

Fjarðarheiðargöng

Jarðfræðilegar aðstæður til gangagerðar milli

Seyðisfjarðar og Héraðs



Júní 2018

Unnið fyrir Vegagerðina

Efnisyfirlit

1	Ágrip	7
2	Jarðfræði Austfjarða og Austurlands	9
2.1	Berggrunnurinn.....	9
2.2	Helstu drættir í jarðlagaskipan miðhluta Austfjarða	11
2.3	Mótun landslagsins	12
2.4	Laus jarðlög	14
2.5	Yfirborðsvatn.....	15
3	Rannsóknir á yfirborði milli Seyðisfjarðar og Héraðs	16
3.1	Berggrunnurinn í Fjarðarheiði	16
3.3	Brotavirkni, misgengi og berggangar	17
3.3.1	Fjarkönnun á brotavirkni - Brotalínur.....	17
3.3.2	Berggangar og misgengi	19
3.4	Ummyndun í jarðlagastaflanum og vatnsstreymi í bergi	21
3.5	Kortlagning yfirborðsvatns og lækjarfarvega á Fjarðarheiði	22
4	Rannsóknarboranir 2014-2016	25
4.1.	Kjarnaboranir 2014.....	26
4.1.1	Helstu niðurstöður borunar FH-01	28
4.2	Kjarnaboranir 2016.....	29
4.2.1	Borhola FH-02 á við Dalhús á Eyvindarárdal	29
4.2.2	Borhola FH-03 á klöppum vestur frá Neðri-Staf	31
4.2.3	Borhola FH-04 í vegskeringu upp Efri-Staf	33
4.2.4	Borhola FH-05 í malarnámu á vesturbrún Fjarðarheiðar.....	34
4.2.5	Borhola FH-06 við Gufufoss í Seyðisfirði.....	35
4.3	Kjarnaheimta úr borholum	36
5	Eiginleikar bergs í rannsóknarborholum	37
5.1	Uppbygging berglaganna.....	37
5.2.	Skipting (hlutfall) mismunandi berggerða í borholum	38
5.3	Þykktardreifing storkubergslaga í borholum	38
5.4	Þykktardreifing setbergslaga í borholum.....	39
5.5	Sprungutíðni og heilleikastuðull berglaga RQD	40

5.6	Berggæði – Q-mat	40
5.7	Brotstyrkur borkjarna af mismunandi berggerðum	41
5.7.1	Mældur punktálagsstyrkur og uppreiknaður sýndarstyrkur	42
5.8	Mælt hörkuútslag bergs	43
5.8.1	Samanburður á sýndarbrotstyrk og frákastshörku	45
5.9	Rannsóknir á eiginleikum setbergs á rannsóknastofu Mannvits	46
5.10	Lektarprófanir í borholum og mæld lekt	47
5.11	Hitamælingar í kjarnaborholum	49
5.12.	Boranir með loftbor 2016	50
5.12.1	Hitamælingar og lekt í svarfborholum (loftborsholum)	50
6	Jarðfræðilegt mat á aðstæðum til jarðgangagerðar	52
6.1	Túlkun á mögulegu vatnsrennsli í bergi	52
6.2	Mat ÍSOR á varmaástandi undir Fjarðarheiði	53
6.3	Berggrunnur, brotalínur, misgengi og berggangar	53
6.4	Setbergslög á áformuðum jarðgangaleiðum	55
6.5	Túlkun á jarðfræðilegum aðstæðum frá Miðhúsaá að Fjarðarseli	56
6.6	Túlkun á jarðfræðilegum aðstæðum frá Dalhúsum að Fjarðarseli	58
7	Heimildaskrá og ýtarefni	62

Teikningar

- 1 Helstu drættir í jarðfræði Austurlands og Austfjarða.
- 2 Austurland - Jarðfræðiyfirlit. Afstaða jarðganga til jarðfræði
- 3 Seyðisfjörður - Hérað. Brotalínur greindar á loftmyndum.
- 3b Seyðisfjörður - Hérað. Brotalínur greindar á loftmyndum (án myndar).
- 4 Seyðisfjörður - Hérað. Sýnilegir gangar og misgengi.
- 4b Seyðisfjörður - Hérað. Sýnilegir gangar og misgengi (án myndar).
- 5 Seyðisfjörður- Fjarðará- Hérað. Hnitsettar jarðfræðiathuganir og snið.
- 6 Seyðisfjörður - Bjólfur. Hnitsettar jarðfræðiathuganir og snið.
- 7 Hérað - Miðhúsaá. Hnitsettar jarðfræðiathuganir og snið.
- 8 Hérað - Eyvindarárdalur. Hnitsettar jarðfræðiathuganir og snið.
- 9 Jarðlagasnið á Héraði. Eyvindarárdalur nærri Dalhúsum.
- 10 Jarðlagasnið á Héraði. Snið nærri Miðhúsaá.
- 11 Jarðlagasnið í Seyðisfirði. Snið í Fjarðará og suðurhlíðum.
- 12 Jarðlagasnið í Seyðisfirði. Snið í Fjarðará og norðurhlíðum.
- 13 Jarðlagasnið í Seyðisfirði. Snið í norðurhlíðum og Bjólfi.
- 14 Borholur FH-01 og FH-02 yfirlitssnið
- 15 Borholur FH-03 og FH-04 yfirlitssnið
- 16 Borholur FH-05 og FH-06 yfirlitssnið
- 17 Fjarðarheiði – Kort yfir halla og hallastefnur jarðlaga
- 18 Seyðisfjörður - Hérað við Miðhúsaá. Einfaldað snið jarðlaga
- 19 Seyðisfjörður - Eyvindarárdalur við Dalhús. Einfaldað snið jarðlaga

Viðauki A Lýsing á kjarnaborholum

Hola FH-01, 9 bls.+Lekt - Hola FH-02, 9 bls. - Hola FH-03, 7 bls.
Hola FH-04, 4 bls. - Hola FH-05, 7 bls. - Hola FH-06, 1 bls.

**Viðauki B Tölur yfir bergprófanir samhliða kjarnagreiningu -
og að auki niðurstöður rannsókna á bergi í rannsóknastofu (23 bls.)**

**Viðauki C_1 Ljósmyndir af borkjarna úr kjarnaborholum FH-01 og FH-02
(82 bls.)**

**Viðauki C_2 Ljósmyndir af borkjarna úr kjarnaborholum FH-03 til FH-06
(85 bls.)**

Tölur

- Tafla 4.1. Staðsetning og dýpi kjarnaborhola við Fjarðarheiði 2014 – 2016.*
Tafla 4.2. Yfirlit yfir kjarnaboranir vegna Fjarðarheiðarganga 2014 – 2016.
Tafla 5.1. Algengir stuðlar sem notaðir eru við útreikninga á Q- gildi bergs.
Tafla 5.2. Yfirlit yfir prófanir á borkjarna og í borholum 2014 – 2016.
Tafla 5.3. Staðsetning og dýpi loftborshola við Fjarðarheiði 2016.

Myndir

- Mynd 1.1. Fjallgarðar Austfjarða norðan Fáskrúðsfjarðar.
- Mynd 2.1. Austfirðir. Helstu drættir í jarðfræði.
- Mynd 2.2. Mikið einfaldað jarðlagasnið eftir skaganum milli Seyðisfj. Og Mjóaffi.
- Mynd 2.3. Austfjarðafjallgarðar frá Fljótsdalshéraði og Skriðdal til Austurstrandar.
- Mynd 2.4. Austfjarðafjallgarður við Fjarðarheiði. Mjóaffjörð og Seyðisfjörð.
- Mynd 2.5. Innanverður Seyðisfjörður með hvítar línur sem sýna áætlaða hæð jökla.
- Mynd 2.6. Suðurhlíðar Seyðisfjarðar vestur frá Strandartindi.
- Mynd 2.7. Efri-Botnar (og Neðri-Botnar) í suðurhlíðum Seyðisfjarðar.
- Mynd 3.1. Brot af loftmyndakorti yfir dalbotn Seyðisfjarðar við Efri- og Neðri Staf.
- Mynd 3.2. Brot af loftm.korti við Miðhúsaá á Héraði, sýndir hnúttsettir athuganastaðir.
- Mynd 3.3. Kortlagðar sprungur, berggangar og misgengi á Fjarðarheiði – Rammi.
- Mynd 3.4. Stefnugreining brotalína (túlkun af lofljósmyndum).
- Mynd 3.5. Loftmynd (Google Earth) af Gagnheiði og Fjarðarheiði með sýnil. brotalínur.
- Mynd 3.6. Horft úr lofti suður yfir Vestdalsheiði og til Fjarðarheiðar í fjarska.
- Mynd 3.7. Brotabeltið norður frá Þingmúlaeldstöðinni sker Eyvindará.
- Mynd 3.8. Stefnudreifing bergganga í Fjarðarheiði og nágrenni heiðarinnar.
- Mynd 3.9. Stefnurósir sem sýnir stefnutíðni allrar brotalína, Sprunga, misg. og bergg.
- Mynd 3.10. Beltaskipting holufyllinga í Austfjarðabasalínu.
- Mynd 3.11. Tjarnir umhverfis raflínu yfir Fjarðarheiði.
- Mynd 4.1. Mjög snjóþungt var á heiðum Austanlands vorið 2014.
- Mynd 4.2. Borinn var fluttur á borstað 17. Júní.
- Mynd 4.3. Bergið á 375-385 m dýpi í borholunni reyndist mjög brotið og lekt.
- Mynd 4.4. Jarðlagaskipan borholu FH-01 og yfirlit yfir niðurstöður.
- Mynd 4.5. Skipting berggerða í kjarnaborholu FH-01.
- Mynd 4.6. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-02.
- Mynd 4.7. Skipting berggerða í kjarnaborholu FH-02.
- Mynd 4.8. Unnið að borun holu FH-03 á borstað C við vegslóð að hjalla í Bjólfi.
- Mynd 4.9. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-03.
- Mynd 4.10. Skipting berggerða í holu FH-03.
- Mynd 4.11. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-04.
- Mynd 4.12. Skipting berggerða í holu FH-04.
- Mynd 4.13. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-05.
- Mynd 4.14. Skipting berggerða í holu FH-05.
- Mynd 4.15. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-04.
- Mynd 4.16. Skipting berggerða í holu FH-06.
- Mynd 5.1. Yfirlit yfir tæknilega eiginleika basaltstafla Austfjarða við Fjarðarheiðargöng.
- Mynd 5.2. Skipting berggerða í borholum í og við Fjarðarheiði.
- Mynd 5.3. Þykktardreifing storkubergslaga í borholum í og við Fjarðarheiði.
- Mynd 5.4. Þykktardreifing setbergslaga í borholum í og við Fjarðarheiði.
- Mynd 5.5. Brotþolsmælingar með PLT tæki á borkjarna úr holum í og við Fjarðarheiði.
- Mynd 5.6. Dreifing sýndarbrotþols berglaga í og við Fjarðarheiði.
- Mynd 5.7. Dreifing sýndarbrotstyrks berglaga í borholum FH-01 til FH-06
- Mynd 5.8. Frákasts- (hörku-) útslag (rebound hardness) berglaga í Fjarðarheiði.
- Mynd 5.9. Frákasts- útslag (rebound hardness) á kjarna úr einstökum holum.
- Mynd 5.10. Frákasts- útslag á móti PLI brotgildi (X- tákn fyrir setberg).
- Mynd 5.11. Frákasts- útslag á móti sýndarbrotstyrk (X- tákn fyrir setberg).
- Mynd 5.12. Yfirlit yfir styrkleikaprófanir sem gerðar voru á setbergi.
- Mynd 5.13. Samband einásabrotstyrks og kleyfnitogstyrks á móti rúmþyngd.
- Mynd 5.14. Yfirlit yfir vatnslekt ýmissa jarðmyndana á Íslandi.
- Mynd 5.15. Hitiferlar FH- kjarnaborhola.
- Mynd 5.16. Hitiferlar FH- loftborshola (svarfhola).
- Mynd 5.17. Hitiferlar sem sýna mat ÍSOR á hitastigi í bergi eftir Dalhúsaleið.
- Mynd 6.1. Hitiferlar sem sýna mat ÍSOR á hitastigi í bergi eftir Dalhúsaleið.
- Mynd 6.2. Stefnudreifing misgengja, bergganga og brotalína sem greind eru á loftm.
- Mynd 6.3. Styrkingar setbergslaga í Norðfjarðargöngum í apríl 2014.
- Mynd 6.4. Einfaldað langsníð jarðlaga (hugmyndasnið) eftir Miðhúsaleið
- Mynd 6.5. Veglína eftir Miðhúsaleið liggur yfir Seyðisfjarðarveg.
- Mynd 6.6. Yfirlit yfir berglög í efri hluta borholu FH-05.
- Mynd 6.7. Gangamunni beggja gangaleiðanna við Gufufoss í Seyðisfirði.
- Mynd 6.8. Gangamunni Dalhúsaleiðar er áformaður efst á tünnum Dalhúsa.
- Mynd 6.9. Einfaldað jarðlagasnið (hugmyndasnið) eftir Dalhúsaleið.
- Mynd 6.10. Yfirlit yfir berglög í borholu FH-02 við Dalhús.
- Mynd 6.11. Yfirlit yfir berglög í borholu FH-01 við Heiðarvatn á Fjarðarheiði.
- Mynd 6.12. Yfirlit yfir berglög í borholu FH-04 við veginn upp Efri-Staf á Fjarðarheiði.
- Mynd 6.13. Yfirlit yfir berglög í borholu FH-03 á klöppum norðan við Neðri-Staf.

1 Ágrip

Skýrslan lýsir jarðfræði og mati á jarðfræðilegum aðstæðum eftir tveimur mögulegum jarðgangaleiðum í gegnum fjallgarðinn er nefnist Fjarðarheiði (ásamt Gagnheiði) og skilur að Seyðisfjörð og Hérað í Norður-Múlasýslu. Upplýsinga um jarðfræði svæðisins var í aðalatriðum aflað með þrennum hætti.

1. Yfirfarnar greinar og handrit um jarðfræði Austfjarða eftir G.P.L. Walker og lærisveina hans sem rannsökuðu Austfjarðabasaltið á árunum 1950-1970. Að auki jarðfræðigreinin eftir Leó Kristjánsson og fl., auk jarðfræðigreina og handrita eftir skýrsluhöfund (Ágúst Guðmundsson)
2. Vettvangsskoðun, loftmyndaskoðun og túlkun á jarðfræði og lýsingum jarðlagasniða sem unnin voru ósamfellt af skýrsluhöfundi á árunum um 1989-2015
3. Rannsóknarboranir á Fjarðarheiði, nærri Seyðisfjarðarvegi í botni Seyðisfjarðar og á Eyvindarárdal 2014-2016.

Nokkrar mismunandi jarðgangaleiðir hafa áður verið athugaðar gegnum fjallgarðinn á milli Austfjarða og Héraðs en í þessari skýrslu er einungis horft til að tengja saman Seyðisfjörð og Hérað nærri Egilsstöðum. Gangamunni í Seyðisfirði yrði við Seyðisfjarðarveg nærri Gufufossi en á Héraði yrði munni annaðhvort við Seyðisfjarðarveg nærri Miðhúsaá eða á Eyvindarárdal við Dalhús. Vegur að munna við Dalhús færi um háa brú yfir Eyvindará norðan við Dalhús.

Talið er að leið jarðganganna gegnum fjallið muni liggja gegnum mörg hundruð metra þykkan jarðlagastafla sem hallar til suðvesturs, (það er með vestlægum hliðarhalla niður til Eyvindarárdals).

Túlkun á uppbyggingu berglagastaflans er sýnd á langsniðum á teikningu 2 og teikningum 18 og 19. Í staflanum eru bergsyrpur úr misþykkum basaltlögum (ásamt fáeinum ísúrum storkubergslögum) með tiltölulega þunnum millilögum. Jarðlögum hallar 6-7° til SV og liggja kannaðar gangaleiðir skáhallt á hallastefnu jarðlaga þannig að göng milli Seyðisfjarðar og Héraðs mun skera fjölmörg berglög.

Áformaðar jarðgangaleiðir undir Fjarðarheiði liggja gegnum fjölmörg misgengi og bergganga og líkur eru á að víða geti bergið verið mikið brotið. Tíðni brotalína og bergganga í botni Seyðisfjarðar er hliðstæð því sem algengt er á Austfjörðum en undir miðri- og vestanverðri Fjarðarheiði er þéttleiki brotavirkni (brota og bergganga) mun meiri en algengast er í Austfjarðafjöllum. Flest brot og gangar stefna nærri N-S, það er skáhallt, eða tiltölulega þvert á þær tvær jarðgangaleiðir sem fjallað er um (Sjá nánar á teikningum 3-4 og 18-19).

Ummyndun í berginu tilheyrir skólesít ummyndunarbelti og holufyllingar fylla víða sprungur og önnur holrými bergsins. Lektarmælingar í kjarnaborholum sýna að lekt bergsins er breytileg, fremur lítil við jaðra Fjarðarheiðar en mun meiri nær miðhluta heiðarinnar (og endurspegladist það í vandamálum við boranir hola FH-01 og FH-04). Hitamælingar í borholum hátt í Fjarðarheiði benda til talsverðrar lektar (vatn virðist renna lóðrétt um holurnar). Ofan 600-700 m hæðar er bergið lítt ummyndað og að hluta í sífrerasvæði. Þar er umtalsvert vatnsrýmd með köldu vatni og frábrúðgnu því jarðvatni sem almennt er niðri í staflanum. Líkur eru á að vatn renni (greiðar en

annarsstaðar) á allmörgum stöðum í brotabeltum er tengjast berggöngum og misgengjum. Við jarðgangagerð er mögulegt að innrennsli vatns frá slíkum jarðfræðifyrirkærum gæti orðið langvinnt og kalt ef aðfærsluæðar sækja vatn undan stóru og hálandu svæði.

Jarðfræðistofan hefur unnið framangreindar jarðfræðiathuganir fyrir Vegagerðina á árunum 2013-2017. Verkið unnu Ágúst Guðmundsson, Timothy Ward og Sarah Kaiser. Ræktunarsamband Flóa og Skeiða frá Selfossi boraði kjarnaholu FH-01 sumarið 2014 og skyldi holan verða 550m djúp. Ekki náðist áformaður borarangur. (Holan varð aðeins 430m djúp eða 120m grynri en áformað hafði verið). Rannsóknarboranir 2016 (holur FH-02 til FH-06) annaðist Borfyrirtækið Alvarr með sænska borfyrirtækið Drillcon sem undirverktaka og luku þeir borunum í samræmi við útboðsgögn.

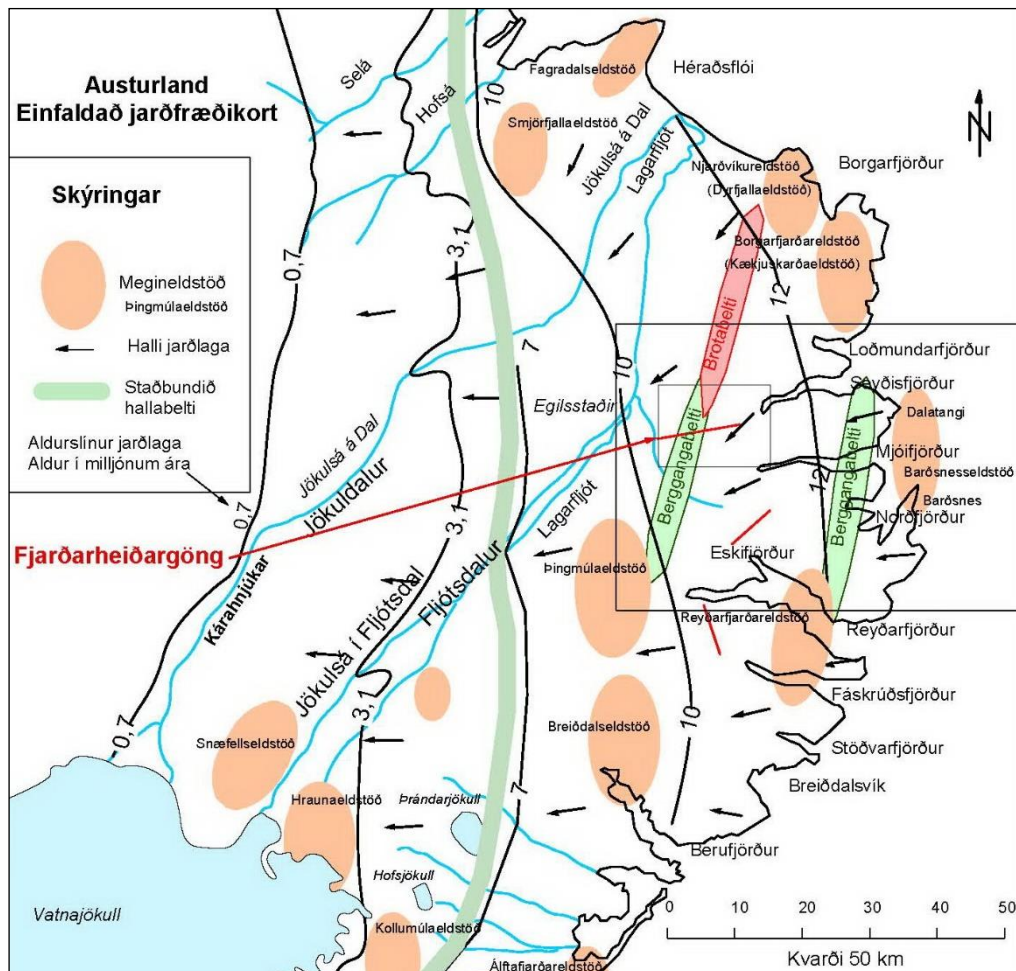


Mynd 1.1. Fjallgarðar Austfjarða norðan Fáskrúðsfjarðar. Fyrirliggjandi jarðgöng eru sýnd með gulum línunum og hugmyndir að legu Fjarðarheiðarganga með brotalínunum.

2 Jarðfræði Austfjarða og Austurlands

2.1 Berggrunnurinn

Austfjarðafjöll tilheyrja blágrýtismyndun Íslands og mynda þau samfelldan fjallgarð frá sunnanverðum Héraðsflóa og allt suður með suðurjaðri Vatnajökuls að Breiðamerkurjökli. Berglagastaflinn frá austurströnd Íslands við Gerpi og Dalatanga og vestur á Eyvindarárdal og Fagradal er um 3 km þykkur og er hann myndaður fyrir u.þ.b. 10 til rúmlega 13,5 milljónum ára (sjá nánar á mynd 2.1 og á teikningum 1 og 2 aftan við skýrslutexta). Í þessum hluta jarðlagastaflans hafa fundist um 7 fornar megineldstöðvar. Tveimur þeirra, (Reyðarfjarðareldstöðinni og Breiðdalseldstöðinni), hefur G.P.L. Walker lýst rækilega og Charmicael, lærisveinn Walkers, lýsti litlu síðar eldstöðinni í fjöllum milli Reyðarfjarðar og Skriðdals og er sú eldstöð kennd við kirkjustaðinn Þingmúla á Skriðdal. Aðrar megineldstöðvar eru minna þekktar þótt sumar þeirra séu afar stórar líkt og þær sem liggja við Borgarfjörð og Loðmundarfjörð. Til viðbótar liggja fornar rofnar eldstöðvar undan ströndinni og sjást aðeins útskæklar þeirra í Barðsnesi og við Dalatanga. Dreifing megineldstöðva og helstu drættir í jarðfræði Austurlands eru sýndir á mynd 2.1.



Mynd 2.1. Austfirðir. Helstu drættir í jarðfræði.

Bergið er aðallega basalt (um 80-85%), súrt berg er um 10% og setbergslög 5-10%. Milli basaltlaganna eru víðast tiltölulega þunn setbergslög (á hverjum stað mælist þykktin sentimetrar eða metrar og í undantekningum tugir metra). Í setbergslögunum

finnast gjarnan merki um hlýtt loftslag. Jarðlagastaflanum á Austfjörðum hallar yfirleitt 5-10° til VSV. Í Austfjarðabasaltnu er nær algilt að jarðlagahalli fer minnkandi frá sjávarmáli og upp staflann á hverjum stað. Víða er þessi hallabreyting 0,6-1,0° fyrir hverja 100 m hækkun. Almennt þykkna bergsyrpur Austfjarða undan jarðlagahallanum til vesturs líkt og blævængur eða knippi af stráum sem bundin væru saman í annan endann en breiða úr sér í hinn endann.

Samhliða upphleðslu jarðlaganna myndast berggangar og misgengi þegar bergskorpan brotnar upp og undirliggjandi kvika þrengir sér þá gjarnan inn í sprungur. Misgengi jarðlaga myndast yfirleitt við togspennu og flest eru misgengin næstum lóðrétt eða bratt-hallandi. Algengast er að lóðrétt hliðrun um misgengin sé 5-40 m og yfirleitt liggur megin sprungustefna hvers svæðis sem næst hornrétt á hallastefnu jarðlaga á hverjum stað.

Gangar eru líkt og misgengin, nær lóðréttir í upphafi en hallast venjulega lítið eitt með jarðlagastaflanum er hann sveigist niður við fergingu nýrrar upphleðslu. Gangar eru ýmist aðfærsluæðar hraunlaga eða enda blint uppi í jarðlagastaflanum án þess að bergkvikan hafi náð yfirborði. Þeir eru yfirleitt 2-8 m þykkir en einstaka gangar á Mið-Austurlandi ná allt að 20 m þykkt.

Algengt er að höfuðstefnur bergganga liggja tiltölulega nærri strikstefnu jarðlaga á hverju svæði. Meðaltalsþéttleiki þeirra við sjávarmál (utan gangareina) er gróflega metinn vera 1-3% en megineldstöðvunum fylgja venjulega 10-50 km langar og nokkurra km breiðar gangareinar þar sem gangaþéttleikinn er oft 4-8%. Á Mið-Austurlandi stefna gangareinarnar aðallega í N og NNA og innan gangareinanna stefna gangarnir tiltölulega nærri stefnu gangareinanna, það er skáhallt á fyrstu kynslóð brota og bergganga sem liggja oftast nærri strikstefnu berglaganna (Strikstefna er þvert á mestu hallastefnu jarðlagastaflans).

Gangarein og bergbrotabelti liggur norður frá Þingmúla megineldstöðinni og um Gagnheiði og Fjarðarheiði vestan við fjallið Bjólf. Í Seyðisfirði er hlutfall bergganga lágt en er kemur vestur í fjallgarðinn sem Fjarðarheiði liggur yfir er komið inn í ganga og misgengjareinar er liggja norður frá Þingmúlaeldstöð og þar fer hlutfall bergganga í 6-8% auk fjölmargra samsíða brota og misgengja (sem stundum ganga á skástígan hátt innan gangafylkinganna).

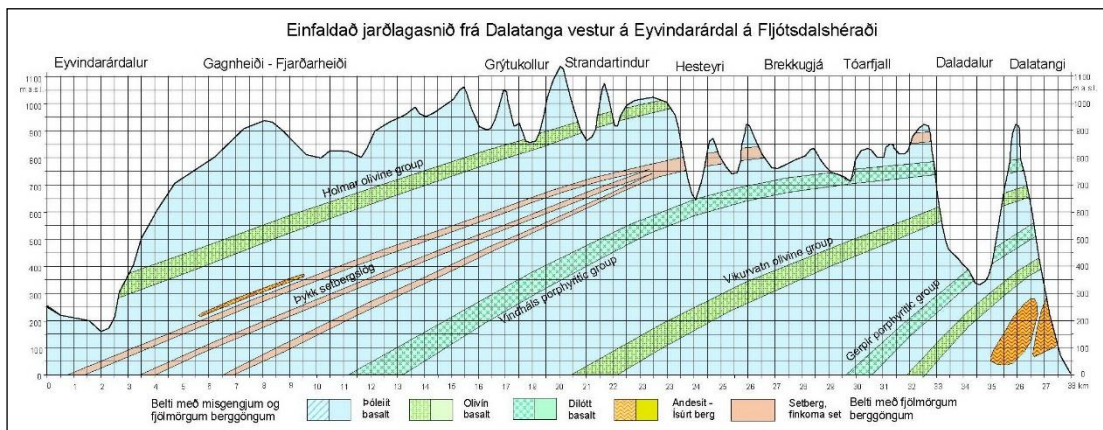
Þegar basaltstafla hleðst upp og grefst sífellt dýpra undir yngri hraunlögum, fer hann að ummyndast vegna aukins hita og þrýstings. Volgt eða heitt jarðvatn leikur um bergið og ýmis efni leysast upp úr berginu. Síðar þegar vatnið (mettað uppleystum efnum) kólnar, koma fram útfellingar í kólnandi jarðvatninu, þær kristallast og mynda geislasteina og raðast tegundir geislasteinanna gjarnan í belti og endurspeglar hvert tegundabelti þá vissar hita- og þrýstiaðstæður sem ríkt hafa í berginu á meðan útfellingarnar voru að myndast.

Almennt má segja að berggrunnurinn á Austfjörðum sé mettaður vatni, nema í efstu fjallarimum og tindum. Hátt til fjalla ofan geislasteinabeltanna eru berglög lek og vatn hripar niður í bergið en kemur víða fram neðar í lindum. Neðar í jarðlagastafla (neðan 400-500 m hæðar y.s. undir Fjarðarheiði) er ummyndun og útfellingar geislasteina svo mikil, að vatnstreymi í berginu er nær eingöngu bundið við einstaka sprungur, misgengi og brotaberg á jöðrum bergganga. Við jaðra Fjarðarheiðar liggur jarðvatnsborð yfirleitt við yfirborð berggrunnsins.

