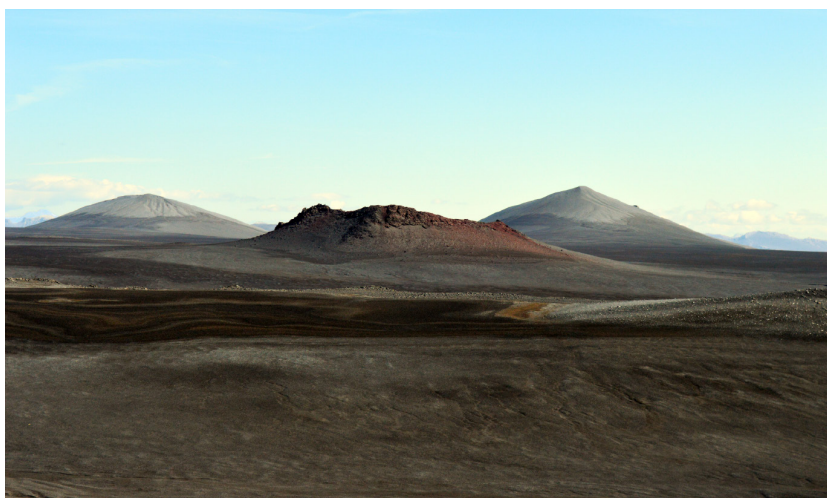




Áhugaverðar jarðminjar á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu

Lovísa Ásbjörnsdóttir

Unnið fyrir Landsvirkjun



Áhugaverðar jarðminjar á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu

Lovísa Ásbjörnsdóttir

Unnið fyrir Landsvirkjun

NÍ-16004

Garðabær, desember 2016



NÁTTÚRUFRAÐISTOFNUN ÍSLANDS

Mynd á kápu: Gígur við Vatnaöldur. Ljósmynd. Lovísa Ásbjörnsdóttir, 11. ágúst 2014.

ISSN 1670-0120

	Urriðaholtsstræti 6-8 212 Garðabæ Sími 590 0500 Fax 590 0595 http://www.ni.is ni@ni.is	Borgum við Norðurslóð 602 Akureyri Sími 460 0500 Fax 460 0501 http://www.ni.is nia@ni.is
Skýrsla nr. NÍ-16004	Dags, Mán, Ár Desember 2016	Dreifing Opin
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Áhugaverðar jarðminjar á Tungnaár- og Þjórsársvæðinu		Upplag 12
		Fjöldi síðna 27
		Kort / Mælikvarði
Höfundar Lovísa Ásbjörnsdóttir		Verknúmer 8808 Málsnúmer 201602005
Unnið fyrir Unnið fyrir Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar		
Útdráttur Þjórsár- og Tungnársvæðið hefur mikinn jarðfræðilegan breytileika með eldstöðvum og gosmyndunum, jarðmyndunum frá hlýskeiðum og jökulskeiðum ísaldar, jökulmenjum frá síðjökultíma og virkum jarðfræðilegum ferlum á nútíma. Út frá jarðlögum má lesa jarðsögu svæðisins síðustu 2 milljóna ára. Svæðið nær yfir syðri hluta Austurgosbeltisins þar sem eru stærstu og virkustu eldstöðvakerfi landsins, s.s. Grímsvötn og Bárðarbunga. Innan svæðisins eru Vatnajökull og Hofsjökull sem hafa áhrif á svæðið og þar eiga upptök sín tvö mikil fallvötn, Tungnaá og Þjórsá. Í skýrslunni er jarðminjum lýst og þeim skipt í 12 jarðminjasvæði sem ná yfir stór svæði með jarðfræðilegum heildum og 33 jarðminjastaði með áhugaverðar jarðminjar sem hafa hátt vísinda- og fræðslugildi. Lýsing jarðminja byggir á eldri jarðfræðirannsóknunum og samantektum um jarðfræði á Þjórsár- og Tungnársvæðinu. Virkjanaframkvæmdir hafa óneitanlega mikil áhrif á jarðminjar og landslagsheildir. Á svæðinu eru sex vatnsaflsvirkjanir og átta miðlunarlón. Stór landssvæði fara undir virkjanir og miðlunarlón, þeim fylgir talsverð mannvirkjagerð, s.s. stöðvarhús, háspennulínur, stíflugarðar, veituskurðir og vegalagnir. Jarðfræðirannsóknir og kortlagning hafa verið umfangsmiklar vegna virkjanaframkvæmda og því er berg- og jarðgrunnur vel kannaður.		
Lykilorð Jarðminjar, jarðminjavernd, virkjanir, umhverfisáhrif.	Yfirfarið Magnús Guðmundsson	

EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR	7
2 JARÐMINJAR OG JARÐMINJAVERND	7
3 ATHUGUNARSVÆÐI OG ÚRVINNSLA	8
3.1 Jarðminjar	8
3.2 Virkjanir	11
4 LÝSING JARÐMINJA	12
4.1 Jarðminjasvæði	12
4.2 Jarðminjastaðir	17
5 ÁHRIF VIRKJANA	22
6 SAMANTEKT	23
5 HEIMILDIR	26

1 INNGANGUR

Á síðustu misserum hefur Landsvirkjun verið að meta hin ýmsu umhverfis- og samfélagslegu áhrif virkjana á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu, til samræmis við þær kröfur sem gerðar eru í alþjóðlegum matslykli um sjálfbærni vatnsaflsvirkjana (The Hydropower Sustainability Assessment Protocol (HSAP)). Í tengslum við það hefur verið unnið minnisblað fyrir hvern umhverfisþátt fyrir sig, þar sem safnað er saman upplýsingum og heimildum um rannsóknir og framkvæmdir sem Landsvirkjun hefur staðið fyrir á svæðinu.

Landsvirkjun óskaði eftir því að Náttúrufræðistofnun Íslands skrifaði samantekt um jarðmyndanir á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu. Til grundvallar lá minnisblað sem Verkís hf. tók saman, en þar er gerð ítarleg samantekt á heimildum um jarðfræðirannsóknir og jarðfræðikortlagningu sem hafa farið fram á virkjunarsvæðunum síðustu 60 árin og þau sett í tímaröð (Hugrún Gunnarsdóttir 2015).

Markmiðið með þessari skýrslu er að taka saman upplýsingar um áhugaverðar jarðminjar á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu. Einnig er kannað hvernig meta megi áhrif virkjanaframkvæmda á jarðminjar.

2 JARÐMINJAR OG JARÐMINJAVERNÐ

Orðið jarðminjar (e. geoh heritage) er mjög víðfeðmt og tekur til nánast allra jarðfræðilegra þátta án þess að fela í sér mat á mikilvægi eða verndargildi. Jarðminjar eru skilgreindar sem einstakir þættir jarðbreytileikans (e. geodiversity), þ.e. fyrirbæri ásamt tilheyrandi myndunar- og mótunarferli (Sigmundur Einarsson o.fl. 2012).

Á Íslandi hefur ekki verið þróuð sérstök aðferðafræði til að meta gildi jarðminja en settar hafa verið fram tillögur um flokkun jarðminja og bent á mikilvægi þess að vernda jarðminjar (Helgi Torfason o.fl. 2002, Sigmundur Einarsson o.fl. 2012). Jarðminjum hefur verið skipt upp í þrjá grunnflokka sem eru: berggrunnur, landmótun ísaldarjökla og virk ferli landmótunar á nútíma. Vísindalegt gildi jarðminja er grundvöllur fyrir mati á mikilvægi þeirra, en einnig er nauðsynlegt að horfa til fræðslugildis, fegurðargildis og fleiri þátta. Mat á mikilvægi eða fágæti jarðminja þarf að byggja á kerfisbundinni flokkun, samanburði og skýrum viðmiðum (Sigmundur Einarsson o.fl. 2012). Í vinnu faghópa rammaáætlunar var þróuð aðferðafræði með fjölpátta greiningu til að meta verðmæti svæða og áhrif nýtingar. Þetta var í fyrsta sinn sem notuð var magnbundin aðferðafræði á Íslandi til að meta verðmæti náttúrunnar (Aagot V. Óskarsdóttir, ritstj. 2011). Í Evrópu hafa verið settar fram nokkrar aðferðir við mat á jarðminjum og flestar tengjast þær magnbundinni aðferðafræði þar sem sett eru fram skilgreind viðmið. Viðmiðin eru m.a. hversu einkennandi staðurinn er fyrir ferli jarðmyndunar eða landmótunar, heilleiki jarðminja, fágæti, jarðbreytileiki og vísindaleg þekking. Þá eru einnig skoðuð viðmið eins og t.d. aðgengi, ástand og ógnir, auk fræðslugildis og gildi fyrir ferðaþjónustu (Brilha 2014).

Í 3. gr. laga nr. 60/2013, um náttúruvernd, eru sett fram verndarmarkmið fyrir jarðminjar, vatnasvæði, landslag og víðerni. Markmið með jarðminjavernd (e. geoconservation) er að varðveita allt róf og breytileika innan íslenskrar jarðfræði, ásamt því að varðveita heildarmynd af jarðsögu landsins (Sigmundur Einarsson o.fl. 2012). Skipuleg jarðminjaskráning er nauðsynlegur grunnur fyrir vernd jarðminja. Mikilvægt er að vernda landslagsheildir þar sem greina má jarðmyndun eða landmótun á stórum svæðum. Á þetta sérstaklega við um landsvæði með

eldstöðvum og brotahreyfingum, svæði með landmótun jökla frá ísöld og svæði með virkum ferlum landmótunar á nútíma.

Á Íslandi hefur ekki enn verið ráðist í skipulega jarðminjaskráningu eða sett fram viðmið fyrir kerfisbundið mat á mikilvægi eða sérstöðu jarðminja eða mikilvægra jarðfræðilegra svæða. Með jarðminjaskráningu fæst yfirlit yfir gerð og breytileika jarðminja á Íslandi og er mikilvæg fyrir stjórnvöld, skipulagsyfirvöld og framkvæmdaaðila. Á Náttúrufræðistofnun Íslands er unnið að því að safna upplýsingum um jarðminjar fyrir jarðminjaskráningu, en slík skráning kemur alltaf til með að byggja á álit og aðkomu margra sérfræðinga innan hina ýmsu fagsviða jarðvísindanna.

3 ATHUGUNARSVÆÐI OG ÚRVINNSLA

Landsvirkjun hefur afmarkað Þjórsár- og Tungnaáarsvæðið eftir vatnasviðum virkjana og nær það yfir stóran hluta af miðhálandi Íslands, eða um 5.800 km² svæði (1. mynd). Svæðin eru níu talsins: Búrfell (svæði 1), Sultartangi (svæði 2), Sigalda og Hrauneyjar (svæði 3), Þórisvatnsmiðlun og Vatnsfell (svæði 4), Hágöngumiðlun (svæði 5), Kvíslaveita (svæði 6), Norðlingaölduveita (svæði 7), neðri hluti Þjórsár (svæði 8) og Búðarhálsvirkjun (svæði 9).

