við 12% raforkunýtingu.

Tafla 9.2 Gildi á tölfræðilegum stærðum fyrir líkindadreifinguna fyrir rafafli úr áætluðum jarðhitageymi í Kröflu til 30, 50 og 100 ára.

Tölfræðistærðir	Gildi [MW _e] (til 30 ára)	Gildi [MW _e] (til 50 ára)	Gildi [MW _e] (til 100 ára)
Líklegasta gildið:	340 (7% líkur)	200 (7% líkur)	110 (7% líkur)
90% öryggisbil:	190-580	120-350	60-180
Meðaltal:	370	220	110
Miðgildi:	360	220	110
Staðalfrávik	110	70	30
90% mörk	250	150	70

Í **töflu 9.2** kemur eftirfarandi fram:

- Ef jarðvarminn er nýttur á 30 árum verður rafaflið á bilinu 190-580 MW_e (90% öryggisbil) og 90% líkur eru á að rafaflið verði að minnsta kosti 250 MW_e.
- Ef jarðvarminn er nýttur á 50 árum verður rafaflið á bilinu 120–350 MW_e (90% öryggisbil) og 90% líkur eru á að rafaflið verði meira en 150 MW_e.
- Ef jarðvarminn er nýttur á 100 árum verður rafaflið á bilinu 60–180 MW_e (90% öryggisbil) og 90% líkur eru á að rafaflið verði meira en 70 MW_e.

Þess ber að geta að ekki er hægt að segja fyrir um sjálfbærni út frá rúmmálsmatinu sem greint er frá í **töflu 9.2**. Matið er háð töluverðri óvissu og tekur ekki tillit til ýmissa þátta, svo sem til áhrifa breytilegrar lektar og innstreymis vegna þrýstingsniðurdráttar né núverandi efnatæknilegra erfiðleika við nýtingu dýpri hluta kerfisins (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Nánar er fjallað um niðurstöður rúmmáls matsins í kafla 9.1.2 í tengslum við mat á hugsanlegum áhrifum áframhaldandi vinnslu á jarðhitageyminn.

9.1.2 UMHVERFISÁHRIF

Viðmið umhverfisþátta

- Lög nr. 57/1998 um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu.
- Velferð til framtíðar, sjálfbær þróun í íslensku samfélagi, stefnumörkun til ársins 2020, gefið út af umhverfisráðuneytinu.

Umfang, einkenni og vægi áhrifa

Hér á eftir verður fjallað um hugsanleg áhrif fyrirhugaðrar vinnslu á jarðhitageyminn með tilliti til sjálfbærni fyrirhugaðrar nýtingar.

Eins og kom fram í kafla 9.1.1 hafa á Kröflusvæðinu farið fram yfirgripsmiklar rannsóknir og mælingar á viðbrögðum/hegðun jarðhitakerfisins við orkuvinnslu sem nýtast við að greina umhverfisáhrif aukinnar vinnslu við Kröflu.

Reynsla á jarðhitasvæðum sýnir að jarðhitavirkni á yfirborði háhitasvæða getur breyst, annars vegar af náttúrulegum orsökum og hins vegar vegna orkuvinnslu. Þrýstingslækkun í jarðhitakerfum vegna vinnslu getur valdið því að innstreymi í kerfin aukist nokkurn veginn í hlutfalli við það magn sem upp er tekið (Guðni Axelsson o.fl., 2001 og 2006). Einnig getur ágeng vinnsla í nokkra áratugi valdið því að upptaka úr svæðinu er meiri en sem nemur innstreymi í það, sem veldur því að þrýstingur lækkar og vinnslugeta minnkar.

Niðurstöður rúmmálmats í **töflu 9.2** benda til þess að jarðhitakerfið á Kröflusvæðinu muni geta staðið undir 190-580 MW_e virkjun næstu 30 árin og að 90% líkur séu á að rafaflið verði meira en 250 MW_e. Samanlögð orkuvinnsla núverandi Kröflustöðvar og fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II, 210 MW_e, rúmast innan þessara marka. Þó má gera ráð fyrir breytilegri vinnslu við áratuga langan rekstur. Ef ágeng vinnsla er stunduð tímabundið á ákveðnu svæði þarf að draga úr henni síðar meir til að viðhalda sjálfbærri nýtingu (Guðni Axelsson o.fl, 2006; Guðni Axelsson, 2009).

Nýting jarðhitakerfa á ýmsum stöðum í heiminum síðustu áratugi hefur sýnt að nýting jarðhita getur verið sjálfbær. Þannig er mögulegt að haga vinnslu úr jarðhitakerfi þannig að kerfið nái jafnvægisástandi á nýjan leik, jafnvel eftir að stórfellda vinnslu, og að henni megi halda í langan tíma (Guðni Axelsson, Sveinbjörn Björnsson og Valgarð Stefánsson, erindi á Orkuþingi 2006). Hér á eftir er fjallað um þá þætti sem þarf að hafa í huga svo að jarðhitanyting geti talist sjálfbær (Guðni Axelsson o.fl., 2006):

- A. Sjálfbær vinnslugeta jarðhitakerfa er óþekkt við upphaf vinnslu, en hana má meta út frá fyrirliggjandi gögnum um innri gerð og eðli kerfanna (stærð jarðhitakerfis og hitaástand) og gögnum um viðbrögð þeirra við vinnslu. Áætlanir verða áreiðanlegri eftir því sem vinnslusaga viðkomandi jarðhitakerfis lengist (meiri gögn safnast um viðbrögð við vinnslu).
- B. Sjálfbær vinnslugeta er háð vinnslutækni, jafnt vinnsluaðferðinni og tækni-framförum. Niðurrennsli/niðurdæling affallsvatns getur dregið úr þrýstingslækkun í jarðhitageyminum og þar með lengt endingartíma jarðhitakerfisins til orkuvinnslu.
- C. Reikna má með að með dýpri borholum í framtíðinni (4-5 km í stað 2-3 km í dag) megi vinna meiri orku úr mörgum jarðhitakerfum, ekki síst háhitakerfum tengdum eldstöðvakerfum.

Á Kröflusvæðinu hafa fyrirliggjandi gögn verið nýtt til að meta niðurdælingu affallsvatns (djúpförgun) aftur niður í jarðhitageyminn í þeim tilgangi að stuðla að sjálfbærri nýtingu jarðhitakerfisins í Kröflu. Í því sambandi er mikilvægt að hugað sé vel að staðsetningu niðurdælingar og vanda vel til verka því annars er hætt á að niðurrennsli í jarðhitageyminn stuðli að kælingu og skertri nýtingu hans.

Niðurdæling affallsvatns hófst fyrir áratug, í fyrstu í litlum mæli og með hléum, en síðustu árin er hún orðin fastur liður í rekstri jarðhitakerfisins og nokkuð veruleg. Árin 1999 og 2000 var affallsvatni dælt í takmörkuðu magni niður í holu K-22 við Hvíthóla. Árið 2002 hófst niðurdæling í holur K-11 og K-26 í Leirbotnum, en niður-

dælingu í þá fyrrnefndu var hætt 2005. Frá árinu 2002 hefur niðurdæling í holu K-26 verið umtalsverð og árið 2007 nam hún um 18% af heildarmassatökunni úr Kröflusvæðinu. Niðurdælingin í holuna hefur gengið vel og virðist viðtökugeta holunnar heldur fara vaxandi en hitt. Í raun hefur hún um það bil tífaldast frá fyrstu dögum niðurdælingarinnar.

Niðurstaða ferilprófunar með jodíði í holu K-26 sýndi að niðurdæling affallsvatnsins kemur ekki fram í nálægum holum, það er hvorki er um að ræða breytingu á efna-samsetningu né á vermi vökvans. Niðurdælingin hefur því góð áhrif á kerfið þar sem hluti af þeim massa sem tekinn er úr kerfinu er bætt í það aftur án þess að neikvæðra áhrifa affallsvatnsins gætir í nálægum holum. Ferilprófunin hófst í desember 2005 og stóð til loka júlí 2007. Notuð voru 450 kg af kalíumjodíði í holuna og var sýnum safnað með reglulegu millibili í 9 nálægum vinnsluholum allan tímann. Ekki varð marktæk endurheimta á jodíðinu í nálægum holum í prófuninni. Hluti af jodíðinu skilaði sér þó í styrk undir greiningarmörkum sem er eingöngu lítið brot jodíðsins. Tvær mögulegar skýringar eru á þessu. Annars vegar er mögulegt að suða vatns í berginu umhverfis K-26 valdi því að jodíðið berst ekki langt, en jodíð er vatnssækið og situr ef til vill eftir í kyrrstæðum vatnsfasanum þó gufan streymi greiðlega um kerfið. Hins vegar er mögulegt að tengslin milli K-26 og hinna holnanna séu einfaldlega ekki greiðari. Hver sem ástæðan er þá bendir óveruleg endurheimta jodíðsins til þess að jarðhitakerfið þoli vel niðurdælingu affallsvatnsins í holu K-26 og að ekki sé ástæða til að hafa áhyggjur af hugsanlegri kólnun jarðhitakerfisins vegna djúpförgunar í holu K-26 á næstu árum.

Eins og greint er frá í kafla 3.1 um sjálfbæra vinnslu jarðhita getur vinnsla úr jarðhitasvæði færst til á þann hátt að aukið álag á einu undirsvæði þarf ekki að hafa áhrif á vinnslu á öðru. Þannig er hægt að draga úr vinnslu eða hvíla á einum stað meðan aukið er á öðrum og haldið þannið stöðugri rafmagnsframleiðslu í virkjuninni. Landsvirkjun stefnir að því að byggja upp frekari vinnslu jarðhita á Kröflusvæðinu í áföngum til að tryggja að unnið sé innan marka sjálfbærni (Guðni Axelsson o.fl., 2006). Þetta verður gert með því að auka vinnslu í nokkrum áföngum þar til sjálfbær vinnslugeta hefur verið metin og sjálfbæru mörkunum náð.

Í skýrslu ÍSOR, Jarðhitakerfið í Kröflu – Samantekt rannsókna á jarðhitakerfinu og endurskoðað hugmyndalíkan (Anette K. Mortensen o.fl., 2009), er farið yfir þróun reiknilíkana fyrir Kröflusvæðið. Það sem hefur valdið ákveðnu vandamáli við notkun reiknilíkana í Kröflu er vökví með lágu pH-gildi, sem hefur kallað á vinnslu-tæknilegar lausnir. Nýtt reiknilíkan liggur ekki fyrir og er því ekki hægt að nýta við mat á áhrifum Kröfluvirkjunar II á jarðhita og orkuforða. Í samræmi við ábendingar frá Orkustofnun sem fram komu þegar Landsvirkjun hafði samráð vegna frummats-skýrslu er gert ráð fyrir að fyrir liggja nýtt reiknilíkan byggt á núverandi hugmynda-líkani þegar sótt verður um virkjunarleyfi fyrir Kröfluvirkjun II.

Ef framangreindar niðurstöður eru teknar saman má ætla að með áframhaldandi rann-sóknum og aukinni hlutdeild djúpförgunar í niðurdælingu affallsvatns á réttum stöðum megi lengja nýtingartíma jarðhitakerfisins í Kröflu og að nýting jarðhita verði sjálfbær til lengri tíma lítið.

Mótvægisáðgerðir

Aukin hlutdeild djúpförgunar í niðurdælingu affallsvatns er hugsuð sem mótvægisáðgerð til að lengja nýtingartíma jarðhitakerfisins í Kröflu.

Niðurstaða

Við áframhaldandi vinnslu jarðhita á Kröflusvæðinu verður miðað að því að halda áfram sjálfbærri nýtingu. Ef vel tekst til í þeim efnum má búast við að frekari raforkuvinnsla á svæðinu muni hafa óveruleg áhrif á jarðhitakerfið. Þetta mat er þó háð óvissu.

9.2 LANDSLAG

9.2.1 GRUNNÁSTAND

Við mat á umhverfisáhrifum á Íslandi hefur ekki mikið farið fyrir samræmdri aðferðafræði við mat á áhrifum á landslag. Sú aðferðafræði sem stuðst er við hér er að miklu leyti mótuð eftir þeim aðferðum sem beitt hefur verið á Bretlandseyjum. Í **viðauka 1** eru nánari upplýsingar um þá aðferðafræði sem beitt var við að meta áhrif á landslag.

Hugtakið landslag hefur verið skilgreint á mismunandi hátt í gegnum árin. Sú skilgreining sem stuðst er við hér á eftir kemur úr evrópska landslagssáttmálanum. Sáttmálinn var samþykktur af Evrópuráðinu árið 2000 og öðlaðist gildi 1. mars 2004, en hann hljóðar svo¹:

„Landsvæði sem skynjað er af manningum og einkenni þess eru tilkomin vegna víxlverkandi áhrifa náttúrulegra og mannlegra þátta. Landslagið getur breyst með tíma eftir því sem áhrif náttúrunnar eða mannsins breytast.“

Landslag við Kröflu og Kröflustöð einkennist af jarðmyndunum í eldfjallaumhverfi þar sem jarðhitaummerki setja sterkan svip á með litadýrð og gufuústreymi. Gróðurinn er frekar tegundasnauður enda hæð yfir sjávarmáli á bilinu 400-700 m. Stærstur hluti núverandi jarðhitavirkjunar stendur við Leirbotna en aðrir hlutar ná upp í hlíðar Kröflu og á nærliggjandi sléttur.

Landslag á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði hefur verið flokkað niður í landslagsheildir. Landslagsheildir má hugsa sér sem svæði með ákveðin einkenni sem setja svip sinn á umhverfið. Við flokkunina er stuðst við ákveðna þætti sem mynda það landslag sem leggja á mat á hverju sinni. Eftirfarandi þættir eru bornir/lagðir saman:

- Jarðfræði
- Gróðurfar
- Vatnafar
- Landnotkun
- Landform

¹ European Council, 2000. Evrópski landslagssáttmálinn. <http://conventions.coe.int/Treaty/en/Reports/Html/176.htm>. Skoðað 17. desember 2009.

Í hverri landslagsheild fyrir sig er hluti framangreindra þátta ráðandi og skilgreina stærð og lögun hvernar heildar. Samspil ákveðinna þátta er einnig mikilvægt, til dæmis ræður berggrunnur miklu um hvaða gróður þrífst á viðkomandi svæði. Afmörkun hvernar heildar getur einnig ráðist af landformum. Þetta geta til að mynda verið fjallgarðar, hólur eða hryggir. Mörk landslagsheilda eru í fæstum tilfellum greinileg en eru samt táknuð með mjórri línu á korti til einföldunar. Hverri landslagsheild er gefið nafn sem dregið er af þekktu örnefni innan hvernar heildar. Á mynd 9.13 má sjá landslagsheildir sem afmarkaðar hafa verið ásamt gildi þeirra. Gildi hvernar heildar er fengið með því að leggja saman nokkra þætti, en þeir eru eftirfarandi:

- Ósnortin víðerni
- Nýting til útivistar og annarrar afþreyingar
- Sérstök vernd
- Jarðhiti á yfirborði

Hugtakið ósnortin víðerni á sér ákveðna tengingu við mat á landslagi auk þess sem hugtakið er skilgreint í lögum um náttúruvernd nr. 44 frá 1999. Þar segir um ósnortin víðerni: „Landsvæði sem er a.m.k. 25 km² að stærð eða þannig að hægt sé að njóta þar einveru og náttúrunnar án truflunar af mannvirkjum eða umferð vélknúinna farartækja á jörðu, er í a.m.k. 5 km fjarlægð frá mannvirkjum og öðrum tæknilegum ummerkjum, svo sem raflínum, orkuverum, miðlunarlónum og þjóðvegum, og þar sem ekki gætir beinna ummerkja mannsins og náttúran fær að þróast án álags af mannlegum umsvifum.“

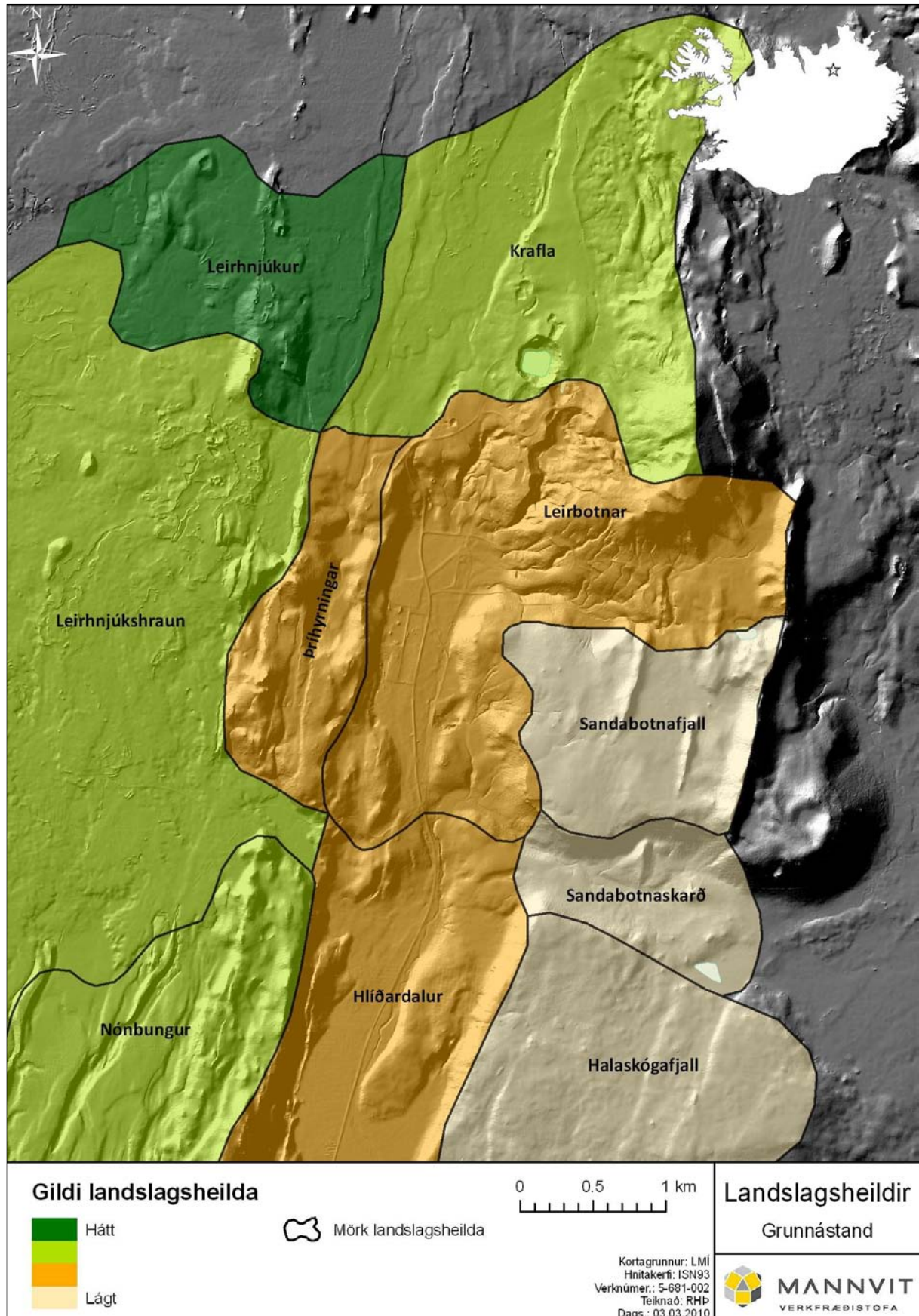
Hægt er með einföldum hætti að kortleggja ósnortin víðerni út frá þessari skilgreiningu með því að reikna fjarlægð frá viðkomandi fyrirbærum. Hér skal þó tekið fram að þjóðvegur er samkvæmt skilgreiningu Vegagerðarinnar vegur sem hefur vegnúmer í vegaskrá og haldið er við af Vegagerðinni. Upplýsingar um ósnortin víðerni er hér notað til að meta gildi landslagsheilda. Sé landslagsheild hluti af ósnertu víðerni hækkar gildi hennar í samanburði við aðrar sem eru það ekki.

Þau svæði sem flokkuð hafa verið niður í landslagsheildir eru sum nýtt til útivistar. Stuðst er við upplýsingar úr þeim rannsóknnum sem gerðar hafa verið á nýtingu svæðisins til útivistar (**viðauki 1**). Séu landslagsheildir nýttar til útivistar á einn eða annan hátt hækkar gildi þeirra.

Nokkur svæði njóta sérstakrar verndar á því svæði sem flokkað hefur verið í landslagsheildir. Þær landslagsheildir sem innihalda sérstök verndarsvæði fá herra gildi af þeim sökum.

Jarðhita á yfirborði má meðal annars finna í grennd við Leirhnjúk. Jarðhitinn er eitt af einkennum heildarinnar sem nær yfir það svæði. Jarðhiti á yfirborði og þær ummyndanir sem honum fylgja hækka gildi landslags þar sem útlit svæðanna sker sig úr nánasta umhverfi.

Í **viðauka 1** má finna nánari upplýsingar um flokkun landslags og gildismat landslagsheilda.



Mynd 9.13 Gildi landslagsheilda við Kröflu.

9.2.2 UMHVERFISÁHRIF

Viðmið umhverfispáttá

- V. kafli laga nr. 44/1999 um náttúruvernd.
- Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025.

Umfang, einkenni og vægi áhrifa

Áhrif fyrirhugaðrar framkvæmdar við Kröflu á landslag eru talin talsvert neikvæð eða óveruleg. Á mynd 9.14 er kort með landslagsheildum ásamt áhrifum á landslag.

Talsvert neikvæð áhrif: Þrjár landslagsheildir er taldar verða fyrir talsvert neikvæðum áhrifum. Það eru landslagsheildirnar Sandabotnaskarð, Sandabotnafjall og Krafla.

Innan landslagsheildarinnar Sandabotnaskarð er fyrirhuguð náma sem mun hafa áhrif á upplifun þeirra sem um svæðið fara. Landslagsheildin er ekki stór og nánan verður því stór hluti heildarinnar. Þar af leiðandi eru áhrifin talin talsvert neikvæð.

Borsvæði eru fyrirhuguð innan landslagsheildarinnar Sandabotnafjall. Innan heildarinnar eru áhrifin talin talsvert neikvæð þar sem fyrirhuguð borsvæði ásamt lögnum og aðkomuslóðum eru staðsett í miðri heildinni.

Fyrirhuguð borsvæði norðan Vítis eru staðsett innan landslagsheildarinnar Kröflu, en lítill hluti núverandi virkjunar er staðsettur innan heildarinnar. Mannvirkjum kemur því til með að fjölga og mannleg áhrif á landslagið aukast. Talsverður fjöldi fólks heimsækir gíginn Víti, en upplifun þess ætti ekki að breytast að neinu marki.

Óveruleg áhrif: Þrjár landslagsheildir er taldar verða fyrir óverulegum áhrifum vegna fyrirhugaðra framkvæmda. Þær eru Leirbotnar, Þríhyrningar og Leirhnjúkur.

Innan landslagsheildarinnar Leirbotnar er stærstur hluti núverandi virkjunar við Kröflu. Fyrirhugaðar framkvæmdir munu bæta við það manngerða landslag sem er þar fyrir og því verða áhrifin aðeins óveruleg.

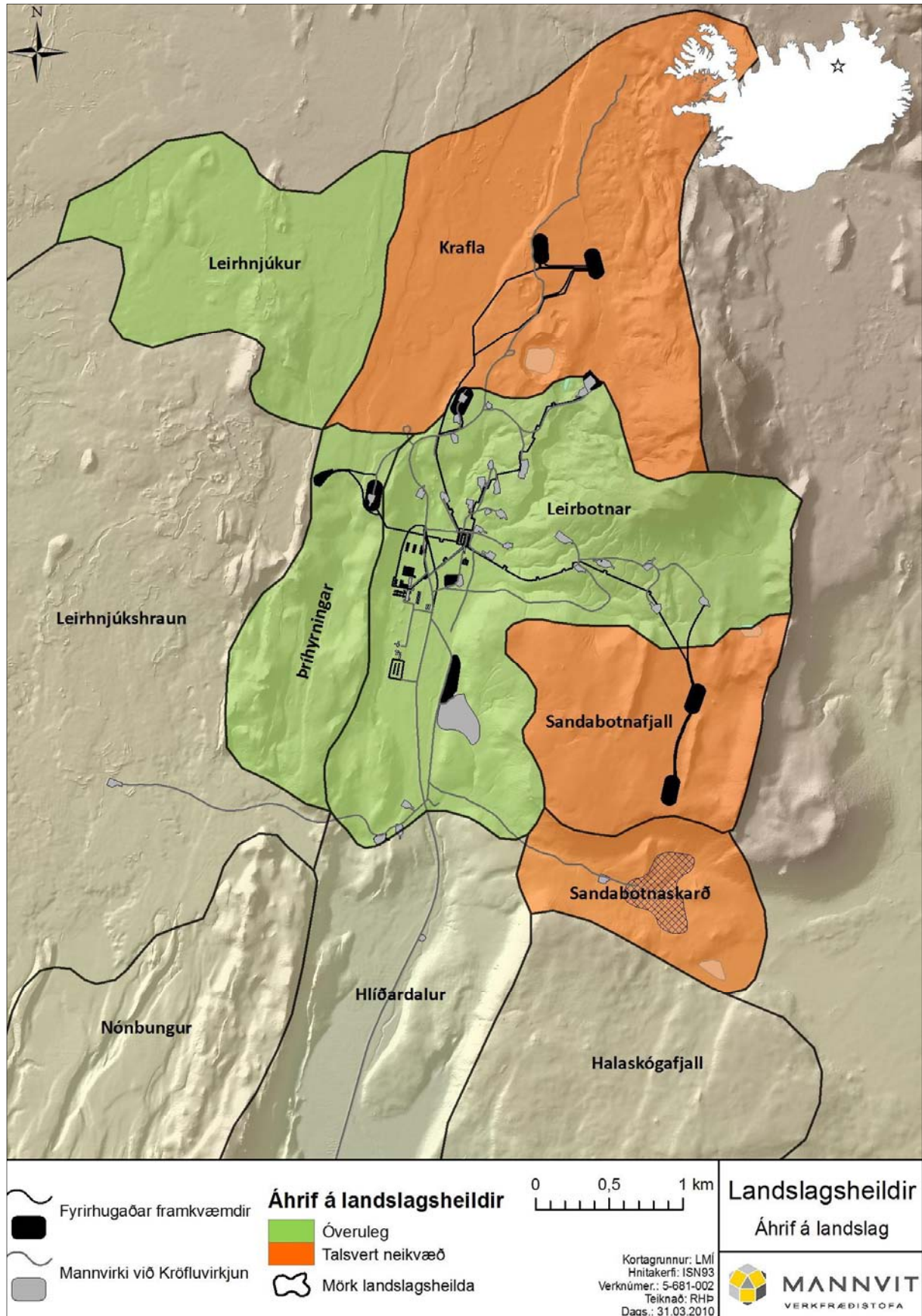
Landslagsheildin Þríhyrningar er vestan við núverandi virkjun við Kröflu. Þar eru fyrir nokkrar háspennulínur sem eru eitt af einkennum heildarinnar. Fyrirhuguð framkvæmd mun aðeins hafa í för með sér óveruleg áhrif og mun ekki breyta einkennum heildarinnar.

Gildi landslagsheildarinnar Leirhnjúkur er hátt samkvæmt landslagsgreiningu. Fyrirhuguð framkvæmd nær ekki inn fyrir mörk heildarinnar, en liggur þó nálægt mörkum hennar á vissum stöðum. Ekki er talið að fyrirhuguð framkvæmd breyti einkennum heildarinnar og því eru áhrifin talin verða óveruleg.

Aðrar landslagsheildir á athugunarsvæðinu verða fyrir litlum sem engum áhrifum.

Mótvægisáðgerðir

Engar eiginlegar mótvægisáðgerðir eru fyrirhugaðar í tengslum við áhrif á landslag.



Mynd 9.14 Áhrif á landslagsheildir á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði við Kröflu.

Niðurstaða

Áhrif á landslag verða mest fyrir norðan og austan núverandi virkjun. Landslagsheildir á því svæði verða fyrir talsvert neikvæðum áhrifum þar sem lítið eða ekkert er af mannvirkjum fyrir eða önnur ummerki framkvæmda. Líklega verða áhrif á landslag hvað mest norðan við Víti sem tilheyrir landslagsheildinni Kröflu. Það skal þó nefnt að þar eru fyrir mannvirki tengd borholum og ferðamönnum.

Af þeim landslagsheildum sem greindar voru í grennd við Kröflu fékk Leirhnjúkur hæsta gildið. Sú landslagsheild verður aðeins fyrir óverulegum áhrifum þar sem fyrirhugaðar framkvæmdir ná ekki inn á heildina.

9.3 JARÐMYNDANIR

9.3.1 GRUNNÁSTAND

Í tengslum við fyrirhugaðar framkvæmdir á Kröflusvæðinu var unnið nýtt jarðfræðikort (Kristján Sæmundsson, 2008) sem sýnt er á mynd 9.15. Afmörkun fyrirhugaðs framkvæmdasvæðis má sjá á kortinu. Um er að ræða stöðvarhús og tilheyrandi virkjunarmannvirki, borsvæði, vegi að borsvæðum, lagnir og slóðir meðfram þeim, og nýjan efnistökuastað í Sandabotnaskarði. Hér á eftir eru upplýsingar um hraun/jarðlög sem lenda undir mismundandi framkvæmdaþáttum.

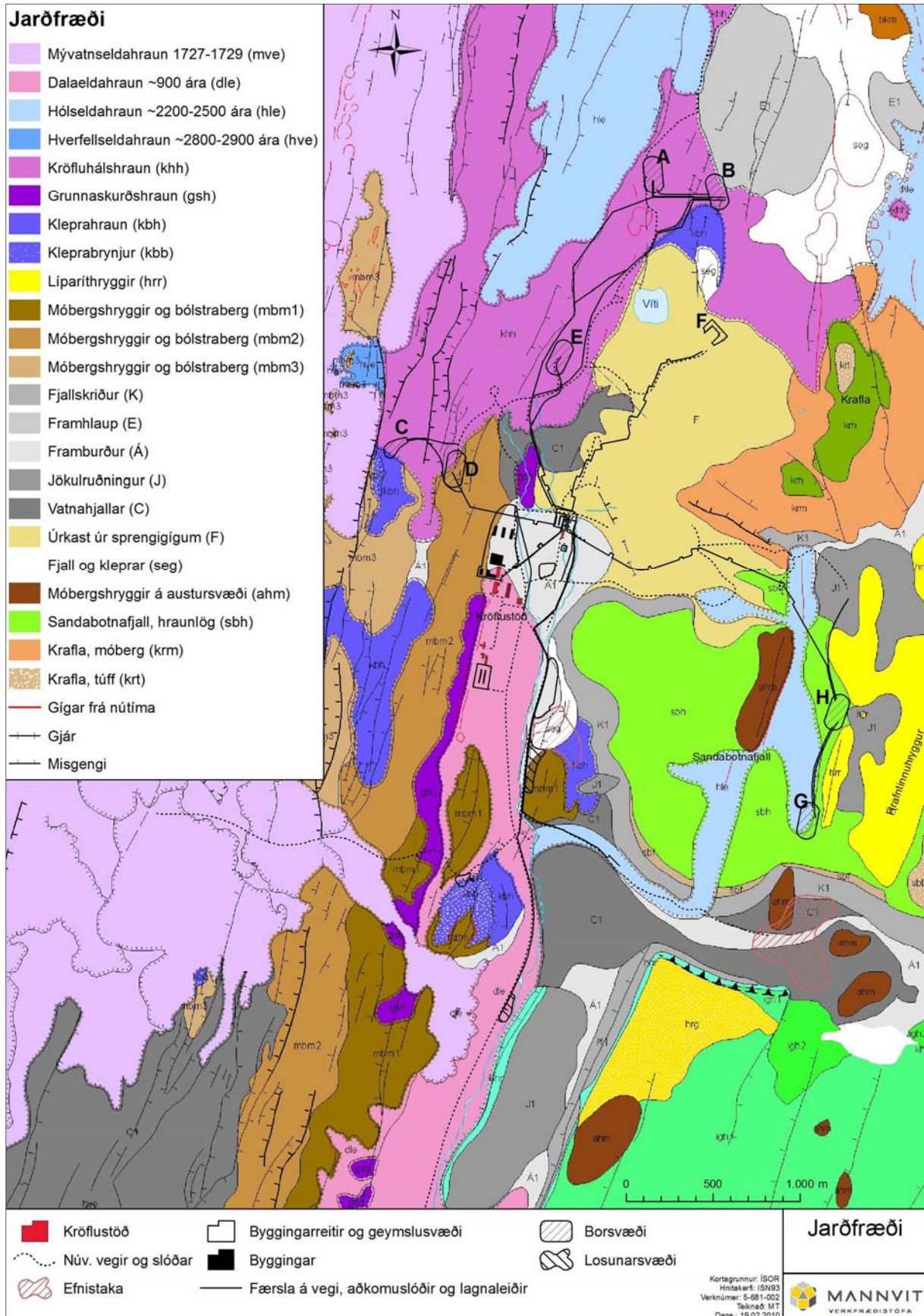
- **Mannvirki á stöðvarhúsreit:** Svæði raskað að hluta. Að mestu árframburður (Á) en undir vestasta hlutanum eru móbergshryggir og bólstraberg (mbm2) sem rann á síðasta jökulskeiði.
- **Skiljustöðvar, lokahús, dæluhús:** Raskað svæði, árframburður (Á).
- **Vinnubúðir:** Árframburður (Á).
- **Geymslusvæði:**
 - **Norðan við námu við Grænegilsöxl:** Árframburður (Á).
 - **Svæði sunnan við lokahús:** Árframburður (Á).
- **Borsvæði:**
 - **Vestara borsvæði norðan Vítis, borsvæði A:** Kröfluhálshraun (khh) sem er talið hafa runnið snemma á nútíma (telst til eldhrauna).
 - **Austara borsvæði norðan Vítis, borsvæði B:** Kröfluhálshraun (khh).
 - **Borsvæði C:** Kröfluhálshraun (khh). Syðsti hluti borsvæðisins fer inn á kleprahraun sem er talið vera mun eldra, frá síðjökultíma (kbh).
 - **Borsvæði D:** Núverandi borsvæði er að hluta á Kröfluhálshrauni (khh) og að hluta á móbergshrygg og bólstrabergi (mbm2). Stækkun borsvæðis fer inn á móbershrygginn og bólstrabergið (mbm2).
 - **Borsvæði suðvestan við Víti, borsvæði E:** Stækkun borsvæðisins mun fara yfir Kröfluhálshraun (khh) eins og núverandi borsvæði.
 - **Borsvæði suðaustan við Víti, borsvæði F:** Stækkun borsvæðisins mun fara yfir úrkast úr sprengigígum (F) eins og núverandi borsvæði.

