



Áhugaverðar jarðminjar við Kröflu og Þeistareyki

**Sigríður María Aðalsteinsdóttir og
Lovísa Ásbjörnsdóttir**

Unnið fyrir Landsvirkjun



Áhugaverðar jarðminjar við Kröflu og Þeistareyki

Sigríður María Aðalsteinsdóttir og Lovísa Ásbjörnsdóttir

Unnið fyrir Landsvirkjun

NÍ-19006

Garðabær, desember 2019



NÁTTÚRUFRÆÐISTOFNUN ÍSLANDS

Mynd á kápu: Manngerður jarðhítaskúlpur við Námafjall. Ljós. Lovísa Ásbjarnardóttir, 30. ágúst 2018.

ISSN 1670-0120

	Urriðaholtsstræti 6-8 210 Garðabæ Sími 590 0500 http://www.ni.is ni@ni.is	Borgum við Norðurslóð 602 Akureyri Sími 590 0500 http://www.ni.is nia@ni.is
Skýrsla nr. NÍ-19006	Dags, Mán, Ár Desember 2019	Dreifing Opin
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Áhugaverðar jarðminjar við Kröflu og Þeistareyki		Upplag 12 Fjöldi síðna 48 Kort / Mælikvarði
Höfundar Sigríður María Aðalsteinsdóttir og Lovísa Ásbjörnsdóttir		Verknúmer 12046 Málsnúmer 2018040017
Unnið fyrir Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar		
Útdráttur Krafla og Þeistareykir eru virk eldstöðvarkerfi í norðurgosbelti landsins með margbreytilegar gosmyndanir og jarðhitasvæði sem hafa hátt vísinda- og fræðslugildi. Gerð var samantekt um áhugaverðar jarðminjar innan athugunarsvæða sem afmörkuð voru í hvoru eldstöðvakerfinu fyrir sig. Í skýrslunni er lýsing á samtals 14 jarðminjasvæðum með umfangsmikilum jarðfræðilegum heildum og 34 jarðminjavættum með smærri en vel afmörkuðum jarðminjum. Svæðin hafa margar sérstæðar og fágætar jarðminjar, bæði á lands- og heimsvísu, og má þar m.a. nefna ummerki um gliðnun jarðskorpunnar í rekbelti. Lýsing jarðminja byggir á rituðum heimildum um jarðfræðirannsóknir á svæðunum, jarðfræðikortum og vettvangsferð sem farin var í tengslum við verkefnið. Þrjár jarðgufuvirkjarnir, Bjarnarflagsvirkjun, Kröflustöð og Þeistareykjavirkjun, eru innan athugunarsvæða og þeim fylgir óneitanlega mikið rask á jarðminjum. Krafla er vinsæll ferðamannastaður og á Þeistreykjum má búast við að fjölgun ferðamanna á komandi árum með bættu aðgengi.		
Lykilorð Jarðminjar, jarðminjavernd, jarðhiti, virkjanir, umhverfisáhrif	Yfirfarið María Harðardóttir	

EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR	7
2 HUGTAKANOTKUN	7
3 GAGNAÖFLUN OG ÚRVINNSLA	8
4 NÁTTÚRUVERND OG NÝTING	10
4.1 Vernd náttúruauðlinda	10
4.2 Nýting náttúruauðlinda	12
5 ÁHUGAVERÐAR JARÐMINJAR	12
5.1 Krafla	13
5.1.1 Almenn um jarðfræði svæðisins	13
5.1.2 Eldvirkni frá nútíma – gosskeið eldsumbrota	16
5.1.3 Lýsing jarðminja	18
5.2 Þeistareykir	34
5.2.1 Almenn um jarðfræði svæðisins	34
5.2.2 Lýsing jarðminja	35
6 SAMANTEKT	45
7 HEIMILDIR	47

1 INNGANGUR

Í apríl 2018 óskaði Landsvirkjun eftir því að Náttúrufræðistofnun Íslands gerði úttekt á áhugaverðum jarðminjum í nálægð jarðvarmavirkjana við Bjarnarflag, Kröflu og Þeistareyki. Áður hafði stofnunin gert sambærilega úttekt á Þjórsár- og Tungnaáarsvæðinu (Lovísa Ásbjörnsdóttir 2016).

Jarðfræði á virkjanasvæðunum þremur er afar merkileg og fjölbreytt. Ber þar fyrst og fremst að nefna skýr ummerki landreks Mið-Atlantshafshryggjarins á þurru landi sem er fágætt hérlendis og einstakt á heimsvísu. Krafla og Þeistareykir eru virkar megineldstöðvar á norðurgosbeltinu þar sem eldsumbrot og brotahreyfingar hafa mótað landið. Helstu jarðminjar svæðanna eru myndaðar eftir ísöld, svo sem dyngjur, sprengigígar, gígaraðir, hraun, sprungur, misgengi og yfirborðsmyndanir háhitasvæða. Slíkt eldfjallalandslag er einkennandi fyrir íslenska jarðfræði og er allt í senn einstaklega fagurt, stórbrotið og áhugavert fyrir jarðvísindin.

Nýting náttúruauðlinda, svo sem virkjanir, námur, vegalagning og uppbygging innviða vegna ferðaþjónustu, valda óhjákvæmilega umhverfisáhrifum á áður lítt- eða öröskuðu landsvæði. Slík nýting er einnig ógn við jarðminjar þar sem hún felur í sér rask, t.d. vegna efnistöku eða breytinga á yfirborði lands. Ólíkt raski á lífríki er nær ómögulegt að endurheimta jarðminjar sem hafa orðið fyrir raski. Því er mikilvægt að þekkja vel jarðfræði svæðisins og koma í veg fyrir rask á merkum jarðminjum.

Samhliða aukningu erlendra ferðamanna til landsins hefur álag og ágangur á vinsælum ferðamannastöðum aukist, t.d. við Kröflu og Námafjall. Með það að leiðarljósi að vernda náttúruminjar svæðisins er mikilvægt að standa vel að öllum framkvæmdum, dreifa álagi ferðamanna með stýringu og auknu eftirlit.

Í skýrslunni er leitast við að lýsa áhugaverðum jarðminjum á virkjanasvæði Bjarnarflags, Kröflu og Þeistareykja. Jarðminjar á svæðinu voru skoðaðar í vettvangsferð og þær skráðar í gagnagrunn Náttúrufræðistofnunar Íslands sem er hluti af náttúruminjaskrá. Lýsing jarðminja byggir á rituðum heimildum um jarðfræðirannsóknir, jarðfræðikortum og vettvangsferðum. Markmiðið með jarðminjaskráningu er að fá skipulagt heildaryfirlit yfir jarðminjar á Íslandi og meta verndargildi þeirra.

2 HUGTAKANOTKUN

Í upphafi er mikilvægt að gera grein fyrir nokkrum hugtökum sem notuð eru í umfjöllun um áhugaverðar jarðminjar.

Jarðminjar (e. geoheritage) – einstakir þættir jarðbreytileikans (e. geodiversity), þ.e. jarðfræðileg fyrirbæri sem orðið hafa til við myndunar- og mótunarferli. Felur ekki í sér mat á mikilvægi eða verndargildi (Sigmundur Einarsson o.fl. 2012).

Jarðfræðileg heild – svæði sem nær utan um jarðminjar sem eiga það sameiginlegt að hafa myndast eða mótask við ákveðnar aðstæður eða atburði í jarðsögunni, t.d. eru gígur og hraun sem rann frá honum jarðfræðileg heild.

Óraskaðar jarðminjar – varðveita jarðsögu svæðisins, um myndun og mótun. Þær eru mikilvægur þáttur í landslagi og hafa áhrif á upplifun mannsins á náttúrunni.

Raskaðar jarðminjar – á framkvæmdasvæðum er rask jarðminja nær óhjákvæmilegt þar sem flest mannvirki byggja á nýtingu þeirra. Yfirleitt er ekki hægt að endurheimta jarðminjar eða bæta rask svo vel sé, því um er að ræða jarðfræðileg fyrirbæri sem orðið hafa til við myndunar- og mótunarferli sem tengjast jarðsögu svæðisins á hverjum stað. Aftur á móti getur rask, s.s. efnisnámur, aukið gildi jarðminja þar sem í námum og vegskeringum fæst jarðlaga snið sem gefur kost á að skoða innri gerð jarðminja.

3 GAGNAÖFLUN OG ÚRVINNSLA

Samkvæmt óskum Landsvirkjunar miðaðist gagnaöflun í upphafi verkefnis við þrjú svæði, þ.e. Bjarnarflag–Námafjall, Kröflu og Þeistareyki. Fljótlega var þó tekin sú ákvörðun að miða umfjöllun við eldstöðvakerfin Kröflu og Þeistareyki og að innan þeirra yrðu afmörkuð tvö athugunarsvæði (1. mynd). Svæðin Bjarnarflag–Námafjall og Krafla tilheyra bæði eldstöðvakerfi Kröflu, og með því að sameina umfjöllun um jarðminjar svæðanna þótti einfaldara að tengja og lýsa jarðmyndunum frá sama tíma innan eldstöðvakerfisins.

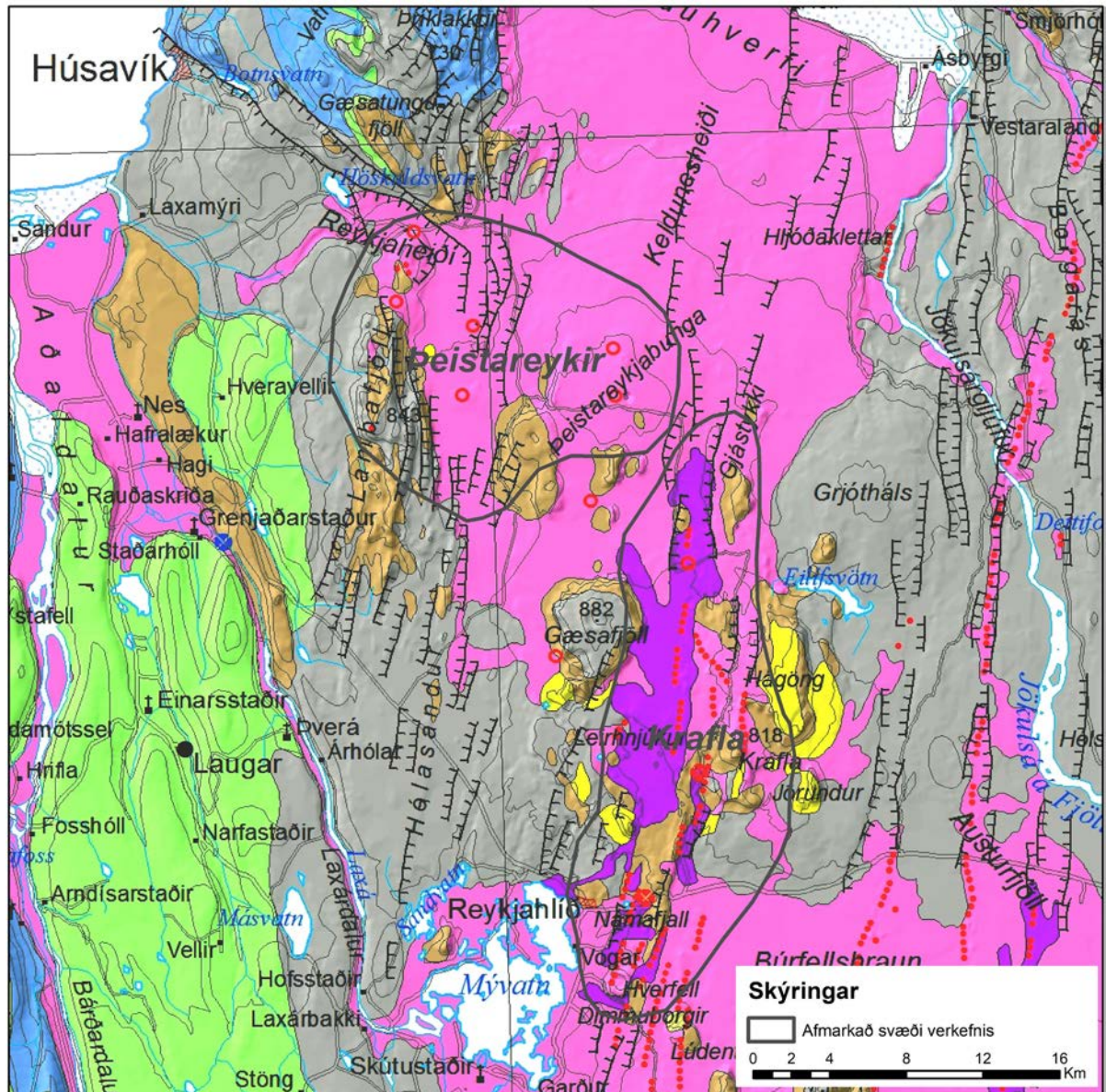
Á athugunarsvæðunum tveim eru þrjár jarðgufuvirkjanir og í tengslum við þær hafa verið gerðar margar ítarlegar jarðfræðirannsóknir og jarðfræðin kortlögð, auk þess sem gerðar hafa verið jarðeðlisfræðilegar mælingar og rannsóknir á háhitasvæðum til að kanna innri gerð, eðli og útbreiðslu jarðhitakerfisins. Jarðfræði virkjanasvæðanna er því vel þekkt og skrifaðar hafa verið margar fræðigreinar, skýrslur og greinargerðir sem nýttar voru í gagnaöflun og skráningu á jarðminjum.

Við Kröflu hafa farið fram nákvæmar vísindarannsóknir á eldstöðvakerfi og háhita svæðisins. Kröflueldar hófust árið 1975, á sama tíma og framkvæmdir við jarðgufuvirkjunina í Kröflu stóðu yfir, og því þótti enn frekari ástæða til að efla rannsóknir á eldstöðvakerfinu. Mikið hefur verið ritað um Kröflu og jarðfræði svæðisins er vel kortlögð. Á Þeistareykjum hefur háhitasvæðið einnig verið mikið rannsakað í tengslum við nýlegar virkjanaframkvæmdir. Ritaðar hafa verið greinar og skýrslur um jarðfræðirannsóknir á svæðinu og berggrunnur hefur verið kortlagður.

Til að kanna ástand og aðgengi að jarðminjum á athugunarsvæðinu var farið í vettvangsferð, því oft er ekki ljóst út frá rituðum heimildum eða loftmyndum hvort jarðminjar hafi orðið fyrir raski vegna framkvæmda. Ferðin var einnig mikilvæg fyrir skráningu jarðminja því í henni var horft til ýmissa annarra þátta, svo sem aðgengis, ástands jarðminja og álags vegna ferðamanna. Farið var á svæðið dagana 30. ágúst til 1. september 2018. Fyrir vettvangsferðina voru teknar saman helstu upplýsingar um jarðfræði svæðanna og eldstöðvakerfin Kröflu og Þeistareyki. Í ferðinni voru margar ljósmyndir teknar og GPS-punktar teknir á áhugaverðum stöðum.