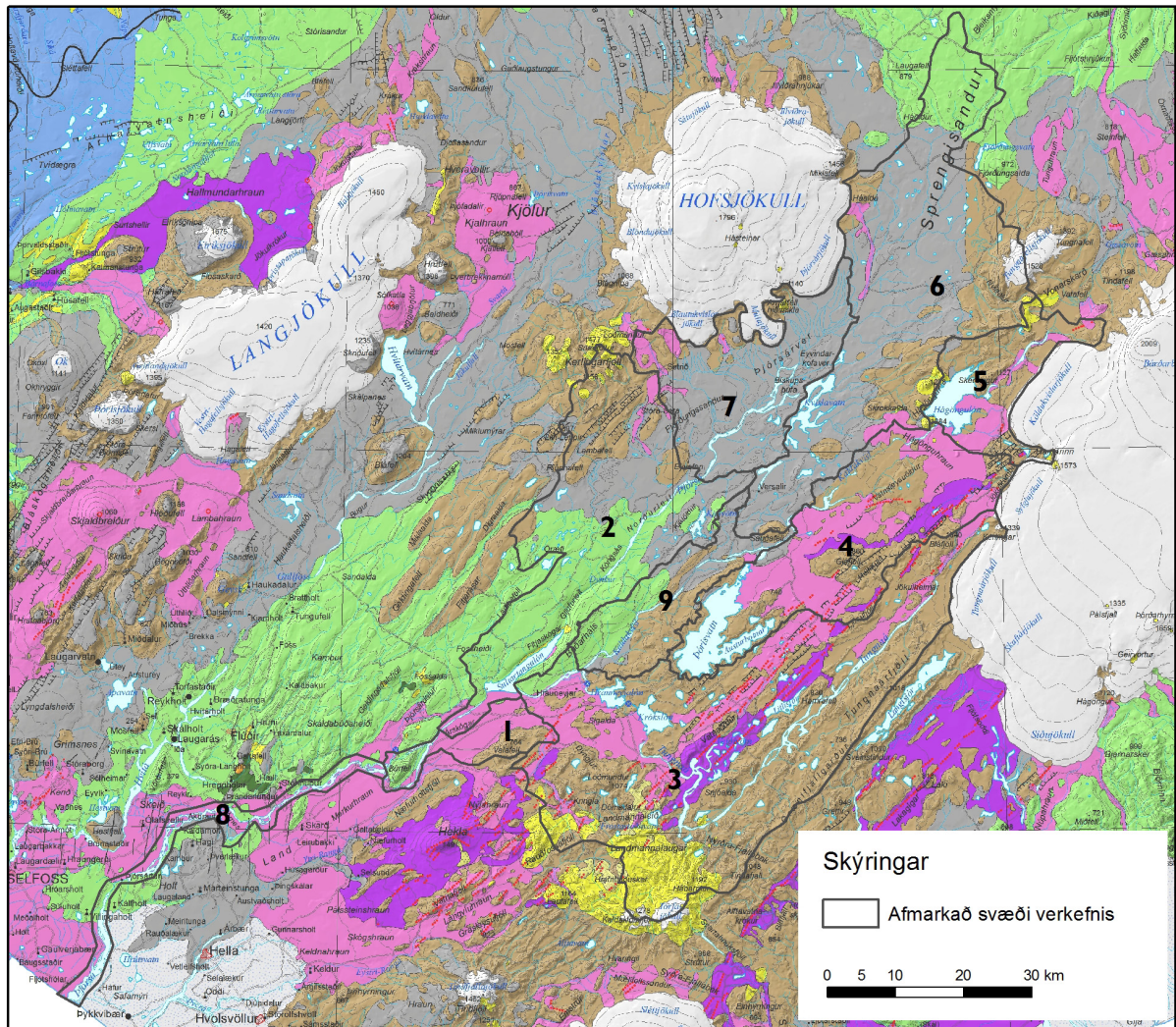
Mikill jarðfræðilegur breytileiki er á svæðinu. Svæðið nær yfir syðri hluta Austurgosbeltisins þar sem eru stærstu og virkustu eldstöðvakerfi landsins, s.s. Grímsvötn og Bárðarbunga. Tveir stórir jöklar, Vatnajökull og Hofsjökull, hafa áhrif á svæðið og þar eiga upptök sín tvö mikil fallvötn, Tungnaá og Þjórsá.

Í rúmlega 60 ár hafa verið gerðar margvíslegar jarðvísindalegar rannsóknir á svæðinu í tengslum við virkjanaframkvæmdir (Hugrún Gunnarsdóttir 2015). Jarðfræði svæðisins hefur verið rannsökuð og kortlögð, bæði berggrunnur og jarðgrunnur. Auk þess sem rannsóknarboranir gefa mikilvægar upplýsingar um innri gerð berggrunnsins. Jarðfræðin er því nokkuð vel þekkt og endurspeglar jarðsögu síðustu 2 milljónir ára. Jarðfræðikort af svæðinu gefa mikilvægar upplýsingar um jarðfræðiheildir, en ítarlegar rannsóknir og vísindaleg þekking einskorðast oft við afmörkuð svæði virkjana en fyrir utan þau geta upplýsingar stundum verið gloppóttar. Þá vantar oft upp á að samræma jarðfræðilegar upplýsingar á milli svæða og tengja saman myndanir frá sama jarðsögutíma.

3.1 Jarðminjar

Aðferðir við að meta gildi jarðminja er enn í þróun hérlandis, en í þessari skýrslu er leitast við að lýsa áhugaverðum jarðminjum aðallega út frá vísinda- og fræðslugildi þeirra, en einnig út frá fegurðargildi. Lýsing á jarðminjum byggir á jarðfræðirannsóknum í tengslum við virkjanaframkvæmdir, jarðfræðikortum, greinagerðum og samantektum um jarðfræði Þjórsár- og Tungnaáarsvæðisins. Í sumum þeirra er lagt mat á fágæti eða verndargildi jarðminja og var stuðst við þessar lýsingar. Þar er helst að nefna:

Freysteinn Sigurðsson (1996) skrifar „Jarðlýsingu Miðhálandisins“ þar sem hálandinu er skipt upp í átta hluta og þeim síðan niður í deilisvæði. Almenn jarðfræðilýsing er fyrir hvern hluta og síðan nákvæmari jarðlýsing fyrir hvert deilisvæði. Í greinagerðinni er fjallað um eldstöðvar, berggrunn, jarðgrunn, höggun, jarðveg, áferð lands, landslagsfegurð og jarðrænar auðlindir s.s. jarðhiti og jarðefni. Þá er tekið fram hversu vel svæðið er rannsakað eða kortlagt.



1. mynd. Þjórsár- og Tungnaársvæðinu er skipt upp í níu svæði eftir vatnasviðum virkjananna. Mörk þeirra eru birt hér á jarðfræðikorti (Haukur Jóhannesson 2014).

Árni Hjartarson (1996) lýsir jarðminjum við Hágöngumiðlun og gerir grein fyrir áhrifum Hágöngulóns á þær.

Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir (1999) leggja mat á verndargildi jökulmenja í tengslum við Norðlingaöldumiðlun. Með greinargerðinni fylgir kort sem sýnir afmörkuð svæði jökulmenja sem hafa mikið verndargildi á landsvísu og eru mikilvægur hluti af hörfunarsögu ísaldarjökulsins á miðhálandinu.

Snorri Baldursson o.fl. (2006) unnu samantekt fyrir umhverfiráðuneytið um náttúrufar og náttúruminjar umhverfis Vatnajökul. Þar koma fram lýsingar á jarðminjum og jarðminjasvæðum, þar sem lagt er mat á fágæti og verndargildi þeirra á lands- og heimsvísu.

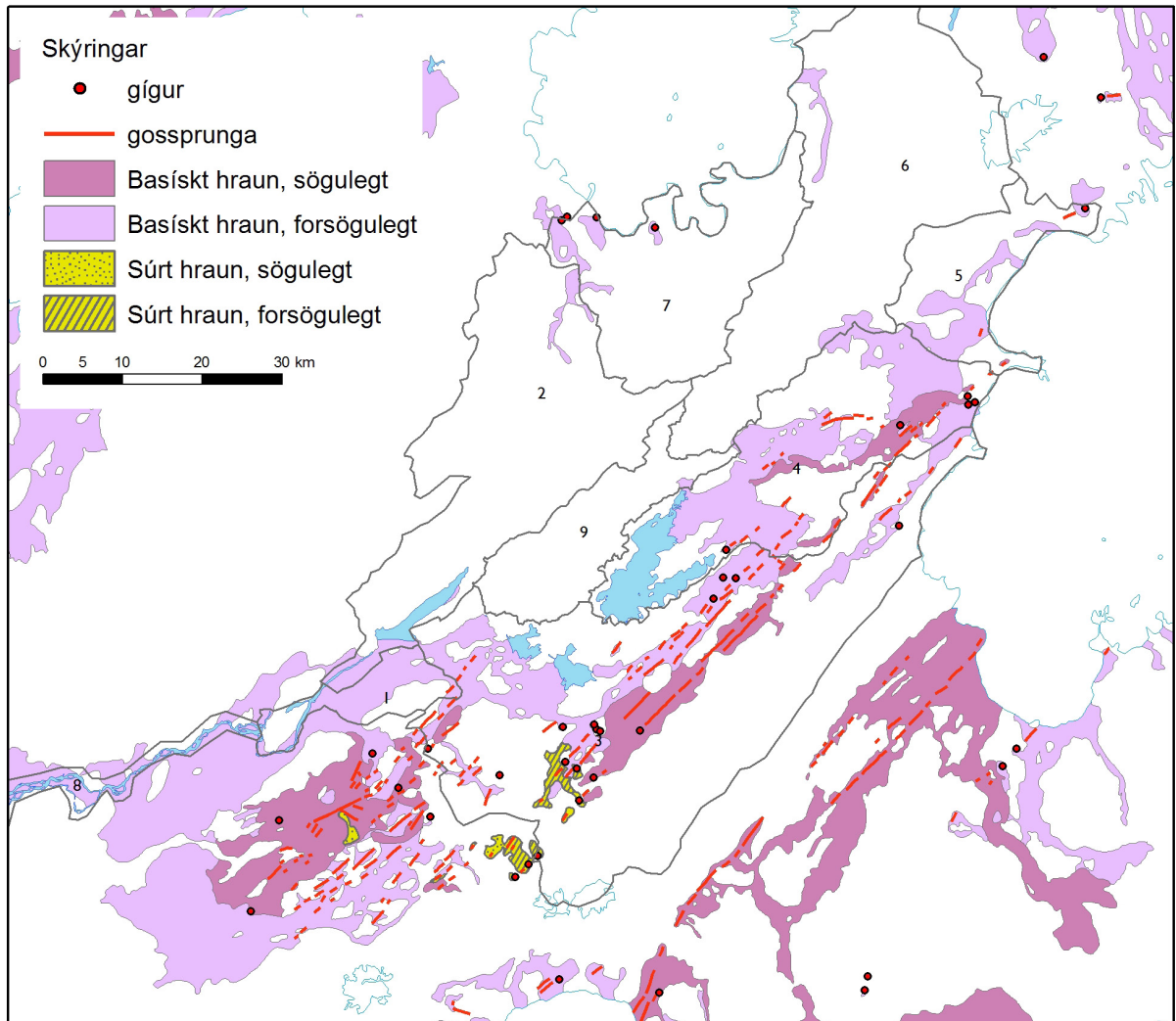
Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson (2009) flokkuðu og lýstu 18 háhitasvæðum, gerðu samanburð og mátu verndargildi þeirra með fjölþáttagreiningu. Það var í fyrsta sinn sem náttúrufarsupplýsingum um háhitasvæði landsins var skipulega safnað saman til að meta sérstöðu og verðmæti þeirra í íslenskri náttúru.

1. tafla. Dreifing jarðminjasvæða (A–L) og jarðminjastaða (1–33) innan níu vatnasviða virkjana á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu. Blaðsíðutalið er tilvísun í lýsingu á jarðminjum í skýrslunni.

Svæði 1 – Búrfell			Bls.	Svæði 4 – Þórisvatnsmiðlun – Vatnsfell			Bls.
A	Búrfell og eldri berggrunnur svæðisins		13	D	Tungnaárhraungígar		15
B	Hekla		14	E	Vatnaöldugígar		15
1	Hekluvíkur		17	F	Veiðivatnagígar		15
2	Sámstaðaklíf		17	9	Þórisvatn		19
3	Tröllkonuhlaup og Þjófafoss		17	12	Gígurinn Brandur		19
4	Vaðalda		18	Svæði 5 – Hágöngumiðlun			
Svæði 2 – Sultartangi				21	Sveðjuhraun		21
A	Búrfell og eldri berggrunnur svæðisins		13	27	Sveðja		21
K	Fjórðungssandur		16	28	Vonaráfoss		21
L	Kerlingarfjöll		17	Svæði 6 – Kvíslaveita			
5	Skúmstungnalón		18	H	Vonarskarð		16
6	Fitjaskógar		18	I	Jökulgarðar á Sprengisandi		16
7	Dynkur		19	22	Hágöngur		21
30	Sprungur við Kerlingarfjöll		22	23	Hágöngugljúfur		21
Svæði 3 – Sigalda og Hrauneyjar				24	Miðfell - jaðarrás		21
B	Hekla		14	25	Hágöngudalur		21
C	Torfajökull		15	26	Rauðkollur		21
D	Tungnaárhraungígar		15	29	Versalir		22
E	Vatnaöldugígar		15	Svæði 7 – Norðlingaölduveita			
F	Veiðivatnagígar		15	J	Þjórsárver		16
G	Móbergshryggir		16	K	Fjórðungssandur		16
8	Berggrunnur frá ísöld og nútíma		19	Svæði 8 – Neðri hluti Þjórsár			
13	Útkvísl		19	31	Þjórsárhraun		22
14	Blautakvísl		20	32	Búðaröðin		22
15	Hnubbafossar		20	33	Urriðafoss		22
16	Forna Krókslón		20	Svæði 8 – Búðarhálsvirkjun			
17	Forna Hrauneyjarlón		20	10	Álftafljót		19
18	Sigöldufoss		20	11	Þóristungur		19
19	Hrauneyjarfoss		20				
20	Fornir farvegir í Tungnaárhrauni		21				

Í upphafi verkefnis var miðað við að lýsa jarðminjum innan þeirra níu svæða sem afmarkast af vatnasviðum virkjana. Reyndist það erfitt þar sem margar jarðfræðilegar heildir dreifast yfir tvö eða fleiri vatnasvið. Til að einfalda framsetningu á jarðminjum fyrir Þjórsár- og Tungnaárvæðið í þessari skýrslu var tekin ákvörðun um að lýsa annars vegar jarðminjasvæðum og hins vegar jarðminjastöðum (e. geosites). Jarðminjasvæði eru afmörkuð gróflega utan um merkar jarðfræðilegar landslagsheildir. Tólf jarðminjasvæði eru sett fram ásamt lýsingum og þau táknuð með bókstöfum A–L. Innan jarðminjasvæðanna er ekki gerð grein fyrir einstökum jarðminjastöðum, heldur er svæðunum lýst sem einni heild. Jarðminjastaðir með áhugaverðar jarðminjar sem hafa hátt vísinda- og/eða fræðslugildi. Þetta eru samtals 33 staðir sem eru táknaðir með tölustöfum 1–33. Í 1. töflu má sjá dreifingu jarðminjasvæða og jarðminjastaða innan þeirra níu vatnasviða virkjana á Þjórsár- og Tungnaárvæðisins, ásamt tilvísun (blaðsíðutal) í lýsingu þeirra.

