

SIGLINGASTOFNUN ÍSLANDS

BAKKAFJÖRUHÖFN

GRJÓTNÁMSKÖNNUN 2006



Forsíðumyndin er tekin af Seljalandsheiði í átt til ósa Markarfljóts og Vestmannaeyja.

LIST OF CONTENTS

1	INNGANGUR	1
2	JARÐFRÆÐI	2
3	BORANIR	4
3.1	HAMRAGARÐAHEIÐI – SVÆÐI A (HAMRAGARÐAHRAUNIÐ).....	6
3.2	NÚPSHEIÐI – SVÆÐI B.....	6
3.3	KATTARHRYGGUR Á SELJALANDSHEIÐI – SVÆÐI C.....	7
3.4	NÚPSHEIÐI – SVÆÐI D.....	7
4	BERGGÆÐI	8
4.1	RÚMÞYNGD OG RAKADRÆGNI.....	8
4.2	BROTÞOL.....	8
4.3	VINNSLUSPÁ.....	9
5	HUGSANLEGAR NÁMUR	10
6	UMRÆÐA	11
7	SAMANTEKT	12
8	RITSKRÁ	13

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1.	Skrá yfir borholur sem boraðar voru á Hamragarða-, Seljalands- og Núpsheiðum.....	6
Tafla 2.	Rúmþyngd, rakadrægni og punktalagsgildi.....	8
Tafla 3.	Vinnsluspá fyrir hugsanlegt námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði.....	9
Tafla 4.	Gæðastaðall fyrir grjót í brimvarnir.....	10

MYNDASKRÁ

Mynd 1.	Yfirlitskort sem sýnir helstu drætti í jarðfræði suðvesturlands.....	1
Mynd 2.	Jarðfræði Eyjafjalla eftir Jón Jónsson.....	3
Mynd 3.	Yfirlit yfir þau svæði sem könnuð voru með borunum.....	4
Mynd 4.	Staðsetning borhola og þykkt vinnslulags á námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði.....	5
Mynd 5.	Staðsetning borhola á hugsanlegu námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði.....	5
Mynd 6.	Vinnsluspár fyrir hugsanlegt námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði.....	9
Mynd 7.	Hugsanlegt námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði.....	11

VIÐAUKAR

Viðauki A.	Borholusnið.....	15
Viðauki B.	Ljósmyndir af borkjörnum.....	33
Viðauki C.	Berggæðastaðall.....	43

1 INNGANGUR

Leit að hentugu grjótnámi fyrir brimvörn á Bakkafjöru hefur staðið með hléum frá árinu 2002. Þá var gerð skrá yfir landfræðilega legu þekktra grjótnámssvæða og hugsanlegra nýrra svæða, án þess þó að lagt væri út í kostnað við ítarlegar rannsóknir. Þau svæði sem fyrst þóttu koma til greina og sýnd eru á mynd 1 eru: (1) svæðið frá Seljalandi – Drangshlíðar; (2) Holt á Rangárvöllum; (3) svæðið frá Keldum að Gunnarsholti; (4) Þjórsárhraun í Flóa; (5) Hraunið frá Heiðinni-há við Þorlákshöfn; (6) Hraunin frá Helgafelli og Eldfelli á Heimaey; og (7) Helguvík.



Mynd 1. Yfirlitskort sem sýnir helstu drætti í jarðfræði suðvesturlands og afstöðu Vestmannaeyja, Bakkafjöru og hugsanlegra grjótnámssvæða fyrir brimvarnir á Bakkafjörühöfn. (Jarðfræðikortið gerðu Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson, 1998).

Í framhaldi af frumrannsókninni var gerð samanburðarkönnun á því að flytja grjót sjóleiðis frá Þorlákshöfn til Bakkafjöru (Jón Ari Ólafsson, 2003). Niðurstaða þeirrar könnunar var sjóflutningum í óhag. Í kjölfar þeirrar niðurstöðu vaknaði áhugi á að kanna möguleika á grjótnám í Tröllamýri á Hamragarðhrauni, þar sem líkur þóttu á að þar hefði hraunið náð nokkurri þykkt og kólnað í kyrrstöðu og þannig náð að mynda stórgerða stuðla.

Við skoðun á loftmyndum og jarðfræðikorti Jóns Jónssonar (1988) vaknaði einnig áhugi á að kanna ankaramíthraunin (grágrýtishraun) sem sýnd eru á nokkrum stöðum í Eyjafjöllum, sérstaklega eftir ferð á Ásólfsskálaheidi s.l. sumar, en þar finnst heillegt grágrýtishraun í um 600 m y.s. Við þá uppgötvun jókst vonin um að finna mætti heillega klöpp fyrir brimvarnir í jarðlögum Eyjafjalla.

Í brimvörn á Bakkafjöru er gert ráð fyrir að nota þurfi um 470.000 m³ af sprengdu grjóti. Þar af eru 160.000 m³ yfir 1 tonni og 25.000 yfir 10 tonnum. Enn fremur er gert ráð fyrir að nota um 120.000 m³ af mól undir garð og í fyllingar.

S.l. haust var ákveðið að kanna grjótnámsmöguleika í Tröllamýri á Hamragarðaheiði með kjarnaborun. Jafnframt var ákveðið að kanna aðra möguleika á Seljalandsheiði og Núpsheiði og hvort í grágrýtishrauninum leyndist nýtanlegt grjótnám, ef Hamragarðahraunið reyndist ekki eins heillegt og vonir stóðu til. Námurannsóknunum eru gerð skil í þessari skýrslu.

Verkið var unnið fyrir Siglingastofnun að beiðni Sigurðar Áss Grétarssonar forstöðumanns hafnasviðs.

2 JARÐFRÆÐI

Elstu berglög á Suðurlandi eru hraunlög frá fyrri hluta ísaldar og síðari hluta tertíer, stundum kölluð eldri grágrýtismyndunin eða Hreppamyndunin. Þau eru 3,3 – 0,8 milljón ára gömul og finnast í Hreppunum, frá Holtum og vestur í Ölfus, og einnig undir Eyjafjöllum (mynd 1). Yngri jarðlög frá síðari hluta ísaldar (yngri grágrýtismyndunin) liggja austan og vestan við eldra grágrýtið, sem myndar einskonar andhverfu eins og sýnt er á mynd 1 og liggur ás hennar skammt vestan við Skarðsfjall. Guðmundur Kjartansson (1943) lýsti þessum jarðmyndunum í Árnesingasögu.

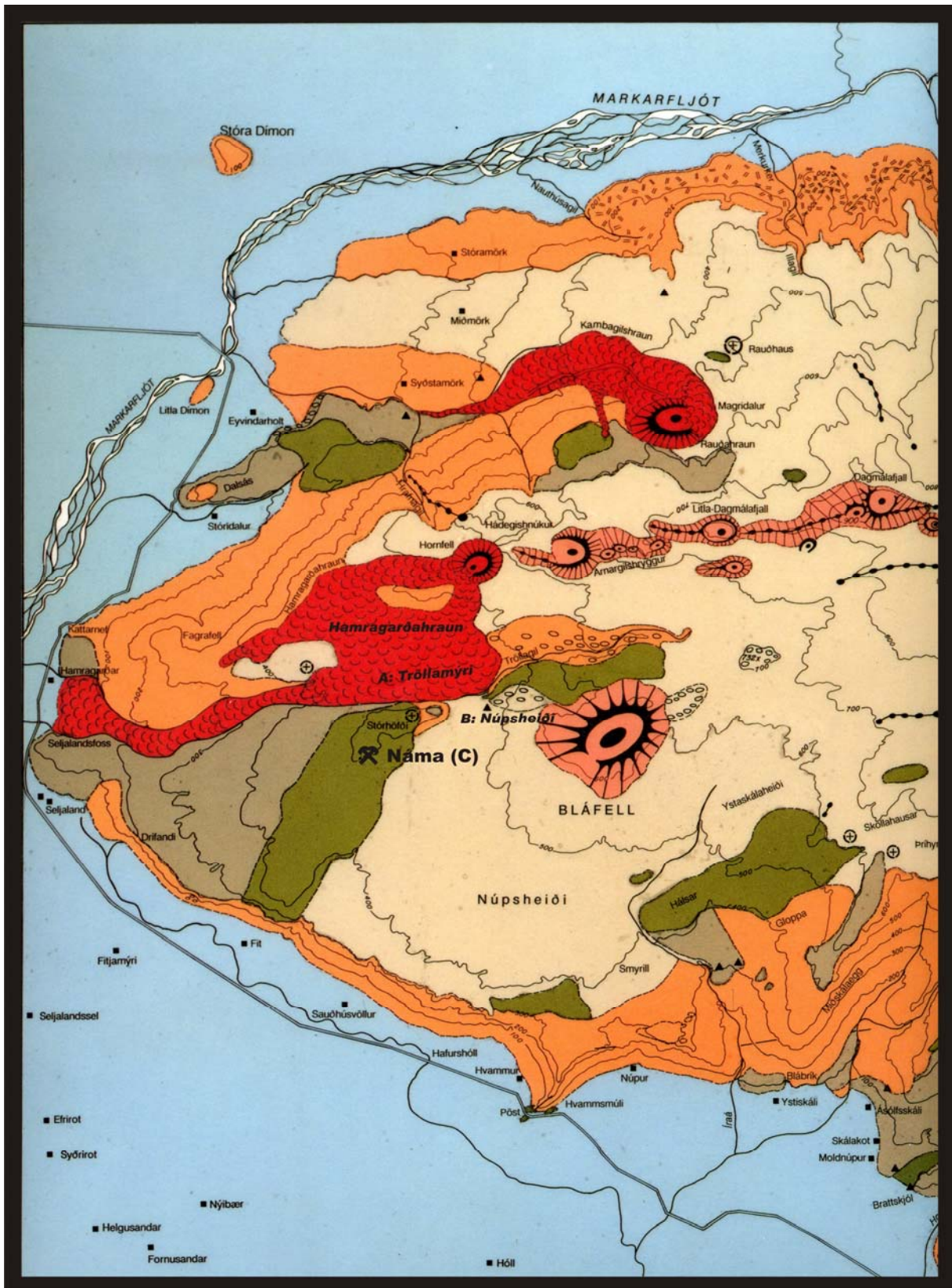
Setlög eru inn á milli eldri grágrýtislaganna og þykkari móbergsmýndanir eru algengar í yngri grágrýtismynduninni.

