



MANNVIT

Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Vaðlaheiði

Höfundar : Haraldur Hallsteinsson
Matthías Loftsson

Rannsóknarskýrsla, unnin fyrir Vegagerðina

Apríl 2011



MANNVIT



Mannvit Verkfræðistofa

Grensásvegur 1
108 Reykjavík
Sími: 422 3000
Fax: 422 3001
@: mannvit@mannvit.is
www.mannvit.is



TITILBLAÐ

Skýrsla nr: MV 2011-014	Útgáfunr.:	Útgáfudags.: 27.04.2011	Verknúmer: 1-020-221
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Vaðlaheiði			Upplag: Fjöldi síðna: 22
Höfundur/ar: Haraldur Hallsteinsson, Matthías Loftsson			Verkefnisstjóri (undirskr.): ML Yfirfarið (undirskr.): ML
Verkkaupi: Vegagerðin		Tengiliður verkkaupa: Gísli Eiríksson	
Samstarfsaðilar:			
Útdráttur: <p>Í skýrslu þessari eru teknar saman niðurstöður prófana á setbergi úr borholum, sem boraðar voru gangaleið fyrirhugaðra Vaðlaheiðarganga. Alls hafa verið boraðar 7 kjarnaborholur á fyrirhugaðri leið ganganna. Setberg finnst í þeim öllum, en lögin eru mismörg, misþykk og liggja misdjúpt í holunum. Tekin voru sýni úr 6 holum, aðallega neðan til í holum austan megin í heiðinni þar sem setbergslög eru hlutfallslega fleiri.</p> <p>Tilgangur prófana er að fá hugmyndir um helstu eiginleika setbergs á leið ganganna til samanburðar við setbergslög í öðrum göngum.</p> <p>Einásabrotstyrkur setbergs er frá 5 - 40 MPa, en kleyfnitogstyrkur mældist vera frá 0,4 til 5,3 MPa. Fjaðurstuðull mældist með streitunemum vera frá 1.500 til 10.100 MPa, en 40-50% lægri mælt yfir allt sýnið miðað við halla brotferils við 50% brotstyrk. Mældur þanþrýstingur setbergslaga er í flestum tilfellum milli 100 kPa og 350 kPa. Tvö sýni mældust með hærri þanþrýsting en 300 kPa og átta sýni með þanþrýsting minni en 150 kPa.</p> <p>Ekki var hægt að taka sýni fyrir prófun á einásabrotstyrk úr veikusta hluta setlaga því kjarni setbergs er oft það brotinn og molaður að ekki næst nægilega langur bútur fyrir prófunina.</p>			
Efnisorð: Setberg, breksía, Vaðlaheiðargöng, einásabrotstyrkur, þanprófanir, fjaðurstuðul			

Dreifing:



Opin öllum starfsmönnum
(Rafræn í bókasafni)



Lokuð
(Engin dreifing nema með leyfi verkkaupa.)

Efnisyfirlit

Inngangur.....	1
Sýnataka og prófanir	1
Niðurstöður	7

Myndaskrá

Mynd 1. Einásabrotstyrkur setbergssýna úr borholum.....	2
Mynd 2. Niðurstöður rúmþyngdarmælinga (þurrrúmþyngd) á setbergi.....	3
Mynd 3. Kleyfnitogstyrkur setbergssýna úr borholum.....	3
Mynd 4. Fjaðurstuðll, setbergssýna úr borholum.....	4
Mynd 5. Niðurstöður mælinga á Poisson's hlutfalli setbergssýna úr borholum.....	4
Mynd 6. Fylgni milli einásabrotþols og fjaðurstuðuls.....	5
Mynd 7. Fylgni milli einásabrotstyrks og kleyfnitogþols.	5
Mynd 8. Fylgni milli einásabrotstyrks og Poisson's hlutfalls.	6
Mynd 9. Niðurstöður mælinga á þanþrýstingi fyrir setbergslög í Vaðlaheiði.	7
Mynd 10. Sýnatökustaðir í borholum á gangaleið Vaðlaheiðarganga fyrir prófanir á setbergi.....	8

Inngangur

Í skýrslu þessari eru teknar saman niðurstöður prófana á setbergi úr borholum, sem boraðar voru gangaleið fyrirhugaðra Vaðlaheiðarganga. Alls hafa verið boraðar 7 kjarnaborholur á fyrirhugaðri leið ganganna. Fimm þessara hola voru boraðar 2005 og tvær á síðastliðnu ári, 2010¹. Setberg finnst í þeim öllum, en lögin eru mismörg, misþykk og liggja misdjúpt í holunum. Tekin voru sýni úr 6 holum, aðallega neðan til í holum austan megin í heiðinni þar sem setbergslög eru hlutfallslega fleiri. Við val á lögum til sýnatöku var tekið tillit til halla og hugsanlegs hnicks berglaga um misgengisbrot, en ekki er víst að öll lögin lendi í göngunum.

Tilgangur prófana er að fá hugmyndir um helstu eiginleika setbergs á leið ganganna til samanburðar við setbergslög í öðrum göngum².

Sýnataka og prófanir

Sýni af setbergi og breksíu í borholum, sem boraðar voru 2005, voru sótt í skemmu við Draflastaði í Fnjóskadal í lok ágúst 2010, en borkjarnar hafa verið þar í geymslu frá 2005. Tekið var eitt sýni af setbergslagi í borholu VK-05, sem er Akureyrarmegin fyrirhugaðra ganga, og nokkur sýni af setbergi úr borholum VK-01, VK-02 og VK-03, sem eru Fnjóskadalsmegin. Í janúar 2011 voru tekin fleiri sýni úr setbergslögum úr borholum, sem boraðar voru í október og nóvember 2010, úr VK-06, sem er Fnjóskadalsmegin, og úr VK-07, sem er Akureyrarmegin. Þvermál borkjarna er 44 - 45 mm.

Prófanir voru gerðar á rannsóknarstofu Mannvits. Rúmþyngd og vatnsdrægni bergkjarna var mælt samkvæmt ISRM aðferð³, kleyfnitogstyrkur borkjarna samkvæmt ASTM D 3967-95a staðli, einásabrotstyrkur bergkjarna var prófaður samkvæmt FS ENV 1997-2:1999 staðli, fjaðurstuðull samkvæmt ISRM aðferð og þanpróf var gert samkvæmt norskum leiðbeiningum⁴.

Tafla 1 sýnir meðaltal og dreifingu niðurstaðna prófana fyrir setbergslög í Vaðlaheiði. Aftast í þessari skýrslu eru birtar niðurstöður allar prófana í töflum 2-6. Tafla 2 sýnir niðurstöður fyrir einásabrot, tafla 3 fyrir fjaðurstuðul, tafla 4 fyrir kleyfnitogstyrk, tafla 5 fyrir þanprófanir og tafla 6 sýnir niðurstöður allra prófana á úr borholum VK-01, VK-02, VK-03, VK-05, VK-06 og VK-07.

Tafla 1. Helstu eiginleikar setbergs í Vaðlaheiði, samantekt.

	Vaðlaheiði setberg		
	Meðaltal	Lægst	Hæst
Einásabrotstyrkur (MPa)	15,3	5,4	39,7
Fjaðurst.streitunemar (MPa)*	3.882	1.508	10.100
Fjaðurst.brotferill (MPa)**	2.605	819	6.438
Poisson's hlutfall	0,31	0,17	0,38
Togstyrkur (STS) (MPa)	1,4	0,4	5,3
Þanþrýstingur (kPa)	181	44	355
Þurr rúmþyngd (kg/m ³)	1739	1445	2169

* Miðað við 50% af brotstyrk. ** Miða við halla brotferils við 50% af brotstyrk.