Á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu eru nokkur jarðminjasvæði sem njóta verndar sem friðlönd, eru innan Vatnajökulspjóðgarðs eða eru á náttúruminjaskrá. Gerð er grein fyrir þessum verndarsvæðum í lýsingu á jarðminjasvæðum. Þá njóta tilteknar jarðminjar sérstakrar verndar í 61. gr. laga nr. 60/2013, um náttúruvernd. Þar stendur:



2. mynd. Gígar og hraun frá nútíma sem njóta sérstakrar verndar samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga (Haukur Jóhannesson 2014).

- eldvörp, eldhraun, gervígígar og hraunhellar sem myndast hafa eftir að jökull hvarf af landinu á síðjökultíma,
- fossar og nánasta umhverfi þeirra að því leyti að sýn að þeim spillist ekki, hverir og aðrar heitar uppsprettur ásamt lífríki sem tengist þeim og virkri ummyndun og útfellingum, þar á meðal hrúðri og hrúðurbreiðum

Innan Þjórsár- og Tungnaársvæðisins er mikill breytileiki í gerð og lögun gíga og gossprungna. Hraun frá nútíma eru útbreidd á eystri hluta svæðisins og þau eru af ýmsum gerðum. Í þeim má víða sjá gervígíga og aðrar hraunmyndanir, t.d. hrauntraðir (2. mynd).

Í skýrslunni er ekki gerð tilraun til að meta verndargildi jarðminja umfram það sem áður hefur komið fram í rannsóknum og ritum annarra.

3.2 Virkjanir

Á athugunarsvæðinu eru sex vatnsaflsvirkjanir: Búrfellsstöð, Sultartangastöð, Hrauneyjafossstöð, Vatnsfellsstöð, Sigöldustöð og Búðarhálsvirkjun. Vatni til miðlunar er safnað í uppistöðulónin

Þórisvatn, Hágöngulón og Kvíslaveitu sem eru stærst en þar að auki eru Krókslón, Sultartangalón, Bjarnarlón, Hrauneyjalón og Vatnsfellslón.

Jarðfræðirannsóknir í tengslum við virkjanir eru oft unnar áður en framkvæmdir hefjast og því eru umhverfisáhrif virkjana ekki komin fram. Í úrvinnslu á jarðminjum þar sem stuðst var við rannsóknarskýrslur gat því stundum verið erfitt að átta sig á því hvort jarðmyndanir væru enn sýnilegar á yfirborði eftir að virkjanaframkvæmdum var lokið.

Gerð var tilraun að nota loftmyndir til að meta rask og umhverfisáhrif virkjana á jarðminjar. Fljótlega kom í ljós að aðgengilegar loftmyndir af virkjanasvæðum eru misgamlar og gefa því ekki alltaf rétta mynd af núverandi umhverfi virkjana. Skoðað var afmarkað svæði umhverfis Búrfell og loftmyndir frá 2013 voru notaðar til að skoða mannvirki og rask á yfirborði. Inn á loftmyndir voru teiknaðir ómerktir slóðar, línuvegir, mannvirki og hverskonar jarðrask á yfirborði, þ.m.t. efnisnám. Þá voru teiknuð ræktunar- og uppgræðslusvæði, en slík svæði breyta ásýnd lands og geta hulið jarðminjar á yfirborði.

4 LÝSING JARÐMINJA

Á Þjórsár- og Tungnársvæðinu er hægt að finna flest öll jarðfræðileg fyrirbæri í íslenskri jarðfræði og út frá jarðlögum má lesa jarðsögu svæðisins síðustu 2 milljóna ára. Svæðið hefur mikinn jarðfræðilegan breytileika með eldstöðvum og gosmyndunum, jarðmyndunum frá hlýskeiðum og jökulskeiðum ísaldar, jökulmenjum frá síðjökultíma og virkum jarðfræðilegum ferlum á nútíma.

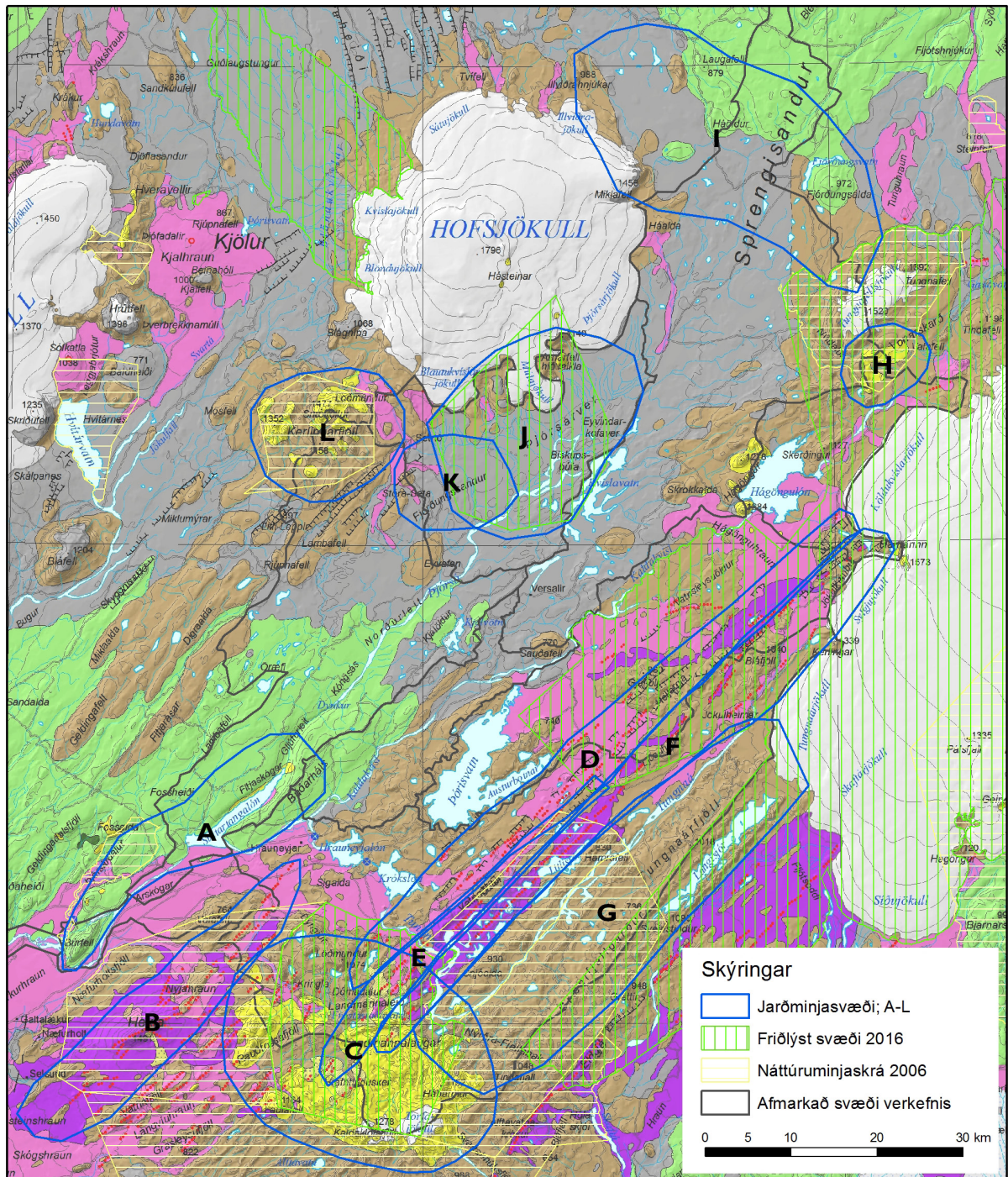
Á svæðinu eru margar merkar jarðminjar bæði á landsvísu og heimsvísu, en ekki var gerð tilraun til að meta verndargildi umfram það sem áður hefur komið fram í skýrslum og ritum annarra.

Á Þjórsár- og Tungnársvæðinu eru afmörkuð 12 jarðminjasvæði sem ná yfir stór landsvæði og merktir eru 33 jarðminjastaðir með áhugaverðar jarðminjar. Innan flestra jarðminjasvæðanna er mikill jarðbreytileiki og fágætar jarðminjar og þarf að meta verndargildi þeirra. Þess vegna er ekki er gerð grein fyrir jarðminjastöðum innan jarðminjasvæðanna.

Í lýsingum á jarðminjum var stuðst við nokkrar eldri rannsóknir sem voru gerðar áður en framkvæmdir hófust á virkjunarsvæðinu. Því er mögulegt að í lýsingunni leynist jarðminjar sem hróflað hefur verið við eða eru horfnar. Mikilvægt hefði verið að fara í vettvangsferð um svæðið til að skoða gerð, ástand og aðgengi á jarðminjastöðum sem hér er lýst, ásamt áhrifum virkjana á þær.

4.1 Jarðminjasvæði

Jarðminjasvæði eru landslagsheildir þar sem jarðmyndun og landmótun endurspeгла jarðsögu svæðisins á stórum svæðum. Óraskaðar jarðfræðilegar heildir eru hvoru tveggja verðmætar og mikilvægar til að varðveita jarðsögu svæðisins og landslag. Á Þjórsár- og Tungnársvæðinu eru fágæt jarðminjasvæði með mikinn jarðfræðilegan breytileika og eru mörg þeirra metin einstök á heimsvísu. Sum þessara svæða njóta nú verndar sem friðlýst svæði og svæði á náttúruminjaskrá (3. mynd).



3. mynd. Jarðminjasvæði með heildstæðum jarðfræðilegum myndunum eru birt á jarðfræðikorti ásamt friðlýstum svæðum og svæðum á náttúruminjaskrá (Haukur Jóhannesson 2014, Umhverfisstofnun 2016).

Lýsing:

A. Búrfell og eldri berggrunnur svæðisins: Búrfell er 676 m hátt og tilkomumikið fjall sem er hvoru tveggja kennileiti og útvörður fyrir suður hluta hálendis Íslands. Jarðlagaskipan fellsins er nokkuð flókin en sambærilegar jarðmyndanir koma einnig fyrir í Sámstaðamúla, Skeljafelli, Stangarfjalli, Sandafelli og í Búðarhálsi. Með því að tengja saman þessar myndanir má draga upp nokkuð heildstæða mynd af jarðsögu svæðisins, upphleðslu og rofi í eldri berggrunni svæðisins á tímum hlýskeiða og jökulskeiða á ísöld,

eða síðustu 2 milljónir ára. Í jaðri svæðisins er hin forna og útkulnaða megineldstöð í Þjórsárdal sem var virk fyrir tæpum 1,5–2 milljónum ára og hefur haft áhrif á svæðið, t.d. er talið að súrir gangar og innskotslög tengist þessari eldstöð.