2.2 Helstu drættir í jarðlagaskipan miðhluta Austfjarða

Austfjarðafjallgarður sem skilur Fljótsdalshérað og inndali frá Austurströndinni er mjóstur nyrst eða um 25 km en breiðkar svo við Dalatanga og Gerpi í 35-45 km og helst þaðan 40-50 km breiður allt suður til Vatnajökuls. Breskir jarðfræðingar undir forystu prófessors G.P.L. Walker unnu að kortlagningu basaltsins á Austurlandi á árabílinu 1955-1965. Gáfu þeir glögga mynd af upphleðslu og bergsins frá fjallshryggnum milli Mjóafjarðar og Norðfjarðar og allt vestur til Hornafjarðar. Einnig af upphleðslu bergsins frá Fljótsdal og inn undir fótstall Snæfells. Yfirliti yfir upphleðslusögu syðri- og vestari- hluta Austfjarðabasaltsins eru gerð góð skil í grein Watkins og Walkers 1977 *Magnetostratigraphy of Eastern Iceland*.

Á teikningum 1 og 2 eru yfirlit yfir helstu jarðfræðileg fyrirbæri í berggrunni Austfjarða. Á mynd 2.2 er langsnið eftir endilöngum fjallgarðinum milli Seyðisfjarðar og Mjóafjarðar frá Dalatanga og vestur yfir Fjarðarheiði og Gagnheiði. Staðsetning sniðs og sniðið í stærri mælikvarða er sýnt á teikningu 2. Við Dalatanga eru súr berglög er tengjast megineldstöð við ströndina nærri Norðfjarðarhorni og Dalatanga en að öðru leyti finnast ekki storkubergslög frá megineldstöðvum í sniðinu, aðeins loftborin setlög úr súrri gjósku. Á syðri hluta Austfjarða er algengt að jarðlagahalli sé 6-10° til vestlægrar áttar. Er kemur norður fyrir Mjóafjörð dregur mjög úr hallanum og má segja að berglög í efri hluta fjalla við norðanverðan Seyðisfjörð og Loðmundarfjörð liggja sem næst lárétt. Við sjávarmál og upp í 300 m hæð y.s. innst í Seyðisfirði mælist berglagahallinn (reiknaður frá hnitsettum stöðum á stökum leiðarlögum) aðeins 1-3°. Skyndileg breyting verður á jarðlagahallanum er kemur inn fyrir fjarðarbotna Seyðisfjarðar og Loðmundarfjarðar. Í fjallshryggnum sem skilur fjarðarbotnana frá Héraði taka við brotabelti og skarar bergganga sem talin eru tengjast hinni fornu Þingmúlaeldstöð.



Mynd 2.2. Mikið einfaldað jarðlagasnið eftir endilöngum skaganum milli Seyðisfjarðar og Mjóafjarðar. Norðan Seyðisfjarðar er jarðlagahallinn mun minni. Ekki eru sýndar brotalínur, misgengi og bergganga sem eru í þéttum skörum eða knippum á tveimur svæðum (austantil og í meira mæli vestast (til hægri) á sniðinu).

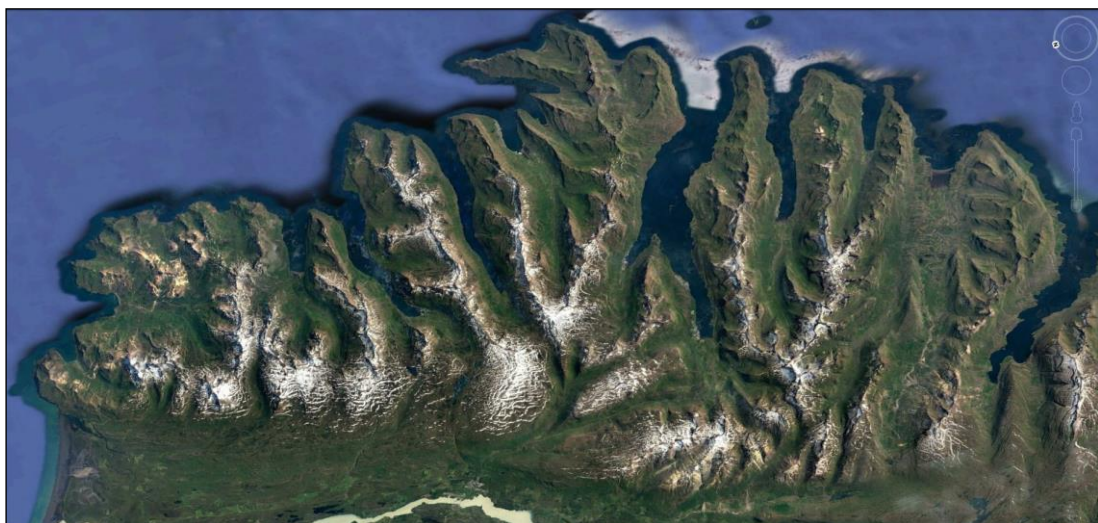
Jarðlagasniðin í Seyðisfirði og Mjóafirði veita samfellda sýn á jarðfræðiuppbyggingu berggrunnins milli Loðmundarfjarðar og Norðfjarðar og reyndar lengra til suðurs. Í sniðunum koma fyrir a.m.k. þrjár megin leiðarsyrpur sérstæðra berglaga. Sú neðsta er úr þykkum dílabasaltlögum, skilgreind af Walker sem "Vindháls Porphyritic Group" en það eru þykk dílabasaltlög sem rekja má frá annesjum (allt frá Loðmundarfirði,

suður til Reyðarfjarðar) og vestur á Fljótsdalshérað við Egilsstaði. Önnur syrpa, nokkru ofar í staflanum er úr súrum setbergslögum sem flest eru að uppruna súr og basísk gosaska. Í fjallgörðunum beggja vegna Seyðisfjarðar og Mjóafjarðar mynda setlögin eitt lag með staðbundnum basaltfleygum en er nálgast fjarðarbotna Seyðisfjarðar og Mjóafjarðar (ásamt Fannardal í Norðfirði) þá klofna setbergslögin upp í nokkur þynnri lög með basalhraunum á milli. Í botni Mjóafjarðar og í Fannardal eru nokkur ísúr og súr storkubergslög í námunda við setlögin.

Ofan við setbergslögin eru mjög útbreidd þykk ólivínbasaltlög sem Walker nefndi "Holmar Olivine Group". Þessi lög finnast í fjöllum við innanverða firðina frá Loðmundarfirði suður í Fáskrúðsfjörð. Í vestanverðri Fjarðarheiði (á Héraði og í hlíðum á utanverðum Eyvindarárdal), er hvergi unnt að ná "þykkum sneiðum" eða heillegum jarðlagasniðum í berglagastaflann. Mesta samfellda sýn í berg er þar í Miðhúsaá en samt er sýn á berg þar slitrótt vegna fjölmargra misgengja-brota og bergganga auk þess að hvergi sér langa leið samfellt í berg.

2.3 Mótun landslagsins

Síðla á Tertíertíma lá núverandi Austurland við gosbelti rekássins í Atlantshafi. Þá má ætla að þar sem nú eru Austfjarðafjöll hafi fjallakeðja megineldstöðva risið nokkur hundruð metra (og jafnvel mörg hundruð metra) yfir hraunahásléttuna frá NNA til SSV. Þegar loftslag fór kólnandi undir lok Tertíer hófu frost- og þíðuáhrif sífrerans að mola niður yfirborðs bergsins og í kjölfarið byrjuðu jöklar að setjast að á fjöllum megineldstöðvanna. Frá austurhlíðum fjallakeðjunnar gátu skriðjöklarnir runnið óhindrað austur til strandarinnar um leið og þeir grófu svokallað Alpalandslag þar sem nú eru Austfjarðafjöll. Þetta landmótunarferli endurspeglast í djúpum dölum og fjörðum en milli þeirra eru hvassbrýndir fjallatindar með stuttum skálum. Í slakkanum undir vesturhlíðum fjallakeðju megin-eldstöðvanna, hafa skriðjöklar safnast saman í miklum meginstraumi sem þokaðist til norðausturs (út um sundið á milli Dyrfjalla- og Borgarfjarðareldstöðvanna (í suðaustri) og Smjörfjalla- og Fagradalseldstöðvanna (í norðvestri) og grafið út dal núverandi Fljótsdalshéraðs



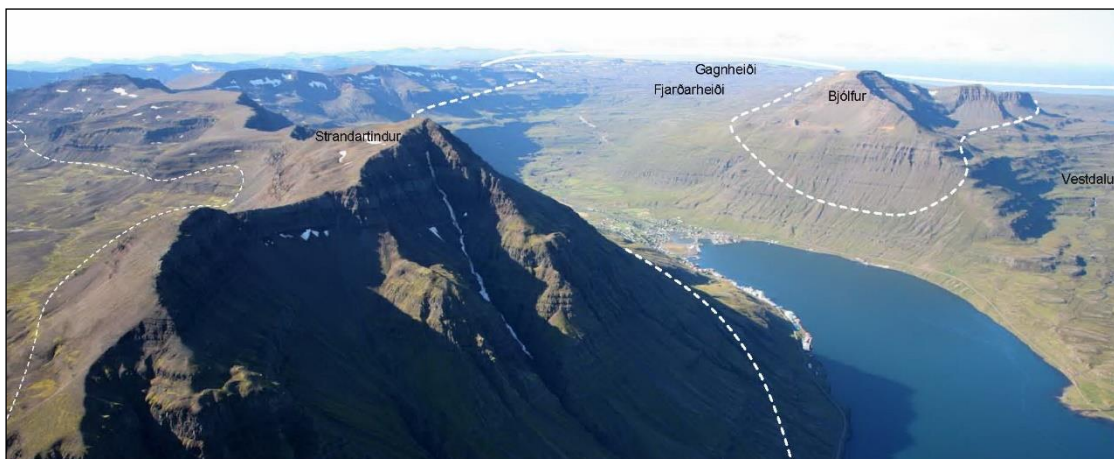
Mynd 2.3. Austfjarðafjallgarðar frá Fljótsdalshéraði og Skriðdal til Austurstrandar eru um 25-45 km breiður en beltið milli fjarða- og dalbotna Austfjarða til Héraðs er milli 10 og 15 km. (Norður er til vinstri).

Síðar á ísöld harðnaði svo í ári að jökull huldi öðru hverju öll heiðalönd og gekk víða út í firði og flóa eða jafnvel á haf út. Líklegt má þó telja að hæstu eggjar brattrra fjalla á norðanverðum Austfjörðum hafi lengst af eða ávallt verið íslausar eftir að landið tók að mótast og dalir og firðir að grafast niður.



Mynd 2.4. Austfjarðafjallgarður við Fjarðarheiði. Mjóafjörð og Seyðisfjörð. Landmótun Fjarðarheiðar og hlíða til Héraðs (vinstra megin á myndinni) bera einkenni umtalsverðra jökla en nær Austurströndinni eru einkenni sífreralandslags.

Ætla má að hærri hluti Austfjarðafjallgarðsins hafi staðið upp úr ísbreiðunni allt síðasta jökulskeið og mjög íslítið verið í fjörðum norðan Seyðisfjarðar. Augljós ummerki eru um að jökulhetta hafi legið yfir Gagnheiði og Fjarðarheiði og að Bjölfur (ásamt fjallgördum beggja vegna Seyðisfjarðar), hafi verið mikið jökulsker á milli skriðjökultungna sem gengu frá Fjarðarheiði og Vestdalsheiði niður í Seyðisfjörð beggja vegna Bjólfs. Að vestanverðu er að sjá að jökulhettan hafi legið að skriðjökli sem hálfyllti Fljótsdalshérað.



Mynd 2.5. Innanverður Seyðisfjörður með hvítar línur sem sýna áætlaða hæð jökla á síðasta jökulskeiðs og ráða þeir miklu um tilvist og dreifingu lausra jarðlaga.

Eitt af því sem einkennir mótun dala við langvarandi sífreraástand í jökulvana fjalllendi er að dalir verða ekki samhverfir. Hlíðar sem vita móti sól verða jafnan með minni halla og þar brotnar berg meira niður í fjallaeggjum og safnast í ofanverðar

hlíðar (meira niðurbrot vegna tíðari frost-þíðu umskipta í samanburði við skuggahlíðar fjalla). Þaðan silast svo samfrosin urð niður hlíðarnar þar sem urðin myndar oft fagurskapaðar skriðtungur. Þessi landmótunareinkenni eru mjög sterk í fjallgörðunum beggja vegna Seyðisfjarðar og eru einkennin enn greinilegri í bergi gömlu megineldstöðvanna svo sem norðan Loðmundarfjarðar (sjá dreifingu megineldstöðva á teikningum 1 og 2).

Á efri hluta fjallgarðsins og lækkandi út með fjörðunum er jafnan þykk kápa úr frostsprungnu, frostlyftu grjóti og almennt eru jökulrákir mjög óljósar til fjalla. Jökulsvörfunin sést helst í fjarðabotnum og í skálum og stefnir rofið yfirleitt á hverjum stað stystu leið til sjávar. Nú er víðast á Austfjörðum bratt fjalllendi, sundur skorið af dölum og fjörðum en fjöll og tindar ná víða 1000-1200 m hæð.

2.4 Laus jarðlög

Laus jarðlög í dölum og fjarðarbotnum Austurlands eru aðallega malarkennd lög í dalbotnum, tiltölulega afmarkaðir melar úr jökulruðningi og urðartungur sem leiða má líkur til að séu fornt urðarjöklalet frá síðari hluta síðasta jökulskeiðs en hafa löngum verið flokkaðar sem forsöguleg berghlaup. Þessar urðartungur (sem eru skýr ummerki sífreralandslags utan jökulskjaldar) setja víða svip á landslagið í fjallgörðum beggja vegna Seyðisfjarðar og einnig í innanverðum Seyðisfirði (svo sem í Botnum og Þófum). Litlir jökulgarðar finnast á strjálíngi.



Mynd 2.6. Suðurhlíðar Seyðisfjarðar vestur frá Strandartindi. Þykkar frostveðraðar urðir síga undan hallanum. Skálarnar tvær í efri hluta fjallsins heita Botnar og í þeim sitja ísformaðar frostveðraðar urðir. Neðar eru aðrar skálar er nefnast Botnar og Þófar og í þeim eru mjög þykkar frostveðraðar urðir sem síga hægt fram undan halla. Lengst til hægri eru klappir hreinsaðar af skriðjökklum sem gengu fram frá jökulhettunni á Fjarðarheiði.

Í innanverðum Seyðisfirði eru óverulegir malarhjallar sem næst í 30 m hæð yfir sjó og hafa þeir myndast við framburð ána við hærri sjávarstöðu, að öllum líkindum seint á síðasta jökulskeiði. Stakir hjallar af þessum toga finnast sumstaðar í 30-40 m hæð við ár og læki utar með Seyðisfirði. Á Eyvindarárdal við vestanverða Fjarðarheiði er

útbreitt jökulruðningsset og malarhjallar eru á stöku stað svo sem við Eyvindará. Algengasti jarðvegur umhverfis Fjarðarheiði er myndaður í hallamýrum og er hann sjaldnast meira en örfáir metrar að þykkt.

2.5 Yfirborðsvatn

Á Austurlandi og Austfjörðum er berggrunnur að stærstum hluta tiltölulega vatnspéttur upp í 600-700 m hæð yfir sjó, þannig að regn og snjóbráð rennur að mestu til sjávar sem yfirborðsvatn. Upptök lækja eru víða í framangreindri hæð þar sem bergið sem hærra liggur er gjarnan vel vatnsleiðandi og drekkur í sig rigningu og snjóbráð en skilar vatninu út í skriðurunnar hliðarnar er kemur niður í þéttara berg.



Mynd 2.7. Efri-Botnar (og Neðri-Botnar) í suðurhlíðum Seyðisfjarðar vestur frá Strandartindi. Lækir koma víða fram á efri mörkum ummyndaða bergsins í skálarbotnum við rætur yfirliggjandi skriðubelta.

Einkenni vatnsrennslis er þannig að vöxtur hleypur í ár og læki nokkrum klukkustundum eftir að rigna tekur að ráði og rennsli fjarar að mestu á hálfum til einum sólarhring eftir að styttir upp. Yfirborðsvatn var fyrrum notað til manneldis og matvælaframleiðslu en með vaxandi kröfum á þeim sviðum fóru menn að leita nærri þéttbýlisstöðum að vatnsbólum í lindum en sjaldnast var þar mikið vatn að hafa og algengt að vatnspurrð yrði í þurrkatíð. Skilvirkustu vatnsbólín sem uppfylla nútímakröfur eru gjarnan tengd urðartungum í fjallahlíðum og ljóst að vatnið er að mestu að koma út úr berginu undir urðunum.

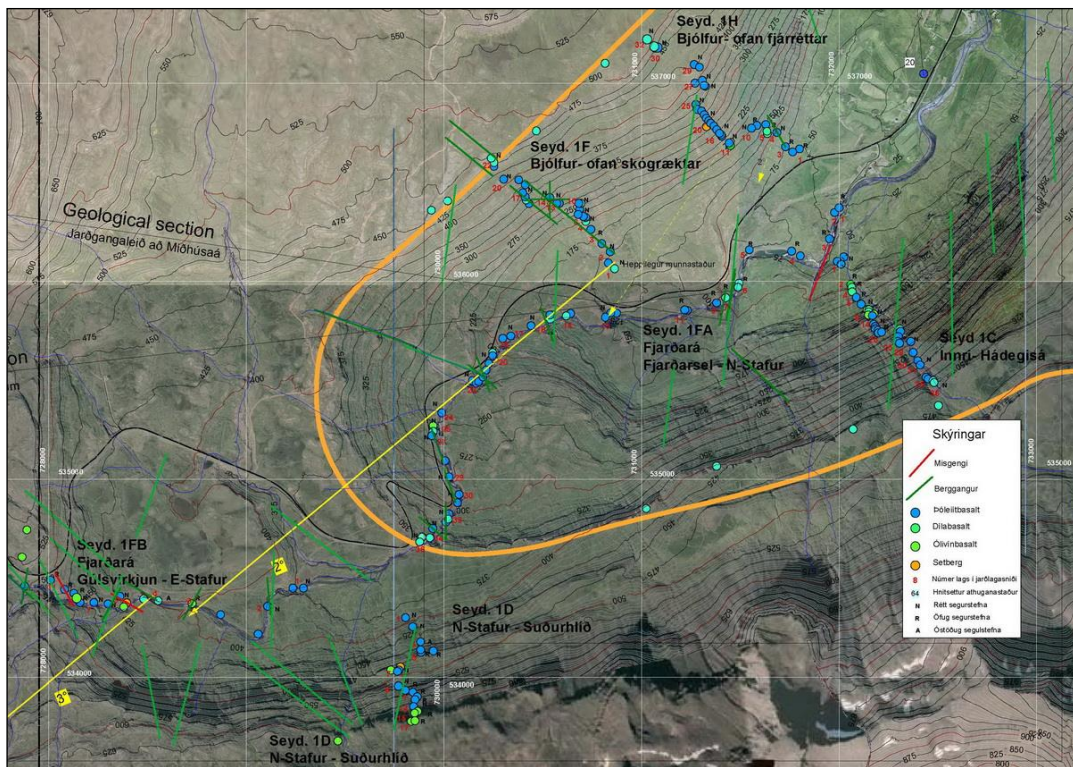
Nánar er fjallað um jarðvatn og vatnsstreymi í bergi í kafla 5.14.

3 Rannsóknir á yfborði milli Seyðisfjarðar og Héraðs

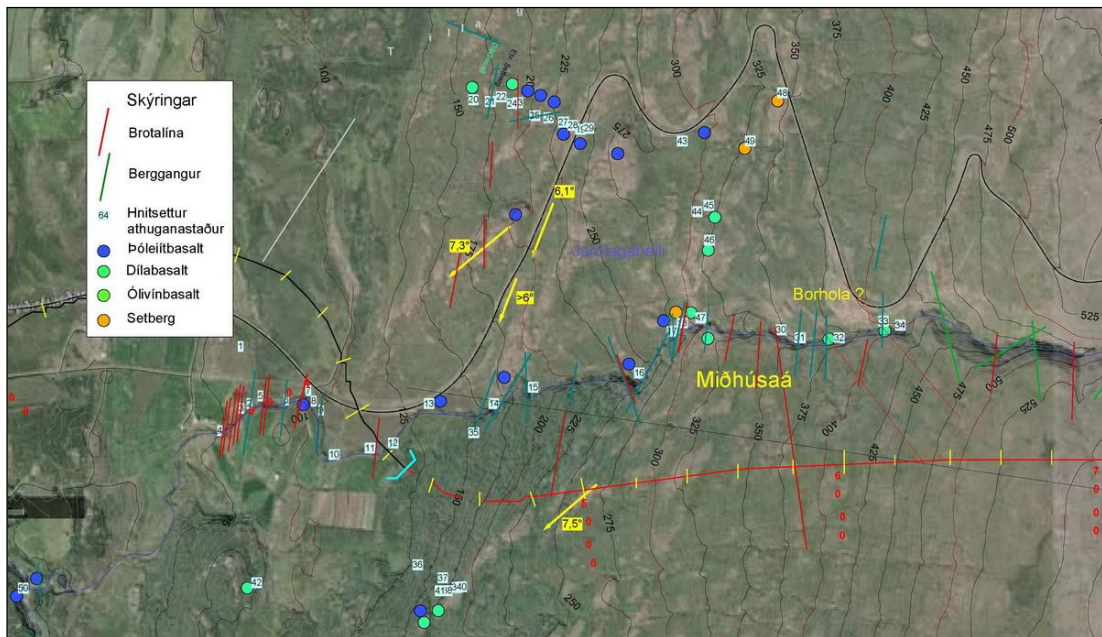
Jarðfræðikortlagning í fjarðabotnum Seyðisfjarðar og Mjóafjarðar ásamt vesturhlíðum Fjarðarheiðar-Gagnheiðar á Eyvindarárdal gefa ákveðna en tiltölulega takmarkaða sýn á túlkun á innviðum Fjarðarheiðar en aukið hefur verið við þekkinguna með kjarnaborunum.

3.1 Berggrunnurinn í Fjarðarheiði

Á myndum 3.1 og 3.2 eru sýnd dæmi um staðsetningu hnitsettra jarðfræðiathugana þar sem jarðlagasniðum var lýst í botni Seyðisfjarðar og vesturhlíðum Fjarðarheiðar sumarið 2015. Staðsetningar jarðlagasniða (prófila) eru sýndar skýrar á teikningum 5 til 8 (aftan við meginþexta skýrlunnar) og lýsingar jarðlagasniðanna (prófilteikningar) eru á teikningum 9 til 13. Samtals hafa verið skoðuð við Fjarðarheiði 10-15 snið með samanlagða jarðlagabykkt um 3,7 km. Auk sniðanna í botni Seyðisfjarðar lýsti höfundur á árunum nærri 1990, nokkrum sniðum utar með Seyðisfirði (og einnig í Mjóafirði) og er samanlögð jarðlagabykkt þeirra sniða yfir 5 km. Viðamestar upplýsingar um berggrunn Austfjarða er þó að finna í ritum bresku jarðfræðinganna sem unnu undir forystu prófessors G.P.L. Walker á árabílinu frá 1950-1965 og slitrótt síðar allt fram undir 1980



Mynd 3.1. Brot af loftmyndakorti yfir dalbotn Seyðisfjarðar við Efri- og Neðri Stafi. Hnitsettar athuganir eru sýndar með deplum og nánari lýsing á berginu er á jarðlagasniðum á teikningum 5-10 aftan við meginþexta skýrslunnar. Myndin sýnir dæmi um vinnuaðferðir við kortlagningu og gulbrúna línan sýnir ónákvæma legu þykkra setbergslaga í botni Seyðisfjarðar. (Sjá nánar teikningar 5-13).



Mynd 3.2. Brot af loftmyndakorti við Miðhúsaá á Héraði og eru sýndir hnitsettir athuganastaðir við - og í grennd við ána. (Sýnt skýrar á teikningum 5 til 15).

Jarðfræðileg staða Fjarðarheiðar í jarðlagastafla Austurlands er tiltölulega miðsvæðis milli Reyðarfjarðareldstöðvar í suðaustri, Þingmúlaeldstöðvar í suðvestri og Kækjuskarðareldstöðvar (norðanvert við Loðmundarfjörð) í norðaustri. Berggrunnurinn í Fjarðarheiði er þannig byggður upp í tiltölulega rólegu upphleðslumhverfi og afraksturinn er reglulegur jarðlagastaflur úr plötubasalti (regional basalt). Frá austanverðri Fjarðarheiði og út með Seyðisfirði er lítil jarðlagahalli og staflinn tiltölulega reglulegur.

3.3 Brotavirkni, misgengi og berggangar

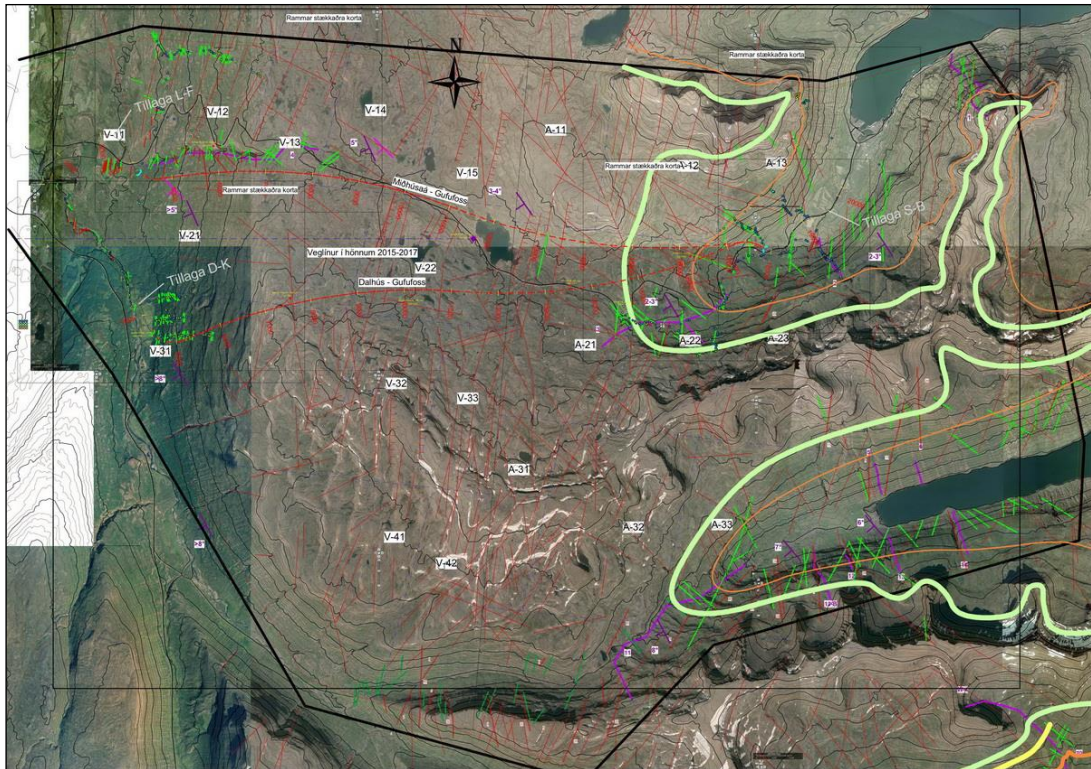
Allsstaðar í brágrýtissvæðum Íslands hefur berggrunnsstaflinn sem hlóðst upp í endurteknum eldgosum síðla á tertíertíma (Miocene og Pliocene) lent í spennuvirkni jarðskorpunnar og sprungið sundur, missigið í misgengjum ásamt því að bergkvika hefur skotist inn í brestina og myndað bergganga. Könnun og kortlagning á þessum þáttum er mikilvægur hluti í undirbúningsathugu num fyrir jarðgangagerð.

Upplýsingum um bergganga og misgengi í Austfjarðafjöllum hefur verið safnað (í tengslum við undirbúning jarðgangagerðar) frá norðanverðum Seyðisfirði og suður í Fáskrúðsfjörð. Rannsóknir á berggöngum, misgengjum og ummyndun bergs var einnig sterkur hluti í rannsóknum prófessorsins GPL Walker og lærisveina hans á austfjarðabasaltinu, þannig að mikill fróðleikur liggur fyrir um þennan þátt jarðfræðinnar.