Eftirfarandi staðir voru skoðaðir:

- Námafjall, Námaskarð og Hverarönd, Bjarnarflag, Jarðbaðshólar, og gosmyndanir við Svörtuborgir (30. ágúst)
- Krafla, Hrafninnuhryggur, Leirhnjúkur, Víti, ummerki sprengigíga og annarra gosmyndana. Borgarhraun, Stóravíti og Litlavíti við Þeistareyki (31. ágúst)
- Jarðhiti við Þeistareyki, Þeistareykjahraun, gígurinn Stórhver og niðurföll við hann, misgengi og Jónsnípuskarð (1. september)



1. mynd. Jarðfræðikort sem sýnir afmörkun og umfang athugunarsvæðanna tveggja sem eru innan eldstöðvakerfanna Kröflu og Þeistareykja (Haukur Jóhannesson 2014).

Við samantekt um jarðminjar þótti einnig nauðsynlegt að fjalla um jarðminjar við Gjástykki og Hvannstöð innan Kröflukerfisins og Mælifell og Lambafjöll innan Þeistareykjakerfisins, þó að þau svæði hafi ekki verið skoðuð í vettvangsferðinni. Þessar jarðminjar eru metnar með hátt vísinda- og fræðslugildi.

Í skýrslunni er athugunarsvæðunum tveim skipt í nokkur jarðminjasvæði sem ná utan um jarðfræðilegar heildir. Jarðminjasvæðin eru merkt með bókstöfum (A-N). Innan þeirra eru smærri svæði eða staðir þar sem finna má vel afmarkaðar og áhugaverðar jarðminjar, þ.e. jarðvætti (e. geosites), og eru þau merkt með tölustöfum (1–34). Þannig eru lýsingar á samtals átta jarðminjasvæðum á Kröflusvæðinu og innan þeirra eru 19 jarðvætti. Þeistareykjasvæðinu er skipt í sex jarðminjasvæði og innan þeirra eru 15 jarðvætti. Til að auðvelda framsetningu og greina á milli mismunandi jarðsögulegra myndana voru unnin kort með aðstoð loftmynda og áður útgefin jarðfræðikort. Úrvinnsla fór fram með hléum veturinn 2018–2019.

4 NÁTTÚRUVERND OG NÝTING

4.1 Vernd náttúruauðlinda

Markmið jarðminjaverndar (e. geoconservation) hér á landi er að varðveita jarðbreytileika í íslenskri náttúru, ásamt því að varðveita heildarmynd af jarðsögu landsins. Einnig er mikilvægt að vernda jarðfræðilegar heildir og landslag þar sem greina má jarðmyndun eða landmótun á stórum svæðum. Við Kröflu og Þeistareyki eru margar mikilvægar jarðminjar, svo sem ummerki megineldstöðva, brotahreyfinga og gliðnun jarðskorpunnar, margbreytileg jarðhitasvæði og svæði með virkum ferlum landmótunar á nútíma.

Innan athugunarsvæðanna eru tvö friðlýst svæði vegna jarðminja, Dimmuborgir og Hverfjall (Hverfell). Til viðbótar eru allnokkrar jarðminjar eða jarðminjasvæði sem talið er mikilvægt að vernda, þ.e. svæði sem eru á náttúruminjasrá sem aðrar náttúruminjar eða svæði í framkvæmdaáætlun náttúruminjasrár (B-hluta) sem inniheldur svæði sem Náttúrufræðistofnun Íslands lagði til árið 2018 að yrðu vernduð (Náttúrufræðistofnun Íslands a). Þá eru víðfeðm svæði jarðminja á Kröflu- og Þeistareykjasvæðinu sem njóta sérstakrar verndar samkvæmt náttúruverndarlögum (2. mynd).

Eftirfarandi jarðminjar njóta verndar og eru friðlýstar sem náttúruvætti:

Hverfjall (Hverfell) í Skútustaðahreppi var friðlýst sem náttúruvætti 2011. Í auglýsingu Stjórnartíðinda B, nr. 1261/2011 um náttúruvættið segir: „Hann er í röð fegurstu og reglubundnustu öskugígamyndana sem gefur að líta á Íslandi og talinn í röð þeirra stærstu sinnar tegundar á jörðinni.“ Markmið með friðlýsingu er að vernda sérstæðar jarðmyndanir og varðveita vegna mikils fræðslu- og útivistargildis (Auglýsing nr. 1261 um náttúruvættið Hverfjall (Hverfell) í Skútustaðahreppi).

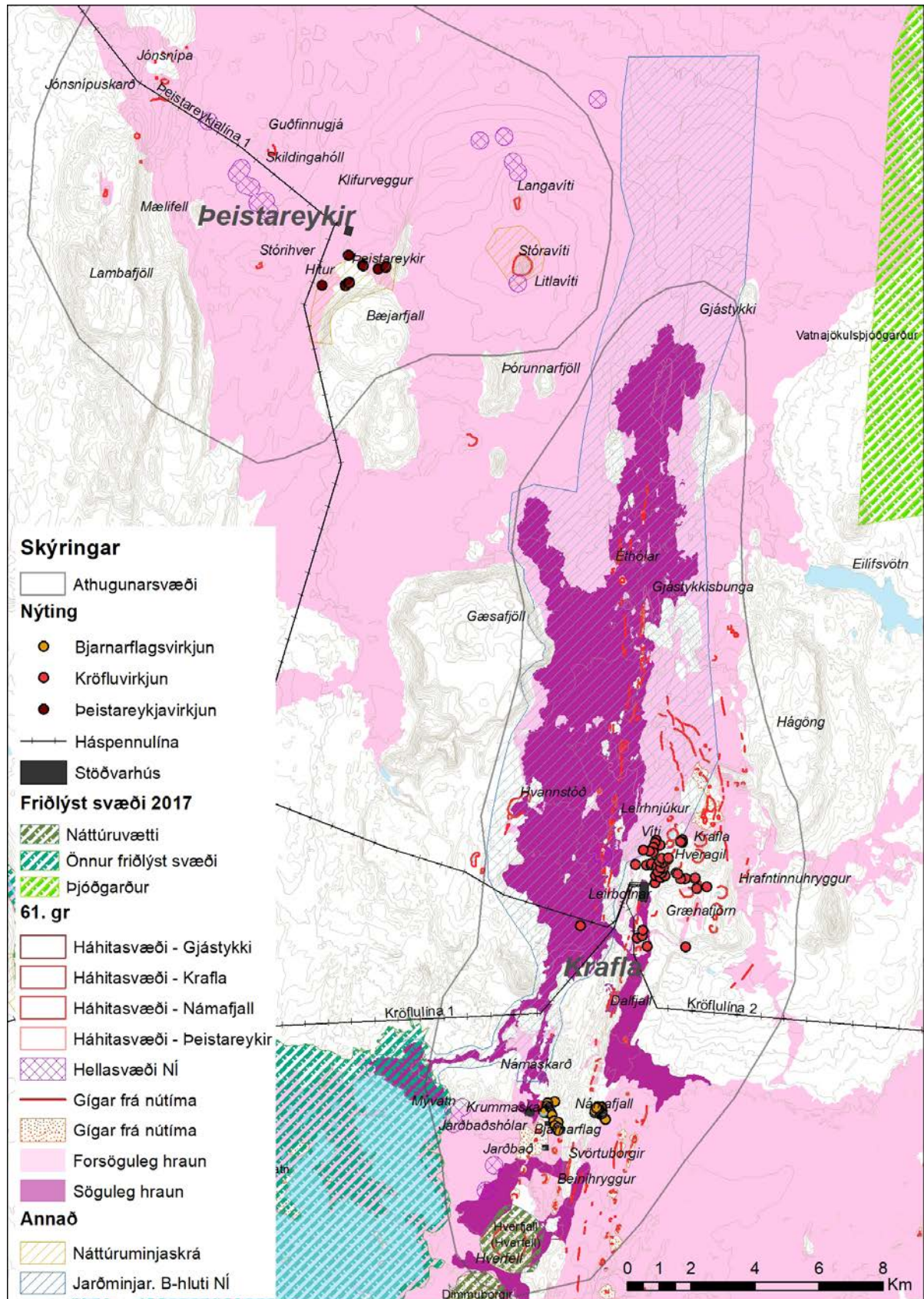
Dimmuborgir í Skútustaðahreppi voru friðlýstar sem náttúruvætti 2011. Í auglýsingu Stjórnartíðinda B, nr. 1262/2011 um náttúruvættið segir: „Dimmuborgir eru minjar tæmdrar hraunbólur sem myndaðist fyrir um 2300 árum þegar hraun rann frá Lúdentar- og Þrengslaborgum yfir Mývatn og í sjó fram í Aðaldal.“ Markmið með friðlýsingu er að vernda sérstæðar jarðmyndanir og varðveita vegna mikils fræðslu- og útivistargildis (Auglýsing nr. 1262 um náttúruvættið Dimmuborgir í Skútustaðahreppi).

Á Þeistareykum eru tvö svæði á náttúruminjasrá, undir öðrum náttúruminjum, sem þykir rétt að vernda (Umhverfisstofnun 2019):

533. Þeistareykir, Reykjahreppi, S-Þingeyjarsýslu. (1) Jarðhitasvæðið á Þeistareykjum. (2) Fjölbreyttar jarðhitamyndanir, gufu- og leirhverir, útfellingar í norðurhlíðum Bæjarfjalls og við Bóndhól. Jarðhitaplöntur.

534. Vítin á Reykjaheiði, Reykjahreppi, S-Þingeyjarsýslu. (1) Stóra- og Litla-Víti á Þeistareykjabungu ásamt nánasta umhverfi. (2) Merkar jarðeldamyndanir, formfagur hraungígur frá nútíma og fallgígur.

Í 61 gr. laga nr. 60/2013 um náttúruvernd er fjallað um sérstaka vernd tiltekinna vistkerfa og jarðminja. Innan athugunarsvæðisins falla eftirfarandi jarðminjar undir sérstaka vernd: Hraun, gígar og hraunhellar frá nútíma, hverir og heitar uppsprettur.



2. mynd. Athugunarsvæðið við Kröflu og Þeistareyki. Sýndar eru jarðgufuvirkjanirnar þrjár, ásamt vinnsluholum og háspennulínunum og friðlýst svæði (Umhverfisstofnun 2016, Loftmyndir 2019a, Loftmyndir 2019b, Náttúrufræðistofnun Íslands b). Kort: Sigríður María Aðalsteinsdóttir.

Vegna breytinga á lögum um vernd Mývatns og Laxár lagði Umhverfisstofnun fram tillögur um verndarsvæði í Skútustaðahreppi (Guðríður Þorðvarðardóttir og María Harðardóttir 2004). Í þeim er lögð til vernd merkra jarðmyndana og landslagsgerða en af þeim hafa einungis Dimmuborgir og Hverfjall (Hverfell) verið friðlýstar hingað til. Tillögurnar voru: 1) Hálendi Skútustaðahrepps, 2) Hverfjall (Hverfell), Dimmuborgir, Lúdent, Lúdents- og Þrengslaborgir, ásamt Laxárhrauni, 3) Varmholtsgjá, Grjótagjá og Stóragjá, 4) Jarðbaðshólar, 5) Leirhnjúkur, Hverir (Hverarönd) við Námafjall og Eldá, 6) Seljadalur og Þverdalur, 7) Hólkotsgil, 8) Jaðarrásir við Mátvatn, 9) Hólavatnaás og 10) Búrfellshraun.

Í tillögum Náttúrufræðistofnunar Íslands frá 2018 um verndarsvæði jarðminja á B-hluta náttúruminjaskrár er lögð til jarðminjavernd fyrir svæðið Leirhnjúkur – Gjástykki, vegna samspils gliðunar og kvikuhreyfinga í rekbelti og ummerki Kröflu- og Mývatnselda (Náttúrufræðistofnun Íslands a). Svæðið er innan athugunarsvæðis verkefnisins sem skýrslan fjallar um.

4.2 Nýting náttúruauðlinda

Nýting náttúruauðlinda er hluti af efnahags- og samfélagslegum þáttum landsins. Jarðminjar eru stór þáttur í þeirri nýtingu, svo sem efnisnám, nýting jarðhita og ferðaþjónusta.

Á athugunarsvæðinu eru þrjár jarðgufuvirkjanir Landsvirkjunar:

Kröflustöð er 60 MW jarðgufuvirkjun á háhitasvæðinu við Kröflu og er hún jafnframt fyrsta stórvirkjun jarðgufu til rafmagnsframleiðslu á Íslandi.

Bjarnarflagsvirkjun er 3 MW jarðgufuvirkjun á háhitasvæðinu við Námafjall og ein sú elsta á landinu, eða frá 1963. Hún var endurnýjuð 2019. Jarðböðin í Mývatnssveit nýta affallsvatn frá virkjuninni.

Þeistareykjavirkjun er allt að 90 MW jarðgufuvirkjun. Hún var tekin í notkun í tveimur áföngum árið 2017 og 2018.

Ferðaþjónusta á Íslandi er mikilvæg atvinnugrein sem hefur farið vaxandi á síðustu árum og byggir hún meðal annars á margs konar afþreyingu fyrir ferðmenn, þar með talið náttúru- og landslagsupplifun (Rannveig Ólafsdóttir og Eva Sif Jóhannsdóttir 2009). Námafjall, Krafla og Þeistareykir búa yfir einstökum fjölbreytileika er varðar landslag, jarðsögu og jarðminjar og eru áhugaverðir áningarstaðir ferðamanna. Bættar vegasamgöngur í tengslum við virkjanaframkvæmdir gera svæðin aðgengilegri fyrir ferðamenn en áður. Ljóst er að samhliða vaxandi fjölda ferðamanna eykst þörfin á aukinni uppbyggingu innviða, ásamt landvörslu með fræðslu og eftirliti innan svæðanna. Slík uppbygging er í höndum viðkomandi sveitarfélaga, þ.e. Skútustaðahrepps, Þingeyjarsveitar og Norðurþings.

5 ÁHUGAVERÐAR JARÐMINJAR

Sumarið 2018 hófst skipulögð jarðminjaskráning á Náttúrufræðistofnun Íslands með það að markmiði að fá heildaryfirsýn yfir gerð og breytileika jarðminja á Íslandi. Slík skráning gefur kost á samanburði jarðminja á landsvísi, vísindagildi þeirra og fleiri viðmiðum sem er grundvöllur fyrir því að hægt sé að meta verndargildi þeirra. Jarðminjaskráningin verður þegar fram í sækir mikilvægt tól fyrir stjórnvöld, skipulagsyfirlönd og framkvæmdaraðila til að staðfesta gildi jarðminja.

Á athugunarsvæðinu er að finna jarðminjar sem segja má að séu einkennandi fyrir jarðfræði Íslands. Svæðið er á norðurgosbeltinu og innan þess eru tvö virk eldstöðvakerfi, Krafla og Þeistareykir. Á svæðinu er mikill jarðbreytileiki þar sem eldstöðvar, gosmyndanir og ummerki jarðskorpuhreyfinga eru áberandi. Þar er að finna fjögur háhitasvæði sem einkennast af margbreytilegum jarðhitamyndunum á yfirborði. Slík háhitasvæði eru fágæt, bæði á lands- og heimsvísu. Að auki eru þar jarðminjar frá hlýskeiðum og jökulskaiðum ísaldar, jökulmenjar frá síðjökultíma og virk jarðfræðileg ferli á nútíma.

5.1 Krafla

Athugunarsvæðinu innan eldstöðvakerfis Kröflu er skipt niður í átta jarðminjasvæði (A–H) og 19 jarðvætti (1–19) (1. tafla og 3. mynd). Svæðunum er raðað þannig að byrjað er syðst í Bjarnarflagi – Námafjalli, og endað við Hvannstóð vestast í Kröfluöskjunni. Öll jarðminjasvæðin voru skoðuð í vettvangsferðinni, að Gjástykki og Hvannstóði undanskildum.