Jarðsaga svæðisins: Elsta jarðmyndunin er syrpa af basalt hraunlögum sem finnst syðst og neðst í Búrfelli. Má rekja þau eftir vestanverðu fellinu til norðurs og sjá á yfirborði við Trjáviðarlæk. Hraunlögin eru öfugt segulmögnuð og talin vera um 1,7–1,9 milljónir ára. Svo virðist sem víðáttumiklar móbergs- og bólstrabergsmyndanir sem fylgdu í kjölfarið hafi hlaðist hratt upp og náð mikilli hæð. Þær finnast í neðri hluta Búrfells, Sámsstaðaklifi, Skeljafelli og Stangarfjalli. Ofan á móberginu liggja rétt segulmögnuð hraunlög sem eru talin myndast fyrir um 1,6 milljónum ára.

Á jökulskeiðum sem komu þar á eftir grófst djúpur dalur niður í berggrunninn frá Sandafelli í norðri og til suðurs, á milli Skeljafells og Búrfells, þar sem nú er Sámsstaðamúli. Syðst hefur dalurinn verið rúmlega 100 m djúpur og ár runnið eftir honum. Á hlýskeiðum runnu hraun eftir dalnum og fylltu hann smám saman upp. Á nokkrum stöðum má finna gróft hnellingaset undir neðsta hraunlaginu og kubbabergslög, sem hvoru tveggja bendir til þess að fornar ár hafi runnið eftir dalnum. Hraunlögin eru öfugt segulmögnuð og aldur þeirra líklega rúmlega 1 milljón ár. Þessi myndun er kölluð Sámsstaðamúlamyndunin og má greinilega sjá hana ofan við hliðargöng og við afrennslisskurð Búrfellsstöðvar og við Sámsstaðaklif.

Ofan á Sámsstaðamúlamynduninni liggja setlög, s.s. sandsteinn, völuberg og jökulberg, ásamt móbergi. Setlögin hafa sest til í mikið rofnu landslagi og fylgja lægð frá Sandafelli til suðurs með stefnuna norðaustur-suðvestur. Efst í þessari myndun eru venjulega 2–3 hraunlög með völubergslögum inn á milli og má rekja þau frá Búrfelli að Búðarhálsi. Þau eru rétt segulmögnuð og talin vera um 1 milljón ára eða frá Jaramilló-segulvöðun. Þessi myndun er kölluð Sandafellsmyndunin.

Ofan á Sandafellsmynduninni liggur hraunalagasyrpa, oft með jökulbergslögum inn á milli. Þessa myndun má sjá undir móbergslagi efst í Búrfelli, en einnig á kolli Skeljafells, Stangarfells, Sandafells og á Fossheiði. Hraunlögin eru öfugt segulmögnuð og talin vera um 0,8–0,9 milljónir ára.

Yngsta og efsta myndun Búrfells og Búðarháls er móberg, bólstraberg eða kubbaberg sem er öfugt segulmagnað og talið myndað stuttu fyrir segulskiptin, Brunhes-Matuyama, fyrir um 780.000 árum (Björn Jónasson o.fl. 1982, Elsa G. Vilmundardóttir o.fl. 1985).

Innri gerð Sandafells er vel þekkt vegna borholurannsókna, en boraðar hafa verið tugi kjarnahola til að kanna heppilega staðsetningu jarðganga. Sandafell er að mestu byggt úr basískum hraun- og setlögum sem eru um 0,7–1,8 milljónir ára. Í rótum fellsins er jarðlagaskipan bæði óregluleg og flókin nema í syðsta hluta þess. Þessi óregla í jarðlögum má rekja til samverkandi þátta, svo sem samspil rofs, upphleðslu og höggunar, auk þess sem talið er að Sandafell hafi myndast í jaðri á hinni fornu Þjórsárdals megineldstöð. (Björn Jónasson o.fl. 1982).

- B. **Hekla:** Á náttúruminjaskrá. Eitt þekktasta eldfjall landsins. Megineldstöðin er staðsett mitt á milli Suðurlandsbrotabeltisins og Austurgosbeltisins, en er ekki á eiginlegu rekbelti. Hekla er ungt eldfjall, um 1500 m hátt, sem hefur hlaðist að mestu leyti upp á nútíma og að

hluta til á ísöld. Elsta þekkta eldgos úr Heklu er um 7000 ára. Á forsögulegum tíma hefur Hekla gosið sprengigosum og dreift frá sér miklu magni af súrri gjósku. Á sögulegum tíma hefur verið eitt slíkt stórt súrt eldgos. Það var árið 1104 og lagði í eyði byggð í Þjórsárdal (Guðrún Larsen o.fl. 2013). Þó að eldstöðin sé að mestu leyti fyrir utan afmarkað svæði þessa verkefnis þá hefur gjóskufall frá henni haft mikil áhrif á það. Hekla er formfagur eldhryggur sem gefur landslagi svæðisins aukið gildi

- C. **Torfajökull:** Friðland að Fjallabaki frá 1979. Torfajökulseldstöðin er megineldstöð sem einkennist af stórrí öskju sem er talin hafa myndast fyrir um 500.000 árum. Innan Torfajökulssvæðisins er stærsta líparítsvæði landsins ásamt því að vera stærsta og öflugasta háhitasvæði landsins. Eldvirkni og virk roföfl, svo sem jöklar og jökulár, hafa mótað svæðið og einkennist landslagið af gígum, hraunum, skorningum og ljósum áreyrum. Svæðið liggur á mörkum rekbeltis og jaðarbeltis, þar sem gos og sprungureinar Bárðarbungueldstöðvarinnar teygja sig inn í öskjuna í gegnum Heljargjá og Veiðivötn. Þetta veldur því að tvær ólíkar kvikugerðir, basalt og líparít kvika, hafa bland ast saman í eldgosum á þessu svæði. Þetta samspil eldvirkni í rekbelti og jaðarbelti veldur því að svæðið hefur einstakan og mikinn jarðfræðilegan breytileika, bæði á landsvísu og á heimsvísu. Torfajökulssvæðið er eitt af verðmætustu háhitasvæðum landsins, með mikinn og fágætan breytileika í vatns- og gufuhverum. Svæðið hefur hátt mjög verndar- og vísindagildi (Kristján Jónasson o.fl. 2009).
- D. **Tungnaárhraunagígur:** Njóta sérstakrar verndar samkvæmt 61. gr. laga nr. 60/2013, um náttúruvernd. Tungnaárhraunagígur eru gossprungusvæði sem afmarkast til vesturs af Krókslóni og Þórisvatni og að austan af Vatnaöldum. Til suðvesturs teygja sprungurnar sig inn í Torfajökulssvæðið og til norðausturs að Gjáfjöllum sem eru skorin af mikilfenglegum sigdal, Heljargjá. Hraun og gígur eru víða hulin gjósku og vikri, en flestir gígarnir eru af klepragígagerð og mynda raðir sem eru allt að 20 km á lengd. Auk þeirra eru vel varðveittir sprengigígur af hverfjallagerð, Saxi, Fontur og Máni. Þetta er upptakasvæði Tungnaárhrauna sem eru talin vera um tíu og á aldrinum 2000–9000 ára. Elst þeirra er Þjórsárhraunið sem rann út í sjó þar sem nú er Stokkseyri og Eyrarbakki. Tungnaárhraunagígarnir og svæðið umhverfis þá eru mikilvæg á landsvísu (Snorri Baldursson o.fl. 2006).
- E. **Vatnaöldugígur:** Svæðið er að hluta til á náttúruminjaskrá og innan Friðlands að Fjallabaki. Vatnaöldugígur eru á 42 km langri gossprungu sem gaus árið 871. Gossprungan tilheyrir sprungurein Bárðarbungueldstöðvarinnar og nær frá gígum Hrafninnuhrauns í Friðlandi að Fjallabaki til norðausturs á móts við norðurenda Litlasjávar. Í gosinu mynduðust gígur af ýmsum gerðum og stærðum. Skyggnir er þeirra þekktastur og er einn stærsti gígur landsins af hverfjallagerð. Á sama tíma gaus í Torfajökulseldstöðinni súru gosi og Hrafninnuhraun myndaðist. Í þessari goshrinu myndaðist auðþekkt gjóskulag, Landnámslagið (871+/-2), sem finnst um mest allt land og er mikið notað til aldursgreininga, enda skilur það á milli sögulegs og forsögulegs tíma (Snorri Baldursson o.fl. 2006).
- F. **Veiðivatnagígur:** Svæðið er á náttúruminjaskrá og nær til suðurs inn í Friðland að Fjallabaki. Veiðivatnagígur mynduðust við sprengigos árið 1477. Gossprungan er um 40 km löng og nær a.m.k. frá gíg Laugahrauns í Friðlandi að Fjallabaki að norðurenda Ljósufjalla. Sums staðar er gossprungan tvöföld. Veiðivatnagígarnir eru af mörgum gerðum og sumir einstaklega fagrir og heillegir, t.d. Stútur, Ljótípollur og gígur í Veiðivötnum. Í gosinu mynduðust Laugahraun, Námshraun, Norðurnámshraun, Frostastaðahraun og hraunin við Veiðivötn. Þetta gígasvæði er merkilegt á heimsvísu (Snorri Baldursson o.fl. 2006).

- G. **Móbergshryggir:** Svæði er að hluta til innan Vatnajökulshrygggarðs og að hluta til á náttúruminjasrá. Langir móbergshryggir einkenna Austurgosbeltið milli Torfajökuls í suðri og Vatnajökuls í norðri, en til vesturs afmarkast þeir af Snjóöldufjallgarði og Lakagígum í austri. Hryggirnir mynduðust á ísöld við sprungugos undir jökli. Þetta eru margir tugir gosmyndana (goseininga) af mismunandi aldri sem eiga það sameiginlegt að hlaðast upp í stefnu rekbeltisins, þ.e. frá suðvestri til norðausturs. Hæð þeirra getur verið allt að 350 m yfir nærliggjandi umhverfi. Reglulegustu og lengstu hryggirnir eru: Kattarhryggir, nánast samfelldur, 45 km langur og þráðbeinn móbergshryggur á austurbakka Tungnár; Grænifjallgarður er um 34 km langur hryggur sem liggur að stórum hluta með norðvesturbakka Langasjávar; Skuggafjallahryggurinn er talinn um 44 km á lengd, en liggur að hluta ofan á Grænafjallgarðsmynduninni; Fögrufjöll eru um 30 km langur og nær samfelldur móbergshryggur. Sumir þessara hryggja hverfa undir Vatnajökul. Þetta eru stórfenglegustu móbergshryggir landsins og eru einstakir á heimsvísu. Náttúrufræðistofnun Íslands hefur bent á nauðsyn þess að friða móbergshryggina (Snorri Baldursson o.fl. 2006).
- H. **Vonarskarð:** Svæði innan Vatnajökulshrygggarðs. Landslag og náttúrufar í Vonarskarði er einstakt og hefur svæðið bæði hátt verndar- og vísindagildi. Vonarskarð er megineldstöð með vel afmarkaðri öskju. Berggrunnur á svæðinu er aðallega móberg en við öskjujaðarinn, þ.e. í Skrauta, Eggju og einnig við Rauðará, eru litskrúðugar líparítmyndanir. Háhitasvæðin eru einnig við jaðar öskjunnar og er mestur jarðhiti austan við Eggju. Mikill breytileiki er í jarðhitafyrirbærum á yfirborði svæðisins og í samanburði við önnur háhitasvæði er Vonarskarð talið eitt af verðmætustu svæðum landsins. Norðaustan við Deili er lág alda sem er mikið ummynduð vegna jarðhita. Aldan er einstök á landsvísu því að þar finnst ummyndunarsteindin epidót sem myndast við 300°C hita. Talið er að jarðhiti við yfirborð undir þykkum jökulís hafi skapað aðstæður sem varð til þess að epidót myndaðist. Ummerki um svo háan yfirborðshita hefur ekki fundist á öðrum háhitasvæðum landsins (Kristján Jónasson o.fl. 2009).
- I. **Jökulgarðar á Sprengisandi:** Á milli Miklafells og Fjórðungssöldu eru a.m.k. þrír vel greinilegir jökulgarðar sem mynduðust við hörfun ísaldarjökulsins til suðurs. Innan við þessa jökulgarða er víðast hvar þykkur jökulruðningur og miklir malarásar. Lengsta malarásinn má rekja samfelld um 14 km leið og slitrótt um 6 km til viðbótar (Ingibjörg Kaldal 1982, Ingibjörg Kaldal o.fl. 1999).
- J. **Þjórsárver:** Friðland frá 1981. Svæðið er verndað samkvæmt samþykkt um votlendi sem hefur alþjóðlegt gildi, einkum fyrir fuglalíf og er eitt af sex Ramsarsvæðum á Íslandi. Í votlendi Þjórsárvera má víða sjá rústir sem hafa myndast í tengslum við sífrera og eru merkar jarðminjar á landsvísu. Vegna þess hversu sífrerinn liggur grunnt á svæðinu eru rústirnar á mörkum þess að geta viðhaldið sér og eru þar af leiðandi afar viðkvæmar fyrir hlýnun jarðar. Sífrerar njóta sérstakrar verndar samkvæmt alþjóðlegum skilmálum Bernarsamnings um búsvæði (Guðmundur Páll Ólafsson 2003). Jarðgrunnur Þjórsárvera einkennist af þykkum jökulruðningi og jökulmenjum frá síðjökultíma og nútíma (Ingibjörg Kaldal o.fl. 1999). Á nútíma hefur Hofsjökull hopað og skilið eftir sig jökulgarða og áhugaverð landmótunarform, t.d. jökulöldurnar við Múlajökul. Svæðið hefur hátt verndargildi.
- K. **Fjórðungssandur:** Einstakir endasleppir sandar og malarásar eru við Fjórðungssand sem segja hörfunarsögu jökulsins í lok síðustu ísaldar. Endasleppir sandar eru myndaðir með upphleðslu jökulársets framan við jökuljaðar. Elstu ummerki þeirra er á norðanverðum Fjórðungssandi og norðan Hnífárbotna. Þar hefur um tíma staðið jökullón fyrir framan ísaldarjökullinn og hæstu strandlínur lónsins eru í um 670 m hæð yfir sjávarmáli. Eftir því