3.3.1 Fjarkönnun á brotavirkni - Brotalínur

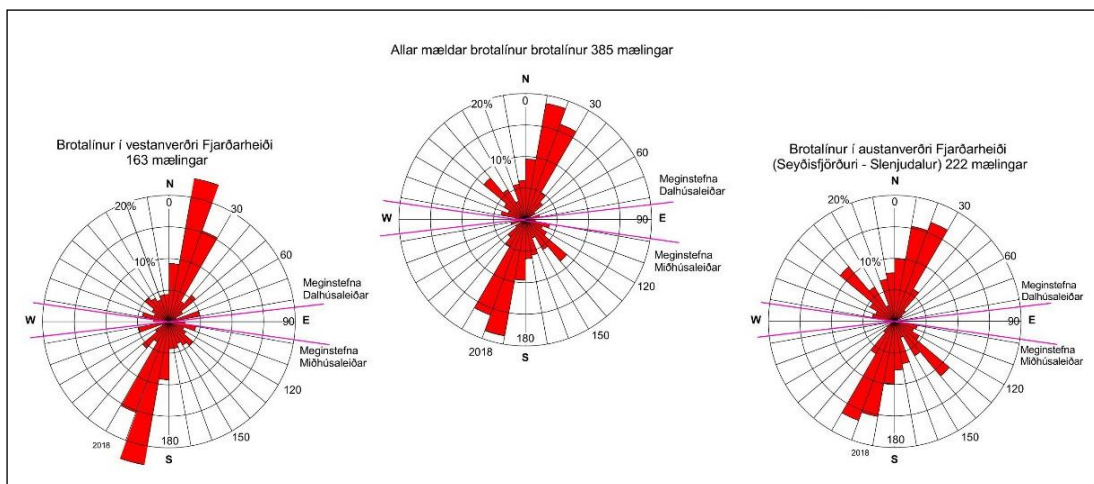
Þekkt er að tíðni bergganga og misgengja er jafnan mun hærri lágt í berglagastaflanum (nærri sjávarmáli) en ofar í fjöllum. Þó má oft finna undirliggjandi “strúktura” (misgengi, ganga og sprungur) með því að brestir frá þeim leita tíðum upp í yfirborð berglagastaflans. Með aðstoð loftljósmynda hafa mýmargar línulegar misfellur sem sjást í yfirborði landsins verið færðar inn á kort, allt frá Loðmundarfirði og suður í Fáskrúðsfjörð. Auk sprungumynstra sem sjást á loftljósmyndum, hafa sýnileg

sprungur, misgengi og gangar verið sett með sama hætti á kortagrunna. Á korti á mynd 3.4 eru sýnd (með svartri umgjörð) útmörk þess svæðis sem gagnasöfnun fyrir tíðnirósir mismunandi brotavirkni í og í grennd við Fjarðarheiði byggja á.



Mynd 3.3. Kortlagðar línulegar sprungur, berggangar og misgengi á Fjarðarheiði og aðliggjandi svæðum. Sprungurósir í skýrslunni byggja á gögnum innan svörtu markalínunnar.

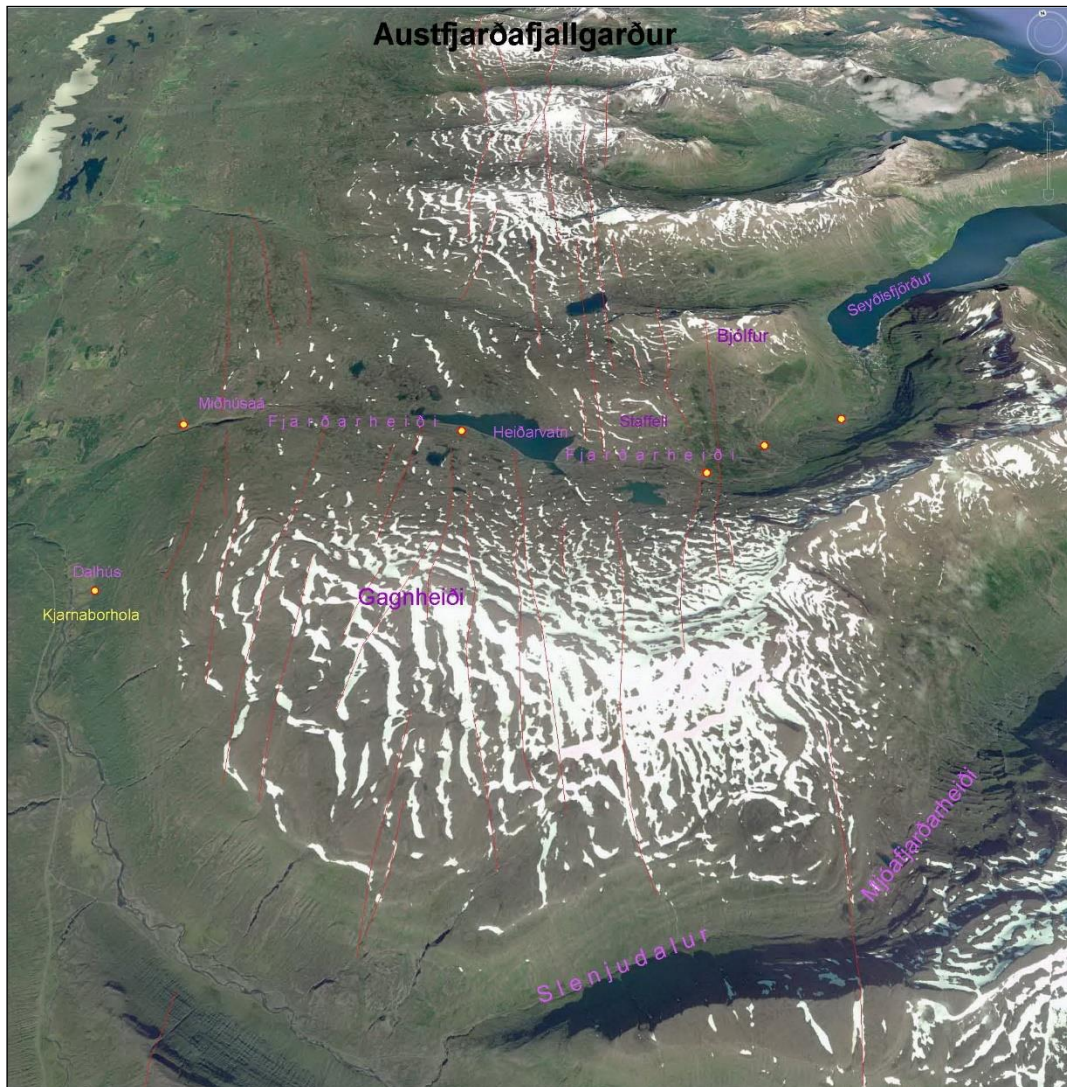
Línulegar misfellur í yfirborði landsins (innan rammans sem sýndur er á mynd 3.3) eru stefnugreindar og samanteknar sprungurósir með 10° breiðum stefnu geirum hafa verið dregnar saman úr viðkomandi gögnum og eru þrjár sprungurósir sýndar á mynd 3.4. Samtals byggja rósirnar á 385 “mælilínum” en jafnframt eru teknar saman tíðnirósir fyrir “sprungur” að vestanverðu – og austanverðu í heiðinni. Þar sést að lítilsháttar mismunur er á stefnutíðni brotalína að austan- og vestanverðu.



Mynd 3.4. Stefnugreining brotalína (túlkun af loftljósmyndum).

3.3.2 Berggangar og misgengi

Nokkru eftir að jarðlagastaflinn í Fjarðarheiði hlóðst upp, myndaðist stór megineldstöð (sem kennd er við Þingmúla) í um það bil 15-30 km fjarlægð SSV frá Fjarðarheiði. Spennusvið norður frá henni hefur hakkað sundur bergið á breiðu beltí til NNA og raðað inn berggöngum og misgengjum.



Mynd 3.5. Loftmynd (Google Earth) af Gagnheiði og Fjarðarheiði með brotalínur sem sjást e.t.v. best þegar snjór liggur í þeim. Staðsetning kjarnaborhola er sýnd með gulum deplum. Mjög erfitt er að meta stærð brotahreyfinga frá Héraði og austur eftir Fjarðarheiði en stærð hreyfinga sést betur í fjöllum Seyðisfjarðar og á Mjóafjarðarheiði.

Á mynd 3.5 er skjámynd frá Google Earth og á henni sést hvernig brota og gangabelti gengur norður yfir Eyvindarárdal (neðst á mynd) um Fjarðarheiði í stefnu á Beinageitarfjall (við fjarlægari mörk myndar). Á mynd 3.6 sem tekin er til suðurs yfir Vestdalsheiði (og Fjarðarheiði fjær) sjást glögglega samhliða brotalínur og stallar með SSV-NNA stefnur sem ganga norður frá fornri megineldstöð sem sést í fjöllum við Skriðdal.

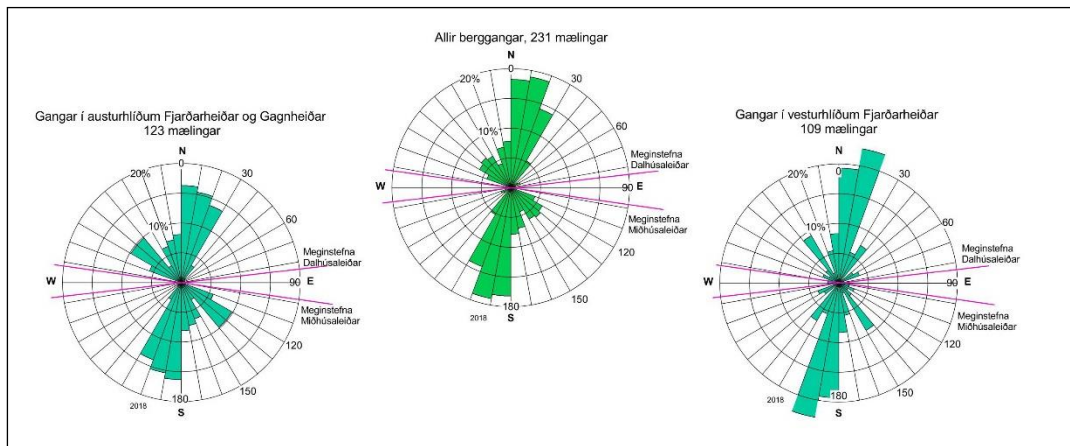


Mynd 3.6. Horft úr lofti suður yfir Vestdalsheiði og til Fjarðarheiðar í fjarska. Brotalínur ganga og misgengjareinanna eru algengar vestan við fjallið Bjólf. Mjög erfitt er að meta stærð misgengja uppi á heiðunum ef ekki sjást háar bríkur með bergstafla (hliðstætt því sem er í Seyðisfirði og Mjóafirði-Mjóafjarðarheiði).



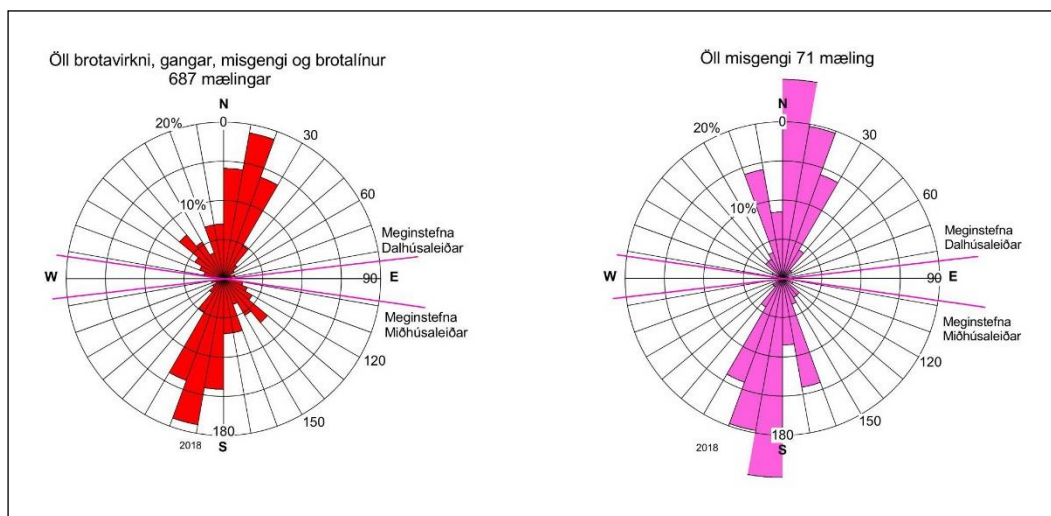
Mynd 3.7. Brotabeltið norður frá Þingmúlaeldstöðinni sker Eyvindará og þar má sjá fjölda bergganga og misgengja sem stefna flest N-S.

Stefnur bergganga (231 mæling) hafa verið greindar og er stefnutíðni þeirra sýnd á mynd 3.9. Algengustu stefnur eru NNA-SSV en í vestanverðri Fjarðarheiði (og nágrenni) eru einnig allmargir gangar með VNV-ASA stefnur. Tíðni bergganga sem sjást í vestanverðri Fjarðarheiði er sem næst 8-12 gangar á hvern km í A-V stefnu og algengustu þykktir 3-5 m. Samkvæmt því eru bergganga að lágmarki 3-5% af berginu en þar sem opnur í berg eru ekki samfelldar má ætla að bergganga í jarðgöngum verði a.m.k. 4-7%. Í botni Seyðisfjarðar (austan við Efri-Staf) sjást 5-8 gangar á hvern km í A-V stefnu og hlutfall bergganga í berginu eftir jarðgangaleið er áætlað vera sem næst 2,5-4%.



Mynd 3.8. Stefnudreifing bergganga í Fjarðarheiði og nágrenni heiðarinnar.

Á mynd 3.9 er stefnurós þar sem allar stefnur línulegrar brotavirkni (385 brotalína, 231 bergganga og 71 misgengja) eru dregnar saman í eina stefnurós. Misgengi sjást misjafnlega vel, skýrast í bröttum klettahlíðum og þar má oft greina nokkuð nákvæmlega hversu mikið þau hafa missigið. Þar sem opnur í berg eru mest bundnar við árfarvegi og læki (svo sem víðast er að vestanverðu í Fjarðarheiði og á Eyvindarárdal) er oftast erfitt að meta stærð misgengjanna. Þó er nær algilt að ef brotabelti um misgengi er breitt, þá má ganga út frá að lóðrétt missing sé mikið. Ekki hefur orðið vart við láréttar hliðranir um misgengi í Fjarðarheiði (líkt og algengt er að sjá í misgengjum á virkjanasvæðum við Þjórsá).



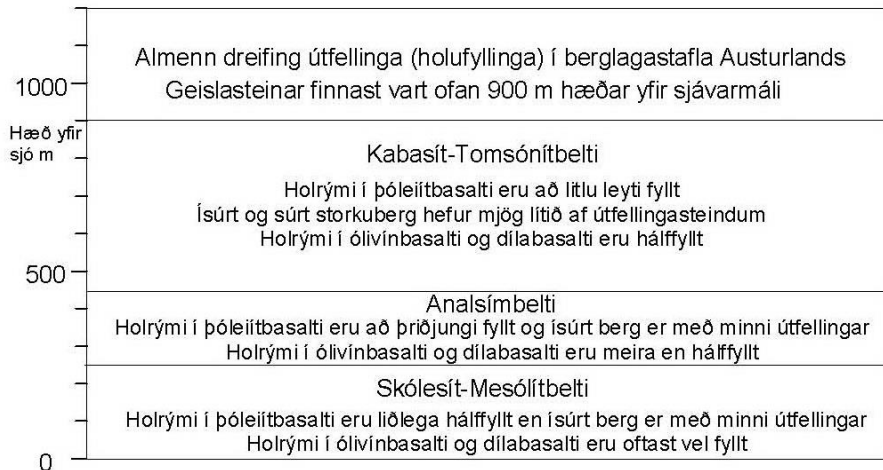
Mynd 3.9. Stefnurósir sem sýnir stefnutíðni allrar brotalína, Sprunga, misgengja og bergganga í Fjarðarheiði og aðliggjandi fjöllum. Til hægri er stefnurós misgengja.

3.4 Ummyndun í jarðlagastaflanum og vatnsstreymi í bergi

Í um 600 m hæð í fjöllum umhverfis innanverðan Seyðisfjörð - Mjóafjörð - Loðmundarfjörð, er algengt að sjá að jarðvatn komi fram úr berginu og myndi strjálur lindir og stundum djúlaveitur og í þeirri hæð má gera ráð fyrir að yfirgripsmikil breyting verði lekt bergsins. Ofan u.þ.b. 600 m hæðar er lítið um útfellingasteindir í berginu og þar má segja að bergið geti geymt í sér mikið laust vatnsmagn í sprungum (sem myndast samfara kólnun storkubergsins) og blöðrum. Neðan 600 m hæðar y.s. aukast ummyndunarsteindir og jafnframt dregur verulega úr vatnsrýmd og lekt. Því er algengt

að sjá læki seytla fram úr urðum í 600-700 m hæð yfir sjó þar sem “vatnsþéttni” bergsins er að aukast.

Samhliða því verður sprungulekt bergganga og misgengja ráðandi í lekt bergsins og þótt vatnsrýmdin minnki, geta sprungur leitt vatn um langan veg frá hærri svæðum með meiri vatnsrýmd. Til dæmis er yfir 40 km² svæði milli Fjarðarheiðar og Mjóafjarðarheiðar ofan 600 m hæðar y.s. og líklega með mikla vatnsrýmd. Einnig er mikið landflæmi ofan 600 m hæðar y.s. norðan Fjarðarheiðar og að auki norðan Vestdalsheiðar.



Mynd 6.10. Beltaskipting holufyllinga í Austfjarðabasaltinu

Ummyndun bergsins í 100-200 m hæð y.s. tilheyrir mesólít- skólesít-geislasteinabeltinu (sem skilgreint hefur verið af G.P.L. Walker og fl.) en nokkur munur er á hversu póleiítbasaltlögin eru minna holufyllt en ólivínbasaltið og dílabasaltið í þessu ummyndunarbelti. Lekt bergsins neðan 600-700 m hæðar er samkvæmt framansögðu að mestu bundin við sprungur og bergganga í flestum gerðum storkubergs og setbergs nema hvað ísúrt berg og póleiítbasalt hefur þar víða “primera” lekt (það er um innra sprungunet bergsins).

3.5 Kortlagning yfirborðsvatns og lækjarfarvega á Fjarðarheiði

Einn þáttur í jarðfræðilegum undirbúningi Fjarðarheiðarganga er athugun á ástandi yfirborðsvatns, lækjum, línunum og vötnum. Mikilvægt er að athuganirnar fari fram þegar vænta má að vatnrennsli sé almennt í sem lægstri stöðu sem er gjarnan í lok sumars þegar leysingu er að mestu lokið en áður en árvissar haustrigningar hefjast.

Athuganirnar fóru fram á sex dögum, tímabilið 9. til 19. september 2017. Nýttir voru dagar með stilltu þurru veðri og farið kerfisbundið í vatnsfarvegi við rætur vestanverðrar heiðarinnar og á heiðarbrúnum sem liggja að Seyðisfirði. Einnig var farið um austanverða Fjarðarheiði og rennsli mælt þar sem gamli Seyðisfjarðarvegur liggur ásamt því að mæla rennsli í ræsum á vegslóð út að mannvirkjum snjóflóðavarna í Bjólfi. Jafnan var reynt að nýta ræsi í vegum og slóðum til rennislismælinga. Athugunum voru gerð skil í tveimur greinargerðum (Ágúst Guðmundsson 2018 A og 2018 B).

Einkennandi fyrir vatnafar á Fjarðarheiði og nágrenni hennar er, að hvergi finnast vatnsmiklar lindir. Víða á heiðinni eru smávötn og tjarnir sem hafa lítillsháttar afrennsli eða að vatn sytrar í gegnum þær. Í fjöllum sem herra rísa svo sem Bjólfi og

Stafdalsfelli austan Seyðisfjarðarvegar og svo í Gagnheiði og fjallskambinum sem gengur til austurs milli Seyðisfjarðar og Mjóafjarðar koma víða fram smásytrur og lindavætl í 600-700 m hæð y.s. og þaðan safnast vatn víða saman í lækjarsytrur.

Í greinargerðunum um athuganir á yfirborðsvatni eru athuganastaðir númeraðir og aftast er tafla þar sem athugasemdir og hnit hvers staðar eru skráð. Helstu einkenni yfirborðsvatns er að þar sem fjöll rísa hærra en 650-700 m y.s er bergið minna holufyllt og lekara þannig að tjarnir standa þar sjaldnast uppi og lækir sjást óvíða. Vatn seytlar víða út úr hliðarrótum þeirra fjalla líkt og gerist í austanverðri Gagnheiði næst á mynd 3.11.



Mynd 3.11. Tjarnir umhverfis raflínu yfir Fjarðarheiði. Vatn síast úr umlykjandi urðum inn í tjarnirnar og frá mörgum þeirra renna lækir.

Samanlagt áætlað og mælt rennsli er um 2382 lítrar/sek. Þar af er rennsli Miðhúsaár áætlað um 1500 l/sek. Aðrir vatnsmiklir lækir, með áætlað rennsli yfir 70 l/s eru samtals með 760 l/sek. Þá eru tveir lækir með áætlað rennsli 30 l/sek hvor. Mat á rennsli verður nákvæmara með minnkandi rennsli þannig að telja má að allt rennsli undir 15 l/sek sé tiltölulega nákvæmlega mælt. Í þeim flokki eru um 80 mælistaðir með samanlagt rennsli upp á 302 l/sek.

Á afmörkuðum svæðum mældist rennsli yfirborðsvatns eftirfarandi:

- 1 Frá Miðhúsaá að Sturluseli, mældir 4 staðir (í skurðum túna og vestan þeirra) samtals 30,5 l/sek.
- 2 Frá Miðhúsaá eftir slóð að Dalhúsum og inn fyrir Dalhús. Mældir 17 staðir með rennsli samtals 122,5 l/sek. Þar af eru þrjú lækir með ónákvæmri mælingu, tveir með 25 l/sek og einn með 30 l/sek. Smærri sytrur, 14 að tölu mælast með rennsli 42,55 l/sek.
- 3 Í vesturbrekkum Fjarðarheiðar og vestanverðri Fjarðarheiði, beggja vegna Seyðisfjarðarvegar. Mældir 25 staðir og þar af er samanlagt rennsli 23 mælistaða 65,15 l/sek en við bætast 70-100 l/sek á einum stað og 150 l/sek á öðrum.

4 Yfirborðsvatn vestan Seyðisfjarðarvegur og að Gagnheiði. Mældir 11 staðir með rennsli samtals 46,5 l/ sek og auk þess er eitt ræsi undir Gagnheiðarveg (nærri brekkurótum upp á heiðina) með rennsli áætlað um 150 l/sek

5 Yfirborðsvatn á Fjarðarheiði, aðallega austan Seyðisfjarðarvegur. Mældir 26 staðir með samantekið rennsli 51,4 l/sek. Að auki er stakur stór lækur sunnan Seyðisfjarðarvegur efst við Efri-Staf með áætluðu rennsli um 100 l/sek.

6 Yfirborðsvatn nærri Stafdal og eftir slóð út að Bjólfi. Rennsli 5 mælistaða nærri skíðasvæði í Stafdal (mælt 15,8 l/sek) og 9 lækja og sytra í ræsum undir slóð að snjóflóðavörnum í Bjólfi (27 l/sek) er 43,3 l/sek. Að auki er rennsli í stóru ræsi við vegamót Seyðisfjarðarvegur og slóðar að Bjólfi áætlað 100 l/sek. Loks var rennsli í stóru ræsi Fjarðarár uppi á heiði austan Heiðarvatns metið 150 l/sek.

4 Rannsóknarboranir 2014-2016

Eftir að berg hafði verið kortlagt á yfirborði og upplýsingum raðað saman lágu ýmsir jarðfræðilegir þættir ljóst fyrir, svo sem að berglög neðan 200 m hæðar y.s. austan Fjarðarheiðar hölluðust um 1-3° til VSV og voru að mestu án stórra misgengja en vestan Fjarðarheiðar mælist jarðlagahallinn almennt 6-8° til SSV og þar eru sterkar brotalinur og sumar augljóslega um umtalsverð misgengi.

Almennt minnkar jarðlagahalli upp berglagastaflann og í Austfjarðabasaltinu er þessi hallabreyting víða 0,6-1,0° fyrir hverja 100 m hækkun. Bergsyrpur í Austfjarðafjöllum þykkna gjarnan undan jarðlagahallanum til vesturs líkt og blævængur. Til dæmis er setlagasyrpa með um 40 m hæðarmun milli efri og neðri marka syrpu í austanverðum Bjólfi hefur líklega "þykknað" (aðallega með blöndun við basaltlög) upp í liðlega 200 m í borholu FH-01 við Heiðarvatn og heildarsyrpan hefur þykknað talsvert meira í borholu FH-02 við Dalhús á Eyvindarárdal.

Áætlun um boranir, staðsetningu og dýpt borhola, réðist fyrst af því að bora sem næst miðsvæðis á jarðgangasvæðinu eða nærri Heiðarvatni á Fjarðarheiði (Hóla FH-01). Staðsetning síðari borhola réðist bæði af hugmyndum um jarðgangaleiðir ásamt landfræðilegum aðstæðum en einnig af kortlagningu berggrunns og lýsingu jarðlagasniða í botni Seyðisfjarðar við austanverða Fjarðarheiði. Áformaðir borstaðir fengu bókstafamerkingar frá A til F og síðar við upphaf borunar á hverjum stað fengu borholurnar tölusettt númer FH-01 til FH-06. Þrátt fyrir að fyllt hafi verið í myndina með 6 kjarnaborholum, hefði verið æskilegt hefði að bora a.m.k. tvær djúpar kjarnaborholur til viðbótar á vesturhluta Fjarðarheiðar (hóla FH-05 á vesturbrúnum eidarinnar gefur t.d. takmarkaðar upplýsingar þar sem hún "lenti" í berggangi). Samanlagt dýpi kjarnaborholanna er liðlega 1700 metrar.

Tafla 4.1. Staðsetning og dýpi kjarnaborhola við Fjarðarheiði 2014 – 2016.

Hóla	Norður	Austur	Hæð m	Dýpi holu m	Staðsetningar - Borstaður (bókstafur)
Kjarnaborhola boruð 2014					
FH-01	536.183	724.696	603,3	433,0	Fjarðarheiði - Heiðarvatn - A
Kjarnaborholur boraðar 2016					
FH-02	534.222,6	717.902,3	134,62	450,0	Eyvindarárdalur - Dalhús - B
FH-03	535.805,1	729.310,2	409,8	340,05	Seyðisfjörður - Neðri-Stafur - C
FH-04	534.785,5	728.084,3	475,1	165,0	Fjarðarheiði - Efri-stafur - D
FH-05	538.156,7	719.169,9	382,7	300,0	Fjarðarheiði - Miðhúsaá - E
FH-06	536.007	730.668	158,3	25,2	Fjarðarheiði-Seyðisf. - Gufufoss - F
Árið 2016 voru boraðar 5 holur samtals 1280 bormetrar					
Heildar kjarnaborun vegna Fjarðarheiðarganga 1713 m					

Samhliða borunum var reglulega fylgst með borkjarna sem upp kom, hæðarbreytingar vatnsborðs mældar eftir því sem tók voru á og loks voru holurnar lektarprófaðar með 15-25 m millibili eða eftir því sem kostur var (og stundum þéttar ef hegðun borunar benti til lekastaða). Borkjarnanum var síðar lýst nánar í húsnæði Vegagerðarinnar í Fellabæ, hann ljósmyndaður og brotstyrkur hans mældur með Point Load tæki og harka bergsins mæld með Schmidt Hammer tæki. Sýni af setbergslögum í borkjarnanum voru tekin til rannsókna hjá verkfræðistofunni Mannvit og eru niðurstöður þeirra athugana sýndar samfléttaðar við aðrar bergprófanir í viðauka B.

4.1. Kjarnaboranir 2014

Á útmánuðum 2014 bauð Vegagerðin út borun 550 m djúprar kjarnaborholu á Fjarðarheiði. Borstaður var valinn í 603 m hæð y.s. á klapparholti að vestanverðu við Seyðisfjarðarveg á mótis við Heiðarvatn. Áætlanir gerðu ráð fyrir að borun hæfist um mánaðamótin maí-júní og yrði lokið fyrir fyrsta ágúst. Ræktunarsamband Flóa og Skeiða bauð í borunina og var samið við þá um verkið. Óvenju snjóþungt var á fjöllum á Austurlandi vorið 2014 og frestaðist fram yfir miðjan júní að hægt yrði að hefja verkið.



Mynd 4.1. Mjög snjóþungt var á heiðum Austanlands vorið 2014. Aðstæður á borstað breyttust hratt fyrri hluta júní. Myndirnar eru frá 3. júní og frá 17. júní.

Verkið hófst með því að moka rennu gegnum snjóskafla til vesturs frá Seyðisfjarðarvegi og út á klapparholt þar sem fyrirhugað var að bora. Bortæki verktaka voru flutt til Egilstaða 16. júní og degi síðar áfram upp á Fjarðarheiði.



Mynd 4.2. Borinn var fluttur á borstað 17. júní og á myndinni eru boranir komnar af stað í veðurblíðu þann 26 júní 2014.

Kjarnaborun hófst 25. júní og gekk í byrjun vel. Eftir 6 bordaga var komið niður á 165 m dýpi er bormenn fóru í helgarfrí síðla á miðvikudegi 2. júlí. Borgangur var sem næst 20 m á hvern virkan bordag og lekt bergsins var prófuð í sem næst 30 m lengdarbilum. Neðan við þykk setbergslög á 300 m dýpi fléttast saman basaltlög og berggangar með mun meiri lekt en grannbergið. Eftir borhlé 3-7 júlí, unnu tveir til þrír starfsmenn verktaka að borunum og að jafnaði náðist að bora 15 m á dag. Þegar komið var niður á 360 m dýpi þann 19. júlí lenti borunin í sprungnu bergi og róðurinn fór að þyngjast með nokkrum borvandamálum. Skolvatn borunarinnar tapaðist algjörlega er komið var niður í berggang á 380 m dýpi og virtist bergið þar vera með opnar sprungur (lekt í sprungum hugsanlega af stærðargráðu 100 LU). Vatnsborð í holunni féll um nær 200 m og þrátt fyrir að dælt væri í holuna með fullum afköstum (yfir 370 l/min) var ekki hægt að merkja að vatnsborð í holunni hækkaði (þótt snögglega væri hætt að dæla og vatnsborð mælt með hraði). Áfram mældist fremur mikil lekt niður í holubotn (í samanburði við efri hlutann).