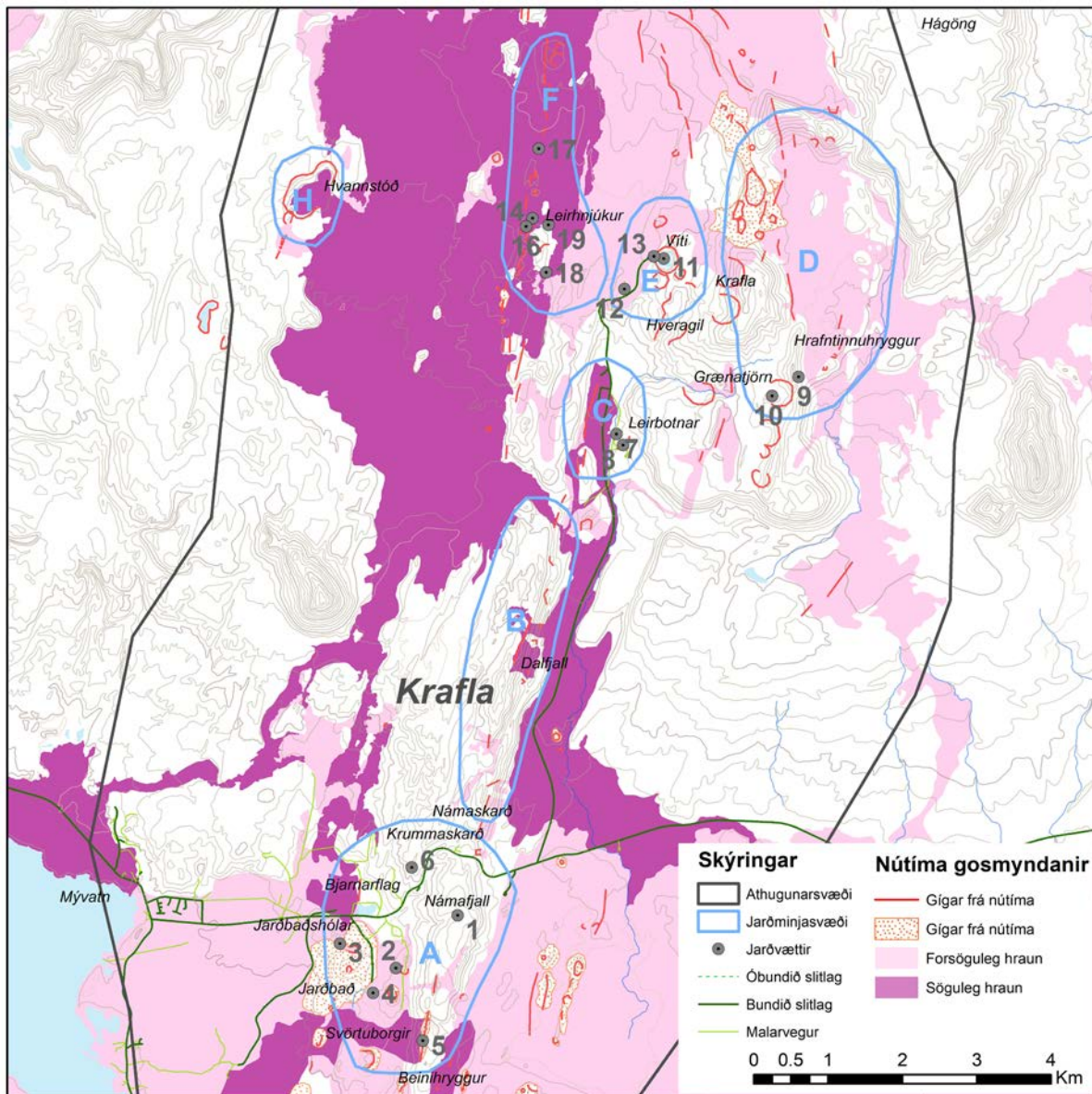
5.1.1 Almennt um jarðfræði svæðisins

Krafla er meðal virkustu eldstöðvakerfa í norðurgosbeltinu síðustu árþúsund. Eldstöðvakerfið er um 90 km langt og nær frá Hverfelli í suðri að Kelduhverfi í norðri. Krafla er dæmigerð megineldstöð með öskju í miðju kerfisins, ísúrt og súrt berg, háhitasvæði og sprungurein (4.–5. mynd). Sprungurein eldstöðvakerfisins er tvískipt og frá öskjumiðju nær hún að minnsta kosti 50 km til norðurs og um 40 km til suðurs (Kristján Sæmundsson 1991). Kröfluaskjan er 8×10 km að stærð og myndaðist fyrir um 110.000 árum. Rekbelti liggur í gegnum öskjuna frá suðri til norðurs og gliðnun jarðskorpuinnar innan öskjunnar frá því að hún myndaðist samsvarar um 1–2 km (5. mynd). Í dag er askjan nær full af móbergi og hraunum (Kristján Sæmundsson 1991, Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013).

Krafla er eitt best þekkta eldstöðvakerfi landsins vegna ítarlegra jarðvísindalegra rannsókna sem hafa alþjóðlegt mikilvægi. Kröflueldar 1975–1984 gáfu einstaka innsýn í byggingu kvikuhólfs Kröflu, þar sem hægt var að gera beinar rannsóknir á jarðskorpuhreyfingum og skjálftavirkni á meðan eldsumbrotunum stóð. Grunnstætt kvikuhólf í miðri Kröflueldstöðinni var kortlagt á um 3–7 km dýpi (Páll Einarsson 1978). Rannsóknir tengdar Kröflueldum gefa sterklega til kynna að undir öskjunni séu tvö eða fleiri kvikuhólf (Eysteinn Tryggvason 1986).

1. tafla. Skipting athugunarsvæðis innan eldstöðvakerfis Kröflu í jarðminjasvæði og jarðvætti.

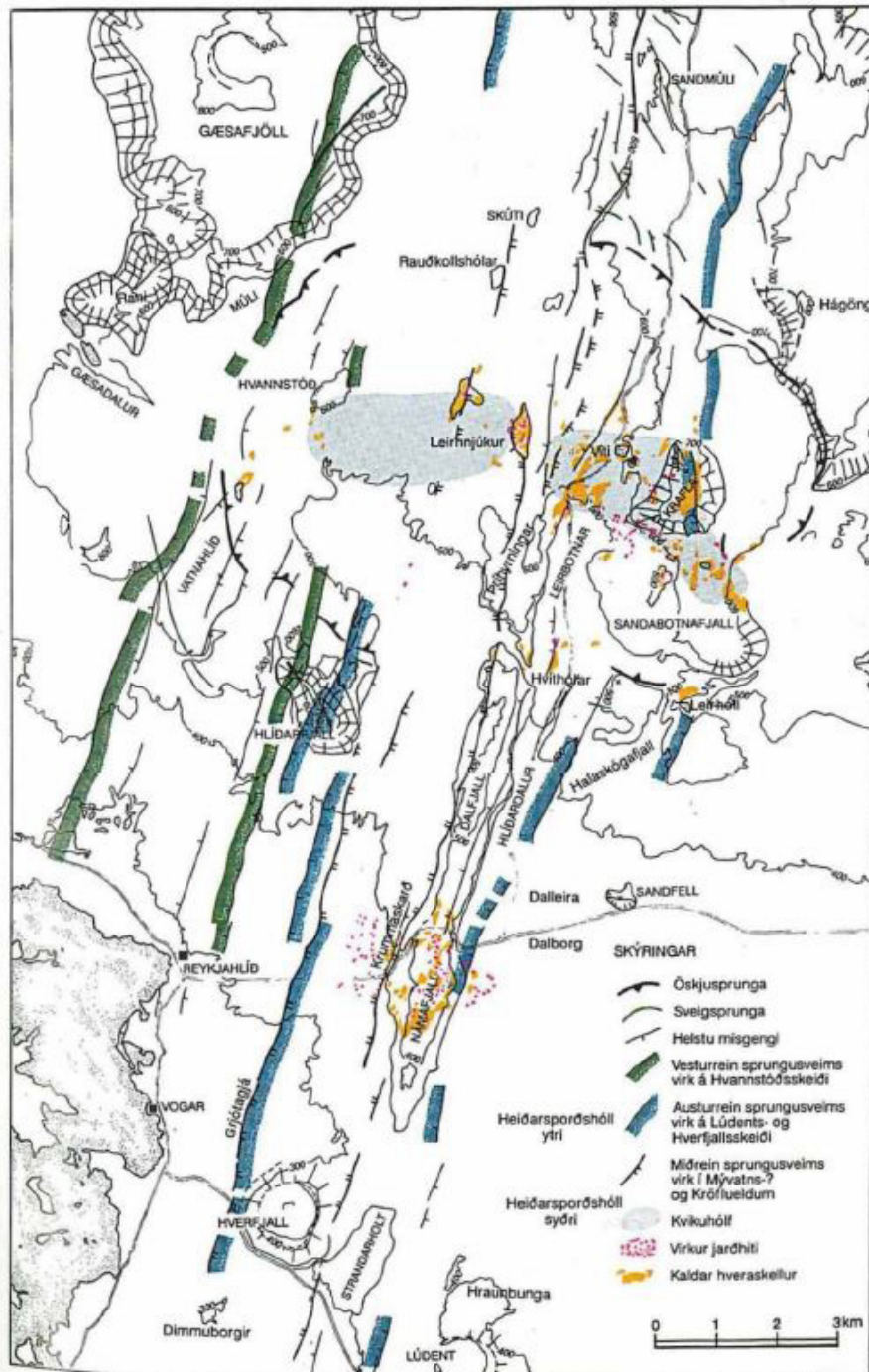
Nr.	Eldstöðvakerfi Kröflu	Bls.
A	Bjarnarflag–Námafjall	18
1	Hverarönd (Hverir)	18
2	Sprengigígur	18
3	Jarðbaðshólar	18
4	Hverfell – túfflög	20
5	Svörtuborgir	20
6	Krummaskarð	22
B	Dalfjall	22
C	Jarðminjar við Kröflustöð	22
7	Leirbotnar	22
8	Grænugilsaxlarnáma	22
D	Hrafninnuhryggur	22
9	Hrafninnuhryggur	22
10	Grænatjörn	26
E	Krafla	26
11	Víti	26
12	Sjálfskaparvíti	26
13	Landslag	26
F	Leirhnjúkur	28
14	Leirhnjúkur	28
15	Landrek	28
16	Mývatnseldar – hraun og gígur	28
17	Kröflueldar – hraun og gígur	28
18	Eldar mætast	28
19	Landslag	34
G	Gjástykki	34
H	Hvannstöð	34



3. mynd. Kröflusvæðið. Afmörkun jarðminjasvæða (A–H) og staðsetning jarðvætta (1–19). Kort: Sigríður María Aðalsteinsdóttir.



4. mynd. Eystri öskjurími Kröflu í Hágöngum. Horft til norðausturs frá Hrafninnuhrygg. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 31. ágúst 2018.



5. mynd. Þróun sprungureina í Kröflukerfinu og staðsetning kvíkuhólfa (Kristján Sæmundsson 1991).

Innan eldstöðvakerfis Kröflu er mikill breytileiki í gerð gosgíga og bergs. Nær öll gos í Kröflukerfinu hafa verið sprungugos, að undanskildu einu dyngjugosi, sem myndaði Gjástykkisbungu. Fjölmargir sprengigígarnir eru á jarðhitasvæði Kröflu. Elsta berg í Kröflukerfinu er um 300.000 ára og elstu gígarnir eru frá ísöld, staðsettir vestan til í hlíðum Kröflu og við Hrafninnuhrygg. Yngstu sprengigígarnir eru í Hvannstóði og Víti. Eldgos í Kröflukerfinu á nútíma skiptast í nokkrar gerðir: dyngjugos, sprengigos með súrum vikri, sprengigos af völdum jarðgufu, öskugos af völdum grunnvatns og hraungos úr gossprungum (Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013). Þá finnast einnig margbreytilegar berggerðir svo sem hrafninn, líparít, andesít, móbergstúff, móberg, bólstraberg og gjóskuberg (Kristján Sæmundsson 1991).

5.1.2 Eldvirkni frá nútíma – gosskeið eldsumbrota

Gosvirknin í Kröflukerfinu á síðjökultíma var bundin við miðrein eldstöðvakerfisins en fyrir um 8000 árum, eftir Lúdentsskeið, færðist eldvirkni Kröflukerfisins yfir á vestri sprungurein og hélst þar í um 5000 ár. Á Hverfellsskeiði, fyrir um 3000 árum, færðist gosvirknin á ný á miðreinina og austurreinina og hefur hún haldist þar síðan (5. mynd). Berggrunnur Kröflukerfisins er að mestu leyti byggður upp af fyrirferðarmiklum nútímahraunum sem gosið hafa á þremur mismunandi skeiðum, Lúdentsskeiði, Hvannstóðsskeiði og Hverfellsskeiði (Kristján Sæmundsson 1991, Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013). Gosskeið Kröflu á nútíma marka sögu svæðisins, jarðminjar og landslag og því þykir ástæða til að gera grein fyrir þeim, sérstaklega yngsta skeiðinu, Hverfellsskeiði.

Á Kröflusvæðinu er eldvirkni frá nútíma skipt í þrjú gosskeið, Lúdentsskeið, Hvannstóðsskeið og Hverfellsskeið (6. mynd).

Lúdentsskeið var fyrir um 8000–11.000 árum. Talið er líklegt að um 10–15 eldar hafi orðið á Lúdentsskeiði. Alls hafa verið aðgreind um 20 hraun og gosstöðvar, að meðtöldum gosum frá síðjökultíma. Að minnsta kosti tvö sprengigos voru á Kröflusvæðinu á Lúdentsskeiði og var annað þeirra vestarlega í öskjunni og hitt á svæðinu við Víti (Kristján Sæmundsson 1991).