Nútímahraun liggja mislægt á grágrýtismyndunum eða leggjast upp að þeim. Þau þekja yfirborð á stórum hluta Reykjanesskagans auk þess sem Þjórsárhraunið mikla þekur stóran hluta Flóans. Nútímahraun eru að mestu ofan byggðar í Rangárþingunum báðum ofan við Gunnarsholt, Keldur, Árgilsstaði og Vatnsdal. Tvö nútímahraun hafa runnið í Eyjafjöllum og eru það Hamragarðahraun og Kambagilshraun, sem lýst er af Guðmundi Kjartanssyni (1958).

Jón Jónsson (1988) kortlagði jarðfræði Eyjafjalla og birti kort í mælikvarða 1:50.000. Vesturhlutinn af korti Jóns er sýndur á mynd 2. Þar eru Hamragarða- og Kambagilshraun auðkennd með rauðum lit. Ankaramíthraunlögin eru sýnd með grænum lit á korti Jóns.

Sigurður Steinþórsson (1964) lýsti Ankaramíti í Hvammsmúla undir Eyjafjöllum og telur þar vera innskot.

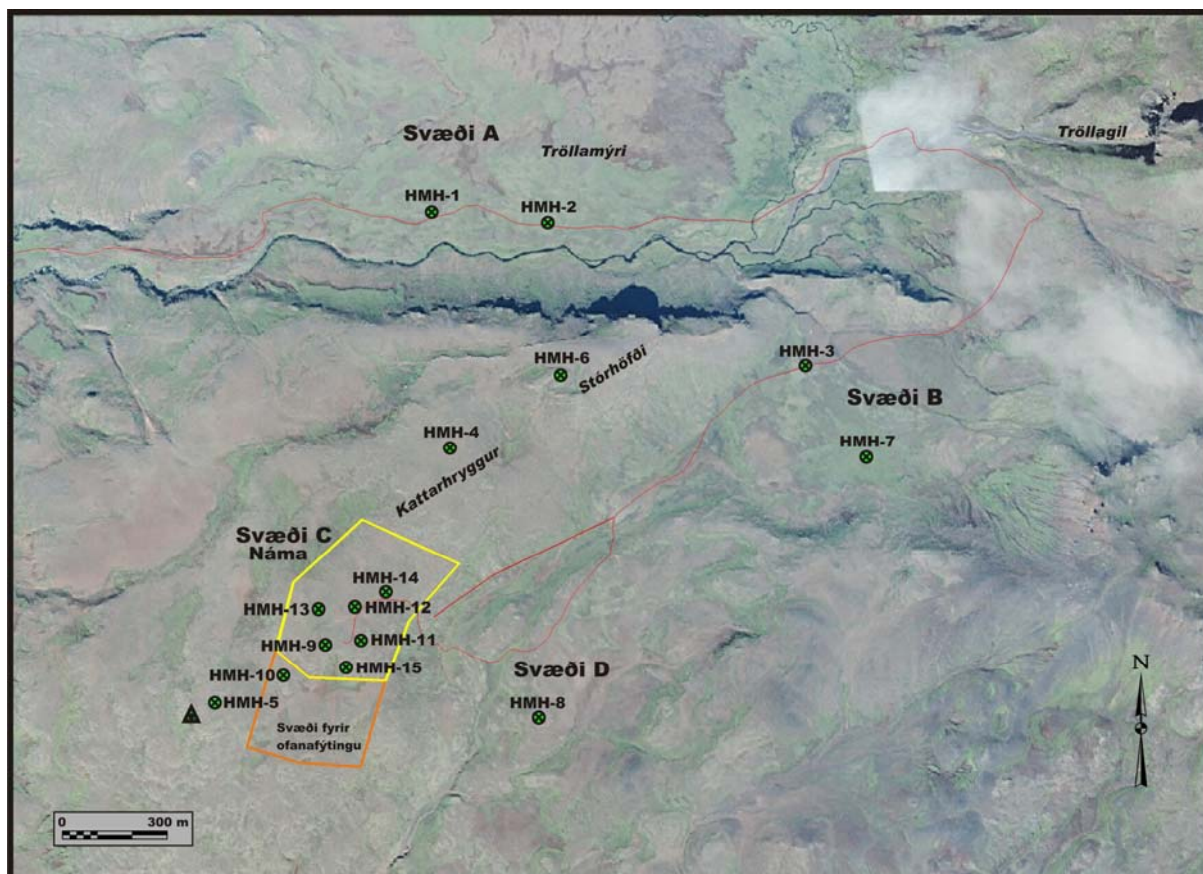
Mikið er um heilleg lagbrot úr grágrýti á Seljalandsheiði og þó sérstaklega austar á Núpsheiði. Þau finnast einnig á Ásólfskálaheiði, en svæðið þar á milli hefur ekki verið kannað, þar sem það er ekki eins aðgengilegt. Flest lagbrotin eru staðbundin og með litlu magni af nýtanlegu grjóti. Hins vegar vekur úrbreiðsla þeirra spurningar um það hvort þarna hafi upphaflega verið samhangandi hraun sem jökullinn hafi síðan rofið niður. Jón Jónsson (1988) virðist gera ráð fyrir að hraunið í Kattarhrygg sé myndað við gos í gíg við Stórhöfða. Sá er þetta ritar er alls ekki sannfærður um að svo sé, heldur sé mögulegt að hraunið eigi sér upptök ofar í Eyjafjöllum og hafi á einhverjum tíma myndað nær samhangandi hraunbreiðu austur á mótis við Moldnúp og Ásólfskála og hugsanlega enn austar. Þegar hraunið við Stórhöfða og Kattarhrygg rann, en það hraun er líklega með eldri hluta þessarar ankaramít myndunar, þá gæti skriðjökull hafa gengið fram dalinn þar sem nú er Hamragarðahraun og Tröllamýri.



Mynd 2. Jarðfræði Eyjafjalla eftir Jón Jónsson (1988). Hamragarða- og Kambagilshraun eru auðkennd með rauðum lit og ankaramíthraunin eru sýnd með grænum lit. Álitlegasta náman er í ankarmíti í Kattarhrygg sem gengur suðvestur úr Stórhöfða.

3 BORANIR

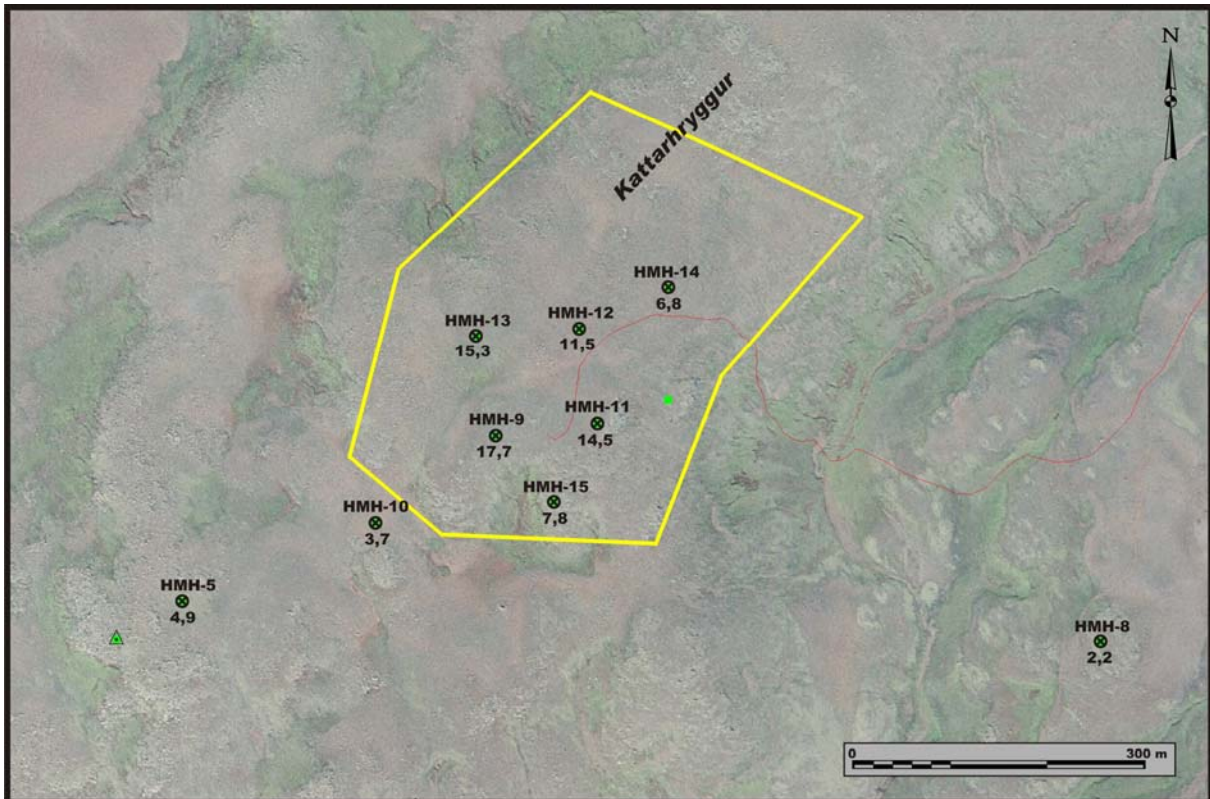
Á tímabilinu frá 24. nóvember til 22. desember voru boraðar 15 kjarnaholur til könnunar á grjótnámum á Hamragarðaheiði (svæði A), Núpsheiði (svæði B), Seljalandsheiði (svæði C) og austan við Kattarhrygg (svæði D) fyrir brimvarnir á fyrirhugaða ferjuhöfn á Bakkafjöru. Tvær holur (HMH-1 og HMH-2) voru boraðar í Hamragarðahraun á Tröllamýri, þrjár (HMH-3, HMH-7 og HMH-8) á Núpsheiði (eða á mörkum Núpsheiðar og Seljalandsheiðar) og tíu í Kattarhrygg og Stórhöfða á Seljalandsheiði. Jarðborinn Hrímnir, sem er í eigu Jarðborana hf var notaður til verksins. Borstjóri var Hlynur Arnarsson.



