Tilurð gasríka leirsteinsins í Breiðhillusetlögunum

María Helga Guðmundsdóttir[1,2], Selma Gautadóttir[1], Bjarni Gautason[1], Michael Krumbholz[3], Rouwen Lehné[4], Steffen Mischke[5], Lan Nguyen-Thanh[6]

[1]Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Breiðdalsvík, [2]Náttúrufræðistofnun,[3]Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, [4]Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, [5]Jarðvísindadeild Háskóla íslands, [6]Technische Universität Darmstadt.

Í erindinu er gerð grein fyrir fyrstu skrefum í doktorsrannsókn sem miðar að því að skilja tilurð, hegðun og eiginleika sérlega viðkvæms leirsteins sem olli vandræðum við gerð Bolungarvíkurganga á Vestfjörðum. Göngin liggja milli Ísafjarðar og Hnífsdals, gegnum stafla af flæðibasalthraunum sem er skorinn af setbergssyrpu sem myndaðist í löngu goshléi fyrir um 15 Ma (Roaldset 1983; Leó Kristjánsson o.fl. 2003). Við gangagerðina kom í ljós að hluti Breiðhillusetlaganna samanstendur af rauðbrúnum leirsteini sem „freyðir og splundrast í duft“ (Hafsteinn Hilmarsson 2009) í vatni á fáeinum tugum sekúndna og losar talsvert gas.

Athuganir á niðurbroti leirsteins sem blotnar og þornar endurtekið (e. *slaking*) gefa almennt til kynna að þýðingarmiklar breytingar á stöðugleika bergs taki frá nokkrum klukkustundum og upp í áratugi (Czerewko & Cripps 2006) og að niðurbrot á kornum með þvermál upp á marga tugi millímetra í korn með fáeinna millímetra þvermál á sér oftast stað í mörgum skrefum (Sun o.fl. 2025), eða mun hægar en hér.

Fyrstu greiningar á samsetningu og uppbyggingu bergsins

Fyrstu tilraunir til efnagreiningar á sýnum úr berginu gefa eftirfarandi niðurstöður (Krumbholz o.fl. 2025): XRD gefur til kynna samsetningu að 70% úr illíti, 20% lagskiptu, blönduðu illít-smektíti, 6% kvarsi og 4% goethíti (eftir þyngd). FTIR-greining staðfestir að lífrænt efni er í setinu, sem er í samræmi við mikla útbreiðslu surtarbrands í Breiðhillusetlögunum.

Myndataka með skimrafeindasjá (SEM) sýnir lagskiptan grunnmassa með efnasamsetningu í samræmi við myndun úr basaltísku bergi, en þó með litlu kalsíum (Ca). Korn raðast í svipaða stefnu og gefa vísi að lagskiptingu; kristallar úr stökum steindum eru í grunnmassanum. Litrófsgreining (GC) á gasinu gefa til kynna að það sé auðgað af koltvísýringi samanborið við andrúmsloft, sneytt af nitri og súrefni, og innihaldi snefilmagn af lífrænum sameindum eins og etýlpentani (sem tengist jarðolíu) og kamfór og fenkýlasetati, sem geta tengst plöntuleifum.

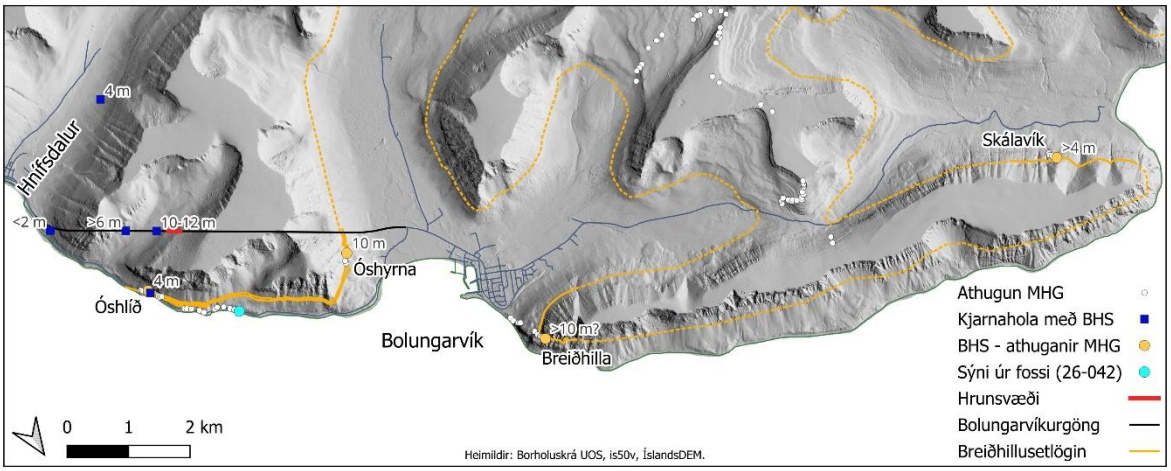
Sumar greiningar hafa gefið ólíkar niðurstöður eftir því hvar þær eru unnar, og er því stefnt að því að endurtaka allar mælingar samræmt á tveimur rannsóknastofum til að auka áreiðanleika.