¹ Vaðlaheiðargöng. Skýrsla um rannsóknarboranir haustið 2010 og samantekin niðurstaða jarðfræðirannsóknna. Jarðfræðistofan, 2011

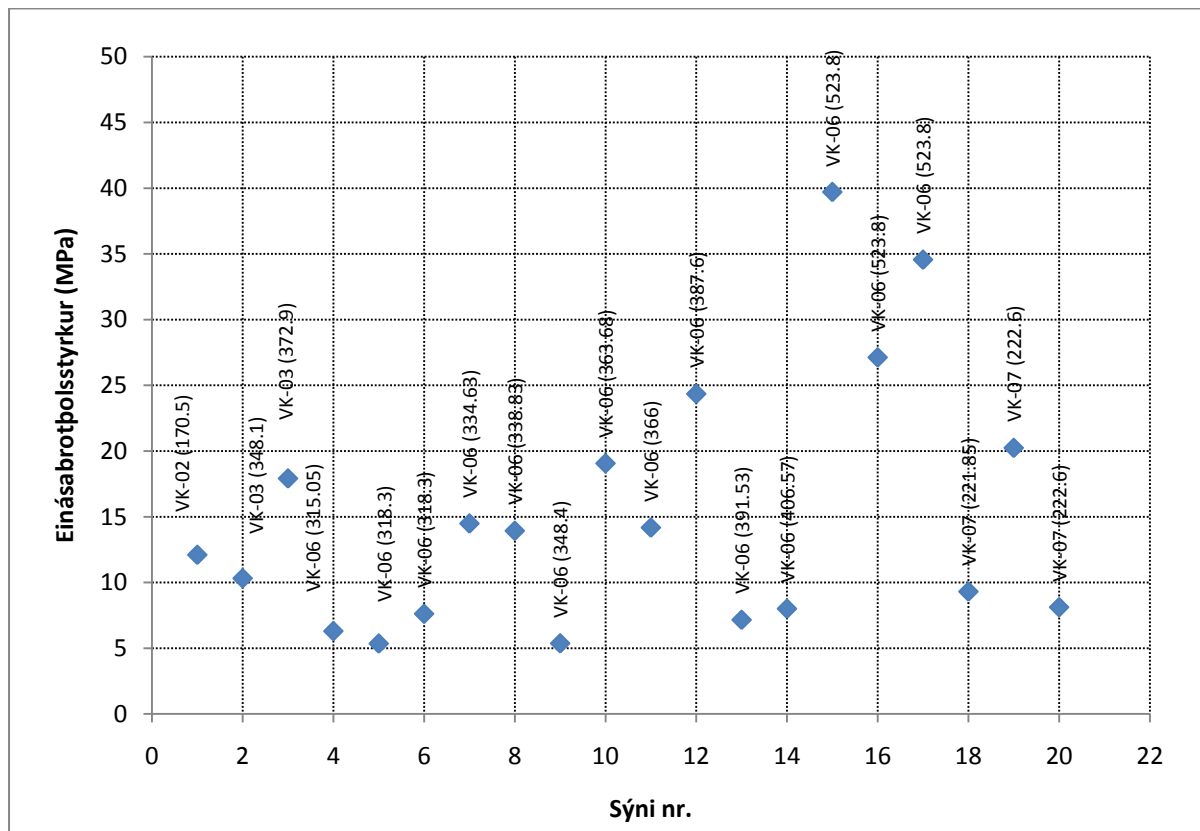
² Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Norðfjarðargöngum og Óshlíðargöngum. Mannvit, júlí 2010

³ Rock Characterization Testing and Monitoring. ISRM Suggested Methods. Editor E.T. Brown 1981.

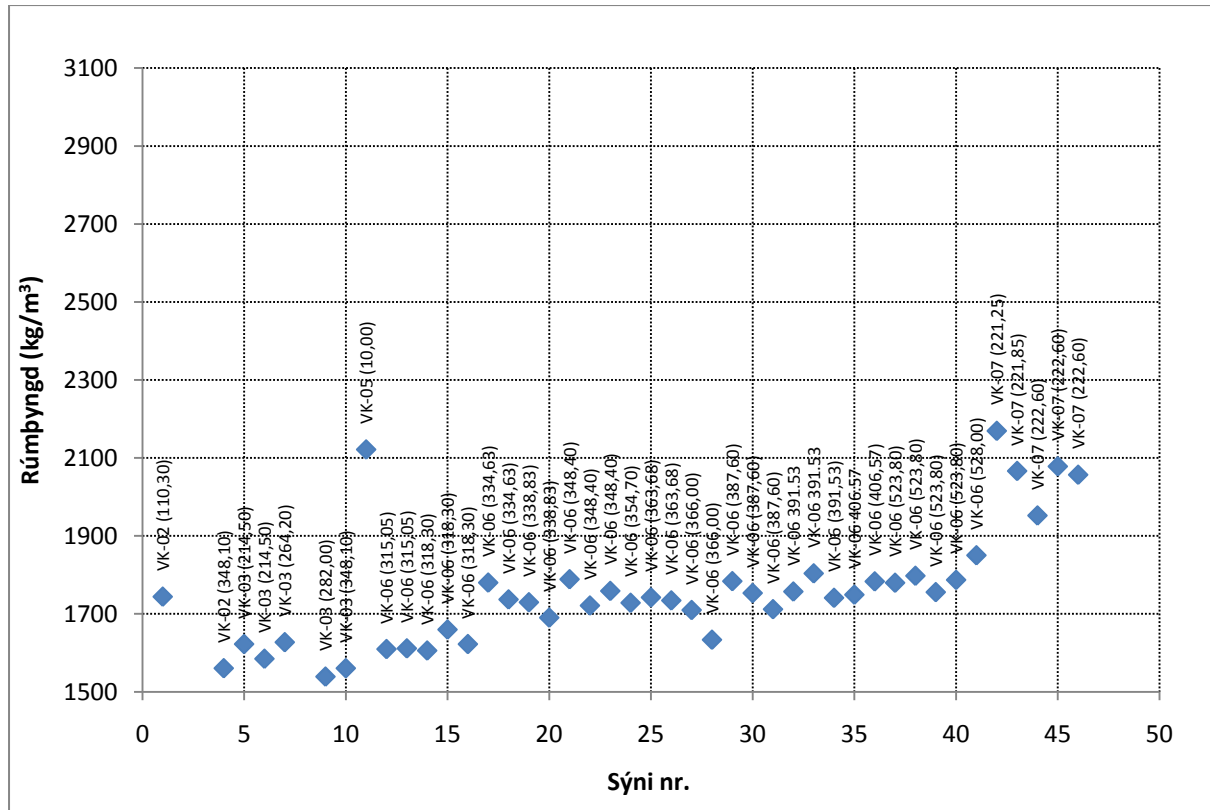
⁴ Publikasjon nr. 101. Tunneler. Riktig omfang av undersøkelser for berganlegg. Statens vegvesen, oktober 2003.

Auk sýna af setbergslögum var prófað eitt bergsýni af breksíu, sjá töflur aftast í skýrslu.

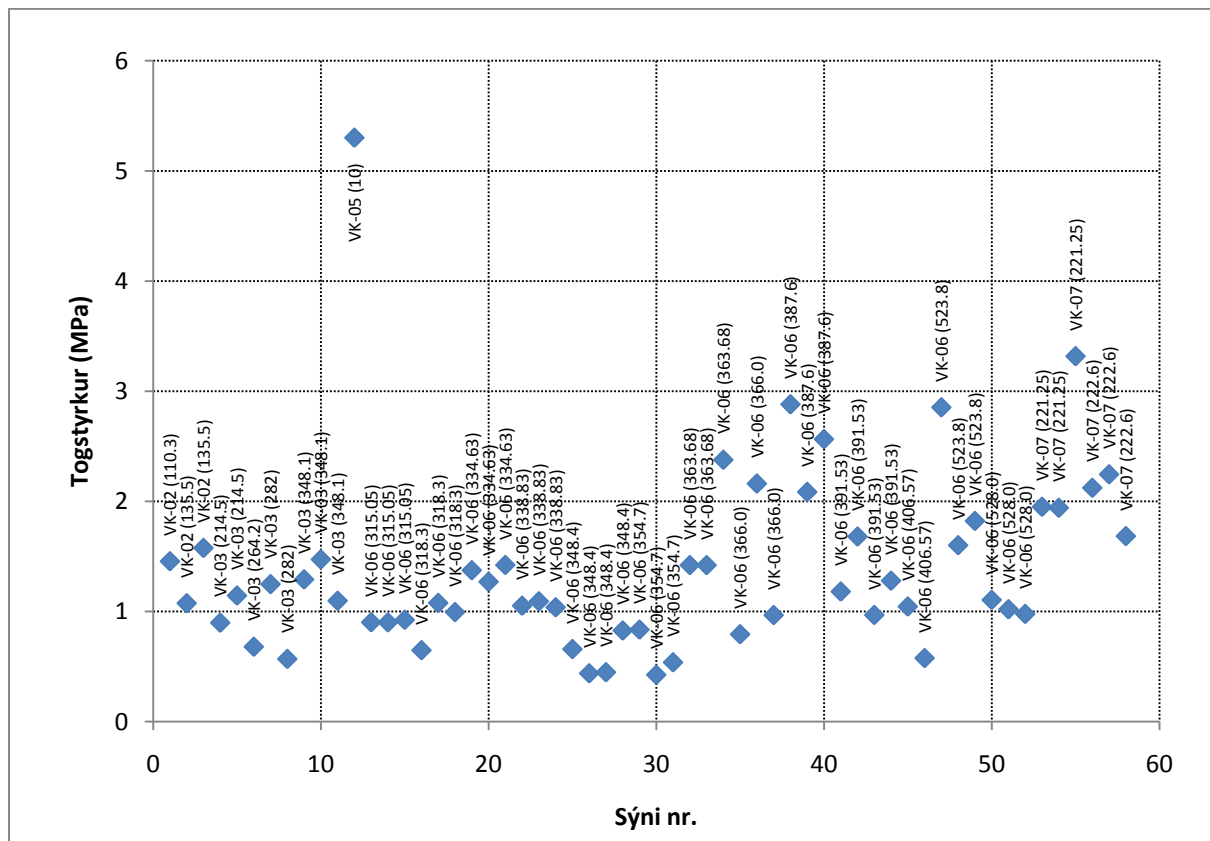
Myndir 1-5 sýna einnig niðurstöður prófana á setbergi í Vaðlaheiðargöngum. Á Mynd 1 eru sýndar niðurstöður prófana á einásabrotstyrk (21 prófun). Mynd 2 sýnir þurrúmpýngd fyrir setbergslög í fyrirhuguðum Vaðlaheiðargöngum, sömu sýna og prófuð voru fyrir einásabrotstyrk. Á Mynd 3 eru sýndar niðurstöður prófana á kleyfnitogstyrk (61 prófun á 23 sýnum), á Mynd 4 fjaðurstuðull (21 gildi reiknuð út frá ferlum einásabrots) og á mynd 4 Poisson's hlutfall bergsýna (11 prófanir). Nafn borholu og dýpi þar sem sýni var tekið er skráð við hvert mæligildi.