- **Syðra borsvæði á Sandabotnafjalli, borsvæði G:** Hólseldahraun (hle) frá nútíma (2200-2500 ára gamalt, eldhraun) og eldri hraun, það er hraunlög frá síðasta jökulskeiði (sbh).
- **Nyrðra borsvæði á Sandabotnafjalli, borsvæði H:** Hraunlög frá síðasta jökulskeiði (sbh).
- **Lagnaleiðir og slóðir**
 - **Frá borsvæðum A og B:** Kröfluhálshraun, vatnahjallar (C), úrkast úr sprengigígum (F) á báðum leiðum (þrjár leiðir inni). Eystri leiðin er að hluta í jaðri kleprahrauns (kbh).
 - **Frá borsvæði D:** Móbergshryggir og bólstraberg (mbm2), árframburður (Á).
 - **Frá borsvæði C að borsvæði D:** Kröfluhálshraun (khh) og móbergshryggir og bólstraberg (mbm2).
 - **Frá borsvæði E að lögn/slóða frá borsvæðum A og B:** Kröfluhálshraun (khh).
 - **Frá borsvæði F:** Úrkast úr sprengigígum (F).
 - **Frá borsvæðum H og G:** Hraunlög frá síðasta jökulskeiði (sbh), Hólseldahraun (hle, 2200-2500 ára gamalt), úrkast úr sprengigígum (F), árframburður (Á).
- **Niðurrennsislögn og niðurrensslissvæði fyrir skiljuvatn:**
 - **Við Grænagilsöxl:** Lögn að svæðinu verður í mestu í árframburði (Á) en hlykkur á henni fer inn á Daleldahraun (dle). Niðurrensslissvæðið verður á fjalli og kleprum (seg) og á móbergshryggjum og bólstrabergi (mbm1).
 - **Við Skarðssel:** Lögn frá framangreindu niðurrensslissvæði verður í árframburði (dle) nyrst en að stærstum hluta í Daleldahrauni (dle). Niðurrensslissvæðið verður einnig á Daleldahrauni (dle).
- **Efnistökusvæði í Sandabotnaskarði:** Vatnahjallar (C), árframburður (Á) og að litlum hluta yfir móbergshrygg á austursvæði (ahm).

Í nágrenni framkvæmdasvæðisins eru ýmsar formfagar og áberandi jarðmyndanir. Þar ber að nefna sprengigíginn Víti, sem liggur í hlíðum Kröflu og myndaðist í sprengigosi í upphafi Mývatnselda 1724-1729, og minni sprengigíga norðan og suðaustan við Víti (sjá á mynd 5.1) sem mynduðust um leið og hann og eru óaðskiljanlegur hluti af þessari jarðmyndun (Kristján Sæmundsson, 1991).

Norðvestur af framkvæmdasvæðinu er móbergshryggurinn Leirhnjúkur. Í austurhlíð hans er gufuhituð tjörn með leirhverum og brennisteinsþúfum á bakkanum. Í hlíðinni þar suður af er heit jörð með gufuaugum, hverasöltum, brennisteini og áberandi gulbrúnum svæðum í kringum heitu blettina. Norður frá Leirhnjúki gengur slitrótt hraungíggaröð, meðal annars hinn formfagri Hófur.

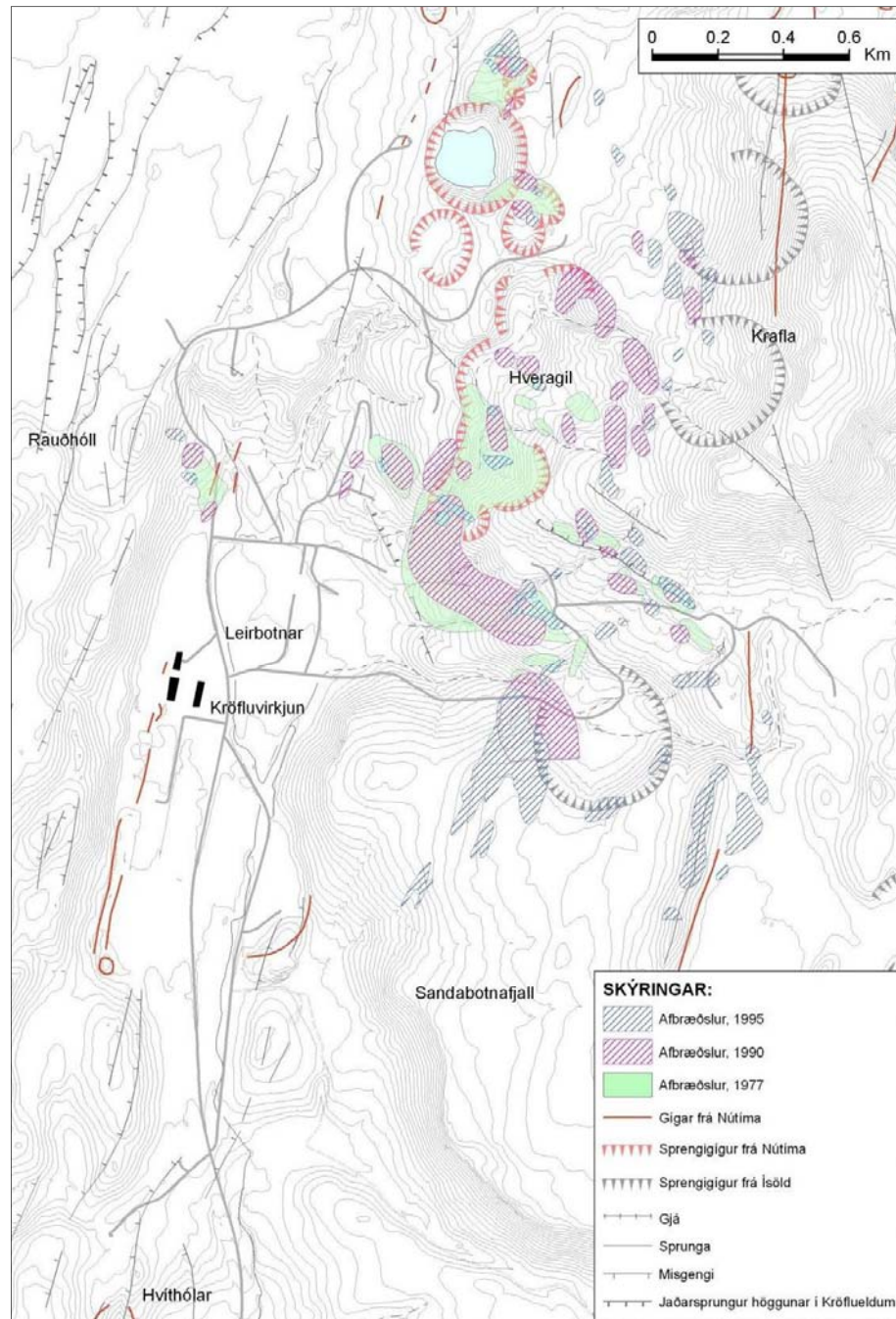
Hraftinnuhryggur er austan við Sandabotnafjall, um 2,5 km langur, fremur mjór og brattur með N-S stefnu, og rís allt að 100 m yfir fjallsflötinni umhverfis, Sandabotnafjalli. Hraftinnuhryggur er allur úr líparíti og hraftinna, sem er ein af ásýndum líparíts, er í beltum og á jöðrum hleina í háhryggnum.



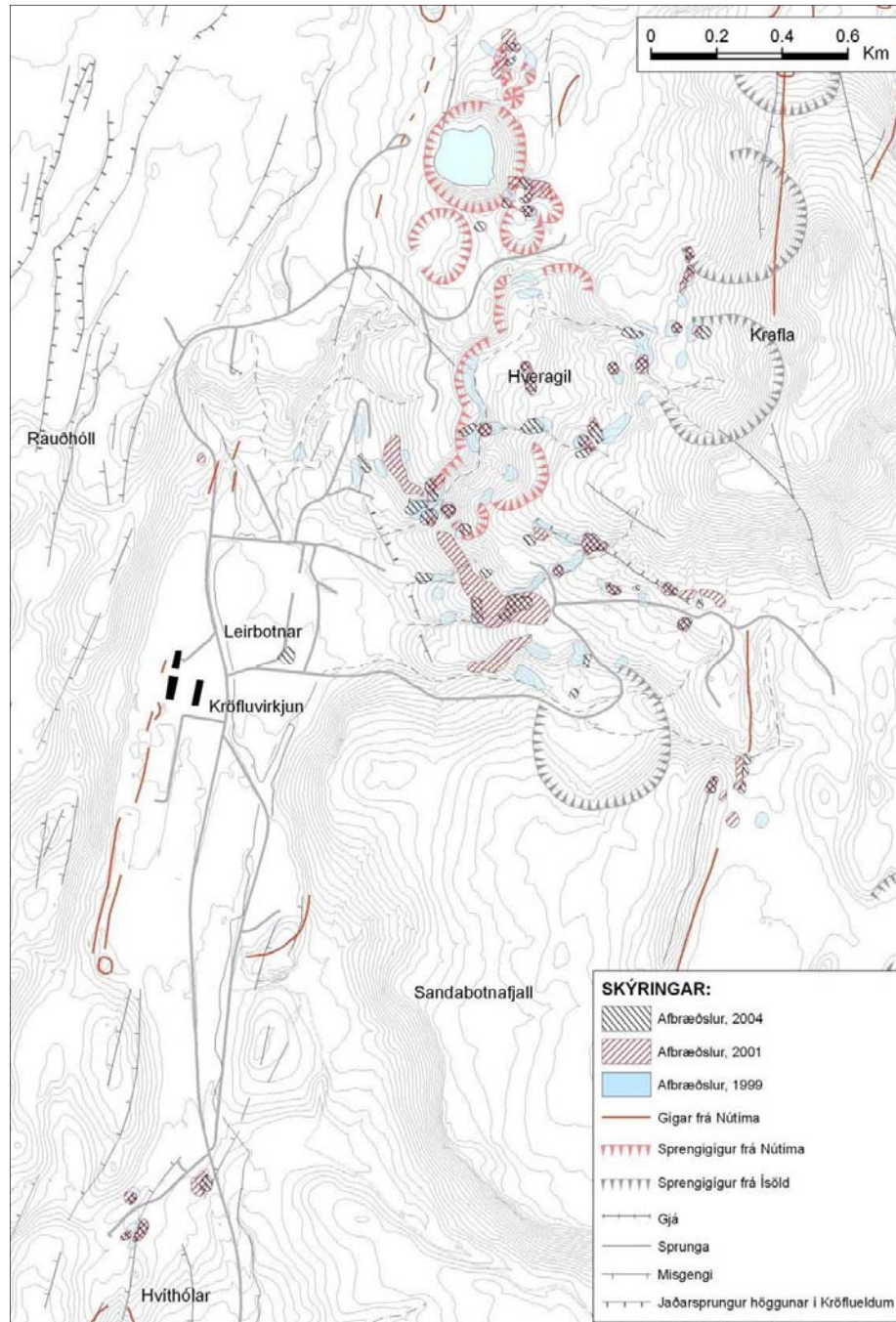
Mynd 9.15 Jarðfræðikort af Kröflusvæðinu (Kristján Sæmundsson, 2008). Fyrirhugað framkvæmdasvæði Kröfluvirkjunar II, lagnaleiðir, borsvæði, vegir slóðir og efnistöku-svæði er afmarkað á kortið.

Yfirborðsvirkni á Kröflusvæðinu

Yfirborðsvirkni á jarðhitasvæðinu í Kröflu fylgir í stórum dráttum kvikuhólfinu sem liggur undir svæðinu. Þetta á við um hveri og gufuaugu svo og jarðhitaummyndun. Í kjölfar eldsumbrota í Kröflukerfinu og orkunýtingar á svæðinu, hefur verið fylgst ítarlega með breytingum á yfirborðsvirkni frá árinu 1977 með því að kanna afbræðslur snjóá svæðinu við heppileg veðurskilyrði (Anette K. Mortensen o.fl., 2009). Athuganir á afbræðslu fóru fram árin 1990, 1995, 1999, 2001 og 2004. Á mynd 9.16 eru snjóafbræðslur í Kröflu sýndar á árunum 1977, 1990 og 1995 og á mynd 9.17 á árunum 1999, 2001 og 2004.



Mynd 9.16 Snjóafbræðslur í Kröflu á árunum 1977, 1990 og 1995 (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).



Mynd 9.17 Snjóafbraðslur í Kröflu á árunum 1999, 2001 og 2004 (Anette K. Mortensen o.fl., 2009).

Við samanburð á myndum 9.16 og 9.17 má sjá að ýmsar breytingar hafa orðið á yfirborðsvirkni á Kröflusvæðinu frá árinu 1977, aukning hefur orðið á sumum stöðum og minnkun á öðrum. Athuganirnar benda til þess að ólíklegt sé að á heildina litið hafi orðið aukning á yfirborðsvirkni á þessum árum. Nýjustu athuganir, haustið 2004, sýndu að afbraðslur og gufustreymi var með minnsta móti á svæðinu og á Leirbotnasvæðinu voru einungis tveir auðir staðir. Reyndar hafði gufustreymi aukist við Leirhnjúk og Hrafninnuhrygg, en minnkað víðast hvar á Hveragilssvæði, í Vesturhlíðum og í efri hluta Suðurhlíða. Þá hafði gufustreymi minnkað við hverinn í Hvíthólum en aukist úr misgenginu þar.

9.3.2 UMHVERFISÁHRIF

Viðmið umhverfispáttá

- 37. gr. laga um náttúruvernd nr. 44/1999.
- Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025.
- Velferð til framtíðar, sjálfbær þróun í íslensku samfélagi, stefnumörkun til ársins 2020, gefið út af umhverfisráðuneytinu.

Umfang, einkenni og vægi áhrifa

Jarðrask, og þar með rask á jarðmyndunum, fylgir lagningu slóða meðfram lögnunum, lagningu vega að borsvæðum, gerð eða stækkun borsvæða, byggingu mannvirkja Kröfluvirkjunar II, lagersvæðum, niðurrenslissvæðum og efnistöku-svæðum. Hluti af fyrirhuguðum svæðum undir mannvirki er nú þegar raskaður eins og fram kemur í kafla 9.3.1, svo sem svæði sem fer undir skiljustöðvar, lokahús og vinnubúðir og lagersvæði við Hvíthóla.

Samkvæmt 37. gr. laga nr. 44/1999 um náttúruvernd njóta jarðmyndanir á borð við eldhraun, eldvörp, gervigíga, hver, hrúður og hrúðurbreiður (100 m² að stærð eða stærri) sérstakrar verndar og skal forðast röskun þeirra eins og kostur er. Á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði eru eldhraun sem falla undir framangreinda grein laganna og hafa þau verið kortlögð (sjá á mynd 9.15). Eldhraun eru hraun sem runnið hafa eftir að jöklar hurfu af landinu í ísaldarlok.

Náttúrufræðistofnun Íslands hefur lokið umfangsmiklum rannsóknum á náttúrufari og verndargildi 18 háhitasvæða landsins í tengslum við 2. áfanga rammaáætlunar (Trausti Baldursson o.fl., 2009). Í matinu er Leirhnjúkur meðal átta svæða sem metið er hafa hátt verndargildi á heimsvísu. Hin svæðin eru Reykjanes, Grændalur, Geysir, Torfajökull/Landmannalaugar, Askja, Gjástykki og Brennisteinsfjöll. Af þessum svæðum er Torfajökulssvæðið talið hafa hæst verndargildi. Orkuvinnslu-svæðið við Kröflu er í um 700 m fjarlægð frá rótum Leirhnjúks og fara fyrirhugaðar framkvæmdir því hvergi nærri honum, tjörninni, leirhverunum eða ummynduðu svæðunum í austurhlíð hans.

Á Daleldahrauni, sem talið er vera um 900 ára gamalt verða vinnubúðir og lögn að niðurrenslissvæðum. Núverandi Kröflustöð, vinnubúðir, virkjunarvegur og ljós-leiðari eru á þessu hrauni. Við mat á umhverfisáhrifum er vert að hafa í huga að nú þegar hefur þessu eldhrauni verði raskað. Þannig verða vinnubúðirnar vegna Kröfluvirkjunar II reistar þar sem vinnubúðir voru vegna framkvæmda við Kröflustöð.

Syðra borsvæðið á Sandabotnafjalli, borsvæði G, verður að hluta á Hólseldahrauni, sem talið er vera 2.200-2.500 ára gamalt. Þetta er óraskað svæði.

Borsvæði A, B, C og E verða á mun eldra eldhrauni, svonefndu Kröfluhálshrauni, sem talið er hafa runnið snemma á nútíma (fyrir tæplega 10.000 árum). Núverandi borsvæði E og D, sem verða stækkuð, eru á sama hrauni en fyrirhuguð stækkun á borsvæði D mun þó ekki fara yfir eldhraunið. Ný borsvæði verða á óröskuðum svæðum.

Hluti lagna og slóða frá borsvæðum verður einnig lagður yfir eldhraun (sjá nánar í kafla 9.3.1).

Leita skal umsagnar Umhverfisstofnunar og náttúruverndarnefndar viðkomandi sveitarfélags, Skútustaðahrepps, áður en veitt er framkvæmda- eða byggingarleyfi til framkvæmda sem hafa í för með sér röskun jarðmyndana sem njóta sérstakrar verndar. Þess gerist þó ekki þörf vegna framkvæmda á Kröflusvæðinu því að í gildi er aðalskipulag þar sem umsögn liggur fyrir skv. 33. gr. laga nr. 44/1999.

Yfirborð framangreindra eldhrauna er að mestu slétt þar sem fyrirhuguð mannvirki verða og þau eru að hluta gróin. Í lögum nr. 44/1999 er ekki tekið fram hvort slík eldhraun séu metin með jafn hátt verndargildi og yngri og, oft og tíðum, úfnari hraun. Sé litið til framkvæmda sem hafa undirgengist mat á umhverfisáhrifum virðist þó vera tilhneiging til að meta verndargildi meira eftir því sem hraunin eru úfnari.

Í **töflu 9.3** hafa verið teknar saman upplýsingar um áætlað hámarksrask jarðmyndana sem njóta verndar, það er eldhrauna. Til samanburðar er heildarstærð viðkomandi hrauna (Kristján Sæmundsson, 1991; Árni Hjartarson, 2003).

Tafla 9.3 Rask á eldhraunum vegna fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II.

Hraun	Heildarflatarmál km ² (ha)	Rask vegna fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II ha	Hlutfall sem raskast %
Daleldahraun	10 (1.000)	3,3	0,33
Hólseldahraun	15 (1.500)	2,6	0,17
Kröfluhálshraun	60 (6.000)	11,0	0,18
Alls	85 (8.500)	16,9	0,20

Í ljósi framangreinds og að eldhraunum á Kröflusvæðinu hefur að hluta til verið raskað, er talið að áhrif vegna óhjákvæmilegs rasks á að mestu sléttum og að hluta til grónum hraunum verði minni en ef hraunin væru úfin með áberandi og formfögrum jarðmyndunum. Mannvirki og efnistökuáður í Sandabotnaskarði eru ekki fyrirhuguð á svæðum þar sem eru aðrar jarðmyndanir sem njóta verndar samkvæmt framangreindum lögum um náttúruvernd.

Áhrif af frekari jarðhitavinnslu á yfirborðsvirkni á Kröflusvæðinu

Í skýrslu Axels Björnssonar (2008) er samanburður á niðurstöðum athugana á breytingum á yfirborðsvirkni á háhitasvæðum sem nýtt eru hér á landi. Breytingar á yfirborðsvirkni eru ýmist litlar sem engar á sumum svæðum en á öðrum hefur orðið umtalsverð aukning á yfirborðsvirkni vegna þrýstilækkunar og aukinnar suðu efst í jarðhitakerfinu. Hvergi hefur dregið úr virkni á yfirborði háhitasvæðis vegna borana og vinnslu. Bjarnarflag er dæmi um svæði þar sem litlar breytingar hafa orðið (Ásgrímur Guðmundsson, 1999; Gestur Gíslason, 1999). Þar hefur eingöngu orðið vart þrýstingslækkunar í jarðhitageyminum í næsta nágrenni vinnsluhola þrátt fyrir allumfangsmikla jarðhitavinnslu í hátt í 30 ár. Virkjunarsvæði Reykjanesvirkjunar er dæmi um svæði þar sem miklar breytingar á yfirborðsvirkni hafa orðið frá því að vinnsla hófst. Myndast hefur gufupúði með háan þrýsting efst í jarðhitakerfinu vegna borana og vinnslu jarðhita sem hefur orðið til þess að hveravirkni hefur aukist mikið á yfirborði (VSÓ, 2009).

Einnig er vel þekkt að náttúrulegar breytingar verða á jarðhitavirkni á jarðhitasvæðum frá einum tíma til annars sem ekki eru nýtt. Þannig hafa athuganir frá árinu

1981 sýnt að á Þeistareykjum hafa orðið töluverðar breytingar, meðal annars á gufu- augum, brennisteins- og ummyndunarskellum, leirhverum og laugum (Axel Björnsson, 2008). Af framangreindu er ljóst að þar sem jarðhitavinnsla er til staðar er erfitt að greina á milli hvort breytingar á yfirborðsvirkni séu af náttúrulegum orsökum eða af völdum vinnslunnar.

Eins og sjá má á myndum 9.16 og 9.17 hefur yfirborðsvirkni á Kröflusvæðinu breyst nokkuð frá árinu 1977 og er talið að á heildina lítið hafi yfirborðsvirkni ekki aukist á svæðinu á undanförunum árum, jafnvel minnkað. Eins og fram hefur komið, hefur ekki orðið vart þrýstingslækkunar í jarðhitageyminum á Kröflusvæðinu fram til þessa.

Í skýrslu Axels Björnssonar (2008) er fjallað um möguleg áhrif virkjunar á Þeistareykjum. Þar er talið að breytingar á hverasvæðinu vegna vinnslu verði vart meiri en búast megi við vegna náttúrulegra orsaka og jafnvel verulega minni eða svipaðar árstíðabundnum sveiflum. Erfitt er að yfirfæra framangreint mat á Kröflusvæðið sem og að spá fyrir um hvort og hve miklar breytingar á yfirborðsvirkni geta orðið við frekari vinnslu. Athuganir hafa sýnt að engin tvö jarðhitasvæði/jarðhitakerfi eru nákvæmlega eins (Axel Björnsson, 2008). Niðurstaðan er því sú að óvissa ríkir um hvort frekari jarðhitanýting á Kröflusvæðinu geti orsakað breytingar á yfirborðsvirkni svæðisins. Líklegt er þó talið að litlar breytingar verði þar á ef mótvægis- aðgerðir til að takmarka þrýstingslækkun í jarðhitageyminum heppnast vel. Ljóst er að við fyrirhugaðar framkvæmdir verður ekkert rask á yfirborði svæða þar sem yfirborðsvirkni er þekkt. Landsvirkjun mun áfram fylgjast með yfirborðsvirkni á Kröflusvæðinu með reglubundnum hætti eins og fram kemur í kafla 11.

Mótvægisáðgerðir

Ekki er um eiginlegar mótvægisáðgerðir að ræða vegna jarðrasks. Framkvæmdar- aðili leggur mikla áherslu á að farið verði um svæðið með fyllstu aðgát til að lágmarka allt jarðrask eins og kröfur Landsvirkjunar til verktaka og þjónustuaðila segja til um.

Niðurstaða

Á framkvæmdatíma er á nokkrum stöðum óhjákvæmilegt að eldhraun raskist. Yfirborð þessara hrauna er tiltölulega slétt og þarf því lítið að slétta/skafa þau. Áhrif á þessi hraun eru því metin nokkuð neikvæð. Að öðru leyti verða áhrif á jarðmyndanir óveruleg.

Á rekstrartíma fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II verða áhrif á jarðmyndanir óveruleg.

Líklegt er talið að frekari jarðhitanýting hafi óveruleg áhrif á yfirborðsvirkni jarðhita ef mótvægisáðgerðir til að takmarka þrýstingslækkun í jarðhitageyminum heppnast vel. Þetta mat er þó háð óvissu.

9.4 VATN

9.4.1 GRUNNÁSTAND

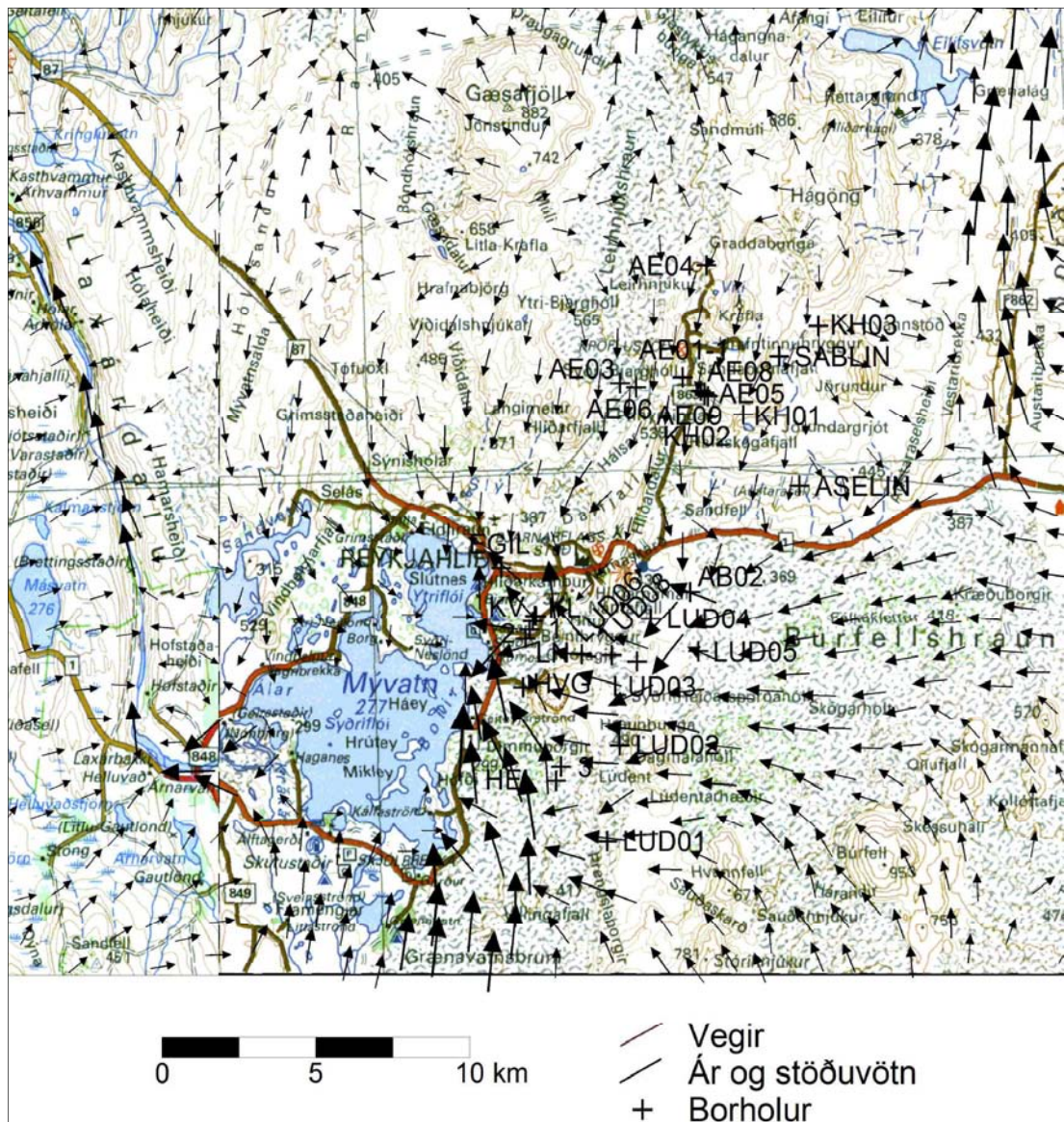
Grunnvatn og yfirborðsvatn á Kröflusvæðinu

Miklar rannsóknir á grunnvatnsrennsli og eiginleikum grunnvatns á Norðausturlandi hafa farið fram á undanförunum áratugum. Að frumkvæði Landsvirkjunar var fyrst gert fremur gróft grunnvatnslíkan af öllu svæðinu frá jöklum og fram í sjó og síðar var unnið nákvæmara líkan af vatnasvæði Mývatns og Laxár (Vatnaskil, 1999). Vegna áforma um aukna orkuvinnslu á Norðausturlandi var líkanið uppfært á árunum 2007-2008 með áherslu á svæðið í næsta nágrenni Mývatns og norðan vatnsins, allt norður í Öxarfjörð (Vatnaskil, 2008).

Á **mynd 9.18** er sýnt reiknað grunnvatnsrennsli á svæðinu samkvæmt grunnvatnslíkani Vatnaskila. Flókin jarðfræði svæðisins, jarðhitavirkni og fleira veldur því að grunnvatnskerfin eru margbreytileg og nokkuð flókin þar sem megin grunnvatnsstraumar renna um sprungureinar.

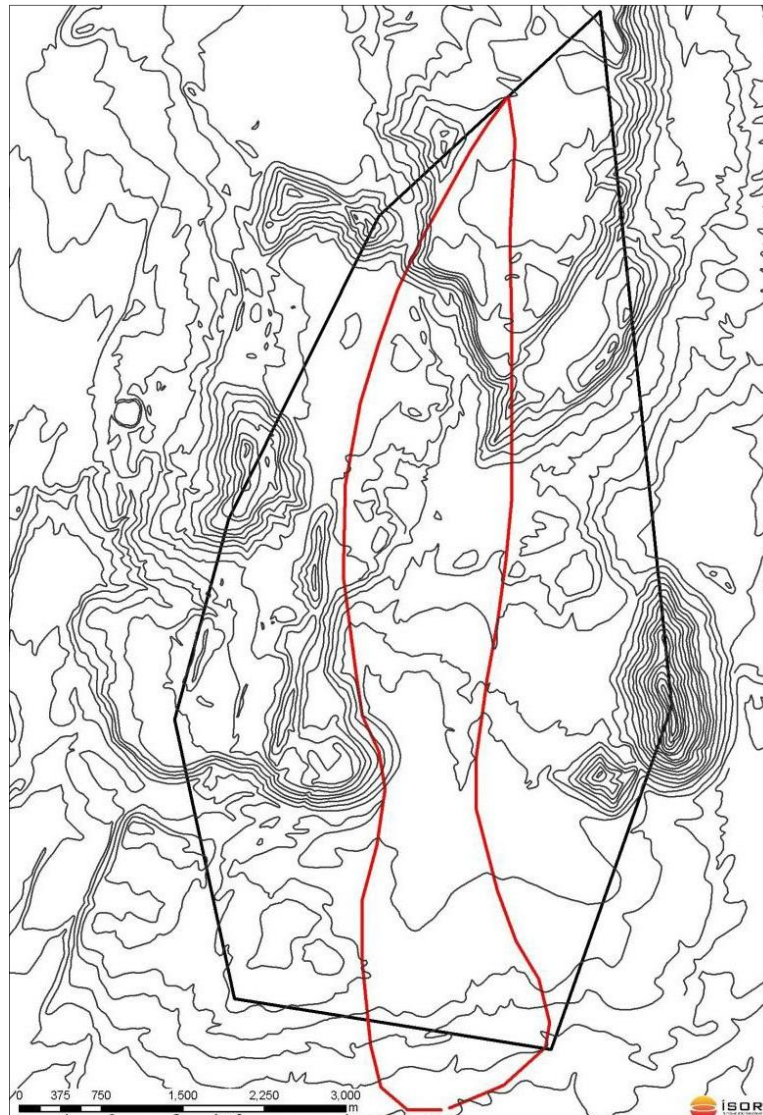
Eins og sjá má á **mynd 9.18** er reiknað með að grunnvatnsstreymi á Kröflusvæðinu komi úr norðri og austri, það er frá Hágöngum (Freyr Þórarinsson og Bára Björgvinsdóttir, 1980). Á myndinni sést að hindrun virðist vera á streymi grunnvatns til vesturs af Kröflusvæðinu þannig að það streymir til suðurs, austan við Mývatn. Efnagreiningar á affallsvatni, holuvatni og lindarvatni á svæðinu styðja þessa niðurstöðu. Ekki hafa fundist merki um affallsvatn frá Kröflu í lindum við Mývatn og hafa niðurstöður ferilefnaprófana á svæðinu stutt þá tilgátu að affallsvatn frá Kröflu renni til suðurs, austan Mývatns, og blandist þar miklum grunnvatnsstraumi að sunnan (Halldór Ármannsson o.fl. 1998; Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 1999).