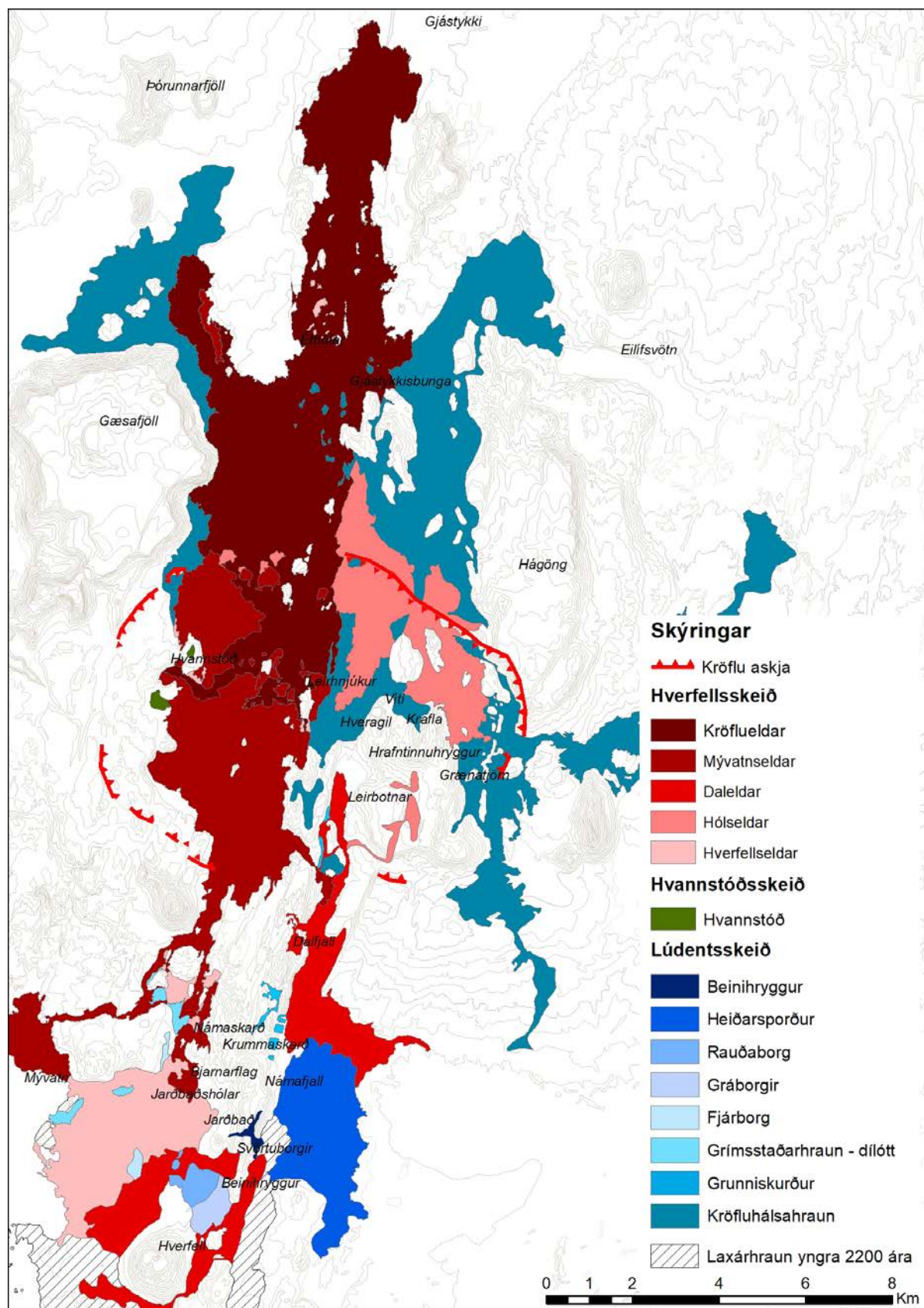
Hvannstóðsskeið var fyrir um 5000–5500 árum. Það var skammvinnt í samaburði við önnur skeið og brotahreyfingar voru aðallega á vestanverðu Kröflusvæðinu. Helstu gosminjar skeiðisins eru Hvannstóðsgígar, vestanmegin í öskjunni í miðri sprungurein (Kristján Sæmundsson 1991).

Hverfellsskeið hófst fyrir um 3000 árum, þegar Hverfell myndaðist í Hverfellseldum og var síðasta gos þess Kröflueldar fyrir um 35 árum síðan. Þekktar eru fimm eldgosahrinur (eldar) innan skeiðisins (Kristján Sæmundsson 1991). Þær eru:

Hverfellseldar urðu fyrir um 3000 árum og marka upphaf Hverfellskeiðs sem hófst með miklu sprungugosi milli Hverfells og Éthóla í Gjástykki. Heildarflatarmál hrauna frá Hverfellseldum er um 70 km² og rúmmál um 1 km³, að meðtöldum hraunum sem eru hulin yngri hraunum (Kristján Sæmundsson 1991).

Hólseldar stóðu yfir fyrir 2000–3000 árum og eru ummerki þeirra í dag þekkt kennileiti á öskjurimum norður af Kröflu. Samanlagt hraunmagn úr Hólseldum er um 15 km². Sprungukerfið er greinótt og liggur meðfram norðausturjaðri öskjunnar. Það er um 7 km langt og mesta breidd um 1500 m á móts við Kröflu (Kristján Sæmundsson 1991).

Laxárhraun yngra rann á svipuðum tíma og Hólseldar, eða fyrir um 2300 árum. Þetta er mesta hraungos á Mývatnssvæðinu eftir ísöld sem varð þegar gossprungu opnaðist í Þrengslaborgum og Lúdentborgum, ásamt gígum í Grænavatnsbruna, samtals um



6. mynd. Hraun runnin á nútíma á Mývatns- og Kröflusvæðinu. Hraun flokkuð eftir gosskeiðum og einstökum gosahrinum (eldum) í eldstöðvakerfi Kröflu. Laxárhraun yngra, sem tilheyrir Heiðarsporðarkerfinu, er að mestu hulið yngri myndunum. Kort: Sigríður María Aðalsteinsdóttir.

16 km að lengd. Flatarmál hraunsins er um 220 km². Á grundvelli efnasamsetningu hrauna er Laxárhraun yngri tengt eldstöðvakerfinu Heiðarsporðar en ekki Kröflu (Kristján Sæmundsson o.fl. 2013). Hraunið er í dag að mestu hulið yngri hraunum og gosmyndunum, en það myndar t.d. botn Mývatns, Dimmuborgir og gervígigana við Mývatn. Hraunið flæddi niður Laxárdal, myndaði gervígigana í Aðaldal og rann út í sjó í Skjálfanda.

Daleldar stóðu yfir fyrir um 1100 árum á 12 km ósamfelldum gossprungum sem náðu frá Leirbotnum í norðri, að Hverfelli í suðri. Samanlagt eru hraunin um 10 km². Tvö smá hraun komu upp í Eggjum Dalfjalls ásamt tveimur öðrum austan við Beinahrýgg (sjá nr. 5 Svörtuborgir). Frá gossprungu í Leirbotnum rann Dalhraun niður í Hlíðardal. Stöðvarhúsið í Kröflu stendur við hraun og gíga sem mynduðust í þessum eldum (Kristján Sæmundsson 1991).

Mývatnseldar stóðu yfir árin 1724–1729. Þeir hófust með sprengigosi í Víti vorið 1724 og í framhaldi af því urðu gliðnunarhrinur án eldgosa. Árið 1727 hófust goshrinur við Leirhnjúk með hveragosum og hraungosum. Árið 1728 varð sprungugos í Hrossadal og Bjarnarflagi en lítið magn af hrauni kom upp. Síðasta gosið var sunnan við Leirhnjúk og það var jafnframt stærsta gosið í goshrinunum. Í Mývatnseldum urðu alls fjórar goshrinur og í þeim mynduðust fjórar megin gígþyrpingar. Það eru gígarnir Skeifa, Rauðkollur, Hófur og gígar sunnan við Leirhnjúk þar sem Hithóll var áður en gígþyrpingin myndaðist. Sautján árum síðar, árið 1746, varð smágos við Leirhnjúk, menjar þess eru gjóska, hveraleir og gjall (Kristján Sæmundsson 1991, Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013).

Kröflueldar stóðu yfir árin 1975–1984. Gliðnunarhrinur þeirra voru samspil fleka- og kvikuhreyfinga. Eldarnir veittu jarðvísindamönnun einstaka innsýn í gliðnunarhrinu í rekbelti þar sem hægt var að gera mælingar með beinum hætti. Talið er að mikið landsig í kjölfar Mývatnselda 1724–1729 og Öskju- og Sveinafjäreldum 1874–1875 hafi ýtti undir kvikusöfnun undir Kröflueldstöðinni. Upphaf Kröfluelda var í Leirhnjúk rétt fyrir jól 1975, en tuttugu minni goshrinur áttu sér þar stað næstu níu árin þar á eftir. Hrinurnar enduðu ekki allar í eldgos, sumar ollu aðeins tilfærslu á kviku neðanjarðar sem orsakaði gliðnun í sprungurein (Kristján Sæmundsson 1991).

5.1.3 Lýsing jarðminja

A Bjarnarflag – Námafjall

Bjarnarflag er kvosin á milli Námafjalls, Dalfjalls og Jarðbaðshóla í Mývatnssveit. Jarðhitasvæðið liggur á virkri sprungurein við móbergshrygginn Námafjall. Uppstreymi jarðhitans vestan Námafjalls, í Bjarnarflagi, er tengt þremur aðalmisgengjum þar sem vestasta misgengið er frá Mývatnseldum 1728. Í eldsumbrotum við Kröflu 1977 jókst hveravirkni á svæðinu til muna, þegar sprungur gliðnuðu og landssvæði missigu (Björn Hróarsson og Sigurður Sveinn Jónsson 1991). Í Bjarnarflagi er heit jörð með gufuaugum, hverasöltum og brennisteinspúfum, en jarðhitasvæðið er mikið raskað eftir áratuga nýtingu sem iðnaðar- og virkjanasvæði (Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009). Rannsóknir benda til þess að jarðhitakerfið við Námafjall tengist jarðhitakerfi Kröflu. Háhitasvæðið liggur um sprungurein sem nær norður úr Öxarfirði gegnum Kröflueldstöðina og suður fyrir Hverfell (Kristján Sæmundsson 1991). Töluverð eldvirkni á nútíma tengist Námafjalli og nágrenni þess (Kristján Sæmundsson 1991, Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013).

1. **Hverarönd – Hverir.** Austan við Námafjall er jarðhitavirknin mest og er gróna svæðið gjarnan kallað Hverarönd. Þar fyrir ofan, í hliðum og hrygg fjallsins, er mikil jarðhiti og móbergið víða ummyndað. Leirhverir og leirugir vatnshverir ásamt heitri jörð með gufuaugum og brennisteinspúfum eru einkennandi á Hverarandarsvæðinu, en hverirnir sjálfir eru gjarnan kallaðir Hverir (7.–9. mynd) (Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009). Hverarönd (Hverir) er einn af fjölsóttustu ferðamannastöðum landsins. Þar eru leifar af mannvirkjum, s.s. gamlar borholur, frá þeim tíma er brennisteinsvinnsla var á svæðinu.



7. mynd. Hverasvæðið við Hverarönd. Bullandi leirhverir ásamt brennisteini og öðrum jarðhitaummyndunum á yfirborði. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 30. ágúst 2018.



8. mynd. Manngerður grjóthryggur með gufustreymi, jarðhitaummynduðu bergi, leir og útfellingar vegna jarðhita. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 30. ágúst 2018.



9. mynd. Hverasvæðið Hverir (Hverarönd) austan við Námafjall. Virkur jarðhiti á yfirborði með miklum leirumyndunum. Sjá má brennisteinsskellur í hliðum Námafjalls og upp á topp móbergshryggjarins. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 30. ágúst 2018.

2. **Sprengigígur.** Á háhitasvæðum Kröflu eru allnokkrir sprengigígur sem eru áhugaverðar jarðminjar. Myndun slíkra gíga geta tengst eldgosum, kvikuhreyfingum eða jarðskjálftum sem valda því að grunnvatn hvellsýður neðanjarðar og orsakar gufusprengingu (Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009). Við sprenginguna geta komið upp grjóthnullungar og bergbrot sem dreifast umhverfis gíginn sem úrkast, en einnig gjall og vikur. Elstu sprengigígur Kröflusvæðisins eru frá ísöld og þeir yngstu mynduðust í Mývatnseldum. Stærstu gígarnir eru allt að 300–400 m að þvermáli. Á Kröflusvæðinu er sprengigíga að finna, m.a. við Hvannstóð, Hrafninnuhrygg og Kröflu, en Víti er yngstur og þekktastur sprengigíganna.
3. **Jarðbaðshólar** eru tveir nyrstu gjallgígarnir á rúmlega 2 km langri gossprungu, sem liggur um Hrossaborg og nær samfelldu suður í Hverfell. Gígarnir tveir eru um 40 m háir og frá þeim rann Jarðbaðshólakraun sem er um 8 km² að flatarmáli. Djúp gígtrekt er í nyrðri gígnum og liggja hrauntraðir frá honum til vesturs. Gígarnir og Jarðbaðshólakraun mynduðust stuttu eftir Hverfellsgosið fyrir um 2.800 árum. Aðeins hluti hraunsins er hulið yngri hraunum úr Svörtuborgum og Mývatnseldum. Vestan við Jarðbaðshóla er lítil gígaröð sem myndaðist í Mývatnseldum 1728 (Kristján Sæmundsson 1991, Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013). Gjallnám hefur verið á nokkrum stöðum í Jarðbaðshólum, en stærsta náman er nyrst og hefur hún valdið all miklu raski á gígnum. Jarðhitagufur eru greinilegar í Jarðbaðshólum.

Löng hefð er fyrir baðferðum við Jarðbaðshóla. Þeirra er getið fyrst í heimildum frá 1638 og fá gígarnir nafngiftina þaðan (Kristján Sæmundsson 1991).

4. **Túfflög við Jarðbaðshóla.** Við Jarðbaðshóla og sunnan Jarðbaðanna við Mývatn má sjá merkileg túfflög, gróft gjall og vikur, sem mynduðust í sprengigosinu í Hverfjalli

(Hverfelli) fyrir um 2800 árum (10. mynd). Einnig er talið líklegt að öskuflóð hafi orðið í Hverfellsgosinu sem náði rúma 3 km frá gígnum til norðurs (Kristján Sæmundsson 1991). Greinileg trjábola- og greinaför eru í túfflögunum (11. mynd) og einnig hafa fundist för eftir birkilauf og fleiri jurtir (Sigurður Þórarinnsson 1962).

5. **Svörtuborgir** eru um 500 m löng eldborgaröð vestan við Beinahrygg. Nokkru austar og sunnar er önnur gígaröð, um 1500 m löng. Gossprungurnar tvær eru sín hvorum megin við stór misgengi sem liggja norður eftir Námafjalli. Hraun frá Svörtuborgum umlykja næstum Hverfjall (Hverfell), þau eru þunn og runnu yfir Laxárhraun yngra. Svörtuborgir mynduðust í Daleldum fyrir um 1100 árum og eru af svipuðum aldri og Dalhraun (Kristján Sæmundsson 1991). Svörtuborgir og Námafjall mætast um Syðraskarð (12. mynd).
6. **Krummaskarð**. Austan við Bjarnarflag er áberandi misgengi sem sést vel frá Þjóðveginum og útsýnispallinum vestan við Námafjall. Misgengið gengur norður úr Námaskarði og sést þar greinileg gliðnun jarðskorpunnar. Norðan við Krummaskarð er Nautadalur og liggur misgengið áfram til norðurs meðfram Dalfjalli í átt að að Kröflu. Yfirborðsummerki jarðhita eru áberandi á svæðinu, í fjallinu og Krummaskarði (13. mynd).



10. mynd. Hverfellstúfflögin við Jarðbaðshóla. Jarðbaðshólar og Jarðböðin við Mývatn í baksýn. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 30. ágúst 2018.



11. mynd. För eftir trjástofna og greinar í túfflögum Hverfells við Jarðbaðshóla. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 30. ágúst 2018.



12. mynd. Svörtuborgir til hægri og Námafjall til vinstri. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 30. ágúst 2018.



13. mynd. Krummaskarð til norðurs. Útsýnispallur er austan við veginn. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 30. ágúst 2018.