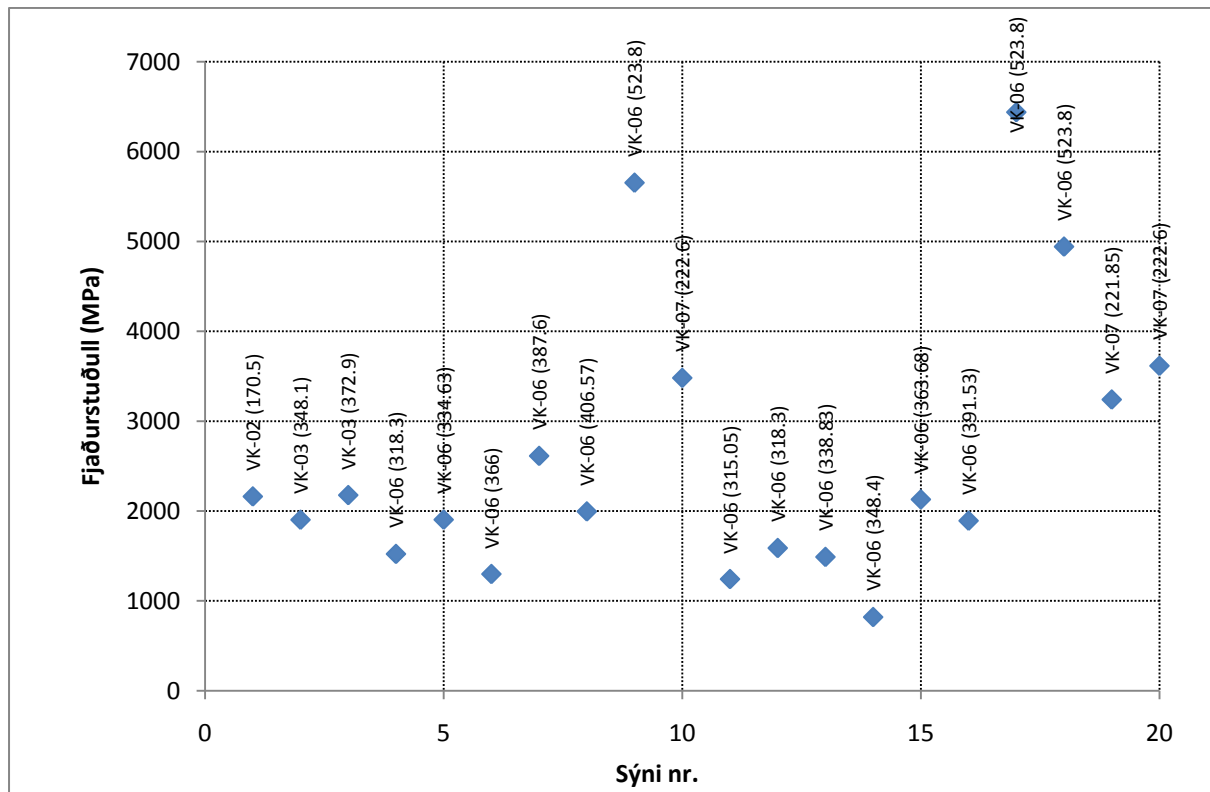
Mynd 1. Einásabrotstyrkur setbergssýna úr borholum.



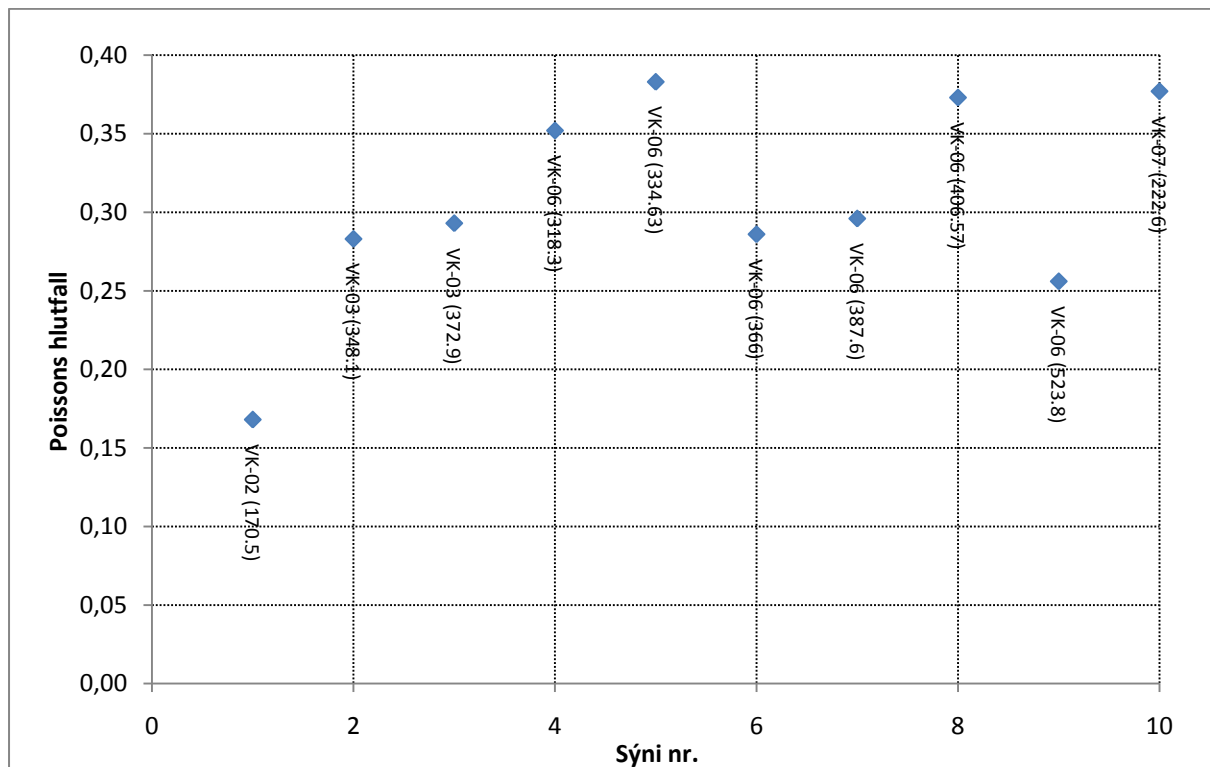
Mynd 2. Niðurstöður rúmpyngdarmælinga (þurrúmpyngd) á setbergi.



Mynd 3. Kleyfnitogstyrkur setbergssýna úr borholum.