Vatnsból þéttbýlisins í Mývatnssveit er í Austaraselslindum, sunnan Sandabotna. Mörk verndarsvæðis lindanna miðast við vatnaskil á yfirborði og eru vesturmörk þess sýnd á **mynd 7.3**. Nákvæm greining á því svæði sem grunnvatn kann að renna að vatnsbólunum liggur ekki fyrir en líklegt er talið að fjöllin umhverfis marki því bás (Freysteinn Sigurðsson, 1997). Í aðalskipulagi Skútustaðahrepps hafa verið dregin mörk vatnsverndarsvæðis í samræmi við framangreint og það allt flokkað sem grannsvæði. Ekki þótti ástæða til að tilgreina sérstakt fjarsvæði. Neysluvatn fyrir Kröflusvæðið er tekið úr lindum innan vatnsverndarsvæðisins.



Mynd 9.18 Reiknað grunnvatnsrennsli á Mývatnssvæðinu samkvæmt grunnvatnslíkani Vatnaskila (2008).

Eins og fram kemur hér að framan er grannsvæði vatnsverndarinnar skilgreint nokkuð rúmt. Þetta má sjá á mynd 9.19 þar sem vatnsverndarsvæðið er sýnt ásamt aðrenslissvæði Austaraselslinda, eins og það reiknast í grunnvatnslíkani Vatnaskila (2008). Af myndinni að dæma beinist grunnvatn meira í suður-norður stefnu enda er aðrenslissvæði Sandabotna- og Austaraselslinda nánast á vatnaskilum, þar sem grunnvatn streymir annars vegar suður til Mývatns en norður í Öxarfjörð á hinn bóginn. Minni hættu er því á að vatn spillist vegna aðrenslis úr austri og vestri. Í Sandabotnaskarði er að auki lækur sem alla jafnan getur beint yfirborðsvatni vestur úr skarðinu (viðauki 2).



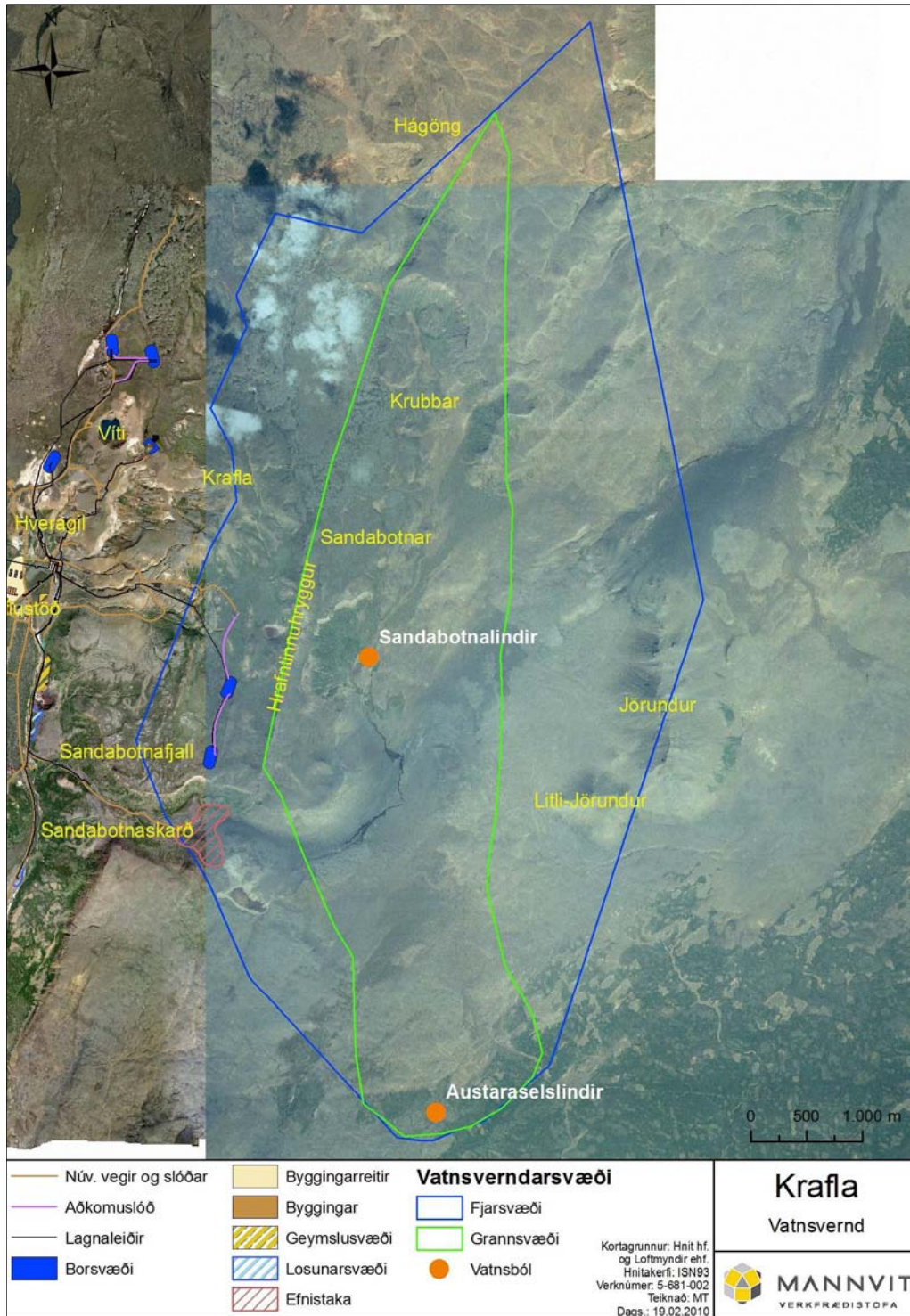
Mynd 9.19 Afmörkun núverandi grannsvæðis er sýnd með svartri línu samkvæmt tillögu Freysteins Sigurðssonar frá 1997. Rauða línan sýnir aðdráttarsvið Austaraselslinda samkvæmt grunnvatnslíkani Vatnaskila (**viðauki 2**).

Verndarsvæði umhverfis vatnsból er yfirleitt skipt í þrjá flokka, brunnsvæði, grannsvæði og fjarsvæði. Í ljósi skilgreininga þessara flokka samkvæmt reglugerð hefur verið sett fram tillaga að slíkri skiptingu vegna vatnsverndar fyrir Austarasels- og Sandabotnalindir. Skiptingin er eftirfarandi (**viðauki 2**):

- **Brunnsvæði.** Rétt er að girða af einstök vatnsból en ekki er talin vera þörf á að afgirt svæði þurfi að vera stórt. Þarna þarf frekar að fella girðingar þannig að landi að þær standi sæmilega og skemmist ekki í vetrarsnjóum.
- **Grannsvæði.** Hér er grannsvæði í stórum dráttum skilgreint í samræmi við aðdráttarsvið Austaraselslinda, eins og það kemur fram í grunnvatnslíkaninu og sýnt er á mynd 9.19. Að auki er talið rétt að vesturmörkin fylgi Hrafninnhrygg. Lækurinn vestur úr Sandabotnaskarði er talinn draga verulega úr óæskilegum áhrifum yfirborðsvatns á efri hluta svæðisins. Að sama skapi verður því að gæta meiri varúðar á svæðinu næst Austaraselslindum.

- **Fjarsvæði.** Um er að ræða yfirborðsvatnasvið lindanna eins og það kemur fram í landslagi. Þar skal gæta fyllstu snyrtimennsku og ekki geyma skaðleg efni.

Framangreind tillaga að vatnsvernd er sýnd á mynd 9.20 (viðauki 2).



Mynd 9.20 Tillaga að vatnsvernd við Austarasels- og Sandabotnalindir. Tillagan lýsir sér í því að grannsvæði taki yfir aðrennslissvæði grunnvatnsins eins og það kemur fram í grunnvatnslíkani Vatnaskila. Að auki er tekið tillit til áhrifa yfirborðs-afrennslis. Fjarsvæðisafmörkun fylgir í höfuðdráttum landslagi (viðauki 2).

Vatnasvið Laxár og Mývatns nær yfir allt framkvæmdasvæðið. Laxá er í rúmlega 20 km fjarlægð frá framkvæmdasvæðinu og Mývatn í rúmlega 10 km fjarlægð. Mývatn og Laxá er verndað samkvæmt lögum nr. 97/2004, nánar tiltekið 2. mgr. 4. gr. laganna, með eyjum, hólum og kvíslum, allt að ósi árinna við Skjálfandaflóa, ásamt 200 m breiðum bakka meðfram Mývatni öllu og Laxá báðum megin, auk ákveðinna votlendissvæða og 200 m bakka meðfram ákveðnum vötnum, ám og lækjum. Samkvæmt lögnum nýtur einnig allt vatnasvið Mývatns og Laxár vatnsverndar, bæði yfirborðsvatn og grunnvatn. Þar eru ákvæði um varnir gegn hvers konar mengun á vatnasviðinu, þar á meðal á grunnvatnskerfi. Mývatn og Laxá njóta verndar samkvæmt Ramsarsamningnum, sem er fjölþjóðlegt samkomulag um verndun votlendis sem hefur alþjóðlegt gildi vegna fuglalífs. Mörk vatnasviðs Mývatns og Laxár eru ekki sýnd á mynd 7.3 því það nær yfir allt Kröflusvæðið og er fyrirhugað framkvæmdasvæði innan þess.

Ofan við Kröflustöð, úr Hveragili og nærliggjandi giljum, renna nokkrir volgir lækir sem sameinast í grennd við núverandi Kröflustöð og mynda einn læk, Dallæk. Lækirnir eru volgir frá náttúrunnar hendi því í þá rennur heitt jarðhitavatn. Við borun og prófun borholna hefur affallsvatni verið veitt tímabundið frá borholum í lækina. Í kafla 9.5, í tengslum við umfjöllun um athugun á dýralífi í lækjunum, er fjallað um hitastig og sýrustig í lækjunum.

Dallækur hefur nú þegar orðið fyrir verulegum áhrifum frá núverandi Kröflustöð, nyrsti hluti lækjarins hefur hitnað, rennsli hans aukist, pH gildi sýrustigs lækkað, efnasamsetning vatnsins breyst og útfellingar á botni aukist (sjá síðar) (Landsvirkjun, 2009a). Í nyrsta hluta Dallækjar rennur vatn frá skiljustöð og kæliturnum (yfirborðsförgun), eða um 125 kg/s af um 100°C skiljuvatni og 40-80 kg/s af um 40°C kæli vatni. Í Búrfellshrauni, þar sem Dallækur fer ofan í hraunið, hafa myndast tjarnir eftir að framangreind förgun hófst. Frá upphafi árs 2002 varð breyting á en síðan þá hefur um 40% skiljuvatns (50-70 l/s) verið dælt niður í jarðhitakerfið, í holu K-26, með djúpförgun.

Umfangsmikið eftirlit hefur verið með grunnvatni og efnainnihaldi þess í austanverðu Mývatni til að fylgjast með hvort efnamengunar verði vart vegna affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Til að mynda var gerð ferilefnakönnun með kalíumjodíði 2000-2001 (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 2001) og var þá sett ferilefni niður í affallssvelginn frá Bjarnarflagi. Helstu niðurstöður voru þær að engin merki komu fram um hratt streymi, heldur reyndist affallsvatnið dreifast mjög vel um grunnvatnskerfið. Boraðar voru fimm holur í Búrfellshrauni 1999 og 2002 og árið 2002 var gerð efnarannsókn á vatni þessara holna. Niðurstaða varð eins og í ferilefnakönnuninni sú að þynning væri gífurleg þegar jarðhitaaffall blandast grunnvatni (Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson 2002).

Árið 2002 var sett fram endurskipulögð eftirlitsáætlun með áhrifum losunar skiljuvatns frá Kröflustöð á Dallæk og grunnvatn á Mývatnssvæðinu austanverðu (sjá síðar). Áætlunin var unnin í samráði við Umhverfisstofnun og Heilbrigðiseftirlit Norðurlands eystra. Umhverfisstofnun fær árlega skýrslu um niðurstöður eftirlitsins. Sínum er safnað til efnamælinga úr frárennsli skiljustöðva, úr Dallæk, nokkrum borholum í Búrfellshrauni, niðurfalli frá Bjarnarflagslóni, Grjótagjá og lindum í Langa-vogi og Vogaflóa við Mývatn. Í niðurstöðuskýrslu fyrir árið 2008 (Halldór Ármannsson o.fl., 2008) er styrkur ýmissa efna í vatnssýnum borinn saman við tiltæk

umhverfismörk. Megin niðurstöður eru þær að áhrifa affallsvatnsins hefur ekki orðið vart í grunnvatni á svæðinu né í grunnvatni í námunda við Mývatn. Tvö efni, arsen (As) og ál (Al), hafa verið notuð sem leiðarefni við túlkun niðurstaðna. Aukning hefur orðið á styrk snefilefna í nyrsta hluta Dallækjar. Þar ber helst að nefna að styrkur arsens hefur aukist í læknum næst Kröflustöð. Í reglugerð nr. 796/1999 er fjallað um mengun af völdum arsens með tilliti til lífríkis og er styrk arsens þar skipað í fimm mengunarflokka eftir mögulegri skaðsemi, frá I. flokki (mjög lítil eða engin hætta á áhrifum) til V. flokks (ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði). Árið 2008 mældist styrkur arsens í nyrsta hluta Dallækjar, næst stöðvarhúsinu, við lægstu skaðsemismörk, það er í mengunarflokki II (lítil hætta á áhrifum; Landsvirkjun, 2009a).

9.4.2 UMHVERFISÁHRIF

Viðmið umhverfisþátta

- Lög um verndun Mývatns og Laxár, nr. 97/2004.
- Lög nr. 57/1998 um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu.
- Reglugerð nr. 796/1999 (nr. 533/2001 og 913/2003) um varnir gegn mengun vatns m.s.br.
- Reglugerð nr. 797/1999 um varnir gegn mengun grunnvatns.
- Reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn.
- Reglugerð nr. 35/1994 um varnir gegn olíumengun frá starfsemi í landi.

Umfang, einkenni og vægi áhrifa

Kælivatni frá kæliturnum Kröflustöðvar II verður veitt í nyrsta hluta Dallækjar (yfirborðsförgun) eins og gert er við kælivatn frá núverandi Kröfluvirkjun. Breyting verður á förgun skiljuvatns frá skiljustöð eins og fram kom í kafla 4.4. Hingað til hefur um 40% skiljuvatns verið veitt í Dallæk en nú er fyrirhugað að leggja lög að niðurrenslissvæðum sunnar þar sem skiljuvatni verður fargað (sjá niðurrenslissvæði á mynd 4.1), bæði frá núverandi Kröflustöð og fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II, í stað þess að veita því í Dallæk. Á niðurrenslissvæðunum verður skiljuvatnið leitt niður í borholur með grunnförgun, niður fyrir efstu grunnvatnslög, niður á um 300 m djúpi. Gert er ráð fyrir að halda áfram vinnu við að auka hlutdeild djúpförgunar.

Frárennsli frá fyrirhuguðum borholum við borun og prófanir verður, eins og kom fram í kafla 4.2.5, leitt í nálæga farvegi eða ofan í svelgi við hvert borsvæði.

Áhrif á vatnsból

Á mynd 7.3 eru sýnd vesturmörk verndarsvæðis vatnsból þéttbýlisins í Mývatns-sveit, í Austaraselslindum. Innan þess er einnig vatnsból Kröflustöðvar. Fyrirhugað framkvæmdasvæði er að mestu utan við umrætt vatnsverndarsvæði. Borsvæði á Sandabotnafjalli, vegur að þeim, og náma í Sandabotnaskarði verða þó innan þess. Um grannsvæði vatnsbóla gilda reglur sem tilgreindar eru í reglugerðum nr. 536/2001 og nr. 796/1999.

Við mat á áhrifum á vatnsból vegna fyrirhugaðra framkvæmda uppi á Sandabotnafjalli og í Sandabotnaskarði var sett fram ný tillaga að vatnsvernd við Austarasels- og Sandabotnalindir (sjá mynd 9.20). Ástæðan er sú að þegar núverandi vatnsvernd var

skilgreind þótti ekki ástæða til að afmarka fjarsvæði auk þess sem grunnvatnslíkan Vatnaskila (sjá mynd 9.18) lá þá ekki fyrir. Í nýrri tillögu er verndin flokkuð í þrjú svæði, brunnsvæði, grannsvæði og fjarsvæði, eins og oftast er gert við afmörkun vatnsverndarsvæða (sjá mynd 9.20). Samkvæmt þessari tillögu eru fyrirhuguð borsvæði G og H uppi á Sandabotnafjalli sem og náman í Sandabotnaskarði rétt innan fjarsvæðis vatnsverndar. Hætta á óæskilegum áhrifum fyrirhugaðra framkvæmda er því minni en ef framkvæmdasvæðin væru innan grannsvæðis þó svo að þar skuli gæta fyllstu snyrtimennsku og ekki geyma skaðleg efni eins og fram kemur í kafla 9.1.

Með framangreindri tillögu að vatnsvernd er Landsvirkjun ekki að kalla eftir skipulagsbreytingu heldur að leggja mat á hvar fyrirhuguð framkvæmdasvæði lenda innan vendarsvæða vatnsbóla eins og sérfræðingar telja, samkvæmt nýjustu upplýsingum, að réttara væri að skilgreina þau. Samkvæmt gildandi aðalskipulagi eru borsvæðin á Sandabotnafjalli og náman í Sandabotnaskarði innan grannsvæðis vatnsverndar.

Hvað námu í Sandabotnum varðar gæti verið hætta á því að olía berist í jarðveg og þaðan í grunnvatn frá vélum, þungaflutningabílum og öðrum ökutækjum. Samkvæmt reglugerð nr. 796/1999 m.s.br. skal gæta fyllstu varúðar í meðferð ýmissa efna, þar á meðal olíu, einkum ef vitað er um sprungur eða misgengi. Ekki er vitað til þess að sprungur liggi undir fyrirhuguðu efnistökusvæði í Sandabotnaskarði. Til að fyrirbyggja hættu á neikvæðum áhrifum efnistökkunnar á grunnvatn, vatnsverndarsvæði og vatnsból í nágrenninu verður þess gætt eins og kostur er að olía og önnur efni úr ökutækjum og þungavinnuvélum komist ekki í snertingu við jörð. Við efnistökkuna verður farið eftir kröfum í reglugerð nr. 35/1994 um varnir gegn olíumengun frá starfsemi á landi.

Áhrif á grunnvatn

Förgun affallsvatns fylgir hætta á efnamengun grunnvatns. Skiljuvatn inniheldur meginhluta þeirra uppleystu steinefna sem eru í jarðhitavökvanum. Ekki er ástæða til að óttast áhrif þessara efna þó svo að styrkur nokkurra efna sé um eða yfir mörkum fyrir drykkjarvatn í Dallæk. Þar sem lækurinn liggur mun lægra en vatnsból í Austaraselslindum og í Sandabotnum er engin hætta á að jarðhitavatn komist í þau frá læknum.

Styrkur mengunarefna (snefilefna) hefur verið mældur árlega á Kröflusvæðinu frá árinu 2002 í samráði við Umhverfisstofnun. Niðurstöður ársins 2008 (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 2008) á styrk mengunarefna í yfirborðsvatni frá skiljustöð, kæliturnum og í Dallæk, þar sem hann rennur undir Austurlandsveg, eru sýnd í töflu 9.4. Til samanburðar er birt tafla 9.5, sem notuð er til að flokka yfirborðsvatn með tilliti til mengandi efna samkvæmt reglugerð nr. 796/1999 m.s.br., um varnir gegn mengun vatns, og reglugerð nr. 797/1999 m.s.br., um varnir gegn mengun grunnvatns.

Tafla 9.4 Styrkur mengunarefna (snefilefna) í yfirborðsvatni á Kröflusvæðinu 2008 (feitletruð gildi eru yfir umhverfismörkum, sjá **töflu 9.5**).

	Hg	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	As	P
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg
Frá skiljustöð	0,00	0,26	1,52	0,00	0,03	0,04	0,25	28,1	0,00
Frá kæliturenum	0,03	0,11	2,09	0,00	0,03	0,89	0,56	1,4	0,01
Dallækur	0,09	0,31	1,55	0,00	0,04	0,46	0,65	11,7	0,05

Tafla 9.5 Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki.

	Hg	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	As	P
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg
Flokkur I <		0,5	5	0,01	0,2	0,3	0,7	0,4	0,02
Flokkur II <		3	20	0,1	1	5	1,5	5	0,04
Flokkur III <		9	60	0,3	3	15	4,5	15	0,09
Flokkur IV <		45	300	1,5	15	75	22,5	75	0,15
Flokkur V >	1	45	300	1,5	15	75	22,5	75	0,15

Umhverfismörk I: Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum.

Umhverfismörk II: Lítil hætta á áhrifum.

Umhverfismörk III: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki.

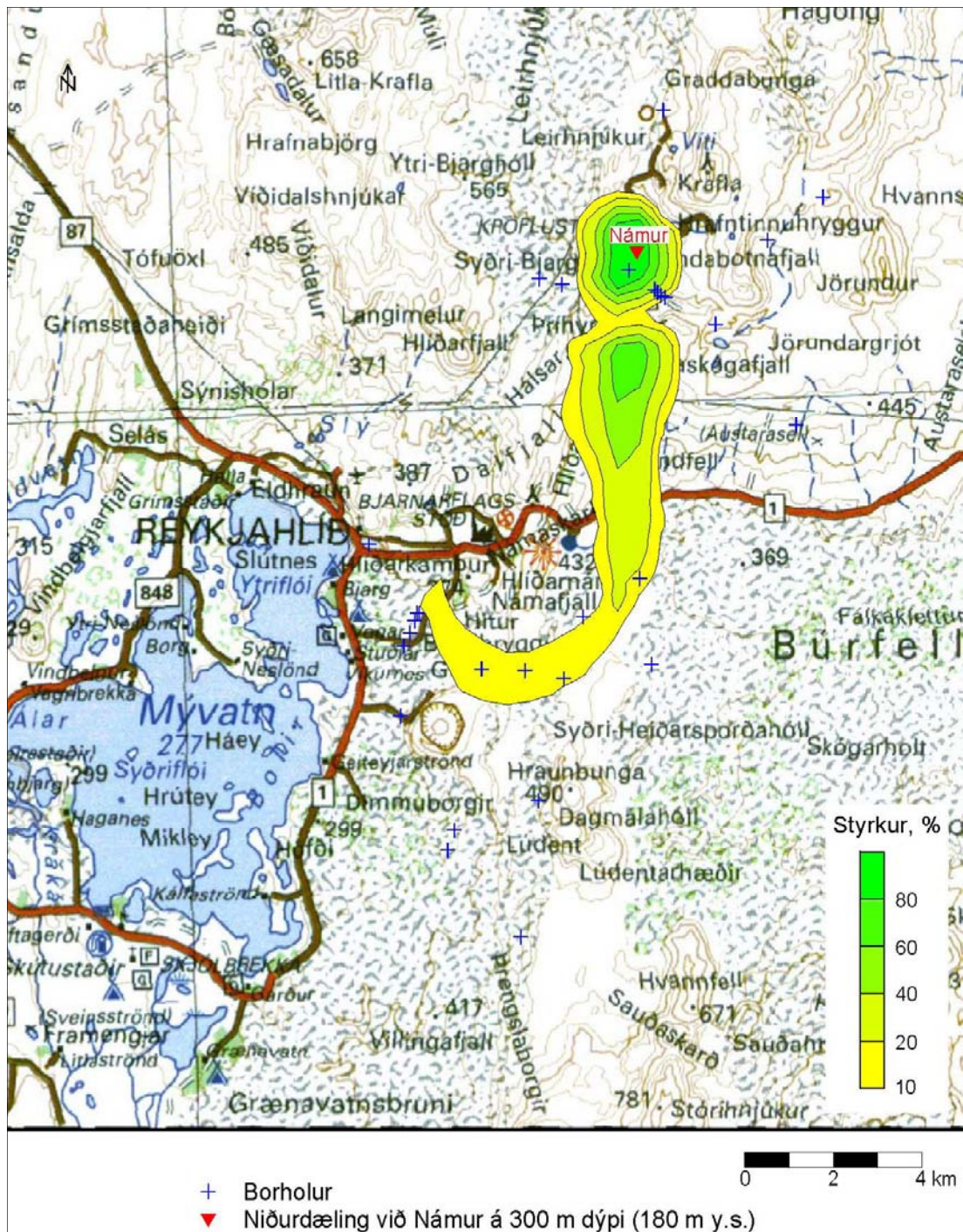
Umhverfismörk IV: Áhrifa að vænta.

Umhverfismörk V: Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði.

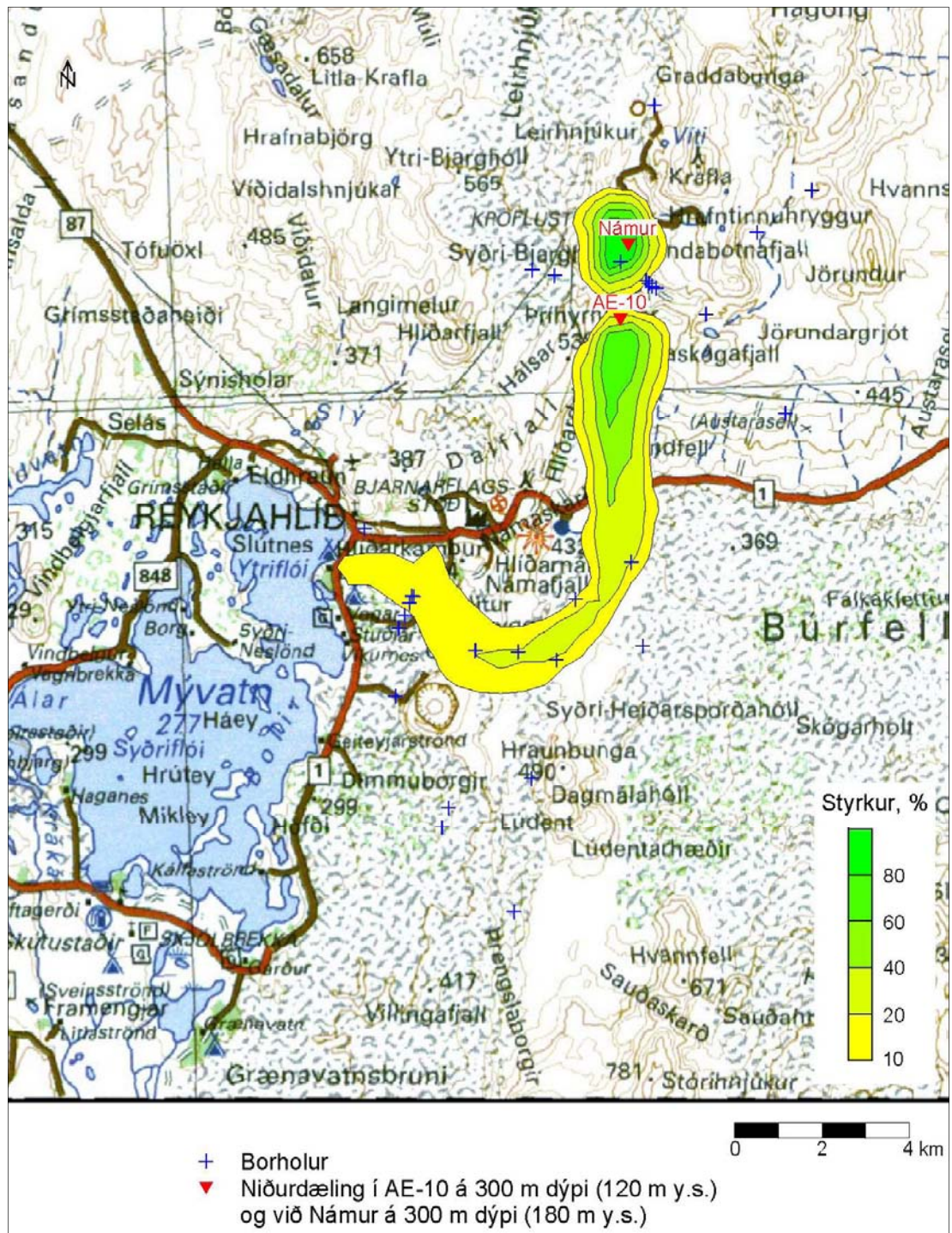
Eins og sjá má fer króm (Cr) yfir umhverfismörk fyrir I. flokk í frárennsli frá kæliturenum og í Dallæk. Arsen (As) fer yfir umhverfismörk fyrir I. flokk í frárennsli frá kæliturenum, yfir umhverfismörk fyrir II. flokk í Dallæk og yfir umhverfismörk fyrir III. flokk í frárennsli frá skiljustöð. Í öllum tilfellum er hætta á áhrifum lítil, mjög lítil eða engin. Styrkur arsens í frárennsli frá skiljustöð og í Dallæk er hins vegar það mikill að áhrifa er að vænta, í það minnsta á viðkvæmt lífríki.

Með því að dæla affallsvatni, bæði frá núverandi Kröflustöð og fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II, niður í grunnvatnið á um 300 m dýpi er hætta á mengun í efri grunnvatnslögum minnkuð. Grunnvatnslíkan Vatnaskila var notað til að kanna nánar áhrif grunnförgunar, bæði með tilliti til dreifingar og þynningaráhrifa (**viðauki 3**). Grunnförgun var reiknuð fyrir tvö niðurrennsli svæði, annað við Námur (náman við Grænagilsöxl) og hitt sunnan við Skarðssel (há holu AE-10). Niðurrennsli svæðin má sjá á **mynd 4.1**. Á hvorum niðurrennsli stað voru tvö tilfelli skoðuð, annars vegar að farga 280 kg/s og hins vegar 350 kg/s. Þetta er í samræmi við umfjöllun í kafla 4.3.5 en með því að auka affallsvatnið í 350 kg/s er frárennsli frá kæliturenum út í Dallæk minnkað. Niðurstaða reikninganna sýnir hvernig dreifingin er orðin að 30 árum liðnum og sýna ystu mörk dreifingarmyndanna hvar styrkurinn er orðinn 10% af upphaflegum styrk. Hér er eingöngu um þynningu að ræða. Ekki er tekið á þeim efnaferlum sem eiga sér stað á leið vatnsins, til dæmis ef eitthvað fellur út eða annað kemur inn. Að 30 árum liðnum er þynningin orðin það mikil að lítil hætta er talin á áhrifum á lífríki. Til að gæta fyllsta öryggis og koma í veg fyrir að dreifing affallsvatnsins nái til Mývatns er ráðgert að dæla öllu affallsvatninu við Námur. Niður-

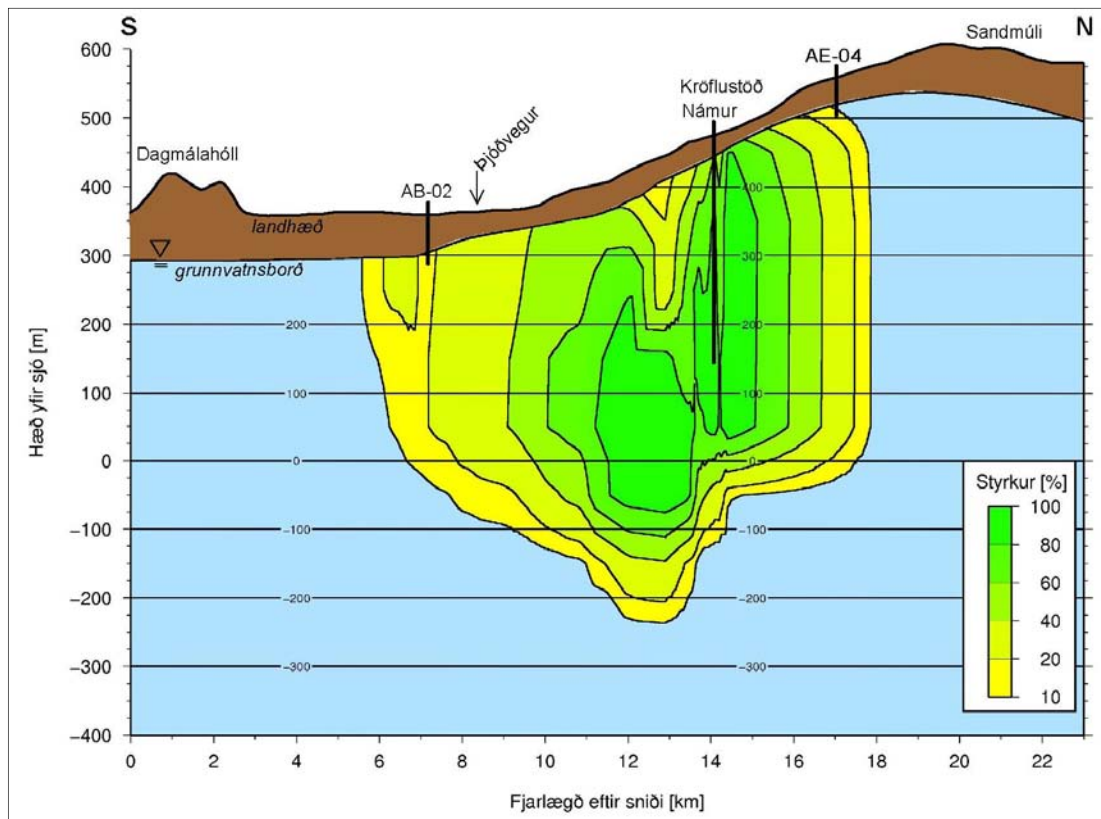
rennsli þar er auk þess hagkvæmara vegna styttri vegalengdar frá skiljustöð. Ef svæðið við Námur tekur ekki við öllu affallsvatninu er mögulegt að skipta því upp, til dæmis til helminga, það er að setja niður 50% við Námur og 50% við holu AE-10. Eins og sjá má á myndum 9.21-9.23 er talið að grunnförgun affallsvatns tryggji lágmarksáhrif á grunnvatn og þar með lífríki á yfirborði þó svo að dreifingin nái alveg upp að grunnvatnsborði með tímanum. Þá má gera ráð fyrir að magn affallsvatns sem ætlunin er að farga með grunnförgun minnki með tímanum eftir því sem hlutdeild djúpförgunar eykst.