B Dalfjall

Dalfjall (475 m y.s.) er u.þ.b. 4 km langur fjallshryggur norður af Námafjalli, sem myndaðist við landsig. Eftir endilöngum hryggnum liggur stór missgengissprunga, Grunniskurður. Í Daleldum mynduðust smáhraun sem komu upp úr tveim gossprungum (200 og 800 m á lengd) við Eggjar efst í Dalfjalli. Bæði hraunin hverfa undir Dalhraun sem rann úr gossprungu í Leirbotnum. Hraun úr styttri gossprungunni runnu ofan í Grunnaskurð. Hraunin úr Dalfjalli eru öll af svipuðum aldri og Dalhraun, eða um 1100 ára (Kristján Sæmundsson 1991).

C Jarðminjar við Kröflustöð

Kröflustöð er önnur jarðgufuvirkjunin á Íslandi á eftir Bjarnarflagsvirkjun. Stöðvarhúsið var í byggingu þegar Kröflueldar hófust og ríkti óvissa um afdrif virkjunarinnar. Í nágrenni stöðvarhússins eru áhugaverðar jarðminjar.

7. **Leirbotnar.** Við veginn upp úr Leirbotnum (14. mynd) eru tvær stuttar gígaraðir. Í kringum nyrðri gígana er gjallkennt hraun og undirlag þess er alls staðar hveraleir. Hraunin eru nú að mestu hulin framburði úr giljum innst í Leirbotnum. Nokkuð samfelld 1500 m löng gossprunga nær frá Leirbotnum suður að Hvíthólum. Hraunið sem myndaðist í þessu sprungugosi er um 3 km² og rann eftir öllum Hlíðardal og út á Búrfellshraun. Hraunið nefnist Dalhraun eftir að það kemur niður fyrir Hvíthóla. Leirbotnar draga nafn sitt af stórum leirum í hrauninu sem mynduðust vegna framburðar Dallækjar (Kristján Sæmundsson 1991).

8. **Grænugilsaxlarnáma.** Vestan undir Sandbotnafjalli við Leirbotna er gjallnáma. Náman er áhugaverð opna sem gefur góða sýn á upphleðslu gjalls og gjósku vegna eldsumbrota (15. mynd). Gjallmyndunin tengist gossprungu sem gengur í gegnum Hveragil og er hún talin hafa gosið þegar land var íslaust snemma á síðjökultíma. Hveragilssprungan er um 3 km að lengd. Ofan á gjallinu í námunni má sjá kleprahraun og smá jökulruðning í syðri hluta námunnar (Kristján Sæmundsson 1991).



14. mynd. Kröflustöðin er staðsett í Leirbotnum. Sunnan við virkjunina má sjá gígaröð við misgengi sem myndaðist í Daleldum. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 30. ágúst 2018.



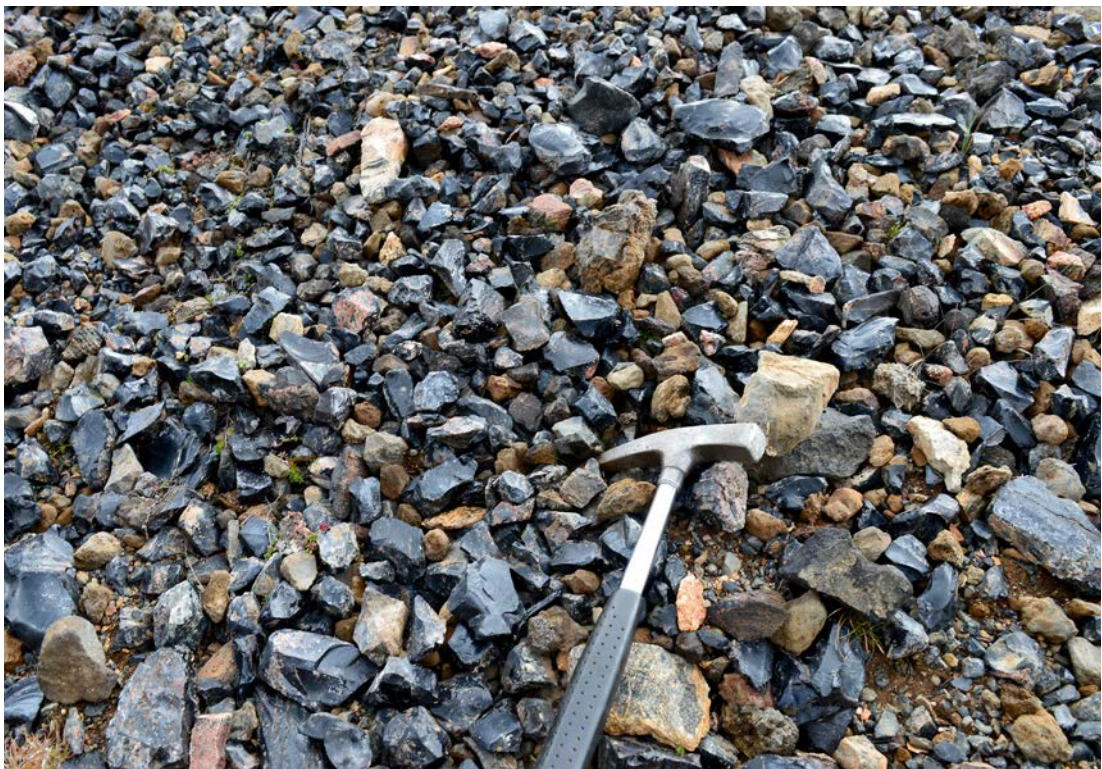
15. mynd. Grænugilsaxlarnáma í nálægð stöðvarhússins. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 30. ágúst 2018.

D Hrafninnuhryggur

- 9. Hrafninn.** Hrafninnuhryggur (700 m.y.s.) er um 80 m að hæð og um 2,5 km á lengd með stefnuna N-S. Hryggurinn hvílir á basaltþekju úr Sandbotnafjalli og er myndaður úr þursabergskenndu líparíti (Kristján Sæmundsson 1991). Hann er með yngstu súru myndunum á Kröflusvæðinu og er talinn hafa myndast undir jökli fyrir um 20.000 árum (Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013). Hrafninn kemur fyrir í háhryggnum og bergbrot af henni ásamt líparíti eru algeng í skriðum austan við Hrafninnuhrygg (16.–17. mynd). Hrafninn í Hrafninnuhrygg er einstaklega hrein sem þýðir að hún er lítið ummynduð, biksvört, nær dílalaus og brot hennar með tæran glergljáa. Fyrir miðjum Hrafninnuhrygg er hinsvegar líparítið og hrafninn víða ummynduð vegna jarðhita (Kristján Jónasson og Helgi Torfason 2006). Aðrar líparítmyndanir í Kröflueldstöðvarkerfinu eru í Jörundi, Hlíðarfjalli og Rana sunnan í Gæsafjöllum og eru þær myndanir taldar vera um um 80.000 ára gamlar (Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013).

Hrafninn er mynduð úr kísilríkri kviku og er snöggkælt súrt eldfjallagler. Hún hefur sömu efnasamsetningu og líparít. Algengasti litur hrafninnu er biksvartur, ýmist hreinn eða með smádílum. Hrafninn er sjaldgæf bergtegund á Íslandi og finnst einungis í eldfjöllum með súrri virkni (Kristján Jónasson og Helgi Torfason 2006).

- 10. Grænatjörn.** Vestan við Hrafninnuhrygg er sprengigígaröð með þrem nær kringlóttum gígum og eru tveir þeirra vel greinilegir. Þeir eru taldir hafa myndast í lok ísaldar. Stærsti gígurinn er allt að 150 m að þvermáli, er vatnsfylltur og nefnist Grænatjörn (18. mynd). Hann er ummyndaður vegna jarðhita (Kristján Sæmundsson 1991).



16. mynd. Hrafninn í austurhlíð Hrafninnuhryggs. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 31. ágúst 2018.



17. mynd. Innskot úr Hrafninnu í vesturhlíð Hrafninnuhryggs. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.



18. mynd. Sprengigígurinn Grænatjörn við Hrafninnuhrygg. Hlíðarfjall í fjarska. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 31. ágúst 2018.

E Krafla

Háhitasvæði Kröflueldstöðvakerfisins er ílangt og teygir sig frá norðvestri til suðausturs. Meginjarðhitasvæðið er í Hveragili í suðurhlíðum Kröflu en minni hverasvæði eru við Leirhnjúk og Hvíthólaklif (Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009). Jarðhitavirkni við Kröflu má að mestu leyti rekja til staðbundinnar innskotsvirkni tengdri kvikuhólfi Kröflueldstöðvarinnar undir mið- og austurhluta öskjunnar (Kristján Sæmundsson 1991).

Krafla (827 m y.s.) er móbergss tapi með mikinn jarðhita vestan og sunnan til í fjallinu, ásamt miklum ummyndunum í hlíðum fjallsins. Þar finnast brennisteinsþúfur, gufuaugu, gufu- og leirhverir. Sprengigíggar eru algengir á svæðinu þar sem Víti er yngsti gígurinn (Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009).

11. Víti. Formfagur sprengigígur við Kröflu sem myndaðist vegna gufusprenginga af völdum suðu í jarðhitakerfinu í upphafi Mývatnselda 17. maí 1724. Sprengigígurinn er nær hringlaga og um 300 m í þvermál. Móberg kemur fram undir austurhallandi hraunlögum í innvegg Vítis og er mögulega hluti af stærri móbergssyrpu (19. mynd). Í rúmlega 100 ár eftir að gosi lauk var mikill jarðhiti í botni Vítis og ferðlangar á 19. öld lýstu kraumandi leir- og eðjugosum í gígnum. Jarðhitinn við Víti hefur færst austar og í dag er hitinn mun minni í sjálfum gígnum og í botni hans er kyrrt grænleitt gígvatn (Kristján Sæmundsson 1991).

12. Sjálfskaparvíti. Árið 1975 varð sprenging vegna yfirþrýstings í borholu númer KG-04. Í botni sprengigígsins sem myndaðist var vatnsmikill hver (200 l/s) sem nú er horfinn. Manngerði gígurinn fékk nafnið Sjálfskaparvíti (20. mynd) (Anette K. Mortensen o.fl. 2009).

13. Landslag. Frá Víti er gott útsýni yfir háhitasvæði Kröflu og sprengigíga í móberginu, auk þess sem sjá má nýleg misgengi, sprungur og hraunfláka innan Kröfluöskjunnar. Jarðhitaummyndanir í móbergi við Víti og Leirhnjúk auka á litadýrð landslagsins. Efst á eystri rima Vítis er gott útsýni til allra átta. Til norðurs og vesturs er útsýni yfir gígaraðir og hraunfláka sem mynduðust í Mývatns- og Kröflueldunum. Í fjarska er Gjástykkisbunga og Gæsafjöll. Til austurs trónir móbergsfjallið Krafla sem svæðið dregur nafn sitt af. Horft til suðurs má sjá jarðhitasvæðið í Hveragili, Dalfjall og Námafjall í fjarska. Mannvirki eru vel greinileg í landslaginu.

F Leirhnjúkur

14. Leirhnjúkur er móbergshryggur í miðri Kröfluöskjunni (21. mynd). Hann liggur á virkri sprungurein eldstöðvakerfisins sem liggur frá Námafjalli í suðri og norður í Gjástykki. Jarðhitinn í Leirhnjúk fylgir sprungum og misgengjum á svæðinu. Mestur er hitinn norðaustan við Leirhnjúk þar sem finnast brennisteinsþúfur, leirhverir, gufuaugu og hverasölt. Þar er líka mikil ummyndun, hveraleir áberandi og gufuhituð tjörn með útfellingum af leir og brennisteini (23.–24. mynd). Í gígum og hraunum vestan og norðan við Leirhnjúk er allnokkur jarðhiti sem tengist gossprungum Kröfluelda. Þar má víða sjá jarðhitagufur og hvítar útfellingar á hraunum (25. mynd) (Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009). Lagðir hafa verið göngustígar sem leiða ferðamenn um Leirhnjúk og nágrenni hans (22.–24. mynd).



19. mynd. Viti í Kröflu. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.



20. mynd. Sjálfskaparviti. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.



21. mynd. Leirhnjúkur. Jarðhitaummyndun er áberandi í hlíðum hnjúksins. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 31. ágúst 2018.



22. mynd. Göngupallur hefur verið lagður yfir hverasvæðið við Leirhnjúk sem kemur í veg fyrir að gengið sé á jarðhitaleirnum. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.



23. mynd. Tjörn norðaustan í Leirhnjúk. Útfellingar eins og hverasölt og brennisteinn eru áberandi. Ljós. Lovísa Ásbjarnardóttir, 31. ágúst 2018.



24. mynd. Hverasvæðið við Leirhnjúk og Leirhnjúkshraun. Í baksýn má sjá Kröflu og Víti ásamt jarðhitalögnum frá borholustæðum. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 31. ágúst 2018.



25. mynd. Jarðhitagufur, ásamt hvítum útfellingum og leir, eru áberandi þar sem hiti er í Leirhnjúkshrauni. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.

15. **Landrek.** Svæðið við Leirhnjúk og norður um Gjástykki í Kelduhverfi er einstætt frá jarðfræðilegu sjónarmiði og er eitt fárra svæða í heiminum þar sem gliðnun lands er greinileg og birtist í formi sigdælda, sprungna og misgengja. Á gosskeiðum eldstöðvakerfisins brýtur kvika sér leið upp á yfirborð eða treður sér inn í sprungur neðanjarðar. Í bæði Mývatns- og Kröflueldum varð töluverð gliðnun á landi og ummerki hennar eru áberandi í landslaginu við Leirhnjúk og Gjástykki. Hraun hafa runnið yfir sumar gjánna og fyllt þær. Í gliðnunarhrinu Kröfluelda 1975–1984 urðu um 20 sprungugos og samhliða þeim landris og landsig vegna tilfærslu á kviku (Kristján Sæmundsson 1991).
16. **Mývatnseldar – hraun og gígar.** Gígar og hraun sem mynduðust í Mývatnseldum árin 1724–1729 eru áberandi í landslaginu við Leirhnjúk (6. mynd). Leirhnjúkur var þungamiðja Mývatnselda og liggur gígaröð norður frá norðausturhluta og suðurhluta Leirhnjúks. Gígarnir eru mosagrónir og formfagrir (26. mynd), sérstaklega gígurinn Hófur sem er skammt norðan við Leirhnjúk.
17. **Kröflueldar – hraun og gígar.** Syðstu gossprungurnar sem mynduðust í Kröflueldum árin 1975–1984 liggja við vestanverðan Leirhnjúk og ná norður í Gjástykki. Gossprungur og gígaraðir Kröfluelda eru áberandi í landslaginu (27. mynd). Hraun frá Kröflueldum runnu yfir Leirhnjúkshraun og að Leirhnjúk að vestanverðu (6. mynd). Þau eru vel greinileg frá eldri hraunum þegar horft er yfir svæðið þar sem þau eru dekkri að lit og minna gróin en t.d. Leirhnjúkshraunið.
18. **Eldar mætast.** Áhugaverður staður jarðminja er við syðsta hluta Leirhnjúks en þar eru nokkrar myndanir sem tengjast jarðsögu Kröflusvæðisins (28. mynd). Austan við Leirhnjúk er hraun myndað í Mývatnseldum, Leirhnjúkshraun, og vestan við hann er hraun runnið í Kröflueldum. Jaðar hraunanna tveggja eru við þennan stað, en á milli

þeirra er myndarleg misgengisgjá sem hraunin hafa runnið upp að. Leirhnjúkur er móbergshryggur frá kuldaskeiði ísaldar og úr honum hafa hrunið móbergshnullungar.