sem jökullinn hörfaði lækkaði í lóninu og við lítinn endasleppan sand á sunnanverðum Fjórðungssandi hefur lónhæð verið í um 625 m hæð. Malarásar myndast í göngum undir jökli og skilja eftir hryggi úr jökulárseti þegar jökullinn bráðnar. Eitt mesta malarásabelti landsins má reka um 20 km leið frá Sauðafelli og nær samfelld norðnorðvestur yfir Þjórsá þar sem það endar í endasleppu söndunum á Fjórðungssandi. Þessi landslagsheild jökulmenja eru merkilegar á landsvísu (Ingibjörg Kaldal o.fl. 1999).

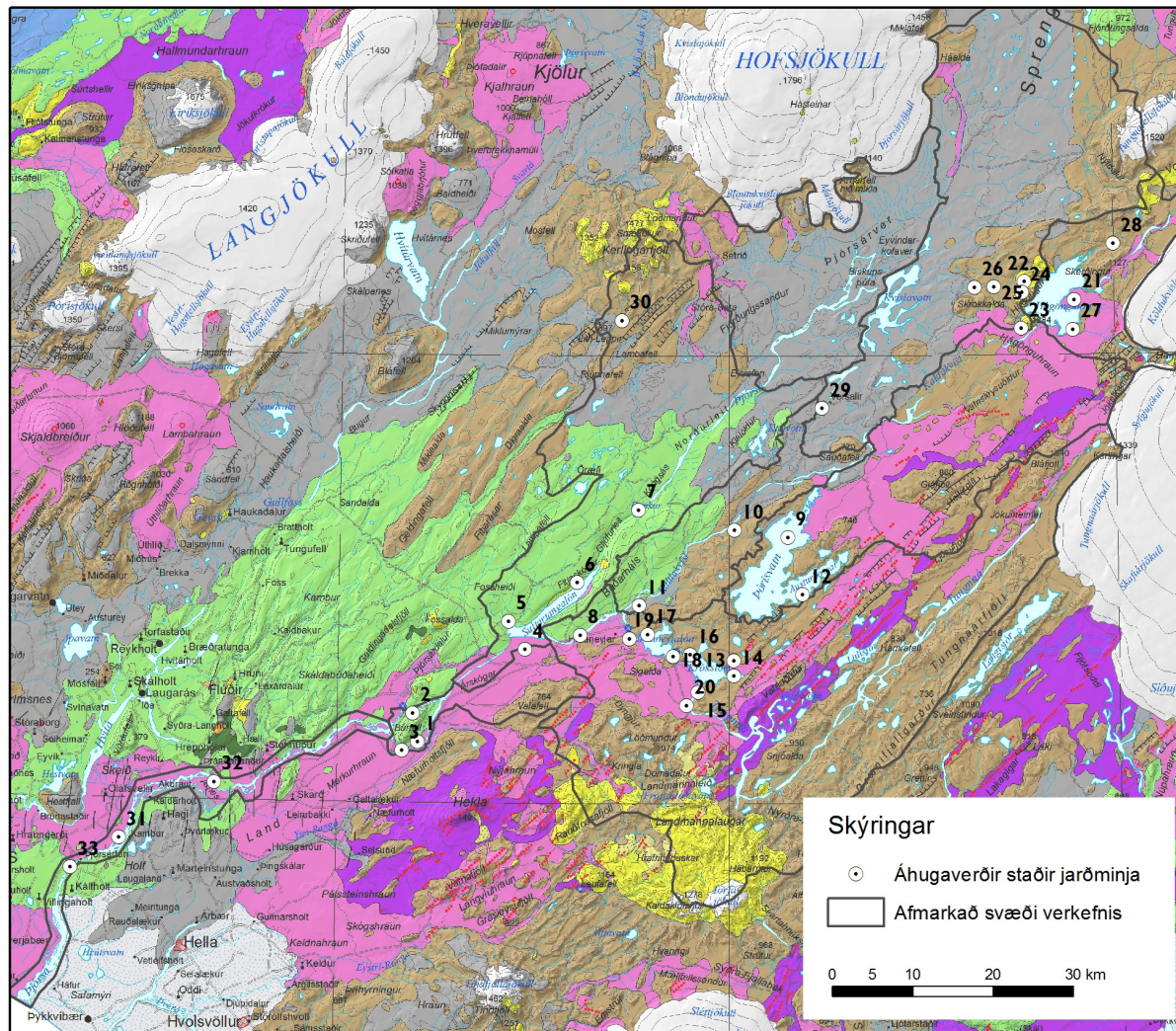
- L. **Kerlingarfjöll:** Svæðið er á náttúruminjasrá en er í friðlýsingarferli 2016. Kerlingarfjöll er þroskuð megineldstöð með tvær öskjur þar sem austari askjan er greinilegri og stærri, auk þess að vera talin yngri. Eitt af sérkennum megineldstöðvarinnar er að ekki er hægt að greina með vissu sprungusveima í tengslum við hana, en gliðnunarprungur, misgengi og öskjubrot finnast á svæðinu. Í Kerlingarfjöllum er mikil landslagsfegurð og litadýrð. Þar er að finna mikinn jarðfræðilegan breytileika í gosmyndunum, líparítgúla myndaða við troðgos og háhitasvæði. Þekktar er um 20 mismunandi goseiningar úr líparíti og dreifist aldur þeirra á tæplega 300.000 ára tímabil. Jarðmyndanir í Kerlingarfjöllum hafa flestar myndast í eldgosum undir jökli á ísöld. Sum líparítgosanna hafa náð að brótast í gegn um ísþekjuna og mynda hraunkolla. Dæmi um þetta eru Loðmundur, Höttur og Ögmundur. Slíkir líparítstapar eru merkilegir á heimsvísu. Engin eldvirkni hefur verið í Kerlingarfjöllum sjálfum á nútíma, en við austurjaðar fjallanna er Illahraun sem rann snemma á nútíma (Karl Grönvold 1982, Stevenson o.fl. 2011, Árni Hjartarson o.fl. 2005).

4.2 Jarðminjastaðir

Jarðminjastaðir (e. geosites) innihalda áhugaverð jarðfræðileg fyrirbæri sem sjá má á tilteknum stöðum og eru mikilvægir fyrir jarðsögu svæðisins eða á landsvísu. Lýsing á 33 jarðminjastöðum byggir á eldri rannsóknum og nær yfir margbreytilegar jarðmyndanir með vísinda- og fræðslugildi (4. mynd). Nokkrum fossum og gljúfrum er lýst en þar eru tækifæri til að skoða innri gerð jarðlaga sem liggja undir yfirborði.

Lýsing:

1. **Hekluvikrar:** Norðan og austan við Búrfell eru stór svæði þakin miklu magni af ljósum súrum virkri sem myndaðist í Heklugosi árið 1104 og í súru eldgosi fyrir um 3000 árum þegar gjóskan H3 myndaðist. Súra gjóskan er frauðkennd og létt og fýkur því auðveldlega til með vindum. Víða hafa safnast saman vikurskaflar, allt að 5 m þykkir. Hekluvikurinn er nýttur til framleiðslu og útflutnings. Stórfellt vikurnám er í nágrenni við Búrfell. Áhugavert er að velja stað á svæðinu sem þar sem hægt er að skoða þessa miklu Hekluvikra t.d. við Trjáviðarlæk.
2. **Sámsstaðaklif:** Í borholum við Sámsstaðaklif (BF-02 10, 20 og 21) á um 2–7 m dýpi frá yfirborði koma fram 3–5 m þykk mólög. Þau liggja ofan á jökulbergi og neðri mörk þeirra er í um 145–150 m hæð yfir sjávarmáli. Ekki er vitað til þess að mólögin hafi verið rannsökuð, en aldursgreining og frjókornarannsóknir gætu gefið vísbendingar um gróðurfar á svæðinu í upphafi nútíma (Snorri P. Snorrason o.fl. 2013). Kanna þarf hvort mórinn finnst í opnum á yfirborði.
3. **Tröllkonuhlaup og Þjófafoss:** Austan og sunnan við Búrfell eru sérstakir og fallegir fossar í Þjórsá. Þeir falla framan af hraunstalli Tungnaárhrauna en vatnsrennsli í þeim hefur minnkað vegna virkjana. Hraunlögin við Þjófafoss eru mjög stuðluð. Á milli



4. mynd. Jarðminjastaðir með áhugaverð jarðfræðileg fyrirbæri á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu (jarðfræðikort Náttúrufræðistofnun Íslands, Haukur Jóhannesson 2014).

Tröllkonuhlaups og Þjófafoss er fallett gljúfur þar sem hægt er að skoða innri gerð hraunlagana sem þar hafa runnið. Í Tröllkonuhlaupi er þykkt Tungnaárhraunsins um 20 m og og í austurbakka Þjórsár, um 1 km ofan við fossinn, má sjá leifar af hrauntröð (Þorleifur Einarsson 1960).

4. **Vaðalda:** Jarðlög í Vaðöldu tilheyra Sandafellssmynduninni sem er talin vera um 1 milljón ára gömul eða frá Jaramillo segulvikinu. Þar má finna nokkrar opnur til að skoða innri gerð öldunnar. Búrfellshraun (eitt af Tungnaárhraunum) hefur runnið allt í kringum Vaðöldu og gervigígar eru í nágrenni við hana (Elsa G. Vilmundardóttir o.fl. 1985).
5. **Skúmstungnalón:** Jarðminjar eftir jökullón frá því í lok ísaldar þegar jökull hörfaði af svæðinu. Í dalverpi milli Sandafells, Fossheiðar og Skúmstungnaheiðar má finna lónset og sjá greinilegar strandlínur í um 380 m hæð. Skúmstungnalón hefur haft afrennsli til suðurs í Rauða (Þorleifur Einarsson 1960).
6. **Fitjaskógar:** Líparít er útbreitt á yfirborði neðst í hlíðum Fitjaskóga vestan Þjórsár. Í Fitjaskógum er talið vera 15 m misgengi með norðaustur-suðvestlæga stefnu og að austurhlutinn hafi sigið (Elsa G. Vilmundardóttir o.fl. 1985).