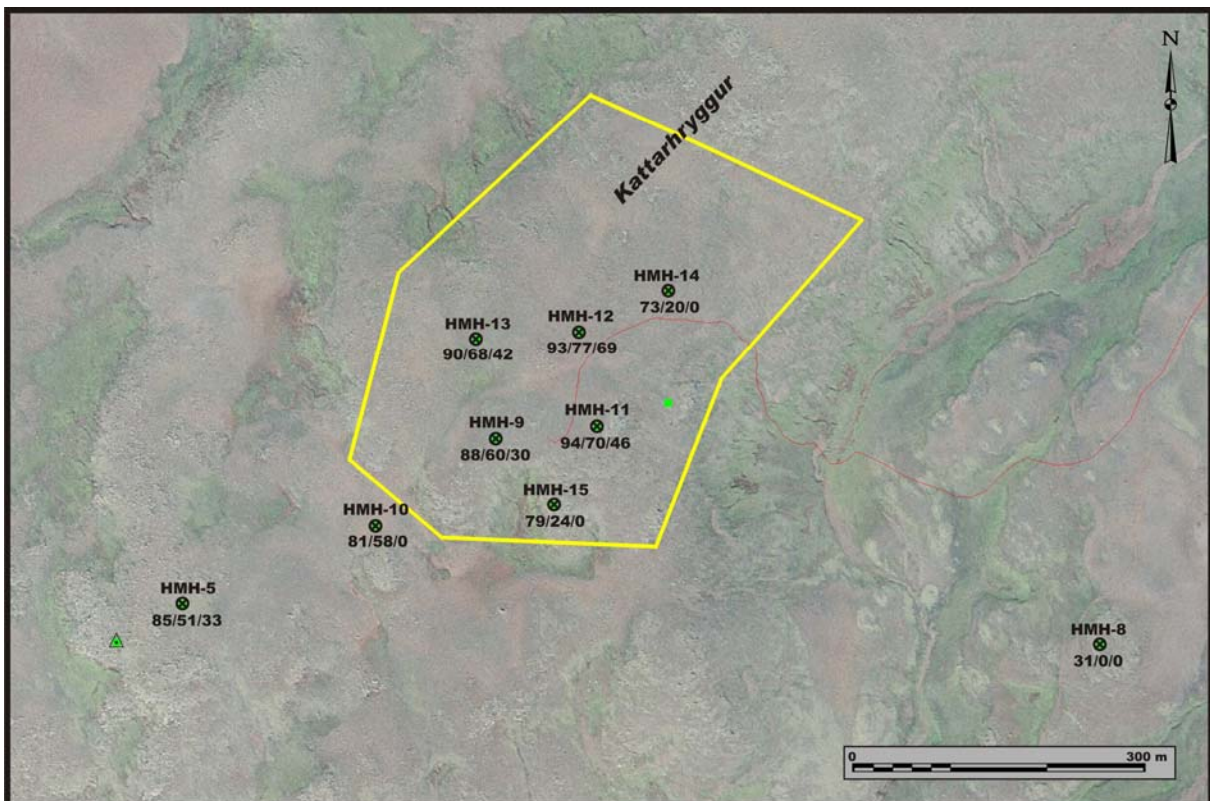
Mynd 3. Yfirlit yfir þau svæði sem könnuð voru með borunum á Hamragarða-, Seljalands- og Núpsheiði. Staðsetning borhola er einnig sýnd ásamt námusvæði í Kattarhrygg og legu slóðarinn á svæðið.

Staðsetning holanna sem boraðar voru er sýnd á mynd 3. Þar er einnig sýnd lega vegslóða um Tröllamýni á Hamragarðaheiði að hugsanlegu grjótnámi í Kattarhrygg. Þykkt vinnanlegs klapparlags í Kattarhrygg er sýnd á mynd 4 og heilleikastuðlar klapparlagsins eins og þeir mælast í holunum, eru sýndir á mynd 5.

Námusvæðið sem afmarkað er með gulri línu á myndum 3 – 5 er um 150.000 m³ að stærð og lagersvæði ofanafýtingar sem sýnt er á myndum 3 og 7 er um 90.000 m³. Samtals er afmarkað athafnasvæði námunnar um 24 ha. Hugsanlega þarf þó að útvíkka þetta svæði eitthvað í framtíðinni og þá líklega til vesturs eða norðvesturs.



Mynd 4. Staðsetning borhola og þykkt vinnslulags í kjarnaholum á námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði. Hugsanlegt námusvæði er afmarkað með gulri línu. Vinnslulagið er heillegast þar sem það er þykkast í holum HMH-9, HMH-11, HMH-12 og HMH-13.



Mynd 5. Staðsetning borhola á hugsanlegu námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði. Hugsanlegt námusvæði er afmarkað með gulri línu. Nyrsti hluti þess er þó lítt rannsakaður. Heilleikastuðull vinnslulags (RQD 10/50/100) hverrar holu er sýndur á myndinni. Af þeim sést að bergið er heillegast í holum HMH-9, HMH-11, HMH-12 og HMH-13. Rauða línan sýnir slóða sem ekinn var inn á svæðið.

Tafla 1. Skrá yfir borholur sem boraðar voru á Hamragarða-, Seljalands- og Núpsheiðum. Sýnt er heiti hola, dýpi, staðsetning og hæð yfir sjó, dýpi á klöpp, hæð á botni klappar og heilleikastuðull (RQD).

Hola Nr.	Dýpi (m)	Hæð (m y.s.)	Klöpp Dýpi/þykkt (m)	Botn klappar (m y.s.)	Norður-hnit (m)	Austur-hnit (m)	Heilleiki bergs (RQD) 10/50/100/200 (%)
HMH-1	16,80	426,3	6,4 / 8,9	410,7	346446,4	454664,8	71/25/0/0
HMH-2	18,30	424,4	6,2 / 12,1	406,1	346414,1	455002,9	77/50/0/0
HMH-3	12,10	468,3	5,0 / 6,6	456,7	345999,1	455749,1	80/21/0/0
HMH-4	15,50	509,3	0 / 5,5	503,8	345760,3	454718,4	48/39/0/0
HMH-5	15,30	488,5	4,9 / 4,9	478,7	345020,4	454036,4	85/51/33/0
HMH-6	5,50	533,1	- / -	-	345972,0	455038,7	-
HMH-7	13,60	471,6	4,0 / 9,6	458,0	345735,4	455925,7	70/5/0/0
HMH-8	8,00	457,9	1,4 / 2,2	454,3	344979,1	454976,2	31/0/0/0
HMH-9	17,70	495,1	0 / 17,7	477,4	345190,1	454356,8	88/60/30/0
HMH-10	14,10	485,6	4,5 / 3,7	476,6	345101,4	454234,1	80/58/0/0
HMH-11	19,00	492,4	2,0 / 14,5	473,4	345202,2	454461,2	94/70/46/21
HMH-12	20,00	492,7	8,5 / 11,5	472,7	345299,8	454442,4	93/77/69/24
HMH-13	21,30	495,5	6,0 / 15,3	474,2	345292,5	454337,8	90/68/42/13
HMH-14	14,00	489,8	5,8 / 6,8	477,2	345341,8	454533,9	73/20/0/0
HMH-15	17,20	490,3	7,4 / 7,8	474,7	345122,8	454416,4	79/24/0/0
Samtals	228,4						

3.1 Hamragarðaheiði – svæði A (Hamragarðahraunið)

Hamragarðahraunið er 17 – 18 m þykkt vestan til á Tröllamýri. Bergið er millibasalt (transitional basalt, sem er blanda af alkalísku- og þóleítísku berggröðunum, Sveinn Jakobsson, 1979). Á laginu er um 6,5 m þykkur gjallkargi og töluverð straumflögungur er í berginu og skákleyfni neðan til. Hola HMH-1 stíflaðist við lok borunar, en vatnsborð holu HMH-2 mældist í 16,1 m dýpi eftir borun. Jarðlagasnið holanna eru sýnd í viðauka A og ljósmyndir af kjörnunum í viðauka B.

3.2 Núpsheiði – svæði B

Tvær holur (HMH-3 og HMH-7) voru boraðar á sléttunni suðaustur af Stórhöfða. Efst í holu HMH-3 var 0,8 m þykkt lagbrot úr ankaramíti. Ankaramítið sem Jón Jónsson (1988) sýnir á korti sínu við Tröllagil virðist því ganga lengra til vesturs en sýnt er á kortinu (mynd 2). Þar undir er um 4 m þykkur kargi eða set. Frá 5,0 – 11,6 m dýpis er þétt millibasalt eða ísurt berg, talsvert brotið. Í holu HMH-7 er um 4 m þykk urð eða set efst en undir því 9,6 m þykkt þétt millibasalt eða ísurt berg. Berg á svæði B gæti hugsanlega nýst í burðarlög og slitlög við

vegagerð, en spurning er hvort karginn eða lausefnið nýtist eitthvað. Jarðlagasnið holanna eru sýnd í viðauka A og ljósmyndir af kjörnunum í viðauka B.

3.3 *Kattarhryggur á Seljalandsheiði – svæði C*

Svæði C gengur suðvestur frá Stórhöfða. Hálfan Ómar Hálfðanarson, frá Vestra-Seljalandi heldur að þarna heiti Kattarhryggur. Á svæðinu voru boraðar 10 holur, þar af ein nærri toppi Stórhöfða (HMH-6), ein (HMH-4) milli Stórhöfða og afmarkaða námusvæðis og ein (HMH-5) var boruð suðvestan við afmarkaða námusvæðið í nágrenni við þríhyrningamælistöðina sem sýnd er á myndunum. Síðastnefnda holan var sú hola sem gaf vísbendingar um að það kynni að leynast nýtanleg klöpp í Kattarhrygg, en niðurundan holunni mátti sjá vísbendingar um heilleg klapparbot.

Í Kattarhrygg voru boraðar 7 holur (HMH9 til HMH-15) til viðbótar á og í grennd við álitlegasta námusvæðið. Jarðlagasnið holanna eru sýnd í viðauka A og ljósmyndir af kjörnunum í viðauka B.

Ankaramíthraunlagið í á námusvæðinu í Kattarhrygg er 4 – 18 m þykkt. Það er yfir 10 m þykkt í holum HMH-9, HMH-11, HMH-12 og HMH-13. Það virðist þynnast út til norðurs og suðurs, en eftir er að kanna útbreiðslu þess til vesturs og norðvesturs.

Klapparlagið er samfelld frá yfirborði í holu HMH-9 og niður í 17,7 m dýpi og nokkuð heillegt frá toppi til botns, þó blöðróttara ofan við 6 m dýpi. Í öðrum holum er lélegt berg í efstu 4 – 8 m og eitthvað um leirkennt set undir yfirborðshellunni. Þessu efni þarf því væntanlega að ýta ofan af svæðinu og hreinsa efstu 5 – 6 metrana ofan af vinnslusvæðinu áður en eiginleg grjótvinnsla hefst. Efnið sem þarna fæst ætti þó að nýtast til vegagerðar, í fyllingar og hugsanlega einnig á rofverm í flóðvarnargarða við Markarfljót.