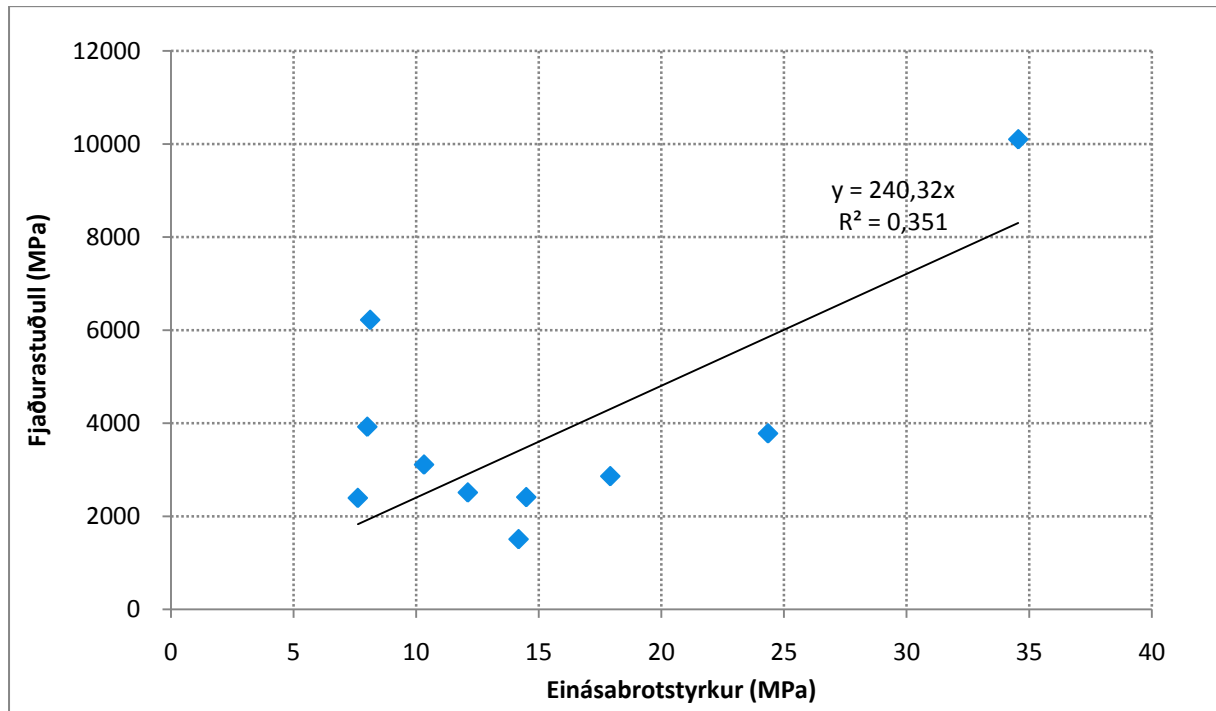


Mynd 4. Fjaðurstuðill, setbergssýna úr borholum.



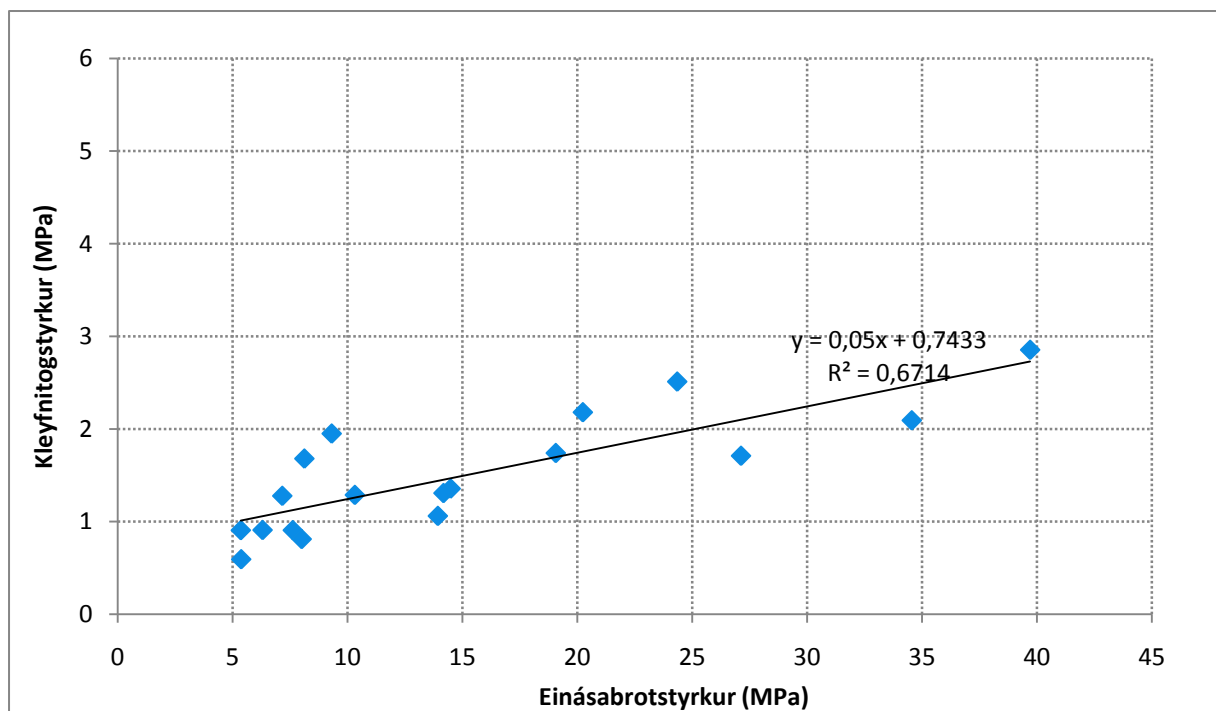
Mynd 5. Niðurstöður mælinga á Poisson's hlutfalli setbergssýna úr borholum.

Mynd 6 sýnir fylgni milli einásabrotstyrks og fjaðurstuðuls fyrir setberg á leið Vaðlaheiðarganga. Lítil fylgni er á milli þessara prófana.



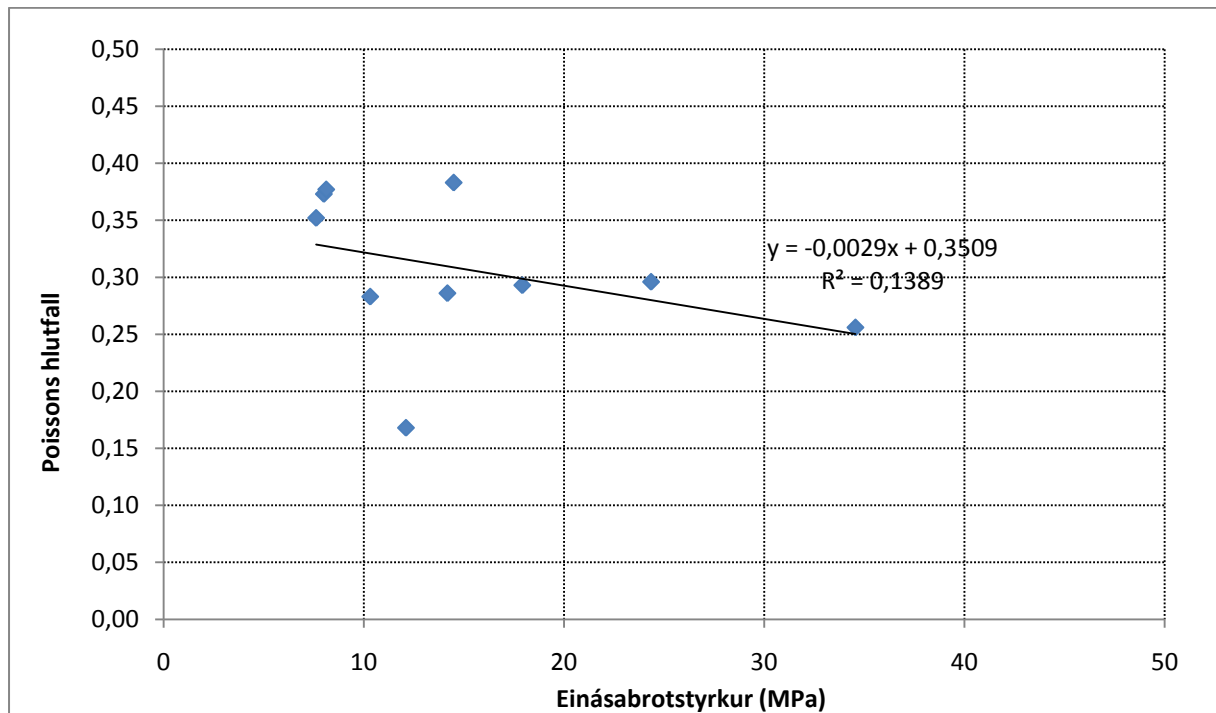
Mynd 6. Fylgni milli einásabrotþols og fjaðurstuðuls.