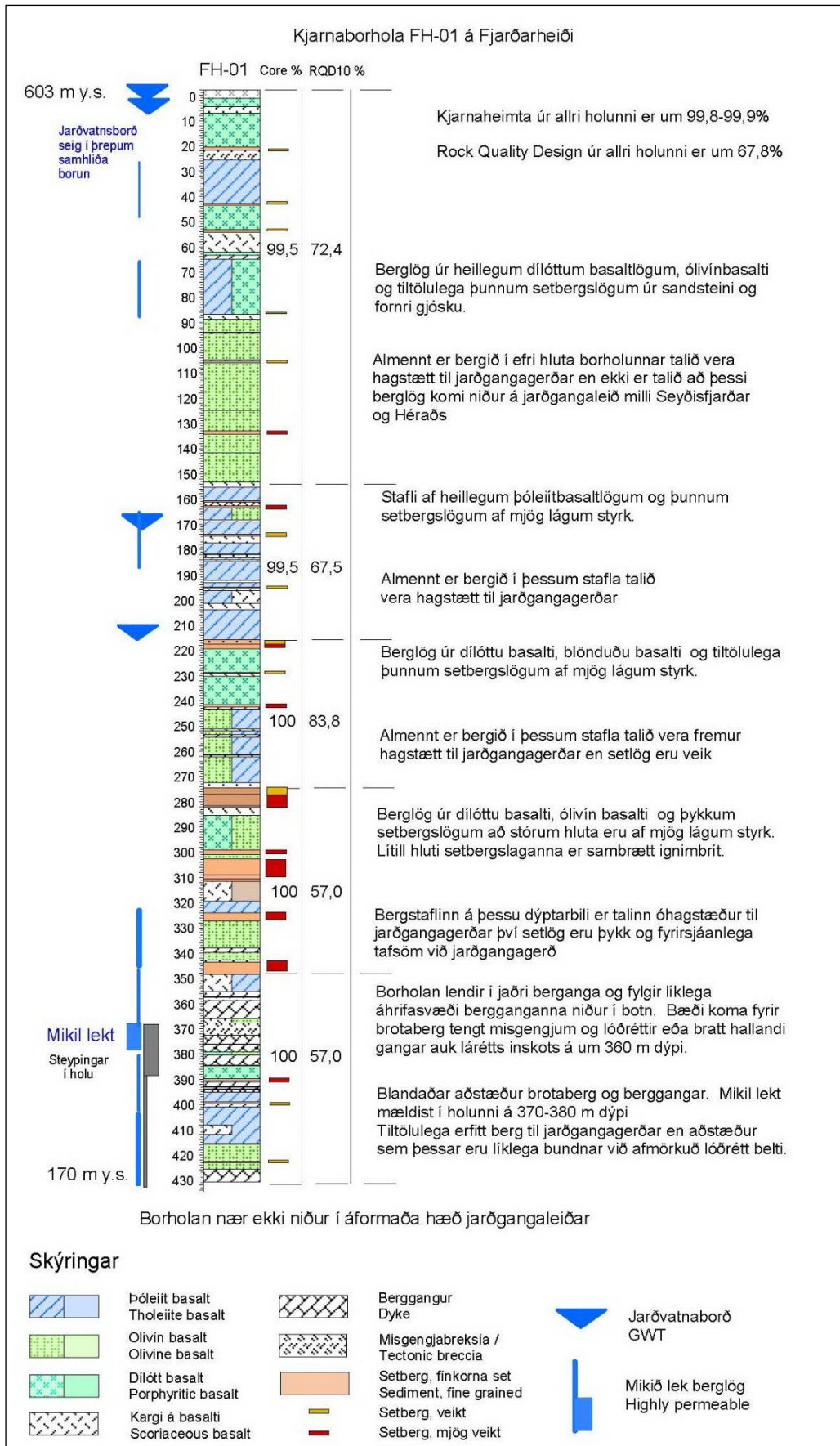
Staðan var metin þannig að nauðsynlegt væri að steypa í holuna. Fyrst var steyp tvisvar og viku hlé gert á borun. Í lok júlí var borað gegnum steypuna og þokast niður á 387 m dýpi. Steypt í fjögur skipti við botn holunnar á 384-387 m dýpi, 15-25 lengdarmetrar holu í hvert sinn. Að því loknu var hlé gert á borun í 3 vikur og hafist handa að nýju um 20. ágúst.



Mynd 4.3. Bergið á 375-385 m dýpi í borholunni reyndist mjög brotið og lekt og borun fór að ganga erfiðlega.

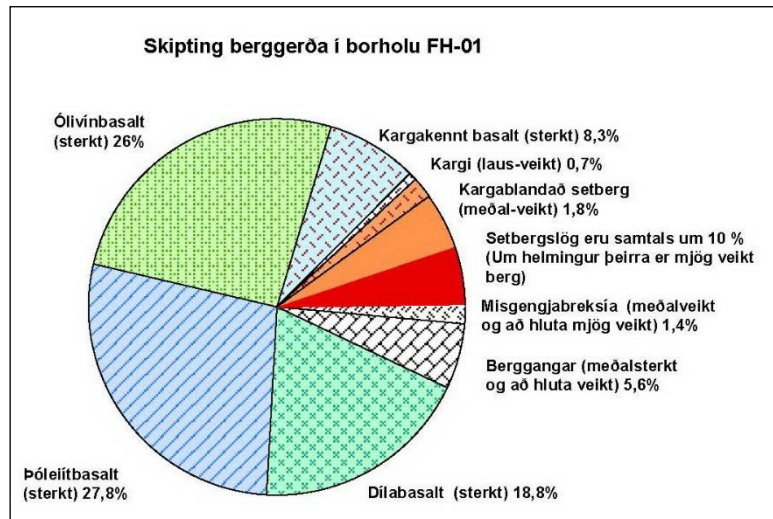
Að borhléinu loknu kom í ljós að ekki hafði tekist vel með að þetta holuna og með endurteknum steypingum varð komist með erfiðleikum niður á 433 m dýpi án þess að skolvatn kæmi upp. Tilraun var gerð til að steypa holuna frá botni á 433 m dýpi upp í 372 m dýpt. Við útborun steypunnar festust borstangir og varð að sprengja borstrenginn lausan á 375 m dýpi og var borun þá sjálfhætt. Yfirlit yfir berglög í borholunni eru sýnd á mynd 4.4 en að öðru leyti eru fyllri upplýsingar í borkjarnalýsingu holunnar.

4.1.1 Helstu niðurstöður borunar FH-01



Mynd 4.4. Jarðlagaskipan borholu FH-01 og yfirlit yfir niðurstöður.

Kjarnaheimta úr holunni er mjög góð eða sem næst 99,8 %. Bergið er að mestu úr basaltlögum niður á 215 m dýpi. Á 215-240 m dýpi eru mjög áberandi dílótt basaltlög, hliðstæð þeim sem sjá má nærri Fardagafossi í Miðhúsaá. Á 270-350 m dýpi eru tvö þykk setbergslög (10 m) auk annarra tveggja sem eru þynnri (5 m). Þau eru að stórum hluta með mjög lágan bergstyrk. Skipan berggerða í holunni er sýnd á jarðlagasúlu á mynd 4.4 og þar kemur fram að setbergslög með lítinn brotstyrk og misgengjabreksía eru um 7% bergsins. Hin liðlega 93 prósentin teljast ”sterkleg” sem jarðgangaberg.



Mynd 4.5. Skipting berggerða í kjarnaborholu FH-01

Á mynd 4.5 eru basalt, kargaberg og berggangar yfir 80%. Þar er setberginu skipt í sterkari og veikari hluta, þar sem veikari hlutinn molnar almennt niður við borun og meðhöndlun borkjarnans. Þau setbergslög eru með svo lágan brotstyrk að sjaldan er unnt að mæla styrk þeirra með Point load brottækjum. Sýndarstyrkur berglaga í kjarnaborholu FH-01er sýndur á mynd 5.7.

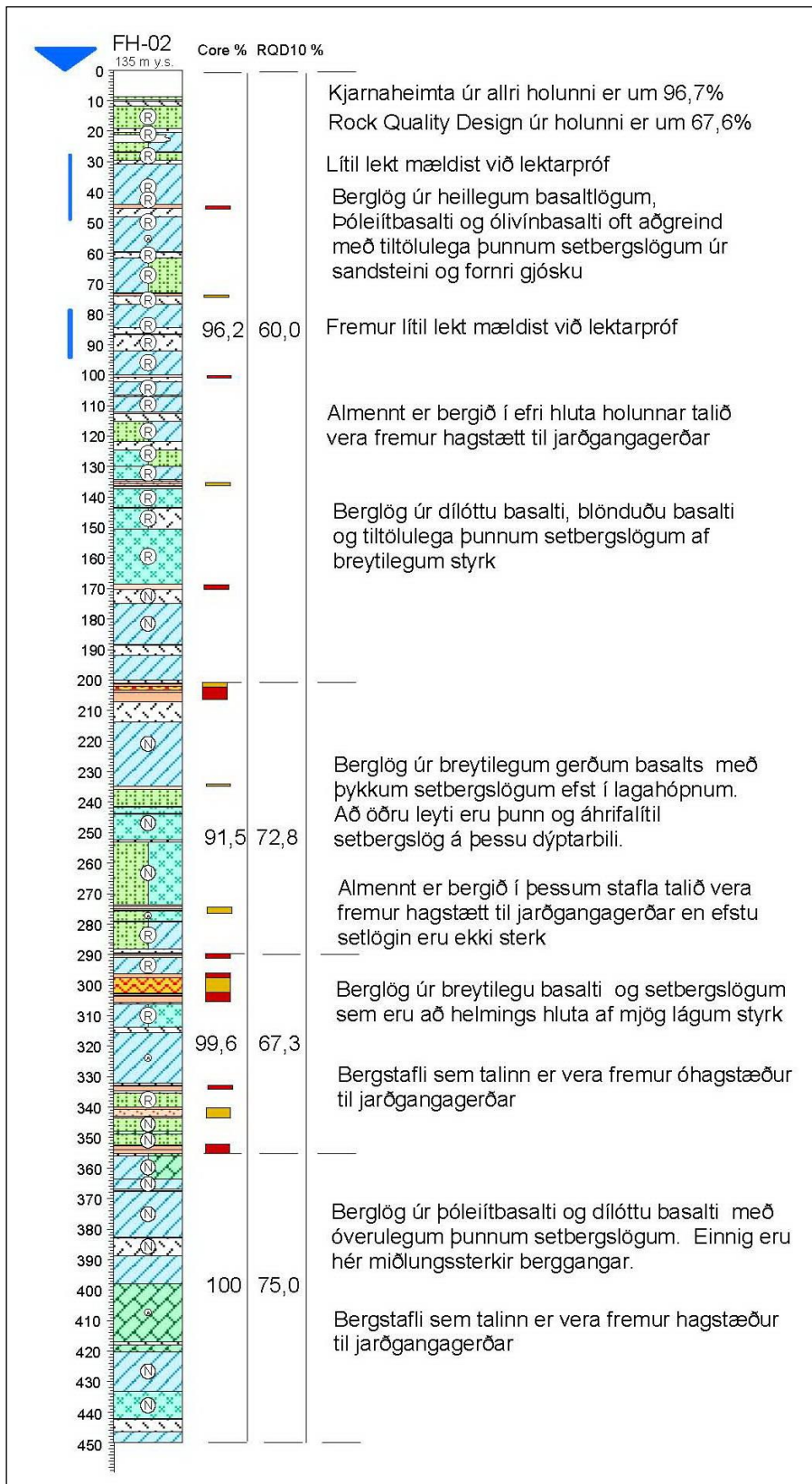
4.2 Kjarnaboranir 2016

Síðvetrar árið 2016 bauð Vegagerðin út borun 5 kjarnaborhola með samanlagða dýpt liðlega 1700 bormetra. Að auki var boðin út borun þriggja um 100 m djúpra hola án kjarnatöku. Borfyrirtækið ALVARR átti lægsta tilboð í skilgreindar boranir 2016 og var gengið til samninga við fyrirtækið. Kjarnaborunin var svo unnin af undirverktaka sem nefnist DRILLCON AB frá Svíþjóð. Megnið af borbúnaði var flutt til Seyðisfjarðar með ferjunni Norrænu og dagana 10 og 11 júní var borbúnaður fluttur á borstað C (holu FH-03) á klöppum úr dílabasalti við vegslóð sem liggur frá Seyðisfjarðarvegi milli Neðri- og Efri-Stafs að varnargörðum í Bjólfí.

4.2.1 Borhola FH-02 á við Dalhús á Eyvindarárdal

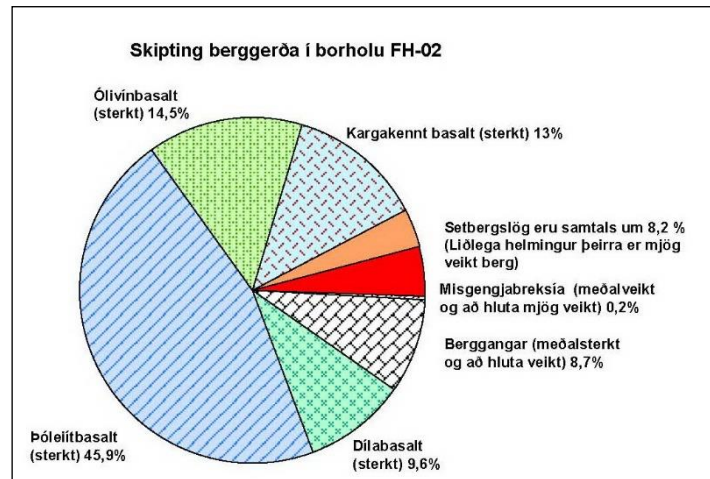
Aðgengi að borstað B við Dalhús er ekki þægilegt frá Seyðisfjarðarvegi (um Steintún eða Miðhús) og því var valið að fara með búnað og mannskap frá Þjóðvegi 1 á Eyvindarárdal og yfir Eyvindará á vaði innan Dalhúsa. Borun hófst 4 ágúst 2016 og lauk 14. ágúst eða á 11 verkdögum þannig að á hverjum verkdegi voru boraðir liðlega 40 m. Einfaldað borholusnið er á mynd 4.6 og skipting berggerða í holunni er sýnd á

mynd 4.7. Sýndarstyrkur berglaga í kjarnaborholu FH-02 og bergi úr öðrum borholum er sýndur á mynd 5.7.



Mynd 4.6. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-02.

Jarðvatn stóð jafnan við yfirborð holunnar á verk tímanum. Borstangir voru láttnar standa í holunni í tvo daga eftir að borun lauk. Þá var holan hitamæld og stangir dregnar upp. Hiti á 15m dýpi mældist 8,8 °C og á 422 m dýpi 22 °C sem gefur jafnan hitastigul 55 °C/km. Örlítið hitafrávik á 210-220 m dýpi bendir til að þar sé vatnslítill æð í holuvegg. Tvær pakkarprófanir voru gerðar til að leggja mat á lekt í berginu. Báðar mælingarnar sýndu lekt um 1 LU sem jafngildir lektargildi K um 10^{-7} m/s.



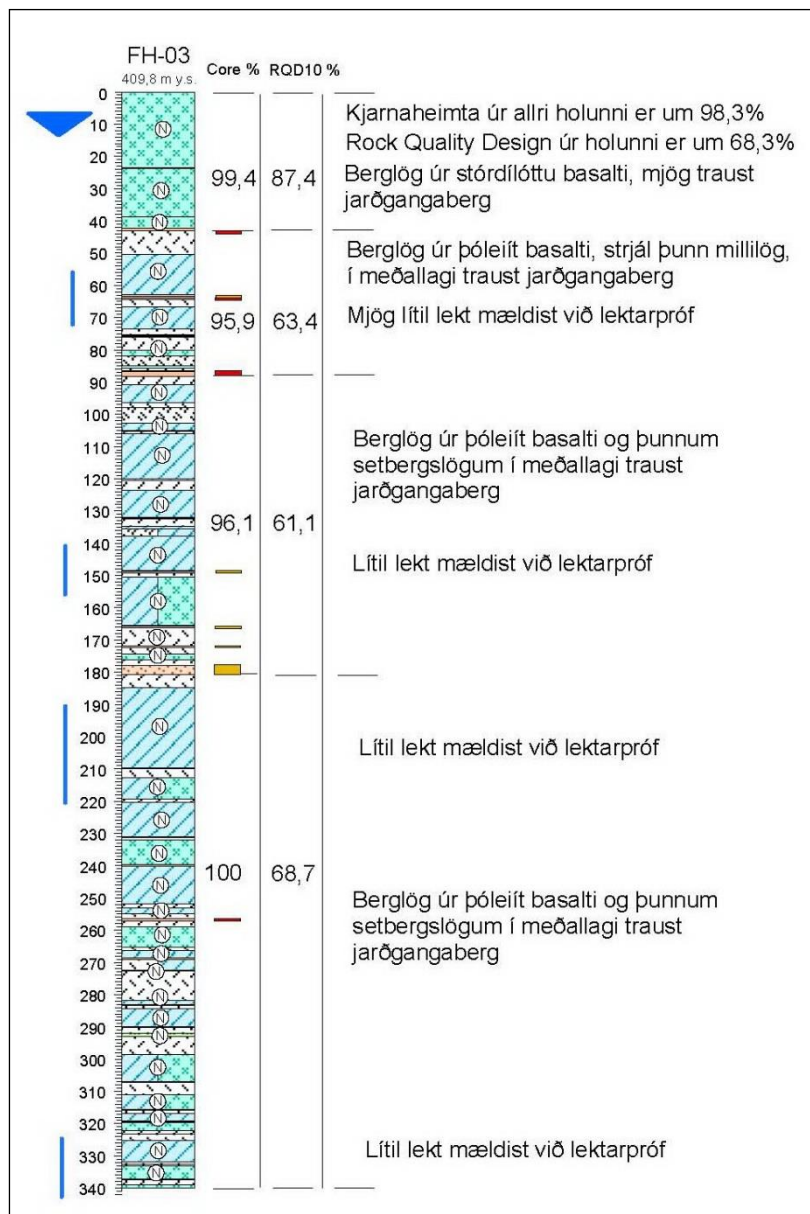
Mynd 4.7. *Skipting berggerða í kjarnaborholu FH-02*

4.2.2 Borhola FH-03 á klöppum vestur frá Neðri-Staf

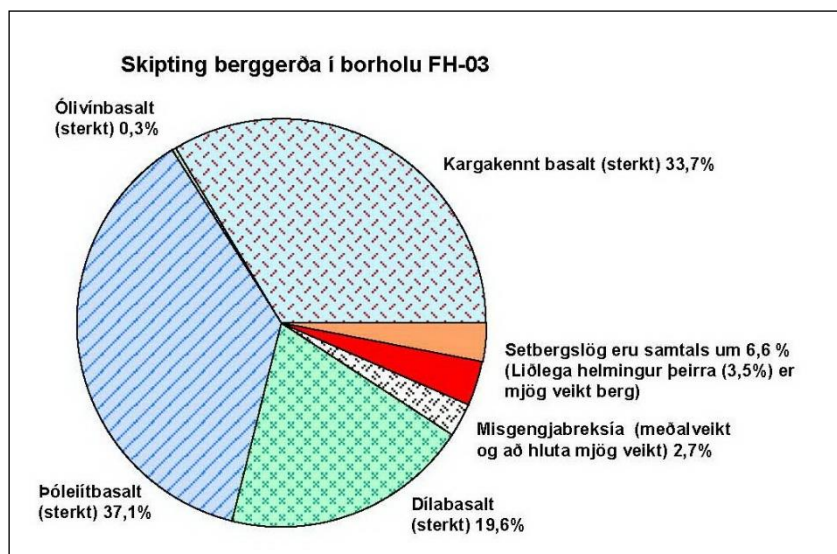
Fyrsta holan sem boruð var 2016 er hola FH-03 á borstað C. Byrjað var á borun holunar þann 11 júní og gekk borunin greiðlega. Fjórtán verk daga tók að bora niður á 340 m dýpi og að meðaltali voru boraðir 25 m á dag. Að auki voru framkvæmdar 6 lektarprófanir. Einfaldað jarðlagasnið holunnar er sýnt á mynd 4.9 og skipting berggerða á mynd 4.10.



Mynd 4.8. *Unnið að borun holu FH-03 á borstað C við vegslóð að varnargörðum á hjalla í Bjólfi.*



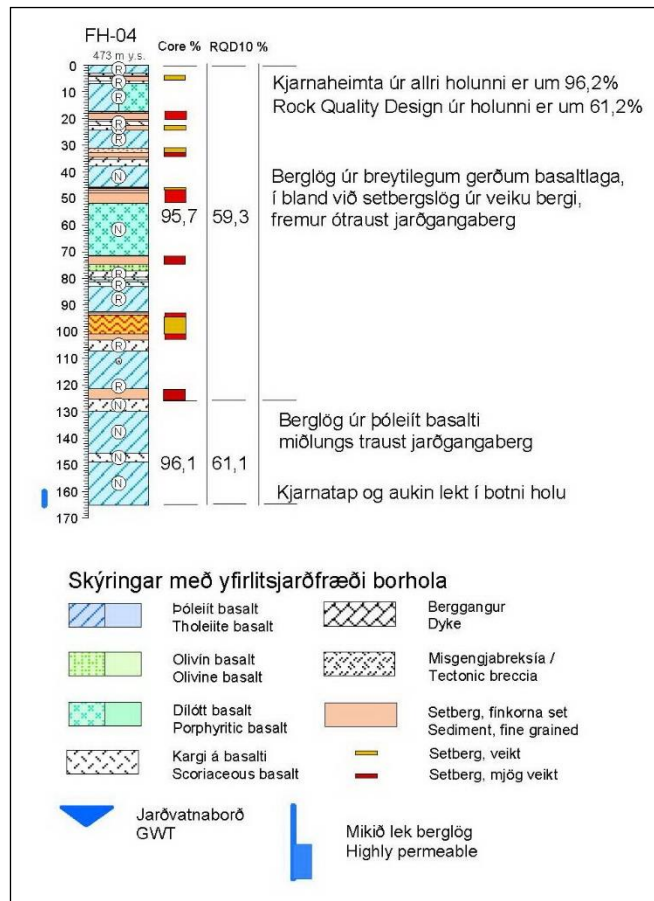
Mynd 4.9. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-03.



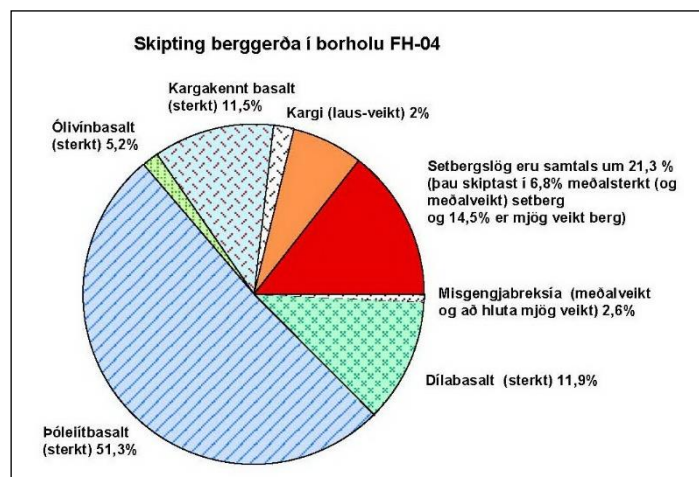
Mynd 4.10. Skipting berggerða í holu FH-03.

4.2.3 Borhola FH-04 í vegskeringu upp Efri-Staf

12. júlí 2016 var bornum stillt upp á borstað D í vegskeringunni í Efri-Staf og hafin borun holu FH-04. Borun gekk greiðlega og eftir 4 daga borun var komið í opin og lek lög á 165 m dýpi. Þar festist borstrengurinn um stund og var fimmta deginum varið við að losa strenginn, sem tókst og var borun hætt þann 16. júlí enda aðeins 5 m eftir að áformuðu dýpi í holubotn. Borgangurinn var liðlega 33 m á dag (en yfir 40 m/dag ef ekki er tekið tillit til festunnar). Einfaldað jarðlagasnið holunnar er sýnt á mynd 4.11 og skipting berggerða á mynd 4.12. Eftir borun holunnar tók borverktaki liðlega tveggja vikna hlé.



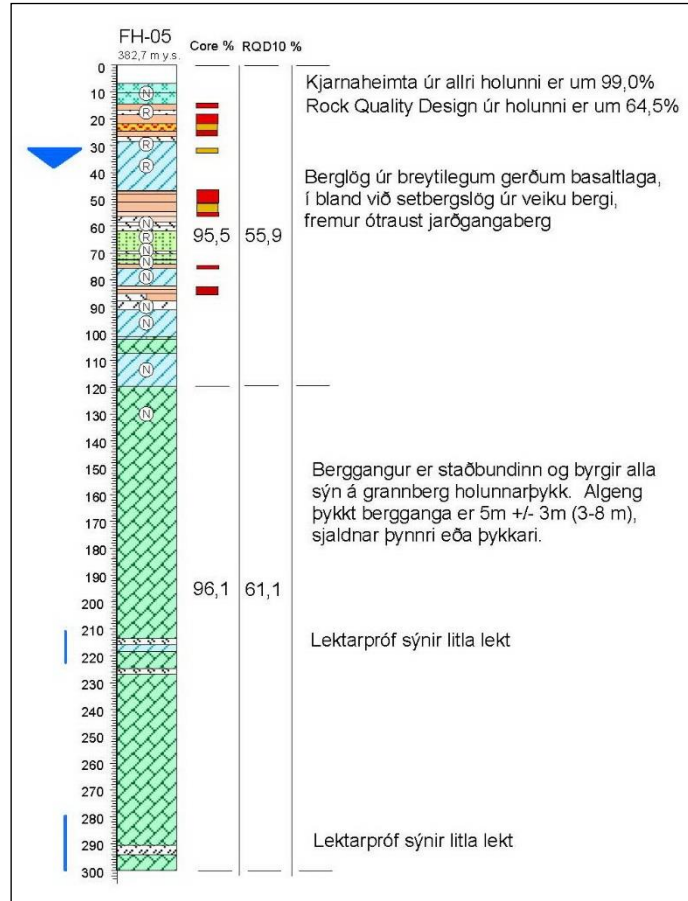
Mynd 4.11. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-04.



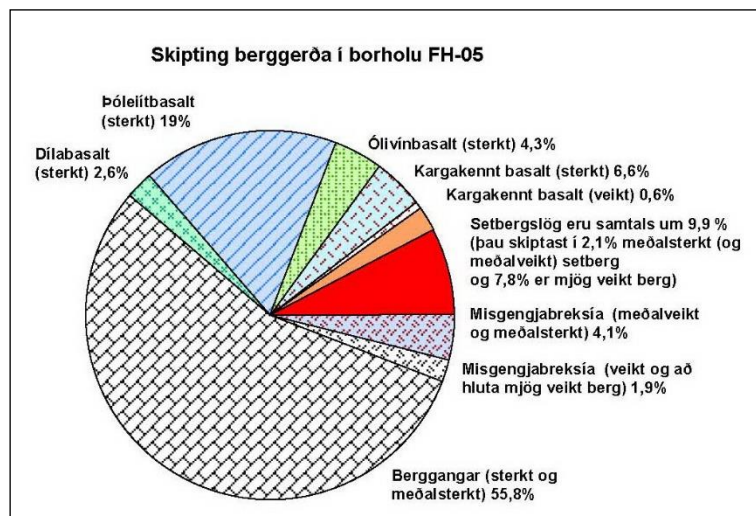
Mynd 4.12. Skipting berggerða í holu FH-04.

4.2.4 Borhola FH-05 í malarnámu á vesturbrún Fjarðarheiðar

Þann 4 júlí var hafin borun á borstað E í gamalli malarnámu ofarlega í vesturbrekkum Fjarðarheiðar við Miðhúsaá. Holan nefnist FH-05 og á 3 dögum var borað niður á 117 m dýpi í gegnum lagskiptan basaltstafla með setbergslögum. Þaðan og niður í holubotn á 300 m dýpi var borað á næstu 5 dögum. Neðan 120 m dýpis leitaði borunin nær samfelld niður eftir berggangi þannig að ekkert verður sagt um berglögin umhverfis holuna. Borhraði var um 38 m/dag. Einfaldað jarðlagasnið holunnar er sýnt á mynd 4.13 og skipting berggerða á mynd 4.14.



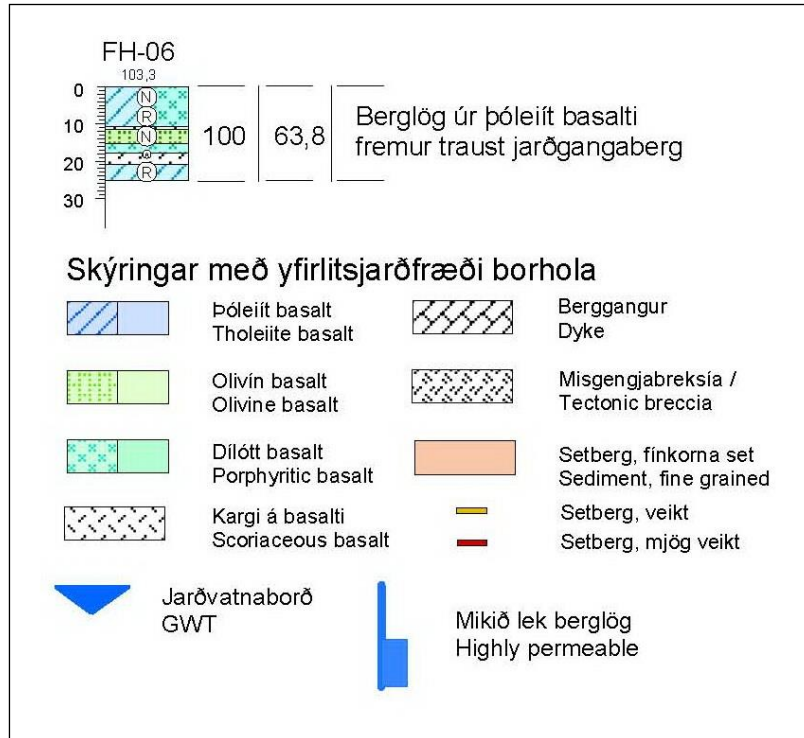
Mynd 4.13. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-05.