7. **Dynkur:** Fallegur 38 m hár foss í Þjórsá, sunnan Kóngsáss. Fossinn fellur fram af mörgum bergstöllum og myndar smáfossa. Í berggrunni fossins má sjá bæði Sandafells- og Sámsstaðamúlamyndunina sem lýst er við Búrfell (sjá jarðminjasvæði A) (Elsa G. Vilmundardóttir o.fl. 1985).
8. **Berggrunnur frá Ísöld og nútíma:** Austan við Búðarháls, frá syðri hluta Sporðöldulóns, meðfram Tungnaá og niður að Haldi, má sjá eldri berggrunninn frá Ísöld í vesturbakka árinna en hraun frá nútíma í austurbakkanum.
9. **Þórisvatn:** Þórisvatn er stærsta stöðuvatn landsins og jafnframt stærsta miðlunarlón virkjana (86 km²). Myndunarsaga Þórisvatns er áhugaverð. Vatnið er umlukið móbergs- og bólstrabergshryggjum allt um kring, nema að norðanverðu. Móbergsmýndanir við Þórisvatn eru allar rétt segulmagnaðar og líklega frá núverandi segulskeiði. Ísaldarjökklar hafa sorfið hlíðar móbergshryggjanna og jökulrákir sýna að skriðstefna jökulsins hefur verið eftir endilöngu vatninu. Í lok ísaldar hefur verið jökullón staðsett við vesturströnd núverandi Þórisvatns og yngri jökulrákir sýna að síðustu jökul ísaldar hopuðu til austurs. Útfall vatnsins var til að byrja með til suðurs, vestan Vatnsfells, en síðar um Þórisós eftir að svæðið varð íslaust. Sennilega hafa verið tvö vötn í Þórisvatnslægðinni í byrjun nútíma og að mjótt eiðið hafi skilið að Austurbotna frá Þórisvatni. Fyrir rúmum 3000 árum rann Veiðivatnahraun frá eldstöðvum í Heljargjá sem stíflaði upp norðurhluta vatnsins. Við það hækkaði vatnsborð Þórisvatns og vötnin tvö sameinuðust. Mikil og áhugaverð lindasvæði eru við Þórisvatn sem eru hvert öðru ólík að eðli og uppruna (Árni Hjartarson o.fl. 1985).
10. **Álftaflitjar:** Á milli Ósöldu og Launaldna er grunnur dalur með þykkum setmyndunum. Þetta er aðallega lónset. Neðan við Álftaflitjakvísl rennur Kaldakvísl í fallegu og einstöku gljúfri, sem virðist vera enn í mótun. Þegar gljúfrið myndaðist brast haftið sem hélt uppi lóninu við Álftaflitjar og það tæmdist. Þá tók Álftaflitjakvísl til við að grafa sér nýjan farveg í lónsetið. Lindir Álftaflitjakvísar eru að mestu leiti leki úr Þórisvatni (Árni Hjartarson o.fl. 1985).
11. **Þóristungur:** Þar finnast basalthraunlög líklega frá Jaramillo-seguldavíkinu. Ofan á þau leggjast móbergsmýndanir Þórisvatns sem eru allar yngri en 780.000 ára. Þóristungur liggja um mislægi, þ.e. á milli þéttra jarðlaga í Búðarhálsi og lekra bólstrabergs- og móbergsmýndana í Launöldum og Fossöldu. Á svæðinu eru þykk laus jarðlög, en á síðjökultíma hefur mikið magn af seti borist með ám inn á svæðið. Algengustu setmyndanir eru árkeilur, en líka jökulruðningar. Í Þóristungum eru mikil lindasvæði sem ná allt frá fossinum Neffa í Köldukvísl og niður í Hrauneyjar. Stærstu lindir Þóristungna eru við Tjaldakvísl (Árni Hjartarson o.fl. 1985).
12. **Gígurinn Brandur:** Gígurinn er gerður úr lagskiptu gosbergi sem er laust í sér. Suðvestur frá Brandi gengur sprunga sem smáhraun hafa runnið frá, t.d. við Fellsendavötn. Í hlíðum Brands eru grettistösk sem benda til þess að hann hafi myndast í eða við jökul (Árni Hjartarson o.fl. 1985).
13. **Útkvísl:** Lindasvæðið er í 500–530 m hæð yfir sjó og er staðsett á milli Krókslóns og Fellsendavatna. Lindavatnið kemur mest allt úr bólstrabergi Vatnsfellsmyndunar. Það sem er sérkennilegt við svæðið eru miklar hverahrúðursskellur sem bendir til þess að hér hafi eitt sinn verið mikil hveravirkni sem er nú horfin. Þykkt hverahrúðursins er

sumstaðar allt að tveir metrar og eru fjórar til fimm misstórar myndanir. Krókslón hefur drekkt neðstu lindunum (Árni Hjartarson o.fl. 1985).

14. **Blautakvísl:** Neðri hluti lindasvæðisins hefur þá sérstöðu að koma upp í sandi og melum, en efstu lindirnar koma úr bólstrabergi. Fyrir miðju svæðinu, við hraunjaðar Kvíslahrauns, kemur fram hverahrúðursmyndun og virðist efsti hluti hrúðursins vera yngri en hraunið. Í því finnast steingerðir vatnabobbar og gróðurleifar. Hér hefur verið allmikið hverasvæði sem er talið hafa fylgt Þóristindshryggnum að mestu leiti (Árni Hjartarson o.fl. 1985).
15. **Hnubbafossar:** Tjörvakraun er yngst Tungnaárhrauna, um 2000 ára gamalt og kom upp úr gígaröð við Hófsvað. Hraunið rann til vesturs að Búðarhálsi við ármót Tungnaár og Köldukvíslar og stíflaði upp lón á leið sinni þar sem nú eru Krókslón og Hrauneyjarlón. Hraunbrúnninn er sumstaðar allt að 20 m há við lónsstæðin sem er talið tengjast vantskælingu þegar hraunið rann. Við Hnubbafossa má sjá fallega bólstra í hraunjaðarinnum í suðurbakka Tungnaár. Þar og víða í hraungjótum má finna leir sem myndaðist í forna Krókslóninu. Í elstu og neðstu leirlögunum, í um 490 m hæð yfir sjó, hafa fundist jurtaleifar. Þetta eru fingerðar jurtatægjur sem mynda tvö samfelld lög, en mesta þykkt þeirra er allt upp í 1 cm. Jurtaleifarnar eru að mestu leyti mosategundin Lækjartjja (*Amblystegium fluviatile*) sem vex á vatnsbotni og finnst víða í ám hérlendis. C-14 aldursgreining á jurtaleifunum gaf aldurinn 5290+/-250 ára (Guðmundur Kjartansson 1961). Í sama gosi fyrir um 2000 árum myndaðist líka Hnausakraun. Þessi tvö hraun stífluðu farveg Tungnaár við Hófsvað, sem varð til þess að stórt og mikið lón myndaðist í Veidvötnum. Það hefur verið nefnt Langalón og átti meðal annars þátt í því hversu mikið magn af gjósku myndaðist í eldgosinu í Vatnaöldum árið 871 og í Veidivatnagosið árið 1477. Eftir gosið í Veidivötnum var Langalón að mestu orðið fullt af gosefnum (Ásrún Elmarsdóttir o.fl. 2010).
16. **Forna Krókslón:** Sjá má fornar strandlínur í um 500 m hæð yfir sjávarmáli sem sýna stöðu vatnsborðsins í forna Krókslóni. Strandlínan er smáhjalli eða brimþrep og sunnan í Sigöldu innri kemur strandlínan fram sem nokkurra metra breið sylla í föstu bólstrabergi (Guðmundur Kjartansson 1961).
17. **Forna Hrauneyjarlón:** Sjá má malarhjalla við norðanvert Hrauneyjarlón í um 450 m hæð yfir sjávarmáli sem marka forna strandlínu lóns sem myndaðist þegar Tungnaárhraun runnu (Guðmundur Kjartansson 1961).
18. **Sigöldufoss:** Fossinn er um 10 m hár og fellur fram af bólstrabergsstalli. Sigöldugljúfrið sker í gegnum Sigöldu innri og er dýpt um 60 m. Berggrunnur gljúfursins er aðallega úr bólstrabergi, en einnig talsvert af móbergi sem virðist ekki rofna eins auðveldlega og slútir víða yfir bólstrabergið. Þar sem hraun frá nútíma liggja ofan á berggrunninum spretta víða fram lindir á jarðlagamótum (Guðmundur Kjartansson 1961).
19. **Hrauneyjargljúfur:** Fossinn er um 29 m hár og fellur fram af bólstrabergsstalli. Meðfram norður- og austurvegg gljúfursins má greina mismunandi bergmyndanir. Efstu 2 km Hrauneyjargljúfurs er úr bólstrabergi, en næstu 3 km þar fyrir neðan er gljúfrið gert úr gráu leirsteinsvölubergi eða hörðnuðum jökluðningi. Þar fyrir neðan er gljúfrið grafið í kubbaberg. Í suður- og vesturvegg Hrauneyjargljúfurs er Tungnaárhraun sem jafnframt staðfestir að gljúfrið myndast eftir að hraunið rann (Guðmundur Kjartansson 1961).

20. **Fornir árfarvegir í Tungnaárhrauni:** Tungnaárhraunið vestan við Bjallavað ber þess merkið að vatnsmiklar ár hafi flæmst um nýrunnið hraunið, borið í það grófan aur og sléttað yfirborðið. Á þessum stað má rekja farvegi um nokkra kílómetra til norðvesturs í hrauninu. Talið er að Tungnaá hafi ekki verið komin í fastan farveg undir Vesturbjöllum á þessum tíma, heldur flæmst um hraunið og auk þess sem grunnvatnsstaða svæðisins hefur verið há vegna hraunstíflaðra lónanna (Guðmundur Kjartansson 1961).
21. **Sveðjuhraun:** Hraunið er plagióklasdílótt apalhraun og sandorpið. Það er komið úr óþekktum eldstöðvum undir sunnanverðum Köldukvíslarjökli sem tilheyrir Bárðarbungueldstöðinni. Hraunið er fremur ferskt og er talið um 3000 ára gamalt. Í Sveðjuhrauni er jarðhitaummyndun á litlu hringlaga svæði og kallast Sveðjuhraunshitur. Svæðið einkennist af rauðleitum leir á yfirborði, þar er heit jörð með gufuaugum og hverasöltum (Árni Hjartarson 1996, Kristján Jónasson o.fl. 2009).
22. **Hágöngur:** Líparítgúlarnir Nyrðri- og Syðri-Háganga, ásamt líparítfellunum þar á milli þ.e. Miðfelli og lágu felli vestan við Hágöngulón, kallast einu nafni Hágöngur. Syðri-Háganga er hæst þessara fjalla, eða 1281 m.y.s. en Nyrðri-Háganga lítið eitt lægri, eða 1267 m.y.s. Hágöngur eru myndaðar á ísöld í jökli og tilheyrir eldstöðvakerfi Tungnafellsjökuls (Árni Hjartarson 1996).
23. **Hágöngugljúfur:** Hágönguhraun rann snemma á nútíma og er talið koma upp í eldstöðvum við Heljargjá. Hraunið rann til norðurs upp að Syðri-Hágöngu og stíflaði rennsli í Köldukvísl þannig að stöðuvatn myndaðist fyrir ofan hraunstífluna. Afrennsli úr vatninu fann sér síðar leið á milli nyrðra hraunjaðarsins og Syðri-Hágöngu og þar myndaðist Hágöngugljúfur. Gljúfrið er um 50–100 m á breidd og 10–20 m djúpt. Gljúfurveggurinn sem snýr að Hágöngu er úr líparíti og móbergi, en veggurinn sem snýr að Hágönguhrauni er grófstuðlað og beltótt (Árni Hjartarson 1996).
24. **Miðfell – jaðarrás:** Fallegustu ísaldarminjar á svæðinu eru jaðarrásir sem finnast utan í lágu líparítfelli norðaustan Miðfells, þar sem sjá má mikið og sérkennilegt gil. Jökulá sem hefur komið undan hörfandi ísaldarjökli á svæðinu hefur grafið gilið sem er um 10 m djúpt og um 50 m breitt. Í giliinu kemur fram basískt bólstraberg og óreglulega stuðlað líparít. Gilið er mjög endasleppt og er nú að nokkru fyllt skriðum (Árni Hjartarson 1996).
25. **Hágöngudalur:** Vegurinn að Hágöngulóni liggur um Hágöngudal. Lækjadrög sem eiga upptök sín norðan og sunnan við Nyrðri-Hágöngu renna í þetta gróðursnauða dalverpi og mynda lítill afrennslislaus vötn. Stór og mikil grettistöð sem jöklar hafa borið með sér eru áberandi og einkenna svæðið (Árni Hjartarson 1996).
26. **Rauðkollur:** Norðan við Skrokköldu er lágt en áberandi rauðmóleitt móbergssfell gert úr bergtegundinni andesít (Árni Hjartarson 1996).
27. **Sveðja:** Upptök hennar eru í sunnanverðum Köldukvíslarjökli. Hún rennur um sandorpin hraun í nokkrum kvíslum, síðan á milli Sveðjuhrauns og Hágönguhrauns og að lokum út í Hágöngulón. Upp af árósnunum er falleg aurkeila um 1 km á breidd. Syðsta kvísl Sveðju kemur úr Hamarskrika (Árni Hjartarson 1996).
28. **Vonaráfoss:** Norðan við Kvísalhnjúka safnast nokkrar bergvatnsár saman í Vonará. Fallegur foss er skammt norðan vaðsins þar sem Vonarskarðsslóðin liggur yfir ána.