- 19. Landslag.** Stórbrotið eldfjallalandslag er við Leirhnjúk en einnig reisuleg fjöll mynduð á ísöld sem marka umgjörð Kröfluöskjunnar (29. mynd), sem smátt og smátt fyllist af gosefnum. Sprungugígar og hraun úr Mývatns- og Kröflueldum eru áberandi og umlykja jarðhitaummyndaðan Leirhnjúk. Viða má sjá hvar dökkt hraunið úr Kröflueldum hefur runnið yfir ljósara Leirhnjúkshraun Mývatnselda. Í austri trónir fjallið Krafla yfir landslaginu með áberandi ummyndunarskellum og jarðhitagufum.



26. mynd. Gígar frá Mývatnseldum í Leirhnjúkshrauni séðir frá Leirhnjúki. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.



27. mynd. Ein af mörgum gossprungum Kröfluelda séð frá Leirhnjúki. Gliðnun vegna eldsumbrota og gossprunga greinileg í Rauðkolli. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.



28. mynd. Göngustígur við syðsta hluta Leirhnjúks leiðir ferðamenn í gegnum jarðsögu svæðisins. Í bakgrunni eru ummerki um umsvifmannsins, borholur og jarðhitalagnir í Kröflu vegna jarðvarmavirkjunnar. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 31. ágúst 2018.



29. mynd. Horft til norðvesturs frá Leirhnjúk, með Litla Leirhnjúk fyrir miðri mynd og Gæsafjöll í baksýn. Auðvelt er að greina á milli Leirhnjúkshrauns og Kröfluhrauns, þar sem það fyrrnefnda er gráleitara og mosagrónara. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.

G Gjástykki

Í Gjástykki eru sprungukerfi og sigdalur sem tilheyra nyrðri hluta eldstöðvarkerfis Kröflu og ná frá Kröfluöskjunni í suðri og norður í Kelduhverfi. Þar er einstök innsýn í gliðnun landsins á rekbelti og hefur svæðið alþjóðlegt mikilvægi fyrir jarðvísindin. Norðan við Kröfluöskjuna er belti sprungureina í Gjástykki um 2–5 km breitt og með 40–50 m djúpa sigdæld á milli gjáveggja. Gjástykki liggur yfir tvær dyngjur frá síðjökultíma, Gjástykkjabungu og Stóravítishraun. Gjástykkisbunga er á milli Hrótafjalls og Sandmúlalæða og er jafnframt einu ummerkin um eldsumbrot í sigdalnum í Gjástykki. Syðst í sigdældinni eru hraun úr Éthólum og Kröflueldum. Gjástykki hefur myndast í mörgum gliðunarlotum, en í Kröflueldum mældist gliðnun um 6–8 m (Kristján Sæmundsson o.fl. 2012b). Landslagið er sérstakt í sigdældinni og einkennist svæðið af hraunum og opnum gjám. Í Gjástykki sjást hraun sem runnið hafa úr Kröflukerfinu ofan í gjár og upp úr þeim aftur, en þetta sást gerast í Kröflueldum. Í eldri eldsumbrotum eru einnig dæmi um kvikuflæði eftir gjám í Gjástykki og komu hraun upp 10–20 km norðar í Kelduhverfi (Sigurvin Elíasson 1979, Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013). Mikilvægt er að vernda Gjástykki þar sem það hefur hátt vísinda- og fræðslugildi og er einn af fáum stöðum í heiminum þar sem hægt er að sjá gliðnun Mið-Atlantshafshryggjarins á þurru landi. Svæðið er lítt raskað og hefur hátt gildi sem jarðfræðileg heild.

H Hvannstóð

Hvannstóð. Formfagrir og miklir sprengigígar vestast í Kröfluöskju, suður af Gæsafjöllum. Gígarnir mynduðust fyrir um 5000 árum og er talið að gosið hafi byrjað sem venjulegt sprungugos en sprengigígarnir mynduðust seinna vegna suðu sem varð í jarðhitakerfi Kröflu. Gígaröðin er um 700–800 m á lengd og liggur í stefnu NA-SV. Grænleit og gulbrún gjóska ásamt bergbrotum hefur dreifst frá gígnum, aðallega til vesturs og norðurs. Basalthraun runnu úr gígaröð sunnan við Hvannstóð og liggja þau undir sprengigígagjóskunni. Engin merki er um að hraun hafi runnið frá Hvannstöði sjálfu (Kristján Sæmundsson 1991) en yngri hraun frá Mývatnseldum runnu inn í gíginn. Talið er að þá hafi frosin mýri eða tjörn verið í sprengigígnum og þegar heitt hraunið rann yfir votlendið urðu til fágætar hraunmyndanir svo sem súlur, skútar, bogar og hvelfingar. Þessum einstökum hraunmyndunum í Hvannstöði var síðar ógnað í Kröflueldum þegar hraun rann alveg upp að borgunum. Hvannstóð minnir um margt á Dimmuborgir, en er smærri smíði (Bergþóra Sigurðardóttir 2013). Margbreytileiki jarðminja, ásamt vísinda- og fræðslugildi, gerir Hvannstóð að einstökum stað á heimsvísu sem þarf að vernda.

5.2 Þeistareykir

Athugunarsvæðið innan eldstöðvarkerfis Þeistareykja er skipt niður í sex jarðminjasvæði (I–N) og 15 jarðvætti (20–34) (2. tafla og 30. mynd). Skipting svæða miðast að mestu leyti við jarðfræðilegar heildir og jarðsögulegan aldur jarðminja. Lýsing jarðminja hefst vestast á svæðinu, við Lambafjöll, þar sem aðkoma frá Húsavík er inn á Þeistareyki, þaðan er farið til suðurs og endað við Bæjarfjall.

5.2.1 Almennt um jarðfræði svæðisins

Þeistareykir eru skilgreindir sem sjálfstætt eldstöðvarkerfi. Kerfið nær sunnan úr Mývatnssveit og norður í Öxarfjörð, er um 70–80 km á lengd og allt að 15 km breitt á milli Lambafjalla og Þeistareykjarbungu. Við Þeistareyki eru ýmsar jarðmyndanir sem einkenna megineldstöðvar svo sem súrt berg, háhitasvæði og sprungureinar (Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013). Sprungusrein Þeistareykjakerfisins einkennist af miklum gjám og misgengjum. Austan í Lambafjöllum eru stærstu misgengisfærslur sem þekktar eru á landinu og nema allt að 200 metrum. Húsavíkurmisgengin ganga inn í sprungurein Þeistareykjakerfisins (Kristján Sæmundsson o.fl. 2012a).

Elstu jarðmyndanir Þeistareykjakerfisins eru frá ísöld, með Lambafjöll í vestri og svokölluð Þeistareykjafjöll í eystri hluta kerfisins, en það eru Kvíhólafjöll, Bæjarfjall og Ketilfjall. Lambafjöll eru eldri og í þeim má greina á milli hlýskeiðs- og jökulskeiðsmyndana. Súrt og ísúrt berg finnst vestanmegin í kerfinu og það tilheyrir einnig eldsumbrotum frá ísöld. Eftir ísöld hafa einungis orðið dyngjugos á svæðinu og öll hraun runnu fyrir um 10.000–14.000 árum, fyrir utan Þeistareykjarhraun sem er yngst og um 2400 ára gamalt. Þeistareykjakerfið býr yfir miklum bergfræðilegum breytileika þar sem finna má píkít, ólívínþóleið, þóleið, andesít og líparít (Kristján Sæmundsson o.fl. 2012a, Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013).

5.2.2 Lýsing jarðminja

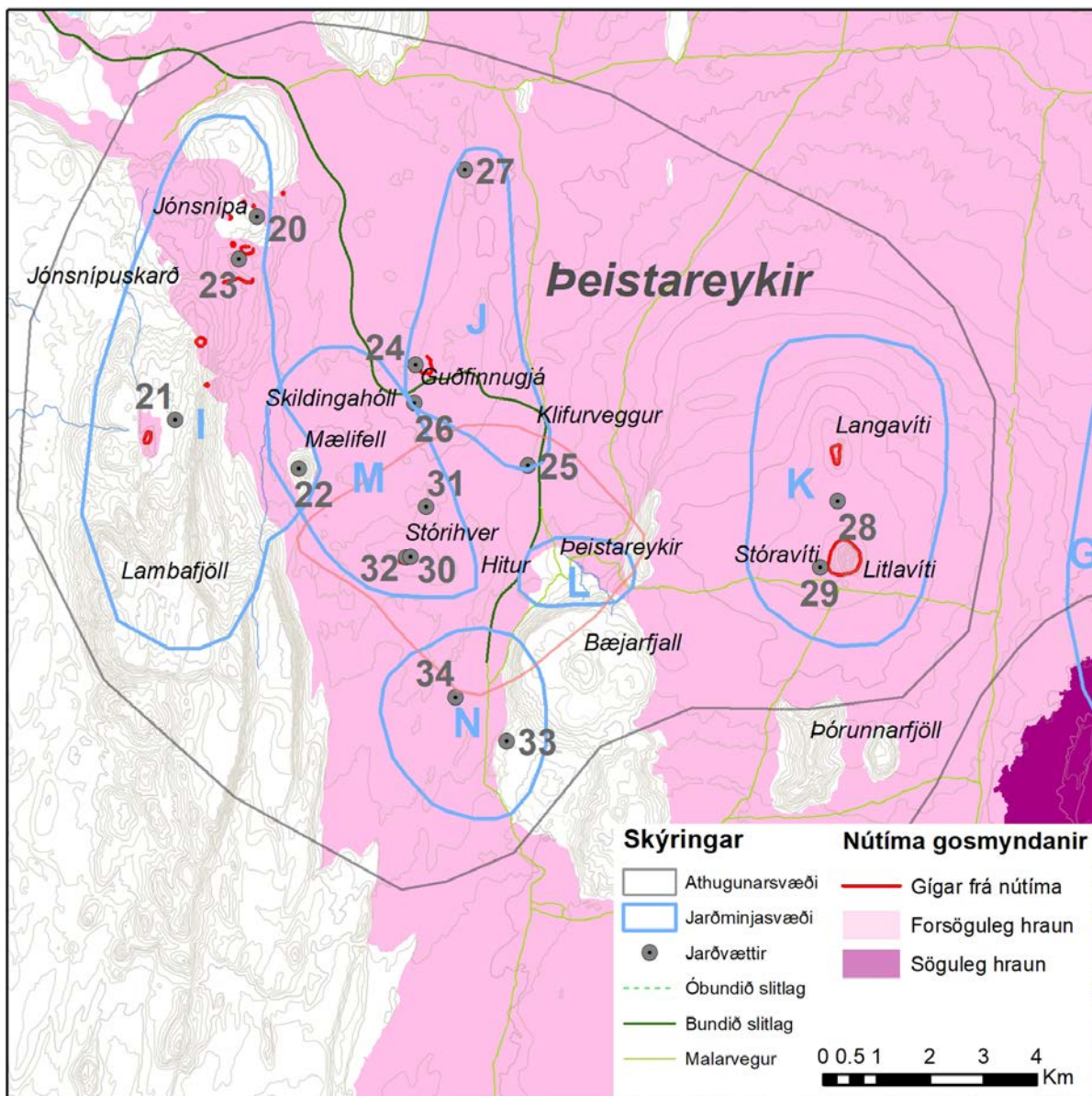
I. Jónsnípuskarð

20. Sprengigígur. Þrír sprengigígur eru við Höfuðreiðarmúla og Jónsnípufell. Þeir tengjast ekki jarðhitakerfi en eru taldir hafa myndast þegar grunnvatn komst í snertingu við kviku í gíggrás sem olli hvelldu vatnsins og sprengingum. Tveir elstu gígarnir mynduðust líklega meðan jökull lá enn yfir svæðinu þar sem úrkast úr þeim hefur ekki fundist. Gígarnir eru ógreinilegir þar sem þeir eru fylltir yngri hraunum, en þeir eru taldir hafa verið allt að 500 m í þvermál. Þriðji sprengigígurinn og sá yngsti liggur suðaustan við Jónsnípuskarð, hann er einnig talinn hafa verið um 500 m í þvermál og fyllir Hvammhraun gíginn. Úr þessum gíg rann Laufrandarhraun sem er úr pikríti. Talið er að sprenging hafi orðið í lok gossins þegar kvikan dróst niður og grunnvatn náði að streyma inn í gíggrásina sem orsakaði sprengigos. Mikið úrkast þeyttist úr sprengigígnum og dreifðist til norðurs. Úrkastið einkennist af grjóti og grjótflykkjum úr pikríti, þar sem stærsta grjótið er um 30 tonn í 300 m fjarlægð frá gígnum og um 100 kg grjót í 1200 m fjarlægð. Pikrítið er það sama og finnst í Laufrandarhrauni og er einstakt vegna þess hversu mikið magn af ólívíndílum er í því. Það er jafnframt eitt hreinasta pikrít sem vitað er um á landinu, þ.e.a.s. nær einungis eru ólívíndílar sjáanlegir. Það finnst víða í Jónsnípuskarði (Kristján Sæmundsson o.fl. 2012).

21. Lambafjöll. Berglögum í Lambafjöllum er skipt í þrjár syrpur, elst er grágrýti, næst því í aldri eru móbergsstapar norðan til í fjöllum og yngstir eru móbergs- og bólstrabergshryggir á sigspildu sem liggja eftir endilöngum fjöllum. Engir gígur hafa varðveist í stöpunum en gígur finnst á móberghryggjunum. Í yngstu syrpunni finnst einnig nokkrir ísúrir berggangar, úr andesíti, með basalthnyðlingum, t.d. á móts við Skessuskál og norður af henni. Líklegt er að gosið hafi undir þunnum jökli stuttu áður en hlýindakafla á síðjökultíma (Bölling) hófst fyrir um 15.000 árum. Lambafjöll eru sundurskorin af misgengjum með stefnuna N-S og þar eru að finna ein mestu misgengissig sem þekkt eru á landinu, um 200 m við Skeiðina (Kristján Sæmundsson o.fl. 2012a).

2. tafla. Skipting athugunarsvæðis innan eldstöðvakerfis Þeistareykja í jarðminjasvæði og jarðvætti.

Nr.	Eldstöðvakerfið Þeistareykir	Bls.
I	Jónsnípuskarð	35
20	Sprengigígur	35
21	Lambafjöll	36
22	Mælifell	37
23	Landslag	37
J	Misgengi	37
24	Guðfinnugjá	37
25	Klifarveggur	38
26	Skildingahóll	38
27	Þrípunktur	38
K	Þeistareykjabunga	39
28	Dyngjur og dyngjuhraun	39
29	Landslag	40
L	Þeistareykir	40
M	Þeistareykjahraun	40
30	Stórhver	40
31	Hraunmyndarnir	40
32	Landslag	46
N	Bæjarfjall	46
33	Bólstraberg (náma)	46
34	Borgarhraun	46



30. mynd. Þeistareykir. Afmörkun jarðminjasvæða (I–N) og staðsetning jarðvætta (20–34). Kort: Sigríður María Aðalsteinsdóttir.

22. Mælifell. Líparítfell (455 m y.s.) austan undir Lambafjöllum myndað á ísöld (31. mynd). Fellið er áberandi í landslaginu, umlukið Skildingahrauni og Þeistareykjahrauni. Í Lambafjöllum vestan við Mælifell má sjá innskot úr andesíti. Á milli Mælifells og Lambafjalla eru Mælifellshagar með allt að 25 m háa misgengisstalla í Skildingahrauni og kulnuðum jarðhitaummyndunum (Kristján Sæmundsson o.fl. 2012a).