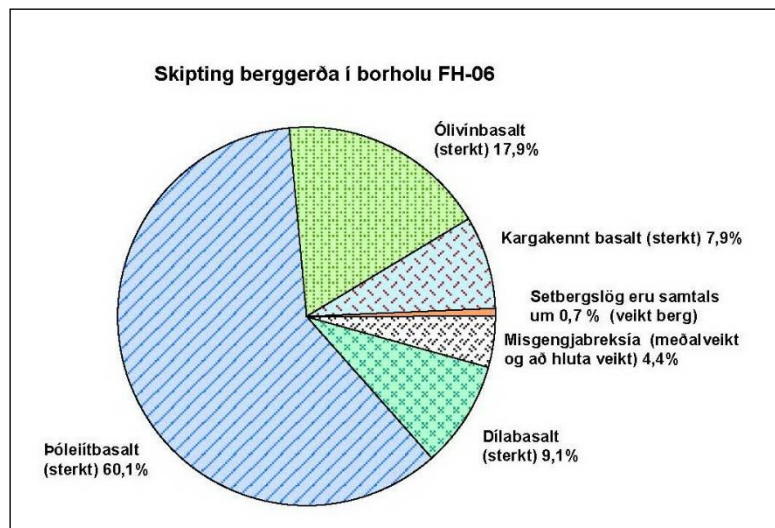
Mynd 4.14. Skipting berggerða í holu FH-05.

4.2.5 Borhola FH-06 við Gufufoss í Seyðisfirði

Þann 17. ágúst var bornum stillt upp á borstað F við Gufufoss í Seyðisfirði og samdægurs var hola FH-06 boruð niður í áformaða 25 m dýpt. Í holu FH-06 er þykkt stakdílótt basaltlag frá yfirborði niður á 10 m dýpi, sama lag og myndar fossþrep Gufufoss. Miðað er við að þekja ganganna næst munna verði í því lagi. Undir eru þynnri breytileg basaltlög að mestu án millilaga.



Mynd 4.15. Einfaldað jarðlagasnið af holu FH-04.



Mynd 4.16. Skipting berggerða í holu FH-06.

4.3 Kjarnaheimta úr borholum

Eftir að borun holu FH-06 lauk síðdegis þann 17. ágúst var gengið frá bor og búnaði til flutnings til Svíþjóðar. Bortækin höfðu þá verið á svæðinu í tvo og hálfan mánuð og borað um 1280 bormetra, auk þess sem gerðar voru 10 lektarprófanir á tímabilinu.

Kjarnaheimta úr borholunum er í heildina góð og er yfirlit yfir kjarnaheimtuna úr einstökum holum og mismunandi berggerðum sýnt í töflu 4.2.

Tafla 4.2. Yfirlit yfir kjarnaboranir vegna Fjarðarheiðarganga 2014 – 2016.

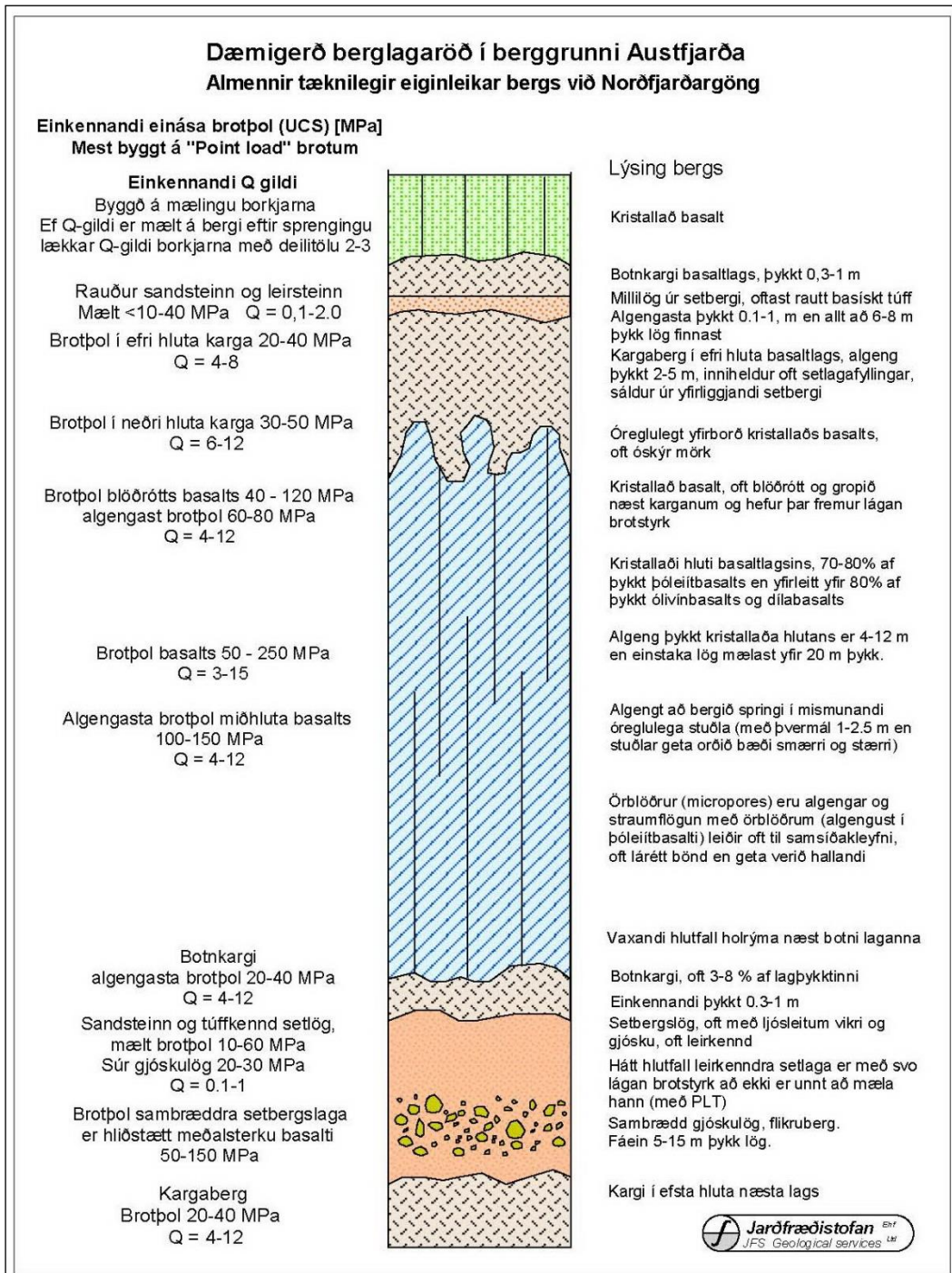
Hola nr.	Dýpi m	Fóðring m	Kjarna-borun m	Kjarna-borun %	Kjarna-heimta %	RQD 10 %	Lektar-próf stk.	Steypt í holu m
FH-01	431,79	3,14	428,7	99,3	100,7	67,8	15	60 ^{x)}
FH-02	450,0	8,8	441,2	98,0	97,8	63,2	2	X
FH-03	340,05	0,0	340,1	100,0	97,6	65,0	5	X
FH-04	165,0	0,0	165,0	100,0	94,8	61,2		X
FH-05	300,0	6,7	293,3	97,8	98,4	64,5	2	X
FH-06	25,2	0,0	25,2	100,0	99,6	63,8		X
Samtals	1712,0	18,6	1693,4				24	60
Meðaltal				98,9		64,8		

^{x)} Ath. nokkrum sinnum var steyppt í holu FH-01 neðan 375 m dýpis en skráð lengd steypukafla er ónákvæm. Ekki var steyppt í aðrar holur.

5 Eiginleikar bergs í rannsóknarborholum

5.1 Uppbygging berglaganna

Jarðlagastaflinn í Austfjarðafjallgarði er að að stærstum hluta (yfir 90%) byggður upp úr lagskiptum basaltlögum þar sem skiptast á basaltlög með efra og neðra kargalagi. Kargi storkubergslaga er skurn yfirborðs á kólnandi bergkviku sem brotnar upp samhliða rennsli laganna eftir yfirborði jarðar. Í berglagastafla þjappast karginn og límist oft saman með síðari tíma útfellingasteindum. Á milli storkubergslaganna eru tíðum (ekki algilt) setbergslög af breytilegri gerð og breytilegri þykkt.



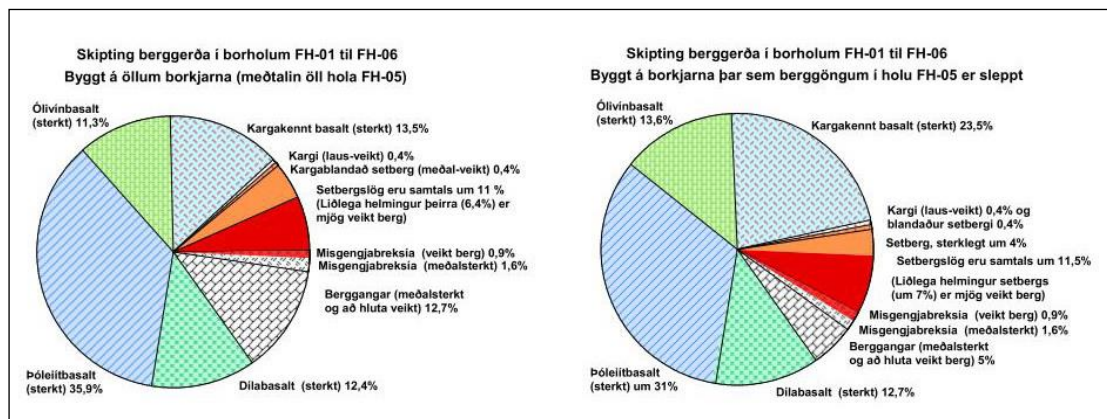
Mynd 5.1. Yfirlit yfir tæknilega eiginleika (technical properties) basaltstafla Austfjarða sem Fjarðarheiðargöng munu liggja um.

Meðfylgjandi skýringamynd af dæmigerðri uppbyggingu einstakra berglaga er á mynd 5.1. Líta verður á myndina sem almenna lýsingu á bergeiningum, ekki er um einhvern sérstakan stað að ræða. Á myndinni eru sýnd almenn gildi fyrir berggæði, brotþol og þykktir einstakra skilgreindra bergeininga í austfjarðabasaltinu. Auk berggerða sem sýndar eru á myndinni eru fleiri afbrigði setbergslaga, svo sem flikrubergr í borholum í og við Fjarðarheiði.

5.2. Skipting (hlutfall) mismunandi berggerða í borholum

Berggerðir í borholum eru flokkaðar eftir “hefðbundnum aðferðum” í mismunandi gerðir basalts (þóleiítbasalt, ólivínbasalt, og dílabasalt) og basískt innskotaberg (berggangar og innskotaeitlar) sem tæknilega séð er yfirleitt hliðstætt ólivínbasalti. Ekki kom fram í holunum ísúrt berg sem flokkað er sem andesít eða basalt-andesít en vitað er um slík lög til hliðar í bergstaflanum í botni Mjóafjarðar.

Skífurit á mynd 5.2 sýnir skiptingu samanlagðs berglagastafla í borholum sem boraðar voru við og á Fjarðarheiði árin 2014-2016. Hátt hlutfall bergganga sem sjá má á vinstra skífuritinu ræðst af því að í holu FH-05 var borað að miklu leyti niður berggang. Til hægri er skífurit yfir skiptingu berggerða í öllum borholunum nema hvað berggöngum neðan 120 m dýpis í holu FH-05 er sleppt og er það talið gefa raunsannari mynd af skiptingu berggerða í Fjarðarheiði.

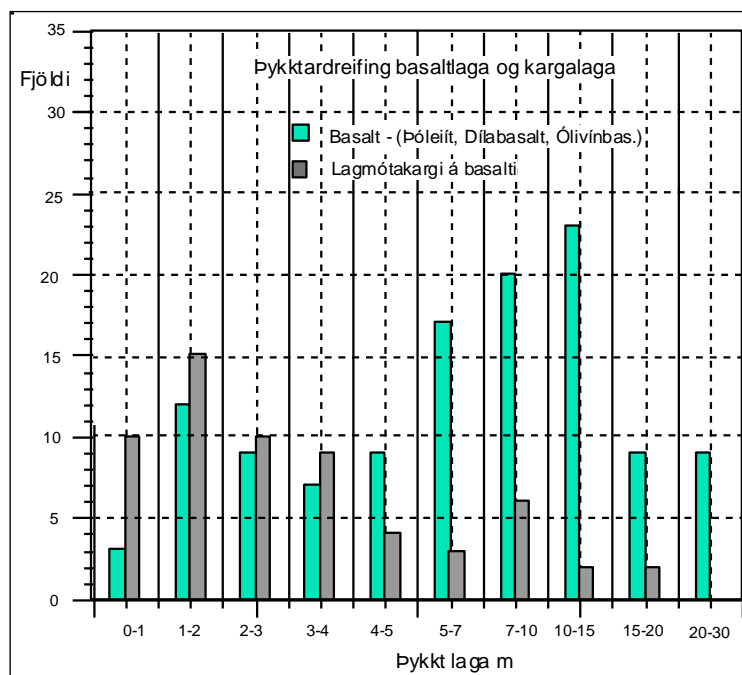


Mynd 5.2. Skipting berggerða í borholum í og við Fjarðarheiði.

5.3 Þykktardreifing storkubergslaga í borholum

Þykktardreifing storkubergslaga var unnin á þann hátt að mæla sérstaklega þykktir storkubergslaga (þóleiítbasalt, ólivínbasalt og dílabasalt) en lagmótakarginn var mældur sér (ekki tekinn sem samfelldur hluti einstakra storkubergslaga, líkt og oft hefur verið gert í jarðlagasniðum). Þykktardreifing storkubergslaga er sýnd á mynd 5.3.

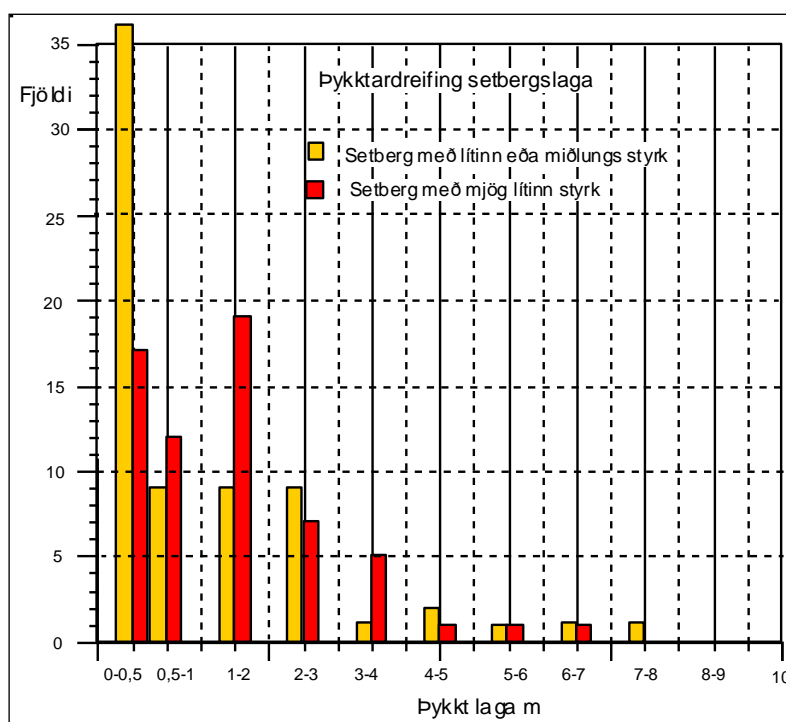
Kargi er á næstum öllum storkubergslögum og almennt þeim mun þykkari sem kvikan í berglaginu var seigari er lagið rann. T.d. eru nær alltaf þykkari kargalög á andesíti og þóleiíti borið saman við ólivínbasalt og dílabasalt. Karginn er gjarnan samvaxinn viðkomandi storkubergslagi og án veikleika, þannig að líta má á kargann sem beinan hluta lagsins. Á hinn bóginn er karginn með mun lægri bergstyrk (en kjarni storkubergsins) og frá því sjónarhorni er eðlilegt að líta til hans sérstaklega eins og gert er við brotþolsprófanir.



Mynd 5.3. Þykktardreifing storkubergslaga í borholum í og við Fjarðarheiði.

5.4 Þykktardreifing setbergslaga í borholum

Setberginu er skipt upp í "veik" og "sterkari" setbergslög og talið að þau veikari muni reynast "erfið" í jarðgangagerð og oft krefjast mikilla bergstyrkinga. Fáein setbergslög eru þykkari en fram kemur á tíðniriti yfir þykktardreifingu og eru slík setbergslög þá klofin upp af sterkari setbergslögum svo sem flikrubergi. Leirkennd setbergslög með mjög lágan bergstyrk er víða að finna í borkjarnanum (svo lágan styrk að erfitt eða ómögulegt er að mæla hann með PLT tæki). Þykktardreifing setbergslaga er sýnd á mynd 5.3.



Mynd 5.4. Þykktardreifing setbergslaga í borholum í og við Fjarðarheiði.

5.5 Sprungutiðni og heilleikastuðull berglaga RQD

Við kjarnagreininguna er borkjarnanum lýst bergfræðilega ásamt því að mæla hann upp og lýsa sprungum og útfellingum í þeim. Auk þess að mæla kjarnaheimtu er heilleikastuðull bergsins RQD (rock quality design) mældur - en það er hlutfallsleg uppsöfnuð lengd kjarnabúta sem eru yfir 10 cm langir (reyndar var einnig mæld hlutfallsleg uppsöfnuð lengd kjarnabúta sem eru yfir 30 cm, 50 cm og 100 cm). Þessar mælingar koma fram í kjarnalýsingu í viðauka A og gefa til kynna heilleika bergsins.

5.6 Berggæði – Q-mat

Q- kerfið (Rock Mass Quality) hefur talsvert verið notað á Íslandi síðan um 1980 til að meta “gæði” bergmassa. Þá er tekið tillit til eftirfarandi þátta:

$$Q = \frac{RQD \times J_r \times J_w}{J_n \times J_a \times SRF}$$

RQD₁₀, =hlutfallsleg heildarlengd kjarnabúta yfir 10 cm langir

J_n = Fjöldi sprungukerfa

J_r = Hrjúfleiki sprunguflata

J_a = Gerð og þykkt sprungufyllinga

SRF = Spennuminnkunar stuðull

RQD / J_n Mælikvarði á stærð bergblokka

J_r / J_a Mælikvarði á skerstyrk milli bergblokka

J_w / SRF = Mælikvarði fyrir virka spennu

Tafla 5.1. Algengir stuðlar sem notaðir eru við útreikninga á Q- gildi bergs. (Taflan er upprunalega þróuð af Birni A. Harðarsyni og Matthíasi Loftssyni samfara jarðgangagerð undir Hvalfjörð 1995-1998.)

Flokkun í mismunandi bergeiningar			Algengir stuðlar Q- kerfisins					
No.	Berggerð	Lýsing	RQD	J _n	J _r	J _a	J _w *	SRF**
1	Basalt	Hart, gisið stuðla- og sprungumynstur	70-100	9-10	2-3	2-3	1	1
2	Basalt	Hart, smáir stuðlar, þétt sprungumynstur	40-70	9-10	2-3	2-3	1	1
3	Basalt	Kargakennt, heillegt	50-100	9-10	2-4	2-3	1	1
4	Basalt	Mikið ummyndað	50-100	9-10	2-4	2-4	1	1
5	Basalt	Mjög mikið sprungið	< 40	12-15	2-3	2-4	1	1
6	Kargaberg	Harðnað og samsteypt	50-100	6-10	2-4	2-3	1	1
7	Kargaberg	Losaralegt, með setfyllingar og illa samlímt	<50	9-20	1-4	2-4	1	1/2,5/5
8	Setberg	Sterklegur sandsteinn og siltsteinn	50-100	6-9	1-2	3-4	1	1
9	Setberg	Lítill brotstyrkur, mjúkur sandst. og siltst.	<50	6-9	1-2	3-4	1	1/2,5/5
10	Breksía	Brotaberg, misgengisbreksía mishörð	<50	15-20	1	3-8	1	1/2,5/5
*Varðandi vatn, þá er byrjað á að miða við stuðul 1								
**Varðandi SRF, þá er yfirleitt miðað við 1 (allt til yfirborðs) þar til mannvirki hefur verið hannað SRF Berg með mjög lágan styrk fær strax lægri tölu.								

Nánar er vísað til Norwegian Group for Rock Mechanics (NBG 2000).

Notkun á Q-kerfinu til að meta tæknilega gæði íslensks bergs fyrir mannvirkjagerð var staðfært á árunum 1980-1985. Það hefur síðan verið notað hérlandis til stuðnings við að meta og bera saman “berggæði” við flest neðanjarðarmannvirki, bæði fyrir jarðgöng virkjana og veggöng.

Qc- gildi í borholulýsingum (evaluated Qc for core) eru metin fyrir borkjarna og eru að jafnaði hærri en mæld gildi fyrir sömu berglög eftir sprengingar í göngum. Munur getur verið 2 - 4 faldur samkvæmt erlendum rannsóknum. Þá fær hlutfallið J_w / SRF oftast gildið 1 við greiningu og mælingar á borkjarna en fær oft lægra gildi í göngum þegar áhrif vatns og bergspenna eru komin ljós. (Þessa þætti er ekki unnt að meta fyllilega á borkjarna).

Algeng Q-gildi í töflu 5.1 eru sömu gildi og aðlöguð voru við gröft Hvalfjarðarganga 1995-1997 og fyrir jarðgöng Sultartangavirkjunar 1998-1999 og hafa síðan verið notaðir af höfundi (og fl.) við undirbúningsathuganir vegna fleiri jarðganga. Þá er bent á leiðbeiningar Vegagerðarinnar fyrir berggæðamat, sjá ”Kortlagning á jarðfræði og styrkingum í jarðgöngum” (Vegagerðin, september 2009).

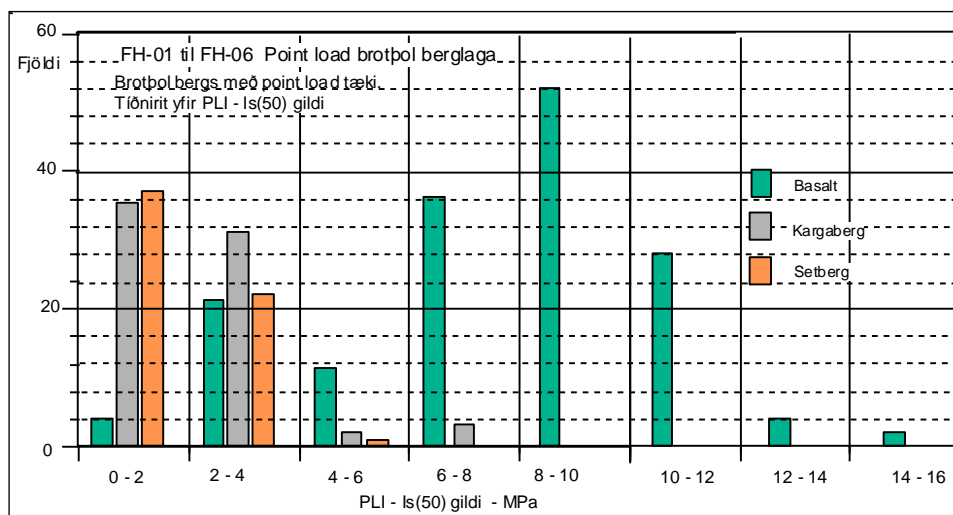
5.7 Brotstyrkur borkjarna af mismunandi bergerðum

Brotþol bergsins sem brotið var með point load tækjum og er $PLI = I_{s(50)}$ sýnt á viðeigandi stað á borholulýsingum (borloggum). Yfirlit yfir dreifingu PLI styrkleikans er sýnt á tíðniriti á mynd 5.5. Þar sem algengast er að umræða um brotstyrk bergs beinist að einása brotstyrk bergsins (Uniaxial Compressive Strength), þá hefur sýndarbrotpól kjarnans frá Fjarðarheiði hefur verið reiknað samkvæmt formúlu $11 \times (PLI)^{1.2}$ og verður fjallað um það aftar. Notuð voru tvö mismunandi tæki til að mæla brotstyrkinn. Annars-vegar er tæki frá ELE sem er sterkbyggt en nokkuð “grófgert” og hentar betur á berg með mikinn brotstyrk. Hins-vegar er tæki frá Interfels sem er “viðkvæmara” en með “næmari” mælaaflestur og hentar betur í berg með lágan brotstyrk. Í töflu 5.2 sést að ekkert sýni úr borholu FH-01 var mælt með Interfels tækinu (sem ekki var með í för haustið 2014). Þá kom í ljós að erfitt var að henda reiður á mæliniðurstöður á veiku setbergi. Því var Interfels tækið haft til brotpólmælinga á setbergi og veiku kargabergi veturinn 2016-2017

Tafla 5.2. Yfirlit yfir prófanir á borkjarna og í borholum 2014 – 2016.

Hola nr.	Dýpi m	Brotpróf (ELE) Fjöldi	Brotpróf Interfels Fjöldi	Schmidt hammer Fjöldi	Sýnataka fyrir Rannsóknastofu
FH-01	431,79	76	0	33	14
FH-02	450,0	47	46	30	20
FH-03	340,05	31	30	35	10
FH-04	165,0	11	14	9	11
FH-05	300,0	24	4	25	9
FH-06	25,2	5	4	5	0
Samtals	1712,0	194	98	137	64

Brotþol á "sterku bergi" mælt með ELE tæki. Brotþol á "veiku bergi" mælt með INTERFELS tæki. Þegar rannsóknir á borkjarna FH-01 fóru fram veturinn 2014-2015 var einungis ELE tæki tiltækt til brotpólmælinga.

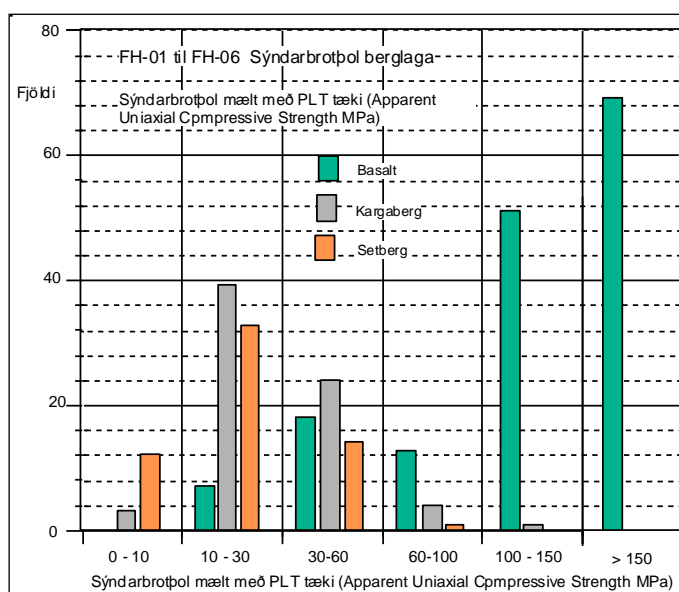


Mynd 5.5. Brotpólsmælingar með PLT tækjum (Interfels og ELE) á borkjarna úr holum í og við Fjarðarheiði. Mæligildi brotstyrks MPa sýnd sem PLI eða $I_{s(50)}$.

