



MANNVIT
VERKFRÆÐISTOFA

Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Norðfjarðargöngum og Óshlíðargöngum

Rannsóknarskýrsla, unnin fyrir Vegagerðina

Júlí 2010



MANNVIT
VERKFRÆÐISTOFA



Mannvit Verkfræðistofa

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

Skýrsla nr: MV 2010-064	Útgáfunr.:	Útgáfudags.: (Júlí/2010)	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Norðfjarðargöngum og Óshlíðargöngum		Upplag:	
		Fjöldi síðna: 26	
Höfundur/ar: Matthías Loftsson, Atli Karl Ingimarsson, Haraldur Hallsteinsson		Verkefnisstjóri: Matthías Loftsson	
		Verknúmer: 9-702-033	
<p>Útdráttur: Í skýrslu er fjallað um niðurstöður prófana á setbergi og flikrubergi úr borholum á gangaleið fyrirhugaðra Norðfjarðarganga og niðurstöður prófana á setbergi í Óshlíðargöngum (Bolungavíkurgöngum). Með samanburði á bergtæknieiginleikum setbergs í þessum tveimur göngum fæst betri grunnur fyrir mat á styrkingaþörf setbergs í Norðfjarðargöngum í samanburði við styrkingar setbergslaga í Óshlíðargöngum.</p> <p>Að jafnaði mælist setberg á gangaleið Norðfjarðarganga með hærri styrk og hefur minni þaneiginleika en setberg á leið Óshlíðarganga. Fyrir Norðfjörð mælist einásabrotstyrkur oft yfir 15 MPa (80% prófana), en einstök lög hafa þó lágan styrk eða um og innan við 10 MPa (8%). Í Óshlíð mælast flest setbergslög með < 15 MPa (75% prófana) styrk og mjög mörg innan við 10 MPa (50%). Þan mældist að jafnaði < 200 kPa fyrir Norðfjörð, en að jafnaði >200 kPa fyrir Óshlíð.</p>			
Verkkaupi: Vegagerðin		Tengiliðir verkkaupa: Gísli Eiríksson	
Samstarfsaðilar:			
Efnisorð: Setberg, flikrubergr, Óshlíðargöng, Norðfjarðargöng, einásabrotstyrkur, fjaðurstuðull		ISBN:	
		Undirskrift verkefnisstjóra:	
		Yfirlarið af:	

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit.....	4
Inngangur	6
Sýnataka og prófanir	6
Niðurstöður og ályktun.....	13

Inngangur

Í skýrslu þessari eru teknar saman niðurstöður prófana á setbergi og flikrubergi úr borholum á gangaleið fyrirhugaðra Norðfjarðarganga og þær bornar saman við niðurstöður prófana á setbergi í Óshlíðargöngum (Bolungavíkurgöngum). Með samanburði á bergtæknieiginleikum fæst betra grunnur fyrir mat á styrkingaþörf setbergs í Norðfjarðargöngum í samanburði við styrkingar setbergslaga í Óshlíðargöngum.

Sýnataka og prófanir

Sýni úr setbergi í Óshlíðargöngum (Bolungarvíkurgöngum) voru tekin úr borholum, OS-1, OS-2 og ST163T50, sem boraðar voru í göngunum árið 2009 til þess eins að kanna þykkt og gerð setbergslaga. Borhola OS-1 er í stöð 15600 í göngunum, OS-2 í stöð 16100 og ST163T50 í stöð 16350. Að auki voru gerðar þanþrýstingsprófanir á nokkrum grjótsýnum sem tekni voru af setbergi í stafni ganga.

Sýni af setbergi á gangaleið Norðfjarðarganga voru sótt í kjarnageymslu í Reyðarfirði í lok mars í ár. Tekin voru nokkur sýni af setbergslögum í borholu EF-02, sem er Eskifjarðarmegin fyrirhugaðra ganga, og í borholu NF-07, sem er Norðfjarðarmegin, en þær borholur voru boraðar árið 2007 og 2008. Áður höfðu verið gerðar nokkrar prófanir á einásabrotstyrk af setbergssýnum til samanburðar við punktálagsstyrk og eru þau gildi einnig hér meðtekin.

Prófanir voru gerðar á rannsóknarstofu Mannvits. Rúmþyngd og vatnsdrægni bergkjarna var mælt samkvæmt ISRM aðferð¹, kleyfnitogstyrkur borkjarna samkvæmt ASTM D 3967-95a staðli, einása brotstyrkur bergkjarna var prófaður samkvæmt FS ENV 1997-2:1999 staðli, fjaðurstuðull samkvæmt ISRM aðferð og þanpróf var gert samkvæmt norskum leiðbeiningum².

Prófanir á seti úr holum St163T50, OS-01 og OS-02 í Óshlíðargöngum voru einnig gerðar á rannsóknarstofu Mannvits. Auk þess gerði Freyr Pálsson prófanir á setbergssýnum úr göngunum í tengslum við meistaraþrófsverkefni sitt, en niðurstöður þeirra athugana er að finna í prófritgerð hans³. Sýni sem Freyr prófaði voru tekin úr tveimur holum sem boraðar voru í göngunum, holu OS-01 og OS-02.

Tafla 1 sýnir meðaltal og dreifingu prófunargilda fyrir setbergslög hvorra ganga, en aftast í þessari skýrslu eru birtar allar niðurstöður 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 seti úr borholum EF-02 og NF-07 og Tafla 7 sýnir niðurstöður allra prófana frá Óshlíðargöngum. Flikrubergergi á leið Norðfjarðarganga er flokkað sérstaklega enda almennt með betri eiginleika en annað setberg.

¹ Rock Characterization Testing and Monitoring. ISRM Suggested Methods. Editor E.T. Brown 1981.

² Publikasjon nr. 101. Tunneler. Riktig omfang av undersøkelser for berganlegg. Statens vegvesen, oktober 2003.

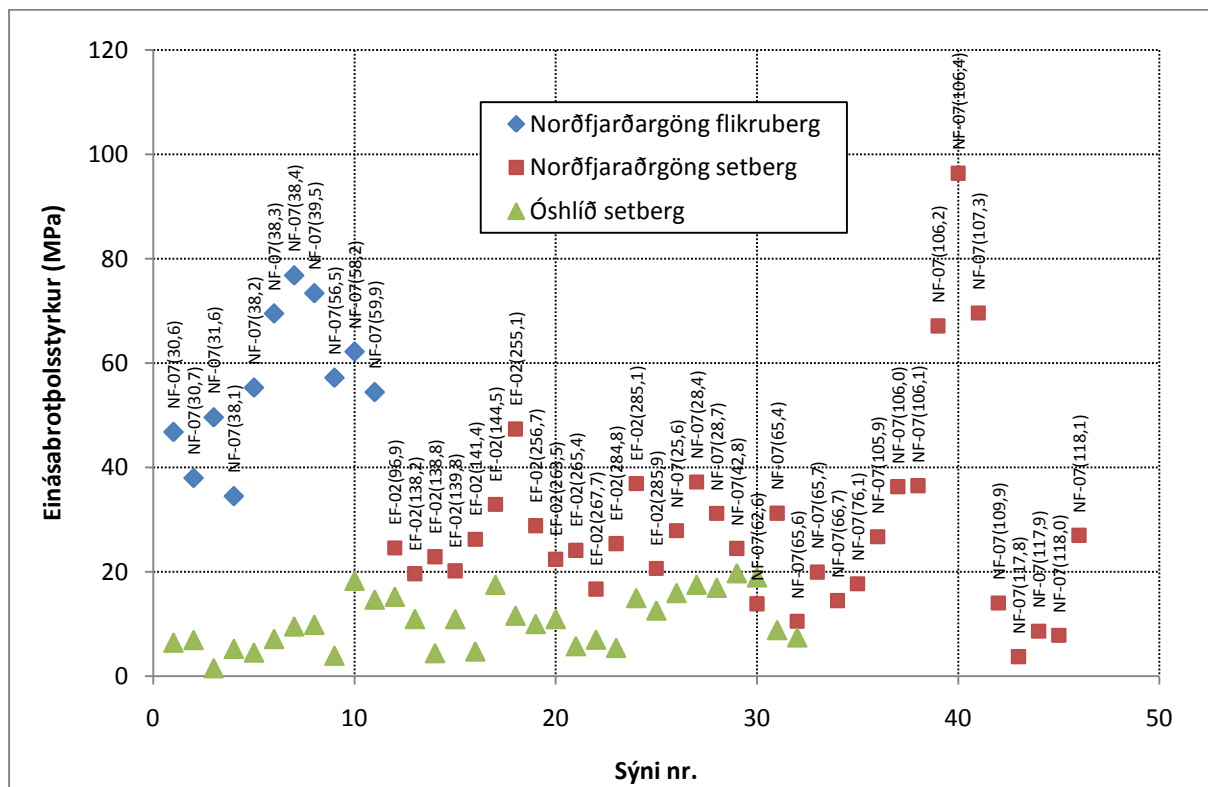
³ Engineering Geology of Oshlid Tunnel, Iceland. Freyr Pálsson, MSc ritgerð við Imperial Collage i London