23. Landslag. Línuvegur liggur upp á Jónsnípuskarð sem er í nyrðri hluta Lambafjalla og þaðan er gott útsýni yfir Þeistareyki. Skarðið er í um 420 m hæð yfir sjó. Ef horft er til austurs frá skarðinu yfir Þeistareykjahraun og Skildingahraun má greinilega sjá N-S stefnu misgengja og sprungureina eldstöðvakerfisins. Til suðaustur má sjá gufustróka frá háhitasvæðinu við Þeistareyki undir norðurhlíðum Bæjarfjalls. Í fjarska sést í kollinn á Þeistareykjabungu.



31. mynd. Mælifell og Lambafjöll í fjarska. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.



32. mynd. Klifurveggur er misgengi þar sem sjá má upphleðslu Skildingahrauns. Göngustígur liggur meðfram hraunvegnum, en hann getur verið varasamur vegna hættu á hruni. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 1. september 2018.

J. Misgengi

24. Skildingahólsveggur. Misgengi í Skildingahrauni sem gengur út frá Skildingahól. Þeistareykjahraun hefur runnið upp að þessum misgengisstalli, sem er allt að 15–20 m hár, en ekki er ljóst hversu sigið var mikið áður en Þeistareykjahraun rann. Misgengið hefur stefnuna N-S. Skildingahólsveggur er einnig kallaður Guðfinnugjá þegar misgengið heldur áfram norður við Sæluhúsvegg (sjá jarðvætti nr. 27. Þrípunktur) (Kristján Sæmundsson 2007).

25. Klifarveggur. Einnig nefndur Þeistareykjaklif er misgengisstallur skammt vestan við Þeistareykjavirkjun. Misgengið er í Skildingahrauni og hefur Þeistareykjahraun runnið upp að því (32. mynd). Misgengið er um 15 m hátt og stefnir N-S.

26. Skildingahóll. Lítill keilulaga hóll í Þeistareykjahrauni en hann tengist einu stærsta og elsta dyngjuhrauni svæðisins, Skildingahrauni sem myndaðist fyrir um 14.500 árum. Uptök hraunsins voru í dyngjugíg sem staðsettur var skammt norðan við Skildingahól og vestan við Skildingavegg en gígurinn er nú hulinn hraunum. Útbreiðsla hraunsins er óljós, þar sem mörg yngri hraun hafa runnið yfir það, en líklegt er að hraunið sé að minnsta kosti 100 km² að flatarmáli. Skildingahraun gefur vísbendingu um að Þeistareykjarsvæðið hafi orðið tiltölulega fljótt íslaust á síðjökultíma (Kristján Sæmundsson o.fl. 2012a).

27. Þrípunktur. Áhugaverður staður fyrir jarðvísindin því þar má greinilega sjá þverbrotakerfi Húsavíkurmisgengjanna ganga inn í vestri sprungurein Þeistareykjakerfisins. Í þrípunktinum má sjá þrjú misgengi. Skildingahólsvegur stefnir N-S sem er ríkjandi stefna í Þeistareykjakerfinu, og sker við Sæluhúsveg sem er með NV-SA stefnu og tengist brotabelti Húsavíkurmisgengisins. Guðfinnugjá tekur síðan við af Skildingahólsveggi og heldur stefnu sinni norður. Saman mynda þessi misgengi þrípunkt á vel afmörkuðu svæði sem gerir staðinn afar áhugaverðan og einstakan á landsvísu. Þeistareykjahraun hefur runnið upp að misgengisstöllum og á sumum stöðum yfir þá þar sem þeir voru lægstir (Kristján Sæmundsson 2007, Kristján Sæmundsson o.fl. 2012b).

K Þeistareykjabunga

28. Dyngjur og dyngjuhraun. Þeistareykjabunga eða Stóravítishraun er dyngja sem myndaðist í dyngjugosi í Stóravíti fyrir um 11.000–12.000 árum. Hraunflæmið nær yfir heiðarflákann upp af Kelduhverfi, yfir Þeistareykjarsvæðið, að Gjástykki og víðar. Flatarmál Stóravítisdyngjunnar (Þeistareykjarbungu) er um 500 km² og að rúmmáli er hún um 20 km³, sem gerir hana jafnframt að stærstu hraundyngju landsins (Kristján Sæmundsson 2007). Uptök Langavítishrauns voru í dyngjugígnum Langavíti, norðan við Stóravíti. Langavítishraun er um 8000–10.000 ára gamalt og rann það að hluta yfir Stóravítishraun og norður í Kelduhverfi. Flatarmál þess er um 40 km². Mikið er um niðurföll og hrauntraðir í hrauninu (Kristján Sæmundsson o.fl. 2012a).

Þrjú víti eru á Þeistareykjabungu. Það eru Stóravíti (34. mynd), Litlavíti (33. mynd) og Langavíti. Stóravíti er aðaldyngjugígur Þeistareykjarbungu, um 600 m í þvermál, og um 140 m djúpur. Gríðarstór björg eru umhverfis Stóravíti, sem komu upp sem úrkast í lok gossins þegar vatn komst í gosrásina með tilheyrandi sprengivirkni. Litlavíti er fallgígur sunnan við Stóravíti, um 140 m í þvermál og 70 m djúpur. Gígurinn er reglulegur og hringlaga með lóðréttum hraunveggjum þar sem sjá má upphleðslu dyngjunnar. Talið er líklegt að fallgígurinn hafi myndast í lok dyngjugossins í Stóravíti. Að lokum er Langavíti, dyngjugígur skammt norðan við Stóravíti þar sem Þeistareykjabunga er hæst. Gígurinn er ílangur, um 600 m á lengd, 60 m á breidd og 40 m djúpur (Björn Hróarsson 2016)

29. Landslag. Þrátt fyrir að stærsta hraundyngja landsins sé fremur einsleit, með sínum aflíðandi vel grónu hlíðum, þá er landslagið við og umhverfis Þeistareykjabungu tilkomumikið. Frá hábungunni er útsýni til allra átta og þar sem sést yfir í Öxarfjörð, Þeistareyki, Gjástykki og Hágöng norðan Kröflu. Svæðið er lítt raskað og þar eru miklar jarðfræðilegar heildir og víðerni.



33. mynd. Fallgígurinn Litlavíti á Þeistareykjabungu og landslagið til suðausturs. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 31. ágúst 2018.



34. mynd. Stóravíti. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 31. ágúst 2018.

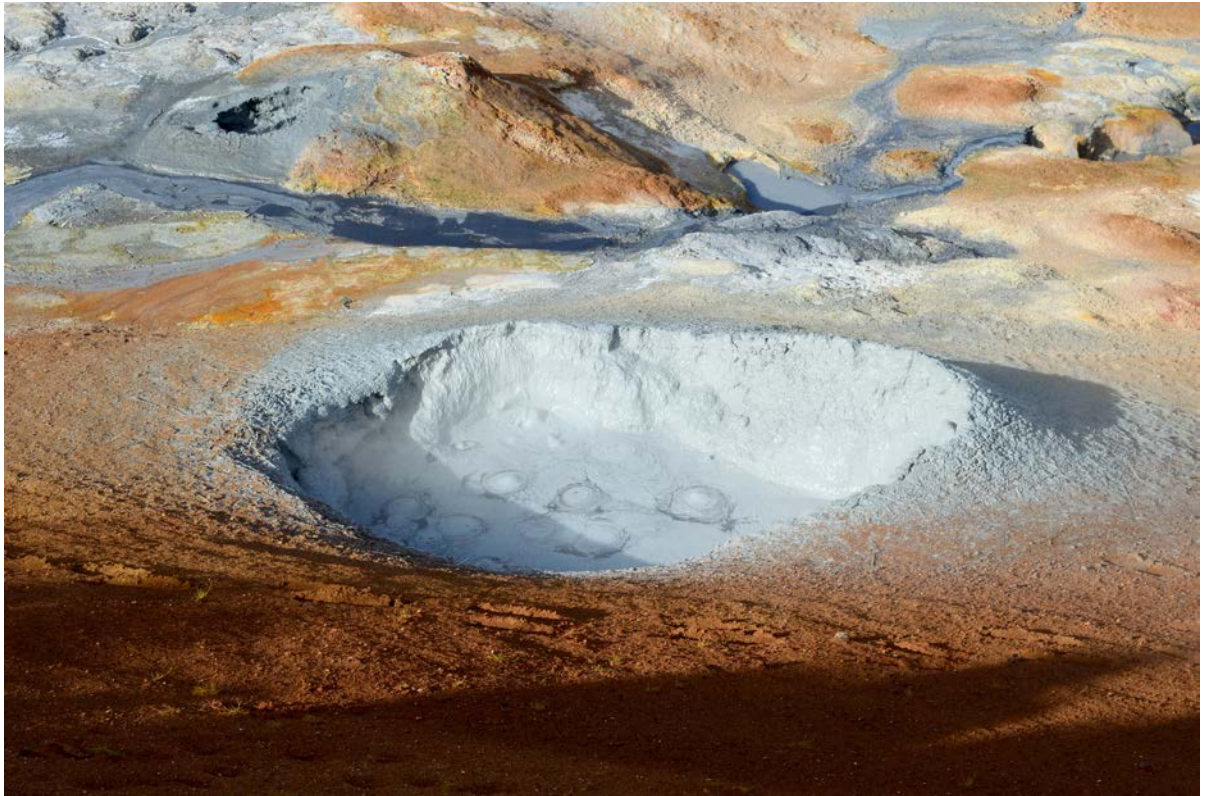
L Þeistareykir – jarðhitasvæðið

Háhitasvæði Þeistareykja tengist misgengjum og sprungum í virkri megineldstöð Þeistareykjakerfisins. Ummerki jarðhita ganga þvert á sprungusveima kerfisins, frá Lambafjöllum í vestri að Þeistareykjafjöllum í austri. Vestast í kerfinu hefur jarðhitinn kulnað og víða má sjá ummerki um kulnaða gufu- og leirhveru í Skildingshrauni. Borholurannsóknir við Þeistareykjafjöll sýna að jarðhitinn er þar á miklu dýpi. Jarðhiti á yfirborði raðar sér í sprungustefnu kerfisins N-S og finnst víða við misgengi, t.d. Hitur (Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013). Meginjarðhitasvæði Þeistareykja er norðan og norðvestan Bæjarfjalls í 340–530 m hæð yfir sjó. Einnig finnst talsverður jarðhiti við og í vesturhlíð Ketilfjalls. Við Bæjarfjall eru brennisteinsþúfur áberandi með talsverðu af brennisteini ásamt heitum og litríkum leirflög með hverasöltum. Bleik og rauðu leirflögin og mikil ummyndun í hlíðum Bæjarfjalls eru einkennandi fyrir svæðið ásamt fjölbreyttum leirhverum og leirugum vatnhverum (35.–36. mynd). Einnig er gifs og hverajárn (aðallega hematít) á rofnum svæðum (Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009).

Í hlíðum Bæjarfjalls er mikil ummyndun vegna jarðhita og víða hefur bólstraberg og skriðuefni orðið að leir. Þetta ummyndaða efni hefur skriðið fram á sléttlendið og myndar þykkt leirlag ofan á undirliggjandi hrauni. Í borholu skammt suðvestan við sæluhúsið á Þeistareykjum er leirlagið ofan á hrauninu 14 m þykkt (Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013). Í Bæjarfjalli má sjá nýlegt jarðfall fyrir ofan jarðhitasvæðið (37. mynd).



35. mynd. Litrík leirflög, hverasölt og brennsteinn eru áberandi á hverasvæðinu norðan Bæjarfjalls. Sjá má Lambafjöll og Mælifell í bakgrunni. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 1. september 2018.



36. mynd. Bullandi leirhver við rætur Bæjarfjalls. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir 1. september 2018.



37. mynd. Nýlegt jarðfall í norðvesturhlíð Bæjarfjalls líklega vegna jarðhita. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 1. september 2018.

M Þeistareykjahraun

30. Stórahver. Allstór, formfagur en óreglulegur dyngjugígur milli Þeistareykja og Lambafjalla (38. mynd). Upptök Þeistareykjahrauns voru í Stórahver og er það langyngst allra hrauna á svæðinu, eða um 2400 ára gamalt. Undir hrauninu fundust kolaðar gróðurleifar sem hægt var að aldursgreina. Þetta er tiltölulega lítið hraun eða um 28 km² að flatarmáli og um 40 m þykkt. Þeistareykjahraun telst vera dyngjuhraun en er ekki dæmigert fyrir þá gerð. Hraunið er að mestu óbrotið af sprungum og gjám, nema norðvestast á milli Höfuðreiðarmúla og Sæluhúsamúla. Þetta bendir til þess að litlar sem engar sprunguhreyfingar í Þeistareykjakerfinu eftir að hraunið rann (Kristján Sæmundsson o.fl. 2012a).

31. Hraunmyndanir. Margbreytilegar hraunmyndanir má sjá í Þeistareykjahrauni. Allmargar hrauntraðir og hraunrásir liggja frá Stórahver til allra átta, af ýmsum stærðum og gerðum. Röð niðurfalla er til norðurs frá gígnum (39. mynd) sem bendir til þess að þar hafi verið hraunrás neðanjarðar. Flest niðurföllin hafa myndast eftir að þak rásarinnar hrundi. Út frá loftmyndum virðist sem sprenging hafa orðið við sum niðurföllin en við önnur virðist kvika í hraunrás hafi fundið sér leið upp á yfirborð, flætt þar út og dreifst um nánasta nágrenni. Þá má greinilega sjá nýlegt hrun við sum niðurföllin. Til austurs frá gígnum og niður að borholustæðinu liggur falleg og samfelld hrauntröð. Í henni má sjá margs konar hraunmyndanir, s.s. hraunskánir, hraunsvigður, skriðför o.fl., sem urðu til þegar kvika flæddi eftir tröðinni og niður á undirlendi (40.–41. mynd). Í Þeistareykjahrauni hafa myndast bæði helluhraun og apalhraun og í hrauninu eru hellar. Hraunmyndanir í Þeistareykjahrauni, svo sem hrauntraðir, niðurföll og hellar, hafa lítið verið kannaðar og er full ástæða er til að bæta úr því.

Í tengslum við virkjanaframkvæmdir hefur orðið all nokkurt rask á Þeistareykjahrauni, t.d. vegna lagningu vega, línuslóða, háspennumastra og borhola. Skammt frá borholustæðinu í Þeistareykjahraun er afgirtur landgræðslureitur og innan girðingar vaxa grös og lúpína. Hætta er á að þessar plöntur geti dreift sér um hraunið sem er í dag tiltölulega vel gróið mosum, lyngi og íslenskum blómplöntum.



38. mynd. Horft til suðurs yfir gíginn Stórahver í Þeistareykjahrauni. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 1. september 2018.



39. mynd. Röð niðurfalla norður af Stórahver. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 1. september 2018.



40. mynd. Hrauntröðin sem liggur frá Stórahver niður að borholustæðinu. Þeistareykjavirkjun og Ketilfjall í fjarska. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 1. september 2018.



41. mynd. Fallegar hraunsvigður eru í hrauntröðinni úr Stórahver sem liggur niður að borholustæðinu. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 1. september 2018.