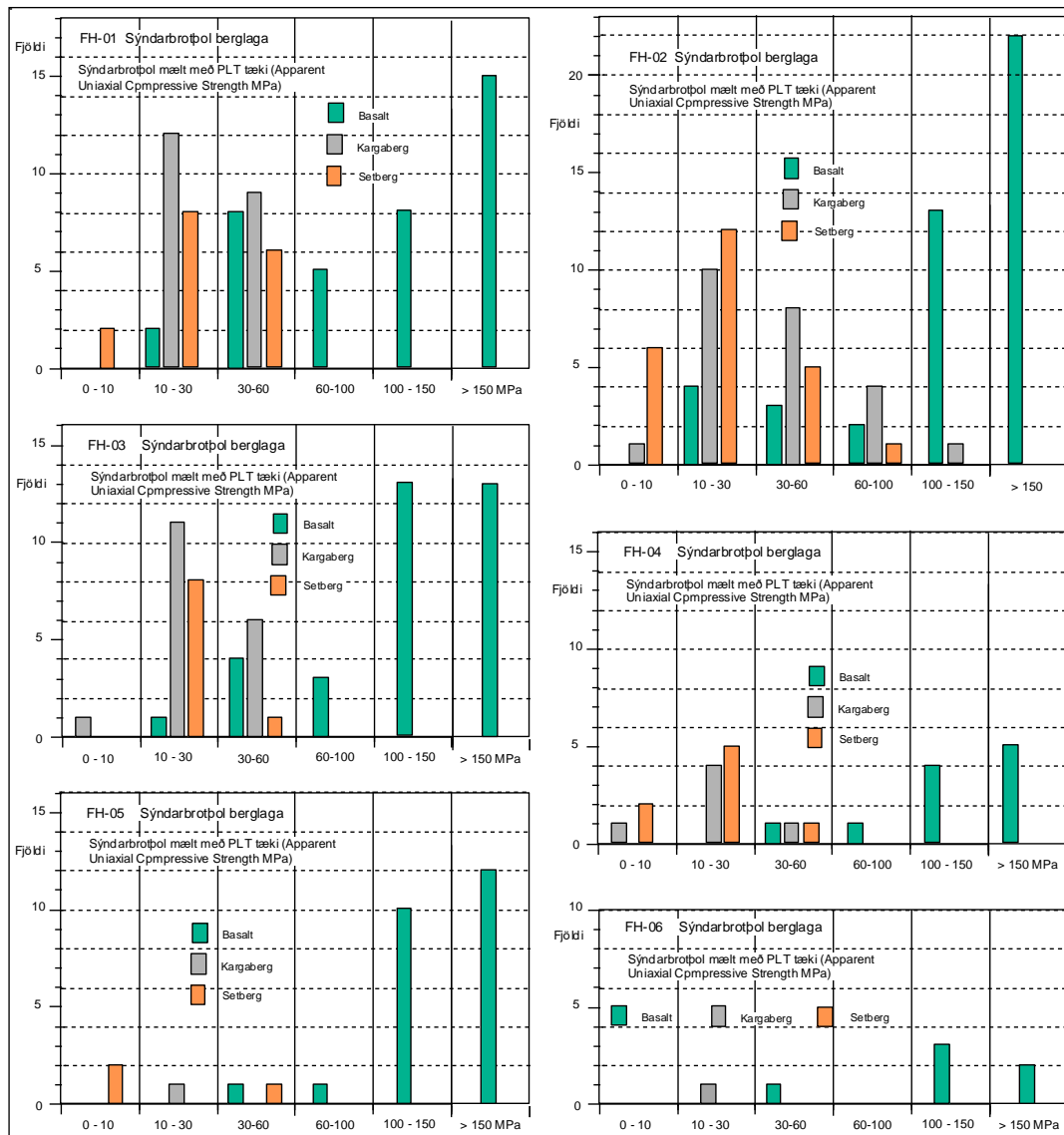
5.7.1 Mældur punktálagsstyrkur og uppreiknaður sýndarstyrkur

Borkjarninn var greindur, mældur og prófanir gerðar á “brotpóli hans” (punktálagsstyrk) með Point load tækjum (PLT) samanber ASTM D 5731-02. Jafnan var notað tæki frá ELE til að brjóta harða og sterka bergbúta en tæki frá INTERFELS til að brjóta veikasta bergið.

Punktálagsstyrkur bergsins (PLI eða $I_{s(50)}$) ásamt uppreiknuðum sýndarstyrk (UCS styrk) er sýndur í töflum í viðauka B (aftan við borholulýsingar), en yfirlit yfir dreifingu styrkleikans er sýnt á tíðniriti á mynd 5.1. Sýndarstyrkur kjarnans frá Fjarðarheiði hefur verið reiknaður samkvæmt formúlu $11 \times (PLI)^{1,2}$, samkvæmt umreiknun á PLI gildum yfir í sýndarstyrk sem byggir á samanburðarrannsóknum á sambandi PLI styrks og UCS mælinga á íslenskubergi (sjá skýrslu Mannvits og Jarðfræðistofunnar 2009). Sýndarstyrkur kjarnans frá Fjarðarheiði hefur verið reiknað samkvæmt framangreindri formúlu er sýndur á tíðniriti á mynd 5.6. Dreifing sýndarbrotsstyrks berglaga (punktálagspróf beggja mælitækja) úr einstökum borholum FH-01 til FH-06 er sýnd á mynd 5.7.



Mynd 5.6. Dreifing sýndarbrotsstyrks berglaga í og við Fjarðarheiði.

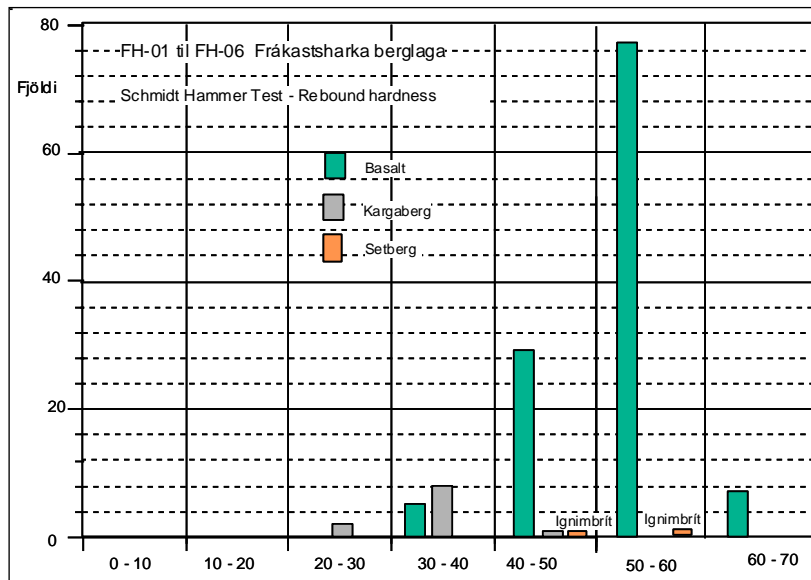


Mynd 5.7. Dreifing sýndarbrottstyrks berglaga í borholum FH-01 til FH-06

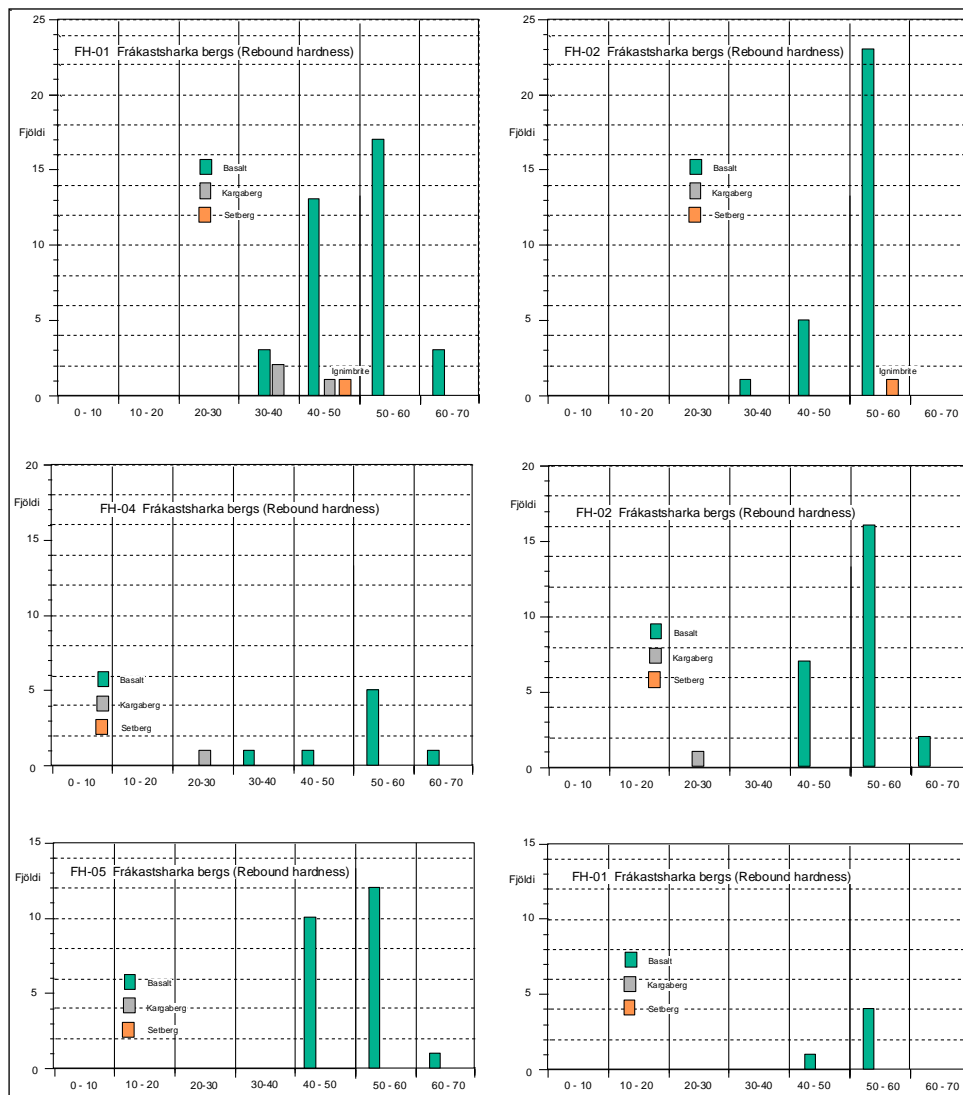
5.8 Mælt hörkuútslag bergs

Hörkuútslag bergsins (rebound hardness) í borkjarnanum var mælt með Schmidt hamri hliðstæðum þeim sem notaður er til að mæla hörku steinsteypu samanber ASTM D 5873-00. Algengt er að hörkuútslag harðrar steinsteypu sé um 30 en basaltið úr holum við fyrirhuguð Fjarðarheiðargöng sýnir mun hærri frákastshörku.

Reynt var að næla frákastshörku margra kargabergslaga og fáeinna setbergslaga úr sandsteini. Slíkar mælingar gengu ekki vel því kargi og setberg molnaði niður ef smellt var á þau með Schmidt hammer tæki. Tvö kjarnasýni úr setbergi, sambærðu flikrubergeri sýndu óvenjuhátt útslag en að öðru leyti gekk ekki að mæla frákastshörku á setbergi úr borholum Fjarðarheiðarganga. Flikrbergslög eru ekki algeng í basaltstafla Íslands en líkur eru á að tvö til þrjú slík geti legið á leið Fjarðarheiðarganga. Tíðnirit fyrir samanteknar niðurstöður “hörkuútslags” bergs úr öllum borholunum eru sýnt á mynd 5.8 og dreifing hörkuútslags í einstökum borholum er á mynd 5.9.



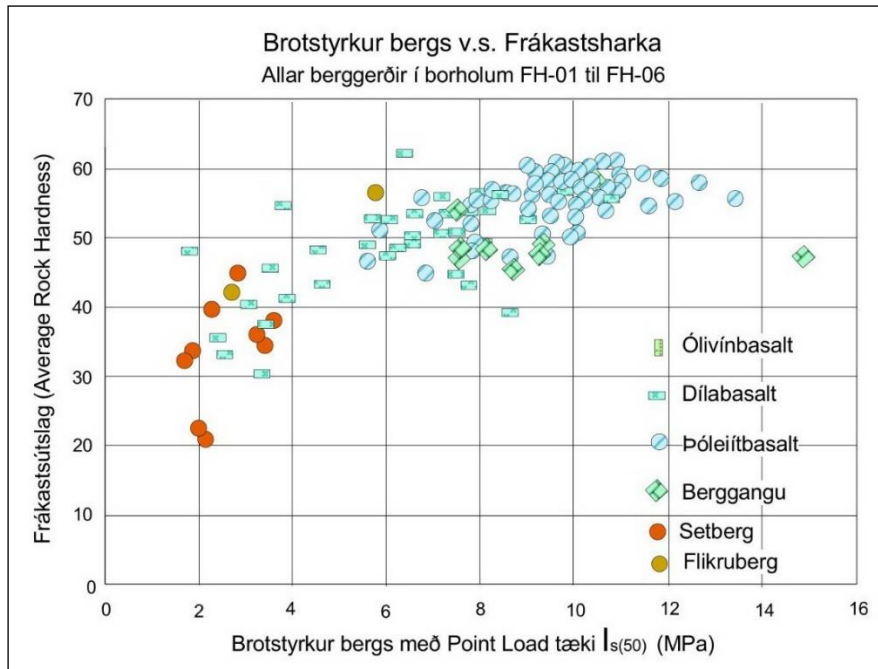
Mynd 5.8. Frákasts- (hörku-) útslag (rebound hardness) berglaga í Fjarðarheiði.



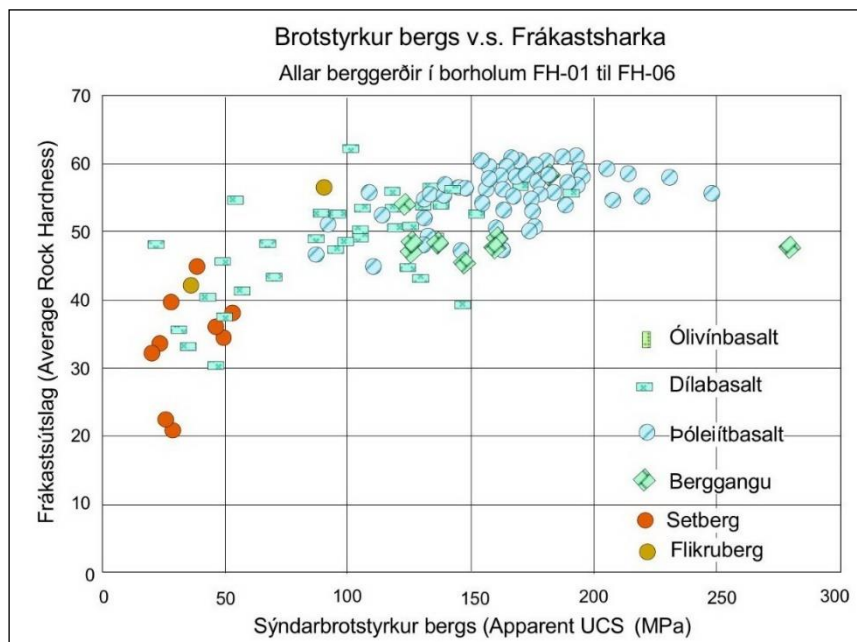
Mynd 5.9. Frákasts- útslag (rebound hardness) á kjarna úr einstökum holum.

5.8.1 Samanburður á sýndarbrotstyrk og frákastshörku

Í flestum tilfellum var frákastsharka bergsins (Schmidt Hammer Test) mæld á sömu stöðum í borkjarnanum og PLT brotþolið. Samband er milli frákastshörku og sýndarbrotstyrks mismunandi berggerða eins og sést á meðfylgjandi dreifiritum. Á mynd 5.10 er frákastsharkan “plottuð” á móti PLI brotþolsgildi en á mynd 5.11 er frákastsharkaðan “plottuð” á móti uppreiknuðum sýndarbrotstyrk (reiknuðum samkvæmt formúlu $11 \times (PLI)^{1,2}$). Augljós fylgni er á milli mikils brotstyrks og mikillar frákastshörku.



Mynd 5.10. Frákasts- útslag á móti PLI brotgildi.



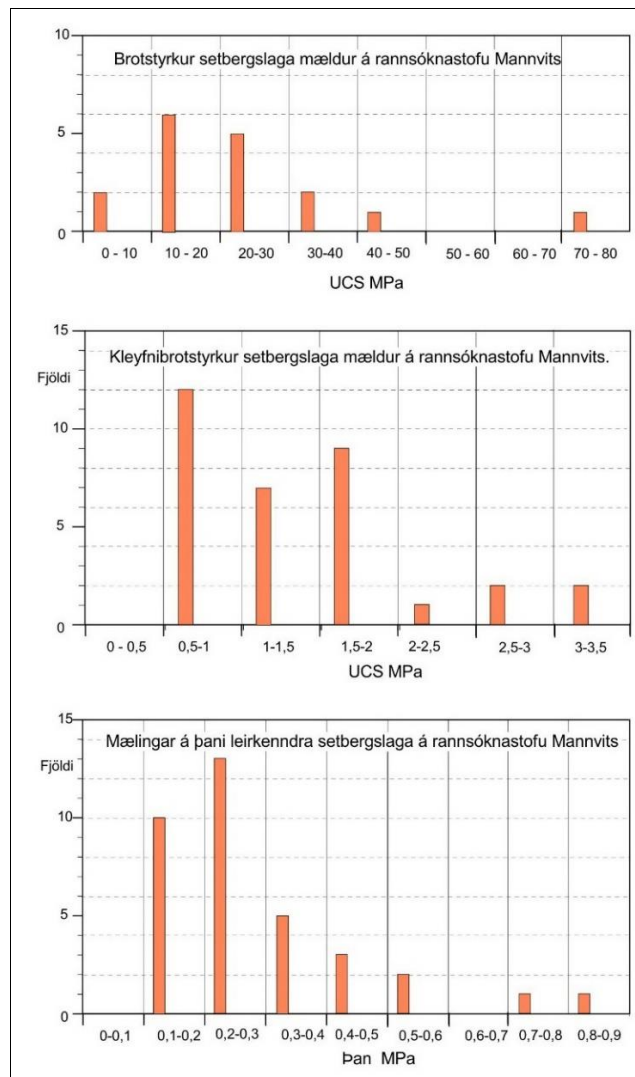
Mynd 5.11. Frákasts- útslag á móti sýndarbrotstyrk (reiknuðum samkvæmt formúlu $11 \times (PLI)^{1,2}$).

5.9 Rannsóknir á eiginleikum setbergs á rannsóknastofu Mannvits

Berg með mjög lágan styrk svo sem setberg og brotabreksiur hafa oft reynst erfiðari í jarðgangagerð en almennt er um basalt- og kargalög. Að sama skapi er erfitt að leggja tölulegt mat á styrk veikasta bergsins samfara lýsingu borkjarnans (þar sem brotstyrks- og frákastsprófanir eru gerðar eftir föngum á mismunandi berggerðum). Því voru sýni úr setbergslögum valin til frekari rannsókna á rannsóknastofu verkfræðistofunnar Mannvit og eftirtalin atriði rannsökuð frekar:

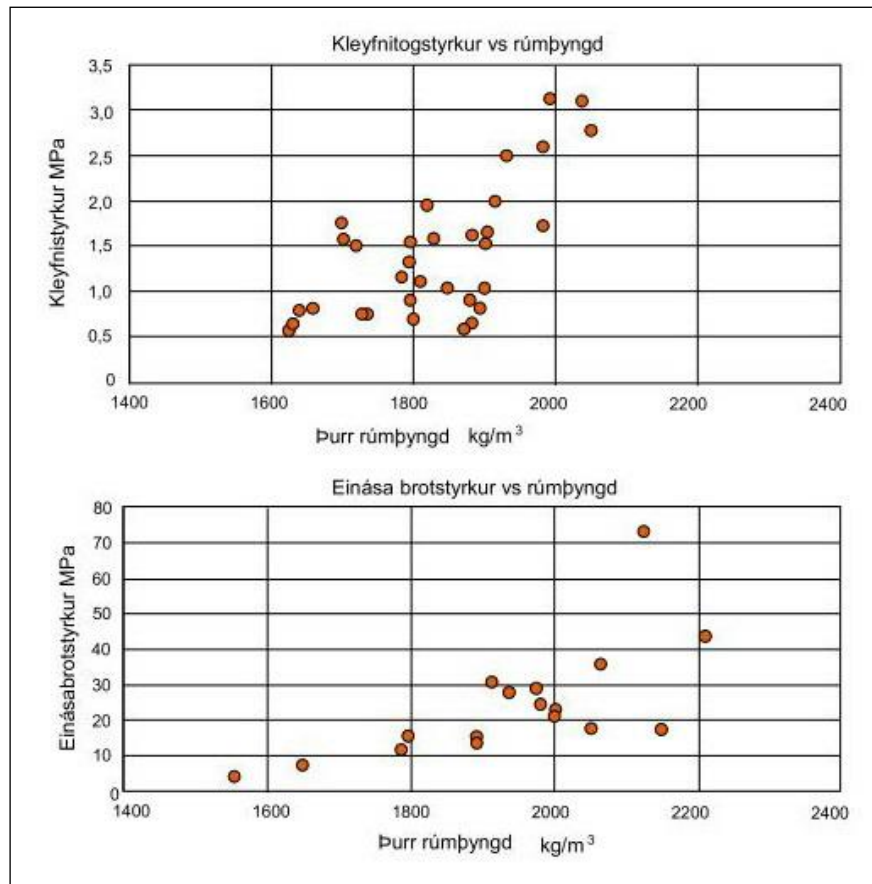
- 1 Einásabrotstyrkur borkjarna 23 sýni. (UCS – Uniaxial Compressive strength).
- 2 Kleyfnitogstyrkur borkjarna 33 sýni. (STS – Split Tensile Strength)
- 3 Þan setbergs 34 sýni. (Swelling)
- 4 Þurr rúmþyngd 48 sýni. (Dry Density)
- 5 Rakainnihald 48 sýni. (Moisture)

Niðurstöður prófana eru sýndar í viðauka B aftan við Borholulýsingar. Ekki náðist marktæk prófun á öllum sýnunum og því ber ekki saman fjölda niðurstaðna prófana á meðfylgjandi línuritum við fjölda prófana sem getið er í upptalningu hér að framan, þar sem veikasta bergið skolast oft út samfara borun, eða kemur stundum upp sem leðja eða kurl, er sjaldnast mögulegt að mæla styrk þess.



Mynd 5.12. Yfirlit yfir styrkleikaprófanir sem gerðar voru á setbergi á rannsóknastofu Mannvits. Nánari niðurstöðum á prófunum eru í viðauka B.

Á mynd 5.13 er sýnt samband einásabrotstyrks og kleyfnitogstyrk á móti rúmpyngd setbergs. Ástæða er að geta þess hér að sterkt samband er á milli einásabrotstyrks og kleyfnitogstyrks í íslensku setbergi eins og sýnt var fram á í skýrslu Mannvits frá 2010 (Tæknilegir eiginleikar mismunandi berggerða, Mannvit og Vegagerðin 2010). Þar kemur fram að yfirleitt er kleyfnitogstyrkur tæplega 10% í samanburði við einásabrotstyrk setbergs.



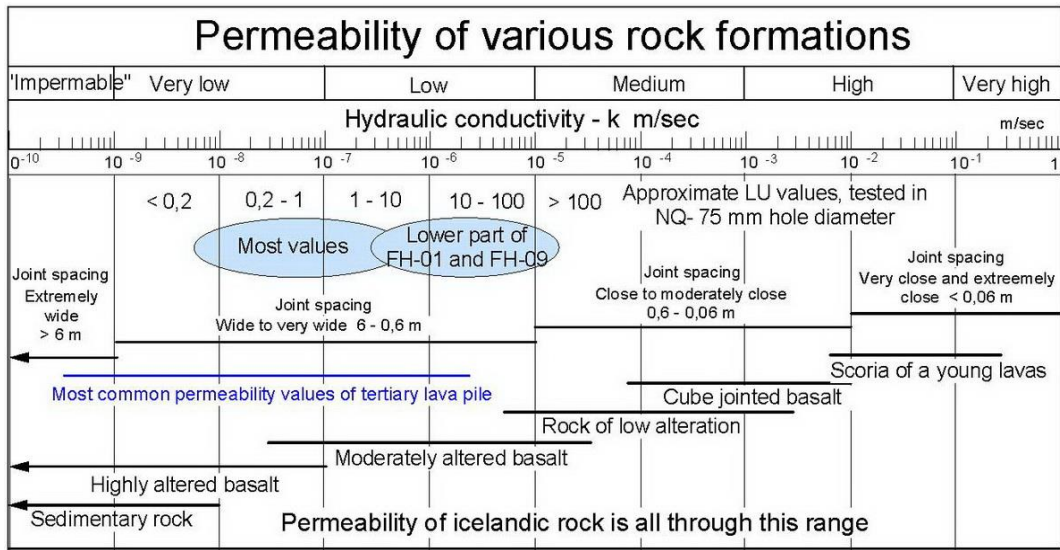
Mynd 5.13. Samband einásabrotstyrks og kleyfnitogstyrks á móti rúmpyngd samkvæmt rannsóknum verkfræðistofunnar Mannvit.

5.10 Lektarprófanir í borholum og mæld lekt

Lektarprófanir voru framkvæmdar í fjórum kjarnaborholum (FH-01 til FH-04) en flestar mælinganna voru gerðar í holu FH-01. Mæliaðferðin var að jafnaði framkvæmd þannig, að borstöngum var lyft frá botni upp í tiltekna hæð. Þá var pakkari látinn síga niður í botn stanganna og þaninn þar út í holuna. Loks var vatni dælt niður í bilið frá neðri enda stanga niður í holubotn.

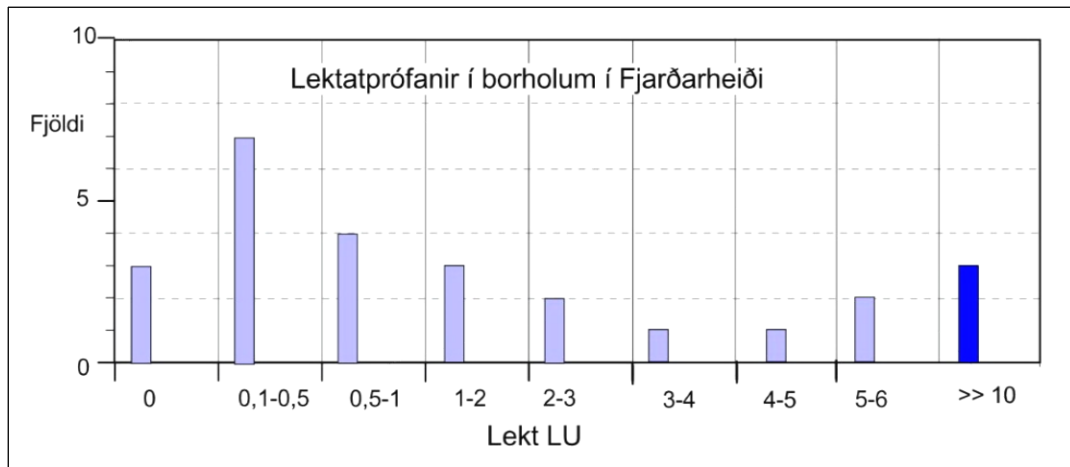
Í einstaka tilfellum var ekki hægt að pakka í holum og þá var vatni dælt niður í holu án þökkunar og lekt bergsins áætluð (en þá getur verið talsverð óvissa varðandi hæð vatnssúlu sem myndar vatnsþrýsting). Niðurstöður eru gefnar í svonefndum LU gildum en þar er grunneiningin 1 LU miðuð við að 1 lítri renni út um hvern lengdarmetra í holu með 75 mm þvermál og við 10 bara vatnsþrýsting. Allar rannsóknarborholurnar fyrir fyrirhuguð Fjarðarheiðargöng voru boraðar sem næst lóðrétt niður frá yfirborði. Mögulega hefur það áhrif á lektarmælingar því sprungur eru oftast sem næst lóðréttar eða mjög brattar og geta því annars vegar skorið

borholuna langsum og bent til mikillar lektar, eða á hinn veginn geta þær legið skammt frá borholunni og bergið virst vera þétt.



Mynd 5.14. Yfirlit yfir vatnslekt ýmissa jarðmyndana á Íslandi og afstaða lektargilda sem mæld voru í borholum fyrir Fjarðarheiðargöng.

Flestar lektarmælingar í borholunum fyrir Fjarðarheiðargöng sýna lekt á bilinu 0-1 LU (1 LU er u.þ.b $1,5 \times 10^{-7}$ m/s) en nánari upplýsingar um lekt eru á borholulýsingum í viðauka 1.