Vonarárfoss er 15–20 m hár og fellur í frjálsu falli niður í djúpan hyl. Gljúfrið er innst úr bólstrabergi, það er þröngt og þverbratt. Norðan Vonarár er lítið lindasvæði í um 860 m hæð (Árni Hjartarson 1996).

29. **Versalir:** Vestan við Versali við Sprengisandsleið eru yngstu ummerki um jaðar ísaldarjökulsins sem hörfaði til austurs í loks síðasta jökulskeiðs. Þar er endasleppur sandur þar sem jökuláraur mynduðust utan við jaðarinn, en innan hans mynduðust gríðarmiklir malarásar. Þetta eru hæstu og myndarlegustu malarásarnir á svæðinu og merkar jökulmenjar fyrir landið (Ingibjörg Kaldal o.fl. 1999).
30. **Sprungur suðaustan við Kerlingarfjöll:** Við Litla-Lepp og Rauðkolla, suðaustan við Kerlingarfjöll, eru nokkrar sprunguþyrpingar með ákveðna stefnu til norðausturs í átt til Hofsjökuls norðan við Arnarfell. Þessar sprungur eru lítt kannaðar en talið er að þær geti tengst megineldstöð sem liggur undir Hofsjökli eða að þær hafi myndast í tengslum við troðgos í Kerlingarfjöllum (Árni Hjartarson o.fl. 2005).
31. **Þjórsárhraun:** Þjórsárhraunið er stærsta hraun frá nútíma á Íslandi sem myndast hefur í einu gosi. Það er um 970 km² að flatarmáli og 25 km³ að rúmmáli. Hraunið er víða um 20 m á þykkt og mesta þykkt er um 40 m. Þjórsárhraunið kom upp í eldstöðvum milli Þórisvatns og Veiðivatna fyrir um 8.600 árum, en þær eru nú horfna undir yngri gosmyndanir. Hraunið rann til sjávar þar sem nú er Stokkseyri og Eyrarbakki, eða um 130 km leið frá upptökum sínum. Sjávarstaða hefur þá verið allt að 15 m lægra en nú er. Stór hluti hraunsins er hulinn yngri myndunum og jarðvegi á svæðinu meðfram Tungnaá og Þjórsá. Þjórsárhraunið tilheyrir hópi hrauna sem nefnast einu nafni Tungnaárhraun, þau eru talin vera alls 10 og hafa öll komið upp á forsögulegum tíma (Árni Hjartarson 2011, Snorri Baldursson o.fl. 2006).
32. **Búðaröðin:** Búðaröðin samstendur af a.m.k. sjö samsíða jökulgörðum af mismunandi aldri sem marka framrás og hörfun ísaldarjökulsins á Suðurlandi undir lok síðustu ísaldar. Innri og yngsti garðurinn liggur þvert á Þjórsá við Búðafoss og hægt er að rekja hann um 15 km leið í átt til suðausturs. Aldursgreiningar (C-14) á skeljum sem finnast undir og ofan á gördunum gefa aldurinn 9500–10.000 ár. Ísaldarjökullinn hefur hörfað hratt og var suðurhluti hálendisins orðið íslaust þegar Þjórsárhraun rann. Búðaröðin er einstök á landsvísi og hefur mikið vísindalegt gildi um hörfun ísaldarjökulsins (Hreggviður Norðdahl o.fl. 2005, 2012). Búðaröðin er kennd við Búða eða Búðafoss. Hann er vatnsmikill og sérstakur foss og hefur að öllum líkindum myndast eftir landnám þegar farvegur Þjórsár breyttist.
33. **Urriðafoss:** Urriðafoss er neðsti foss Þjórsár og vatnsmesti foss landsins. Þjórsá hefur grafið sig í gegnum Þjórsárhraunið og rennur á berggrunni frá ísöld. Fossinn steypist fram af misgengisstalli og er mesta fallhæð hans um 6 m.

5 ÁHRIF VIRKJANA

Virkjanaframkvæmdir hafa óneitanlega mikil áhrif á jarðminjar og landslagsheildir. Mikil landssvæði fara undir virkjanir og miðlunarlón, með þeim fylgir tilheyrandi mannvirkjagerð, s.s. stöðvarhús, háspennulínur, stíflugarðar, veituskurðir og vegalagnir. Gífurleg þörf er á jarðefnum í tengslum við byggingu virkjana og miðlunarlóna og víða eru opnaðar námur í

nágrenni framkvæmda. Námur vegna virkjana eru mikið í lausum jarðlögum. Í leit að hentugum námum eru teknar svo kallaðar „gryfjur“ á nokkrum útvöldum stöðum til að kanna gæði og gerð jarðefna. Í dag er þessum gryfjum lokað aftur eftir jarðkönnun, en ummerki eftir eldri gryfjum má enn sjá á hálendinu. Á hálendinu eru laus jarðlög nær undantekningarlaust jökulmenjar sem verða fyrir raski eða hreinlega hverfa í tengslum við efnisnám virkjana. Eftir að framkvæmdum er lokið eru misfellur og raski í umhverfi sléttuðar út og jafnvel fyllt upp með jarðefnum sem fengin eru annars staðar frá. Undir miðlunarlón hverfa jarðminjar á stórum svæðum, en mikil efnistaka er einnig innan marka lónstæðisins á framkvæmdatíma í því skyni að lágmarka rask á yfirborði. Með virkjunum breytist vatnsrennsli áa, aurburður raskast og fossar hverfa.

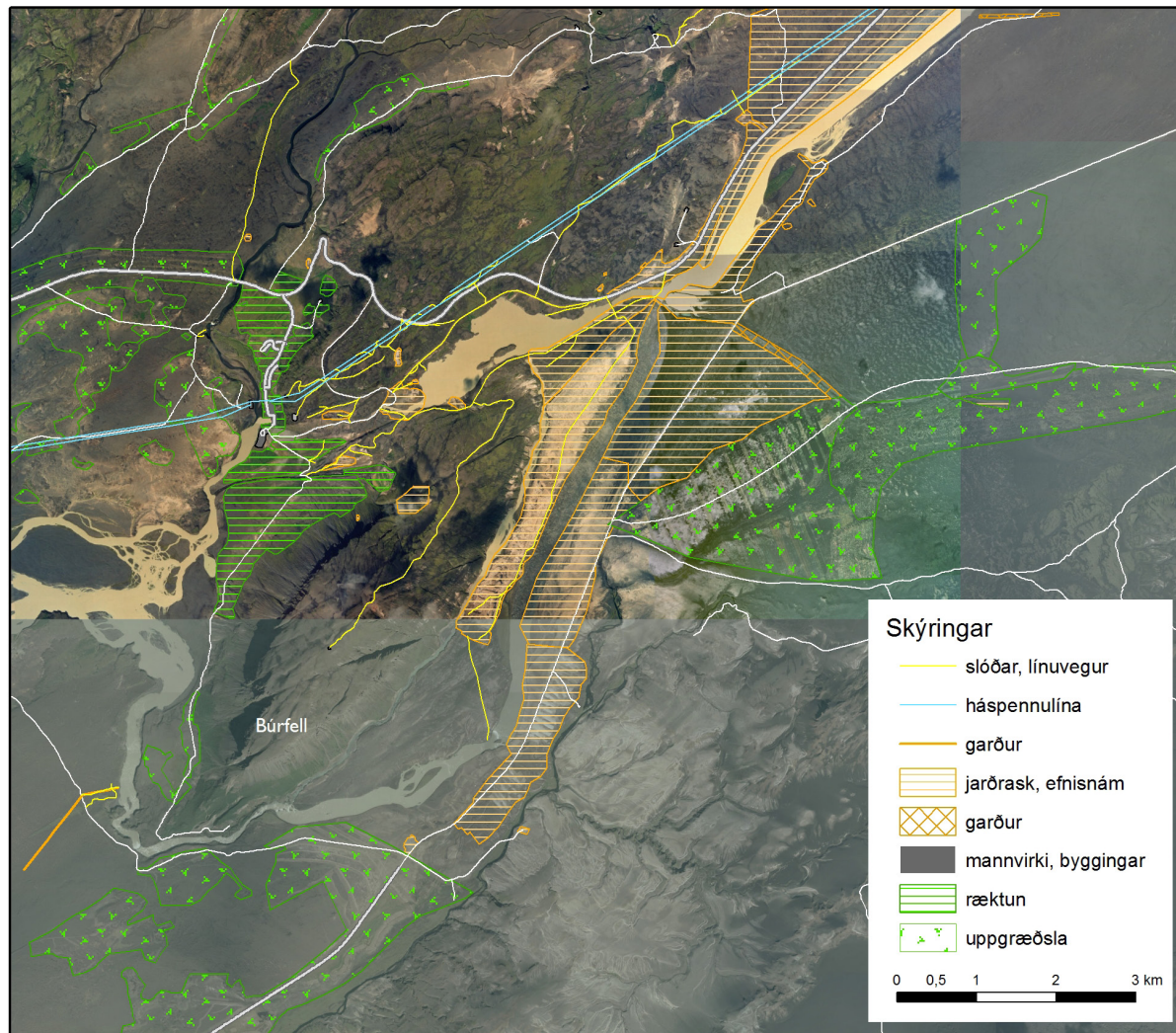
Miklar rannsóknir og kortlagning á náttúrufari er undanfari allra virkjanasvæða og er því berggrunnur og jarðgrunnur oft betur þekktur þar en á svæðum utan þeirra. Eðli samkvæmt miðast rannsóknir oft við framkvæmdir og nýtingu jarðminja, en ekki er hugað eins vel að fágæti eða mikilvægi jarðminja. Oft er erfitt að meta áhrif virkjana á jarðminjar út frá rannsóknargögnum sem eru unnar þegar framkvæmdir eru á byrjunarstigi. Rask á jarðminjum er oftast óafturkræft og því er nauðsynlegt að jarðminjar svæðisins séu vel þekktar áður en farið er af stað í framkvæmdir. Hér ætti jarðminjaskráning að komið að góðum notum. Mikilvægt er að afmarka vel framkvæmdasvæðið og takmarka allt rask utan þess. Námur geta verið merkir jarðminjastaðir þar sem mögulegt er að skoða innri gerð jarðlaga undir yfirborði. Slíka staði þarf að meta og skoða á vettvangi með tillit til vísinda- og fræðslugildis.

Á svæðinu eru sex vatnsaflsvirkjanir og átta miðlunarlón. Í þeirri viðleitni að leggja mat á umhverfisáhrif virkjana var tekið fyrir afmarkað svæði við Búrfell og út frá loftmyndum reynt að meta áhrif Búrfellsvirkjunar á svæðið (5. mynd). Búrfellsstöð var tekin í notkun árið 1972 og er því elsta virkjun svæðisins. Í kringum stöðvarhús virkjunarinnar er umhverfið mikið manngert, svæði hafa verið jöfnuð út og ræktunarsvæði eru áberandi. Þó nokkurt jarðrask er á yfirborði, sérstaklega meðfram Þjórsá og á svæðinu austan við Búrfell. Á því svæði er einnig gífurlega mikið vikurnám sem hefur breytt yfirborði á stóru landsvæði en tengist ekki beint virkjuninni. Mikið er um ómerkta slóða sem ekki er að finna í landupplýsingagrunni Landmælinga Íslands. Háspennulínur eru áberandi í landslaginu og línuvegir meðfram þeim raska yfirborði. Uppgræðslusvæði eru umfangsmikil en þau breyta ásjón lands og hylja jarðminjar á yfirborði. Þá er þekkt að vatnsrennsli í Þjórsá neðan virkjunar hefur minnkað og orðið til þess að Tröllkonuhlaup og Þjófafoss eru ekki eins tilkomumiklir og áður.

Með loftmyndagreiningu fæst ágætt yfirlit um manngerð svæði og rask á yfirborði en þættir eins og t.d. breytingar í vatnsrennsli og aurburði áa, árstíðasveiflur í vatnshæð lóna ásamt rofi í tengslum við þær, er ekki hægt að greina af loftmyndum. Til þess að hægt sé að setja fram raunhæft mat á umhverfisáhrifum virkjana á jarðminjar á Þjórsá- og Tungnaárvæðinu er nauðsynlegt að fara í rannsóknar- og vettvangsvinnu fyrir hvert virkjunarsvæði og miðlunarlón fyrir sig eftir að framkvæmdum er lokið. Ekki var gert ráð fyrir svo umfangsmikilli úttekt í þessari skýrslu.