3.4 *Núpsheiði – svæði D*

Ein hola (HMH-8) var boruð í Klapparkoll á Núpsheiði skammt austan við svæði C. Bergið virtist nokkuð heillegt á yfirborði, en í ljós kom að það er mikið brotið og lagbrotið einungis um 3,6 m á þykkt. Jarðlagasnið holunnar er sýnt í viðauka A og ljósmynd af kjarnanum í viðauka B.

4 BERGGÆÐI

Fjögur svæði voru skoðuð með borunum. Svæði A, þ.e. hraunið í Tröllamýri (HMH-1 og HMH-2); svæði B, þ.e. sléttan suðaustur af Stórhöfða, austast á Núpsheiði (HMH-3 og HMH-7); svæði C, þ.e. Kattarhryggur sem gengur vestur frá Stórhöfða (HMH-4, HMH-5 og HMH-9 til HMH-15); og svæði D, þ.e. svæðið austan við Kattarhrygg þar sem hola HMH-8 var borðuð.

Borkönnunin leiddi í ljós að vænlegt grjótnám til brimvarna er eingöngu að finna á takmörkuðu svæði í Kattarhrygg suðvestur af Stórhöfða á Seljalandsheiði. Gæðum bergsins í þeirri námu eru sýnd hér að neðan.

4.1 Rúmþyngd og rakadrægni

Rúmþyngd (specific gravity) og rakadrægni bergs úr borkjörnum hola af Hamragarðaheiði og Seljalandsheiði var mæld í 8 sýnum (tafla 2).

Rúmþyngd sýna frá vinnslulaginu á námusvæðinu í Kattarhrygg er 2,82 – 2,93 og 2,87 tonn/m³ að meðaltali fyrir mettað yfirborðspurt berg (ssd) og rakadrægnin er 0,86 – 1,36 og 1,06% að meðaltali. Berg úr efri hluta klappar, ofan við 6 m, er blöðróttara og rúmþyngd sýnis úr 3,7 – 3,9 m dýpi úr holu HMH-9 er með rúmþyngdina 2,53 tonn/m³ (ssd) og rakadrægni bergsins er 1,53%.

Tafla 2. Rúmþyngd, rakadrægni og punktálagsgildi (Point Load Index (PLI)) bergs í borkjörnum af Hamragarðaheiði og Seljalandsheiði.

Borhola Nr.	Dýpi m	Svæði	Rúmþyngd			Rakadrægni %	PLI I ₅₅₀ MPa
			þurr	mettað	sýndar		
HMH-2	15,1 – 15,3	Tröllamýri	2,69	2,73	2,79	1,24	13,2
HMH-7	7,2 – 7,4	Núpsheiði	2,84	2,87	2,93	1,10	13,5
HMH-9	3,7 – 3,9	Kattarhryggur	2,50	2,54	2,60	1,53	2,9
HMH-9	6,8 – 7,0	Kattarhryggur	2,79	2,82	2,89	1,26	2,4
HMH-9	12,6 – 12,8	Kattarhryggur	2,82	2,85	2,90	0,99	4,7
HMH-9	16,8 – 17,0	Kattarhryggur	2,88	2,91	2,95	0,83	5,6
Meðaltal	HMH-9¹⁾	Kattarhryggur	2,83	2,86	2,91	1,15	4,2
HMH-13	9,0 – 9,2	Kattarhryggur	2,81	2,85	2,92	1,36	4,7
HMH-13	19,4 – 19,6	Kattarhryggur	2,91	2,93	2,98	0,86	8,1
Meðaltal	HMH-13	Kattarhryggur	2,86	2,89	2,95	1,11	6,4
Meðaltal	vinnslulag	Kattarhryggur	2,84	2,87	2,93	1,06	5,1

1) Meðaltal fyrir vinnslulag neðan við 6 m dýpi.

4.2 Brotþol

Bergsýnin 8 voru brotin í punktálagsprófi. Brotstuðullinn, I₅₅₀, er 5,1 MPa að meðaltali úr bergi úr fyrirhuguðu vinnslulagi í Kattarhrygg. Þetta er gæðaflokkur B samkvæmt viðmiðum í gæðastaðli í töflu 4. Blöðrótt berg ofan við 5 – 6 m fellur þó neðan þessara marka þar sem brotþol þess er nærri 3 MPa, eða gæðaflokkur C. Brotþol bergs úr hrauninu í Tröllamýri og af svæðinu SA af Stórhöfða er nokkru herra og brotstuðullinn liðlega 13 MPa.

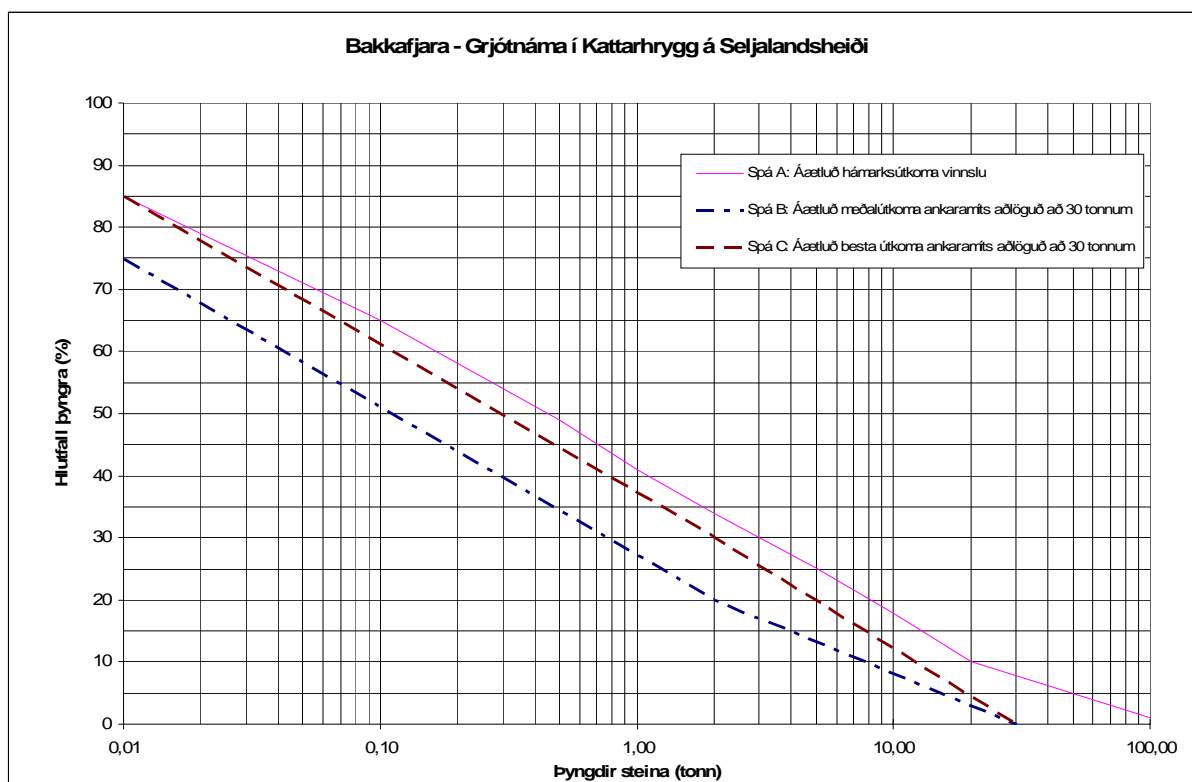
4.3 Vinnsluspá

Kjarnarnir úr holum HMH-1 til HMH-15 voru sprungumældur til að kanna heilleika bergsins m.t.t. til stærðardreifingar við grjótvinnslu. Vinnsluspá var þó einungis unnin fyrir kjarnana úr holum HMH-9 til HMH-15 úr Kattarhrygg sem gengur vestur úr Stórhöfða. Vinnsluspár fyrir grjótnámið eru sýndar á mynd 6 og í töflu 3.

Vinnsluspá A er hámarksspá fyrir grjótvinnslu áður en farið er að smækka stærstu steina.

Spá B sýnir áætlaða meðalútkomu úr um 1 milljón rúmmetra vinnslu á um 100 ha svæði í Kattarhrygg, þar sem vinnsla er aðlöguð að 30 tonna hámarksstærð steina. Miðað er við að laust efni verði hreinsað ofan af námusvæðinu áður en eiginleg grjótvinnsla hefst.

Spá C sýnir áætlaða meðalútkomu úr vinnslu á um 500.000 m³ af 40 – 50 ha svæði í betri hluta námunnar þar sem vinnslulagið er þykkast og vinnslan er aðlöguð að 30 tonna hámarksstærð steina.



Mynd 6. Vinnsluspár fyrir hugsanlegt námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði.

Tafla 3. Vinnsluspá fyrir hugsanlegt námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði samkvæmt línuritinu í mynd 6 hér að ofan.

	>0,01 t %	>0,1 t %	>0,5 t %	>1,0 t %	>2,0 t %	>5,0 t %	>10 t %	>20 t %
Spá A	85	65	49	41	34	25	18	10
Spá B	75	51	34	27	20	13	8	3
Spá C	85	61	45	37	30	20	12	5

Tafla 4. Gæðastaðall fyrir grjót í brimvarnir. Sýnt er hvernig grjót úr hugsanlegri námu í Kattarhrygg fellur að þessari gæðaflokkun (Ómar Bjarki Smárason o.fl. 2000).

Próf	Ágætt (A)	Gott (B)	Sæmilegt (C)	Lélegt (D)	Athugasemdir
Berggerð	Gabbró, Granít, Dólerít, Anortósít, Monzonít, DÍlabasalt	Ólivín-þóleíít, Alkalíbasalt Ankaramít Kvartzít, Gnæs	Þóleíítbasalt, Andesít	Rýólít, Dasít, Móberg,	Leiðbeinandi fyrir berggerð án tillits til rúmþyngdar og brotstyrks.
Rúmþyngd (SSD) (tonn/m ³)	>2,9	2,65-2,9 Kattarhryggur	2,5-2,65	<2,5	CIRIA/CUR telja berg ágætt, sé þurr rúmþyngd >2,9.
Rakadrægni (%)	<0,5	0,50-1,0 Kattarhryggur	1,0-2,0 Kattarhryggur	>2,0	Þýðingarmesta prófið m.t.t. endingar. Góður mælikvarði á veðrunarþol sérstaklega í köldu loftslagi.
Frost-/þíðu-próf Flögun kg/m ²	<0,05	0,06-0,10	0,11-0,20	0,21-0,50	Sænskur próf fyrir steypu SS 137244 í 3% NaCl lausn.
Brotstuðull I _{S(50)} (MPa)	>8,0	5,0-8,0 Kattarhryggur	3,0-5,0 Kattarhryggur	<3,0	Gefur vísbandingu um viðnám gegn broti af gerð 2. Getur gefið ranga hugmynd um styrk stórra blokka.
RQD ₅₀	>70%	50 – 70% Kattarhryggur	30 – 50%	<30%	
Ummyndun í þunnsneið	Engin	Lítill	Talsverð	Mikil	Ummyndun er metin með skoðun í þunnsneið
Innri binding kristalla (í þunnsneið)	Ágæt	Góð	Sæmileg	Kleyfni til staðar	Mat í þunnsneið.