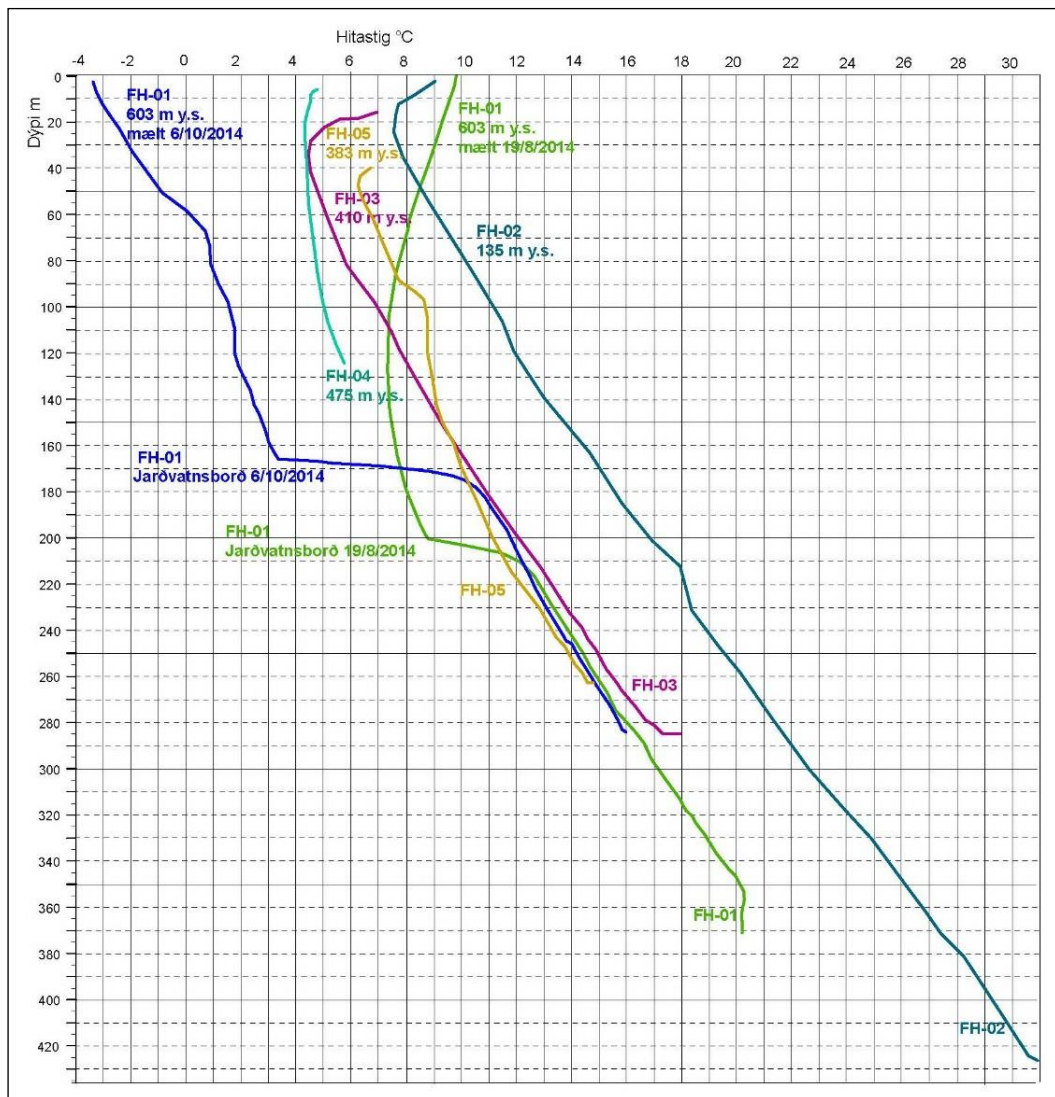
Mynd 5.15. Dreifing lektargilda í borholum í Fjarðarheiði. Gildin lengst til hægri eru áætluð, þar sem lekin var langt umfram það sem mælanlegt er með hefðbundnum pakkarabúnaði.

Lektartölur yfir 2 LU eru í hærra lagi miðað við hvers vænta mætti í mikið holufylltu bergi eins og er djúpt í berglagastaflanum í Fjarðarheiði. Í þeim tilfellum sem meiri lekt en 2 LU kemur fram í mælingum er nærtækast að tengja þann leka við einhverskonar sprungur í berginu. Í neðsta hluta holu FH-01 við Heiðarvatn (þar sem borkjarninn sýnir bergganga og misgengjabreyskju) var dælt yfir 370 l/mín niður í holurna án þess að næðist að byggja upp mótþrýsting. Hliðstætt lekavandamál kom upp í botni holu FH-04 sem staðsett er í Efri-Staf. Í báðum tilfellum komu upp borvandamál sem komu í veg fyrir frekari borun holanna (FH-01 og FH-04) svo hvorug þeirra náði áformaðri dýpt.

Engin frauðkennd berglög án holufyllinga sem leitt gætu mikið vatn hafa sést í borholum eða jarðlagasniðum við Fjarðarheiði (slík berglög eru algeng hærra í nálægum fjöllum).

5.11 Hitamælingar í kjarnaborholum

Hitamælingar voru gerðar í öllum kjarnaholum nema grynstu holunni við Gufufoss (FH-06). RSFS (Ræktunarsamband Flóa og Skeiða) mældi holu FH-01 tvisvar 2014 og borverktakinn ALVARR mældi holar FH-02 til FH-05 skömmu eftir borun 2005. Vegagerðin fékk Íslenskar Orkurannsóknir (ÍSOR) til að gera sérstaka úttekt á hitamælingum og varmaástandi í Fjarðarheiði, sjá skýrslu: Fjarðarheiðargöng, Jarðhitastigull á jarðgangaleið, (Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson des. 2016). Meðfylgjandi eru sýndir hitaferlar sem borverktakar mældu 2014 og 2016 í kjarnaborholum í og við Fjarðarheiði.



Mynd 5.16. Hitaferlar FH- kjarnaborhola.

Á meðfylgjandi hitaferlum eru sýndar tvær hitamælingar í holu FH-01 sem er í 603 m hæð y.s. við Seyðisfjarðarveg hjá Heiðarvatni (grænn og blár ferill). Fyrri mælingin (grænn ferill) er gerð tveim dögum eftir lok borunar í ágúst 2014 og þá varð komist gegnum borstrenginn niður á 370 m dýpi. Vatnsborð stóð þá á um 200m dýpi og

lofthiti í efri hluta holunnar var 7-9 °C. Hlykkur neðst á hitaferlinum bendir til að vatnsæð sé á 350 m dýpi og að rennsli sé þaðan niður holu. Önnur hitamæling var gerð í október 2014 (blár ferill) og þá var frost efst í loftrými holunnar og vatnsborð hafði stigið upp á 180 m dýpi. Að öðru leyti féll vatnshitinn saman við hitaferilinn frá því í ágúst nema hvað holan hafði lokast á liðlega 280 m dýpi. Hitaferillinn sýnir 56 °C/km stigul í fyrri mælingunni og liðlega 50 °C/km í þeirri síðari. Meðaltal hitastiguls þessara tveggja mælinga liggur nærri 53 °C/km en það er "náttúrulegur" hitastigull í Austfjarðafjallgarði utan staðbundinna hitasvæða.

Hola FH-02 sem er í 135 m hæð y.s við Dalhús var hitamæld tveimur dögum eftir lok borunar í ágúst 2016. Hitaferillinn sýnir liðlega 52 °C/km stigul niður á 200 m dýpi en neðar hækkar stigullinn í 63 °C/km. Lítilsháttar hlykkir á ferlinum benda til tveggja kaldari smáæða á um 100m, liðlega 200m dýpi.

Hitamælingar í holu FH-03 (í 410 m hæð y.s. á klapparstalli norðan við Neðri-Staf) sýna hitastigul 57 °C/km en lítil vatnsæð á um 80 m dýpi með innrennsli truflar efsta hluta hitastigulsins. Í borholu FH-04 sem er í 475 m hæð í vegskeringunni upp eftir Efri-Staf er sérkennilegur hitaferill. Hann kólnar frá vatnsborðinu á 2m dýpi og niður á 20m dýpi, helst síðan sem næst stöðugur niður á 60m dýpi og er með um 20 °C/km hitastigul frá 60-120 m dýpis. Hitaferillinn er túlkaður sem rennsli niður holuna og ekki unnt að reikna út marktækan hitastigul. Í borholu FH-05 sem er í við Miðhúsaá bendir hitaferillinn til innrennslis á um 90m dýpi og vatnsstreymi þaðan niður á 150m dýpi en neðan þess er reglulegur hitastigull 50°C. Samantekið má segja að engar vísbendingar sjást um jarðhita í kjarnaborholunum.

5.12. Boranir með loftbor 2016

Auk kjarnaborunar sumarið 2016 boraði borverktakinn ALVARR í lok sumars þrjár liðlega 100 m djúpar holur með loftbor. Var það gert til að kanna hitastigul í berginu auk lektar jarðlaga. Allar holurnar eru staðsettar uppi á Fjarðarheiði og Gagnheiði nærri mögulegri jarðgangaleið milli Gufufoss og Dalhúsa á Eyvindarárdal, hola FH-07 (K) vestast en hola FH-09 (M) austast.

Tafla 5.3. Staðsetning og dýpi loftborshola við Fjarðarheiði 2016.

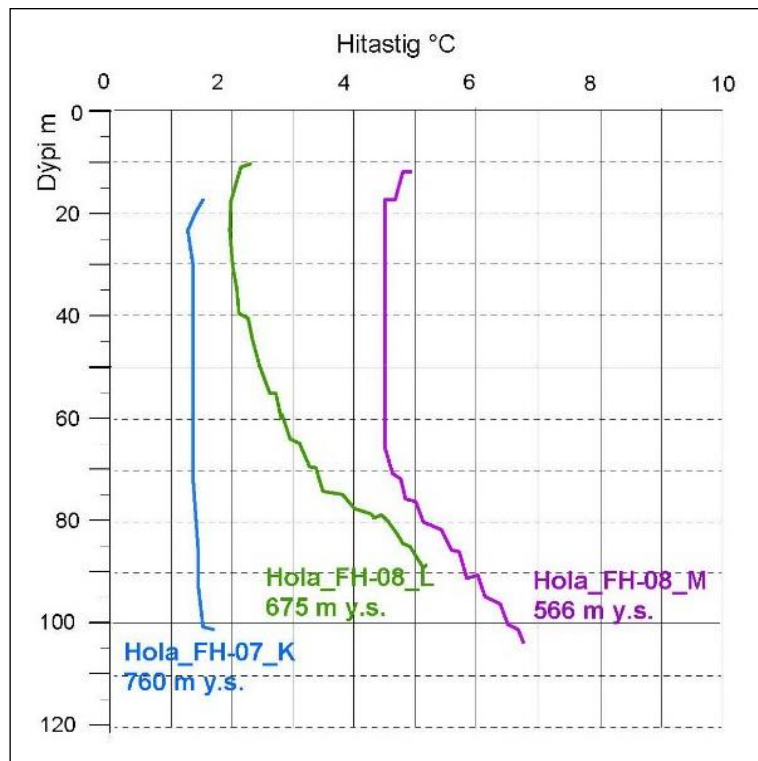
Hola	Norður	Austur	Hæð m	Dýpi holu m	Staðsetn. - Borstaður (bókstafur)
FH-07	534.906	720.803	748,3	102	Norðurtagl Gagnheiðar - K
FH-08	534.973	723.389	680,8	102	Sunnan Heiðarvatns - L
FH-09	535.178	726.574	565,7	102	Austan Heiðarvatns - M

5.12.1 Hitamælingar og lekt í svarfborholum (loftborsholum)

Borverktakinn ALVARR mældi hitastig í svarfholunum sem hann hafði borað á Fjarðarheiði - Gagnheiði 2016 með loftbor. Hitaferlar holanna eru sýndir á mynd 5.15. Allar holurnar eru boraðar í lagskiptan bergstafla þar sem skiptast á basaltlög og setbergslög.

Borhola FH-07 (borstaður K) liggur hæst holanna, í um 760 m hæð y.s. á norðurtagli Gagnheiðar. Talið er að í holunni séu sífræaaðstæður og að lóðrétt vatnsrennsli sé niður holuna. Við lok borunar FH-07 var loftblástur látinn hreinsa holuna góða stund og var metið að innrennsli í holuna næmi um 3-4 l/sek. Nokkru ofan við þennan

borstað var um 25 m djúp hola boruð haustið 2003. Sú hola er staðsett í tæplega 930 m hæð skammt norðan við fjarskiptamastríð á Gagnheiði og í henni er 22 m langur kapall með hitanemum, tengdur gagnasöfnunartæki. Hitamælingar í holunni yfir liðlega áratug benda til að þar sé margra tuga eða jafnvel yfir hundrað metra þykkur sífreri (frost) í berginu.



Mynd 5.17. Hitafarlar FH- loftborshola (svarfhola).

Borhola FH-08 (borstaður L) er í um 675 m hæð tæplega 2 km vestan vegar yfir Fjarðarheiði. Mögulegt er að frosin lög séu þar næst yfirborði og lítið innrennsli í holuna bendir til að almennt séu berglög í henni þétt. Neðan 90 m dýpis eru setbergslög með lítinn styrk og erfitt reyndist að draga borstangir upp í gegnum þau.

Borhola FH-09 (borstaður M) er í um 566 m austan Fjarðarheiðarvegar og Fjarðarár, um miðja vega milli kjarnaborhola FH-01 og FH-04. Þar eins og í öðrum loftborsholum er lagskiptur stafli basaltlaga, víða aðskilin með setbergslögum. Talsvert vatnsrennsli er inn í holuna (mest á um 65 m dýpi) og var talið að 2-3 l/sek kæmu úr henni er blásið var í botn holunnar eftir lok borunar.

6 Jarðfræðilegt mat á aðstæðum til jarðgangagerðar

Hér að aftan er mat skýrsluhöfundar á niðurstöðum rannsóknaborana og mælinga er tengjast borholunum, fléttað saman við það sem lesa má úr yfirborði landsins. Matið er unnið af fámennum hópi einstaklinga sem sumir hafa langa (yfir 40 ára) reynslu af hliðstæðum undirbúningsrannsóknum sem taka til yfir 200 km af heildarlengd grafinna jarðganga, (auk undirbúningsathugana fyrir álíka heildarlengd “ógrafinna” gangaleiða).

Samfara borunum var fylgst reglulega með borkjarna sem upp kom, hæðarbreytingar vatnsborðs mældar eftir því sem tók voru á og loks var lekt holanna prófuð með 15-30 m millibili eða eftir því sem kostur var. Borkjarna var lýst, hann ljósmyndaður og loks var brotstyrkur hans mældur með Point Load tæki og harka bergsins mæld með Schmidt hammer tæki. Sýni af setbergslögum í borkjarnanum voru tekin til rannsóknna hjá verkfræðistofunni Mannvit og niðurstöður birtar í skýrslu í júlí 2017 og eru í viðauka B með skýrslunni.

6.1 Túlkun á mögulegu vatnsrennsli í bergi

Mikil vitneskja liggur fyrir um eðli mismunandi jarðmyndana undir Fjarðarheiði en oft hefur reynst erfitt að sjá fyrirfram vatnsstreymi inn í fyrirhuguð jarðgöng og túlkun mismunandi aðila á fyrirbyggjandi gögnum getur orðið með mismunandi hætti. Streymi jarðvatns í berggrunni nærri jarðgangaleiðum ræðst aðallega af tíðni og eiginleikum sprungna ásamt innri lekt í einstökum berglögum (lítt ummynduðum karga og smásprunguneti). Berggrunnurinn mælist að mestu hafa lektarstuðla milli 10^{-6} til 10^{-8} m/s (0,2-10 LU). Fínkorna og leirkennt setberg ásamt mikið holufylltu ólivínbasalti og dílabasalti (ásamt fleiri bergtegundum) getur haft enn minni lekt.

Ef göng eru grafin gegnum misgengi eða brotaberg bergganga, getur snöggt innflæði vatns komið í göngin, sérstaklega ef leðja eða mjúk bergmylsna sem fylgir brotabeltinu, skolast út þegar opnað er inn í slík brot (samber Breiðadalsheiði). Þar hafði mikil lekt komið fram í rannsóknarborholu. Í Norðfirði kom mikill leki fram í rannsóknarborholu en við gangagerð reyndist ekkert vatnsvandamál koma fram í jarðgöngum nærri því svæði. Smásprungnir samsettir berggangar með litlum holufyllingum eru oft góðir vatnsleiðarar og geta veitt vatni frá groppum vatnsríkum lögum hátt í fjöllum lóðrétt niður bergstaflann. Vatnið getur síðan leitað til hliðar um smásprungið berg, opið kargaberg eða önnur lek berglög við jarðgöng. Algengast er að verulega dragi úr innflæði (jafnvel að það þverri) næstu klukkustundir eða daga eftir að göng skera slík misgengi en í stöku tilvikum er innrennsli langvarandi.

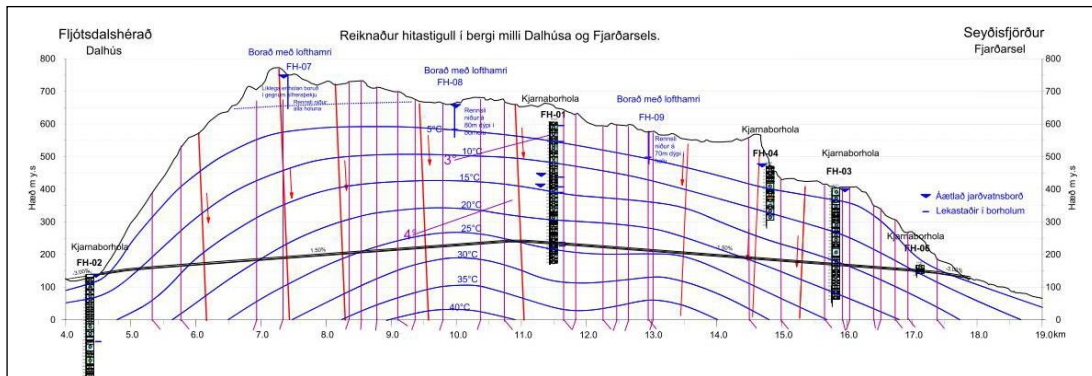
Líkur eru á að umtalsvert vatnsmagn varðveitist í groppnu, lítt ummynduðu bergi efst í fjöllum Austfjarða (t.d. Gagnheiði og Bjólfi). Í liðlega 600 m hæð y.s. sytrar vatn víða fram úr urðum og safnast í smávötn og tjarnir þar sem lægðir eða “bollar” eru í yfirborð landsins. Allmörg smávötn og miðlunarvatn (Heiðarvatn) eru sem næst yfir álitlegustu jarðgangaleiðunum. Mögulegt er að jarðgangagerð gegnum bergganga og brotabelti geti dregið til sín vatn hátt úr bergstaflanum og þannig dregið úr aðrennsli til framangreindra tjarna og vatna.

Vatn sem fellur hratt niður staflann getur verið tiltölulega kalt er það kemur niður í jarðgöng og reynsla (t.d. frá Ólafsfjarðarmúla- og Héðinsfjarðargöngum) er fyrir að treglega reynist að þetta gangaberg gagnvart slíku vatni. Í 930 m hæð y.s á Gagnheiði

er liðlega 20 m djúp borhola og í henni hitanemakapall þar sem hitastig hefur verið mælt samfelld í hálfan annan áratug. Í ljósi mælinganna má telja fullvíst að sífreri sé ofan 700-750 m hæðar y.s í fjöllum við- og umhverfis Fjarðarheiði. (Líklega var sífreri hátt í fjöllum orsök fyrir köldu vatni í Ólafsfjarðarmúla- og Héðinsfjarðargöngum).

6.2 Mat ÍSOR á varmaástandi undir Fjarðarheiði

Vegagerðin fékk Íslenskar Orkurannsóknir (ÍSOR) til að yfirfara allar tiltækar hitamælingar í og nærri Fjarðarheiði (mælingar frá borverktökum rannsóknaholanna) og leggja mat á hversu háum hita mætti búast við í bergi nærri jarðgangaleiðum. Á mynd 6.1 er endurteikning af mynd 10 í skýrslu ÍSOR “Fjarðarheiði - Jarðhitastigull á jarðgangaleið” eftir Árna Hjartarson og Magnús Ólafsson (desember 2016). Samkvæmt útreikningum og mati þeirra liggja jarðgangaleiðirnar um tiltölulega kalt berg þar sem jarðhitastigullinn mælist 50-70°C/km og mæligögn sýni hvergi meiri hitafrávik. Því megi ætla að berghiti á jarðgangaleið liggji sem næst á bilinu 15 til 25°C.



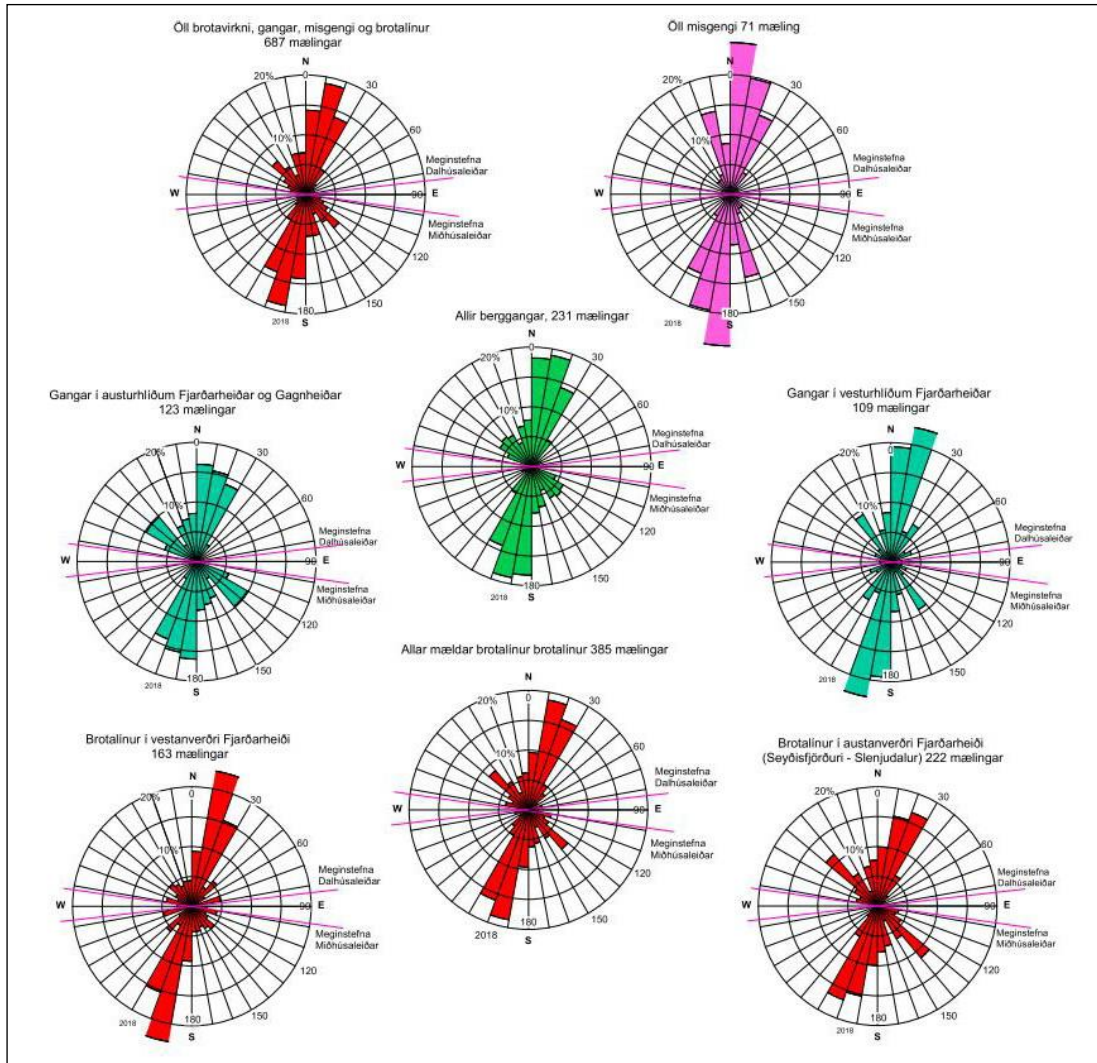
Mynd 6.1. Hituferlar sem sýna mat ÍSOR á hitastigi í bergi eftir Dalhúsaleið undir Fjarðarheiði. Lóðréttar línur tákna að brotalínur og misgengi skeri jarðgangaleið.

Í skýrslu ÍSOR er minnst á að hitamælingar sýni víða hitaferla sem túlkist sem niðurrennsli í borholum - en lítt verði sagt um rennslismagnið í ljósi fráviks í vatnshita holanna.

6.3 Berggrunnur, brotalínur, misgengi og berggangar

Borholulýsingar af kjarnaborholum í og við Fjarðarheiði eru taldar sýna eiginleika bergs á áformuðum jarðgangaleiðum og á myndum 6.3 og 6.8 ásamt teikningum 18 og 19 eru sýnd hugmyndasnið af innviðum heiðarinnar. Brotalínur í berggrunni, eru sýndar á teikningu 3 og sýnilegir gangar og misgengi á teikningu 4. Brotalínurósir á mynd 6.1 og línuleg yfirborðsfyrirbæri á teikningum 3-4 sýna að brotalínur hópast í höfuðstefnu til NNA-SSV og í aðra, miklu minna áberandi, dreifingu til NV-SA.

Á yfirlitskortum af Fjarðarheiði á teikningum 3 og 4 er sýnt hvar líkur eru taldar á að brotalínur og berggangar, sem túlka má út frá línulegum misfellum á yfirborði, geti skorið áformaða gangaleið. Vafalítið eru berggangar, sprungur og misgengi fleiri en greint verður við jarðfræðikortlagningu og túlkun loftmynda. Jarðgangaleiðin liggur gegnum austurjaðar gangasveims sem gengur til norðurs frá Þingmúlaeldstöð og er að sjá að umtalsverð brotavirkni og misgengi hafi fylgt gangainnskotunum norður í fjallgarðinn austan Fljótsdalshéraðs eins og getið er í kafla 3 frammar í skýrslunni.



Mynd 6.2. Stefnudreifing misgengja, bergganga og brotalína sem greind eru á loftmyndum af Fjarðarheiði og aðliggjandi umhverfi.

Allmargir bergganga sjást á yfirborði en vafalaust leynast til viðbótar mun fleiri gangar og brot undir hulu lausra yfirborðslaga. Búast má við að hlutfall bergganga á gangaleiðinni verði nálægt 3-8% (með hækkandi tíðni og hlutfalli frá Seyðisfirði til vesturs). Fá misgengi (og þá með litla lóðrétta hliðrun bergs) sjást í botni Seyðisfjarðar (austast á gangaleiðum) en allmörg slík sjáist t.d. í Mjóafirði og á Mjóafjarðarheiði þar sem nokkur misgengi og gangar stefna norður til Fjarðarheiðar. Í vestanverðri Fjarðarheiði og Gagnheiði er sýnileiki berggrunnins takmarkaðri en að austanverðu en þar virðist brotavirkni vera vaxandi eins og kemur fram í farvegi Eyvindarár norður frá Dalhúsum.

Brotalínur sem túlkaðar eru með aðstoð loftmynda, stefna talsvert eindregið í NNA-SSV en strjálí brestastefnur eru til NV-SA (það er samsíða stríkstefnu berglaga). Brotalínur og bergganga samsíða stríkstefnu jarðlaga eru líklegri til að vera frá tímum upphleðslu staflans en aðrar stefnur eru líklegri til að vera yngri og þá e.t.v. fremur líklegar til að leiða vatn.

6.4 Setbergslög á áformuðum jarðgangaleiðum

Setberg með lágan styrk og “þansteindir” hefur jafnan reynst erfitt í jarðgangagerð og stundum krafist viðamikilla og kostnaðarsamra styrkinga. Því var ráðist í frekari rannsókna á setberginu í Fjarðarheiði hjá Verkfræðistofunni Mannvit eins og lýst er framan í kafla 5.9 hér að framan og í viðauka B aftan við Borholulýsingar. Leið Fjarðarheiðarganga liggur að hluta í gegnum hliðstæð setbergslög og þau sem kröfðust mikilla styrkinga í Norðfjarðargöngum. Líkur eru á að brotabeltið í miðri og vestanverðri Fjarðarheiði (með sigstalla að austanverðu) geti valdið því að setbergslög með lágan bergstyrk geti orðið endurtekið (t.d. í 2-4 skipti) á leið ganganna. Mynd 6.3 (tekin af Ófeigi Erni Ófeigssyni) er samsett og sýnir dæmi um hrun og styrkingar undir setbergslögum í Norðfjarðargöngum þar sem byggja þurfti upp járnþenta steypuboga til að halda uppi setberginu. Sum setbergslögin í Fjarðarheiði eru með lægri bergstyrk en þau sem sjást á mynd 6.3.

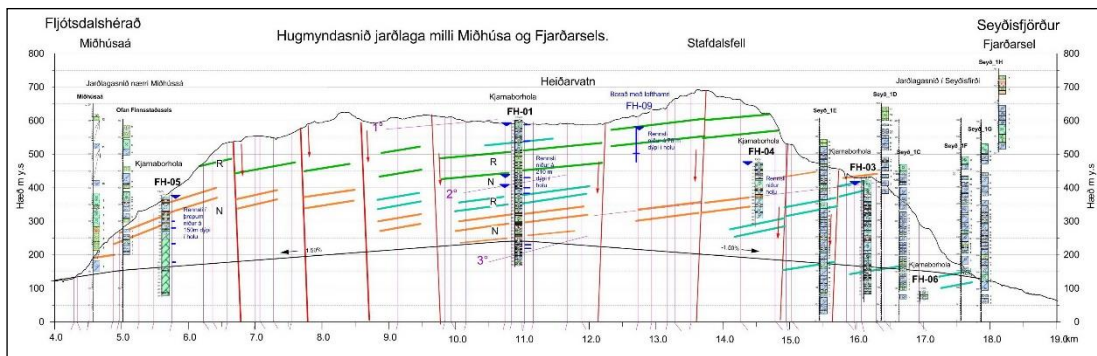


Mynd 6.3. Styrkingar setbergslaga í Norðfjarðargöngum í apríl 2014.

6.5 Túlkun á jarðfræðilegum aðstæðum frá Miðhúsaá að Fjarðarseli

Borholur sem boraðar voru sumarið 2016 skýrðu talsvert “hugmyndalíkan” af innviðum Fjarðarheiðar en þegar borholum, jarðlagasniðum og jarðlagahalla er raðað saman, virðist þurfa brotavirkni og misgengjahreyfingar inni í miðri- og vestanverðri-heiðinni til að skýra “líklegustu” tengingar jarðlaga gegnum heiðina.

Hugmyndasnið af gangaleiðinni er á mynd 6.4 og sýnt í stærri mælikvarða á teikningu 18 þar sem leiðinni er skipt niður í fjóra hluta og fjallað í texta um áætlaðar aðstæður aðskildum hlutum leiðarinnar. Gangaleiðin á milli Miðhúsa og að Gufufossi ofan við Fjarðarsel, vikor liðlega 45° frá mestu hallastefnu berglaga þannig að sýndarhalli laga eftir sniðinu er talsvert minni en raunhalli berglaga. Verulegur hliðarhalli er á berglögnum til SV. Á þessari gangaleið er talið að göngin muni skera í gegnum 300-400 m þykkar berglagastafa auk þess sem á miðhluta og vesturhluta leiðarinnar verður líklega farið endurtekið í gegnum nokkur jarðlög sem hreyfst hafa upp eða niður við misgengi. Mikill hluti gangaleiðarinnar er með um 400 m þykkri bergþekju og fer þekjan í tæpa 500 m undir Staffelli, austantil á leiðinni.