Útbreiðsla leirsteins með sambærilega hegðun; fylgni við ummyndunarstig

Sumarið 2026 var tveimur vikum varið í kortlagningu og sýnatöku á Vestfjörðum. Syrpan var skoðuð á fjórum stöðum (mynd 1) og á tveimur þeirra voru gerð nákvæm snið. Umtalsverður hluti syrpunnar allt frá Óshlíð til Skálavíkur samanstendur af fíngerðu seti líku því sem fannst í jarðgöngunum, um 50-90% syrpunnar í sniðunum tveimur (Óshlíð og Óshyrnu) og nokkurt magn á tveimur öðrum stöðum (Breiðhillu og Skálavík).

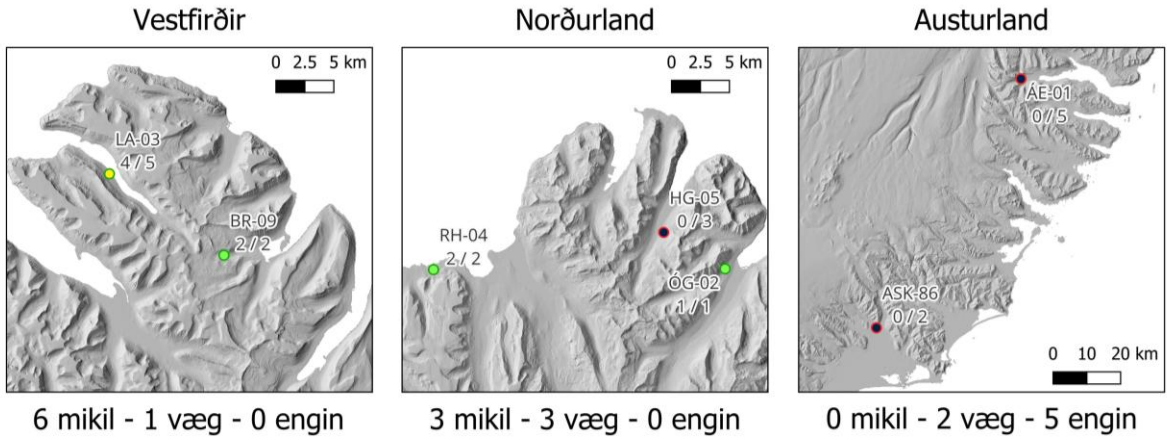
Sýni frá öllum athugunarstöðum nema Breiðhillu sýna sama niðurbrot í vatni, en hluti efnisins sem safnað var við Breiðhillu var þegar niðurbrotinn í grófan sand við söfnun og ber því að túlka þá niðurstöðu varlega. Sýnum var einnig safnað úr öðrum setlögum í þeim sniðum sem mæld voru, þar á meðal sýni sem tekið var úr fossi við Óshlíðarveg um 150 m neðar í staflanum en

meginhluti Breiðhillusetlaganna. Þetta sýni sýndi sama niðurbrot í vatni og sýnin úr jarðgöngunum, sem benti til þess að hegðunin væri útbreiddari en áður var þekkt.



Mynd 1: Yfirlit yfir athuganir á Breiðhillusetlögunum og öðrum jarðmyndunum í felti sumarið 2026. Þykkt Breiðhillusetlaganna í opnum og borkjörnum er tilgreind í metrum.

Til að kanna útbreiðslu slíks setbergs voru 20 sýni tekin úr borkjörnum í borkjarnasafni Náttúrufræðistofnunar sem skera íslenska Míósenstaflann á Austurlandi, Vestfjörðum og Norðurlandi. Samantekt á svörun sýnanna við því að vera lögð í bleyti má sjá á mynd 2:



Mynd 2: Svörun sýna úr setlögum í borkjörnum við því að vera lögð í bleyti. Mikil svörun: algert niðurbrot innan fáeinna sekúndna eða mínútna. Væg svörun: lítið niðurbrot en þó eitthvert, stundum aðeins eftir þornun. Engin svörun: sýni óbreytt eftir bleyti og þornun í 2 sólarhringa í þurrkofni við 50°C. Grunnkort: ÍslandsDEM.