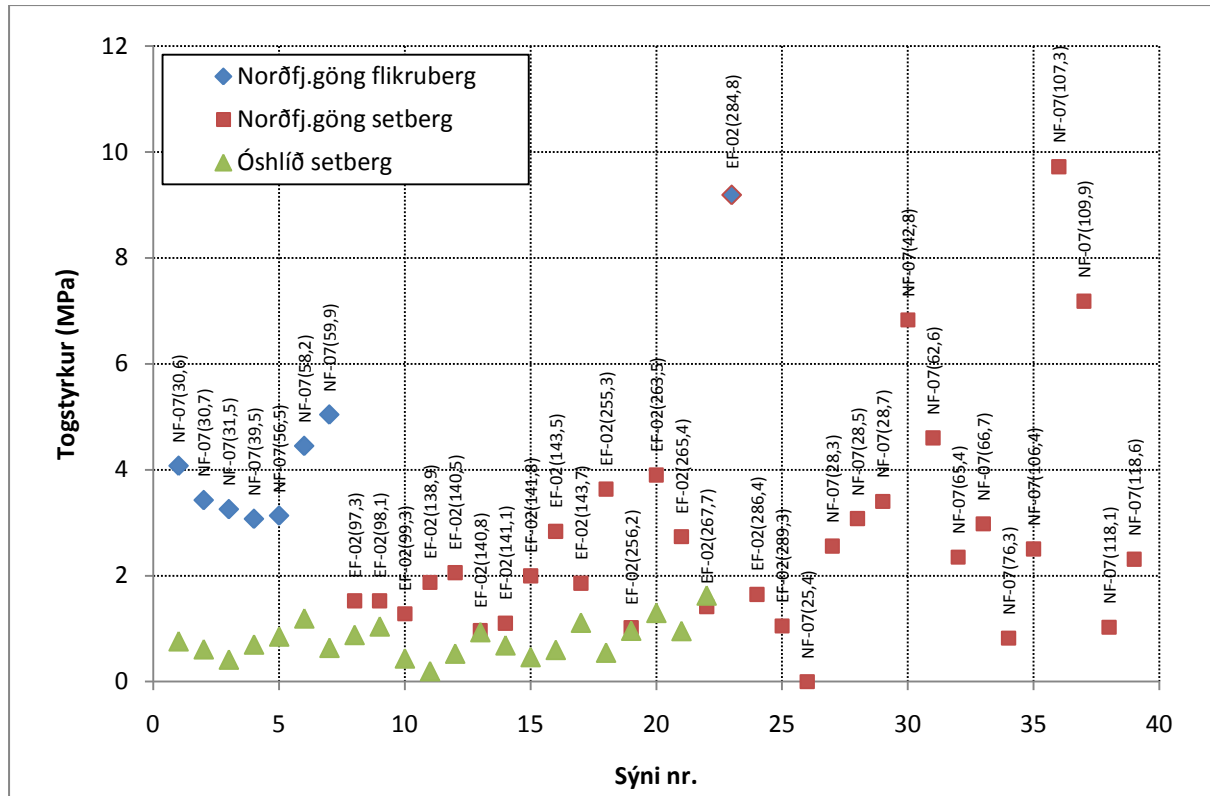
Tafla 1. Helstu bergeiginleikar, samantekt.

	Norðfjörður flikrubergr			Norðfjörður setberg			Óshlíð setberg		
	Meðaltal	Lægst	Hæst	Meðaltal	Lægst	Hæst	Meðaltal	Lægst	Hæst
Einásabrotstyrkur (MPa)	56,1	34,5	76,8	28,3	3,7	96,4	10,4	1,5	19,7
Fjaðurst-streitunemar (MPa)	11159	10158	12621	6459	5239	8462	3665	2731	5352
Fjaðurst-brotferill (MPa)	7733	5760	13433	4793	630	15349	1863	411	3725
Poissons hlutfall	0,21	0,18	0,24	0,26	0,23	0,28	0,35	0,26	0,47
Togstyrkur (STS) (MPa)	4,3	3,1	5,0	2,9	0,8	9,7	0,8	0,2	1,6
Þanþrýstingur (kPa)	80,3	56,3	105,7	150,0	74,2	223,7	359,9	123,8	740,2
Vot rúmþyngd (kg/m ³)	1959	1910	2074	2243	2059	2415	2042	1857	2281

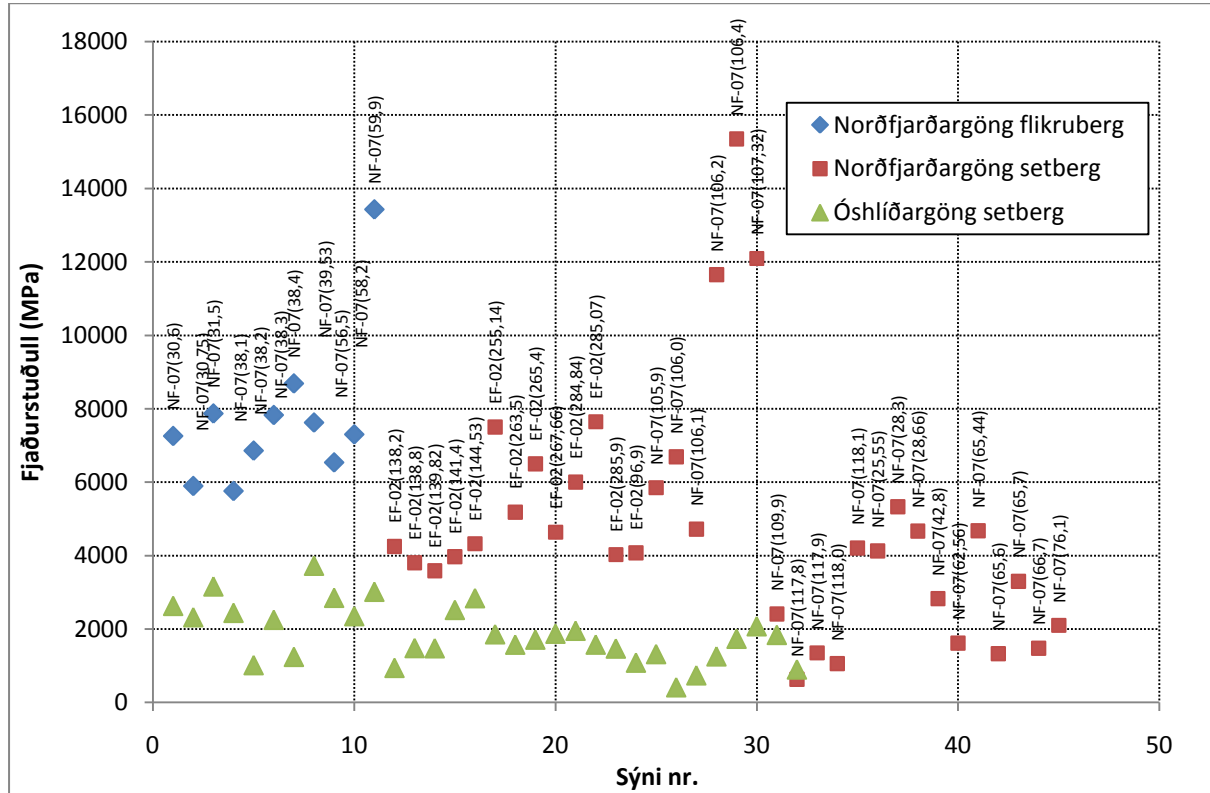
Myndir 1-5 sýna niðurstöður allra prófana á setbergi í Norðfjarðargöngum og Óshlíðargöngum, auk niðurstaðna prófana á flikrubergi í Norðfjarðargöngum, sem flokka má sem setberg (gjóskuborðið set) en er sambrætt. Á Mynd 1 eru sýndar niðurstöður prófana á einásabrotstyrk (78 prófanir), á Mynd 2 á kleyfnitogstyrk (61 prófun), á Mynd 3 fjaðurstuðull (42 prófanir, reiknaður út frá brotferlum einásabrotprófana) og á Mynd 4 Poissons hlutfall bergsýna frá báðum göngum (12 prófanir).

Á þessum myndum sést að dreifing gilda er mun meiri fyrir setberg frá fyrirhuguðum Norðfjarðargöngum og styrkur er að jafnaði hærri. Styrkur flikrubergrs er mun hærri en styrkur setsbergrs frá Óshlíð og að jafnaði hærri en annars setbergrs á gangaleið Norðfjarðarganga.