Mynd 9.21 Niðurdæling við Námur (350 kg/s). Reiknaður styrkur í 200-300 m y.s. sem hlutfall af upphaflegum styrk í skiljuvatni (viðauki 3).



Mynd 9.22 Niðurdæling við Námur (175 kg/s) og við holu AE-10, sunnan Skarðsells (175 kg/s). Reiknaður styrkur í 200-300 m y.s. sem hlutfall af upphaflegum styrk í skiljuvatni (viðauki 3).



Mynd 9.23 Niðurdæling við Námur (350 kg/s). Reiknaður styrkur í þversniði í gegnum Kröflu sem hlutfall af upphaflegum styrk í skiljuvatni (viðauki 3).

Út frá niðurstöðum eftirlits á grunnvatni allt frá árinu 2002 er metið svo að litlar líkur séu á að tímabundin áhrif affallsvatns frá borholum muni gæta á framangreindu verndarsvæði (grannsvæði vatnsbóla, vatnasvið Laxár og Mývatns) eða í grunnvatni almennt. Þess má geta að styrkur arsens er mjög hár í Bjarnarflagslóni, 103 $\mu\text{g}/\text{kg}$ árið 2008 (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 2008). Þrátt fyrir það hefur áhrifa þess ekki gætt í gjánum austan við Mývatn og á innstreymisstöðum við vatnið sjálft í árlegum eftirlitsmælingum frá árinu 2002. Í ljósi þess má draga þá ályktun að ákaflega ólíklegt sé að efnamengunar frá Kröflusvæðinu komi til með að gæta í nánd við Mývatn. Áfram er ráðgert árlegt eftirlit með áhrifum af förgun affallsvatns.

Áhrif á Dallæk og aðra læk

Norðurhluti Dallækjar hefur nú þegar orðið fyrir verulega neikvæðum áhrifum frá núverandi Kröflustöð eins og niðurstöður athugunar á dýralífi sýna (Jón S. Ólafsson o.fl., í kafla 9.5). Magn kælivatns frá fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II verður nokkru meira en frá núverandi Kröflustöð (sjá umfjöllun í kafla 4.2.5). Gert er ráð fyrir að hitastig og sýrustig þess verði svipað og nú er. Þar sem að eingöngu verður veitt kælivatni, um 40°C heitu, í nyrsta hluta Dallækjar mun vatnsmagn í læknum minnka, hitastig í nyrsta hluta hans lækka talsvert og pH gildi sýrustigs hækka frá því sem nú er. Einnig má búast við að styrkur uppleystra efna muni minnka og að það hægist eitthvað á myndun útfellinga á botni lækjarins með tímanum. Erfitt er að segja til um hvort að framangreindar breytingar muni bæta skilyrði í norðurhluta Dallækjar sem búsvæði fyrir botndýr og aðrar lífverur. Eins og fram kom fyrir í þessum kafla fundust eingöngu 1-4 tegundir botndýra með mjög lítinn þéttleika (5 dýr/ m^2) í

norðurhluta lækjarins árin 2002 og 2003. Hugsanlegt er að með tímanum verði lífríkið í norðurhluta lækjarins líkara því sem er sunnar. Þar er líklegt að það sé líkara því sem er í lækjunum ofan við Kröflustöð, í Hveragili „vestara“ og „austara“. Niðurstöður athugunar á dýralífi í þeim hluta lækjarins liggja ekki fyrir eins og fram kemur í kafla 9.5.1. Niðurstöður athugunar á þörungum í Dallæk (sjá í kafla 9.5.1) benda til þess að áhrif kælivatns/þéttivatns séu staðbundin og að um 2 km neðar er ástand lækjarins að mestu orðið „náttúrulegt“ af völdum þynningaráhrifa í læknum.

Út frá framangreindu er metið svo að kælivatnið hafi staðbundin áhrif á efna- og eðlisþætti lækjarins og að áhrifa þess gæti því ekki í yfirborðsvatni sunnar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

Framburður í Dallæk sem og uppleyst steinefni hafa þétt botn Dallækjar. Þá er rennsli lækjarins jafnara en fyrir virkjun á Kröflusvæðinu. Fyrir vikið hefur lækurinn borist lengra til suðurs og myndað grunnar tjarnir vestan undir Búrfellshrauni. Með förgun skiljuvatns á niðurrensslissvæðum mun rennsli lækjarins minnka, framburður ekki berast jafn langt og áður auk þess sem minna verður um uppleyst efni í læknum. Í ljósi framangreinds er ekki ástæða til að ætla að lækurinn taki breytingum frá því sem nú er. Áfram verði tiltölulega jafnt rennsli í honum þó það verði minna. Þá er ólíklegt að tjarnirnar í Búrfellshrauni taki breytingum þar sem botn þeirra er orðinn þéttur og svo virðist sem syðsta tjörnin hafi gott niðurfall um sprungur niður í hraunið (Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson 2000).

Til athugunar á áhrifum affallsvatns frá fyrirhuguðum borholum og Kröfluvirkjun II verður áfram haft eftirlit með grunnvatni og yfirborðsvatni eins og áður með reglubundnum hætti á Kröflusvæðinu og innan svæða sem njóta verndar, það er innan grannsvæðis vatnsbóls Reykjahlíðar og á vatnasviði Mývatns og Laxár. Nánar er fjallað um eftirlit í kafla 11.

Mótvægisáðgerðir

Með því að leiða borvökva við boranir og affallsvatn við blástursprófanir á bor-teigum út í nálæga farvegi eða í svelgi eru áhrif vatns og jarðhitavökva á yfirborði lágmörkuð, bæði gagnvart gróðri, og ásynd vegna útfellinga.

Á rekstartíma er núna ráðgert að farga öllu skiljuvatni frá núverandi Kröflustöð og fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II niður á um 300 m dýpi með grunnförgun eða með djúpförgun. Með þessu móti eru áhrif á grunnvatn og þar með áhrif á lífríki á yfirborði lágmörkuð. Fyrir vikið munu uppleyst steinefni í skiljuvatni hætta að berast út í Dallæk, en þau hafa þétt botn hans og leitt til þess að lækurinn hefur borist sífellt lengra til suðurs. Nú myndar hann grunnar tjarnir vestan undir Búrfellshrauni.

Niðurstaða

Borvökvi frá borun og affallsvatn frá blástursprófum borholna mun hafa óveruleg áhrif á vatnsverndarsvæði, vatnsból og á vatnafar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

Efnistaka í Sandabotnaskarði hefur óveruleg áhrif á yfirborðsvatn, vatnsverndarsvæði, vatnsból og á vatnafar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

Fyrirhugaðar breytingar á förgun skiljuvatns frá núverandi Kröflustöð munu hafa nokkuð jákvæð áhrif á norðurhluta Dallækjar.

Grunnförgun skiljuvatns frá núverandi Kröflustöð og fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II er talin hafa óveruleg áhrif á yfirborðsvatn, vatnsverndarsvæði, vatnsból og á vatnafar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

9.5 LÍFRÍKI

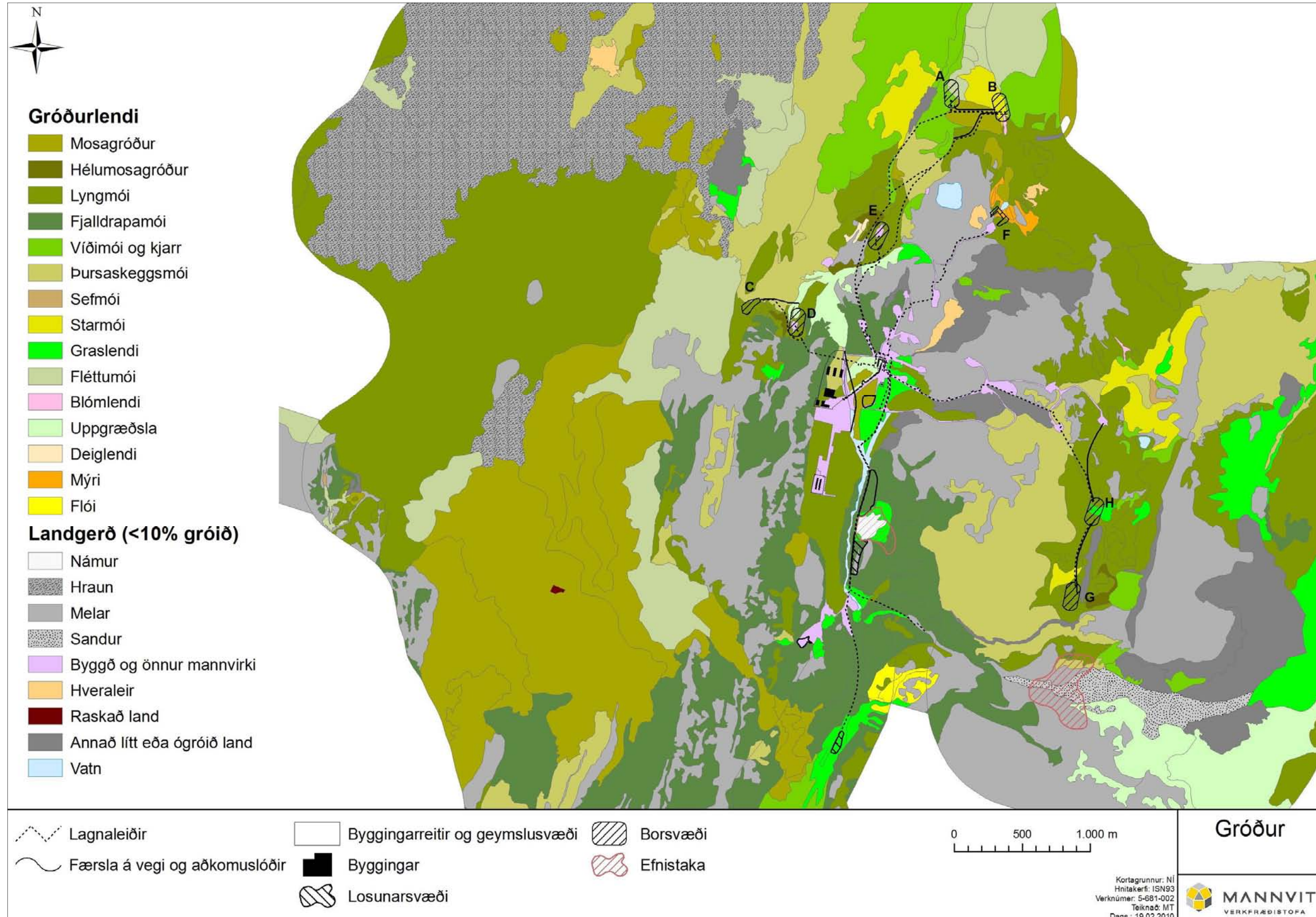
9.5.1 GRUNNÁSTAND

9.5.1.1 GRÓÐUR

Sumarið 2001 fór fram athugun á gróðurfari við Kröflu á vegum Náttúrufræðistofnunar Íslands (Inga Dagmar Karlsdóttir og Guðmundur Guðjónsson, 2002). Eftir vettvangsvinnu á svæðinu sumarið 2007 uppfærði stofnunin gróðurkort af orkuvinnslusvæðinu og á öðrum fyrirhuguðum framkvæmdasvæðum í Þingeyjarsýslum (**viðauki 4**). Sumarið 2008 fór fram viðbótar gróðurathugun á vegum Náttúrufræðistofnunar Íslands á Kröflusvæðinu sem náði yfir svæði þar sem borsvæði eru fyrirhuguð (**viðauki 5**). Á þeim svæðum var gróður kortlagður mjög nákvæmlega í stærri mælikvarða en áður. Í tengslum við rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma árið 2009 var gert kort, í minni mælikvarða, byggt á fyrirliggjandi og eldri gögnum, sem nær talsvert út fyrir fyrirhugað framkvæmdasvæði (Trausti Baldursson o.fl., 2009).

Við gróðurkortagerðina var gróðurfari og útbreiðsla háplantna athuguð og gróður flokkaður eftir ríkjandi og/eða einkennandi tegundum á gróðurkortum. Einnig fór fram úttekt á sjaldgæfum plöntum á svæðum þar sem talið var að þær væri að finna.

Á **mynd 9.24** er gróðurkort af Kröflusvæðinu. Gróðurfarslega er svæðið fjölbreytt miðað við önnur svæði í Þingeyjarsýslum. Ástæða þess er meðal annars landslagið þar sem skiptist á lítt gróið fjalllendi með melum, grónar hlíðar með ógrónum skriðum á milli og flatara land sem er ýmist missamfellt gróið hraun, vel gróið mólendi, eða lítt- eða ógróið land með melum og öðrum landgerðum. Gróðurfari er almennt frekar ósamfellt, einkum í ásnum ofan við Kröflustöð og sunnan við og austan í Sandabotnafjalli. Austan við Víti eru tvær fágætar tjarnir og umhverfis þær votlendisgróður og svo flói sunnan við Sandabotnaskarð. Algróið land á Kröflusvæðinu er um 30% en gróður með skerta þekju um 42%.



Mynd 9.24 Gróðurkort af Kröflusvæðinu og nágrenni. Niðurstaða vettvangsvinnu sumrin 2007 til 2009. Fyrirhugað framkvæmdasvæði Kröfluvirkjunar II, lagnaleiðir, borsvæði, vegir, slóðir, niðurrenslissvæði og efnistökusvæði er afmarkað á kortið.

Eftirfarandi sex gróðurlendi eru álíka algeng á athugunarsvæðinu, það er fjalldrapamói (19% af grónu landi), mosagróður (15%), lyngmói (15%), þursaskeggsmói (15%), fléttumói (14%) og starmói (9%). Útbreiðsla mosagróðurs er mikil miðað við önnur athugunarsvæði í Þingeyjarsýslum. Önnur helstu gróðurlendi eru víðimói og kjarr (5%), graslendi (2%) og uppgræðsla (2%). Alls eru 12 ha votlendis á athugunarsvæðinu, það er mýri (4 ha) við tjarnir austan Vítis og flói við Sandabotna-skarð (8 ha).

Lítt- eða ógróið land er aðallega melur (65% af ógrónu landi) en einnig eru stórgrýtt land (8%), hraun (6%) og sandar (5%) nokkuð áberandi landgerðir. Aðrar landgerðir hafa minni eða mjög óverulega útbreiðslu. Í athugun á gróðri og smádýrum á sex háhitasvæðum vegna rammaáætlunar (Ásrún Elmarsdóttir o.fl., 2003) var svæði umhverfis hverri við Hvíthóla rannsakað. Hvíthólar eru hluti af háhitasvæði Kröflu. Athugunin fór fram til að afla grunnupplýsinga um áhrif jarðhita á gróður og smádýralíf við misháan jarðvegshita innan hvers svæðis. Á athugunarsvæðinu við Hvíthóla umlukti mólendi nær allan leir og einkenndist það af krækilyngi, fjalldrapa og blóðbergi. Graslendi var einnig áberandi og víða meðfram vegum og slóðum hafði land verið grætt upp með grösom. Þar sem jarðvegshiti er á bilinu 22-80°C vex naðurtunga.

Gróðurfar á framkvæmdasvæði

Fyrirhugað framkvæmdasvæði Kröfluvirkjunar II, lagnaleiðir, borsvæði, vegir, slóðir, niðurrenslissvæði og efnistökusvæði er afmarkað á gróðurkortu á mynd 9.24. Hér á eftir eru upplýsingar um hvers konar gróðurlendi og landgerðir fara undir mis-munandi framkvæmdaþætti.

- **Mannvirki á stöðvarhúsreit:** Svæði raskað að hluta, náttúrulegt gróðurlendi er þursaskeggsmói, lyngmói og fjalldrapamói. Gróðurþekja að meðaltali yfir 90%, en minni, 75%, í fjalldrapamóanum.
- **Skiljustöðvar, lokahús, dæluhús:** Raskað svæði, að hluta uppgræðsla, gras.
- **Vinnubúðir:** Raskað svæði.
- **Lagersvæði:**
 - **Ofan við námu við Grænagilsöxl:** Fjalldrapamói, gróðurþekja að meðaltali 75%.
 - **Við Hvíthóla:** Raskað svæði, gamalt borsvæði.
 - **Austan við fyrirhugað stöðvarhús:** Mosagróður, gróðurþekja að meðaltali 50%.
- **Borsvæði:**
 - **Vestara borsvæðið norðan Vítis, borsvæði A:** Svæðið er gróðurfarslega nokkuð margbrotið og samanstendur af mosagróðri, fjalldrapamóa, fléttumóa og sefsmóa. Gróðurþekja að meðaltali yfir 90%.
 - **Austara borsvæðið norðan Vítis, borsvæði B:** Gróðurfarið einkennist af starmóa, mosagróðri og sefmóa. Gróðurþekja að meðaltali yfir 90%.
 - **Borsvæði C:** Lyngmói, gróðurþekja að meðaltali 75%. Norðurjaðar borsvæðisins verður í þursaskeggsmóa.
 - **Borsvæði D:** Stækkun á borsvæðinu fer að mestu yfir lyngmóa, gróðurþekja að meðaltali yfir 90%, en að hluta yfir uppgræðslu, gras og gróðurþekja að meðaltali 75%.

- **Borsvæði suðvestan við Víti, borsvæði E:** Stækkun á borsvæðinu fer yfir lyngmóa. Gróðurþekja að meðaltali yfir 90%.
- **Borsvæði F, suðaustan við Víti:** Melur að mestu leyti þar sem núverandi borsvæði er og mýri í nyrsta hlutanum þar sem stækkun á borsvæðinu er fyrirhuguð (núverandi borsvæði er þó komið inn á hluta mýrarinnar). Gróðurþekja í mýrinni er yfir 90%.
- **Syðra borsvæðið á Sandabotnafjalli, borsvæði G:** Lyngmói, gróðurþekja að meðaltali 75%, en minni, 50%, í syðsta hlutanum þar sem er töluvert grýtt.
- **Nyrðra borsvæðið á Sandabotnafjalli, borsvæði H:** Lyngmói og graslendi, gróðurþekja að meðaltali yfir 90%.
- **Lagnaleiðir og slóðir**
 - **Frá borsvæðum A og B:** Mosagróður, víðimói og kjarr, lyngmói, þursaskeggsmói, fléttumói, melar, fjalldrapamói, gróðurþekja að meðaltali yfir 90% þar sem gróður er. Raskað svæði allra syðst.
 - **Frá borsvæði D:** Lyngmói, fjalldrapamói, melar, þursaskeggsmói, uppgræðsla (gras). Gróðurþekja að meðaltali yfir 90% þar sem gróður er, en minni, 75%, í fjalldrapamóanum.
 - **Frá borsvæði C að borsvæði D:** Þursaskeggsmói, fjalldrapamói/uppgræðsla (gras), gróðurþekja að meðaltali yfir 90% þar sem gróður er.
 - **Frá borsvæði E að lögn/slóða frá borsvæðum A og B:** Fjalldrapamói, uppgræðsla (gras) og melur. Gróðurþekja að meðaltali yfir 90%.
 - **Frá borsvæði F:** Melur og raskað svæði.
 - **Frá borsvæðum G og H:** Lyngmói og þursaskeggsmói á milli borteigana, en síðan lyngmói, þursaskeggsmói og raskað svæði, gróðurþekja að meðaltali 75-90% þar sem gróður er.
- **Niðurrennsislögn og niðurrennslistvæði fyrir skiljuvatn:**
 - **Við Grænagilsöxl:** Lögn að svæðinu verður í graslendi og fjalldrapamóa. Niðurrennslistvæðið verður yfir fjalldrapamóa, graslendi og mel. Gróðurþekja á þessum svæðum, þar sem gróður er, er að meðaltali 75%.
 - **Við Skarðssel:** Lögn frá framangreindu niðurrennslistvæði að svæðinu við Skarðssel verður í fjalldrapamóa og graslendi. Niðurrennslistvæðið verður yfir graslendi. Gróðurþekja að meðaltali 75% í fjalldrapamóanum.
- **Efnistökuastaður í Sandabotnaskarði:** Að mestu sandur og melar, en í nyrsta hluta svæðisins er þursaskeggsmói, lyngmói og fjalldrapamói. Uppgræðsla á litlu svæði í austurjaðrinum.

Gróðurfur við og í Dallæk

Í athugun á gróðurfari sumarið 2000 (Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson, 2000) kom í ljós að í nyrsta hluta lækjarins, næst Kröflustöð, er hitastig hátt vegna affallsvatns (kælivatn og skiljuvatn) frá stöðinni og um 2 km sunnar er hitastigið komið í sæmilegt jafnvægi og í takt við umhverfið. Heita vatnið ber með sér uppleyst efni og fínkorna jarðefni sem hafa viss áburðaráhrif á gróður og virðast þetta farveg lækjarins og tjarnanna sem hann endar í vestur undir Búrfellshrauni. Þar sem mestra áhrifa heita affallsvatnsins gætir í Dallæk ber mest á hvítsmára, fjalldrapa,

skarífíflí, skriðlíngresi, krækilyngi, ljóastör, mýrastör, mýrasefi og lógresi við bakkana. Þar finnst einnig dýragras, hvítstör og einir. Lækurinn er einnig vatnsmeiri en áður en starfsemi Kröflustöðvar hófst, sem talið er hafa leitt til hærri grunnvatnsstöðu umhverfis farveginn. Við það hafa skapast betri skilyrða fyrir rakakærar plöntur meðfram læknum á borð við skriðlíngresi, skarífífil, bjúgstör og mýrarsauðlauk.

Á botni norðurhluta lækjarins, næst Kröflustöð, vex nokkurt magn blágrænþörunga sem bendir til þess að þar sé sérstakt lífríki svo sem er á hverasvæðum. Þörungum í læknum fækkar hratt þegar sunnar dregur.

9.5.1.2 DÝRALÍF

Fuglar

Fuglalíf á svæðinu umhverfis Kröflustöð var kannað sumarið 2000 (Halldór Walter Stefánsson, 2000) á vegum Náttúrustofu Austurlands. Á vegum Náttúrustofu Norðausturlands fór einnig fram athugun á fuglalífi innan orkuvinnslusvæðisins við Kröflu sumarið 2007 (**viðauki 6**). Þá var farið vítt og breitt um svæðið og tegundir skráðar sem sáust. Lögð var áhersla á þrjú svæði, það er vestur undir Þríhyrningum, vestan í Sandabotnafjalli og norðan Vítis. Einnig voru fuglar taldir á tveimur sniðum norðan og vestan Vítis til að kanna þéttleika varpfugla og annarra fugla. Ekki þótti ástæða til að telja fugla á sniðum á hinum tveimur svæðunum þar sem um mjög lítil svæði er að ræða. Búsvæði fugla voru flokkuð eftir gróðurfari og þéttleiki fugla metinn á mismunandi búsvæðum. Rætt var við Ólaf K. Nielsen dýravistfræðing um sjaldgæfa fugla á svæðinu, sérstaklega um fálka.

Athugun sumarið 2007 sýndi að fuglalíf á orkuvinnslusvæðinu er fremur fábreytt. Alls sáust 12 tegundir fugla, allar líklegir varpfuglar að undanskilinni heiðagæs og grágæs. Þá eru rjúpa, skógarpröstur og sendlingur líklegir varpfuglar á svæðinu þrátt fyrir að þær tegundir hafi ekki sést í vettvangsferðum. Á athugunarsvæðinu vestan í Sandabotnafjalli sáust þrjár tegundir varpfugla, heiðlóa, hrossagaukur og snjó-tittlingur. Vestan Þríhyrninga sáust tvær tegundir varpfugla, heiðlóa og smyrill. Á sniðum norðan og vestan Vítis (1,9 km) var heildarfjöldi varppara 19 pör af alls þremur tegundum fugla, heiðlóu, kjóa og snjó-tittlingi, og var þéttleiki fugla þar metinn 55,5 pör/km².

Niðurstöður athugunarinnar sumarið 2000 voru mjög líkar niðurstöðum sumarið 2007. Á mólendissvæðum í nágrenni Vítis var þó meiri fjöldi þúfutittlinga sumarið 2000 og þá fannst einnig sendlingur. Skýringin er talin vera sú að vorið 2006 gerði slæmt hret á Norðausturlandi og eftir það fundust margir dauðir fuglar, mest þúfu-tittlingar.

Fálkar, smyrlar og hrafnar hafa talsvert verið rannsaðir í Þingeyjarsýslum undanfarna áratugi og eru ódul og ábúð þeirra nokkuð vel þekkt (**viðauki 6**). Í grennd við Kröflusvæðið er þekktur varpstaður þessara tegunda í Dalbjalli, suðvestan við núverandi Kröflustöð.

Smádýr (skordýr og áttfætlur)

Í athugun á smádýrum á háhitasvæði við Hvíthóla (Ásrún Elmarsdóttir o.fl., 2003) fannst alls 131 tegund smádýra, þar af 103 tegundir skordýra og 25 tegundir áttfætla. Engin af þessum tegundum er eiginleg jarðhitategund og engin telst sjaldgæf á lands-

vísu. Gert er ráð fyrir að smádýralíf innan háhitasvæða á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði við Kröflu sé svipað og við Hvíthóla.

Dýralíf í lækjum

Eftirfarandi umfjöllun byggir á athugunum á vatnadýrum á Kröflusvæðinu og í Henglinum. Tilgangur rannsókna var að afla grunnupplýsinga um lífríki á afrennslissvæðum háhitasvæða með það að markmiði að skoða hvaða lífverusamfélög finnast á slíkum svæðum. Ekki er fjallað um Hengilsvæðið í skýrslu þessari. Fyrri hluti athugunar á Kröflusvæðinu fór fram árin 2002 og 2003 þegar sýni voru tekin til athugunar á dýralífi í lækjum ofan við núverandi Kröflustöð (í Hveragili) og í norðurhluta Dallækjar, neðan við stöðvarhúsið. Seinni hluti athugunar á dýralífi hófst nýlega þar sem sýnataka til athugunar á dýralífi á nokkrum stöðum sunnar í Dallæk fór fram sumarið 2009. Skýrsla með niðurstöðum fyrri rannsóknarinnar verður tilbúin til birtingar á næstunni. Eftirfarandi niðurstöður fyrri hluta athugunarinnar á Kröflusvæðinu byggja á erindi sem Jón S. Ólafsson, verkefnisstjóri rannsókna, hélt fyrir starfsmenn Landsvirkjunar og Mannvits 29. okt. 2009 og eru birtar hér með hans leyfi. Seinni hluti athugunarinnar er ekki komin á það stig að hægt sé að birta niðurstöður hér en úrinnsla sýna er í gangi.

Vor og sumar 2002 og vor 2003 voru sýni tekin til athugunar á samfélögum botndýra úr tveimur lækjum í gili sem nefnt er hér Hveragil „vestara“ og úr einum læk í gili sem nefnt er hér Hveragil „austara“. Lækirnir eru ofan við (norðaustan við) stöðvarhús núverandi Kröfluvirkjunar og voru sýnatökustaðirnir í 473-477 m y.s. Einnig voru sýni tekin á einum stað í Dallæk neðan við stöðvarhús núverandi Kröflustöðvar í 466 m y.s. Skipulagning sýnatöku miðaðist við að skoða breytileika lífríkis innan árs (2002) og á milli ára (2002-2003). Til viðmiðunar voru sýni tekin í einum köldum læk sunnar, nálægt Skarðsseli. Settar voru upp flugnagildir við lækina og látnar standa frá vori 2002 fram á haust 2003.

Eins og kom fram fyrr í þessum kafla eru lækirnir í Hveragili volgir frá náttúrunnar hendi. Á sýnatökustöðunum í lækjunum sýndu punktmælingar um 20°C heitt vatn. Í vettvangsskoðun á læk í Hveragili „vestara“ mældist hitastig hans um 50°C í nokkra daga sumarið 2002. Þetta eru áhrif affallsvatns frá borholu sem var verið að prófa/hleypa upp í grenndinni. Punktmælingar á hitastigi í norðanverðum Dallæk sýndu mjög breytilegt hitastig vatnsins, frá 14°C upp í 40°C sem sýnir áhrif skiljuvatns og kælivatns frá núverandi Kröflustöð.

Helstu niðurstöður fyrri hluta athugunar á dýralífi lækjanna eru eftirfarandi:

- Fjölbreytni botndýra er mest í kalda læknum, mest 24-28 tegundir/hópar, en minnst neðan við Kröflustöð, í Dallæk, 1-4 tegundir/hópar. Í volgu lækjunum ofan við Kröflustöð var fjöldi tegunda/hópa mestur 16 í „vestara“ Hveragili og 12 í „austara“ Hveragili. Munur á fjölbreytni botndýra var marktækt meiri í lækjunum ofan Kröflustöðvar en í Dallæk neðan hennar ($P=0,036$).
- Þéttleiki botndýra var einnig mestur í kalda læknum, tæplega 30.000 dýr/m², og minnstur í Dallæk, neðan Kröflustöðvar, 5 dýr/m². Munur á fjölbreytni botndýra var marktækt meiri ofan Kröflustöðvar en neðan hennar ($P<0,001$).

Niðurstöðurnar sýna að fjölbreytni og þéttleiki vatnadýra í volgu lækjunum ofan Kröflustöðvar var marktækt meiri en neðan hennar. Auk þess sýna niðurstöðurnar að fjölbreytni og þéttleiki dýra var að jafnaði meiri í kalda læknum, sem hafður var til viðmiðunar, en í þeim volgu. Niðurstöður rannsóknarinnar sýna einnig sérstöðu líf-

ríkisins í volgu lækjunum sem felst í töluverðu magni annarra tegunda en í kalda læknum sem lifa eingöngu svo hátt yfir sjávarmáli vegna hitans. Þannig finnst í volgu lækjunum meira af bitmýi, ákveðnum rykmýstegundum, vatnabobbum og vatnamaurum á meðan skelkrabbar, steinflugur, bessadýr og vorflugur einkenna lífríki kalda lækjarins.

Ljóst er að núverandi Kröflustöð hefur haft verulega neikvæð áhrif á dýralíf í Dallæk. Þar er tegundafjölbreytni og þéttleiki botndýra mun minni en í volgu lækjunum ofar. Erfitt er á þessu stigi að meta hvað veldur þessum mun en hugsanlegt er að súrara vatn úr skiljustöð og kæliturnum og sveiflur í hita hafi þau áhrif að nyrsti hluti Dallækjar er óhagstæðara búsvæði fyrir vatnadýr en volgu lækirnir ofan við. Einnig má nefna miklar útfellingar í botni lækjarins en svo einsleitt umhverfi býður upp á minni fjölbreytni lífvera en til dæmis þar sem er leðju- eða sandbotn. Út frá niðurstöðum athugunarinnar er ekki mögulegt að álykta um það hvort lífríki lækjanna ofar, í Hveragili, hafi breyst eftir að affallsvatni frá borholum var veitt í þá.

9.5.1.3 ÖRVERUR Í HVERUM

Árið 2007 fór fram athugun á lífríki í hverum við Kröflu og Námafjall (Sólveig K. Pétursdóttir o.fl., 2007). Sú rannsókn er fjórði áfangi verkefnis um lífríki á hverasvæðum á Íslandi sem er hluti af Rammaáætlun um nýtingu á vatnsafla og jarðvarma á háhitasvæðum.

Í rannsókninni voru tekin alls 20 sýni af vökva, jarðvegi eða lífmassa víðs vegar á Kröflusvæðinu og einnig í Jarðbaðshólum, Bjarnarflagi og Grjótagjá. Mögulegt var að greina tegundasamsetningu í 13 sýnum. Ríkjandi tegundir í Kröflusýnum voru frumbjarga og efnatillífandi af fylkingum *Aquificae* og *β-Proteobacteria*. Í langflestum tilvikum eru þetta tegundir sem fundist hafa á öðrum hverasvæðum í heiminum. Tegundasamsetning er mismunandi í sýnum úr Kröflu og Jarðbaðshólum sem kemur ekki á óvart í ljósi þess hve gerð sýna og sýnatökustaðir voru fjölbreyttir.