6 SAMANTEKT

Eins og fram hefur komið býr Þjórsár- og Tungnaárvæðið yfir miklum og fágætum jarðminjum sem sumar eru metnar einstakar á heimsvísu. Á svæðinu eru merk jarðminjasvæði með lítt raskaðar jarðfræðilegar landslagsheildir og áhugaverðir jarðminjastaðir með mikið vísinda- og fræðslugildi. Mikilvæg og verðmæt jarðminjasvæði eru við Hofsjökul og á eystri hluta svæðisins



5. mynd. Svæðið umhverfis Búrfell er mikið manngert og stórum svæðum hefur verið raskað í tengslum við vikurnám. Merktir vegir (úr IS50V grunni Landmælinga Íslands, 2016) eru táknaðir með hvítum línunum. Loftmyndagrunnur frá Loftmyndum ehf.

við Tungnaárgíga, Vatnaöldur, Veidivötn, ásamt móbergshryggjunum í Tungnaárjöllum. Þetta eru heilleg svæði og með mikinn jarðbreytileika sem endurspeglar helstu einkenni í jarðfræði Íslands. Mörg þeirra hafa verið metin einstök á heimsvísu og því með hátt verndargildi.

Þrátt fyrir að margar merkar jarðminjar innan svæðisins njóti nú verndar samkvæmt lögum um náttúruvernd, þá eru þar jarðminjar sem eiga á hættu að glatast ef ekki verður gripið til aðgerða. Þar eru efst í huga jökulmenjar á Sprengisandi og við Hofsjökul sem njóta engrar verndar en innihalda verðmæt jarðefni sem mikil ásókn er í vegna mannvirkjagerðar. Mikilvægt er að koma af stað skipulegri jarðminjaskráningu þar sem gildi jarðminja eru metin út frá skilgreindum viðmiðum og gerð er grein fyrir þeim jarðminjum sem nauðsynlegt er að varðveita fyrir landið og heimsbyggðina. Náttúrufar á hálendi Íslands er lítið raskað og á forsendum náttúrunnar er landið enn í stöðugri myndun og mótun. Í því felast mikil alþjóðleg verðmæti sem nauðsynlegt er að vernda.

Á svæðinu má greina fjórar mikilvægar jarðfræðilegar heildir, sem jafnframt gefa heillega mynd af jarðsögu þess og hafa mikið vísinda- og fræðslugildi:

1. Jarðsaga eldri berggrunnsins frá því fyrir um 2 milljónum ára þar til fyrir um 0,7 milljónum ára. Upphleðsla og rof jarðmyndana á hlýskeiðum og jökulskeiðum ísaldar og hvernig hin forna megineldstöð í Þjórsárdal hafði áhrif á myndun berggrunnsins.
2. Hörfunarsaga ísaldarjökulsins af hálendi Íslands á síðjökultíma. Jökulmenjar og landslagsform á hálendinu, s.s. jökulgarðar, jökulársandar, malarásar og jökulrákir á klöppum, bera vitni um þær miklu og hröðu umhverfisbreytingar sem urðu við lok síðustu ísaldar og í byrjun nútíma.
3. Rekbelti og eldvirkni í eystra gosbeltinu þar sem norðaustu-suðvestur sprungukerfið einkennir svæðið og sjá má greinilega m.a. í gossprungum og móbergshryggjum svæðisins. Stóra megineldstöðin, Bárðarbunga, teygir gosreinar sínar til suðvesturs og alla leið inn í Torfajökulseldstöðina. Stór og mikil eldgos hafa verið innan svæðisins og í nálægum eldstöðvum á nútíma, bæði á forsögulegum og sögulegum tíma. Berggrunnurinn er víða þakinn þykkum gjóskulögum sem skrá gossögu en gefa einnig upplýsingar um gerð og goshegðun nálægra eldstöðva.
4. Virkir jarðfræðilegir ferlar í tengslum við loftslagsbreytingar á nútíma. Jöklar landsins hörfa, ný landsvæði koma í ljós, nýjar jökulmenjar myndast og farvegir jökuláa breytast.

Virkjanaframkvæmdir hafa óneitanlega áhrif á umhverfið og rask á jarðminjum er oftast óafturkræft. Við slíkar framkvæmdir er mikilvægt að stuðla að faglegum og vönduðum undirbúningi þar sem tekið er tillit til náttúruminja og þær settar í forgang. Til að hægt sé að gera raunhæft mat um áhrif virkjana á jarðminjar þarf að fara í frekari rannsóknar- og vettvangsvinnu.

Þessi samantekt um áhugaverðar jarðminjar á Þjórsár- og Tungnaársvæðinu er ekki tæmandi úttekt á öllum þeim merkilegu jarðfræði fyrirbærum sem þar er að finna. Hún er fyrst og fremst unnin eftir lýsingum og rannsóknum jarðvísindamanna og eflaust endurspeglar val á jarðminjastöðum að einhverju leyti áhugasvið höfundar. Mikil þörf er á því að skrá jarðminjar innan jarðminjasvæða sem sett eru fram í skýrslunni. Umfang verkefnisins reyndist mun meira en gert var ráð fyrir í upphafi og tengist því hvað athugunarsvæðið er víðfeðmt og inniheldur margar áhugaverðar jarðminjar sem hefði þurft að skoða á vettvangi til að meta ástand og gerð þeirra. Úttekt og mat á jarðminjum þarf að vinna í fjölbreyttum hópi jarðvísindamanna, svo tillit sé tekið til sem flestra þátta jarðfræðinnar.

Við berum mikla alþjóðlega ábyrgð á jarðminjum landsins, hvort sem þau eru mikilvæg fyrir jarðfræði eða jarðsögu landsins eða einstök á heimsvísu. Þegar kemur að jarðminjavernd á Íslandi eigum við margt ógert. Það er óskandi að í kjölfar þessarar skýrslu komi athugasemdir eða ábendingar um fleiri áhugaverðar og mikilvægar jarðminjar en hér eru taldar upp og að íslensk jarðminjaskráning verði að veruleika sem allra fyrst.

5 HEIMILDIR

- Aagot V. Óskarsdóttir, ritstj. 2011. *Náttúruvernd: hvítbók um löggjöf til verndar náttúru Íslands*. Reykjavík: Umhverfissráðuneytið.
- Árni Hjartarson 1996. *Hágöngumiðlun: jarðfræðilegar náttúruminjar*. Orkustofnun, greinagerð ÁH-96/04. Reykjavík: Orkustofnun.
- Árni Hjartarson 2011. Viðáttumestu hraun Íslands. *Náttúrufræðingurinn* 81: 37–48
- Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson 2005. *Kerlingarfjöll: könnun og kortlagning háhitasvæðis. Þórisvatn. Berggrunnur, grunnvatn, straumar og lindir*. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2005/012. Unnið fyrir Orkustofnun. Reykjavík: Íslenskar orkurannsóknir.
- Árni Hjartarson og Snorri Páll Snorrason 1985. *Þórisvatn: berggrunnur, grunnvatn, straumar og lindir*. Orkustofnun, OS-85028/VOD-12 B. Reykjavík: Orkustofnun.
- Ásrún Elmarsdóttir, Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2010. Náttúrufar í Friðlandi að Fjallabaki. Í: Ólafur Örn Haraldsson. *Friðland að Fjallabaki: árbók 2010*, bls. 14–43. Reykjavík: Ferðafélag Íslands.
- Björn Jónasson, Pétur Pétursson, Þorsteinn Egilson og Bjarni Bjarnason 1982. *Sultartangavirkjun: jarðfræði- og grunnvatnsrannsóknir á svæði jarðganga og stöðvarhúss í Sandafelli 1981*. Orkustofnun, OS82124/VOD17. Unnið fyrir Landsvirkjun. Reykjavík: Orkustofnun.
- Brilha, J. 2015. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. *Geoheritage*. DOI: 10.1007/s12371-014-0139-3
- Elsa G. Vilmundardóttir, Ágúst Guðmundsson og Snorri Páll Snorrason 1985. Jarðfræði Búrfells og nágrennis. *Náttúrufræðingurinn* 54 (3–4): 97–113.
- Freysteinn Sigurðsson 1996. *Jarðlýsing miðhálandisins: yfirlit vegna svæðisskipulags*. Orkustofnun, Greinagerð FS-96-01. Reykjavík: Orkustofnun.
- Guðmundur Kjartansson 1961. *Tungnaá: skýrsla um jarðfræðirannsóknir á hugsanlegum virkjunarstöðum*. Reykjavík: Raforkumálastjóri, Orkudeild.
- Guðmundur Páll Ólafsson 2003. *Hernaður gegn landinu: Þjórsárver hjarta landsins*. Reykjavík: Mál og menning.
- Guðrún Larsen, Guðrún Sverrisdóttir, Haukur Jóhannesson, Árni Hjartarson og Páll Einarsson 2013. Hekla. Í Júlíus Sólmes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason, ritstj. *Náttúruvá á Íslandi: eldgos og jarðskjálftar*, bls. 189–209. Reykjavík: Viðlagatrygging Íslands, Háskólaútgáfan.
- Haukur Jóhannesson 2014. *Jarðfræðikort af Íslandi: berggrunnur*. 1:600.000. 2. útgáfa. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Helgi Torfason og Ingvar Atli Sigurðsson 2002. *Verndun jarðminja á Íslandi: tillögur vegna náttúruverndaráætlunar 2002*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-02019. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Hreggviður Norðdahl, Ólafur Ingólfsson og Halldór G. Pétursson 2012. Ísaldarlok á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn* 82 (1–4): 73–86.
- Norðdahl, H. og H.G. Pétursson 2005. Relative Sea-Level Changes in Iceland: new Aspects of the Weichselian Deglaciation of Iceland. Í Caseldine, C., A. Russel, J. Hardardóttir og O. Knudsen, ritstj., bls. 25–78. *Iceland: Modern Processes and Past Environments*. Amsteram: Elsevier.

- Hugrún Gunnarsdóttir 2015. *Samantekt umhverfis- og samfélagsmála á Þjórsár- og Tungnaársvæði: minnisblað um jarðmyndanir*. Verkís, 05126-006. Unnið fyrir Landsvirkjun. Reykjavík: Verkís.
- Ingibjörg Kaldal 1982. *Kvísalveita 8: jarðgrunnskort 1982*. Orkustofnun, OS82106/VOD48B. Reykjavík: Orkustofnun.
- Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir 1999. *Norðlingaöldulón: yfirlit um jarðfræði*. Orkustofnun, greinagerð IK/EGV-9902. Reykjavík: Orkustofnun.
- Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1990. Early Holocene deglaciation in Central Iceland. *Jökull* 40: 51–66.
- Karl Grönvold 1982. Líparítstapinn Höttur í Kerlingarfjöllum. Í Helga Þórarinsdóttir, Ólafur H. Óskarsson, Sigurður Steinþórsson og Þorleifur Einarsson, ritstj. *Eldur er í norðri*, bls. 199–203. Reykjavík: Sögufélagið.
- Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009. *Jarðminjar á háhitasvæðum Íslands: jarðfræði, landmótun og yfirborðsummerki jarðhita*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-09012. Unnið fyrir Orkustofnun. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Landmælingar Íslands 2016. Landupplýsingagrunnur IS50V- samgöngur.
- Lög um náttúruvernd nr. 60/2013.
- Sigmundur Einarsson, Kristján Jónasson og Lovísa Ásbjörnsdóttir 2012. Landið var fagurt og frítt: um verndun jarðminja. *Náttúrufræðingurinn* 82 (1–4): 151–159.
- Snorri Baldursson, Sveinn P. Jakobsson, Sigurður H. Magnússon og Guðmundur Guðjónsson 2006. *Náttúrufar og náttúruminjar suðvestan Vatnajökuls*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-06008. Unnið fyrir umhverfisráðuneytið. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Snorri P. Snorrason, Áki Thoroddsen, Anna K. Sigursteinsdóttir og Þorgeir A. Helgason 2013. Búrfell Hydroelectric Project Extension: Geological Report. Landsvirkjun, LV-2013-064. Reykjavík: Landsvirkjun.
- Stevenson, J.A., J.S. Gilbert, D.W. McGarvie og J.L. Smellie 2011. Explosive rhyolite tuya formation: classic examples from Kerlingarfjöll, Iceland. *Quaternary Science Reviews* 30: 192–209.
- Wikipedia 2014. *Urriðafoss*. <https://is.wikipedia.org/wiki/Urri%C3%B0afoss> [skoðað 15.12.2016]
- Umhverfisstofnun 2016. Landupplýsingagögn: Friðlýst svæði 2016 og Náttúruminjaskrá 2006.
- Þorleifur Einarsson 1960. *Jarðfræði Búrfellsvirkjunar*. Reykjavík: Raforkumálastjóri, Orkudeild.