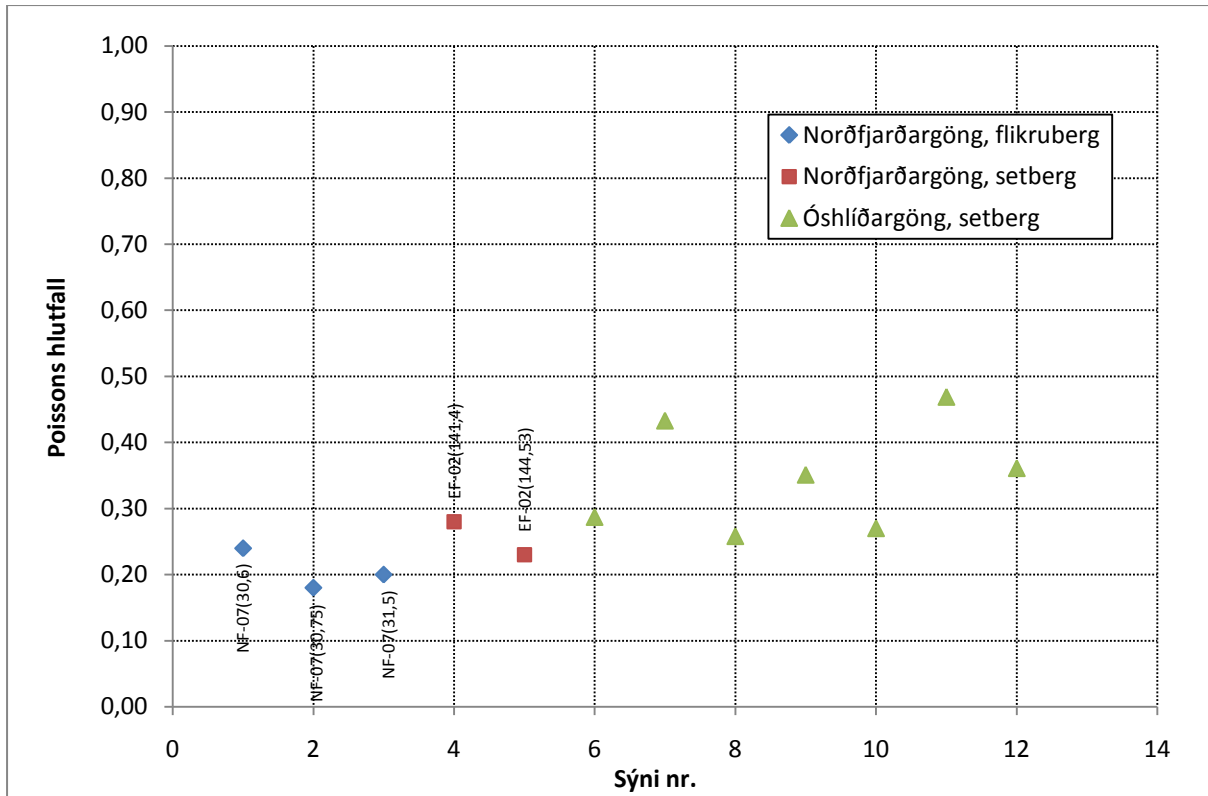
**Mynd 1. Einásabrotstyrkur setbergssýna úr Óshlíðargöngum og fyrirhuguðum Norðfjarðargöngum.**



Mynd 2. Kleyfnitogstyrkur setbergssýna úr Óshlíðargöngum og fyrirhuguðum Norðfjarðargöngum.

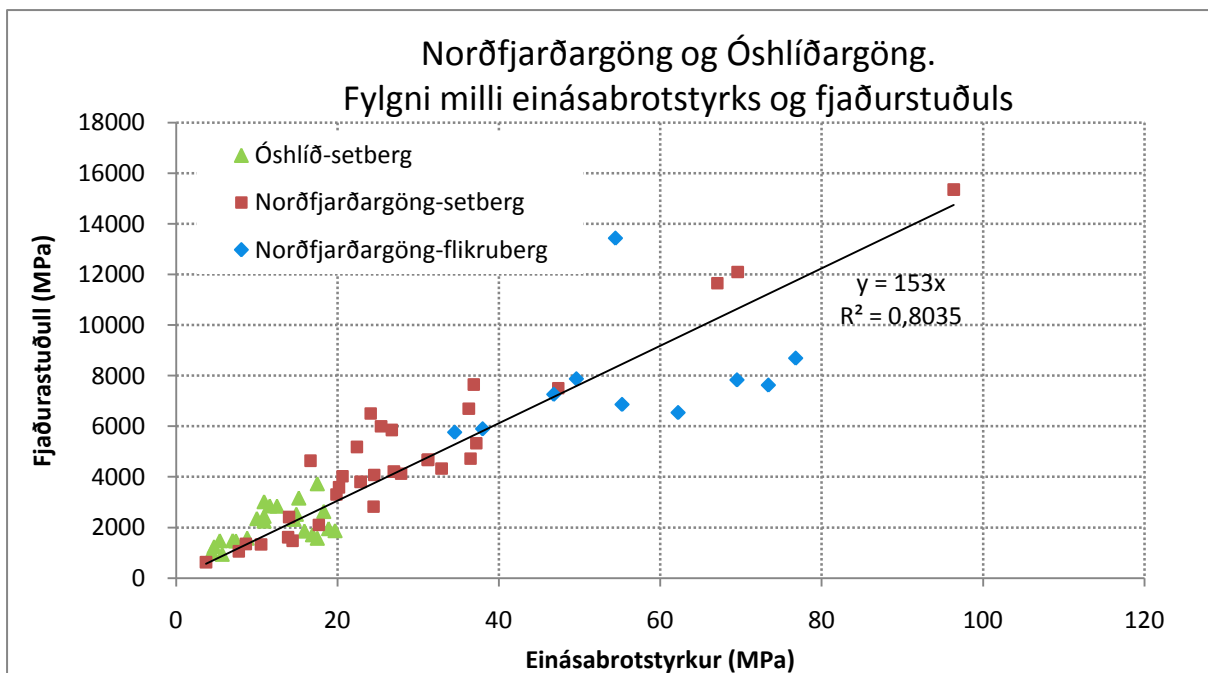


Mynd 3. Fjaðurstuðull, samkvæmt brotferlum einásabrotprófana, fyrir Óshlíðargöng og fyrirhuguð Norðfjarðargöng.



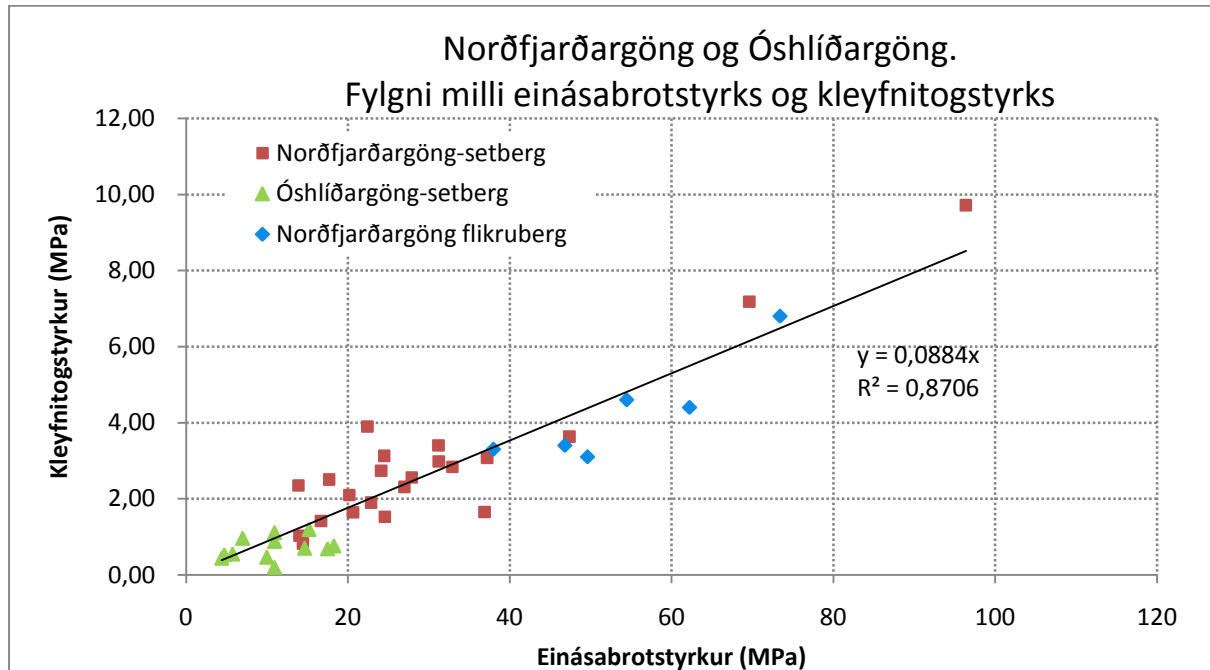
Mynd 4. Niðurstöður mælinga á Poissons hlutfalli setbergs í Óshlíðargöngum og Norðfjarðargöngum.