Nýjar bakteríutegundir fundust í nokkrum sýnum, meðal annars frumbjarga *Hydrogenobacter* tegund í sýni úr afrennsli frá skiljustöð við Kröflu. Einn stofn, náskyldur ($\geq 98\%$), af tegundinni *Thermus aquaticus* fannst í sýni af Kröflusvæðinu, en þessi tegund hefur verið talin einlend í Bandaríkjunum.

Líffræðileg fjölbreytni í sýnunum var áætluð 1,0-5,8 á skalanum 1-10. Algengt er að gildið sé 1-2 í sýnum úr jaðarvistkerfum þar sem umhverfisálag er mikið, meðal annars í nokkrum jarðvegssýnum úr Suðurhlíðum Kröflu, í vökvasýni úr afrennslislæk í Kröflu og í leirhver við Víti. Skýringin á lágrí fjölbreytni á röskuðum stöðum er líklega miklar kísilútfellingar sem einkenna þá.

9.5.2 UMHVERFISÁHRIF

Viðmið umhverfispátta

- Lög nr. 44/1999 um náttúruvernd.
- Válisti 1 - Plöntur, Náttúrufræðistofnun Íslands, 1996.
- Válisti 2 - Fuglar, Náttúrufræðistofnun Íslands, 2000.
- Alþjóðasamningar sem varða líffræðilega fjölbreytni og vernd votlendis, svo sem Ramsarsamningurinn.
- Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025.

Umfang, einkenni og vægi áhrifa

Gróður

Við gerð fyrirhugaðra mannvirkja mun gróður fara forgörðum vegna jarðrasks á byggingarreitum mannvirkja, á borsvæðum, á lagnaleiðum, í stæðum vega og slóða, á lagersvæðum, á niðurrenslissvæðum og á efnistökusvæðum. Í þessum tilvikum er um að ræða verulega neikvæð, staðbundin áhrif á gróður. Mýri og vatn er austan Vítis og fer fyrirhugað framkvæmdasvæði inn á hluta hennar. Fyrirhuguð stækkun núverandi borsvæðis, borsvæðis F, mun fara yfir hluta mýrarinnar eins og sjá má á gróðurkortinu (**mynd 9.24**, appelsínugult svæði). Heildarstærð mýrarinnar er um 4 ha eða 40.000 m². Þar eru mýrarstör/tjarnastör og klófífa ríkjandi tegundir. Á deiliskipulagi af Kröflusvæðinu er afmörkun þessa borsvæðis sýnd með þeim hætti að það fari ekki út í mýrina. Nú þegar er búið að stækka borsvæðið umfram afmörkun á deiliskipulagi og nær það út í mýrina. Alls hafa um 1.100 m² mýrarinnar orðið fyrir raski eða tæp 3% mýrarinnar. Fyrirhuguð stækkun borsvæðisins nemur tæpum 2.100 m² þannig að í heildina hafa þá um 3.400 m² raskast eða rúmlega 8% mýrarinnar. Samkvæmt lögum nr. 44/1999 um náttúruvernd og Ramsarsamningnum nýtur mýri, 3 ha að stærð eða stærri sérstakrar verndar. Mýrin sem raskast við stækkun borsvæðis F er yfir þessum stærðarmörkunum. Í ljósi þess og vegna þess hve mýri, yfirborðsvatn, er sjaldgæf á Kröflusvæðinu eru áhrif vegna röskunar hennar hér metin nokkuð neikvæð þrátt fyrir að flatarmál rasks sé lítið. Grunnvatnsstaðan liggur eingöngu svo hátt á einum stað til viðbótar á svæðinu, það er í Sandabotnaskarði þar sem er flói.

Ekki er talin hætta á að sjaldgæf gróðursamfélög eða tegundir plantna á válista Náttúrufræðistofnunar Íslands geti raskast eða farið forgörðum á framkvæmdatíma. Ekki fundust neinar slíkar tegundir plantna í gróðurathugun á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði sumarið 2008 (**viðauki 3**). Við Dallæk, um tvo kílómetra sunnan við Kröflustöð, fannst hvítstör (Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson, 2000). Sú tegund finnst víða um norðanvert landið en telst sjaldgæf á Mývatnssvæðinu. Ólíklegt er að viðbótar affallsvatn frá Kröfluvirkjun II, sem leitt verður í Dallæk, muni hafa neikvæð áhrif á hvítstör sem vex í grennd við lækinn.

Ein tegund á válista 1, naðurtunga (*Ophiloglossum azoricum*), flokkuð í nokkurri hættu, hefur fundist á orkuvinnslusvæðinu við Kröflu, nánar tiltekið við Hvíthóla í ofanverðum Hlíðardal. Svæðið nýtur hverfisverndar samkvæmt gildandi skipulagi (sjá svæði merkt HK5 á **mynd 7.3**). Naðurtunga vex í volgum leirjarðvegi og er útbreiðsla hennar því tengd volgum jarðvegi/jarðhita. Útbreiðsla hennar við Hvíthóla er ekki þekkt og eru mörk HK5 því sett með fyrirvara. Fyrirhugaðir framkvæmdaþættir við Kröfluvirkjun II, utan geymslusvæðis, eru fjarri Hvíthólum. Í vettvangsskoðunum á vegum Náttúrufræðistofnunar Íslands var kannað hvort naðurtunga vaxi í grennd við hveraleirasvæði sitt hvorum megin við mýrina austan Vítis, í grennd við borsvæði F (sjá svæðin, hveraleir, á **mynd 9.24**). Naðurtunga fannst ekki á þessum svæðum né á öðrum svæðum þar sem framkvæmdir eru fyrirhugaðar. Að mati sérfræðinganna hjá Náttúrufræðistofnun Íslands eru fremur litlar líkur taldar á því að naðurtunga vaxi í grennd við hveraleirsvæðin (**viðauki 3** og tölvupóstur frá Kristbirmi Egilssyni, 3/11 2009) enda ólíklegt að jarðvegur sé volgur á svæðunum. Áhrif fyrirhugaðra framkvæmda á tegundir plantna á válista eru taldar óverulegar.

Í gagnagrunni Náttúrufræðistofnunar Íslands kemur fram að frekar sjaldgæf háfjalla-tegund, héluvorblóm (*Draba nivalis*) hafi fundist á Sandabotnafjalli árið 1974 en

ekki nákvæmlega hvar. Búsvæði hennar er í klettum þar sem hún vex yfirleitt strjált (finnst nokkuð víða en er yfirleitt sjaldgæf á hverjum stað). Hjá Náttúrufræðistofnun er héluvorblóm flokkað með verndargildi 4 af 10 mögulegum (sjaldgæfustu tegundirnar hafa verndargildið 10) og er því ekki talin vera í hættu. Tegundin fannst ekki í gróðurathugun á Kröflusvæðinu sumarið 2008 og er að mati sérfræðings hjá Náttúrufræðistofnun ekki talin mikil hættu á að fyrirhugaðar framkvæmdir muni hafa áhrif á útbreiðslu þessarar tegundar (tölvupóstur frá Kristbirni Egilssyni, 2/12 2009).

Á rekstrartíma er hugsanlegt að jarðhitavökvi og gufa frá blásandi borholum, gufuveitu og kæliturnum hafi áhrif á gróður. Einkum er það brennisteinn úr jarðhitalofttegundinni brennisteinsvetni (H_2S) sem talinn er geta haft neikvæð áhrif á viðkvæman gróður eins og mosa. Ekki hafa verið ákvörðuð þolmörk mosa gagnvart brennisteini né gróðurverndarmörk gagnvart H_2S hér á landi. Vinna við ákvörðun á slíkum mörkum er í gangi hjá Umhverfisstofnun².

Orkuveita Reykjavíkur (OR) lét rannsaka tengsl H_2S frá Hellisheiðarvirkjun og skemmdir á grámosa sem hafa komið í ljós víða á Hellisheiði. Tekin voru sýni af mosa síðla hausts 2008 á svæðum þar sem áhrifa af H_2S er að vænta í grennd við virkjunina, í grennd við aðrar jarðhitavirkjanir og til samanburðar á svæðum þar sem ekki er að vænta áhrifa af H_2S , svo sem í Bláfjöllum³. Marktæk hækkun á styrk brennisteins mældist í mosa næst Hellisheiðarvirkjun, í innan við 700 m fjarlægð, miðað við í mosa í Bláfjöllum. Styrkur brennisteins lækkaði eftir því sem lengra var farið frá virkjuninni. Í um 1.500 m fjarlægð frá stöðvarhúsi til suðvesturs, við Suðurlandsveg, var styrkur brennisteins enn nokkuð hærri miðað við í Bláfjöllum sem bendir til að áhrifa útblásturs frá stöðvarhúsi gætir ennþá í þessari fjarlægð. Hins vegar benda sýnilegar skemmdir í mosanum í þeirri fjarlægð frá virkjuninni ekki til efnaskemmda (enginn dauður mosi sjáanlegur) heldur rofskemmda af völdum veðráttu. Rofskemmdir í mosabreiðum voru greinilegar undan megin úrkomuátt. Einnig sáust álíka rofskemmdir í mosabreiðum í Bláfjöllum. Þekkt er að laus jarðefni sem fjúka frá framkvæmdasvæðum veikja gróður og auka líkur á rofskemmdum. Í niðurstöðuskýrslu OR eru leiddar líkur að því að mosaskemmdir í grennd við Hellisheiðarvirkjun megi að hluta rekja til áhrifa frá brennisteini og að hluta til rofs af völdum lausra jarðefna.

Ekki hefur orðið vart mosaskemmda í grennd við núverandi Kröfluvirkjun. Á gróðurkorti á mynd 9.24 kemur fram að gróðursamfélagið mosagróður á Kröflusvæðinu þekur einungis lítinn hluta athugunarsvæðisins, eða um 15%. Hafa verður þó í huga að nokkurn mosa má finna í mólendi. Mosabemba er hins vegar megin gróðurlendið í nágrenni Hellisheiðavirkjunar og gerir þessi munur á gróðurfari á Kröflusvæðinu og á Hellisheiði samanburð á áhrifum virkjananna tveggja á gróður erfiðan.

Í ljósi þess að þolmörk gróðurs gagnvart uppsöfnun á H_2S í vefi eru ekki þekkt er erfitt að spá fyrir um hvort jarðgufa frá fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II og laus jarðefni frá framkvæmdasvæðinu geti haft neikvæð áhrif á mosa eða annan viðkvæman gróður. Miðað við staðsetningu mannvirkja og ríkjandi vindátt má þó gera ráð fyrir

² <http://www.ust.is/Adofinni/Frettir/nr/5809>

³ <http://www.or.is/UmOR/Fjolmidlators/Frettir/Lesafrett/1671>;
<http://sunnlendingur.is/frettir/comments/151>

að áhrif H_2S á gróður verði ekki mikil. Þó ríkir óvissa um áhrifin þar sem framan- greind þolmörk eru ekki þekkt.

Í **töflu 9.6** er tekið saman áætlað hámarksrask fyrirhugaðra framkvæmda á gróðurlendi samkvæmt gróðurkortu Náttúrufræðistofnunar Íslands (sjá **mynd 9.24**).

Tafla 9.6 Rask á gróðurlendum vegna fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II.

Gróðurlendi	Raskað flatarmál m ² (ha)
Blómlendi	975 (0,1)
Fjalldrapamói	63.500 (6,4)
Fléttumói	8.160 (0,8)
Graslendi	30.630 (3,1)
Héluosagróður	2.750 (0,3)
Lyngmói	118.480 (11,8)
Melar	27.180 (2,7)
Mosagróður	16.810 (1,7)
Mýri	2.075 (0,2)
Starmói	16.080 (1,6)
Uppgræðsla	14.730 (1,5)
Víðimói og kjarr	14.290 (1,4)
Pursaskeggsmói	39.070 (3,9)
Alls	354.730 (35,5)

Af þeim gróðurlendum sem raskast og talin eru upp í **töflu 9.6** er það einungis gróðurlendategundin *mýri* sem nýtur verndar.

Fuglar

Í athugun á Kröflusvæðinu sumarið 2007 sást ein tegund sem er á válista 2, smyrill (eitt par), nánar tiltekið vestan Þríhyrninga sem er fjarri fyrirhuguðu framkvæmdasvæði. Aðrar tegundir fugla sem fundust á athugunarsvæðum við Kröflu eru algengar á landsvísu. Vitað er að þrjár tegundir á válista verpa í Dalfjalli, sem er töluvert sunnan við orkuvinnslusvæðið við Kröflu. Um er að ræða smyrila, fálka og hrafna.

Að mati sérfræðinga hjá Náttúrustofu Norðausturlands (**viðauki 4**) er talið að framkvæmdirnar muni hafa lítil áhrif á fugla. Kröflusvæðið er nú þegar töluvert raskað og þar hefur verið starfrækt jarðhitavirkjun til margra ára. Truflun á framkvæmdatíma vegna hávaða við byggingu mannvirkja, aukinnar umferðar, hávaða við rannsóknaboranir og blástursprófanir borholna er þó talin geta haft tímabundin nokkuð neikvæð áhrif á fugla, einkum á áður óröskuðum svæðum norðan Vítis og á Sandabotnafjalli. Mest hætta er á neikvæðum áhrifum á fugla á varptíma. Hætta er á að fuglar færi sig um set frá eldri hreiðurstæðum og finni sér ný fjær framkvæmdasvæðum.

Til lengri tíma litið, á rekstrartíma Kröfluvirkjunar II og borholna, eru áhrifin á fugla talin verða óveruleg. Þar með taldar eru tegundir fugla á válista en þekktir varpstaðir þeirra eru vel utan við fyrirhugað framkvæmdasvæði, það er vestan Þríhyrninga og í Dalfjalli.

Smádýr (skordýr og áttfætlur)

Þar sem jarðrask verður vegna mannvirkjagerðar, til að mynda þegar möl er lögð yfir jörð við gerð borsvæða, vega og slóða, verða staðbundin, verulega neikvæð áhrif á lítt hreyfanleg smádýr. Óveruleg áhrif eru talin verða á smádýr á öðrum svæðum.

Ekki er til íslenskur válisti fyrir smádýr. Nokkrar tegundir smádýra, sem fundust á volgum eða heitum svæðum í athugun á sex háhitasvæðum (Ásrún Elmarsdóttir o.fl., 2003), hafa litla útbreiðslu, finnast venjulega sunnar á landinu og á láglandi eða eru sérstakar að öðru leyti. Ein tegund fannst við Hvíthóla, fiðrildið *Bryotropha similis*, sem finnst víða á Suður- og Suðausturlandi og á láglandi víða um land. Líklegt er að fundur hennar við Hvíthóla sé eingöngu vegna jarðhitans og að hún sé óalgeng á svæðisvísu. Gert er ráð fyrir að annars staðar á Kröflusvæðinu, þar sem ekki er volgur jarðvegur, lifi eingöngu algengar tegundir smádýra. Ekki er vitað til þess að innan framkvæmdasvæðisins sé volgur jarðvegur. Talið er að áhrif verði óveruleg á sjaldgæf smádýr á framkvæmdatíma.

Ekki er talið að smádýr verði fyrir áhrifum á rekstartíma Kröfluvirkjunar II.

Hveralífverur

Við fyrirhugaða mannvirkjagerð á Kröflusvæðinu verður hverasvæðum ekki raskað. Ef aukning verður á yfirborðsvirkni við aukna jarðhitavinnslu er hætta á að neikvæð áhrif verði á hveraörverur. Í kafla 9.3.1 kemur fram að frá árinu 1977 hefur yfirborðsvirknin færst nokkuð til. Aukning hefur orðið á sumum stöðum og minnkun á öðrum sem erfitt er að vita hvort eru náttúrulegar sveiflur eða vegna vinnslunnar. Athuganirnar benda til þess að ólíklegt sé að á heildina litið hafi orðið aukning á yfirborðsvirkni á þessum árum.

Ef fyrirhuguð jarðhitavinnsla orsakar breytingar á yfirborðsvirkni hvera getur lífríki í og við hverina hugsanlega orðið fyrir áhrifum.

Í kafla 9.3.2 um áhrif á yfirborðsvirkni jarðhita kemur fram að óvissa ríkir um hugsanleg áhrif frekari jarðhitanýtingar á yfirborðsvirkni á Kröflusvæðinu en að búast megi við að erfitt geti orðið að greina hvort breytingar á yfirborðsvirkni megi rekja til vinnslunnar eða til náttúrulegra og/eða árstíðabundinna sveiflna.

Af framangreindu leiðir að óvissa ríkir um áhrif fyrirhugaðrar jarðhitavinnslu á örverur á hverasvæðum við Kröflu en búast megi þó við að þau verði ekki meiri en geta orðið vegna náttúrulegra og/eða árstíðabundinna sveiflna.

Mótvægisáðgerðir

Við allar framkvæmdir verður þess vandlega gætt að farið verði um svæðið með fyllstu aðgát til að lágmarka jarðrask og gróðurskemmdir. Í grennd við svæði þar sem er volgur jarðvegur verður fyllstu varúðar gætt hvað jarðrask varðar vegna möguleika á að þar vaxi sjaldgæfar tegundir plantna og smádýra.

Hugsanlegt er að votlendi verði endurheimt annars staðar vegna skerðingarinnar á mýrinni, austan Vítis. Þetta er háð því að Landsvirkjun eigi aðgang að slíku svæði.

Engar eiginlegar mótvægisáðgerðir eru fyrirhugaðar í tengslum við hugsanleg áhrif á örverur í hverum.

Niðurstaða

Gróður

Á framkvæmdatíma verða staðbundin nokkuð neikvæð áhrif á mýri austan Vítis við stækkun borsvæðis F. Slík gróðurlendi eru mjög sjaldgæf á Kröflusvæðinu. Áhrif á sjaldgæf gróðursamfélög eða tegundir plantna á valista eru talin verða óveruleg.

Á rekstrartíma er talið að áhrif H_2S frá jarðhitavinnslu á Kröflusvæðinu á viðkvæman gróður séu óveruleg. Þó ríkir óvissa um áhrifin þar sem þolmörk gróðurs gagnvart H_2S eru ekki þekkt.

Fuglar

Áhrif Kröfluvirkjunar II eru talin verða óveruleg á varplendi og afkomu fugla.

Smádýr (skordýr og áttfætlur)

Á framkvæmdatíma eru talin verða staðbundin, talsvert neikvæð áhrif á jarðvegsdýr þar sem jarðrask verður og möl sett yfir við gerð borsvæða og slóða. Óveruleg áhrif eru talin verða á sjaldgæfar tegundir smádýra.

Á rekstrartíma Kröfluvirkjunar II eru áhrif á smádýr talin verða óveruleg.

Hveralífverur

Óvissa ríkir um áhrif fyrirhugaðrar jarðhitavinnslu á örverur á hverasvæðum á Kröflusvæðinu en búast má við að þau verði ekki meiri en geta orðið vegna náttúrulegra og/eða árstíðabundinna sveiflna. Áhrif eru því talin verða óveruleg.

9.6 LOFT

9.6.1 GRUNNÁSTAND

Útstreymi frá jarðhitavirkjunum er skráð í útstreymisbókhaldi Íslands vegna ramma-samnings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar. Jarðhitavirkjanir eru þó ekki háðar losunarheimildum samkvæmt lögum um losun gróðurhúsalofttegunda nr. 65/2007. Helstu lofttegundir í jarðhitagufu, sem valda umhverfisáhrifum, eru koldíoxíð (CO_2), brennisteinsvetni (H_2S) og metan (CH_4). Auk þess teljast nitur (N_2) og vetni (H_2) til jarðhitaloфтtegunda. Brennisteinsvetni getur valdið eituráhrifum við háan styrk en koldíoxíð og metan eru gróðurhúsalofttegundir. Af sporefnum, sem berast með gufu, hafa menn einkum áhyggjur af kvikasilfri (Hg).

Hafa ber í huga að útstreymi gróðurhúsalofttegunda frá jarðhitavirkjunum er að hluta til náttúrulegt útstreymi því koltvísýringur og aðrar gastegundir sem valda gróðurhúsaáhrifum verða ekki til í orkuvinnslunni heldur í kvikuhólfi undir virkjuðu svæði. Þar sem gas er léttara en vatn og jarðlög leitar gasið ávallt auðveldustu leiðar að yfirborði og streymir því upp gegnum borholur orkuvinnslunnar.

Koldíoxíð og metan

Koldíoxíð, sem er aðal jarðhitaloфтtegundin (yfirleitt > 90%), og metan eru gróðurhúsalofttegundir. Heildarútstreymi CO_2 í andrúmsloft frá Kröflustöð á árinu 2008 nam um 44.000 t (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 2008). Þrátt fyrir að metan sé margfalt öflugri gróðurhúsalofttegund en koldíoxíð er útstreymi þess hverfandi samanborið við CO_2 .

Brennisteinsvetni

Efnasambandið brennisteinsvetni (H_2S) er ein af jarðhitaloftegundunum sem berst frá flestum háhitasvæðum og eykst streymi þess út í andrúmsloftið við vinnslu jarðhita og prófun vinnsluholna. Lofttegundin er lyktarsterk og eitruð í miklu magni. Lofttegundinni fylgir hin svokallaða hveralykt sem finnst á flestum háhitasvæðum landsins vegna náttúrulegs útstreymis lofttegundarinnar um gufuaugu, hveru og aðra yfirborðsvirkni. Engar reglur eru í gildi um hámarksstyrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti aðrar en um mengunarmörk vinnustaða. Íslensk reglugerð mun þó vera í vinnslu. Á alþjóðavísu eru í gildi heilsuverndarviðmið frá Alþjóða heilbrigðismálastofnuninni (WHO) en þau eru $150 \mu g/m^3$ að meðaltali á sólarhring. Þó má geta þess að lykt finnst af H_2S við mjög lágan styrk eða einungis $7 \mu g/m^3$. Við þennan styrk finnur um helmingur fólks einhverja lykt. Fæstir þeirra bera þó kennsl á lyktina sem brennisteinslykt. Helmingur fólks finnur ekki lykt við þennan styrkleika. Til þess að þorri almennings finni lykt þarf styrkurinn að vera mun hærri. Til að mynda hafa sums staðar verið sett óþægindamörk við $42-50 \mu g/m^3$, en rannsóknir sýna að við þann styrk skynji um 80% almennings lyktina sem brennisteinslykt. Enn fleiri finna einhverja lykt.

Í **töflu 9.7** eru sýnd íslensk viðmiðunarmörk fyrir skaðsemi af völdum H_2S í vinnu-umhverfi og heilsuverndarviðmið WHO. Eins og sjá má eru vinnuverndarmörkin margfalt hærri en heilsuverndarviðmið WHO. Ástæða þess er sú að langtímaáhrif H_2S á heilsu fólks eru ekki vel þekkt. Mörkin eru því höfð í lægri kantinum til að enginn vafi leiki á að fólki sé engin hættu búin ef styrkurinn er innan þessara marka. Ekki er enn til íslensk reglugerð en hún er í vinnslu.

Tafla 9.7 Tiltæk viðmiðunarmörk fyrir styrk brennisteinsvetnis (H_2S).

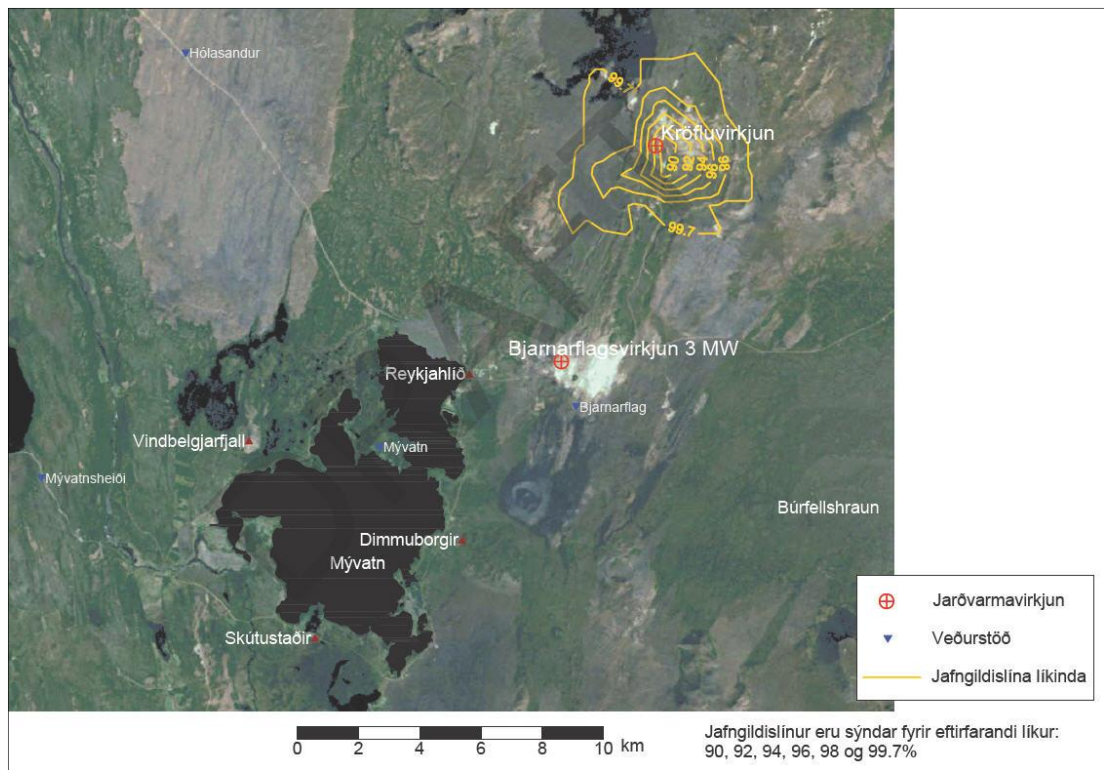
Styrkur H_2S $\mu g/m^3$	Viðmið/stofnun eða reglugerð
150	Heilsuverndarmörk, leiðbeinandi sólarhringsmeðaltal, viðmiðunargildi/WHO*.
14.000	Viðmiðunarmörk Vinnueftirlitsins m.v. 8 klst. meðaltal á vinnustað/reglugerð nr. 154/1999 m.s.b.
21.000	Viðmiðunarmörk Vinnueftirlitsins m.v. 15 mín. meðaltal á vinnustað/reglugerð nr. 154/1999 m.s.b.

*Alþjóða heilbrigðismálastofnunin.

Á Kröflusvæðinu eru reglulega tekin sýni úr gufuaugum, borholum og framleiðslurás til að fylgjast með efnasamsetningu gass og hlutfalli gufu. Mældar eru helstu gastegundir og samsætuhlutföll gufu í náttúrulegu útstreymi frá jarðhitasvæðinu. Styrkur H_2S er mældur reglulega í andrúmslofti umhverfis jarðhitavirkjanir Landsvirkjunar og inni í stöðvarhúsum. Samkvæmt mælingum ársins 2008 (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 2008) er heildarústreymi H_2S í andrúmsloft frá Kröflustöð tæplega 5.000 t á ári.

Vegna áforma um Kröfluvirkjun II og aðrar virkjanir á Norðausturlandi reiknaði verkfræðistofan Vatnaskil dreifingu H_2S í lofti sem koma mun frá fyrirhuguðum virkjunum (**viðauki 7**). Til samanburðar var reiknaður styrkur H_2S frá núverandi virkjunum í Kröflu og Bjarnarflagi. Virkjunin í Bjarnarflagi er lítil eða einungis 3 MW_e en skiptir engu að síður máli, einkum í næsta nágrenni hennar. Með tilkomu nýrrar virkjunar í Bjarnarflagi (sjá kafla 9.6.2) er ráðgert að afleggja litlu virkjunina.

Eins og sjá á mynd 9.25 eru engar líkur á að núverandi styrkur H_2S í byggð við Mývatn fari yfir heilsuverndarviðmið WHO en meðaltalsstyrkur í Reykjahlíð er einungis um $2 \mu g/m^3$ (viðauki 7).



Mynd 9.25 Líkur á að sólarhringsmeðaltal styrks brennisteinsvetnis (H_2S) í lofti frá núverandi $60 MW_e$ virkjun í Kröflu og $3 MW_e$ virkjun í Bjarnarlagi sé undir $150 \mu g/m^3$ (viðauki 7).

9.6.2 UMHVERFISÁHRIF

Viðmið umhverfisþátta

- Viðmið Alþjóða heilbrigðismálastofnunarinnar (WHO).
- Reglugerð nr. 154/1999 um mengunarmörk og aðgerðir til að draga úr mengun á vinnustöðum.
- Lög um losun gróðurhúsalofttegunda nr. 65/2007.
- Lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengun.
- Reglugerð nr. 787/1999 um loftgæði.
- Rammasamningur Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar.

Umfang, einkenni og vægi áhrifa

Við nýtingu jarðhita streyma jarðhitalofttegundir út í umhverfið. Útstreymi þeirra er tímabundin þegar borholur verða blástursprófaðar. Eftir að jarðhitavirkjun er komin í rekstur berast jarðhitalofttegundir frá henni út um gufuháfa og frá lofttæmidælum, sem draga lofttegundirnar út úr eimsvala og blása út í sérstaka háfa við stöðvarhús eða út í kæliturnna.

Heildarústreymi jarðhitaloftegunda frá 150 MW_e Kröfluvirkjun II er að megninu til koltvíoxíð (CO₂) og brennisteinsvetni (H₂S). Aðrar lofttegundir eru köfnunarefni (N₂), vetni (H₂) og metan (CH₄) en ústreymi þeirra er lítið samanborið við CO₂ og H₂S.

Gróðurhúsalofttegundir

Það er háð alþjóðasamningum hversu mikið má losa af gróðurhúsalofttegundum út í andrúmsloftið og því nauðsynlegt að fylgjast með því magni sem þangað fer. Hins vegar er ekki nauðsynlegt að mæla styrk þeirra í andrúmslofti í nágrenni virkjunarsvæða eins og styrk eitraðra lofttegunda. Þó verður að hafa vara á því að koldíoxíð er þyngra en andrúmsloft og getur safnast saman í lægðir þegar ekki hreyfir vind. Þótt styrkur CO₂ sé allnokkur er ústreymi þess á orkueiningu mun minni en í olíu- eða kolakýntum orkuverum (Landsvirkjun, 2009b).

Jarðhitasvæði eru breytileg hvað varðar gasinnihald og magn CO₂ í gufunni. Til að mynda er hlutfallið töluvert hærra á Kröflusvæðinu en við Þeistareyki. Miðað við sambærilegt ústreymi gróðurhúsalofttegunda og er í dag frá núverandi Kröflustöð má gera ráð fyrir að heildarústreymi nemi um 150.000 t á ári frá jarðhitavirkjunum við Kröflu þegar Kröfluvirkjun II verður fullbyggð. Til samanburðar var heildarústreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi ígildi 4.482.000 t af CO₂ árið 2007. Ústreymi CO₂ vegna virkjana á Kröflusvæðinu kemur því til með að nema um 3,3% af heildarlosun á Íslandi árið 2007.

Þrátt fyrir talsvert ústreymi jarðhitaloftegunda er nýting jarðhita með bestu kostum til rafmagnsframleiðslu með tilliti til losunar gróðurhúsalofttegunda. Á Kröflusvæðinu er ústreymið til að mynda margfalt minni en verður við sambærilega rafmagnsframleiðslu með jarðefnaeldsneyti.

Brennisteinsvetni

Eins og fram hefur komið eykst ústreymi brennisteinsvetnis (H₂S) út í andrúmsloftið við vinnslu jarðhita og prófun vinnsluholna. Áætlað magn H₂S frá hverri einingu Kröfluvirkjunar II er 115 g/s og fyrir allar þrjár, alls 150 MW_e, er magnið 345 g/s. Gert er ráð fyrir að ústreymið verði frá stöðvarhúsi og þremur kæliturnum með fjórum viftum. Miðað við þetta streyma árlega um 10.900 t af H₂S frá Kröfluvirkjun II.