Svörun (niðurbrot) sýnanna var borin saman við ummyndunarstig þeirra líkt og það birtist í síðsteindum í nærliggjandi bergi, með hliðsjón af geislasteinabeltum G.P.L. Walker (1960), en slíkar upplýsingar lágu fyrir á Vestfjörðum (Ágúst Guðmundsson 1989, 2007) og Austurlandi (Neuhoff o.fl. 1999). Skýr fylgni er milli hærra ummyndunarstigs (heulandít-stilbítbelti, lámontítbelti og hærra) og lítils eða einskis niðurbrots. Lágu ummyndunarstigi (kabasít-thomsonítbelti og analsímbelti) fylgir hins vegar mikið niðurbrot. Eitt dæmi finnst um rannsókn á sambærilegu bergi erlendis, frá gerð Fámjin-ganganna í Færeyjum (Terrón-Almenara o.fl. 2025); þau liggja í gegnum analsímbeltið (Jørgensen 2006), í samræmi við þessa tilgátu. Athugana á borkjörnum frá Norðurlandi er þörf til að renna betri stoðum undir tilgátuna.

Heimildir

Ágúst Guðmundsson. 1989. Breiðadals- og Botnsheiði. Jarðfræði við fyrirhugaðar jarðgangaleiðir á norðanverðum Vestfjörðum. Skýrsla nr. OS-89014.

Czerewko, M.A., & Cripps, J.C., 2006. “The implications of diagenetic history and weathering on the engineering behaviour of mudrocks.” *International Association for Engineering Geology and the Environment* 118: 1–12.

Grímsson, F., Denk, T., & Símonarson, L.A., 2007. “Middle Miocene floras of Iceland – the early colonization of an island?” *Review of Palaeobotany and Palynology* 144 (3–4): 181–219.

Hilmarsson, H., 2009. “Rannsókn nr. H09/373." Reykjavík: Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Accessed through the Rock and Mineral Collection of the Natural Science Institute of Iceland.

Jóhannesson, H., 2014. *Jarðfræðikort af Íslandi – berggrunnur. 1:600.000.* 2. útgáfa. Garðabær: Náttúrufræðistofnun.

Jørgensen, O., 2006. The regional distribution of zeolites in the basalts of the Faroe Islands and the significance of zeolites as palaeotemperature indicators. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 9, 123–156.

Kristjánsson, L., Harðarson, B.S., & Auðunsson, H., 2003. “A detailed palaeomagnetic study of the oldest (approximate to 15 Myr) lava sequences in northwest Iceland.” *Geophysical Journal International* 155 (3): 991–1005.

Krumbholz, M., Lehné, R., Nguyen-Thanh, L., Schloemer, S., Blumenberg, M., Svensson, K., Krumbholz, J., Nolte-Moser, N., Halisch, M., Tanner, D., & Guðmundsdóttir, M.H., 2025. “Iceland’s sizzling secret – an unusual sedimentary rock?” *Geo-Göttingen 2025*. Veggspjald.

Neuhoff, P. S., Fridriksson, T., Arnorsson, S., & Bird, D. K., 1999. Porosity evolution and mineral paragenesis during low-grade metamorphism of basaltic lavas at Teigarhorn, eastern Iceland. American Journal of Science, 299(6), 467–501.

Roaldset, E., 1983. “Tertiary (Miocene-Pliocene) interbasalt Sediments, NW- and W-Iceland.” *Jökull* 33: 39

Sun, D.X., Wang, H.L., Komine, H., Cai, G.J., Pan, G.F. & Ito, D., 2025. “Slaking mechanisms of a mudstone and prediction of its number-size distribution considering shape evolution.” *Soils and Foundations* 65 (5) 101682. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sandf.2025.101682

Vegagerðin, 2009. *Óshlíðargöng*. Bæklingur. https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Oshlidargong-Baeklingur/$file/%C3%93shl%C3%AD%C3%B0arg%C3%B6ng-B%C3%A6klingur.pdf

Terrón-Almenara, J., Sørensen, B.E., Røvde, V., Holter, K.G., & Olsson, R., 2025. The Significance of the Geological Properties of Volcanic Rock Masses on Tunnel Stability and Rock Support Design: A Case Study Based on the Construction of the Fámjin Road Tunnel in the Faroe Islands. Rock Mechanics and Rock Engineering (2025) 58:13451–13481.