42. mynd. Bólstrabergsnáma. Ljós. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 31. ágúst 2018.



43. mynd. Bjarg með stuðlum, kubbabergi og bólstrum fær að njóta sín í námunni. Ljós. Sigríður María Aðalsteinsdóttir, 31. ágúst 2018.

32. Landslag. Við Stórahver í Þeistareykjahrauni er margbreytileiki hraunmyndana áhugaverður og mikil upplifun er að ganga eftir hrauntröðinni frá gígnum að borholustæðinu. Frá Stórahver er hægt að virða fyrir sér Lambafjöll í vestri sem eru reisuleg fjöll með ein stærstu misgengi landsins og þar eru að finna elstu myndanir Þeistareykjakerfisins frá jökul- og hlýskeiðum ísaldar.

N Bæjarfjall

Bæjarfjall (475 m.y.s) er kennileiti í landslaginu við Þeistareyki og er sennilega yngsta fjall á svæðinu frá ísöld. Fjallið er að mestu úr bólstrabergi, en hraukar úr móbergi eru ofan á bólstraberginu nálægt gígskál Bæjarfjalls. Gígur Bæjarfjalls er líklega best varðveitti gígur í bólstrabergi á landinu, en gígurinn féll saman í lok gossins (Kristján Sæmundsson 2007). Ganga upp á Bæjarfjall getur verið áhugaverð vegna jarðfræði fjallsins og ekki síst vegna útsýnis þaðan yfir Þeistareyki og Þeistareykjabungu.

33. Bólstrabergsnáma. Í tengslum við virkjanaframkvæmdir og veglagningu á Þeistareykjum var opnuð náma í Kvíhólum vestan Bæjarfjalls og Kvíhólafjalla. Verið er að ganga frá námunni með því að jafna út námuveggi og sá grasfræi. Í námunni eru falleg og áhugaverð þversnið af bólstrabergi (42. mynd) sem væri hægt að varðveita sem dæmi um einkennandi bergmyndun fyrir Þeistareykjafjöllin. Í námunni hafa verið skilin eftir nokkur falleg björg með stuðlum og kubbabergi (43. mynd). Allar bergmyndanirnar tilheyra gosmyndun Þeistareykjafjalla á ísöld og hafa mikið fræðslugildi fyrir ferðamenn. Náman er áhugaverður áningarstaður.

34. Borgarhraun. Suðvestan við Bæjarfjall er stærsta pikríðhraun landsins, u.þ.b. 32 km² að flatarmáli. Pikríðhraun eru fremur fágæt á Íslandi en nokkuð er um að þau hafi myndast undir lok ísaldar. Þau eru mynduð úr frumstæðri kviku og eru mjög ólivíndílótt. Upptök Borgarhrauns eru í gíg suðvestan við Þórunnarfjöll og út frá öskulagarannsóknnum er það talið myndast fyrir um 8000–10.000 árum. Hraunið rann til vesturs sunnan við Kvíhólafjöll og breiddi úr sér á milli Þeistareykjafjalla og Lambafjalla (Kristján Sæmundsson 2007, Kristján Sæmundsson o.fl. 2012a).

6 SAMANTEKT

Á athugunarsvæðunum við Kröflu og Þeistareyki eru margar áhugaverðar jarðminjar sem tengjast eldvirkni og brotahreyfingum. Svæðin eiga það sameiginlegt að vera tvö eldstöðvakerfi í norðurgosbeltinu með sprungureinar og háhitasvæði. Meginmunur kerfanna er að Kröflueldstöðvakerfið einkennist af tíðum goshrinum á nútíma þar sem gossprungur eru algengar, en Þeistareykjaeldstöðvakerfið einkennist af eldvirkni á síðjökultíma þar sem dyngjur eru algengar.

Eldstöðvakerfið í Kröflu hefur hátt alþjóðlegt vísindagildi vegna fjölda rannsókna sem þar hafa verið gerðar og hafa gefið jarðvísindamönnum betri innsýn í gerð megineldstöðva, innri gerð kvikuhólfa, kvikuflutninga og gliðnun jarðskorpunnar í rekbelti. Í Kröflueldum gafst tækifæri á að fylgjast með goshrinu í eldstöðvakerfi og gerðar voru margar nýjar jarðvísindalegar uppgötvanir sem hafa verið mikilvægar fyrir alþjóðlegar eldfjallarannsóknir.

Eldstöðvakerfið í Þeistareykjum hefur verið rannsakað í tengslum við nýja jarðvarmavirkjun, þar sem áhersla hefur verið lögð á jarðhitarannsóknir. Einnig hefur verið rannsakað einstakt samspil brotahreyfinga við Þeistareyki þar sem Húsavíkurmisgengið gengur inn í sprungurein Þeistareykjaeldstöðvakerfisins.

Jarðhitavirkni í Kröflu, Námafjalli og á Þeistareykjum er vöktuð reglulega, t.d. með kortlagningu á útbreiðslu jarðhitans, mælingum á jarðhita, gasústreymi og efnasamsetningu grunnvatns. Þannig er fylgst með breytingum og þróun jarðhitakerfanna.

Áhugaverðar jarðminjar sem lýst er í skýrslunni eru flestar með hátt vísinda- og fræðslugildi, eru mikilvægar fyrir jarðsögu Íslands og sumar þeirra hafa alþjóðlegt mikilvægi fyrir jarðvísindin. Margar jarðminjar eru því metnar með hátt verndargildi á landsvísu og eru jafnvel einstakar eða fágætar á heimsvísu. Þær sem eru með hátt verndargildi má flokka eftir jarðfræðilegri gerð og myndun í eftirfarandi:

- **Gliðnunarprungur í rekabelti:** Leirhnjúkur, Gjástykki
- **Hverasvæði og jarðhitamyndanir á yfirborði:** Námafjall, Leirhnjúkur, Krafla, Hveragil, Þeistareykir.
- **Misgengi:** Krafla, Gjástykki, Lambafjöll, Skildingahólsveggur og Sæluhúsaveggur
- **Sprengigígur:** Víti, Hvannstóð, Jónsnípuskarð
- **Hverfellstúff, hraftinna og píkrít:** við Jarðbaðshóla, Hraftinnuhryggur, Borgarhraun, Jónsnípuskarð
- **Gígaraðir, gossprungur og hraun:** sögulegar myndanir við Leirhnjúk
- **Dyngjugígur og hraun:** Þeistareykjabunga
- **Hraunmyndanir:** Leirhnjúkshraun, Þeistareykjahraun

Ekkert af framangreindum jarðminjasvæðum eða jarðvættum eru friðlýst í dag en tillögur hafa verið settar fram um vernd nokkurra þeirra. Hins vegar njóta gígur, hraun, hellar og jarðhitamyndanir á yfirborði sérstakrar verndar samkvæmt lögum nr. 60/2013 um náttúruvernd.

Á athugunarsvæðinu eru einnig nokkrar lítt eða óraskaðar jarðfræðilegar heildir sem þörf er að vernda. Má þar nefna Gjástykki, Hvannstóð, Þeistareykjahraun og Þeistareykjabunga.

Ýmsar framkvæmdir ógna verndargildi jarðminja og breyta ásýnd landsins. Í tengslum við jarðvarmavirkjanirnar við Kröflu og Þeistareyki hefur óneitanlega fylgt mikið rask, t.d. eftir borholuplön, hitalagnir, vegi og háspennulínur. Mývatn og Krafla eru vinsælir ferðamannastaðir og hefur aukin ásókn á síðustu árum valdið álagi á nokkrum svæðum þannig að nauðsynlegt hefur verið að loka þeim tímabundið. Þetta á sérstaklega við um jarðhitasvæðin við Hverarönd og Leirhnjúk. Aukin ferðaþjónusta kallar á frekari innviðauppbýggingu á vinsælum ferðamannstöðum. Slík uppbygging getur verndað jarðminjar en getur einnig verið ógn. Bjarnarflag er mest raskaða svæðið af þeim sem skoðuð voru en þar hefur verið ýmis starfsemi auk virkjanaframkvæmda í fjölda mörg ár.

Enn sem komið er heimsækja færri ferðamenn Þeistareyki en Kröflu en með nýjum vegi hefur aðgengi að svæðinu batnað mikið. Þeistareykir hafa upp á ýmislegt að bjóða fyrir ferðamenn og er mikilvægt að viðkomandi sveitarfélag standi vel að uppbyggingu áningarstaða innan svæðisins með það að leiðarljósi að vernda viðkvæma náttúru. Þetta á sérstaklega við um jarðhitasvæðið norðan við Bæjarfell. Landgræðsla innan Þeistareykja þarf að vera í samræmi við náttúrulegan gróður svæðisins og uppræta þarf lúpínu í Þeistareykjahrauni.

Krafla og Þeistareykir eru einstakir jarðminjastaðir á Íslandi sem búa yfir miklum jarðbreytileika og merkjum jarðmyndunum. Lýsingar á jarðminjum geta komið að góðum notum til að efla

fræðslu um myndun og mótun svæðanna, stuðla að verndun þeirra og auka upplifun gesta sem þangað sækja. Jarðminjasvæði og jarðvætti innan athugunarsvæða eldstöðvakerfanna sem hér hefur verið lýst er ekki tæmandi úttekt á þeim jarðminjum sem þar finnast.

7 HEIMILDIR

Annette K. Mortensen, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Freysteinn Sigmundsson, Guðni Axelsson, Halldór Ármannsson, Héðin Björnsson, Kristján Ágústsson, Kristján Sæmundsson, Magnús Ólafsson, Ragna Karlsdóttir, Sæunn Halldórsdóttir og Trausti Hauksson 2009. *Jarðhitakerfið í Kröflu. Samantekt á jarðhitakerfinu og endurskoðað hugmyndalíkan*. Landsvirkjun LV-2009/111. Unnið af Íslenskum orkurannsóknum fyrir Landsvirkjun. Reykjavík: Landsvirkjun.

Auglýsing nr. 1262 um náttúruvættið Dimmuborgir í Skútustaðahreppi, 22. júní 2011. Birt í Stjórnartíðindum, B-deild. https://ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Fridlyst-svaedi/Fridlysingar/Dimmuborgir-og-Hverfjall/B_nr_1262_2011.pdf [skoðað 28.9.2019]

Auglýsing nr. 1261 um náttúruvættið Hverfjall (Hverfell) í Skútustaðahreppi, 22. júní 2011. Birt í Stjórnartíðindum, B-deild. https://ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Fridlyst-svaedi/Auglysingar/Hverfjal,l%20nr.%201261_2011.pdf [skoðað 28.9.2019]

Bergþóra Sigurðardóttir 2013. Höggmyndalist náttúrunnar. Hvannstóð í Kröfluöskjunni. *Náttúrufræðingurinn* 83(1–2): 6–12.

Björn Hróarsson 2006. *Íslenskir Hellar*. Reykjavík: Vaka Helgafell.

Björn Hróarsson og Sigurður Sveinn Jónsson 1991. *Hverir á Íslandi*. Reykjavík: Mál og menning.

Eysteinn Tryggvason 1986. Multiple magma reservoirs in a rift-zone volcano – Ground deformation and magma transport during the September 1984 eruption of Krafla, Iceland. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 28: 1–44.

Guðríður Þorðvarðardóttir og María Harðardóttir 2004. *Verndarsvæði í Skútustaðahreppi. Tillögur Umhverfisstofnunar vegna breytinga á lögum um vernd Mývatns og Laxár*. Reykjavík: Umhverfisstofnun.

Haukur Jóhannesson 2014. *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:600 000. Berggrunnur. 2. útgáfa*. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.

Kristján Jónasson og Helgi Torfason 2006. *Hrafnitinn í Hrafninnuhrygg, Hrafninnuskeri og Austurbjöllum*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NI-06004. Unnið fyrir Línuhönnun. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.

Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009. *Jarðfræði, landmótun og yfirborðsummerki jarðhita*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NI-09012. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.

Kristján Sæmundsson 1991. Jarðfræði Kröflukerfisins. Í Arnþór Garðarsson og Árni Einarsson, ritstj. *Náttúra Mývatns*, bls. 25–95. Reykjavík: Hið Íslenska náttúrufræðifélag.

Kristján Sæmundsson 2007. *Jarðfræðin á Þeistareykjum*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-07270. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. Reykjavík: Íslenskar orkurannsóknir.

- Kristján Sæmundsson og Freysteinn Sigmundsson 2013. Eldstöðvar Íslands – Norðurgosbelti. Í Ásgeir Ásgeirsson, Bjarni Bessason, Freysteinn Sigmundsson og Júlíus Sólmes, ritstj. *Náttúruvá á Íslandi, eldgos og jarðskjálftar*, bls. 319–358. Reykjavík: Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan.
- Kristján Sæmundsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Karl Grönvold 2012a. *Þeistareykir. Jarðfræðirannsóknir 2011*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR2012/024. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. Reykjavík: Íslenskar orkurannsóknir.
- Kristján Sæmundsson, Árni Hjartarson, Ingibjörg Kaldal, Magnús Á. Sigurgeirsson, Sigurður G. Kristinsson og Skúli Víkingsson 2012b. *Jarðfræðikort af Norðurgosbelti. Nyrðri hluti. 1:100 000*. Reykjavík: Íslenskar Orkurannsóknir og Landsvirkjun.
- Loftmyndir 2019a. *Kortasjá Orkustofnunar*. <http://map.is/os> (Borholugögn um gufuöflun) [skoðað 15.5.2019]
- Loftmyndir 2019b. *Kortasjá Landsnets*. www.map.is/landsnet (Háspennulínur – loftlínur) [skoðað 3.7.2019]
- Lovísa Ásbjörnsdóttir 2016. *Áhugaverðar jarðminjar á Þjórsár- og Tugnaársvæðinu*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NI-16004. Unnið fyrir Landsvirkjun. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Náttúrufræðistofnun Íslands a. *Náttúruminjaskrá*. www.ni.is/midlun/natturuminjaskra [skoðað 28.3.2019]
- Náttúrufræðistofnun Íslands b. *Sérstök vernd vistkerfa og jarðminja*. <https://serstokvernd.ni.is> (Eldvörp og gervíggar, eldhraun á nútíma, hraunhellar og jarðhiti) [skoðað 15.5.2019]
- Páll Einarsson 1978. S-wave shadows in the Krafla caldera in NE-Iceland, evidence for a magma chamber in the crust. *Bulletin of Volcanology* 41: 1–9.
- Rannveig Ólafsdóttir og Eva Sif Jóhannsdóttir 2009. *Mat á áhrifum Kröfluvirkjuna II á ferðaþjónustu og útivist*. Akureyri: Rannsóknamiðstöð ferðamála.
- Sigmundur Einarsson, Kristján Jónasson og Lovísa Ásbjörnsdóttir 2012. Landið var fagurt og frítt – Um verndun jarðminja. *Náttúrufræðingurinn* 82(1–4): 151–159.
- Sigurvin Elíasson 1979. Kerlingarhólar í Gjástykki. *Náttúrufræðingurinn* 49(1): 51–63.
- Sigurður Þórarinnsson 1962. Trjáför í Hverfjalls- og Hekluvíkri. *Náttúrufræðingurinn* 32(3): 124–131.
- Umhverfisstofnun 2019. *Náttúruminjaskrá*. <https://ust.is/nattura/natturuverndarsvaedi/natturuminjaskra/> [skoðað 28.9.2019]