Mynd 5 sýnir fylgni milli einásabrotstyrks og fjaðurstuðuls fyrir setberg frá Óshlíð (þríhyrningar) og fyrir setberg (teningar) og flikrubergr (tíglar) á leið Norðfjarðarganga. Fylgnilína er fyrir öll sýnin.



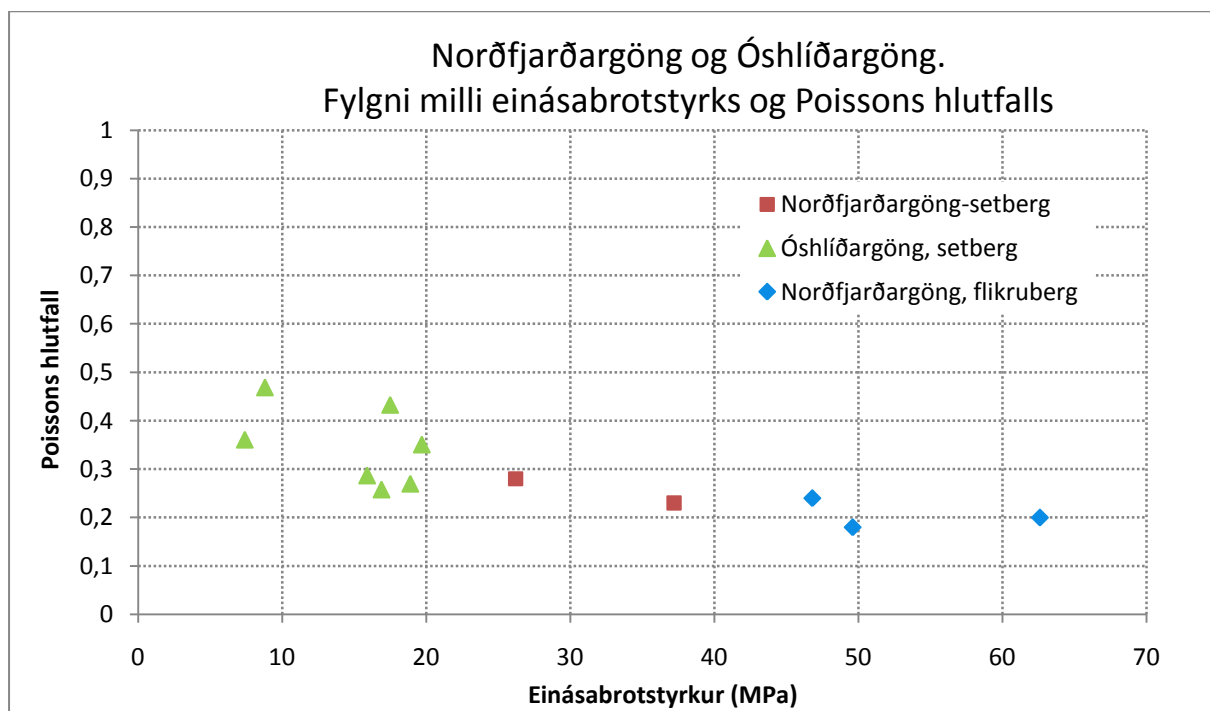
Mynd 5. Fylgni milli einásabrotþols og fjaðurstuðuls

Mynd 6 sýnir fylgni milli einásabrotstyrks og kleyfnitogstyrks fyrir setberg frá Óshlíð (þríhyrningar) og fyrir setberg (teningar) og flikruberger (tíglar) á leið Norðfjarðarganga. Fylgnilína er fyrir öll sýnin.



Mynd 6. Fylgni milli einásabrotstyrks og kleyfnitogþols.

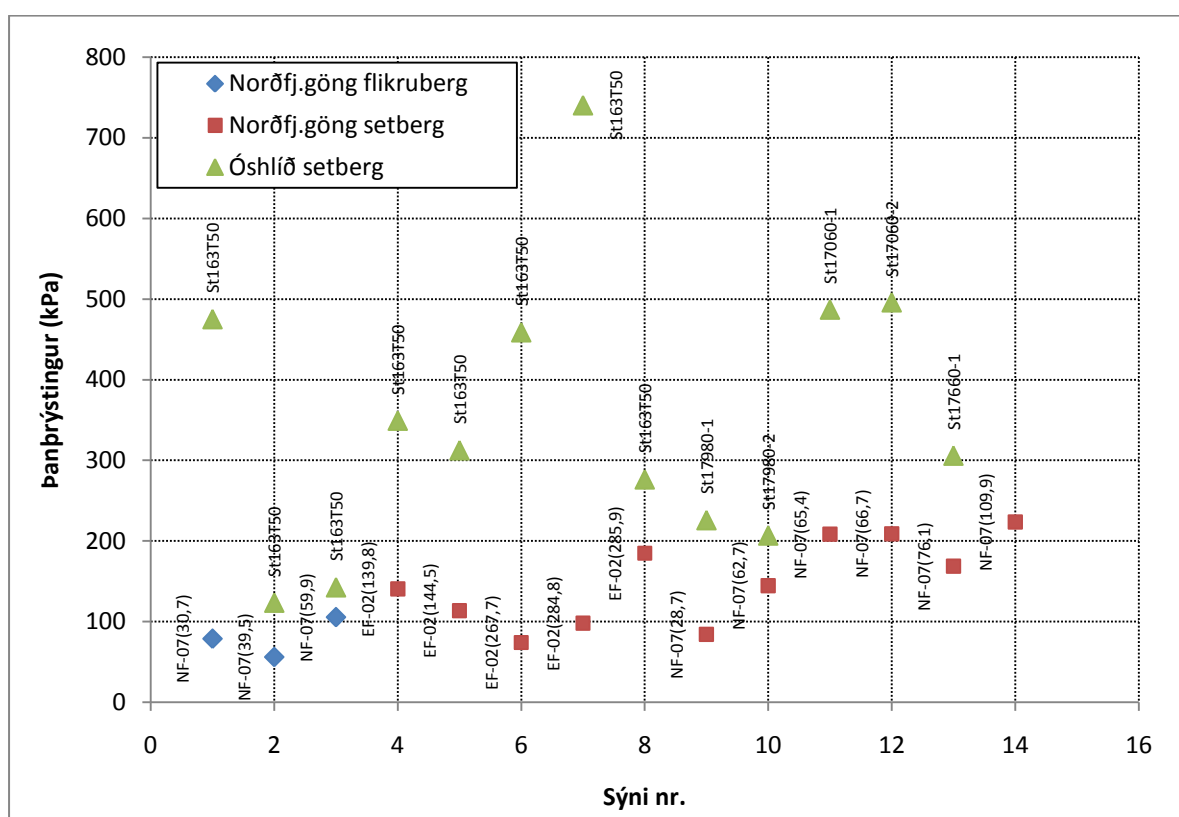
Mynd 7 sýnir fylgni milli Poissons hlutfalls og einásabrotstyrks. Poissons hlutfallið er lægst fyrir sterkara (stífara) flikrubergerið eða um 0,2, en hæst fyrir setbergið í Óshlíðargöngum, um 0,35 að meðaltali.



Mynd 7. Fylgni milli einásabrotstyrks og Poissons hlutfalls

Mynd 8 sýnir niðurstöður mælinga á þanþrýstingi fyrir setbergslög í Óshlíðargöngum (sýni merkt stöðvarlengd í göngum) og setbergslög á gangaleið fyrirhugaðra Norðfjarðarganga (sýni merkt dýpi í borholu). Að sýnum sem prófuð voru er þanþrýstingur setbergslaga frá Óshlíðargöngum talsvert hærri í flestum tilfellum. Þanþrýstingur setbergslaga Norðfjarðarganga er í flestum tilfellum < 200 kPa.

Samkvæmt túlkun Norðmanna, á niðurstöðum prófana á móludum sýnum, er efni óvirkt ef þan mælist < 150 kPa⁴ (200 kPa í annari heimild⁵) 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.