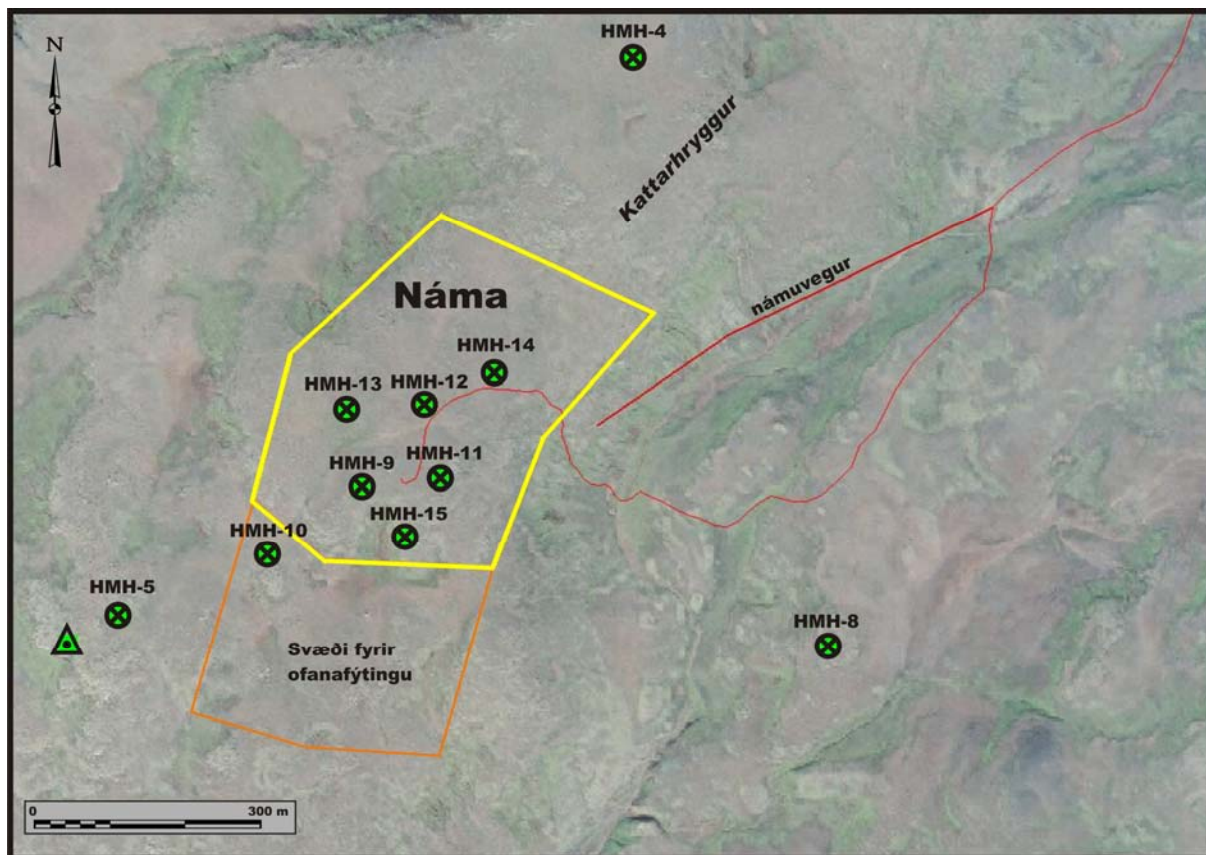
5 HUGSANLEGAR NÁMUR

Álitlegasta náman fyrir brimvarnargrjót í brimvarnir á Bakkafjöru er í Kattarhrygg á Seljalandsheiði. Þarna má líklega vinna a.m.k. 500.000 – 1.000.000 m³ af föstu bergi.

Heildarsvæðið sem námukönnunin (holur HMH-9 til HMH-15) í Kattarhrygg nær til er um 100 ha og heildarmagn vinnanlegrar klappar á því svæði gæti verið um 1 milljón rúmmetrar, miðað við að vinnslulagið sé að meðaltali um 10 m þykkt. Það svæði sem kannað var nokkuð ítarlega með um 100 m holubili (holur HMH-9, HMH-11, HMH-12 og HMH-13) er um 40 ha að stærð. Þá er miðað við að klöppin haldist svipuð í um 50 m fjarlægð út frá holunum. Meðalþykkt klapparlagsins í holum HMH-9, HMH-11, HMH-12 og HMH-13 er um 14,7 m.

Aðrar námur eða námusvæði sem til álita gætu komið og minnst er á í inngangi hér að framan eru vestan við Þorlákshöfn og í Þjórsárhrauni, í Flóanum vestan Þjórsár. Sigla þyrfti grjótinu frá Þorlákshöfn en akstur frá námu í Flóanum til Bakkafjöru er um 60 km. Hlutfall stórgrýtis

úr námu við Þorlákshöfn er svipað og borrannsóknir á Seljalandsheiði gefa til kynna fyrir námu þar.



Mynd 7. Hugsanlegt námusvæði í Kattarhrygg á Seljalandsheiði er sýnt með gulum lit og svæði fyrir ofanafýtingu með appelsínugululum lit. Hugsanleg lega aðkomuvegar að námu er einnig sýnd. Hugsanlegt er að aka út úr námu í átt að holu HMH-8 og lagera grjót þar.

6 UMRÆÐA

Í brimvörn á Bakkafjöru er gert ráð fyrir að nota þurfi um 469.593 m³ af sprengdu grjóti. Þar af eru 156.920 m³ yfir 1 tonni (33,4%) og 24.813 yfir 10 tonnum (5,3%). Hlutur grjóts yfir 0,1 tonni er áætlaður samtals 245.193 m³ (52,2%) og kjarnafyllingin er því samtals 224.400 m³ (47,8%). Auk þessa er gert ráð fyrir að nota um 120.000 m³ af mól undir garð og í fyllingar.

Til að ná 33,4% af grjóti yfir 1 tonni þarf nokkuð góða námu og vinnslulag námu í Kattarhrygg ætti að geta gefið þetta hlutfall sé svæðið kannað vel og þess gætt að vinna einungis í heillegasta hluta námunnar. Séu hins vegar gloppur í vinnslulaginu eða það ekki eins samfellt og borrannsóknir gefa til kynna þarf ekki mikið til að erfiðlega gæti gengið að ná þessum hlutföllum grjót úr námunni. Áður að til útboðs kemur er því líklega rétt að bæta við nokkrum holum á svæðinu og þetta þannig holunetið á vinnslusvæðinu þannig að það sé kannað í 50 m möskva eins og yfirleitt er kosið að gera. Með þessu ætti að vera hægt að sneiða betur hjá lélegri hlutum námunnar og vinna svæði þar sem grynnt er á vinnslalagið.

Ef við gefum okkur að meðalþykkt vinnslulagsins í Kattarhrygg sé um 14 m á 40 ha svæði, þá gefur það af sér um 560.000 m³ af föstu bergi, eða 784.000 m³ af sprengdu efni í brimvörn miðað við þanstuðul 1,4. Sé klöppin samfellt á því svæði, sem kannað var með holum HMH-9, HMH-11, HMH-12 og HMH-13, og ástand hennar svipað um 50 m út fyrir svæðið

sem holurnar afmarka, þá ætti að nást þarna vel ríflega það magn af grjóti sem þarf fyrir framkvæmdir við ferjuhöfn á Bakkafjöru.

Rúmþyngd bergsins í námunni í Kattarhrygg er ágæt, eða að meðaltali um $2,87 \text{ tonn/m}^3$ fyrir vinnslulagið neðan við 6 m dýpi. Rakadrægni bergsins er á bilinu 0,8 – 1,5%. Þetta er svipuð eða lægri rakadrægni en í nútímahrauni Heiðarinnar hár við Þorlákshöfn.

Nokkuð er um það að berg af kvarterum aldri (grágrýti) klofni eða poppist sé það unnið í frosti að vetrinum. Yfirleitt virðist þetta þó ekki gerast fyrr en rakadrægni bergsins er komin yfir 1,5%. Rétt er þó að hafa varann á með þetta þar sem berg af þeirri gerð (millibasalt) hefur hingað til ekki verið mikið notað í brimvarnir hér við land. Skoða þyrfti þunnsneiðar af berginu við tækifæri til að sjá hvort ummyndunar gætir í því.

7 SAMANTEKT

- Álitlegasta grjótnám fyrir brimvörn á Bakkafjöru er í Kattarhrygg á Seljalandsheiði. Þarna má væntanlega vinna um 1 milljón rúmmetra af fastri klöpp. Náman er í um 500 m y.s. og fjarlægð frá þjóðvegi 1 er um 11 km.
- Bergið í námunni er ankaramít basalt. Rúmþyngd þess mældist á bilinu 2,5 – 2,9 og rakadrægnin 0,8 – 1,5%. Brotþol bergsins mældist 2,4 – 8,1 MPa. Meðalrúmþyngd vinnslulagsins, neðan 6 m dýpis frá yfirborði, virðist vera nærri $2,87 \text{ tonn/m}^3$ og rakadrægnin um 1,1%.
- Hlutfall grjóts yfir 1 tonni úr námunni gæti legið á bilinu 25 – 40% og hlutfalls grjót í 20 – 30 tonna grjótflokk gæti orðið um 3 – 4% eftir því hversu vel er vandað til vinnslunnar.
- Um 40 ha svæði námunnar var skoðað nokkuð ítarlega með borunum og á miðju námusvæðinu er meðalþykkt vinnslulagsins 14,8 m. Best kannaða svæðið ætti að gefa af sér fast að 800.000 m^3 af sprengdu efni í brimvarnir miðað við þanstuðul 1,4 frá föstu bergi í sprengt efni í brimvörn komið. Meðalþykkt vinnslulagsins á námusvæðinu öllu gæti hins vegar verið á bilinu 10 – 12 m.
- Ofan á vinnslulaginu er víðast brotið basalt, kargi eða urð. Gera má ráð fyrir að þykkt þess sé að meðaltali um 5 m. Þetta efni getur hins vegar nýst í kjarna og til vegagerðar fyrir námuvegi.
- Á sléttunni suðaustan við Stórhöfða (svæði B) er aurkeila með efni sem hugsanlega má nýta til vegagerðar. Undir setinu er mjög þétt basalt með hátt brotþol sem hugsanlega má vinna í burðarlög og hugsanlega einnig slitlög í vegagerð.