Mynd 6.4. Einfaldað langsníð jarðlaga (hugmyndasnið) eftir Miðhúsaleið gegnum Fjarðarheiði þar sem sýnd er dreifing (staðsetning) jarðlagasniða og kjarnaborhola. Sjá nánar jarðlagasnið á teikningu 18.

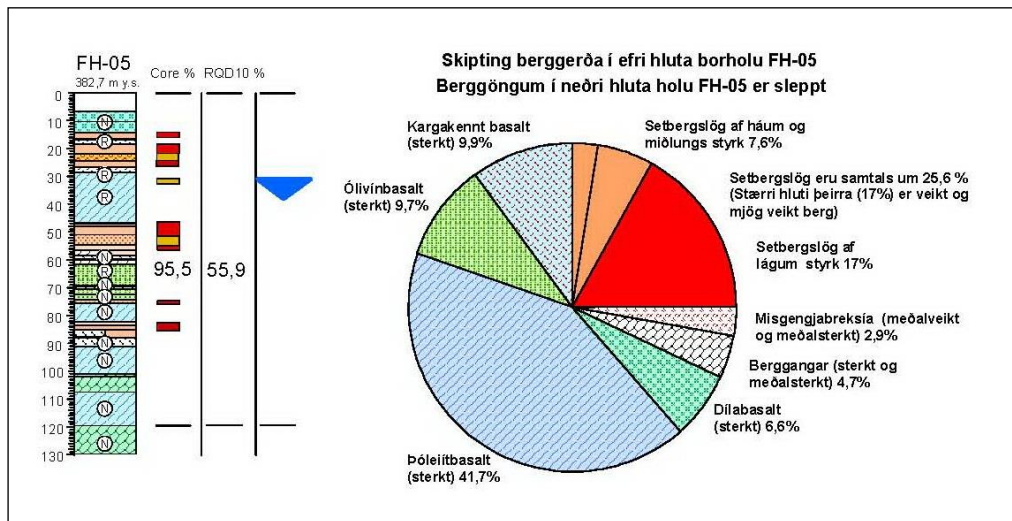
Vesturmunni gangaleiðarinnar er örskammt sunnan við gil Miðhúsaár þar sem Seyðisfjarðarvegur sveigir til austurs upp Fjarðarheiði. Veglínan liggur yfir flúðirnar á miðri mynd 6.5 og yrði munninn í kjarrinu til hægri. Ekki hefur farið fram könnun á þykkt jarðvegs og lausra yfirborðssetlaga á munnasvæðinu og aðgengi til athugana ekki gott í þéttu birkikjarri. Í lækjarsytru sést í bergbrot og e.t.v. í hreyft klapparyfirborð og vísbendingar metnar svo að á munnasvæðinu sé 1-3 m þykkur jarðvegur og yfirborðslög. Landinu hallar bratt er kemur inn í kjarrið og til austurs frá Miðhúsaá rís mikil klapparbrík ofan Seyðisfjarðarvegur.



Mynd 6.5. Veglína eftir Miðhúsaleið liggur yfir Seyðisfjarðarveg og flúðirnar á miðri mynd og yrði munninn í kjarrinu til hægri.

Vestast á gangaleiðinni, frá munna við Miðhúsaá (milli stöðva 4300 og 6500) er 2,2 km lengdarkafla með mikið brotnu bergi og þykkandi bergþekju inn frá munna. Mikill halli er á berglögum til SV þannig að hliðarhalli þeirra verður áberandi eftir gangaleiðinni, (jafnframt því að lögunum hallar út í átt til Miðhúsa). Á 2,7 km löngum kafla (í stefnu A-V) meðfram Miðhúsaá sjást liðlega 20 berggangar en opnur í berg eru ekki samfelldar. Því er metið að berggangarnir geti hæglega verið a.m.k. þriðjungfi fleiri en sjást nærri ánni og séu a.m.k 4-7% af berginu.

Auk bergganganna skera nokkur misgengi Miðhúsaá og fylgja sumum þeirra margra metra þykk brotabelti. Ekki sjást vísbendingar um að vatn í berginu valdi vandamálum á þessum kafla. Borhola FH-05 sem staðsett var í liðlega 380 m hæð y.s. í vesturbrekkum Fjarðarheiðar, var boruð niður á 300 m dýpi og ætlað að sýna aðstæður í bergi á vestanverðri Miðhúsaleið. Borholan mistókst að því marki að hún lenti inni í berggangi á 120 m dýpi og gefur því ekki upplýsingar um berg á jarðgangaleiðinni. Efri hluti holunnar styður þó rúmfræðilega mynd af Fjarðarheiði með ófullkomnum tengingum jarðlaga við berg í holum FH-01 og FH-02.



Mynd 6.6. Yfirlit yfir berglög í efri hluta borholu FH-05.

Þar sem borhola FH-05 “mistókst” varðandi berg á gangaleiðinni, verður að líta til borholu FH-02 sem er 3,5 km sunnar (við munna Dalhúsaleiðar). Talið er að berglög á vesturhluta leiðarinnar líkist hvað mest berglögum í borholu FH-02 og er vísað til borholunnar á mynd 6.9 þar sem fjallað er um Dalhúsaleið.

Næst er á teikningu 18 fjallað um 4,5 km langan kafla milli stöðva 6500 og 11000 þar sem gera má ráð fyrir að auk bergganganna, þveri mörg misgengi leiðina, og að sumum þessara fyrirbæra fylgi nokkurra metra þykk brotabelti. Gera má ráð fyrir “erfiðleikum” í endurteknum setbergslögum og misgengjabreksíum með lágan brotstyrk. Berglög í neðri hluta holu FH-01 eru talin sýna aðstæður í bergi á nokkurra km kafla nærri miðhluta Miðhúsaleiðar. Túlka borholugögn FH-01 á þann veg að bergið sé opið fyrir innflæði vatns.

Þriðji hluti leiðarinnar, 4 km kafla milli stöðva 11.000 og 15.000 einkennist e.t.v. af fremur sterklegu bergi í bland við misgengi og bergganga. Á þessum kafla ganganna eru líkur á innrennsli vatns ef marka má hegðun jarðvatns í borholu FH-01 við Heiðarvatn (þar sem vart varð við mikla sprungulekt í berggöngum og brotabergi milli 360 og 430 m dýpis). Þessi mikla sprungulekt leiddi til slíkra borerfiðleika að ekki

tókst að bora holuna niður á áformað dýpi. Borun holu FH-04 í vegskeringu upp Efri-Staf endaði í mjög leku bergi og borvandráðum áður en áformað dýpi náðist (holan er litlu grynnri en áformað hafði verið).

Þessi hluti gangaleiðarinnar fer undir Heiðarvatn og aðrennslissvæði Gúlsvirkjunar og líkur á að jarðgöng undir það svæði geti leitt til breytinga á yfirborðsvatni. Talið er að borhola FH-03 (sjá mynd 6.13) sé "trúverðugur" fulltrúi fyrir aðstæður í bergi á austurhluta beggja jarðgangaleiðanna sem hér hafa verið til athugunar. Vafasamt er að álykta að lítil mælanleg lekt í holu FH-03 sýni rétta mynd af lekt í berginu langan veg til vesturs utan holunnar því ólíkt meiri lekt kom fram í holum FH-01 og FH-04.

Loks er á teikningu 18 fjallað um 2,8 km kafla austan við stöð 15.000 og að Gufufossi. Á þeim hluta gangaleiðarinnar fer hlutfall bergganga og misgengisbrota hratt lækkandi þannig að gangar verða þar vart meira en 3-4% af berginu og misgengjabreksía líklega undir einu prósentu (sem er lægsta hlutfall brotavirkni á langsníðum eftir Fjarðarheiðargöngum). Aðkoma að göngunum er örskammt norðan við Seyðisfjarðarveg þar sem fossberalag Gufufoss myndar heppilegan stall fyrir jarðgangamunna. Laus moldarkennd yfirborðslög við munnann eru þunn (áætluð 0,5-2,5 m).



Mynd 6.7. Gangamunni beggja gangaleiðanna við Gufufoss í Seyðisfirði. Munninn er áformaður hægra megin við Seyðisfjarðarveg þar sem vegurinn klifrar í bugðu upp á fossberalag Gufufoss á miðri mynd.

6.6 Túlkun á jarðfræðilegum aðstæðum frá Dalhúsum að Fjarðarseli

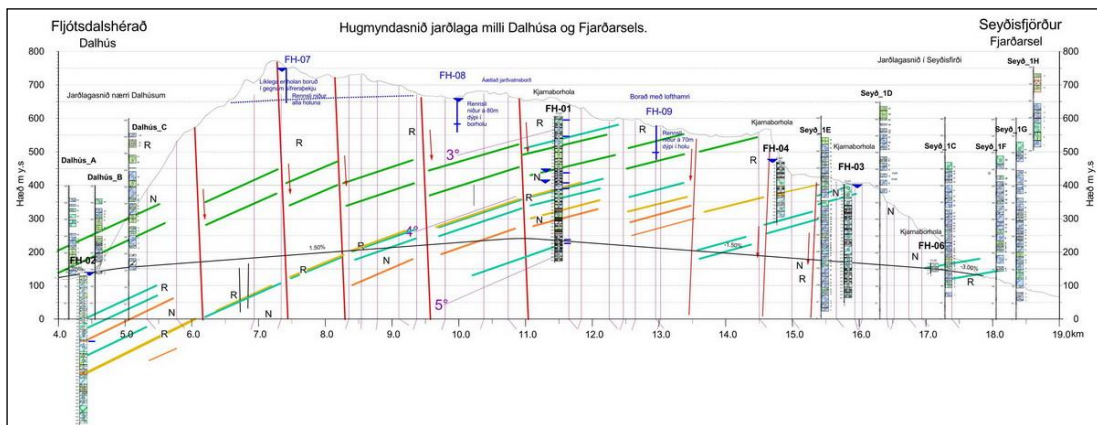
Hugmyndasnið af gangaleiðinni er á mynd 6.9 og sýnt í stærri mælikvarða á teikningu 19 þar sem leiðinni er skipt niður í fjóra hluta og fjallað í texta um áætlaðar aðstæður aðskildum hlutum leiðarinnar.

Gangaleiðin liggur nær mestu hallastefnu berglaga og því er "sýndar-" jarðlagahallinn mun meiri eftir því sniði, (borið saman við sniðið milli Miðhúsa og Fjarðarsels). Að sama skapi fer þessi gangaleið í gegnum þykkari berglagastafla, (líklega yfir 600-700 m þykkun). Það sama á við um "Dalhúsaleið" og áður var sagt um "Miðhúsaleið" að mörg samhliða misgengi á vesturhluta leiðarinnar, (sem sjást í farvegum Eyvindarár og Miðhúsaár) valda líkum á að á nokkrum stöðum liggi gangaleiðin oftast en einu sinni í gegnum sömu berglöggin (en þau eru flest með lágan bergstyrk og gætu orðið tafsöm í jarðgangagerð). Mestur hluti gangaleiðarinnar er með um 400 m bergþekju en þekjan fer mest í tæplega 600 m þykkt undir norðurtagli Gagnheiðar.



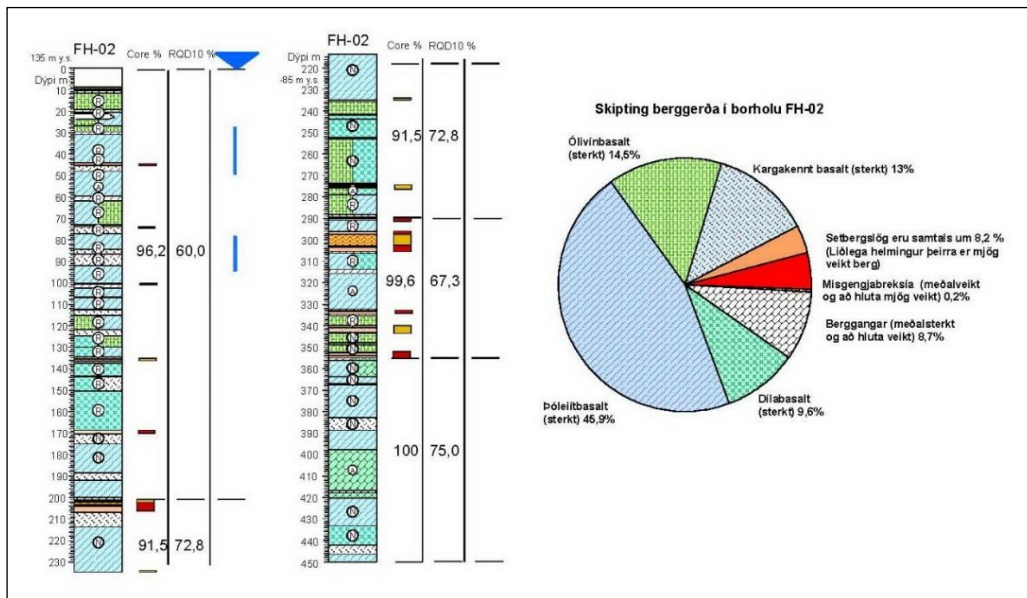
Mynd 6.8. Gangamunni Dalhúsaleiðar er áformaður efst á túnnum Dalhúsa, sem næst mitt á milli stauranna sem sjást í raflínunni.

Munnastaður við Dalhús er áformaður efst á túnnum og örskammt frá raflínu sem liggur undir austurbrekkum Eyvindarárdals. Kjarnaborhola FH-02 var boruð á munnastaðnum, sem næst undir raflínunni. Þar reyndust vera 8-9 m niður á klöpp undir 2-3 m af mold og síðan malarkenndu seti. Í flestum lækjum í nágrenninu sést í klöpp í brekkurótunum en lækirnir eru flestir skornir niður í 2-5 m þykk setlög. Ætla má að laus jarðlög af hliðstæðri þykkt séu þar sem munnaskáli yrði reistur.



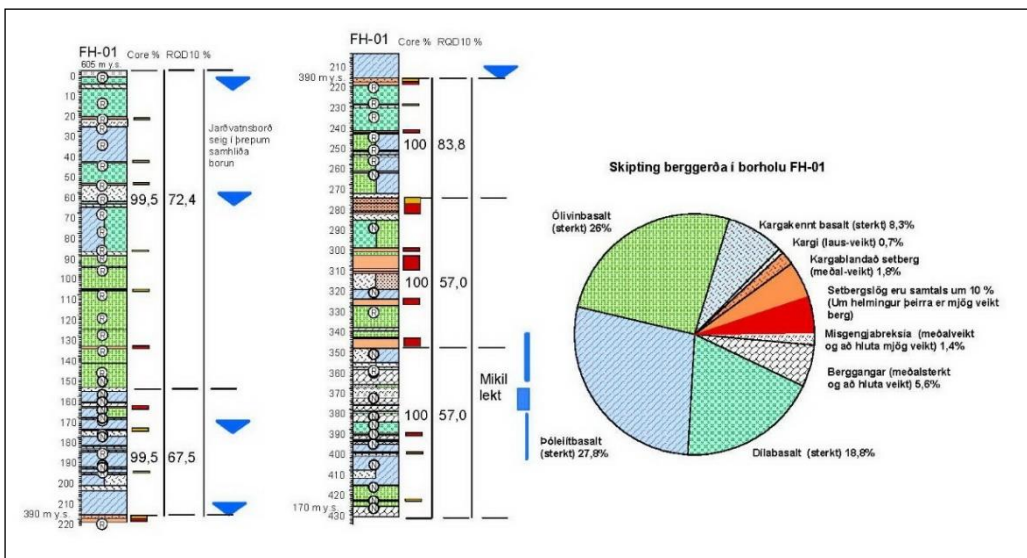
Mynd 6.9. Einfaldað jarðlagasnið (hugmyndasnið) eftir Dalhúsaleið gegnum Fjarðarheiði, þar sem sýnd er dreifing (staðsetning) jarðlagasniða og kjarnaborhola. Sjá nánar jarðlagasnið á teikningu 19.

Inn frá munna við Dalhús er 3,5 km lengdarkafla með mikið brotnu bergi og þykkandi bergþekju sem nær mest um 600 m þekju undir norðurtagli Gagnheiðar. Berglögum hallar 7-8° til SV (Það er hallar út göngin með lítilsháttar hliðarhalla til suðurs). Í lækjum ofan túna að Dalhúsum sést mikill fjöldi bergganga og virðist tíðni (og þéttleiki) þeirra vera lotubundin á bilinu 15-25 gangar á hvern km og er að sjá að þeir geti lotubundið myndað 6-10% af berginu. Ekki eru taldar líkur á að mikið vatnsmagn komi úr berginu á þessum kafla en þó vaxandi líkur á innrennsli eftir því sem innar kemur í á gangaleiðina. Á mynd 6.10 eru upplýsingar um bergið á vesturhluta Dalhúsaleiðar eins og það birtist í borholu FH-02.



Mynd 6.10. Yfirlit yfir berglög í borholu FH-02 við Dalhús.

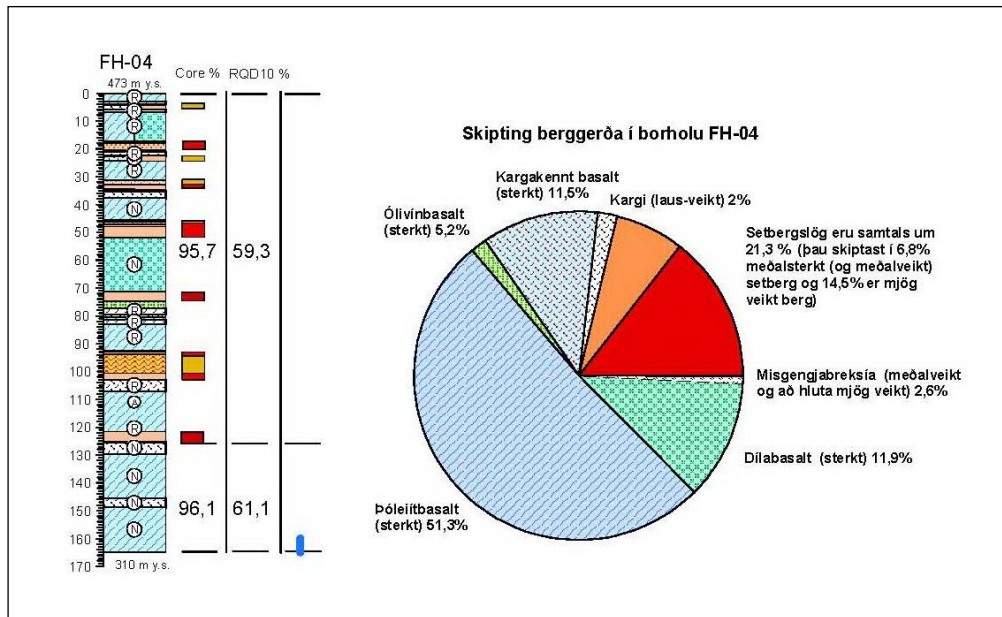
Á teikningu 19 fjallað um 3-5 km langan kafla milli stöðva 8.000 og 11.000 (upp að hápunkti ganganna) en mestar líkur eru á að hliðstæðar aðstæður haldi áfram yfir að stöð 13.000 þar sem farið er að halla til Seyðisfjarðar. Á þessu 3-5 km lengdarbili má gera ráð fyrir að stór misgengi þveri leiðina, með líkum á innflæði á köldu vatni (þar sem yfirliggjandi fjöll ná upp í sífreraaðstæður). Gera má ráð fyrir setbergslögum með lágan brotstyrk (sem gætu komið endurtekið inn á gangaleiðina við misgengi) geri þennan hluta leiðarinnar “fremur óhagstæðan” í jarðgangagerð. Talið er að berg í neðri hluta borholum FH-02 og FH-01 sýni “trúverðugar” aðstæður á miðhluta Dalhúsaleiðar.



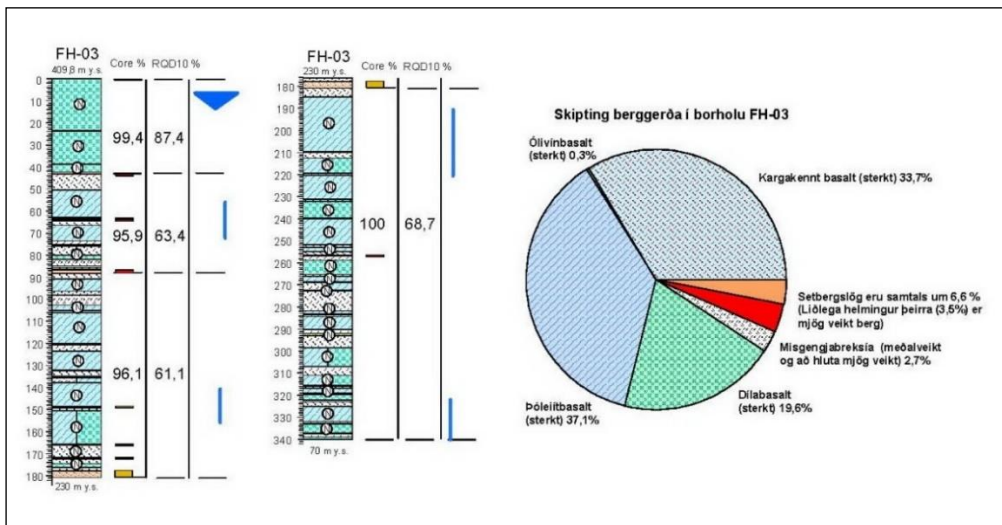
Mynd 6.11. Yfirlit yfir berglög í borholu FH-01 við Heiðarvatn á Fjarðarheiði. Ath. að hér er jarðlagasúla borholunnar sýnd í tveimur hlutum.

Þriðji hluti leiðarinnar, 2-4 km kafla milli stöðva 11.000 og 15.000 einkennist e.t.v. af fremur sterklegu bergi í bland við misgengi og bergganga þar sem líkur eru á innrennsli vatns. Borholur FH-01 og FH-04 eru taldar gefa sem líklegasta mynd af aðstæðum í bergi á miðhluta gangaleiðarinnar (og reyndar beggja leiðanna). Þessi hluti

gangaleiðarinnar (milli stöðva 11.000 og 13.000) liggur sunnan við Heiðarvatn og er á aðrennslissvæði Gúlsvirkjunar. Líkur eru á að vatn frá því aðrennslissvæði geti leitað niður í undirliggjandi jarðgöng.



Mynd 6.12 Yfirlit yfir berglög í borholu FH-04 við veginn upp Efri-Staf á Fjarðarheiði.



Mynd 6.13. Yfirlit yfir berglög í borholu FH-03 á klöppum norðan við Neðri-Staf á Fjarðarheiði. (Holan er við vegslóðina út á hjalla í Bjólfi).

Loks er á teikningu 19 fjallað um 2,8 km kafla austan við stöð 15.000 og að Gufufossi. Borhola FH-03 er talin gefa gott yfirlit yfir hverskonar berglög eru á eystri hluta beggja jarðgangaleiðanna. Á þeim hluta gangaleiðarinnar fer hlutfall bergganga og misgengisbrota hratt lækkandi þannig að gangar verða þar vart meira en 3-4% af berginu og misgengjabreksía líklega undir einu prósentu (sem er lægsta hlutfall brotavirkni á langsniðum eftir Fjarðarheiðargöngum). Aðkoma að göngunum er örskammt norðan við Seyðisfjarðarveg þar sem fossberalag Gufufoss myndar heppilegan stall fyrir jarðgangamunna. Laus moldarkennd yfirborðslög við munnann sýnast vera þunn (0,5-2,5 m).

7 Heimildaskrá og ýtarefni

- Ágúst Guðmundsson 2018 A: *Fjarðarheiðargöng. Kortlagning yfirborðsvatns og lækjarfarvega í september 2017. Greinargerð 1. Staðsetningakort og töflulýsing athugana.* Jarðfræðistofan. Unnið fyrir Vegagerðina, mars 2018. 12 bls. (töflur og kort).
- Ágúst Guðmundsson 2018 A: *Fjarðarheiðargöng. Kortlagning yfirborðsvatns og lækjarfarvega í september 2017. Greinargerð 2. Textalýsingar og ljósmyndir athuganastaða.* Jarðfræðistofan. Unnið fyrir Vegagerðina, mars 2018. 107 bls.
- Ágúst Guðmundsson, Timothy Ward og Sarah Kaiser 2012: *Norðfjarðargöng. Jarðfræðilegar aðstæður til gangagerðar milli Eskifjarðar og Norðfjarðar.* Jarðfræðistofan. Unnið fyrir Vegagerðina, nóvember 2012. 42 bls. auk 22 teikninga og viðauka.
- Ágúst Guðmundsson og Haraldur Hallsteinsson 2001: *Reyðarfjörður - Fáskrúðsfjörður. Geological Report and tunnelling conditions.* Jarðfræðistofan. Unnið fyrir Vegagerðina, desember 2001. 23 bls. auk 13 teikninga og viðauka.
- Ágúst Guðmundsson 1993: *Austfirðir. Jarðgangagerð til samgöngubóta.* Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, febrúar 1993. 28 bls. auk 26 mynda.
- Ágúst Guðmundsson 1992: *Jarðgangagerð til samgöngubóta á Austfjörðum.* Orkustofnun, VOD 92006. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, febrúar 1992. 72 bls. auk 46 mynda.
- Árni Hjartarson 2016: *Fjarðarheiðargöng. Um jarðhitalíkur á gangaleiðinni.* Íslenskar orku-rannsóknir, greinargerð, ÍSOR-16028. 12 bls.
- Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson 2016: *Fjarðarheiðargöng. Jarðhitastigull á jarðgangaleið.* Unnið fyrir Vegagerðina, desember 2016. ÍSOR-2016/077
- Barton, N., Lien, R. og Lunde, J. 1974: *Analysis of rock mass quality and support practice in tunneling and guide for estimating support requirements.* *NGI, Rep.* 54206, 74 p.
- Hjörleifur Guttormsson 1974: *Austfjarðafjöll.* Árbók Ferðafélags Íslands 1974.
- Hreinn Haraldsson og Sveinn Björnsson 1984: *Jarðfræðirannsóknir á Austfjörðum vegna jarðgangahugmynda.* Vegagerð ríkisins. 30 bls. auk mynda.
- Hunt, Roy E. 1984: *Geotechnical engineering investigation manual.* McGraw - Hill Book Company.
- Jóhann Helgason 1982: *Stratigraphy and Correlation of the Region Surrounding the IRDP Drill Hole 1978, Reyðarfjörður, Eastern Iceland.* *Journal of Geophysical Research*, Vol. 87, No. B8, pages 6405-6417.
- Kristján Sæmundsson 1979: *Outline of the Geology of Iceland.* *Jökull* 29: 7-28.
- Leó Kristjánsson og Ágúst Guðmundsson 1995: *Stratigraphy and Paleomagnetism of a 3-km-thick Miocene lava pile in the Mjóifjörður area, Eastern Iceland.* *Geol Rundsch*, 84: p. 813-830.
- Loftmyndir (Aerial photographs) frá Landmælingum Íslands frá mismunandi tímum.

- Landlíkan (Topographical model - Orthophotos) í mismunandi mælikvarða frá Loftmyndum ehf. og Vegagerðinni 1999-2016.
- Mannvit og Jarðfræðistofan 2009: Samanburður á einásabrotstyrk og punktálagsstyrk borkjarna frá vegganga- og virkjanasvæðum. Unnið með styrk frá Vegagerðinni og Landsvirkjun. Höf. Matthías Loftsson og Ágúst Guðmundsson, september 2009.
- Mannvit (verkfræðistofa) 2010. Tæknilegir eiginleikar mismunandi berggerða. Höf. Matthías Loftsson og Benedikt Óskarsson. Rannsóknarskýrsla unnin fyrir Vegagerðina, apríl 2010.
- Mannvit (verkfræðistofa) 2010. Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Norðfjarðargöngum og Óshlíðargöngum. Höf. Matthías Loftsson og Benedikt Óskarsson. Rannsóknarskýrsla unnin fyrir Vegagerðina, júlí 2010.
- Mannvit (verkfræðistofa) 2010. Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Vaðlaheiði. Höf. Matthías Loftsson og Haraldur Hallsteinsson. Rannsóknarskýrsla unnin fyrir Vegagerðina, apríl 2011.
- Norwegian Group for Rock Mechanics (NBG): Engineering Geology and Rock Engineering. Norwegian Tunneling Society 2000.
- Walker, G.P.L 1963. The Breiðdalur Central Volcano, Eastern Iceland. *Geol. Soc. London Quart. Jour.* 119: 29-63.
- Walker, G.P.L 1960. Zeolite zones and dike distribution in relation to the structure of the basalt of Eastern Iceland. *Jour. Geol.* 68: 515-527.
- Walker, G.P.L. 1959: Geology of the Reyðarfjörður area, Eastern Iceland. *Geol. soc. London Quart. Jour.* 114: 367-393.
- Walker, G.P.L. 1974: The Structure of Eastern Iceland. *In Geodynamics of Iceland*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland, pages 177-188.
- Watkins, N.D and Walker, G.P.L. 1977: Magnetostratigraphy of Eastern Iceland. *Journal of Science*, V. 277: 513-584.