Mynd 7 sýnir fylgni milli einásabrotstyrks og kleyfnitogstyrks fyrir setberg á leið Vaðlaheiðarganga. Nokkur fylgni er milli niðurstaðna þessara prófana.



Mynd 7. Fylgni milli einásabrotstyrks og kleyfnitogþols.

Mynd 8 sýnir fylgni milli Poisson's hlutfalls og einásabrotstyrks. Lítil fylgni er á milli þessara mælinga.



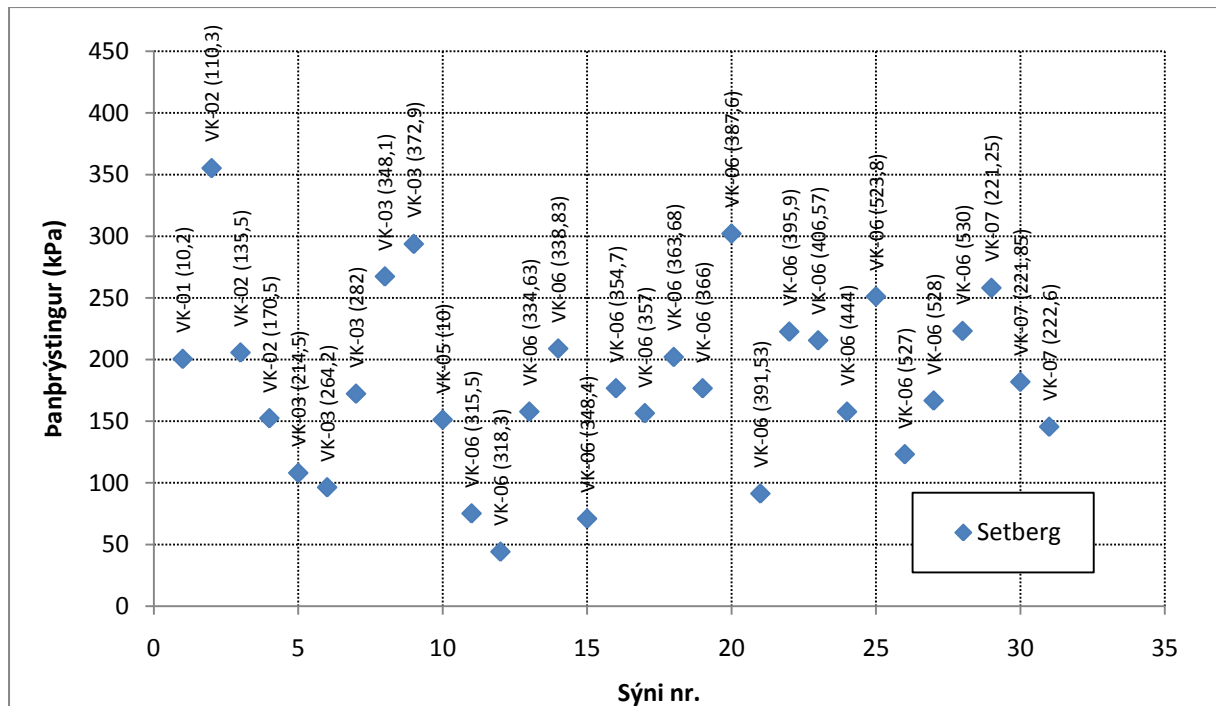
Mynd 8. Fylgni milli einásabrotstyrks og Poisson's hlutfalls.

Mynd 9 sýnir niðurstöður mælinga á þanþrýstingi fyrir setbergslög (31 sýni) á gangaleið fyrirhugaðra Vaðlaheiðarganga. Þanþrýstingur setbergslaga í Vaðlaheiði er í flestum tilfellum milli 100 kPa og 350 kPa. Tvö sýni eru með hærri þanþrýsting en 300 kPa og átta sýni með þanþrýsting minni en 150 kPa.

Samkvæmt túlkun Norðmanna, á niðurstöðum prófana á möluðum sýnum, er efni óvirkt ef þan mælist <150 kPa⁵ (200 kPa í annarri heimild⁶) og því þarf ekki að hafa áhyggjur af þanáhrifum á bergstyrkingar ef þan mælist minna en það. Fyrir virkt efni mælist þan að jafnaði > 300 kPa og í handbók 021 (nýjustu útgáfu frá mars 2010) segir að heilsteypa eigi yfir brotasvæði ef þanþrýstingur mælist > 500 kPa.

⁵ Publikasjon nr. 101. Tunneler. Riktig omfang av undersøkelser for berganlegg. Statens vegvesen, oktober 2003.

⁶ Rapport nr 2538. Arbeider foran stoff og stabilitetssikring i vegtunneler, Statens vegvesen 2008.



Mynd 9. Niðurstöður mælinga á þanprýstingi fyrir setbergslög í Vaðlaheiði.

Mynd 10, á næstu blaðsíðu, sýnir hvar sýni voru tekin í borholum. Borholulýsingar er að finna í jarðfræðiskýrslum^{7,8}.

Niðurstöður

Fyrir væntanleg Vaðlaheiðargöng mælist einásabrotstyrkur setlaga frá 5 til 40 MPa. Ekki var hægt að taka sýni fyrir prófun á einásabrotstyrk úr veikusta hluta setbergslaga, því kjarninn er oft það brotinn og molaður að ekki næst nægilega langur bútur fyrir prófunina. Þá verður að styðjast við óbeinar mælingar, svo sem meta styrk út frá því hvort bergið megi marka með fingurnögl eða hvort brotnar við minnsta hamarshögg, sbr. flokkunarkerfi ISRM⁹.

Eins og sést á mynd 2 hefur setbergið á leið Vaðlaheiðarganga rúmþyngd oftast á bilinu 1500 til 1800 kg/m³. Fá sýni eru með rúmþyngd hærri en 1800 kg/m³. Lág rúmþyngd bendir til gjóskuuppruna setbergsins.

Þanprýstingur setbergslaga Vaðlaheiðarganga er í flestum tilfellum milli 100 kPa og 350 kPa. Tvö sýni eru með hærri þanprýsting en 300 kPa og átta sýni með þanprýsting minni en 150 kPa.

⁷ Jarðfræðistofan. „Vaðlaheiðargöng. Veggöng milli Svalbarðsstrandar og Fnjóskadals. Jarðfræðiskýrsla 2007“. Unnið fyrir Greiða leið ehf., júní 2007.

⁸ Jarðfræðistofan. „Vaðlaheiðargöng. Skýrsla um rannsóknarboranir haustið 2010 og samantekin niðurstaða jarðfræðirannsóknna“. Unnið fyrir vegagerðina, febrúar 2011.

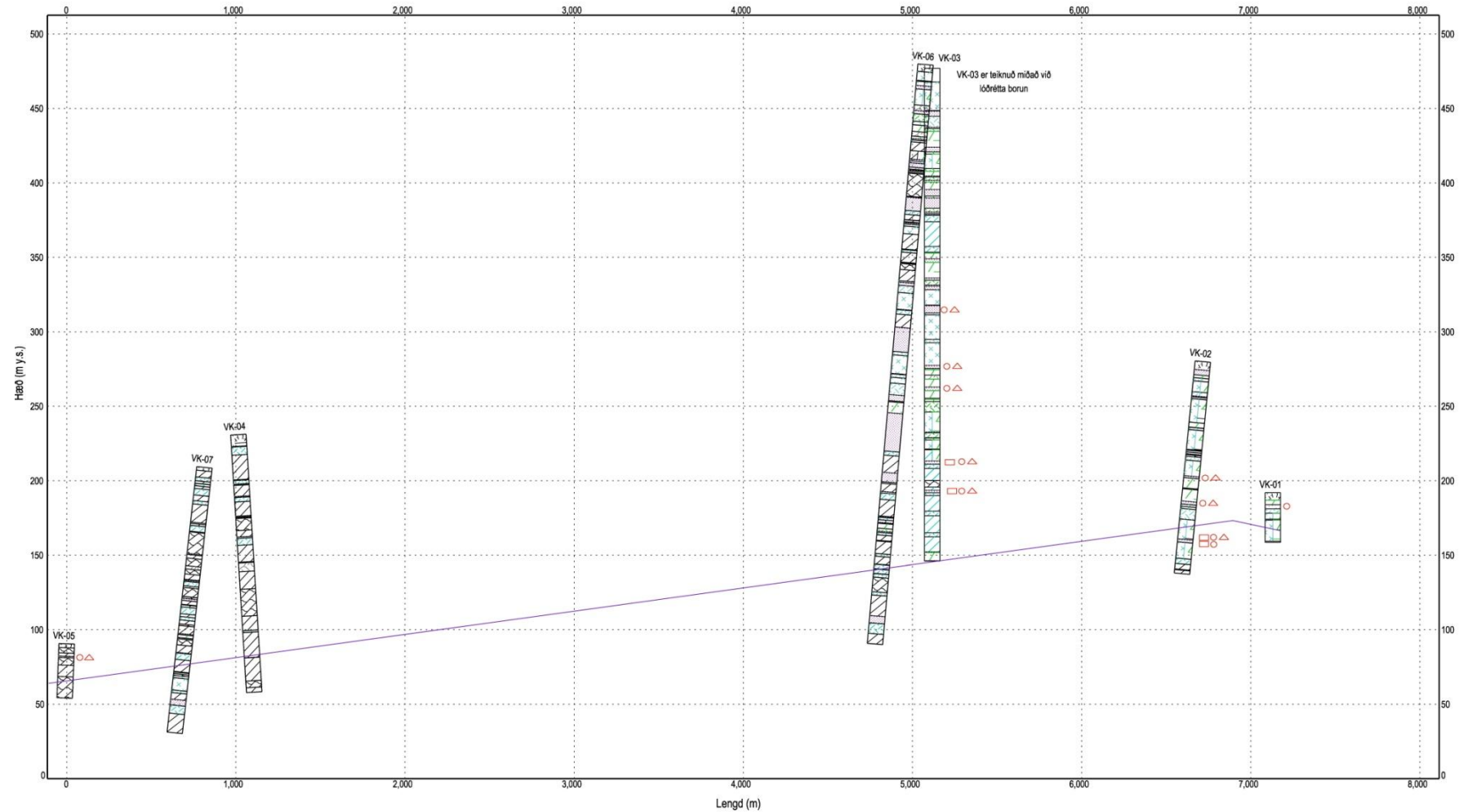
⁹ Rock Characterization Testing and Monitoring. ISRM Suggested Method, 1981

Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Vaðlaheiði



VERKKAUPI: Vegagerðin
 VERKEFNI: Vaðlaheiðargöngur
 SNIDSTAÐSETNING: A: 543498.97 N: 577745.23 TIL A: 550133.79 N: 582075.27
 HNITAKERFI: ISNET
 GRUNNVATN MÆLT: _____
 DAGSETNING: Janúar 2011

JARÐFRÆÐISNIÐ



Mynd 10. Sýnatökustaðir í borholum á gangaleið áætlaðra Vaðlaheiðarganga fyrir prófanir á setbergi.

Tafla 2. Einásabrotþol kjarna úr borholum VK-02, VK-03, VK-06 og VK-07.

Borhola	Dýpi	Bergerð	Hámarks- álag (kN)	Prýsti- styrkur (MPa)	Leiðréttur þrýstistyrkur m.v. 50 mm kjarna (MPa)	Vatnsdrægni (%)	Þurr rúmþyngd (Dry density) (kg/m ³)	Vot rúmþyngd (Wet density) (kg/m ³)	Holrýmnd (Porosity) (%)	Raki við brot (%)	Ath
VK-02	165.35	Misgengisbreksía	86.6	55.2	54.0		2501.0	2656.0	15.5	5.7	
VK-02	170.50	Ljósbrúnn leirsteinn	19.5	12.4	12.1						Molnar í vatni
VK-03	348.10	Leirsteinn, rauðbrúnn	15.8	10.6	10.3		1560.7				Molnar í vatni
VK-03	372.90	Leirsteinn, rauður	27.7	18.4	17.9						Molnar í vatni
VK-06	315.05	Dökkrauður leirsteinn	9.9	6.5	6.3		1611.5			25.8	Molnar í vatni
VK-06	318.30	Rauður leirsteinn	8.4	5.5	5.4		1659.9			23.8	Molnar í vatni
VK-06	318.30	Rauður leirsteinn	12.1	7.8	7.6		1622.6			25.1	Molnar í vatni
VK-06	334.63	Dökkur sandsteinn	23.6	14.8	14.5		1737.0	2149.8	41.3	27.8	
VK-06	338.83	Dökkur sandsteinn	22.5	14.2	13.9		1690.4	2111.1	42.1	32.3	
VK-06	348.40	Grænn leirsteinn	8.9	5.6	5.4		1758.9			19.9	Molnar í vatni
VK-06	363.68	Dökkur sandsteinn	30.5	19.5	19.1		1734.5			19.3	Molnar í vatni
VK-06	366.00	Grágrænn leirsteinn	22.7	14.5	14.2		1633.7			21.0	Molnar í vatni
VK-06	387.60	Brúnn sandsteinn	39.1	24.9	24.3		1712.0			16.6	Molnar í vatni
VK-06	391.53	Dökkur leirsteinn og vikur	11.4	7.3	7.2		1741.2			21.6	Molnar í vatni
VK-06	406.57	Rauður leirsteinn	12.7	8.2	8.0		1783.3			20.0	Molnar í vatni
VK-06	523.80	Rauður siltsteinn	64.4	40.6	39.7		1797.7	2199.6	40.2	30.1	
VK-06	523.80	Rauður siltsteinn	43.9	27.7	27.1		1755.8	2157.1	40.1	31.3	
VK-06	523.80	Rauður siltsteinn	56.0	35.3	34.6		1787.2			19.1	Molnar í vatni
VK-07	221.85	Rauður siltsteinn	14.9	9.5	9.3		2066.6			13.4	Molnar í vatni
VK-07	222.60	Dökkur siltsteinn	32.5	20.7	20.2		2078.3			12.4	Molnar í vatni
VK-07	222.60	Dökkur siltsteinn	13.1	8.3	8.1		2056.8			12.9	Molnar í vatni

Tafla 3. Niðurstöður Fjaðurstuðulsprófana á kjarna úr borholum VK-02, VK-03, VK-06 og VK-07.

Borhola	Dýpi (m)	Berggerð	Dags. prófunar	hæð (mm)	þvermál (mm)	Rakastig eftir prófun (%)	Þrýsti-styrkur (MPa)	Leiðréttur þrýstistyrkur m.v. 50 mm kjarna (MPa)	Fjaðurstuðull (MPa)	Poissons hlutfall	Fjaðurstuðull (MPa) Útreiknaður frá ferlum
VK-02	165.35-165.6	Misgengisbreksfa	28.9.2010	113.3	44.7	5.5	55.2	54.0	18030.4	0.323	12508.2
VK-02	170.5-170.6	Ljósbrúnn leirsteinn	28.9.2010	97.7	44.4	35.4	12.4	12.1	2511.2	0.168	2161.8
VK-03	348.1-348.4	Rauðbrúnn leirsteinn	28.9.2010	113.5	43.8	18.0	10.6	10.3	3110.8	0.283	1902.4
VK-03	372.9-373.0	Rauður leirsteinn	28.9.2010	88.9	43.8	17.9	18.4	17.9	2861.5	0.293	2176.6
VK-06	318.3-318.6	Rauður leirsteinn	1.3.2011	98.3	44.6	25.1	7.8	7.6	2394.5	0.352	1522.0
VK-06	334.63-335.15	Dökkur sandsteinn	1.3.2011	101.7	45.0	27.8	14.8	14.5	2411.4	0.383	1903.4
VK-06	366-366.5	Grágrænn leirsteinn	1.3.2011	101.0	44.7	21.0	14.5	14.2	1508.4	0.286	1298.5
VK-06	387.6-387.8	Brúnn sandsteinn	1.3.2011	100.1	44.7	16.6	24.9	24.3	3781.2	0.296	2613.1
VK-06	406.57-406.9	Rauður leirsteinn	1.3.2011	97.4	44.4	20.0	8.2	8.0	3923.6	0.373	1994.7
VK-06	523.8-524.48	Rauður siltsteinn	1.3.2011	100.3	44.9	19.1	35.3	34.6	10099.9	0.256	5653.5
VK-07	222.6-223.1	Dökkur siltsteinn	1.3.2011	99.2	44.9	12.9	8.3	8.1	6220.0	0.377	3481.2
VK-06	315.05-315.3	Dökkrauður leirsteinn	2.3.2011	92.3	44.1		6.5	6.3			1242.2
VK-06	318.3-318.68	Rauður leirsteinn	2.3.2011	99.1	44.2		5.5	5.4			1587.8
VK-06	338.83-338.18	Dökkur sandsteinn	2.3.2011	100.6	44.9		14.2	13.9			1488.6
VK-06	348.4-349	Grænn leirsteinn	2.3.2011	82.6	44.8		5.6	5.4			819.4
VK-06	363.68-364.2	Dökkur sandsteinn	2.3.2011	99.6	44.6		19.5	19.1			2129.1
VK-06	391.53-391.95	Dökkur leirsteinn og vikur	2.3.2011	96.9	44.4		7.3	7.2			1891.6
VK-06	523.8-524.48	Rauður siltsteinn	2.3.2011	100.4	45.0		40.6	39.7			6438.5
VK-06	523.8-524.48	Rauður siltsteinn	2.3.2011	98.8	44.9		27.7	27.1			4942.0
VK-07	221.85-221.95	Rauður siltsteinn	2.3.2011	92.3	44.7		9.5	9.3			3240.2
VK-07	222.6-223.1	Dökkur siltsteinn	2.3.2011	97.9	44.7		20.7	20.2			3615.5

Tafla 4. Niðurstöður Kleyfnitogstyrksprófana á kjarna úr borholum VK-02, VK-03, VK-06 og VK-07.