Reykjavík 30. janúar 2007,

Ómar Bjarki Smárason
jarðfræðingur

8 RITSKRÁ

- CIRIA/CUR 1991. Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering. CIRIA Publication 83. CUR Report 154.
- Guðmundur Kjartansson, 1948: Árnésingasaga. Árnésingafélagið í Reykjavík. 268 bls.
- Guðmundur Kjartansson, 1958: Endaslepp hraun undir Eyjafjöllum. Náttúrufræðingurinn 28. ár, 3. hefti, bls. 127-140.
- Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson, 1998: Jarðfræðikort af Íslandi. Höggun. Náttúrufræðistofnun Íslands, Reykjavík (1. útgáfa).
- Priest, S.D. and Hudson, J.A., 1976: Discontinuity spacing in rock. Int J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr., 13, 135 - 148.
- Jón Ari Ólafsson, 2003: Brimvarnargarður á Bakkafjöru. Tækniháskóli Íslands. Lokaverkefni í byggingartæknifræði.
- Jón Jónsson, 1988: Jarðfræðikort Eyjafjöll. Útgefandi Rannsóknarstofnunin Neðri Ás, Hveragarði.
- Sigurdarson, S., Juhl, J., Sloth, P, Smarason, O.B. and Viggosson, G. (1998). "Advances in Berm Breakwaters." Coastlines, Structures and Breakwaters Conference, London.
- Sigurdarson, S; Viggosson, G; Benediktsson, S; & Smarason, O.B., 1995: Berm breakwaters and quarry investigations in Iceland. COPEDEC, Rio de Janeiro, Brazil.
- Sigurdarson, S. Viggosson, G. Benediktsson, S. Einarsson, S. and Smarason, O. B., 1998. Berm Breakwaters, Fifteen Years Experience, Proc. 26th ICCE, Copenhagen.
- Sigurdarson, S., Viggosson, G., Benediktsson, S. & Smarason, O.B., 1996: Berm Breakwaters, Tailor-Made Size Graded Structures. Proceedings of 11th Int. Harbour Congress.
- Sigurdarson, S., Viggosson, G., Tørum, A. and Smarason, O.B., 2001: Stable berm breakwaters. International Workshop on Advanced Design of Maritime Structures in the 21st Century, PHRI, Japan, March 2001.
- Sigurdarson, S., Smarason, O.B. and Viggosson, G., 2000: Design Considerations of Berm Breakwaters. International Conference on Coastal Engineering, ICCE2000
- Sigurður Steinþórsson, 1964: The Ankaramites of Hvamsmúli, Eyjafjöll, Southwestern Iceland. Acta Naturalia Islandica II-4, 32 bls. Náttúrugripasafn Íslands, Reykjavík.
- Smarason, O.B., 1994. Quarry investigations for rubble mound structures in Iceland. Proceedings of the Hornafjörður Int. Coastal Symposium, Icelandic Maritime Administration.
- Smarason, O.B., Sigurdarson, S., and Viggosson, G., 2000: Quarry yield prediction as a tool in breakwater design. Keynote lectures NGM-2000 and 4th GIGS Helsinki 2000. Finnish Geotechnical Society.
- Sveinn Jakobsson, 1979: Petrology of Recent basalts of the Eastern Volcanic Zone, Iceland. Acta Naturalia Islandica 26, 103 p.
- Stapi Consulting Geologists 1999: Sirevag Harbour Project. Quarry Investigation. April 1999. Norwegian Maritime Administration, 2nd District.
- Stapi Consulting Geologists 2001a: Seabird Project - Karwar, India. Quarry Investigation. May 2001. Larsen & Toubro / Hochtief Joint Venture. (Subcontract with HR Wallingford, UK)
- Stapi Ltd - Consulting Geologists, 2001b: Hammerfest LNG Plant Melköya - Quarry Investigation. 68 pp. (Multiconsult AS, Oslo, for Statoil, Norway).

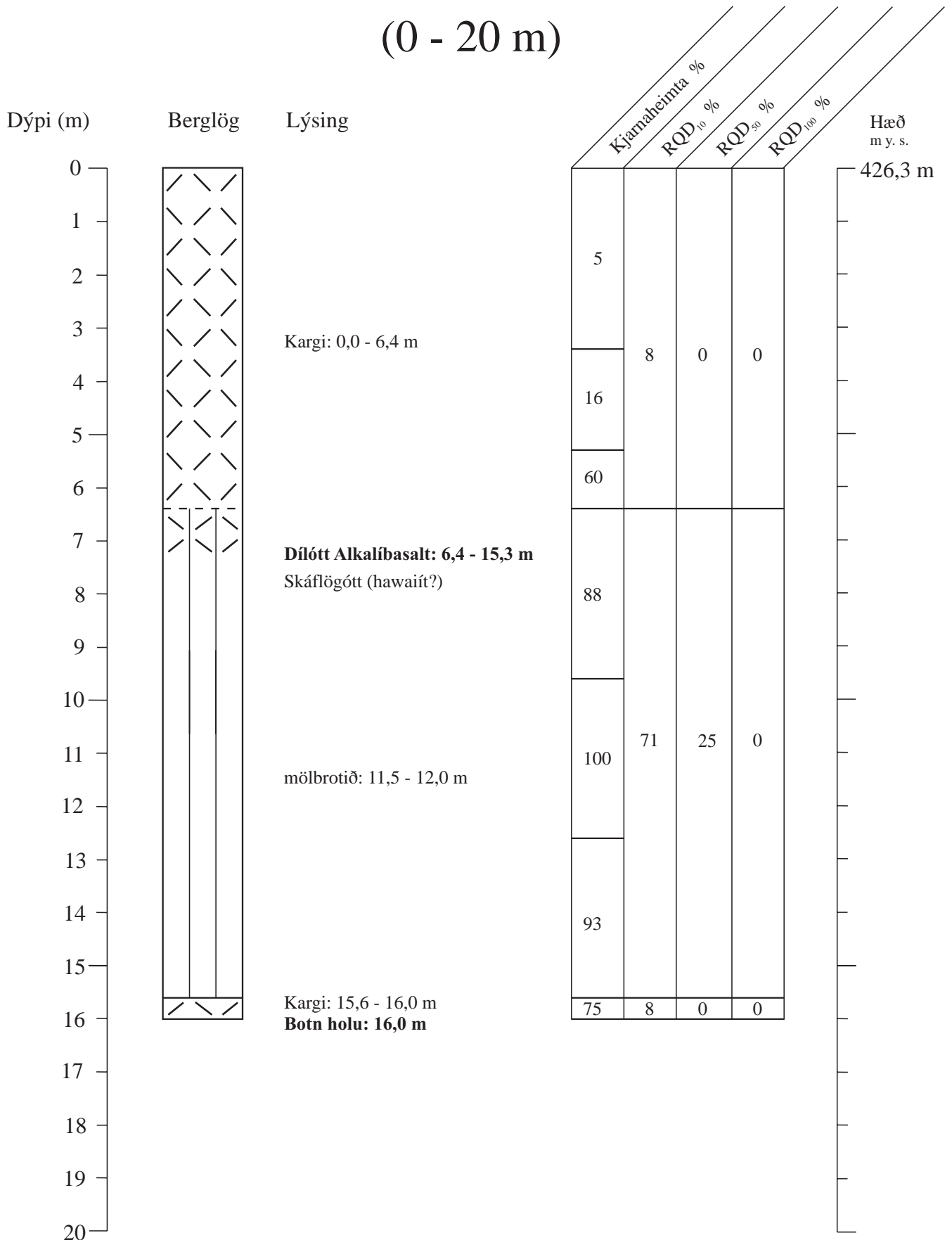
VIÐAUKI – A

Borholusnið

HMH-1 til HMH-15

HAMRAGARÐAHEIÐI

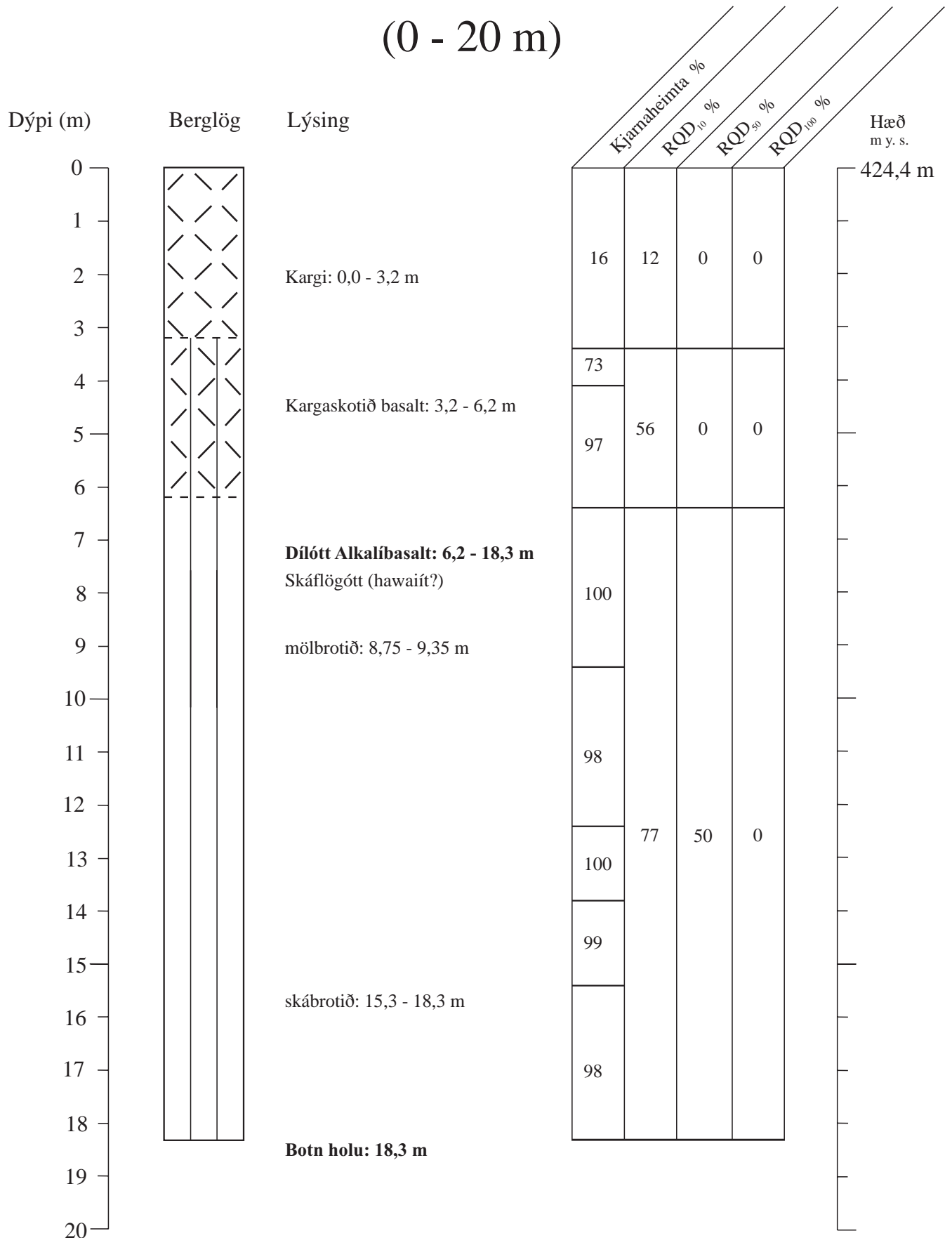
Hola HMH-1 (0 - 20 m)



MYND A-1. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-1 frá 0 - 20 m.