Hjá verkfræðistofunni Vatnaskil var metin dreifing H₂S miðað við fyrirhugaða Kröfluvirkjun II auk annarra virkjunaráforma á Norðausturlandi vegna hugsanlegra samlegðaráhrifa (**viðauki 7**). Auk þess var núverandi Kröflustöð tekin með í reikninginn. Slíkt mat gefur vísbendingu um útbreiðslumörk og styrk loftdreifingar. Virkjanirnar sem um ræðir eru eftirfarandi:

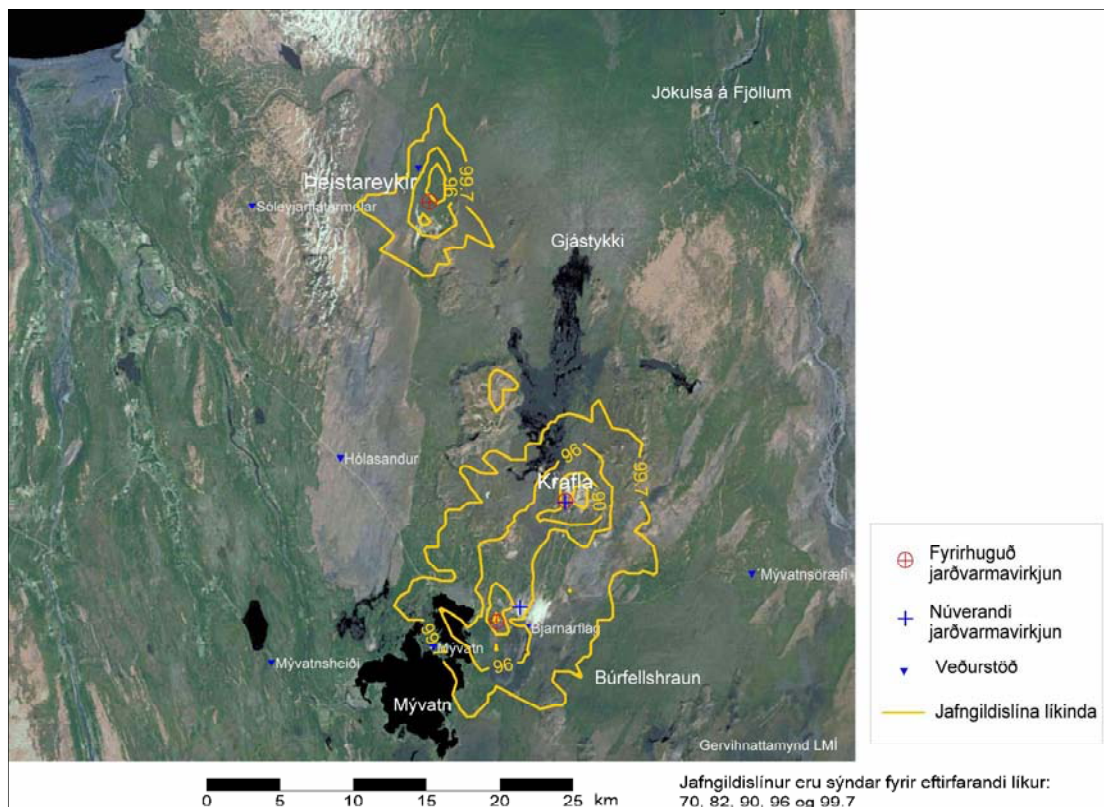
- Núverandi 60 MW_e Kröflustöð.
- 150 MW_e Kröfluvirkjun II.
- 90 MW_e Bjarnaflagsvirkjun.
- 200 MW_e Þeistareykjavirkjun.

Hér er um sammögnunaráhrif að ræða og því nauðsynlegt að horfa til dreifingar H₂S frá öllum virkjunum samtímis í fullri stærð. Við mat á áhrifum H₂S frá framangreindum virkjunum er fyrst og fremst horft til heilsuverndarviðmiðs WHO, það er

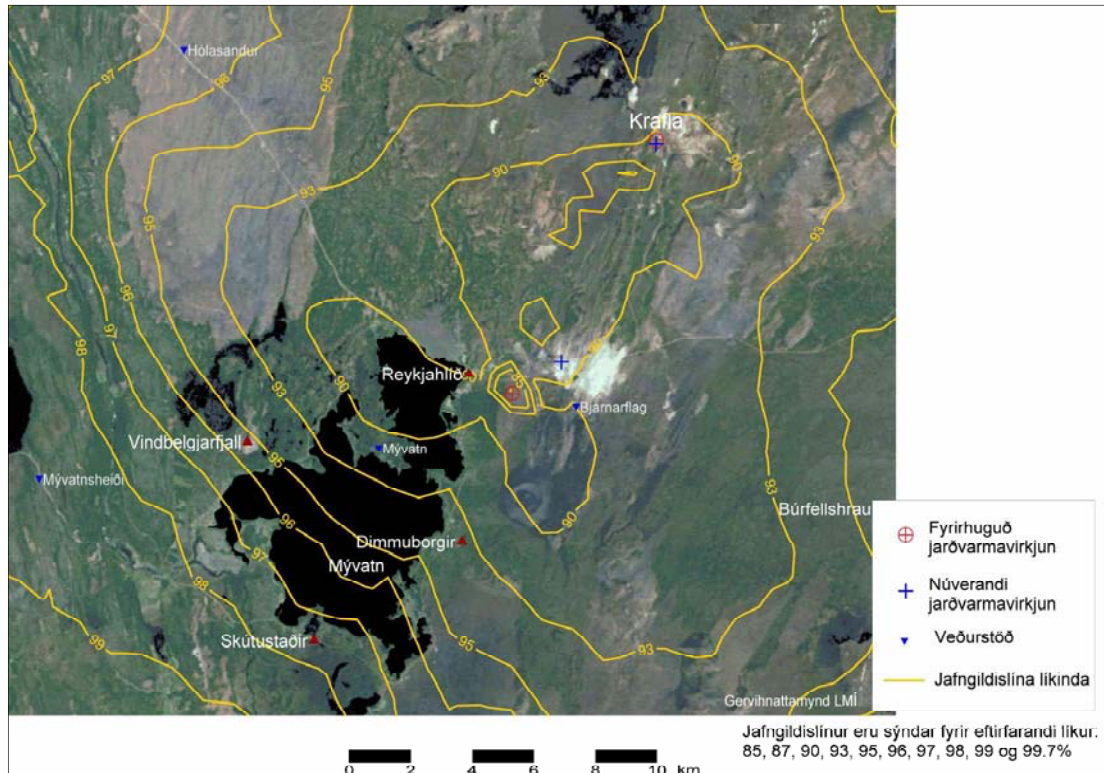
hvort, hvar og hversu oft styrkur H_2S nær $150 \mu g/m^3$ að meðaltali á sólarhring. Í ljósi þessa viðmiðs er nauðsynlegt að horfa til þeirrar byggðar þar sem styrkurinn gæti orðið hvað hæstur. Þar sem fyrst og fremst er verið að horfa til langtímaáhrifa á fólk vegna lágs styrks H_2S þótti ekki þörf á að skoða sérstaklega gönguleiðir á virkjunarsvæðinu þar sem dvöl fólks er nær undantekningalaust tímabundin.

Í tilfelli fyrirhugaðra virkjana á Norðausturlandi er það Reykjahlíð við Mývatn sem er nálægasta þéttbýlið. Til viðmiðunar eru einnig sýndar dreifingarmyndir miðað við óþægindamörk, það er $42 \mu g/m^3$ fyrir klukkustundarmeðaltal.

Sólarhringsmeðalstyrkur H_2S frá fyrirhuguðum virkjunum á Norðausturlandi ásamt núverandi Kröflustöð er sýndur á mynd 9.26. Miðað við þennan styrk eru líkur á að meðalstyrkur H_2S sé undir heilsuverndarmörkum um 95% í Reykjahlíð. Til samanburðar eru líkur á að styrkur H_2S sé undir óþægindamörkum í Reykjahlíð um 90% (mynd 9.27).



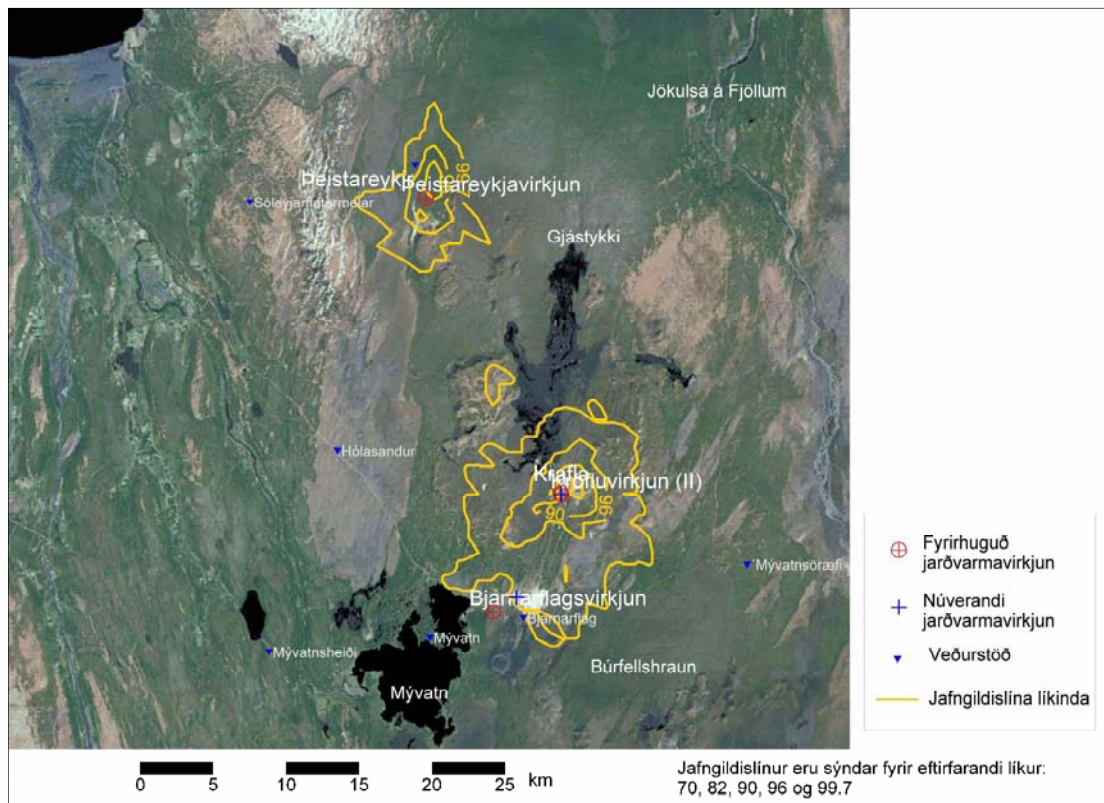
Mynd 9.26 Líkur á að sólarhringsmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H_2S) frá Kröflustöð (60 MW_e), Kröfluvirkjun II (150 MW_e), Bjarnarflogsvirkjun (90 MW_e) og Þeistareykjavirkjun (200 MW_e) sé undir $150 \mu g/m^3$ (viðauki 7).



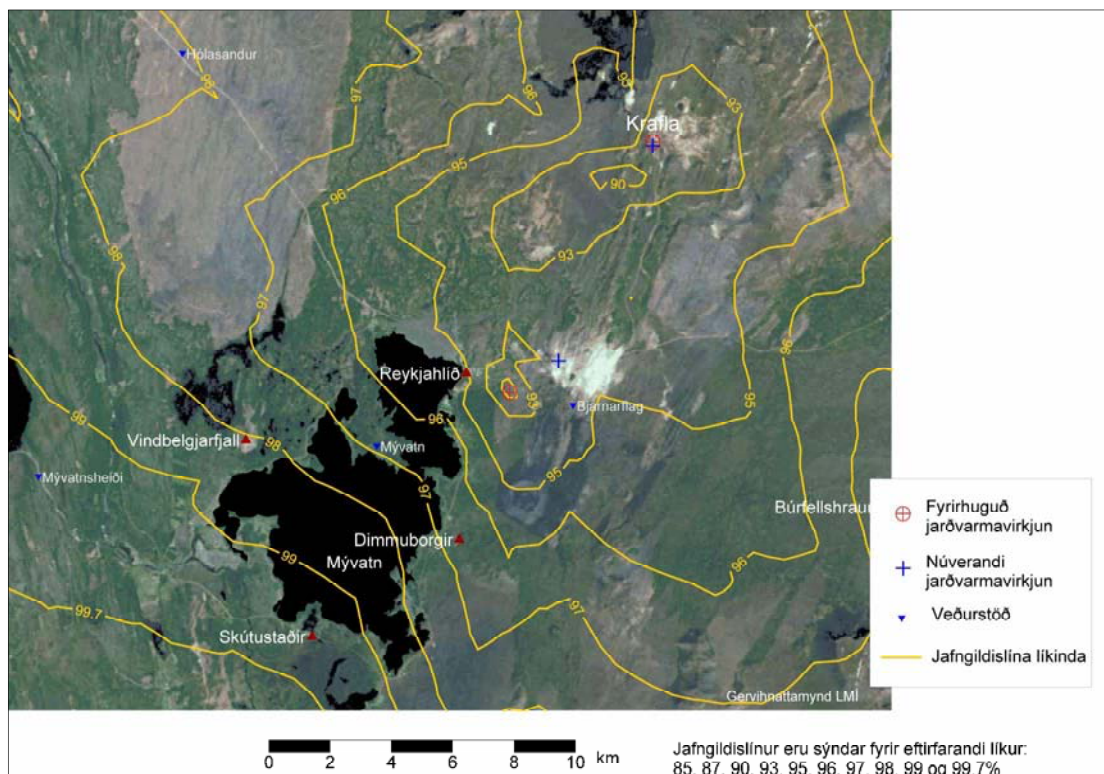
Mynd 9.27 Líkur á að klukkustundarmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H_2S) frá Kröflustöð ($60 MW_e$), Kröfluvirkjun II ($150 MW_e$), Bjarnarflagsvirkjun ($90 MW_e$) og Þeistareykjavirkjun ($200 MW_e$) sé undir $42 \mu g/m^3$ (**viðauki 7**).

Ýmsar leiðir eru til við hreinsun H_2S úr útblæstri jarðhitavirkjana. Í ljósi þess að heilsuverndarviðmið fyrir sólarhringsmeðaltal H_2S er náð í um 5% tilvika í þéttbýlinu í Reykjahlíð eða í um 18 daga, hefur Landsvirkjun kannað áhrif þess að hreinsa H_2S úr útblæstri jarðhitavirkjana. Til að byrja með voru gerðir útreikningar miðað við að hreinsa H_2S úr útblæstri Bjarnarflagsvirkjunar en ekki annarra virkjana. Gert var ráð fyrir 95% árangri í hreinsun en helstu hreinsunaraðferðir hreinsa á bilinu 95-98% úr útblæstri. Eins og sjá má á **mynd 9.28** eru engar líkur á að sólarhringsmeðalstyrkur brennisteinsvetnis nái við þessar aðstæður heilsuverndarmörkum í Reykjahlíð. Óþægindamörkum yrði þó náð í um 5% tilvika (**mynd 9.29**) samanborið við um 10% tilvika án hreinsunar (sjá **mynd 9.27**).

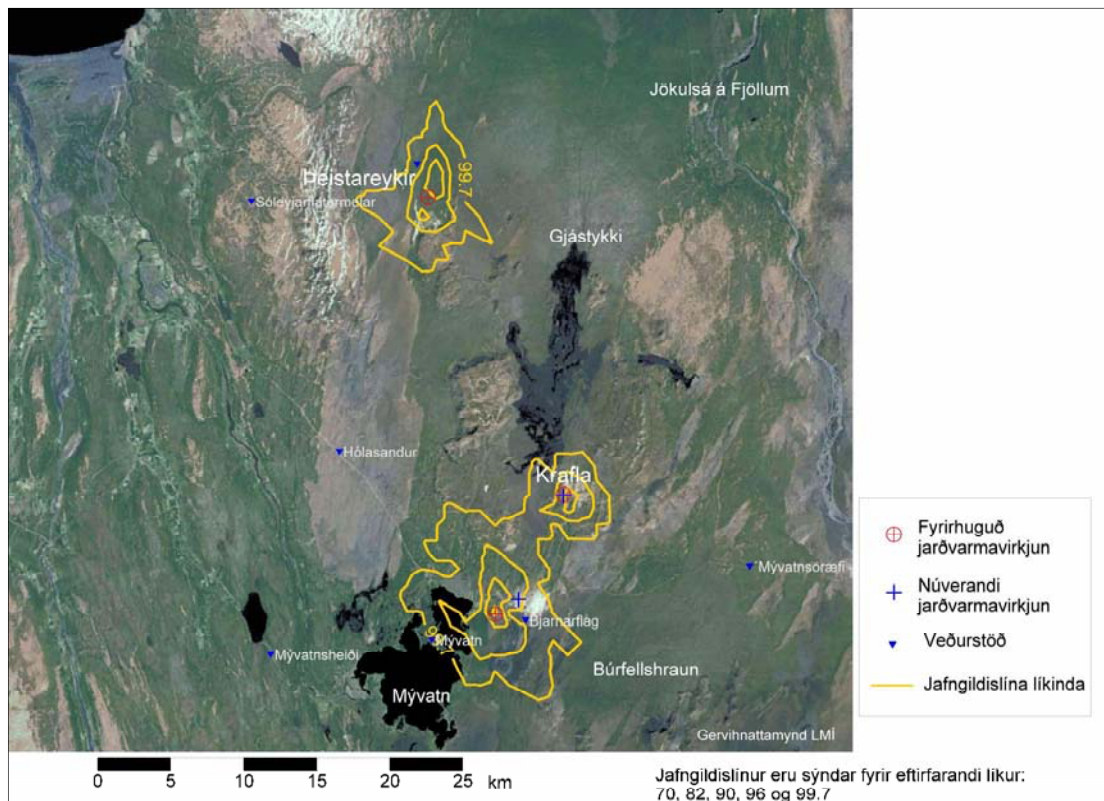
Ef H_2S er hreinsað úr útblæstri fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II en ekki í öðrum virkjunum sést að styrkur í Reykjahlíð færi yfir heilsuverndarmörk í um 5% tilfella eða svipað og án nokkurrar hreinsunar. Það sama á við um óþægindamörkin en þeim yrði náð í Reykjahlíð í um 7% tilvika samanborið við um 10% án nokkurrar hreinsunar (**myndir 9.30** og **9.31**). Ýmis fleiri afbrigði hreinsunar voru skoðuð, svo sem hreinsun á útblæstri frá bæði Kröfluvirkjun II og Bjarnarflagsvirkjun. Við það verða líkindi þess að sólarhringsmeðaltal H_2S fari yfir heilsuverndarmörk einungis á tiltölulega litlu svæði umhverfis núverandi Kröflustöð. Líkur á að óþægindamörkum verði náð í Reykjahlíð verða um 2%.



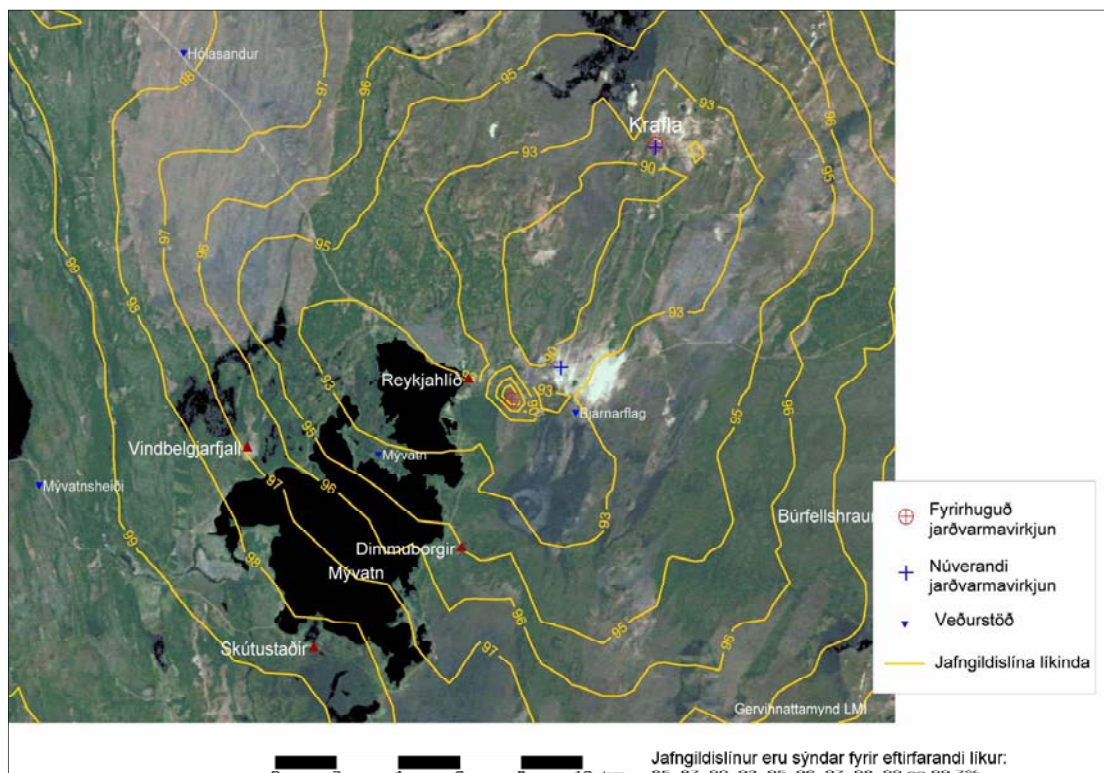
Mynd 9.28 Líkur á að sólarhringsmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H_2S) frá Kröflustöð (60 MW_e), Kröfluvirkjun II (150 MW_e), Bjarnarflagsvirkjun (90 MW_e) og Þeistareykjavirkjun (200 MW_e) sé undir 150 $\mu g/m^3$ miðað við 95% hreinsun H_2S úr útblæstri Bjarnarflagsvirkjunar (viðauki 7).



Mynd 9.29 Líkur á að klukkustundarmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H_2S) frá Kröflustöð (60 MW_e), Kröfluvirkjun II (150 MW_e), Bjarnarflagsvirkjun (90 MW_e) og Þeistareykjavirkjun (200 MW_e) sé undir 42 $\mu g/m^3$ miðað við 95% hreinsun H_2S úr útblæstri Bjarnarflagsvirkjunar (viðauki 7).



Mynd 9.30 Líkur á að sólarhringsmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H_2S) frá Kröflustöð (60 MW_e), Kröfluvirkjun II (150 MW_e), Bjarnarflagsvirkjun (90 MW_e) og Þeistareykjavirkjun (200 MW_e) sé undir $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ miðað við 95% hreinsun H_2S úr útblæstri Kröfluvirkjunar II (**viðauki 7**).



Mynd 9.31 Líkur á að klukkustundarmeðalstyrkur brennisteinsvetnis (H_2S) frá Kröflustöð (60 MW_e), Kröfluvirkjun II (150 MW_e), Bjarnarflagsvirkjun (90 MW_e) og Þeistareykjavirkjun (200 MW_e) sé undir $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ miðað við 95% hreinsun H_2S úr útblæstri Kröfluvirkjunar II (**viðauki 7**).

Í ljósi þess sem hér hefur verið fjallað um þykir sýnt að hreinsun útblásturs úr Kröfluvirkjun II hafi takmörkuð áhrif á hversu oft styrkur H_2S fer yfir heilsuverndarmörk í Reykjahlíð, næsta þéttbýli við Kröflusvæðið. Hreinsun H_2S úr útblæstri fyrirhugaðrar Bjarnarflagsvirkjunar, sem er staðsett nær þéttbýlinu í Reykjahlíð, hefur mun meiri áhrif. Samkvæmt reikningum er hreinsun útblásturs Bjarnarflagsvirkjunar nægjanleg til að uppfylla nauðsynleg viðmiðunarmörk. Að mati framkvæmdaraðila er þó ekki nauðsynlegt að ráðast strax í slíka hreinsun þar sem reikn líkön hafi frekar tilhneigingu til að oftúlka útbreiðslumörk og styrk loftdreifingar. Til að mynda er ekki tekið tillit til efnahvarfa í framangreindum reikningum þó svo að lausleg athugun bendi ekki til þess að þau skipti verulegu máli. Lagt er til, eins og fram kemur í kafla 11 um eftirlit, að settur verði upp síritandi mælir í Reykjahlíð til að mæla styrk brennisteinsvetnis (H_2S) í lofti. Ef styrkurinn fer jafn oft yfir heilsuverndarviðmið og reikningar segja til um verður gripið til frekari aðgerða til mótvægis.

Mótvægisáðgerðir

Mótvægisáðgerðir vegna útstreymis jarðhitaloftegunda eru ekki fyrirhugaðar. Settur verður upp síritandi mælir í Reykjahlíð til að mæla styrk brennisteinsvetnis (H_2S) í lofti. Ef styrkurinn fer jafn oft yfir heilsuverndarviðmið og reikningar segja til um verður gripið til frekari aðgerða til mótvægis.

Þess má geta að Landsvirkjun stendur fyrir umfangsmikilli landgræðslu í nágrenni virkjana, meðal annars til að stuðla að bindingu kolefnis til mótvægis við útstreymi og losun gróðurhúsalofttegunda vegna athafna fyrirtækisins. Árleg binding kolefnis fer vaxandi og er stefnt að áframhaldandi aðgerðum í þeim tilgangi.

Niðurstaða

Áhrif vegna aukins útstreymis jarðhitaloftegunda, einkum koldíoxíðs (CO_2) og brennisteinsvetnis (H_2S) verða óveruleg.

9.7 ÁSÝND

9.7.1 GRUNNÁSTAND

Innan Kröfluöskjunnar er víðáttumikið háhitasvæði. Jarðhitaummerkin sjást víða og eru margbreytileg. Í miðri öskjunni er öflugt uppstreymi, þar sem leir- og gufuhverir eru áberandi, og sundursoðin litrík jörð. Einnig er áberandi jarðhitasvæði utan í Kröfluhlíðum, að sunnan og vestan. Vesturhlíðarnar einkennast af gufusprengigígum og miklu ljósu úrkasti. Víða innan öskjunnar eru ljósar breiður vegna jarðhitammyndunar, útkulnaðar, volgar eða rjúkandi (Kristján Sæmundsson, 1991). Á Kröflusvæðinu eru ýmis mannvirki sem hafa nú þegar breytt ásýnd og töluvert mann-gert landslag og jarðrask. Þar eru meðal annars borholur, stöðvarhús, skiljustöð og lagnir núverandi Kröflustöðvar. Einnig er þar virkjanavegur, vegir að borsvæðum, slóðir meðfram lögnum, háspennulínur og efnistökusvæði.

9.7.2 UMHVERFISÁHRIF

Viðmið umhverfispáttá

- Greining á landslagi á Kröflusvæðinu.
- V. kafli laga nr. 44/1999 um náttúruvernd.
- Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025.
- Almenn viðmið.

Umfang, einkenni og vægi áhrifa

Við mat á sjónrænum áhrifum var horft til sýnileika fyrirhugaðra mannvirkja Kröfluvirkjunar II frá aðkomuleiðum og helstu útsýnisstöðum sem ferðamenn koma á. Helstu staðir sem um ræðir eru Leirhnjúkur, Víti og útsýnispallur norðan Kröflustöðvar. Í kafla 5 var ítarlega fjallað um ásýndarbreytingar vegna borholna á nýju borsvæðum, lagnaleiða frá þeim og aðkomuvega. Hér er einkum um að ræða borsvæði A og B, norðan Vítis, og borsvæði G og H, uppi á Sandabotnafjalli.

Ekki sést til borsvæðanna uppi á Sandabotnafjalli frá helstu útsýnisstöðum. Frá útsýnispalli, norðan Kröflustöðvar hefði verið möguleiki að sjá hluta aðkomuleiðar upp úr Grænagili ef valkostur 1 hefði orðið fyrir valinu (sjá **mynd 5.4**). Þar sem sú varð ekki raunin eru það helst gufubólstrar sem sést gætu þegar borholur eru í blæstri.

Norðan Vítis koma borteigar og lagnir frá þeim til með að sjást frá Víti. Borteigarnir sjást ef gengið er upp á norðurbrún gígsins (sjá **mynd 5.5**). Lagnirnar sjást einnig þaðan og frá útsýnispalli á vesturbrún Vítis. Töluverðar vangaveltur hafa verið um hvaða lagnaleið sé best að fara og eru lagðir til þrjár möguleikar í kafla 5.1.2. Eins og þar kemur fram eru ásýndaráhrifin mest ef lögnin fylgir aðkomuveginum að Víti (lagnaleið A), einkum fyrir ferðamenn á leið upp að Víti. Ef farið er vestar niður í misgengisstallinn er lögnin minna sjáanleg en jarðrask verður meira (sjá **myndir 5.9-5.12**). Þess má geta að Landsvirkjun hefur kynnt sér steiningu á borholuhús og lagnir sem Orkuveita Reykjavíkur hefur hafið tilraunir með á Hellisheiði. Að mati Landsvirkjunar mun litaval og áferð gegna sambærilegu hlutverki við lágmörkun ásýndaráhrifa og steining.

Frá Leirhnjúki kemur lögnin til með að sjást, sama hvaða leið verður fyrir valinu (sjá **mynd 5.13**). Fjarlægðin er hins vegar það mikil að þar skiptir meira máli litur og áferð á lögninni heldur en hvaða leið verður valin. Frá Leirhnjúki munu borsvæðin norðan Vítis ekki sjást, eingöngu gufa frá blásandi holum. Á **mynd 9.32** hefur gufa frá blásandi borholu á borsvæði A verið sett inn á ljósmynd frá Leirhnjúki. Hér er um tímabundið ástand að ræða þar sem borholur eru yfirleitt eingöngu látnar blása í 1-6 mánuði meðan á prófun þeirra stendur.

Borsvæði C er eina nýja borsvæðið utan svæðanna á Sandabotnafjalli og norðan Vítis. Á þessu borsvæði er ætlunin að kanna jarðhitakerfið undir Leirhnjúki. Vel var vandað til staðsetningar þess svo að það sæist ekki frá Leirhnjúki og var því valinn staður ofan í slakka, þar sem það er í hvarfi.



Mynd 9.32 Ásýnd frá Leirhnjúki að Víti. Norðan Vítis sér í gufumökk frá blásandi borholu á borsvæði A.

Frá útsýnispalli, norðan Kröflustöðvar sér vel yfir vinnslusvæðið í suðurhlíðum Kröflu og yfir virkjunarmannvirki núverandi Kröflustöðvar í Hlíðardal. Á þessum stað verða töluverðar ásýndarbreytingar með nýjum mannvirkjum. Áhrifin geta þó vart talist neikvæð þar sem mannvirki eru nú þegar til staðar á svæðinu. Á myndum 9.33 og 9.34 má sjá fyrir/eftir ásýnd frá útsýnispallinum til suðurs.



Mynd 9.33 Núverandi ásjón frá útsýnispalli, norðan Kröflustöðvar.



Mynd 9.34 Ásjón frá útsýnispalli, norðan Kröflustöðvar með tilkomu Kröfluvirkjunar II. Kæliturnar nýju virkjunarinnar eru sýndir án gufu til að skyggja ekki á önnur virkjunarmannvirki.

Mótvægisáðgerðir

Engar eiginlegar mótvægisáðgerðir eru fyrirhugaðar vegna áhrifa á ásýnd.

Niðurstaða

Borsvæði, lagnir og aðkomuvegur að borsvæðum uppi á Sandabotnafjalli koma til með að hafa óveruleg áhrif á ásýnd frá helstu útsýnisstöðum ferðamanna.

Borsvæði, lagnir og aðkomuvegur borsvæða norðan Vítis koma til með að sjást frá norðurbrún Vítis. Lögnin kemur einnig til með að sjást af útsýnispalli á vesturbrún gígsins. Áhrif hér eru nokkuð neikvæð en afturkræf í öllum tilvikum nema fyrir ferðamenn á leið að Víti. Fyrir þá eru áhrifin verulega neikvæð en afturkræf ef lögnin fylgir veginum alla leið.

Frá Leirhnjúki koma mannvirki til með að sjást tiltölulega lítið. Það verður helst að gufa sjáist tímabundið frá blásandi borholum. Áhrif eru metin óveruleg.

Frá útsýnispalli norðan Kröflustöðvar eru áhrif á ásýnd óveruleg vegna þeirra mannvirkja sem fyrir eru á svæðinu.

9.8 SAMFÉLAG

9.8.1 GRUNNÁSTAND

Útivist og ferðapjónusta

Athugun á áhrifum nýrrar virkjunar við Kröflu á ferðapjónustu og útivist fór fram árið 2008 á vegum Rannsóknamiðstöðvar ferðamála (**viðauki 8**). Markmið með könnuninni var að meta möguleg áhrif fyrirhugaðra framkvæmda vegna Kröfluvirkjunar II á ferðamennsku og útivist í grennd við Kröflu. Viðhorf aðila innan helstu hagsmunahópa, það er ferðapjónustuaðila og félagasamtaka, til frekari orkuöflunar á Kröflusvæðinu var athugað í viðtölum.

Ferðapjónusta á sér langa sögu á Norðurlandi eystra og hefur ferðamennska á svæðinu verið í mikilli sókn á undanförunum áratugum (**viðauki 8**). Kröflusvæðið einkennist af orkuvinnslu, ferðamennsku og útivist. Núverandi nýting Kröflusvæðisins og gildi svæðisins fyrir ferðamennsku og útivist felst fyrst og fremst í náttúruupplifun, skoðun náttúruperla, fjölbreyttri náttúru, einstakri jarðfræði, góðu aðgengi að þessum stöðum, og að einhverju leyti gönguferðamennsku. Staðir á borð við Víti og Leirhnjúk hafa lengi dregið til sín ferðamenn. Á árum áður var aðgengi að svæðinu torvelt og því lögðu ekki margir leið sína á svæðið. Aðgengi opnaðist með tilkomu núverandi Kröflustöðvar og er Kröflusvæðið nú vinsæll áfangastaður ferðamanna. Nú liggur vegur að Víti og vestan við það er gott bílastæði. Göngu-leiðir á Kröflusvæðinu eru sýndar á **mynd 7.3**. Frá bílastæðinu við Víti liggur göngustígur upp á brún Vítis, umhverfis gíginn og til suðausturs frá Víti og upp á hábungu Kröflu. Nokkrir göngustígar liggja að Leirhnjúki, umhverfis hann og að svæðum suður af honum. Við upphaf göngustígs að Leirhnjúki, mitt á milli borsvæðis E og fyrirhugaðs borsvæðis D, er bílastæði. Í austurhlíð Leirhnjúks, við tjörnina og leirhverina, lét Landsvirkjun smíða palla á hluta göngustígsins til að bæta öryggi ferðafólks (**mynd 9.35**) og vernda svæðið fyrir átroðningi sem er töluverður vegna ferðamanna en nýjustu talningar sýna að um 70 þúsund ferðamenn komi að svæðinu ár hvert.