Borhola	Dýpi (m)	Berggerð	Þvermál sýnis (mm)	Hæð sýnis (mm)	Hámarks-álag (kN)	Kleyfni- togstyrkur (Mpa)
VK-02	110.3-110.4	Ljósbrúnn siltsleinn/leirsleinn	44.3	31.7	3.21	1.46
VK-02	135.5-135.65	Dökkur siltsleinn/leirsleinn	43.7	18.6	1.38	1.08
VK-02	135.5-135.65	Dökkur siltsleinn/leirsleinn	43.6	18.4	1.98	1.58
VK-02	165.35-165.6	Grá misgengisbreksía	44.8	24.0	8.26	4.90
VK-02	165.35-165.6	Grá misgengisbreksía	44.8	24.1	8.27	4.89
VK-02	165.35-165.6	Grá misgengisbreksía	44.8	24.0	6.44	3.81
VK-03	214.5-214.6	Ljósbrúnn leirsleinn	42.1	16.5	0.98	0.90
VK-03	214.5-214.6	Ljósbrúnn leirsleinn	42.0	17.4	1.31	1.14
VK-03	264.2-264.3	Ljósrauðbrúnn leirsleinn	43.8	15.1	0.71	0.68
VK-03	282-282.2	Rauðbrúnn leirsleinn	43.9	19.7	1.70	1.25
VK-03	282-282.2	Rauðbrúnn leirsleinn	43.0	21.8	0.84	0.57
VK-03	348.1-348.4	Rauðbrúnn leirsleinn	43.8	28.6	2.55	1.29
VK-03	348.1-348.4	Rauðbrúnn leirsleinn	43.8	29.4	2.98	1.47
VK-03	348.1-348.4	Rauðbrúnn leirsleinn	43.9	28.2	2.13	1.10
VK-05	10.0-10.1	Dökkgrár sandsteinn	43.9	23.4	8.56	5.30
VK-06	315.05-315.3	Rauður leirsleinn	44.1	29.4	1.84	0.90
VK-06	315.05-315.3	Rauður leirsleinn	44.1	28.2	1.76	0.90
VK-06	315.05-315.3	Rauður leirsleinn	44.1	29.9	1.92	0.92
VK-06	318.3-318.68	Rauður leirsleinn	44.2	18.7	0.84	0.65
VK-06	318.3-318.68	Rauður leirsleinn	44.2	28.0	2.09	1.08
VK-06	318.3-318.68	Rauður leirsleinn	44.2	29.2	2.02	0.99
VK-06	334.63-335.15	Dökk grænn sandsteinn	44.8	31.3	3.02	1.37
VK-06	334.63-335.15	Dökk grænn sandsteinn	44.8	28.9	2.58	1.27
VK-06	334.63-335.15	Dökk grænn sandsteinn	44.8	30.2	3.03	1.42
VK-06	338.83-339.18	Dökk grænn sandsteinn	44.9	30.0	2.23	1.05
VK-06	338.83-339.18	Dökk grænn sandsteinn	44.9	28.3	2.18	1.09
VK-06	338.83-339.18	Dökk grænn sandsteinn	44.8	30.0	2.19	1.04
VK-06	348.4-349	Grænn leirsleinn	44.5	29.6	1.36	0.66
VK-06	348.4-349	Grænn leirsleinn	44.5	30.2	0.93	0.44
VK-06	348.4-349	Grænn leirsleinn	44.8	21.8	0.69	0.45
VK-06	348.4-349	Grænn leirsleinn	44.7	21.5	1.25	0.83
VK-06	354.7-355.3	Grábrúnn leirsleinn	44.5	29.7	1.74	0.84
VK-06	354.7-355.3	Grábrúnn leirsleinn	44.6	27.5	0.82	0.43
VK-06	354.7-355.3	Grábrúnn leirsleinn	44.4	29.6	1.12	0.54
VK-06	363.68-364.2	Dökkur sandsteinn	44.7	29.5	2.95	1.42
VK-06	363.68-364.2	Dökkur sandsteinn	44.7	29.3	2.92	1.42
VK-06	363.68-364.2	Dökkur sandsteinn	44.7	28.7	4.78	2.38
VK-06	366-366.5	Grágrænn leirsleinn	44.7	29.7	1.66	0.79
VK-06	366-366.5	Grágrænn leirsleinn	44.5	29.4	4.45	2.16
VK-06	366-366.5	Grágrænn leirsleinn	44.7	30.9	2.10	0.97
VK-06	387.6-387.8	Brúnn sandsteinn	44.7	29.4	5.96	2.88
VK-06	387.6-387.8	Brúnn sandsteinn	44.4	29.6	4.30	2.09
VK-06	387.6-387.8	Brúnn sandsteinn	44.7	29.5	5.32	2.56
VK-06	391.53-391.92	Grænn leirsleinn	44.4	27.9	2.30	1.18

Borhola	Dýpi (m)	Berggerð	Þvermál sýnis (mm)	Hæð sýnis (mm)	Hámarks-álag (kN)	Kleyfni-togstyrkur (Mpa)
VK-06	391.53-391.92	Grænn leirsteinn	44.4	29.0	3.40	1.68
VK-06	391.53-391.92	Brúnn leirsteinn	44.2	28.0	1.88	0.97
VK-06	391.53-391.92	Brúnn leirsteinn	44.0	31.3	2.77	1.28
VK-06	406.57-406.9	Rauður leirsteinn	44.3	25.7	1.87	1.05
VK-06	406.57-406.9	Rauður leirsteinn	44.4	24.4	0.98	0.58
VK-06	523.8-524.48	Rauður siltsteinn	44.9	29.9	6.03	2.85
VK-06	523.8-524.48	Rauður siltsteinn	44.9	29.9	3.37	1.60
VK-06	523.8-524.48	Rauður siltsteinn	44.9	28.7	3.69	1.82
VK-06	528.0-528.18	Rauður leirsteinn	44.7	14.0	1.09	1.11
VK-06	528.0-528.18	Rauður leirsteinn	44.8	15.3	1.10	1.02
VK-06	528.0-528.18	Rauður siltsteinn	44.7	14.2	0.98	0.98
VK-07	221.25-221.5	Rauður siltsteinn	44.6	22.4	3.06	1.95
VK-07	221.25-221.5	Rauður siltsteinn	44.6	20.0	2.72	1.94
VK-07	221.25-221.5	Rauður siltsteinn	44.7	18.6	4.34	3.32
VK-07	222.6-223.1	Dökkur siltsteinn	44.5	20.0	2.97	2.12
VK-07	222.6-223.1	Dökkur siltsteinn	44.8	27.8	4.40	2.25
VK-07	222.6-223.1	Dökkur siltsteinn	44.8	29.3	3.47	1.68

Tafla 5. Niðurstöður þanþrýstings prófana á sýnum úr borholum VK-01, VK-02, VK-03, VK-05, VK-06 og VK-07.