HAMRAGARÐAHEIÐI

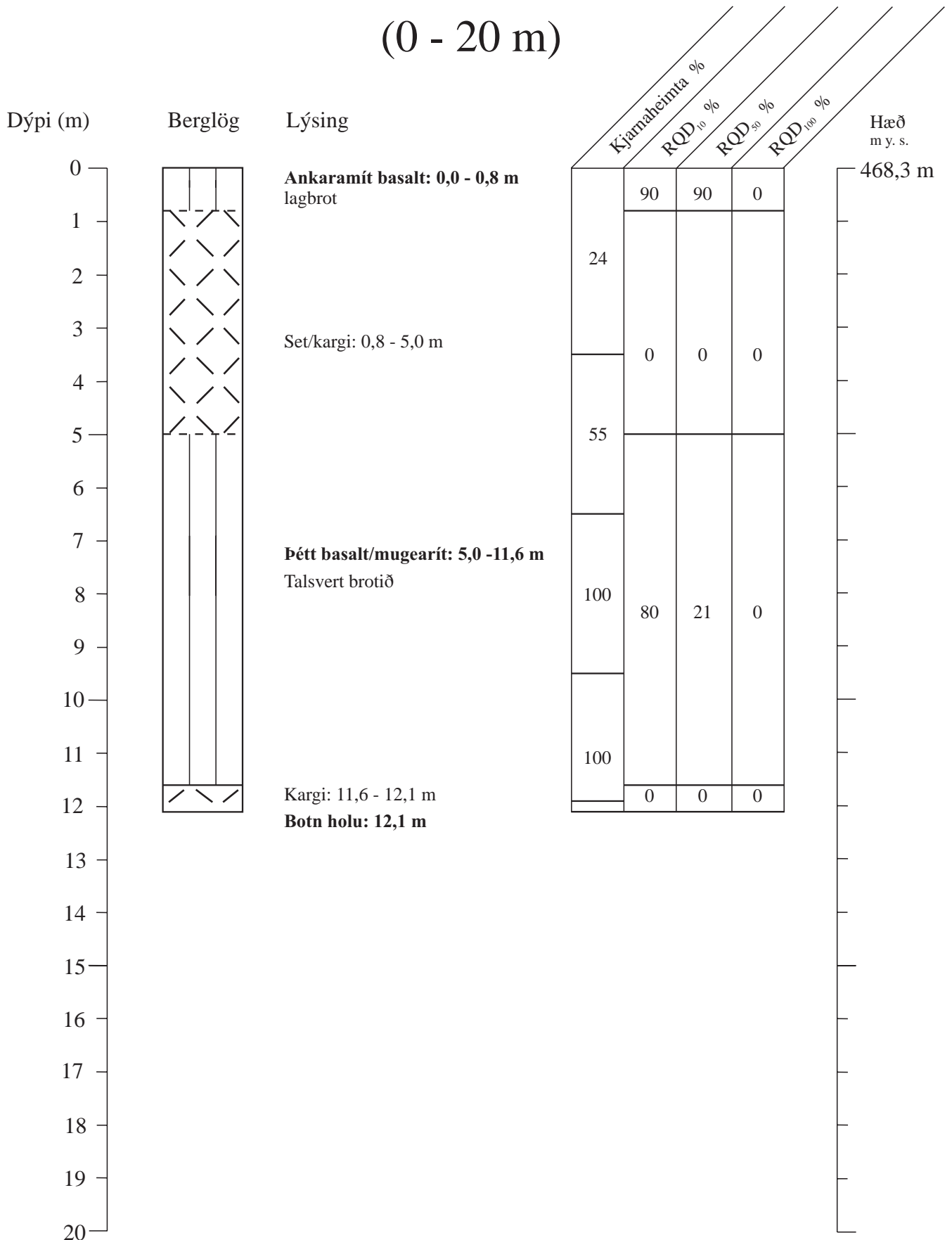
Hola HMH-2 (0 - 20 m)



MYND A-2. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-2 frá 0 - 20 m.

NÚPSHEIÐI

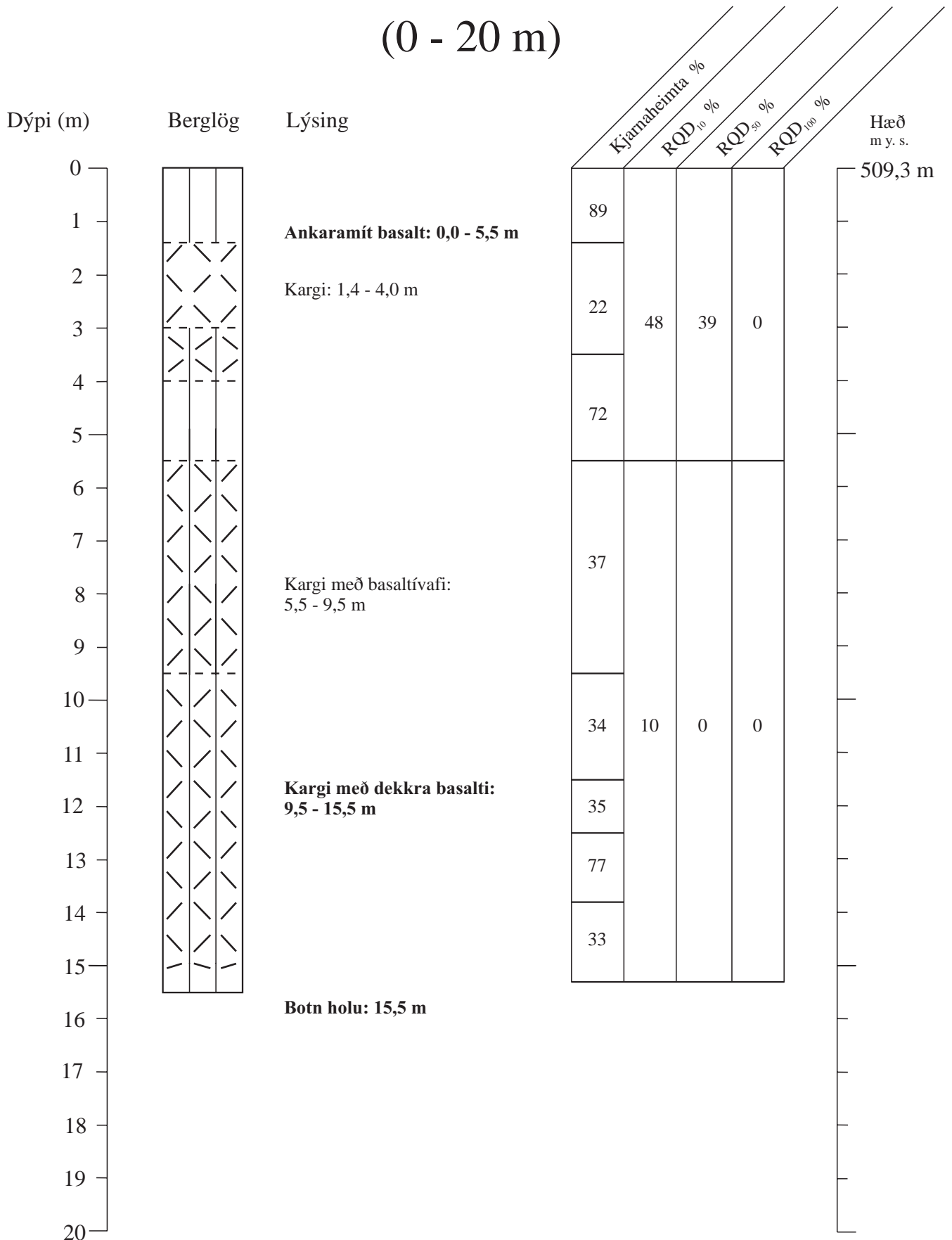
Hola HMH-3 (0 - 20 m)



MYND A-1. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-3 frá 0 - 20 m.