Mynd 9.35 Við tjörn og leirhverfi í austurhlíð Leirhnjúks lét Landsvirkjun smíða palla á hluta göngustígs til að bæta öryggi ferðafólks. Göngustígurinn sést á vinstri hluta myndarinnar (Ljósmynd: Mannvit, 2008).

Langflestir viðmælenda telja Kröflusvæðið vera mikilvægt fyrir ferðamennsku á Norðurlandi eystra, einkum vegna þess hve stutt er síðan eldsumbrot voru þar og vegna möguleika á að sjá hvernig orkan er beisluð. Margir töldu svæðið auka fjölbreytileika í afþreyingu. Aðrir viðmælendur telja hins vegar virkjanir með tilheyrandi raski almennt ekki hafa aðdráttarafl fyrir ferðamenn en talsvert rask hefur orðið á núverandi orkuvinnslusvæði (sjá nánar um niðurstöður úr viðtölum við ferðaþjónustuaðila og félagasamtök í kafla 9.8.2 um umhverfisáhrif).

Núverandi hljóðstig frá gufuháfum við Kröflustöð og borholum í rekstri er sýnt á mynd 9.41 í kafla 9.8.2 (reiknað hljóðstig).

9.8.2 UMHVERFISÁHRIF

Viðmið umhverfispáttá

- Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025.
- Viljayfirlýsing ríkisstjórnar Íslands, Norðurþings, Skútustaðahrepps og Þingeyjarsveitar. 22. október 2009.
- Reglugerð nr. 724/2008, um hávaða.

Umfang, einkenni og vægi áhrifa

Atvinna

Störf munu skapast við virkjunina á framkvæmdatíma. Áætlað er að uppbygging hvers áfanga virkjunarinnar taki um 3 ár (**kafla 4.5**) og er reiknað með að mest verði þar um 150 manns þegar byggingarframkvæmdir við virkjunina standa sem hæst.

Gert er ráð fyrir að samvinna verði um rekstur jarðvarmavirkjana á Norðausturlandi þannig að þær njóti góðs hver af annarri. Áætlað er að fjölga þurfi starfsmönnum á Kröflusvæðinu um allt að 7 með tilkomu Kröfluvirkjunar II.

Ný störf sem skapast vegna uppbyggingar og reksturs Kröfluvirkjunar II samræmast stefnu sveitarfélaga í Þingeyjarsýslum um að styrkja atvinnulíf í Þingeyjarsýslum. Uppbygging Kröfluvirkjunar II er talin hafa nokkuð jákvæð áhrif á atvinnulíf í Þingeyjarsýslum. Á rekstrartíma getur aukin raforkuframleiðsla á Kröflusvæðinu haft óbein, veruleg jákvæð áhrif á atvinnulíf á svæðinu ef orkan verður nýtt til atvinnuuppbyggingar þar.

Útivist og ferðaþjónusta

Helstu áhrif fyrirhugaðra framkvæmda samkvæmt **viðauka 8** eru talin vera eftirfarandi:

- Viðmælendur hafa ólík viðhorf og væntingar til Kröfluvirkjunar II. Rúmur helmingur viðmælenda (61%) er jákvæður í garð fyrirhugaðra framkvæmda, 15% er neikvæður og fjórðungur (24%) er óákveðinn.
- Af þeim sem eru jákvæðir hefur um helmingur áhyggjur af neikvæðum umhverfisáhrifum. Þeir telja þó fyrirhugaða virkjun nauðsynlega til að styrkja atvinnuþróun og sjá fyrir sér að á Kröflusvæðinu aukist uppbygging ferðamennsku í takt við uppbyggingu virkjunar, möguleikar opnast á að tengja saman afþreyingu og fræðslu.
- Rúmlega fjórðungur viðmælenda (27%) nefndi að sú orka sem unnin er á svæðinu sé talin umhverfisvæn og að vinnsla slíkrar orku geti mögulega verið aðdráttarafl fyrir ferðamenn.
- Aðrir viðmælendur (25%) telja aftur á móti að fyrirhuguð virkjun muni hafa neikvæð áhrif á ímynd svæðisins sem ferðamannastaðar og benda á að aðrar tegundir ferðamanna muni sækja á svæðið. Helstu áhyggjur viðmælenda beinast að því að náttúrurask, hávaði og sjónmengun hafi neikvæð áhrif á upplifun ferðamanna af svæðinu og það muni missa aðdráttarafl sitt og erfitt verði að markaðssetja það sem vishæft ferðamannasvæði.
- Sú staðreynd að á Kröflusvæðinu sé nú þegar virkjun telja fleiri að vegi þó þyngra en framangreindar áhyggjur þar sem að svæðið sé þegar raskað og að rétt væri að nýta svæðið áfram í stað þess að ganga á önnur.

Þær staðreyndir að á Kröflusvæðinu er nú þegar virkjun, svæðið talsvert raskað og að margir viðmælenda telja að rétt sé að nýta svæðið áfram, vega mikið þegar áhrif fyrirhugaðra framkvæmda eru metin á ferðaþjónustu og útivist. Þó verður að hafa í huga að með framkvæmdunum er farið inn á tvö „ný“ svæði, það er svæði norðan við Víti og á Sandabotnafjall austanvert, sem eru nær óröskuð svæði. Á Sandabotnafjalli vega áhrif af raski og stækkun orkuvinnslusvæðis minna en við Víti því að fjallið og Hrafninnuhryggur er fáfarnara.

Hljóðstig

Unnin hafa verið hljóðkort til að leggja mat á breytingar á hljóðvist vegna uppbyggingar og reksturs Kröfluvirkjunar II (**viðauki 9**).

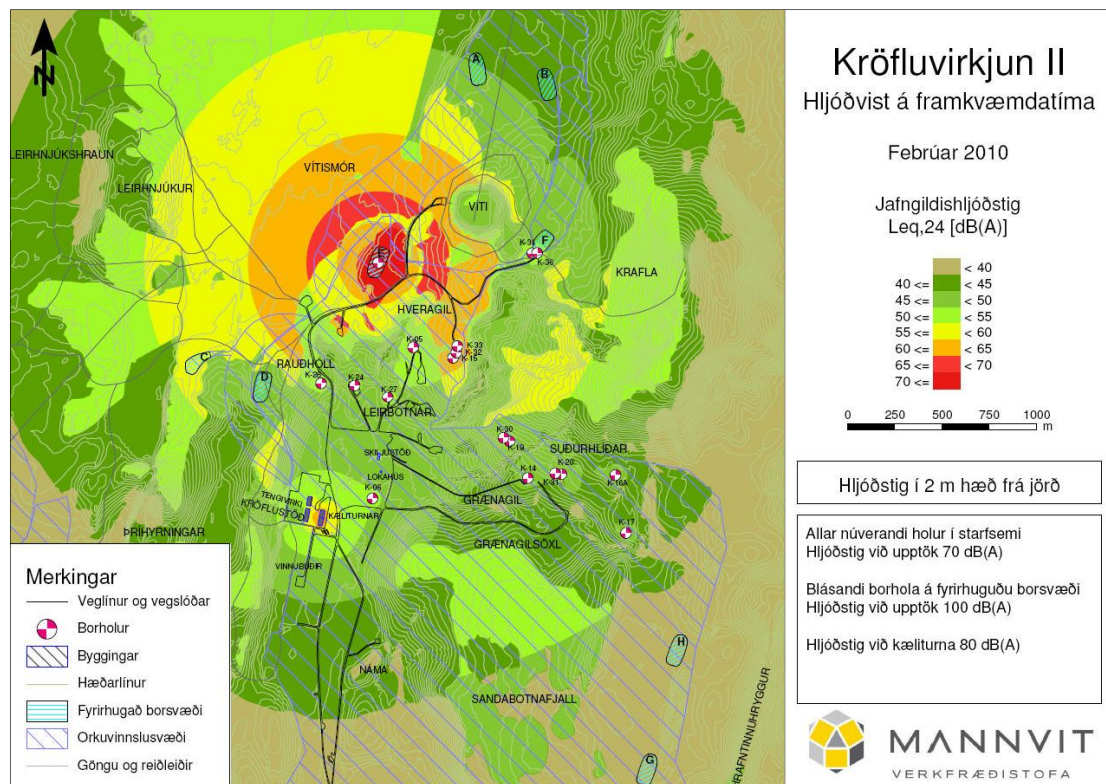
Til að áætla hljóðstig frá borholum, blásandi og í rekstri auk hávaða frá stöðvarhúsi, kæliturnum, útblásturshljóðdeyfum og þess háttar var miðað við eldri mælingar og úttektir á slíku (**viðauki 9**). Auk þess var notast við mælingar frá Svartsengi og

Reykjanesvirkjun og upplýsingar úr gagnagrunni SoundPlan til að áætla tíðni-dreyfingu. Við reikningana er gert ráð fyrir 100 dB(A) frá blásandi borholu (með hljóðdeyfi), 70 dB(A) frá starfandi borholu (með hljóðdeyfi) og 80 dB(A) frá kæli-turnum. Áhrif annarra hljóðgjafa voru metin hverfandi í samanburði við þessa. Það er þó gert ráð fyrir um 55 dB(A) frá stöðvarhúsi og skiljustöðvum í útreikningum.

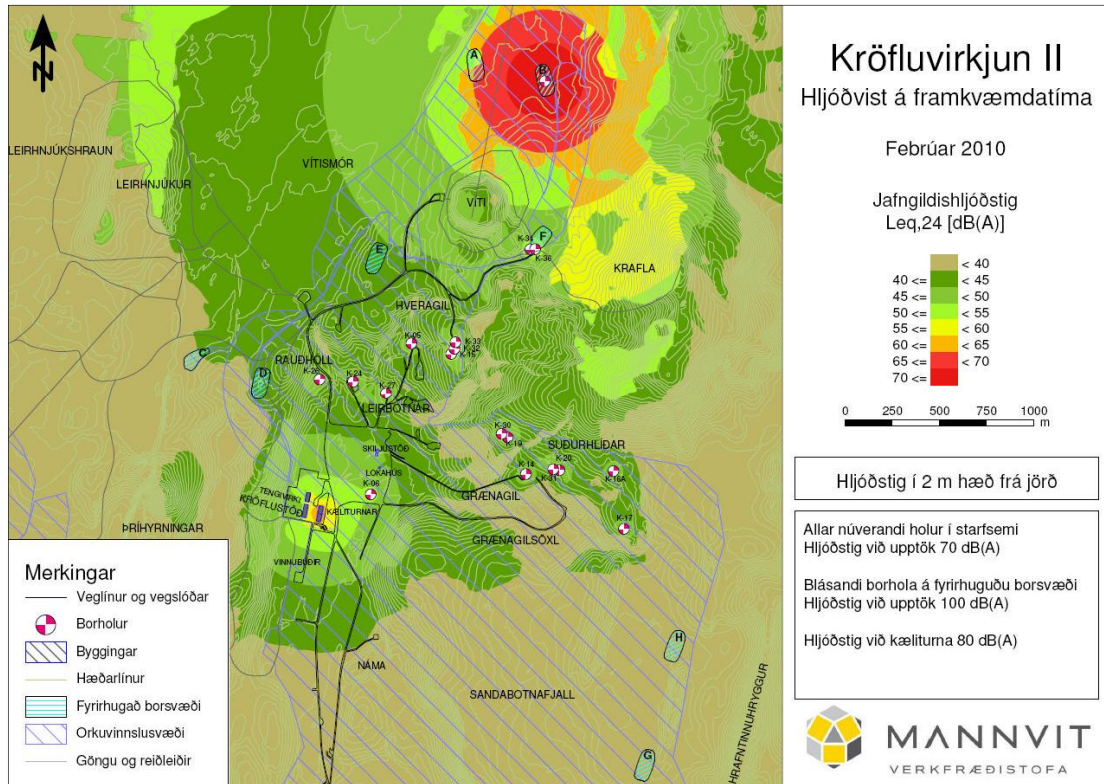
Áhrif á framkvæmdatíma: Framkvæmdum mun fylgja hávaði af ýmsum toga, svo sem hávaði við sprengingar á klöpp, frá tækjum, vinnuvélum, borun hola og prófun þeirra (borholum í blæstri). Almenn tekur borun holna um einn mánuð og prófun borholna 1-6 mánuði. Til að draga úr hávaða frá borholum í blæstri eru notaðir hljóðdeyfar á útblástursrör.

Á myndum 9.36-9.40 er sýnt hljóðstig frá borholum í blæstri á fimm borsvæðum (hljóðstig við önnur borsvæði má sjá í viðauka 9). Um er að ræða eftirfarandi borsvæði:

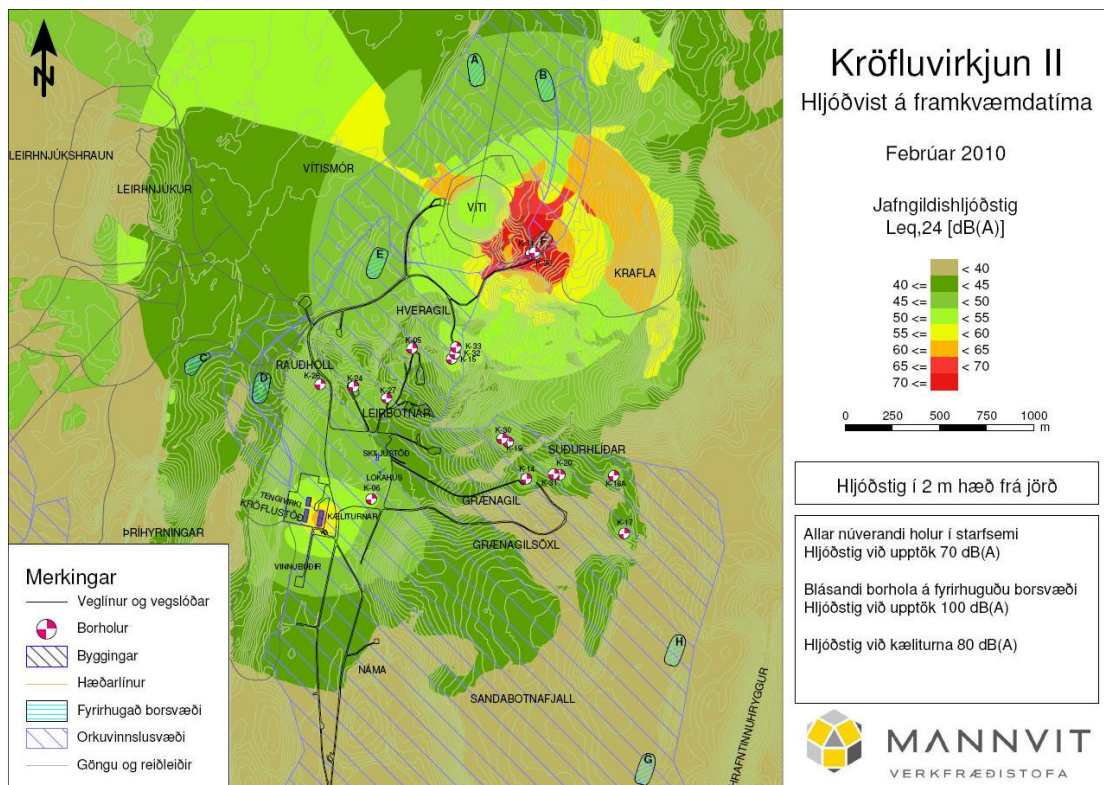
- **Mynd 9.36:** Borsvæði E, þaðan sem mestra áhrifa mun gæta við Víti.
- **Mynd 9.37:** Borsvæði B, norðan Vítis.
- **Mynd 9.38:** Borsvæði F, þaðan sem mestra áhrifa mun gæta í vesturhlíð Kröflu.
- **Mynd 9.39:** Borsvæði C, þaðan sem mestra áhrifa mun gæta í grennd við Leirhnjúk, einkum suður af honum.
- **Mynd 9.40:** Borsvæði H, þaðan sem mestra áhrifa mun gæta við Hrafninnuhrygg.



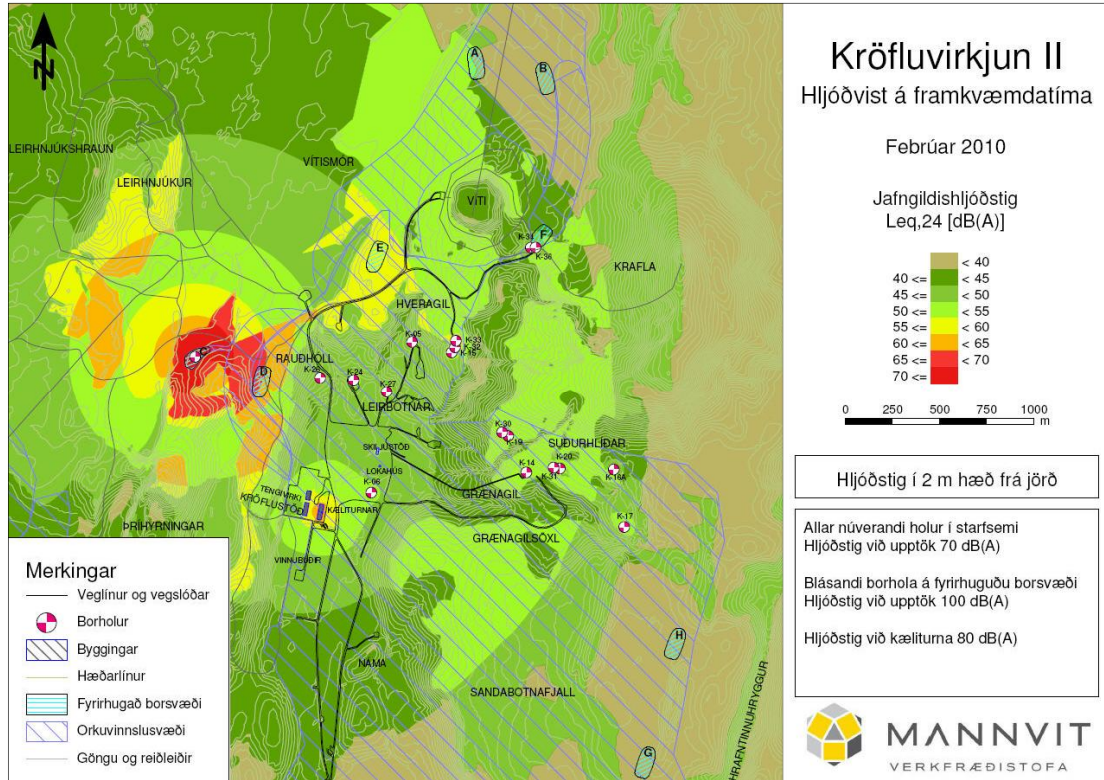
Mynd 9.36 Reiknað hljóðstig frá borsvæði E í blæstri. Hljóðstig næst borsvæðinu verður um 100 dB(A). Einnig er sýnt hljóðstig við kæliturna við Kröflustöð og borholur í rekstri (viðauki 9).



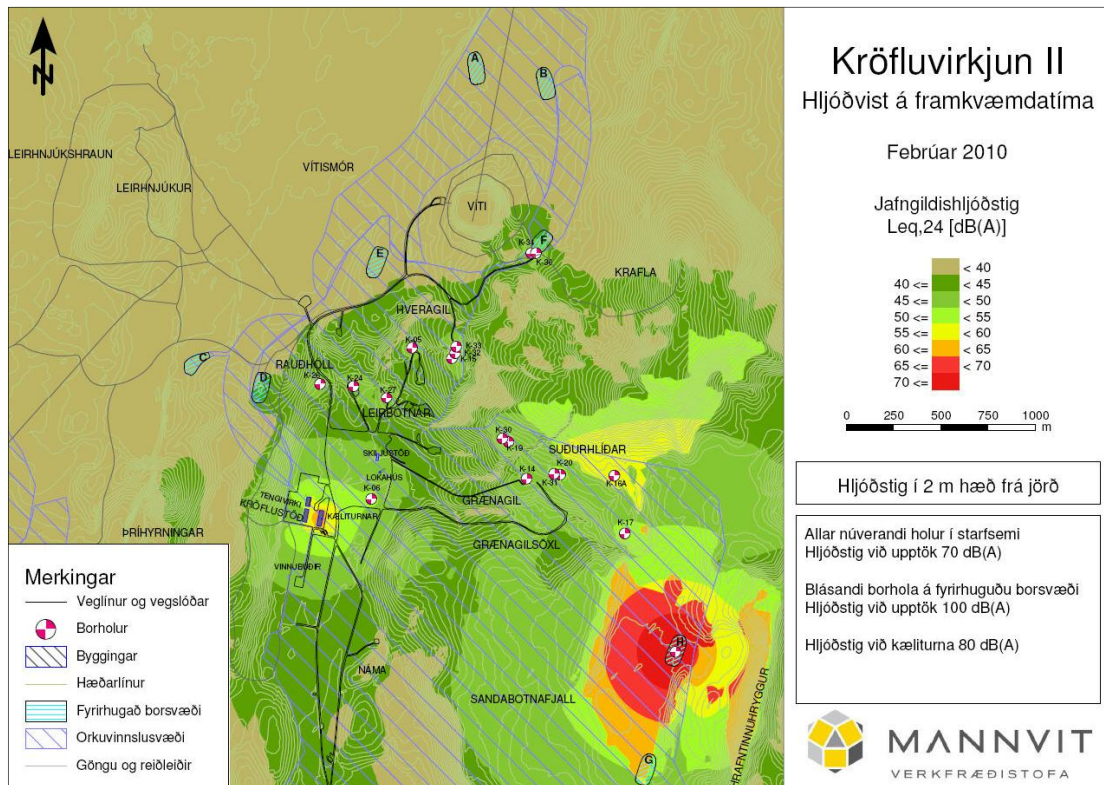
Mynd 9.37 Reiknað hljóðstig frá borsvæði B í blæstri. Hljóðstig næst borsvæðinu verður um 100 dB(A). Einnig er sýnt hljóðstig við kæliturna við Kröflustöð og borholur í rekstri (viðauki 9).



Mynd 9.38 Reiknað hljóðstig frá borsvæði F í blæstri. Hljóðstig næst borsvæðinu verður um 100 dB(A). Einnig er sýnt hljóðstig við kæliturna við Kröflustöð og borholur í rekstri (viðauki 9).



Mynd 9.39 Reiknað hljóðstig frá borsvæði C í blæstri. Hljóðstig næst borsvæðinu verður um 100 dB(A). Einnig er sýnt hljóðstig við kæliturna við Kröflustöð og borholur í rekstri (viðauki 9).



Mynd 9.40 Reiknað hljóðstig frá borsvæði H í blæstri. Hljóðstig næst borsvæðinu verður um 100 dB(A). Einnig er sýnt hljóðstig við kæliturna við Kröflustöð og borholur í rekstri (viðauki 9).

Samkvæmt reglugerð nr. 724/2008 um hávaða má hljóðstig á iðnaðarsvæði ekki fara yfir 70 dB (A) og ekki yfir 40 dB(A) á útivistarsvæðum í dreifbýli. Þetta á til dæmis við um svæði eins og Víti, Leirhnjúk, Kröflu og Hrafninnuhrygg. Reikningar á hljóðstigi við helstu ferðamannastaði á Kröflusvæðinu sýna að hljóðstig mun fara yfir viðmiðunarmörkin á meðan borholur verða í blæstri. Um tímabundið ástand er að ræða en borholur eru yfirleitt látnar blása í 1-6 mánuði að borun lokinni.

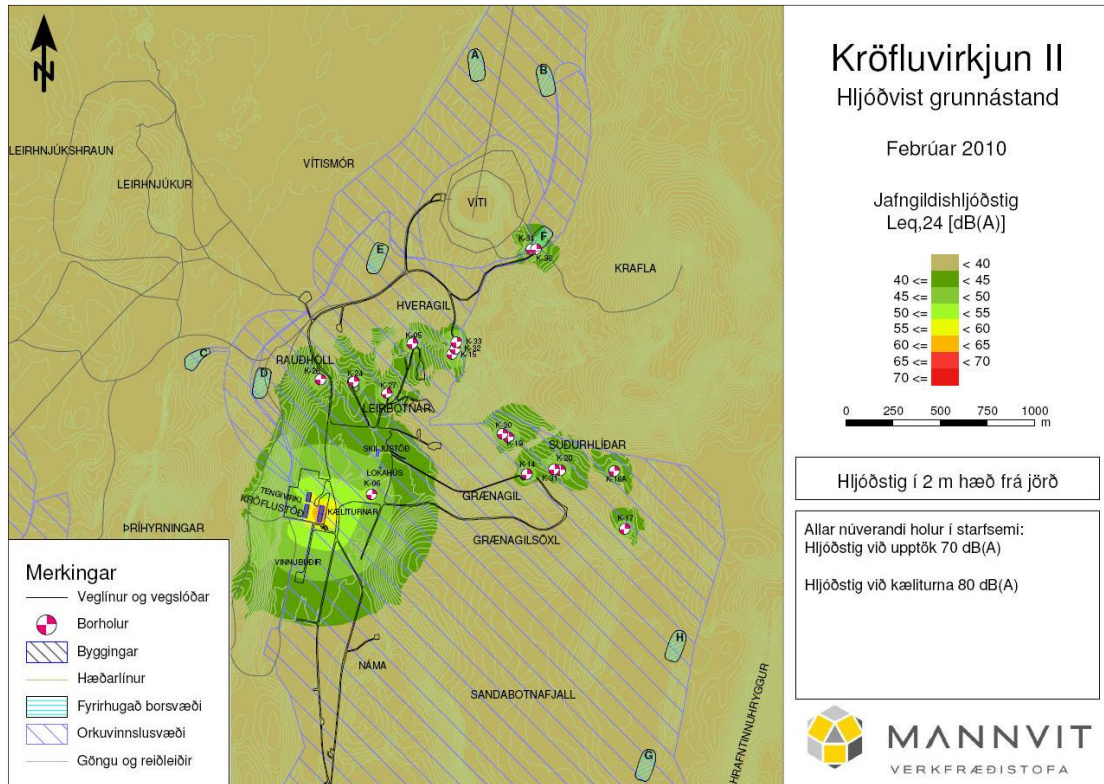
Hér á eftir er fjallað um áhrif á helstu ferða- og útivistarsvæði í grennd við framan-greind borsvæði:

- Blásandi borholur á borsvæði E munu hafa mest áhrif á nágrenni Vítis (**mynd 9.36**). Meðfram hluta Vítis fer hljóðstig yfir 60 dB(A), eða yfir viðmiðunarmörkin, meðal annars á stórum hluta göngustígs að og í grennd við Víti og á bílastæðinu vestan við. Á hluta gönguleiðar norðan Vítis verður hljóðstig 60-64 dB(A) vegna hávaða frá borholum í blæstri á borsvæði B sem er einnig yfir viðmiðunarmörkunum (**mynd 9.37**).
- Í vesturhlíð Kröflu mun hávaði frá borholum í blæstri á borsvæði F fara yfir 60 dB(A) (**mynd 9.38**) sem er yfir viðmiðunarmörkunum.
- Í suður- og austurhlíð Leirhnjúks, á gönguleiðum og leirhverasvæði, verður hljóðstigið yfir viðmiðunarmörkunum vegna hávaða frá nokkrum borholum í blæstri. Mestu áhrifin á þessu svæði verða frá borsvæði C. Vegna hávaða þaðan verður hljóðstig í suður- og austurhlíð Leirhnjúks 55-59 dB(A) og 60-64 dB(A) nokkru sunnar (**mynd 9.39**). Gönguleiðir að Leirhnjúki og nágrenni liggja vestan við borsvæði E og norðan við borsvæði D (sjá **mynd 7.3**). Hljóðstig á gönguleiðinni sem er næst borsvæði D verður yfir 70 dB(A).
- Út frá borsvæðum á Sandabotnafjalli mun hávaði berast yfir hrygginn á milli borsvæðanna og Hrafninnuhryggjar. Hljóðstig í vesturhlíð Hrafninnuhryggjar verður 60-65 dB(A) þegar borholur á borsvæði H verða prófaðar (**mynd 9.40**) sem er yfir viðmiðunarmörkunum.

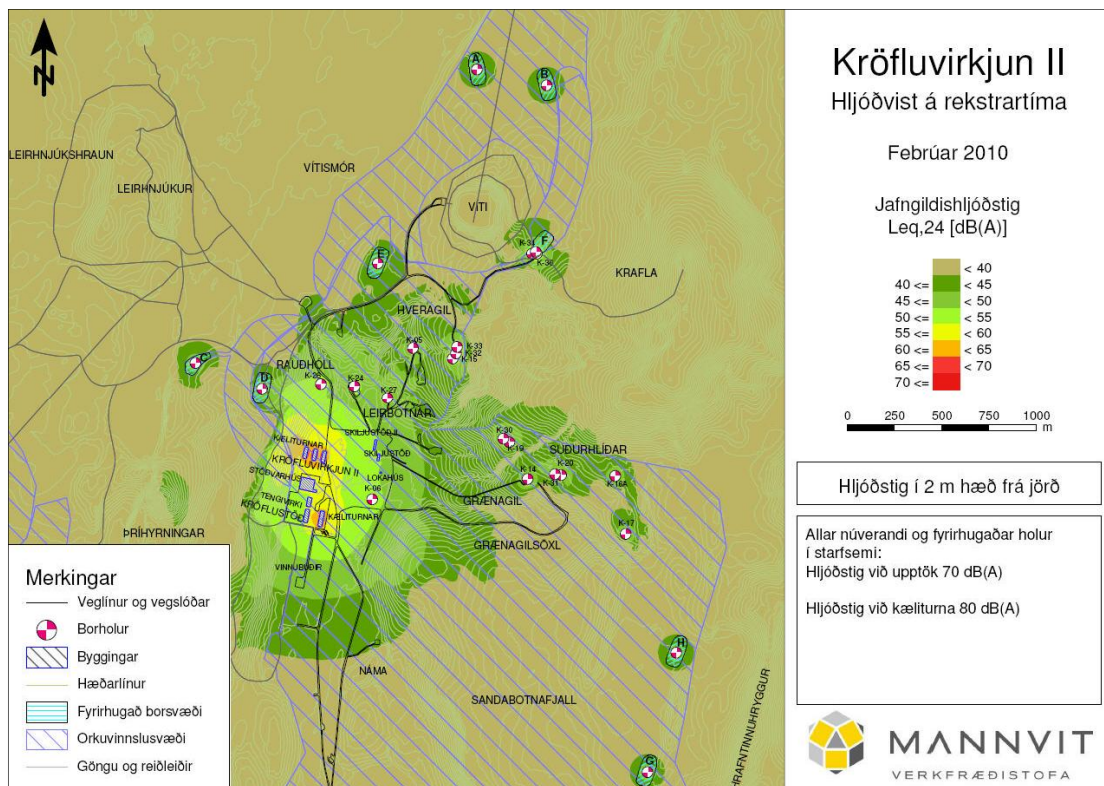
Talið er að hávaði við framkvæmdir muni hafa talsvert truflandi tímabundin áhrif á ferðamenn. Einnig mun aukin umferð þungaflutningabíla með byggingarefni og jarðefni úr námum hafa nokkuð neikvæð tímabundin áhrif á upplifun þessara ferðamanna. Um sjónræn áhrif á ferðamenn er fjallað í kafla 9.7.

Áhrif á rekstrartíma: Á rekstrartíma er búist við að hljóðstig á Kröflusvæðinu verði nokkuð stöðugt. Helstu hljóðuppsprettur frá fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II verða stöðugur niður frá gufuháfum við stöðvarhús, kæliturnum, vélasal og borholum í rekstri. Búist er við að umferð á rekstrartíma Kröfluvirkjunar II verði lítið meiri en nú er á svæðinu. Því er talið að áhrif aukinnar umferðar á rekstrartíma Kröfluvirkjunar II verði óveruleg.

Í tengslum við mat á umhverfisáhrifum Kröfluvirkjunar II var reiknað núverandi hljóðstig frá kæliturnum við Kröflustöð og núverandi borholum í rekstri (sjá **mynd 9.41**) og borið saman við hljóðstig frá kæliturnum við stöðvarhús fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II og fyrirhuguðum borholum í rekstri (**mynd 9.42**).