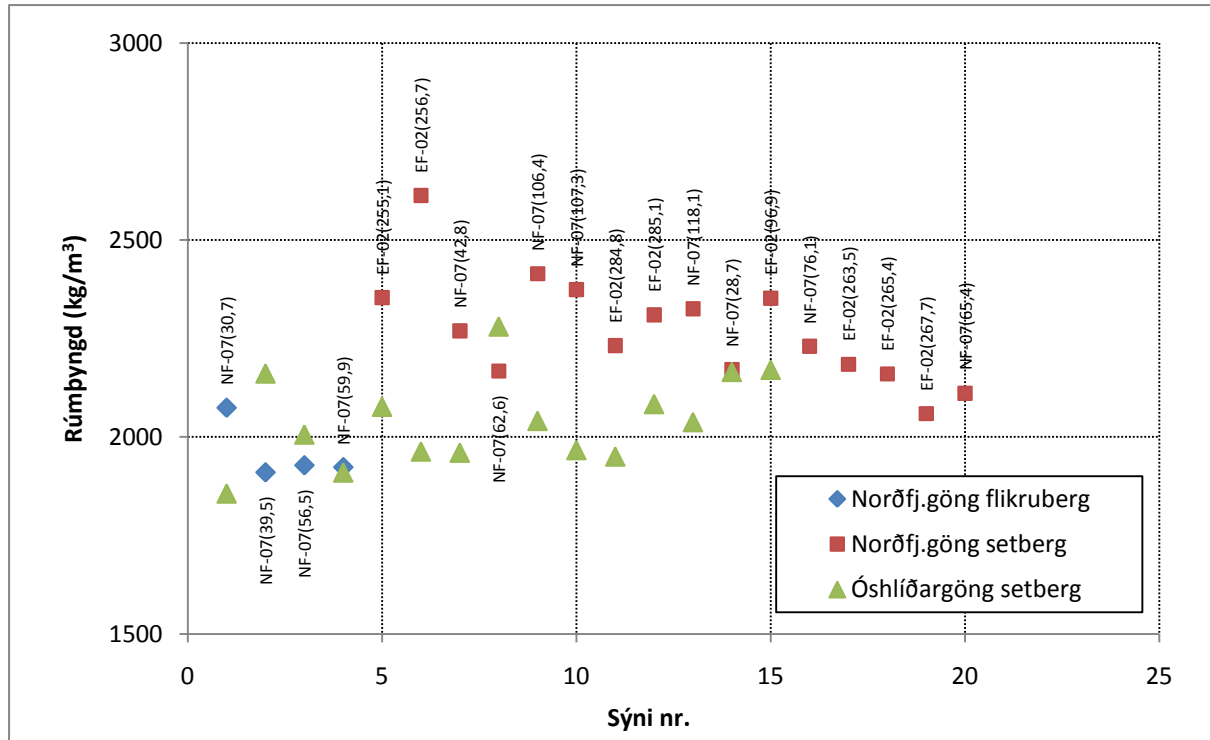


Mynd 8. Niðurstöður mælinga á þanþrýstingi fyrir setbergslög í Óshlíðargöngum og setbergslög í fyrirhuguðum Norðfjarðargöngum.

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

⁵ Rapport nr 2538. Arbeider foran stoff og stabilitetssikring i veggutunneler, Statens vegvesen 2008.

Mynd 9 sýnir samanburð á votri rúmþyngd fyrir setbergslög í Óshlíðargöngum og setbergslög í fyrirhuguðum Norðfjarðargöngum. Setbergið frá Norðfjarðargöngum hefur yfirleitt hærri rúmþyngd en setbergið frá Óshlíð en bent er á að rúmþyngd flikrubergrs á gangaleið fyrirhugaðra Norðfjarðarganga er svipuð eða ívið lægri en fyrir setberg frá Óshlíð.



Mynd 9. Samanburður á votri rúmþyngd fyrir setbergslög í Óshlíðargöngum og setbergslög tengd fyrirhuguðum Norðfjarðargöngum.

Í viðauka eru „loggar“ af borholum OS-01 og OS-02, en hola St16350 (St163T50) var ekki teiknuð upp enda innan við 5 m löng. Borholulogga fyrir EF-2 og NF-7 er að finna í jarðfræðiskýrslu fyrir Norðfjarðargöng⁶.

⁶ Norðfjarðargöng. Jarðfræðilegar aðstæður til gangagerðar milli Eskifjarðar og Norðfjarðar. Jarðfræðistofan 2008.

Niðurstöður og ályktun

Að jafnaði mælist setberg á gangaleið Norðfjarðarganga með hærri styrk og hefur minni þaneiginleika en setberg á leið Óshlíðarganga. Fyrir Norðfjörð mælist einásabrotstyrkur oft yfir 15 MPa (80% prófana), en einstök lög hafa þó lágan styrk eða um og innan við 10 MPa (8%). Í Óshlíð mælast flest setbergslög með < 15 MPa (75% prófana) styrk og mjög mörg innan við 10 MPa (50%). Þan mældist að jafnaði < 200 kPa fyrir Norðfjörð, en að jafnaði > 200 kPa fyrir Óshlíð.

Auk þykktar laga hafa styrkur og þaneiginleikar áhrif á hvort styrkja verði setbergslög með sprautusteypubogum. Veik setbergslög, sem eru meira en 4 m að þykkt, gæti því þurft að styrkja með sprautusteypubogum þó svo að þan mælist innan við 200 kPa.

Vakin er athygli á því er á að val sýna og sýnataka var með mismunandi hætti. Fyrir Óshlíðargöng voru valin sýni af setbergslögum þar sem setlög voru þykkust og ollu vandræðum í gangagerðinni, en fyrir Norðfjarðargöng eru valin sýni af nokkrum setlögum í rannsóknarborholum. Þetta kann að hafa áhrif á samanburð á eiginleikum setbergslaga milli ganga og mati á hlutfalli setbergslaga sem valdið geta vanda í gangagerð.

Tafla 2. Einásabrotþol kjarna úr borholum EF-02 og NF-07.

Borhola	Dýpi	Berggerð	Hámarks- álag (kN)	Þrýsti- styrkur (MPa)	Leiðréttur þrýstistyrkur m.v. 50 mm kjarna (MPa)	Purr rúmþyngd (Dry density) (kg/m ³)	Vot rúmþyngd (Wet density) (kg/m ³)	Holrýmnd (Porosity) (%)	Raki við brot (%)	Ath
EF-02	96.9-97.05	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn	38	25.2	24.5	2067	2352	28.5	13.0	
EF-02	138.8-138.92	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn	36	23.4	22.9	-	-	-	16.2	Ekki hægt að mæla rúmþyngd/vatnsdrægni, molnar í vatni.
EF-02	139.82-139.98	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn	32	20.7	20.2	-	-	-	15.7	Ekki hægt að mæla rúmþyngd/vatnsdrægni, molnar í vatni.
EF-02	144.53-144.65	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn	52	33.7	32.9	-	-	-	15.6	Ekki hægt að mæla rúmþyngd/vatnsdrægni, molnar í vatni.
EF-02	255.14-255.29	Leirrikt túff	75	48.5	47.4	2103	2354	25.1	11.4	Brotfletir ekki samsíða
EF-02	263.5-263.81	Vikur túff	36	22.9	22.4	1947	2184	23.7	10.2	Brotfletir ekki samsíða
EF-02	265.4-265.67	Vikur túff	38	24.7	24.1	1959	2160	20.1	5.7	
EF-02	267.66-268.02	Vikur túff	26	17.1	16.7	1857	2059	20.3	5.0	
EF-02	284.84-285.07	Túff	41	26.0	25.4	2067	2232	16.5	6.6	
EF-02	285.07-285.26	Túff	59	37.7	36.9	2102	2310	20.8	8.6	
EF-02	285.9-286.1	Túff	33	21.1	20.6	-	-	-	12.0	Ekki hægt að mæla rúmþyngd/vatnsdrægni, molnar í vatni.
NF-07	25.55-25.75	Túffríkur sdst og völuberg	45	28.5	27.9	1914	2166	25.2	11.4	
NF-07	28.66-28.87	Túffríkur sdst og völuberg	47	32.1	31.2	1933	2171	23.9	10.1	
NF-07	42.8-43.1	Sandsteinn	39	25.0	24.5	2021	2269	24.8	10.0	Brotnar í lofttæmingu
NF-07	62.56-62.93	Sandsteinn	22	14.2	13.9	1862	2167	30.5	11.5	
NF-07	65.44-65.73	Völuberg	49	32.0	31.2	1834	2111	27.7	15.1	
NF-07	66.7-66.9	Sandsteinn	22	14.8	14.4					Ekki hægt að mæla rúmþyngd/vatnsdrægni, molnar í vatni.
NF-07	76.1-76.3	Túff-sandsteinn/siltsteinn	28	18.1	17.7	1937	2230	29.3	13.3	
NF-07	106.4-106.74	Sandsteinn/völuberg	155	98.6	96.4	2295	2415	11.9	2.1	
NF-07	107.32-107.54	Sandsteinn/völuberg	112	71.2	69.6	2203	2374	17.1	2.8	
NF-07	109.9-110.08	Túffríkur leirsteinn	22	14.3	14.0					Ekki hægt að mæla rúmþyngd/vatnsdrægni, molnar í vatni.
NF-07	118.1-118.37	Túffr. leirsteinn-sdst þursaberg	43	27.6	27.0	2110	2325	21.6	8.2	
NF-07	65.6-65.7	Setberg, völuberg	17	10.8	10.5	1804	2072	26.8	14.8	Prófað 2008
NF-07	65.7-65.8	Setberg, völuberg	32	20.3	19.9	1837	2088	25.1	13.4	Prófað 2008
NF-07	105.9-106.0	Setberg, sandsteins-völuberg	43	27.4	26.7	2146	2399	25.3	11.1	Prófað 2008
NF-07	106.0-106.1	Setberg, sandsteins-völuberg	58	37.1	36.3	2252	2461	20.9	7.0	Prófað 2008
NF-07	106.1-106.2	Setberg, sandsteins-völuberg	58	37.3	36.5	2308	2504	19.6	8.0	Prófað 2008
NF-07	106.2-106.3	Setberg, sandsteins-völuberg	107	68.6	67.1	2301	2491	19.0	7.6	Prófað 2008
NF-07	117.8-117.9	Setberg, sandsteins agglomerate	6	3.8	3.7	2077	2342	26.5	12.2	Prófað 2008
NF-07	117.9-118.0	Setberg, sandsteins agglomerate	14	8.8	8.6	2095	2350	25.5	11.7	Prófað 2008
NF-07	118.0-118.1	Setberg, sandsteins agglomerate	12	7.9	7.8	2090	2352	26.2	12.1	Prófað 2008

Tafla 3. Niðurstöður Fjaðurstuðulsprófana á kjarna úr borholum EF-02 og NF-07 í apríl/maí 2010.