Borhola	Dýpi	Berggerð	Þanþrýstingur
nr.	(m)		kPa
VK-01	10.2-10.3	Setberg, túffríkur siltsteinn/leirsteinn, rauðbrúnn	200.5
VK-02	110.3-110.4	Setberg, siltsteinn/leirsteinn, ljósbrúnn	355.2
VK-02	135.5-135.65	Setberg, siltsteinn/leirsteinn, dökkur	205.7
VK-02	165.35-165.6	Misgengisbreksía, grá	111.4
VK-02	170.5-170.6	Setberg, leirsteinn, ljósbrúnn	152.4
VK-03	214.5-214.6	Setberg, leirsteinn, ljósbrúnn	108.1
VK-03	264.2-264.3	Setberg, leirsteinn, ljósrauðbrúnn	96.4
VK-03	282.0-282.2	Setberg, leirsteinn, rauðbrúnn	172.3
VK-03	348.1-348.4	Setberg, leirsteinn, rauðbrúnn	267.4
VK-03	372.9-373.0	Setberg, leirsteinn, rauður	293.7
VK-05	10.0-10.1	Setberg, sandsteinn, dökkgrár	151.3
VK-06	315.5-315.8	Dökkrauður leirsteinn	75.2
VK-06	318.3-318.68	Rauður leirsteinn	44.2
VK-06	334.63-335.15	Dökkur sandsteinn	157.8
VK-06	338.83-339.18	Dökkur sandsteinn	208.9
VK-06	348.4-349.0	Grábrúnn leirsteinn	71.0
VK-06	354.7-355.3	Grænn leirsteinn	176.7
VK-06	357-357.5	Rauðbrúnn leirsteinn	156.5
VK-06	363.68-364.2	Dökkur sandsteinn	202.1
VK-06	366-366.5	Grágrænn leirsteinn	176.7
VK-06	387.6-387.8	Brúnn sandsteinn	302.1
VK-06	391.53-391.95	Dökkur leirsteinn og vikur	91.3
VK-06	395.9-396	Rauður leirsteinn	222.6
VK-06	406.57-406.9	Rauður leirsteinn	215.5
VK-06	444.0-444.1	Rauður leirsteinn	157.7
VK-06	523.8-524.48	Rauður siltsteinn	251.1
VK-06	527.527.1	Grænn vikurkenndur leirsteinn	123.2
VK-06	528-528.18	Rauður leirsteinn	166.7
VK-06	530-530.1	Rauður leirsteinn	223.1
VK-07	221.25-221.5	Dökkur siltsteinn	258.1
VK-07	221.85-221.95	Rauður Siltsteinn	181.9
VK-07	222.6-223.1	Dökkur siltsteinn	145.5

Tafla 6. Niðurstöður allra prófana á setbergi úr borholum VK-01, VK-02, VK-03, VK-05, VK-06 og VK-07.

Borhola	Dýpi	Bergtegund	Berggerð	Vot rúmþyngd (kg/m ³)	Þurr rúmþyngd (kg/m ³)	Holrým (Porosity) (%)	Einásabrot- þolsstyrkur (MPa)	Raki við UCS (%)	Poissons hlutfall (%)	Fjaður- stuðull (MPa)	Fjaður- stuðull 50 (MPa)	Togstyrkur (STS) (MPa)	Þan þrýstingur (Kpa)
VK-01	10.20	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn										200.51
VK-02	110.30	Setberg	Ljósbrúnn siltsteinn/leirsteinn		1744.2			19.5				1.46	355.16
VK-02	135.50	Setberg	Dökkur siltsteinn/leirsteinn		1465.1			21.8					
VK-02	135.50	Setberg	Dökkur siltsteinn/leirsteinn		1444.7			22.1				1.33	205.65
VK-02	165.35	Breksía	Grá misgengisbreksía	2656.5	2501.2	15.5	54.0	5.7	0.32	18030	12508	4.53	111.38
VK-02	170.50	Setberg	Ljósbrúnn leirsteinn				12.1		0.17	2511	2162		152.38
VK-03	214.50	Setberg	Ljósbrúnn leirsteinn		1622.7			25.1					
VK-03	214.50	Setberg	Ljósbrúnn leirsteinn		1585.0			22.5				1.02	108.07
VK-03	264.20	Setberg	Ljósrauðbrúnn leirsteinn		1627.4			19.3				0.68	96.39
VK-03	282.00	Setberg	Rauðbrúnn leirsteinn		1477.4			20.4					
VK-03	282.00	Setberg	Rauðbrúnn leirsteinn		1539.1			19.9				0.91	172.28
VK-03	348.10	Setberg	Rauðbrúnn leirsteinn		1560.7		10.3	17.3	0.28	3111	1902	1.29	267.35
VK-03	372.90	Setberg	Rauður leirsteinn				17.9		0.29	2862	2177		293.69
VK-05	10.00	Setberg	Dökkgrár sandsteinn	2327.6	2121.6	20.6		3.3				5.30	151.25
VK-06	315.05	Setberg	Rauður leirsteinn		1609.8							0.91	
VK-06	315.05	Setberg	Dökkrauður leirsteinn		1611.5		6.3	25.8			1242		75.22
VK-06	318.30	Setberg	Rauður leirsteinn		1606.0							0.91	
VK-06	318.30	Setberg	Rauður leirsteinn		1659.9		5.4	23.8			1588		
VK-06	318.30	Setberg	Rauður leirsteinn		1622.6		7.6	25.1	0.35	2395	1522		44.19
VK-06	334.63	Setberg	Dökk grænn sandsteinn	2177.0	1780.2	39.7						1.36	
VK-06	334.63	Setberg	Dökkur sandsteinn	2149.8	1737.0	41.3	14.5	27.8	0.38	2411	1903		157.76
VK-06	338.83	Setberg	Dökk grænn sandsteinn	2141.5	1729.8	41.2						1.06	
VK-06	338.83	Setberg	Dökkur sandsteinn	2111.1	1690.4	42.1	13.9	32.3			1489		208.89
VK-06	348.40	Setberg	Grænn leirsteinn		1755.1							0.59	
VK-06	348.40	Setberg	Grænn leirsteinn		1758.9		5.4	19.9			819		70.99
VK-06	354.70	Setberg	Grábrúnn leirsteinn		1728.5							0.60	176.73
VK-06	357.00	Setberg	Rauðbrúnn leirsteinn										156.49
VK-06	363.68	Setberg	Dökkur sandsteinn		1742.3							1.74	

Borhola	Dýpi	Bergtegund	Berggerð	Vot rúmþyngd (kg/m ³)	Purr rúmþyngd (kg/m ³)	Holrým (Porosity) (%)	Einásabrot- þolsstyrkur (MPa)	Raki við UCS (%)	Poissons hlutfall (%)	Fjaður- stuðull (MPa)	Fjaður- stuðull 50 (MPa)	Togstyrkur (STS) (MPa)	Þan þrýstingur (Kpa)
VK-06	363.68	Setberg	Dökkur sandsteinn		1734.5		19.1	19.3			2129		202.06
VK-06	366.00	Setberg	Grágrænn leirsteinn		1709.9							1.31	
VK-06	366.00	Setberg	Grágrænn leirsteinn		1633.7		14.2	21.0	0.29	1508	1299		176.69
VK-06	387.60	Setberg	Brúnn sandsteinn	2180.3	1768.7	42.7						2.51	
VK-06	387.60	Setberg	Brúnn sandsteinn		1712.0		24.3	16.6	0.30	3781	2613		302.06
VK-06	391.53	Setberg	Brúnn/grænn leirsteinn		1780.6							1.28	
VK-06	391.53	Setberg	Dökkur leirsteinn og vikur		1741.2		7.2	21.6			1892		91.34
VK-06	395.90	Setberg	Rauður leirsteinn										222.61
VK-06	406.57	Setberg	Rauður leirsteinn		1749.3							0.81	
VK-06	406.57	Setberg	Rauður leirsteinn		1783.3		8.0	20.0	0.37	3924	1995		215.54
VK-06	444.00	Setberg	Rauður leirsteinn										157.70
VK-06	523.80	Setberg	Rauður siltsteinn	2184.9	1779.8	40.5						2.09	
VK-06	523.80	Setberg	Rauður siltsteinn	2157.1	1755.8	40.1	27.1	31.3			4942		
VK-06	523.80	Setberg	Rauður siltsteinn		1787.2		34.6	19.1	0.26	10100	5654		251.12
VK-06	523.80	Setberg	Rauður siltsteinn	2199.6	1797.7	40.2	39.7	30.1			6438		
VK-06	527.00	Setberg	Grænn vikurkenndur leirsteinn										123.22
VK-06	528.00	Setberg	Rauður siltsteinn		1850.3							1.04	166.71
VK-06	530.00	Setberg	Rauður leirsteinn										223.14
VK-07	221.25	Setberg	Rauður siltsteinn		2169.4							2.40	258.08
VK-07	221.85	Setberg	Rauður siltsteinn		2066.6		9.3	13.4			3240		181.91
VK-07	222.60	Setberg	Dökkur siltsteinn	2261.3	1952.3	30.9						2.02	
VK-07	222.60	Setberg	Dökkur siltsteinn		2056.8		8.1	12.9	0.38	6220	3481		145.49
VK-07	222.60	Setberg	Dökkur siltsteinn		2078.3		20.2	12.4			3616		

Skýringar : UCS = Uniaxial Compressive Strength, einásabrotstyrkur

SPS = Split Tensile Strength, kleifnitogstyrkur