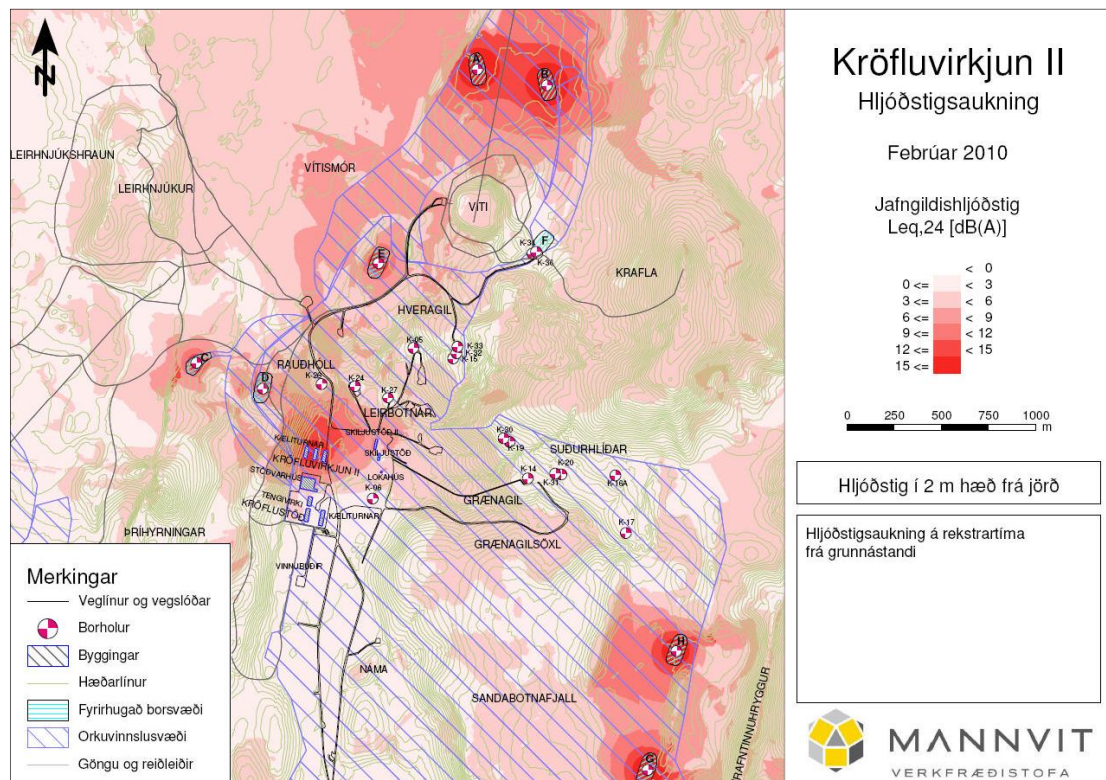


Mynd 9.41 Reiknað núverandi hljóðstig frá gufuháfum við Kröflustöð og borholum í rekstri. Næst Kröflustöð (frá kæliturnum) er hljóðstig 80 dB(A) og næst borholum í rekstri 70 dB(A) (viðauki 9).



Mynd 9.42 Reiknað hljóðstig frá kæliturnum við fyrirhugaða Kröfluvirkjun II og borholum í rekstri. Næst núverandi og fyrirhugaðri Kröflustöð er hljóðstig 80 dB(A) og næst núverandi og fyrirhuguðum borholum í rekstri 70 dB(A). Á myndinni er einnig sýnt reiknað hljóðstig frá kæliturnum við Kröflustöð og núverandi borholum (viðauki 9).

Á mynd 9.43 er sýnd reiknuð aukning á hljóðstigi á Kröflusvæðinu að loknum fyrirhuguðum framkvæmdum frá því sem nú er, það er þegar Kröfluvirkjun II og fyrirhugaðar borholur eru í rekstri. Eins og gefur að skilja er mesti munur á hljóðstigi á „nýjum“ svæðum, það er þar sem ekkert er fyrir í dag. Mesta aukningin á hljóðstigi verður við borsvæðin norðan Víti (borsvæði A og B), á Sandabotnafjalli (borsvæði G og H) og við kæliturna Kröfluvirkjunar II. Á þessum svæðum verður hækkun hljóðstigs á bilinu 6-14 dB(A). Hækkun á hljóðstigi á öðrum nýjum svæðum verður svipuð í hljóðstigum talið en á mun minna svæði. Annars staðar á Kröflusvæðinu, þar á meðal við Leirhnjúk og í grennd við Víti, breytist hljóðstig lítið, hækkar eingöngu um 2-4 dB(A).



Mynd 9.43 Mismunur á núverandi hljóðstigi mannvirkja í rekstri og hljóðstigi eftir að fyrirhuguðum framkvæmdum líkur (reiknað hljóðstig) (viðauki 9).

Af framangreindu leiðir að áhrif hávaða á rekstrartíma á ferðamenn eru talin verða óveruleg á svæðum þar sem starfsemi/borholur eru nú til staðar. Við mat áhrifum af völdum hávaða á nýjum svæðum er haft í huga að þau eru fáfarnari en önnur svæði á Kröflusvæðinu. Áhrif hávaða frá borsvæðum A og B á ferðamenn sem leggja leið sína upp á Víti eða um göngustíga við Víti eru talin verða lítil.

Hvað varðar borsvæði á Sandabotnafjalli má ætla að ferðamenn sem leggja leið sína á Hrafninnuhrygg geti orðið fyrir nokkuð neikvæðum áhrifum vegna hávaða frá borholum í rekstri á fjallinu. Mismunur á hljóðstigi í vesturhlíð Hrafninnuhryggjar og ofan á honum fyrir og eftir framkvæmdir verður 6-8 dB(A).

Mótvægisáðgerðir

Leitast verður við að láta borholur sem næstar eru vinsælum ferðamannastöðum (borsvæði B, A, C og D) blása utan megin ferðamannatímans. Framkvæmdaraðili leggur

mikla áherslu á að farið verði um svæðið með fyllstu aðgát til að lágmarka allt jarð-rask eins og Landsvirkjun gerir kröfur um til verktaka og þjónustuaðila.

Niðurstaða

Áhrif eru talin nokkuð jákvæð vegna fjölda atvinnutækifæra sem skapast á framkvæmdatíma. Á rekstrartíma getur aukin raforkuframleiðsla á Kröflusvæðinu haft óbein, veruleg jákvæð áhrif á atvinnulíf á svæðinu ef orkan verður nýtt til atvinnuuppbyggingar þar.

Á framkvæmdatíma er talið að áhrif aukinnar umferðar, ónæðis og hávaða frá borholum í blæstri muni hafa verulega neikvæð, tímabundin áhrif á ferðamenn.

Á rekstrartíma Kröfluvirkjunar II eru áhrif af auknum umsvifum, svo sem aukinni umferð, á ferðamenn talin verða óveruleg. Áhrif hávaða frá borholum í rekstri á nýjum svæðum (þar sem engin starfsemi er nú) eru talin verða óveruleg til nokkuð neikvæð á ferðamenn.

9.9 FORNLEIFAR

9.9.1 GRUNNÁSTAND

Sumarið 2007 voru fornleifar skráðar á Kröflusvæðinu í tengslum við áform um aukna orkuvinnslu þar sem og á fleiri framkvæmdasvæðum í Þingeyjarsýslum á vegum Fornleifastofnunar Íslands (**viðauki 10**). Áður höfðu fornleifar verið skráðar í Skútustaðahreppi á árunum 1995-1999 (Orri Vésteinsson, 1999, 2000). Í skráningunum fundust engar fornleifar á núverandi vinnlusvæði Kröfluvirkjunar. Þeir minjastaðir sem fundust í grennd við Kröflu eru Kröflunámur (númer SP 208-128 í fornleifaskrá), sem er heimild um brennisteinsnámur suðvestan við Kröflu og undir austurhlíð Leirhnjúks, og Skarðssel töluvert sunnar (númer SP 208-083 í fornleifaskrá) (sjá staðsetningu á **mynd 7.3**). Skarðssel eru seltóftir á austurbakka Dal-lækjar, um 150 m austan við núverandi veg að Kröflustöð.

9.9.2 UMHVERFISÁHRIF

Viðmið umhverfispátta

- Þjóðminjalög nr. 107/2001.

Umfang, einkenni og vægi áhrifa

Fyrirhugað niðurrenslissvæði fyrir skiljuvatn frá Kröfluvirkjun II verður staðsett suður af Skarðsseli (númer SP 208-083) og verður niðurrenslislögn að svæðinu grafin niður í austurjaðri núverandi vegar að Kröflustöð. Lagnarstæðið verður í um 75 m fjarlægð frá Skarðsseli (sjá á **mynd 7.3**). Vegna fjarlægðar verður Skarðssel ekki fyrir raski þegar lögnin verður grafin niður auk þess sem selið er austan Dal-lækjar.

Önnur minjaverndarsvæði, fyrrum Kröflunámur (númer SP 208-128) suðvestan við Kröflu eru nokkru norðan við fyrirhugaða lagnaleið frá borsvæði H á Sandabotna-fjalli. Litlar líkur eru á því að námurnar raskist við framkvæmdir við borsvæðið. Nú þegar hafa farið fram framkvæmdir í grennd við Kröflunámur og eru þar borsvæði og

slóðir. Við allar framkvæmdir hefur þess verið vandlega gætt að hrófla ekki við námunum.

Mótvægisáðgerðir

Ekki er þörf á mótvægisáðgerðum vegna fornleifa þar sem talið er unnt að fara í fyrirhugaðar framkvæmdir án þess að raska þeim.

Niðurstaða

Talið er að fyrirhugaðar framkvæmdir muni hafa óveruleg áhrif á fornleifar.

10 HEILDARÁHRIF

Jarðhitakerfi og orkuforði:

Við áframhaldandi vinnslu jarðhita á Kröflusvæðinu verður miðað að því að halda áfram sjálfbærri nýtingu. Ef vel tekst til í þeim efnum má búast við að frekari raforkuvinnsla á svæðinu muni hafa óveruleg áhrif á jarðhitakerfið. Þetta mat er þó háð óvissu.

Landslag:

Áhrif á landslag verða mest fyrir norðan og austan núverandi virkjun. Landslagsheildir á því svæði verða fyrir talsvert neikvæðum áhrifum þar sem lítið eða ekkert er af mannvirkjum fyrir eða önnur ummerki framkvæmda. Líklega verða áhrif á landslag hvað mest norðan við Víti sem tilheyrir landslagsheildinni Kröflu. Það skal þó nefnt að þar eru fyrir mannvirki tengd borholum og ferðamönnum.

Af þeim landslagsheildum sem greindar voru í grennd við Kröflu fékk Leirhnjúkur hæsta gildið. Sú landslagsheild verður aðeins fyrir óverulegum áhrifum þar sem fyrirhugaðar framkvæmdir ná ekki inn á heildina.

Jarðmyndanir:

Á framkvæmdatíma er á nokkrum stöðum óhjákvæmilegt að eldhraun raskist. Yfirborð þessara hrauna er tiltölulega slétt og þarf því lítið að slétta/skafa þau. Áhrif á þessi hraun eru því metin nokkuð neikvæð. Að öðru leyti verða áhrif á jarðmyndanir óveruleg.

Á rekstrartíma fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II verða áhrif á jarðmyndanir óveruleg.

Líklegt er talið að frekari jarðhitanýting hafi óveruleg áhrif á yfirborðsvirkni jarðhita ef mótvægisáðgerðir til að takmarka þrýstingslækkun í jarðhitageyminum heppnast vel. Þetta mat er þó háð töluverðri óvissu.

Vatn:

Borvökvi frá borun og affallsvatn frá blástursprófum borholna mun hafa óveruleg áhrif á vatnsverndarsvæði, vatnsból og á vatnafar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

Efnistaka í Sandabotnaskarði hefur óveruleg áhrif á yfirborðsvatn, vatnsverndarsvæði, vatnsból og á vatnafar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

Fyrirhugaðar breytingar á förgun skiljuvatns munu hafa nokkuð jákvæð áhrif á norðurhluta Dallækjar.

Grunnförgun skiljuvatns frá núverandi Kröflustöð og fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II er talin hafa óveruleg áhrif á yfirborðsvatn, vatnsverndarsvæði, vatnsból og á vatnafar á vatnasviði Mývatns og Laxár.

Lífríki - gróður:

Á framkvæmdatíma verða staðbundin nokkuð neikvæð áhrif á mýri austan Vítis við stækkun borsvæðis F. Slík gróðurlendi eru mjög sjaldgæf á Kröflusvæðinu. Áhrif á sjaldgæf gróðursamfélög eða tegundir plantna á valista eru talin verða óveruleg.

Á rekstrartíma er talið að áhrif H₂S frá jarðhitavinnslu á Kröflusvæðinu á viðkvæman gróður séu óveruleg. Þó ríkir óvissa um áhrifin þar sem þolmörk gróðurs gagnvart H₂S eru ekki þekkt.

Lífríki - fuglar:

Áhrif Kröfluvirkjunar II eru talin verða óveruleg á varplendi og afkomu fugla.

Lífríki – smádýr:

Á framkvæmdatíma eru talin verða staðbundin, talsvert neikvæð áhrif á jarðvegsdýr þar sem jarðrask verður og mól sett yfir við gerð borsvæða og slóða. Óveruleg áhrif eru talin verða á sjaldgæfar tegundir smádýra.

Á rekstrartíma Kröfluvirkjunar II eru áhrif á smádýr talin verða óveruleg.

Lífríki - Hveralífverur:

Óvissa ríkir um áhrif fyrirhugaðrar jarðhitavinnslu á örverur á hverasvæðum á Kröflusvæðinu en búast má við að þau verði ekki meiri en geta orðið vegna náttúrulegra og/eða árstíðabundinna sveiflna. Áhrif eru því talin verða óveruleg.

Loft:

Áhrif vegna aukins útstreymis jarðhitalofttegunda, einkum koldíoxíðs (CO₂) og brennisteinsvetnis (H₂S) verða óveruleg.

Ásýnd:

Borsvæði, lagnir og aðkomuvegur að borsvæðum uppi á Sandabotnafjalli koma til með að hafa óveruleg áhrif á ásýnd frá helstu útsýnisstöðum ferðamanna.

Borsvæði, lagnir og aðkomuvegur borsvæða norðan Vítis koma til með að sjást frá norðurbrún Vítis. Lögnin kemur einnig til með að sjást af útsýnispalli á vesturbrún gígsins. Áhrif hér eru nokkuð neikvæð en afturkræf í öllum tilvikum nema fyrir ferðamenn á leið að Víti. Fyrir þá eru áhrifin verulega neikvæð en afturkræf ef lögnin fylgir veginum alla leið.

Frá Leirhnjúki koma mannvirki til með að sjást tiltölulega lítið. Það verður helst að gufa sjáist tímabundið frá blásandi borholum. Áhrif er metin óveruleg.

Frá útsýnispalli norðan Kröflustöðvar eru áhrif á ásýnd óveruleg vegna þeirra mannvirkja sem fyrir eru á svæðinu.

Samfélag:

Áhrif eru talin nokkuð jákvæð vegna fjölda atvinnutækifæra sem skapast á framkvæmdatíma. Á rekstrartíma getur aukin raforkuframleiðsla á Kröflusvæðinu haft óbein, veruleg jákvæð áhrif á atvinnulíf á svæðinu ef orkan verður nýtt til atvinnuuppbyggingar þar.

Á framkvæmdatíma er talið að áhrif aukinnar umferðar, ónæðis og hávaða frá borholum í blæstri muni hafa verulega neikvæð, tímabundin áhrif á ferðamenn.

Á rekstrartíma Kröfluvirkjunar II eru áhrif af auknum umsvifum, svo sem aukinni umferð, á ferðamenn talin verða óveruleg. Áhrif hávaða frá borholum í rekstri á „nýjum“ svæðum (þar sem engin starfsemi er nú) eru talin verða óveruleg til nokkuð neikvæð á ferðamenn.

Fornleifar:

Talið er að fyrirhugaðar framkvæmdir muni hafa óveruleg áhrif á fornleifar.

Í **töflu 10.1** er samantekt á helstu umhverfisáhrifum fyrirhugaðra framkvæmda á einstaka umhverfisþætti að teknu tilliti til viðmiða, umfangs og einkenna áhrifa.

Tafla 10.1 Samantekt á helstu umhverfisáhrifum fyrirhugaðra framkvæmda á einstaka umhverfisþætti að teknu tilliti til viðmiða og einkenna áhrifa.

Umhverfis- þættir	Jarðhitakerfi og orkuforði	Landslag	Jarð- myndanir	Vatn	Lífriki (kafla 9.5)				Loft	Ásýnd	Samfélag	Fornleifar
					Kafla 9.1	Kafla 9.2	Kafla 9.3	Kafla 9.4				
Verulega jákvæð												
Talsvert jákvæð											X ¹³	
Nokkuð jákvæð											X ¹²	
Óveruleg	X	X ²	X ⁴	X	X ⁶	X	X ⁸	X	X	X ¹¹	X ¹⁶	X
Nokkuð neikvæð			X ³		X ⁵					X ¹⁰		
Talsvert neikvæð		X ¹					X ⁷			X ⁷	X ¹⁵	
Verulega neikvæð											X ¹⁴	

¹ Áhrif á landslagsheildir austan og norðan núverandi virkjunar, það er landslagsheildirnar Sandabotnafjall, Sandabotmaskarð og Krafla.

² Óveruleg áhrif á aðrar landslagsheildir, það er Leirhnjúkur, Þríhyrningar og Leirbotnar.

³ Áhrif á eldhraun.

⁴ Óveruleg áhrif á aðrar jarðmyndanir og á yfirborðsvirkni jarðhita.

⁵ Áhrif á mýri, austan Vítis.

⁶ Óveruleg áhrif á gróðursamfélög eða tegundir á válista sem og á viðkvæman gróður á rekstrartíma.

⁷ Staðbundin áhrif á jarðvegisdýr þar sem jarðrask verður.

⁸ Óveruleg áhrif á sjaldgæfar tegundir smádýra sem og á smádýr á rekstrartíma.

⁹ Áhrif vegna borsvæða, lagna og aðkomuvegar norðan Vítis.

¹⁰ Áhrif á ferðamenn á leið að Víti ef lögnin fylgir veginum alla leið.

¹¹ Óveruleg áhrif frá helstu útsýnisstöðum ferðamanna, til að mynda frá Leirhnjúki.

¹² Áhrif vegna fjölda atvinnutækifæra á framkvæmdatíma.

¹³ Áhrif á rekstrartíma ef raforkuframleiðslan verður nýtt til atvinnuuppbyggingar á svæðinu.

¹⁴ Áhrif á ferðamenn vegna aukinnar umferðar, ónæðis og hávaða frá borholum í blæstri á framkvæmdatíma.

¹⁵ Áhrif vegna borana og blástursprófana á framkvæmtaíma.

¹⁶ Óveruleg áhrif af auknum umsvifum á rekstrartíma. Áhrif vegna hljóðs frá borholum á „nýjum“ svæðum eru talin verða óveruleg til nokkuð neikvæð.

11 EFTIRLIT

Landsvirkjun leggur áherslu á að þekkja umhverfisáhrif starfsemi sinnar og leitast við að draga úr þeim. Til þess að ná stöðugt betri árangri á þessu sviði eru þýðingarmiklir umhverfisþættir vaktadír og markvisst unnið að úrbótum. Umfangsmikið eftirlit hefur farið fram í tengslum við jarðhitanytingu á Kröflusvæðinu og verður því haldið áfram með fyrirhugaðri Kröfluvirkjun II.

Í umhverfisstefnu Landsvirkjunar eru skilgreindir þýðingarmiklir umhverfisþættir í starfsemi fyrirtækisins. Upplýsingar um hvern þátt er að finna á heimasíðu fyrirtækisins⁴. Hér á eftir er fjallað um mismunandi þætti í tengslum við áhrif fyrirhugaðrar Kröfluvirkjunar II. Ef eftirlit leiðir í ljós neikvæð áhrif á þá þætti sem skoðaðir eru verður fyrirkomulag viðeigandi rekstrarþáttar endurskoðað í samráði við leyfisveitendur.

Jarðhitasvæðið – Nýting jarðhitaforðans

- Gerðar verða mánaðarlegar mælingar á holutoppsprýstingi og vatnsborði borholna sem og á afli borholna sem blása í hljóðdeyfi.
- Reglulega verður fylgst með afköstum vinnsluhola.
- Fylgst verður áfram reglulega með þrýstingi og hita í jarðhitakerfinu með því að mæla þrýsting og hita niðri í völdum vinnslu- og eftirlitsholum.
- Fylgst verður áfram reglulega með hugsanlegum breytingum á virkni yfirborðsjarðhita með því að kortleggja nýjar jarðhitastöðvar sem og útkulnaðar hitaskellur innan háhitasvæðisins. Tekin verður áfram innrauð mynd úr flugvél á fimm ára fresti til samanburðar við mælingar á jörðu niðri.
- Jarðhitalíkan vinnslusvæða verður endurskoðað á 5 ára fresti, eins og nú er gert ráð fyrir, eða oftár ef þörf krefur og niðurstöður sendar Orkustofnun. Síðan verður gerð vinnsluspá og áhrif hennar á jarðhitakerfið metin til næstu ára.
- Fylgst verður áfram reglulega með hugsanlegum áhrifum djúpförgunar affallsvatns niður í jarðhitageyminn.
- Fylgst verður áfram með skjálftum í jarðhitageyminum á jarðskjálftamælum sem komið hefur verið fyrir í grunnum borholum. Auk þess er svæðið vaktað sérstaklega í landskerfinu (SIL) fyrir Landsvirkjun sem Veðurstofa Íslands rekur.

Frárennsli – Þétti- og skiljuvatn

- Fram munu fara reglulegar mælingar á magni og efnastyrk borholuvökva, skilju-, þétti- og affallsvatns frá Kröfluvirkjun II.

Breyting á landi við vinnslu – Röskun lands

- Fylgst verður áfram með landbreytingum með nákvæmum landmælingum til að fylgjast með hugsanlegu landrasi eða landsigi, ásamt þyngdarbreytingum. Tíðni verður svipuð og undanfarin ár en hún byggir á þeim breytingum sem orðið hafa.

⁴ <http://www.landsvirkjun.is/umhverfismal/umhverfisstjornun/thydingarmiklir-umhverfistaettir/>

Loftgæði – Gas frá jarðhitavirkjunum

- Áfram verða reglulega tekin sýni úr gufuaugum, borholum og í framleiðslurás til að fylgjast með efnasamsetningu gass og hlutfalli gufu. Til viðmiðunar verða áfram mældar helstu gastegundir og samsætuhlutföll gufu í náttúrulegu útstreymi frá jarðhitasvæðinu.
- Áfram verða reglulegar mælingar á styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti umhverfis Kröfluvirkjanir og inni í stöðvarhúsum.
- Settur verður upp síritandi mælir í Reykjahlíð til að mæla styrk brennisteinsvetnis (H₂S) í lofti.

Hávaði

- Fylgst verður með hávaða frá vélum, tækum og öðrum hávaðauppsprettum á framkvæmdasvæðinu.

Yfirborðsvatn og grunnvatn – Nýting grunnvatns

- Fylgst verður áfram með vatnsborði tjarna vestan undir Búrfellshrauni og grunnvatnshæð í borholum í Búrfellshrauni tvisvar á ári.
- Áfram munu fara fram reglulegar efnamælingar í sýnum af yfirborðsvatni, úr Dallæk, nokkrum borholum í Búrfellshrauni, niðurfalli frá Bjarnarflagslóni, Grjótagjá og lindum í Langavogi og Vogaflóa við Mývatn.
- Grunnvatnslíkan af Kröflusvæðinu verður endurskoðað með nýjum gögnum eftir því sem þörf er á.

12 HEIMILDIR

- Anette K. Mortensen, Ásgrímur Guðmundsson, Guðni Axelsson, Halldór Ármannsson, Héðinn Björnsson, Kristján Ágústsson, Kristján Sæmundsson, Magnús Ólafsson, Ragna Karlsdóttir, Sæunn Halldórsdóttir, Trausti Hauksson, Þráinn Friðriksson, 2008. *Jarðhitakerfið í Kröflu. Samantekt rannsókna á jarðhitakerfinu í Kröflu og endurskoðað hugmyndalíkan. ÍSOR-2009/057. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/111.*
- Axel Björnsson, 2008. *Jarðhiti á Þeistareykjum, möguleg áhrif virkjunar á jarðhitasvæðið. Háskólinn á Akureyri, raunvísindaskor.*
- Axel Björnsson, Kristján Sæmundsson, Freysteinn Sigmundsson, Páll Halldórsson, Jónas Ragnar Sigbjörnsson og Jónas Þór Snæbjörnsson, 2007. *Geothermal Projects in Iceland at Krafla, Bjarnarflag, Gjástykki and Theistareykir. Assessment of geohazards affecting energy production and transmission systems emphasizing structural design criteria and mitigation of risk. Unnið fyrir Þeistareyki ehf., Landsnet hf. og Landsvirkjun.*
- Árni Hjartarson, 2003. *Postglacial Lava Production in Iceland. Í: The Skagafjörður Unconformity, North Iceland, and its Geological History. PhD-thesis, University of Copenhagen. 140 bls. og kort.*
- Ásgrímur Guðmundsson, 1999. *Athugun á mögulegum áhrifum virkjunar í Bjarnarflagi á yfirborðshita í Hverarönd. Orkustofnun, greinargerð ÁsG-99/03.*
- Ásrún Elmarsdóttir, María Ingimarsdóttir, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson og Sigurður H. Magnússon, 2003. *Gróður og smádýr á sex háhitasvæðum. Náttúrufræðistofnun Íslands og Líffræðistofnun Háskólans, NÍ-03015. Unnið fyrir Orkustofnun, Orkuveitu Reykjavíkur og Landsvirkjun.*
- Freysteinn Sigurðsson, 1997. *Vatnsvernd í Mývatnssveit – Samantekt vegna aðalskipulags. Orkustofnun, FS-97/03.*
- Freyr Þórarinnsson og Bára Björgvinsdóttir, 1980. *Krafla - Námafjall. Grunnvatnshæð. Orkustofnun, greinargerð FÞ-BB-80/01.*
- Freysteinn Sigurðsson, 1997. *Vatnsvernd í Mývatnssveit. Samantekt vegna aðalskipulags. Orkustofnun, greinargerð FS-97/03.*
- Gestur Gíslason, 1999. *Ósnortin hverasvæði. Orkan - innanhússfréttir Orkuveitu Reykjavíkur, nr. 24.*
- Grímur Björnsson og Ómar Sigurðsson, 1999. *Þrívítt reiknilíkan af Kröflusvæðinu. Staða og horfur í janúar 1999. Orkustofnun, greinargerð GrB/Ómar-99/02.*
- Grímur Björnsson, Guðmundur S. Böðvarsson, Helga Tulinius, Ómar Sigurðsson og Sigvaldi Thordarson, 1997. *Áhrif nýborana á suðurhlíðar Kröflu. Áfangaskýrsla um þrívítt reiknilíkan. Orkustofnun. Unnið fyrir Landsvirkjun.*
- Guðmundur Pálmason, 2005. *Jarðhitabók – eðli og nýting auðlindar. Hið íslenska bókmenntafélag, Reykjavík, 298 bls.*
- Guðmundur Pálmason, Gunnar V. Johnsen, Helgi Torfason, Kristján Sæmundsson, Karl Ragnar, Guðmundur Ingi Haraldsson og Gísli Karel Jónsson, 1985. *Mat á jarðvarma Íslands. Orkustofnun, OS-85076/JHD-10.*

- Guðni Axelsson, 2009. *Hugleiðingar um líklega afkastagetu jarðhitakerfisins á Þeistareykjum og sjálfbæra nýtingu þess.* Greinargerð, ÍSOR-09001. Unnið fyrir Þeistareykki ehf.
- Guðni Axelsson, Sveinbjörn Björnsson og Valgarður Stefánsson, 2006. *Hvernig á að meta sjálfbæra vinnslugetu jarðhitasvæða?* Erindi og kynningar á Orkuþingi 12.–13. október 2006. Samorka.
- Guðni Axelsson, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Pálmason, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz, Sveinbjörn Björnsson og Valgarður Stefánsson, 2001. *Um sjálfbæra vinnslu jarðhita.* Erindi og veggspjöld á Orkuþingi 11.–13. október 2001. Orkustofnun.
- Halldór Ármannsson, 2002. *Nokkur atriði varðandi mat á umhverfisáhrifum vegna tilraunaborana á vestursvæði Kröflu.* Orkustofnun, greinargerð HÁ- 2002/01. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson og Mozghan Bagheri, 2008. *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð.* Vöktun og niðurstöður 2007. LV-2008/064.
- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson, 2002. *Efnarannsóknir á vatni úr holum, lindum og gjám í Búrfellshrauni og nágrenni. Undirstöður vöktunar vegna affalls frá jarðhitavirkjunum, Kröflu og Námafjalli.* Orkustofnun, OS-2002/076. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson, 1998. *Krafla-Námafjall. Áhrif eldvirkni á grunnvatn.* Orkustofnun, OS-98066.
- Halldór Walter Stefánsson, 2000. *Athuganir á fuglum á áhrifasvæði Kröfluvirkjunar.* Náttúrustofa Austurlands fyrir Landsvirkjun.
- Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson, 2000. *Gróðurfar við Kröflu.* Rannsóknastofnun landbúnaðarins fyrir Landsvirkjun.
- Helgi G. Þórðarson, Axel Björnsson og Þorvaldur Vestmann 1985. *Hraunflóðavarnir við Kröflu og Bjarnarflag. Álit nefndar á vegum iðnaðarráðuneytis.*
- Hrefna Kristmannsdóttir, Magnús Sigurgeirsson, Halldór Ármannsson, Hreinn Hjartarson, Magnús Ólafsson, 1999. *Sulfur gas emissions from geothermal power plants in Iceland.* Geothermics, 29 (2000), 525-538.
- Inga Dagmar Karlsdóttir og Guðmundur Guðjónsson, 2002. *Gróðurfar við Kröflu.* Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-02005. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson, 2009. *Jarðminjar á háhitasvæðum Íslands – Jarðfræði, landmótun og yfirborðsummerki jarðhita.* Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-09012. Unnið fyrir Orkustofnun.
- Kristján Sæmundsson, 2008. *Krafla Jarðfræðikort, 1:25000.* Landsvirkjun og ÍSOR.
- Kristján Sæmundsson, 1991. *Jarðfræði Kröflukerfisins.* Bls. 24-95 í: Arnþór Garðarsson og Árni Einarsson (ritstj.), Náttúra Mývatns. Hið íslenska náttúrufræðifélag, Reykjavík.
- Landslag ehf. og Mannvit hf., 2009. *Breyting á Aðalskipulagi Skútustaðahrepps 1996-2015 vegna Kröfluvirkjunar II og orkuflutningslína. Uppdráttur, greinargerð og umhverfisskýrsla. Tillaga.* Unnið fyrir Skútustaðahrepp.

- Landsvirkjun, 2009a. *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2008*. LV-2008-064.
- Landsvirkjun, 2009b. *Kolefnisspor Landsvirkjunar – Loftslagsbókhald 2008*. LV-2009/065.
- Orri Vésteinsson, 2000. *Fornleifar á vinnslusvæði Kröfluvirkjunar*. Fornleifastofnun Íslands. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Orri Vésteinsson, 1999. *Fornleifakönnun -jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi*. Fornleifastofnun Íslands. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Ómar Sigurðsson, 2001. *Áhrif niðurdælingar í holu KG-26 - Spá reiknilíkans um breytingar*. Orkustofnun, greinargerð Ómar-2001/05.
- Ómar Bjarki Smáráson, 2009. *Kröfluvirkjun II og Bjarnarflag - Námukönnun 2008. Hugsanlegar námur fyrir vegi og borplön*. Greinargerð ÓBS/08-09. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Einarsson, P., 1978. *S-wave shadows in the Krafla caldera NE-Iceland, evidence for a magma chamber in the crust*. Bull. Volcanol. 41. 1-9.
- Samvinnunefnd um svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum, 2007. *Svæðisskipulag háhitasvæða í Þingeyjarsýslum 2007-2025*. Unnið af Teiknistofu arkitekta, Gylfi Guðjónsson og félagar ehf., Náttúrustofu Norðausturlands og VGK-Hönnun hf. Sótt af www.teikna.is, 1. febrúar 2008.
- Sólveig K. Pétursdóttir, Snædís Björnsdóttir, Sólveig Ólafsdóttir og Guðmundur Óli Hreggviðsson, 2007. *Lífríki í hverum við Kröflu og Námafjall*. Matís 02-08. Unnið fyrir Orkustofnun.
- Teiknistofa Gylfa Guðjónssonar og Sigurðar J. Jóhannssonar, 1997. *Skútustaðahreppur, Suður-Þingeyjarsýslu. Aðalskipulag 1996–2015*. Greinargerð. Unnið fyrir Skútustaðahrepp með þátttöku Náttúruverndar ríkisins og Skipulagsstofnunar.
- Trausti Baldursson, Ásrún Elmarsdóttir, Kristján Jónasson, Olga Kolbrún Vilmundardóttir og Sigmundur Einarsson, 2009. *Mat á verndargildi 18 háhitasvæða*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-09014. Unnið fyrir Orkustofnun.
- Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 2009. *Krafla og Bjarnarflag – Afköst borhola og efnainihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2008*. Landsvirkjun, LV-2009/083.
- Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 2008. *Krafla og Bjarnarflag – Afköst borhola og efnainihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2007*. Landsvirkjun, LV-2008/071.
- Valgarður Stefánsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Gestur Gíslason, 1977. *Holubréf nr. 7*. Orkustofnun 10 bls.
- Vatnaskil, 2008. *Norðausturland, lokaskýrsla um gerð grunnvatnslíkans í gosbeltinu norðan við Kröflu*. Unnið fyrir Landsvirkjun og Þeistareyki ehf.
- Vegagerðin, 2002. *Verndarflokkun Vegagerðarinnar í: Námur. Efnistaka og frágangur*. Embætti veiðimálastjóra, Hafrannsóknastofnunin, iðnaðarráðuneytið, Landgræðsla ríkisins, Landsvirkjun, Náttúruvernd ríkisins, Samband íslenskra sveitarfélaga, Siglingastofnun Íslands, umhverfisráðuneytið, Vegagerðin og Veiðimálastofnun.
- Verkfræðistofan Vatnaskil, 1999. *Mývatn -Grunnvatnslíkan af vatnasviði Mývatns*. Unnið fyrir Landsvirkjun.

VSÓ ráðgjöf, 2009. *Stækkun Reykjanesvirkjunar og frekari nýting jarðhitavökvu, matsskýrsla.* Unnið fyrir HS Orku hf.