Borhola	Dýpi (m)	Berggerð	Dags. prófunar	hæð (mm)	Þvermál (mm)	Rakastig eftir prófun (%)	Þrýsti-styrkur (MPa)	Fjaðurstuðull (MPa)	Poissons hlutfall	Fjaðurstuðull (MPa) Útreiknaður frá ferlum
EF-02	96.90	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn								4075
EF-02	138.15	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn	28.4.2010	106.3	44.4	15.6	19.6	5677	(0.71)	4252
EF-02	138.80	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn								3804
EF-02	139.82	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn								3586
EF-02	141.43	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn	28.4.2010	108.5	44.6	19.1	26.2	5239	0.28	3970
EF-02	144.53	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn								4324
EF-02	255.14	Leirríkt túff								7500
EF-02	263.50	Vikur túff								5183
EF-02	265.40	Vikur túff								6500
EF-02	267.66	Vikur túff								4638
EF-02	284.84	Túff								6000
EF-02	285.07	Túff								7647
EF-02	285.90	Túff								4028
NF-01	83.00	Setberg								8180
NF-01	83.10	Setberg								7500
NF-07	25.55	Túffríkur sdst.-völuberg								4128
NF-07	28.30	Túffríkur sandsteinn/völuberg	28.4.2010	129.6	43.9	11.2	37.2	8462	0.23	5329
NF-07	28.66	Túffríkur sdst.-völuberg								4669
NF-07	30.55	Flikrubergr	28.4.2010	129.5	44.7	9.4	46.8	10698	0.24	7259
NF-07	30.75	Flikrubergr								5896
NF-07	31.50	Flikrubergr	29.4.2010	129.5	44.8	9.2	49.6	12621	0.18	7872
NF-07	38.10	Flikrubergr								5760
NF-07	38.20	Flikrubergr								6860
NF-07	38.30	Flikrubergr								7830
NF-07	38.40	Flikrubergr								8690
NF-07	39.53	Flikrubergr								7625
NF-07	42.80	Sandsteinn								2826
NF-07	56.50	Flikrubergr								6538

Borhola	Dýpi (m)	Berggerð	Dags. prófunar	hæð (mm)	þvermál (mm)	Rakastig eftir prófun (%)	Þrýstistyrkur (MPa)	Fjaðurstuðull (MPa)	Poissons hlutfall	Fjaðurstuðull (MPa) Útreiknaður frá ferlum
NF-07	58.15	Flikruberð	29.4.2010	130.1	44.8	8.6	62.2	10158	0.20	7303
NF-07	59.90	Flikruberð					54,4			13433
NF-07	62.56	Sandsteinn					13,9			1615
NF-07	65.44	Völuberg					31,2			4677
NF-07	65.60	Völuberg					10,5			1330
NF-07	65.70	Völuberg					19,9			3300
NF-07	66.70	Sandsteinn					14,4			1475
NF-07	76.10	Túff-sandst./siltst.					17,7			2100
NF-07	105.90	Sandsteinn-völuberg					26,7			5850
NF-07	106.00	Sandsteinn-völuberg					36,3			6690
NF-07	106.10	Sandsteinn-völuberg					36,5			4720
NF-07	106.20	Sandsteinn-völuberg					67,1			11650
NF-07	106.40	Sandsteinn/völuberg					96,4			15349
NF-07	107.32	Sandsteinn/völuberg					69,6			12094
NF-07	109.90	Túffríkur leirsteinn					14,0			2411
NF-07	117.80	Sandsteinn-agglomerate					3,7			630
NF-07	117.90	Sandsteinn-agglomerate					8,6			1350
NF-07	118.00	Sandsteinn-agglomerate					7,8			1060
NF-07	118.10	Túffr. leirst.-sandst. Þursaberg					27,0			4207

Tafla 4. Niðurstöður Kleyfnitogstyrksprófana á kjarna úr borholum EF-02 og NF-07 í apríl/maí 2010.

Borhola	Dýpi (m)	Berggerð	Þvermál sýnis (mm)	Hæð sýnis (mm)	Hámarks-álag (kN)	Kleyfni-togstyrkur (Mpa)
EF-02	98,14-98,25	Túffrikur siltssteinn/leirsteinn	44.4	23.0	2.45	1.53
EF-02	99,3-99,5	Túffrikur siltssteinn/leirsteinn	44.1	29.6	3.12	1.52
EF-02	138,92-139,03	Túffrikur siltssteinn/leirsteinn	43.9	30.1	2.66	1.28
EF-02	140,5-140,67	Túffrikur siltssteinn/leirsteinn	44.4	29.0	3.79	1.87
EF-02	140,8-140,9	Túffrikur siltssteinn/leirsteinn	44.5	29.2	4.21	2.06
EF-02	141,10-141,26	Túffrikur siltssteinn/leirsteinn	44.3	27.0	1.81	0.96
EF-02	141,83-141,94	Túffrikur siltssteinn/leirsteinn	44.5	30.0	2.31	1.10
EF-02	143,5-143,66	Túffrikur siltssteinn/leirsteinn	44.6	23.9	3.34	2.00
EF-02	143,66-143,80	Túffrikur siltssteinn/leirsteinn	44.5	23.3	4.63	2.84
EF-02	255,29-255,39	Leirríkt túff	44.6	27.8	7.08	3.63
EF-02	263,5-263,81	Vikur túff	44.7	29.0	7.95	3.90
EF-02	265,4-265,67	Vikur túff	44.8	29.5	5.68	2.74
EF-02	267,66-268,02	Vikur túff	44.5	28.7	2.84	1.42
EF-02	284,84-285,07	Túff	44.9	30.9	20.00	9.19
EF-02	286,4-286,5	Túff	44.5	27.4	3.15	1.65
EF-02	289,28-289,4	Túff	44.8	29.7	2.20	1.05
NF-07	28,3-28,5	Túffrikur sandsteinn og völuberg	44.6	29.0	5.20	2.56
NF-07	28,5-28,66	Túffrikur sandsteinn og völuberg	44.1	28.7	6.13	3.08
NF-07	28,66-28,87	Túffrikur sandsteinn og völuberg	43.9	25.1	5.88	3.40
NF-07	42,8-43,1	Sandsteinn	44.8	28.8	13.83	6.83
NF-07	62,56-62,93	Sandsteinn	44.4	29.1	4.78	2.35
NF-07	65,44-65,73	Völuberg	44.3	28.2	5.84	2.98
NF-07	66,7-66,9	Sandsteinn	43.8	28.7	1.62	0.82
NF-07	76,3-76,5	Túff-sandsteinn/siltsteinn	44.1	23.0	4.00	2.51
NF-07	106,4-106,74	Sandsteinn/völuberg	44.9	30.1	20.60	9.72
NF-07	107,32-107,54	Sandsteinn/völuberg	44.7	29.5	14.88	7.18
NF-07	109,9-110,08	Túffrikur leirsteinn	44.3	27.5	1.97	1.03
NF-07	118,1-118,37	Túffrikur leirsteinn-sandsteins þursaberg	44.8	26.1	4.25	2.31
NF-07	118,58-118,83	Túffrikur leirsteinn-sandsteins þursaberg	44.6	27.1	1.95	1.02

Tafla 5. Niðurstöður þanþrýstings prófana á sýnum.

Norðfjarðargöng :

Borhola	Dýpi	Berggerð	Þanþrýstingur
nr.	(m)		(kPa)
EF-02	139.82	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn	141
EF-02	144.53	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn	114
EF-02	267.66	Víkur túff	74
EF-02	284.84	Túff	98
EF-02	285.9	Túff	185
NF-07	28.66	Túffríkur sandsteinn og völuberg	84
NF-07	30.75	Flikrubergr	79
NF-07	39.53	Flikrubergr	56
NF-07	59.9	Flikrubergr	106
NF-07	62.56	Sandsteinn	145
NF-07	65.44	Völuberg	208
NF-07	66.7	Sandsteinn	209
NF-07	76.1	Túff-sandsteinn/siltsteinn	169
NF-07	109.9	Túffríkur leirsteinn	224

Óshlíðargöng

Borhola	Dýpi	Berggerð	Þanþrýstingur
nr.	(m)		(kPa)
St163T50	3.4	Setberg	685
St163T50	3.4	Setberg	475
St163T50	4.25	Setberg	124
St163T50	5.55	Setberg	143
St163T50	6.6	Setberg	349
St163T50	7.77	Setberg	313
St163T50	8.2	Setberg	459
St163T50	9.7	Setberg	740
St163T50	10.95	Setberg	277
Steinasýni			
St17980-1	-	Setberg	226
St17980-2	-	Setberg	207
St17060-1	-	Setberg	487
St17060-2	-	Setberg	496
St17660-1	-	Setberg	306

Tafla 6. Niðurstöður allra prófana á seti úr borholum EF-02 og NF-07.

Borhola	Dýpi	Berg	Berggerð	Vot rúmp. (kg/m ³)	Þurr rúmp. (kg/m ³)	Holrýmd (%)	Schm. harka	PLI (MPa)	UCS (MPa)	Raki v/brot (%)	Poissons hlutfall (%)	Fjaðurst. streitun. (MPa)	Fjaðurst. brotferill (MPa)	Togst. (STS) (MPa)	Þan þrýst. (kPa)
EF-02	47.70	Setberg	Túff leirsteinn					0.32							
EF-02	74.00	Setberg	Túff leirsteinn					0.50							
EF-02	96.90	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn	2352	2067	28.5			24.5	13.0			4075		
EF-02	97.3	Setberg	Túff leirsteinn											1,53	
EF-02	98.00	Setberg	Túff leirsteinn					0.32							
EF-02	98.14	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn											1.53	
EF-02	99.30	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn											1.28	
EF-02	138.15	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn						19,6	15,6	(0.71)	5677.0	4252		
EF-02	138.80	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn						22.9	16.2			3804		
EF-02	138.92	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn										3586	1,87	
EF-02	139.60	Setberg	Túff leirsteinn					0.36							
EF-02	139.82	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn						20.2	15.7			3586		
EF-02	139.82	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn												141
EF-02	140.50	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn											2,06	
EF-02	140.80	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn											0,96	
EF-02	141.10	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn											1,10	
EF-02	141.43	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn						26,2	19,1	0.28	5239.0	3970		
EF-02	141.83	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn											2,00	
EF-02	142.10	Setberg	Túff leirsteinn					0.32							
EF-02	143.50	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn											2,84	
EF-02	143.66	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn											1,86	
EF-02	144.53	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn						32.9	15.6			4324		
EF-02	144.53	Setberg	Túffríkur siltsteinn/leirsteinn												114
EF-02	163.80	Setberg	Setlag, fínkorna					0.68							
EF-02	178.00	Setberg	Túff sandsteinn/siltsteinn					0.55							
EF-02	241.00	Setberg	Siltsteinn					1.64							
EF-02	255.14	Setberg	Leirríkt túff	2354	2103	25.1			47.4	11.4			7500		
EF-02	255.29	Setberg	Leirríkt túff											3.63	
EF-02	255.60	Setberg	Túff					0.41							
EF-02	256,2	Setberg	Túff											1,02	
EF-02	257.70	Setberg	Túff					0.23							
EF-02	261.80	Setberg	Túff-leirríkt					0.55							
EF-02	263.50	Setberg	Víkur túff	2184	1947	23.7			22.4	10.2			5183		

Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Norðfjarðargöngum og Óshliðargöngum

Borhola	Dýpi	Berg	Berggerð	Vot rúmp. (kg/m ³)	Purr rúmp. (kg/m ³)	Holrýmd (%)	Schm. harka	PLI (MPa)	UCS (MPa)	Raki v/brot (%)	Poissons hlutfall (%)	Fjaðurst. streitun. (MPa)	Fjaðurst. brotferill (MPa)	Togst. (STS) (MPa)	Pan þrýst. (kPa)
EF-02	263.50	Setberg	Vikur túff											3.90	
EF-02	264.90	Setberg	Vikur túff				44	2.32							
EF-02	265.40	Setberg	Vikur túff	2160	1959	20.1			24.1	5.7			6500		
EF-02	265.40	Setberg	Vikur túff											2.74	
EF-02	266.20	Setberg	Vikur túff				26	2.68							
EF-02	267.66	Setberg	Vikur túff	2059	1857	20.3			16.7	5.0			4638		
EF-02	267.66	Setberg	Vikur túff											1.42	
EF-02	267.66	Setberg	Vikur túff												74
EF-02	268.40	Setberg	Flikrberg				59	8.55							
EF-02	275.30	Setberg	Flikrberg				63								
EF-02	275.60	Setberg	Flikrberg				57	10.95							
EF-02	278.00	Setberg	Flikrberg					12.95							
EF-02	282.50	Setberg	Flikrberg				62	11.27							
EF-02	284.84	Setberg	Túff	2232	2067	16.5			25.4	6.6			6000		
EF-02	284.84	Setberg	Túff											9.19	
EF-02	284.84	Setberg	Túff												98
EF-02	285.07	Setberg	Túff	2310	2102	20.8			36.9	8.6			7647		
EF-02	285.90	Setberg	Túff	-	-	-			20.6	12.0			4028		
EF-02	285.9	Setberg	Túff												185
EF-02	286.40	Setberg	Túff											1.65	
EF-02	287.50	Setberg	Túff					0.36							
EF-02	289.28	Setberg	Túff											1.05	
NF-07	25.55	Setberg	Túffríkur sandst.- völuþberg	2166	1914	25.2			27.9	11.4			4128		
NF-07	28.30	Setberg	Túffríkur sandst.- völuþberg						37,2	11,2	0.23	8462.0	5329		
NF-07	28.30	Setberg	Túffríkur sandst.- völuþberg											2.56	
NF-07	28.50	Setberg	Túffríkur sandst.- völuþberg											3.08	
NF-07	28.66	Setberg	Túffríkur sandst.- völuþberg	2171	1933	23.9			31.2	10.1			4669		
NF-07	28.66	Setberg	Túffríkur sandst.- völuþberg											3.40	
NF-07	28.66	Setberg	Túffríkur sandst.- völuþberg												84
NF-07	30.55	Setberg	Flikrberg						46,8	9,4	0.24	10698	7259		
NF-07	30.55	Setberg	Flikrberg											3,42	
NF-07	30.75	Setberg	Flikrberg	2074	1885	18.9			38.0	7.1			5896		
NF-07	30.75	Setberg	Flikrberg											3,25	
NF-07	30.75	Setberg	Flikrberg												79
NF-07	31.50	Setberg	Flikrberg						49,6	9,4	0.18	12621	7872		

Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Norðfjarðargöngum og Óshliðargöngum

Borhola	Dýpi	Berg	Berggerð	Vot rúmp. (kg/m ³)	Purr rúmp. (kg/m ³)	Holrýmd (%)	Schm. harka	PLI (MPa)	UCS (MPa)	Raki v/brot (%)	Poissons hlutfall (%)	Fjaðurst. streitun. (MPa)	Fjaðurst. brotferill (MPa)	Togst. (STS) (MPa)	Pan þrýst. (kPa)
NF-07	31.50	Setberg	Flikrúberg											3,07	
NF-07	38.10	Setberg	Flikrúberg		1981				34.5				5760		
NF-07	38.20	Setberg	Flikrúberg		1987				55.3				6860		
NF-07	38.30	Setberg	Flikrúberg		1953				69.5				7830		
NF-07	38.40	Setberg	Flikrúberg		1993			1.5	76.8				8690		
NF-07	39.53	Setberg	Flikrúberg	1910	1691	21.8			73.4	8.8			7625		
NF-07	39.53	Setberg	Flikrúberg											6,83	
NF-07	39.53	Setberg	Flikrúberg												56
NF-07	42.80	Setberg	Sandsteinn	2269	2021	24.8			24.5	10.0			2826		
NF-07	42.80	Setberg	Sandsteinn											3,13	
NF-07	56.50	Setberg	Flikrúberg	1928	1711	21.7			57.2	6.2			6538		
NF-07	56.50	Setberg	Flikrúberg											4,45	
NF-07	58.15	Setberg	Flikrúberg						62,2	8,6	0,20	10158	7303		
NF-07	58.15	Setberg	Flikrúberg											5,04	
NF-07	59.00	Setberg	Flikrúberg					1.86							
NF-07	59.90	Setberg	Flikrúberg	1923	1694	22.9			54.4	8.9			13433		
NF-07	59.90	Setberg	Flikrúberg											4.60	
NF-07	59.9	Setberg	Flikrúberg												106
NF-07	62.56	Setberg	Sandsteinn	2167	1862	30.5			13.9	11.5			1615		
NF-07	62.56	Setberg	Sandsteinn											2.35	
NF-07	62.56	Setberg	Sandsteinn												145
NF-07	65.44	Setberg	Völuberg	2111	1834	27.7			31.2	15.1			4677		
NF-07	65.44	Setberg	Völuberg											2.98	
NF-07	65.44	Setberg	Völuberg												208
NF-07	65.60	Setberg	Völuberg		2072				10.5				1330		
NF-07	65.70	Setberg	Völuberg		2088				19.9				3300		
NF-07	66.70	Setberg	Sandsteinn						14.4				1475		
NF-07	66.70	Setberg	Sandsteinn											0.82	
NF-07	66.7	Setberg	Sandsteinn												209
NF-07	76.10	Setberg	Túff-sandsteinn/siltsteinn	2230	1937	29.3			17.7	13.3			2100		
NF-07	76.1	Setberg	Túff-sandsteinn/siltsteinn												169
NF-07	76.30	Setberg	Túff-sandsteinn/siltsteinn											2.51	
NF-07	105.90	Setberg	Sandsteins-völuberg		2399				26.7				5850		
NF-07	106.00	Setberg	Sandsteins-völuberg		2461				36.3				6690		
NF-07	106.10	Setberg	Sandsteins-völuberg		2504			2.64	36.5				4720		

Borhola	Dýpi	Berg	Berggerð	Vot rúmp. (kg/m ³)	Purr rúmp. (kg/m ³)	Holrýmnd (%)	Schm. harka	PLI (MPa)	UCS (MPa)	Raki v/brot (%)	Poissons hlutfall (%)	Fjaðurst. streitun. (MPa)	Fjaðurst. brotferill (MPa)	Togst. (STS) (MPa)	Pan þrýst. (kPa)
NF-07	106.20	Setberg	Sandsteins-völuberg		2491				67.1				11650		
NF-07	106.40	Setberg	Sandsteinn/völuberg	2415	2295	11.9			96.4	2.1			15349		
NF-07	106.40	Setberg	Sandsteinn/völuberg											9.72	
NF-07	107.32	Setberg	Sandsteinn/völuberg	2374	2203	17.1			69.6	2.8			12094		
NF-07	107.32	Setberg	Sandsteinn/völuberg											7.18	
NF-07	109.90	Setberg	Túffríkur leirsteinn						14.0				2411		
NF-07	109.90	Setberg	Túffríkur leirsteinn											1.03	
NF-07	109.9	Setberg	Túffríkur leirsteinn												224
NF-07	117.80	Setberg	Sandsteins-agglomerate		2342				3.7				630		
NF-07	117.90	Setberg	Sandsteins-agglomerate		2350			0.68	8.6				1350		
NF-07	118.00	Setberg	Sandsteins-agglomerate		2352				7.8				1060		
NF-07	118.10	Setberg	Túffr. leirst./sdst. þursaberg	2325	2110	21.6			27.0	8.2			4207		
NF-07	118.10	Setberg	Túffr. leirst./sdst. þursaberg											2.31	
NF-07	118.58	Setberg	Túffr. leirst./sdst. þursaberg											1.02	

Skýringar : UCS = Uniaxial Compressive Strength, einásabrotstyrkur

SPS = Spit Tensile Strength, klefnitogstyrkur

PLI = Point Load Index, punktálagsstyrkur

Tafla 7. Niðurstöður allra prófana frá Óshlíðargöngum.

Borhola	Dýpi	Bergtegund	Berggerð	Vot rúmþyngd (kg/m ³)	Holrým (Porosity) (%)	Einásabrotstyrkur (MPa)	Poissons hlutfall (%)	Fjaðurstuðull streitumælar (MPa)	Fjaðurstuðull skv brotferli (MPa)	Togstyrkur (STS) (MPa)	Þan þrýstingur (kPa)
OS-01	21.3	Setberg	Túffríkur leirsteinn			6.4			1084		
OS-01	25	Setberg	Túffríkur leirsteinn			6.9			1316		
OS-01	27.2	Setberg	Túffríkur leirsteinn			1.5			411		
OS-01	28.1	Setberg	Túffríkur leirsteinn			5.2			737		
OS-01	122.7	Setberg	Vaxkenndur silt/leirsteinn			15.9	0.287	2927	1856		
OS-01	122.8	Setberg	Vaxkenndur silt/leirsteinn			17.5	0.433	2936	1573		
OS-01	123	Setberg	Vaxkenndur silt/leirsteinn			16.9	0.258	2731	1710		
OS-01	139.7	Setberg	Túffríkur siltsteinn			19.7	0.351	4103	1872		
OS-01	140.6	Setberg	Túffríkur siltsteinn			18.9	0.27	5352	1952		
OS-02	23.3	Setberg	Túffríkur silt- / leirsteinn			8.8	0.469	4774	1575		
OS-02	23.4	Setberg	Túffríkur silt- / leirsteinn			7.4	0.361	2830	1467		
OS-02	43	Setberg	Leirsteinn			4.5			1254		
OS-02	43.9	Setberg	Leirsteinn			7.1			1734		
OS-02	48.4	Setberg	Leirsteinn			9.5			2075		
OS-02	48.6	Setberg	Leirsteinn			9.8			1839		
OS-02	48.7	Setberg	Leirsteinn			3.9			897		
St163T50	3.4	Setberg									685
St163T50	3.4	Setberg									475
St163T50	3.72	Setberg								0.76	
St163T50	3.8	Setberg		1856.7	52.2	18.3			2630		
St163T50	3.86	Setberg								0.61	
St163T50	4.25	Setberg									124
St163T50	4.72	Setberg								0.42	
St163T50	4.85	Setberg		2161.5	37.4	14.6			2320		
St163T50	4.9	Setberg								0.70	
St163T50	4.93	Setberg								0.85	
St163T50	5.15	Setberg		2006.4	44.8	15.2			3160		
St163T50	5.27	Setberg								1.19	
St163T50	5.55	Setberg									143
St163T50	5.66	Setberg								0.64	
St163T50	5.75	Setberg		1910.0	50.2	10.9			2440		
St163T50	5.87	Setberg								0.88	
St163T50	5.92	Setberg								1.04	

Rannsóknir á eiginleikum setbergs í Norðfjarðargöngum og Óshlíðargöngum

Borhola	Dýpi	Bergtegund	Berggerð	Vot rúmþyngd (kg/m ³)	Holrým (Porosity) (%)	Einásabrotstyrkur (MPa)	Poissons hlutfall (%)	Fjaðurstuðull streitumælar (MPa)	Fjaðurstuðull skv brotferli (MPa)	Togstyrkur (STS) (MPa)	Þan þrýstingur (kPa)
St163T50	6.27	Setberg								0.44	
St163T50	6.35	Setberg		2077.1	46.0	4.4			1015		
St163T50	6.45	Setberg		1963.3	51.9	10.9			2250		
St163T50	6.6	Setberg									349
St163T50	6.68	Setberg								0.20	
St163T50	6.7	Setberg								0.53	
St163T50	6.75	Setberg		1960.5	49.5	4.7			1240		
St163T50	7.31	Setberg								0.93	
St163T50	7.34	Setberg								0.69	
St163T50	7.45	Setberg		2280.8	35.2	17.5			3725		
St163T50	7.55	Setberg		2041.0	46.6	11.6			2850		
St163T50	7.65	Setberg		1966.9	51.1	10.0			2350		
St163T50	7.77	Setberg									313
St163T50	7.81	Setberg								0.46	
St163T50	8.2	Setberg									459
St163T50	8.3	Setberg								0.60	
St163T50	8.33	Setberg								1.11	
St163T50	8.4	Setberg		1950.6	49.0	10.9			3015		
St163T50	8.85	Setberg								0.55	
St163T50	8.95	Setberg				5.7			940		
St163T50	9.2	Setberg		2083.9	37.2	7.0			1480		
St163T50	9.32	Setberg								0.96	
St163T50	9.38	Setberg								1.30	
St163T50	9.4	Setberg		2038.0	39.8	5.4			1475		
St163T50	9.7	Setberg									740
St163T50	10.1	Setberg								0.96	
St163T50	10.12	Setberg								1.63	
St163T50	10.35	Setberg		2165.5	39.2	14.9			2520		
St163T50	10.45	Setberg		2170.9	40.3	12.5			2840		
St163T50	10.95	Setberg									277
St17980-1	steinn	Setberg									226
St17980-2	steinn	Setberg									207
St17060-1	steinn	Setberg									487
St17060-2	steinn	Setberg									496
St17660-1	steinn	Setberg									306

BORHOLULÝSING
OS-1 OG OS-2