SELJALANDSHEIÐI

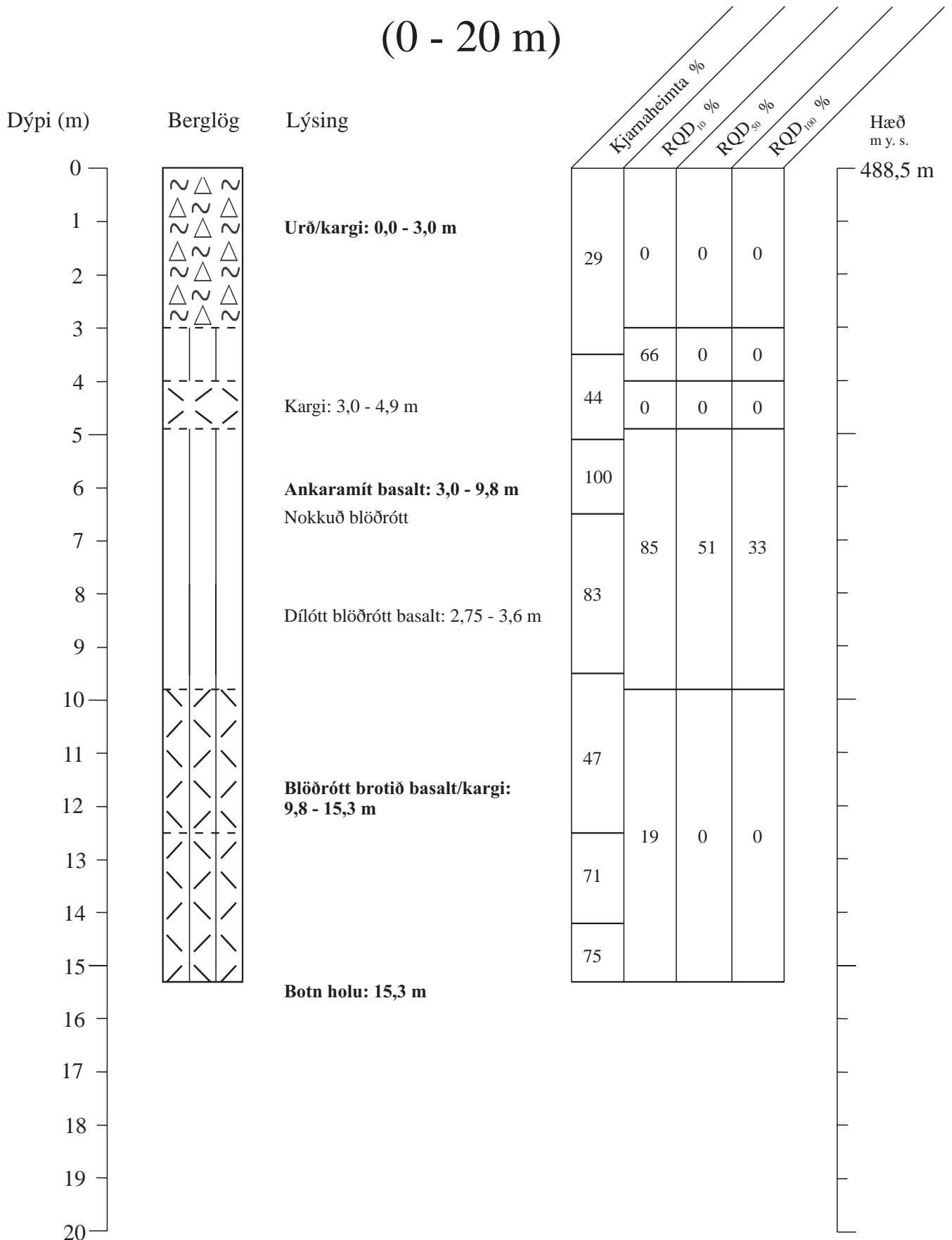
Hola HMH-4 (0 - 20 m)



MYND A-4. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-4 frá 0 - 20 m.

SELJALANDSHEIÐI

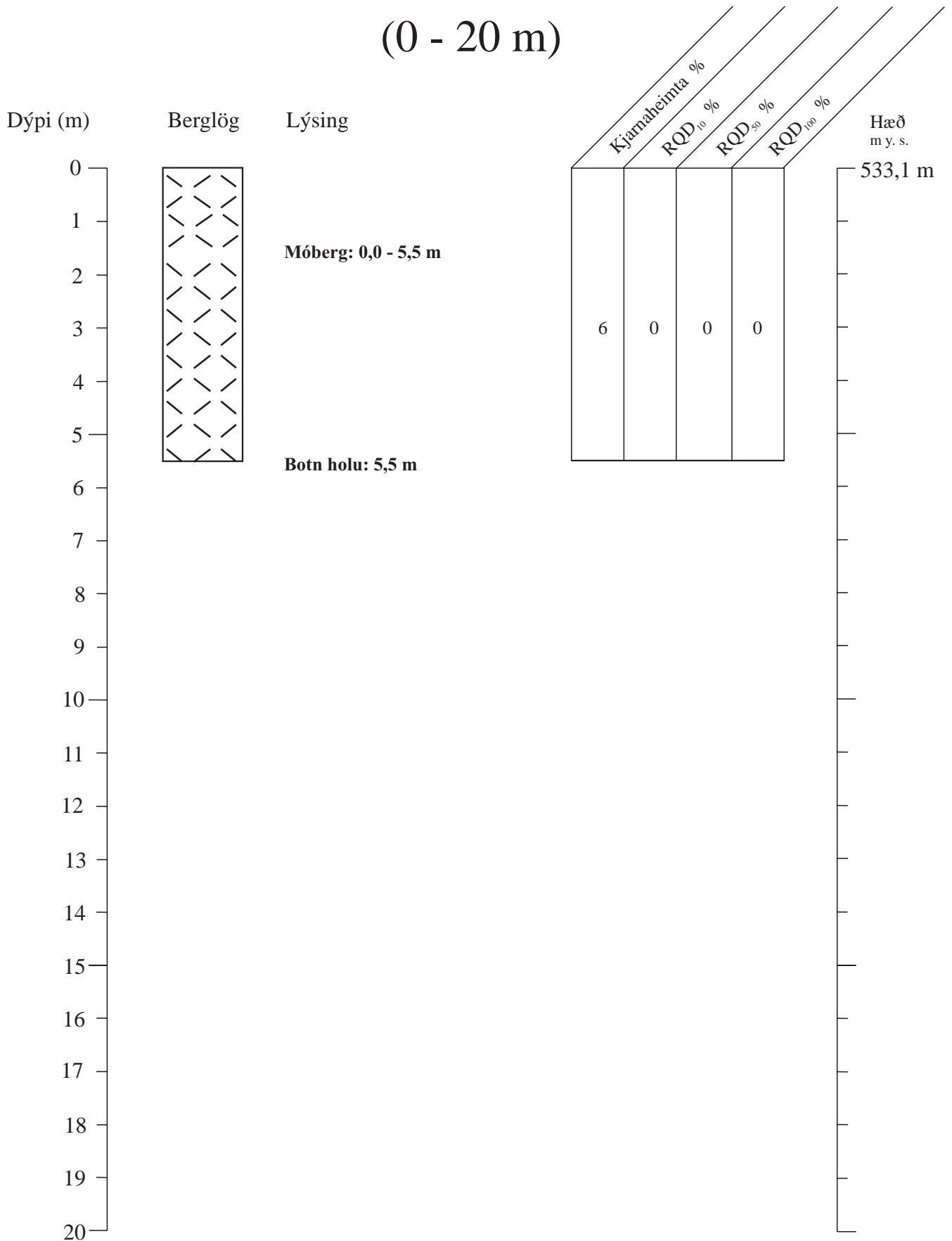
Hola HMH-5 (0 - 20 m)



MYND A-5. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-5 frá 0 - 20 m.

SELJALANDSHEIÐI

Hola HMH-6 (0 - 20 m)

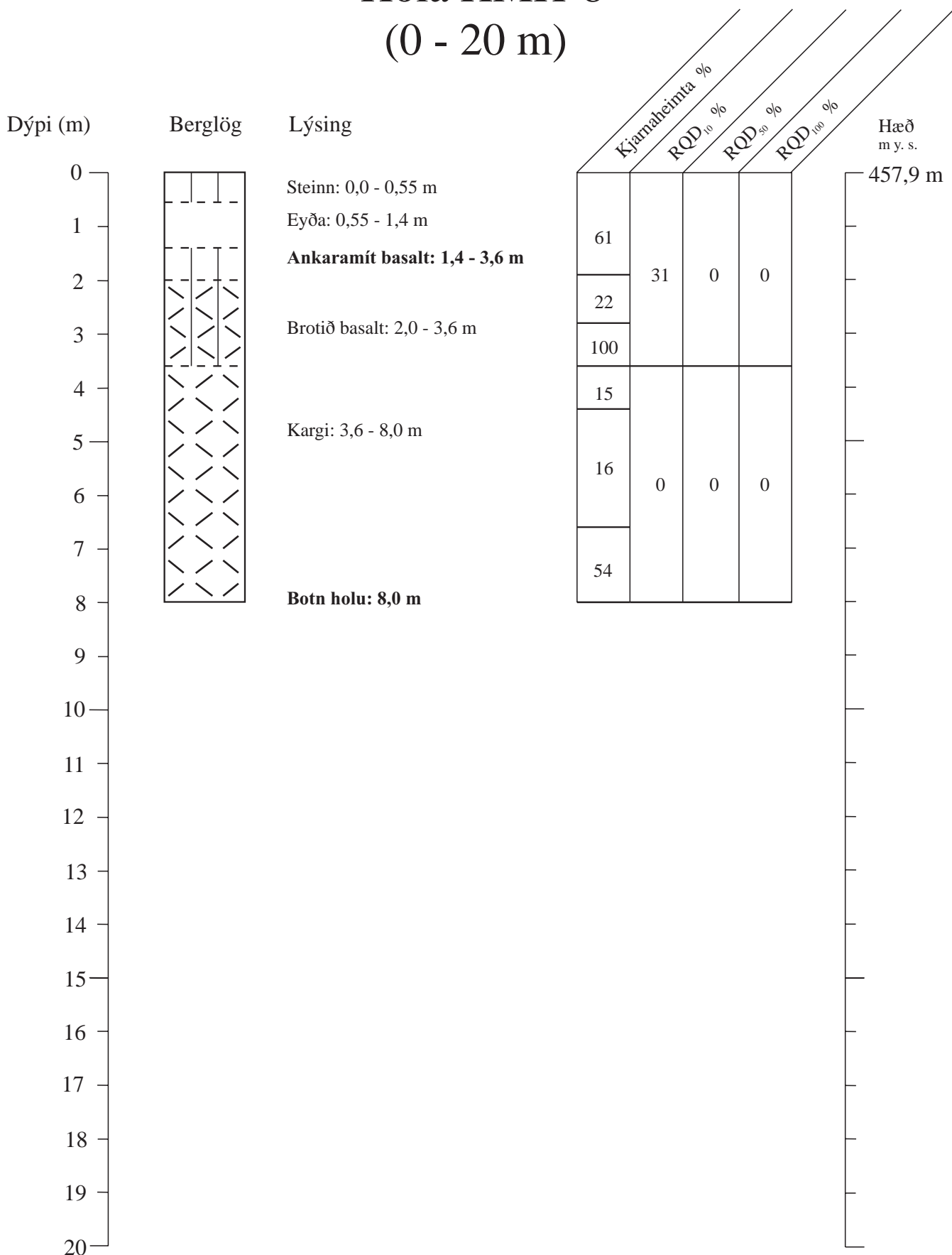


MYND A-8. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-6 frá 0 - 20 m.

NÚPSHEIÐI

Hola HMH-8

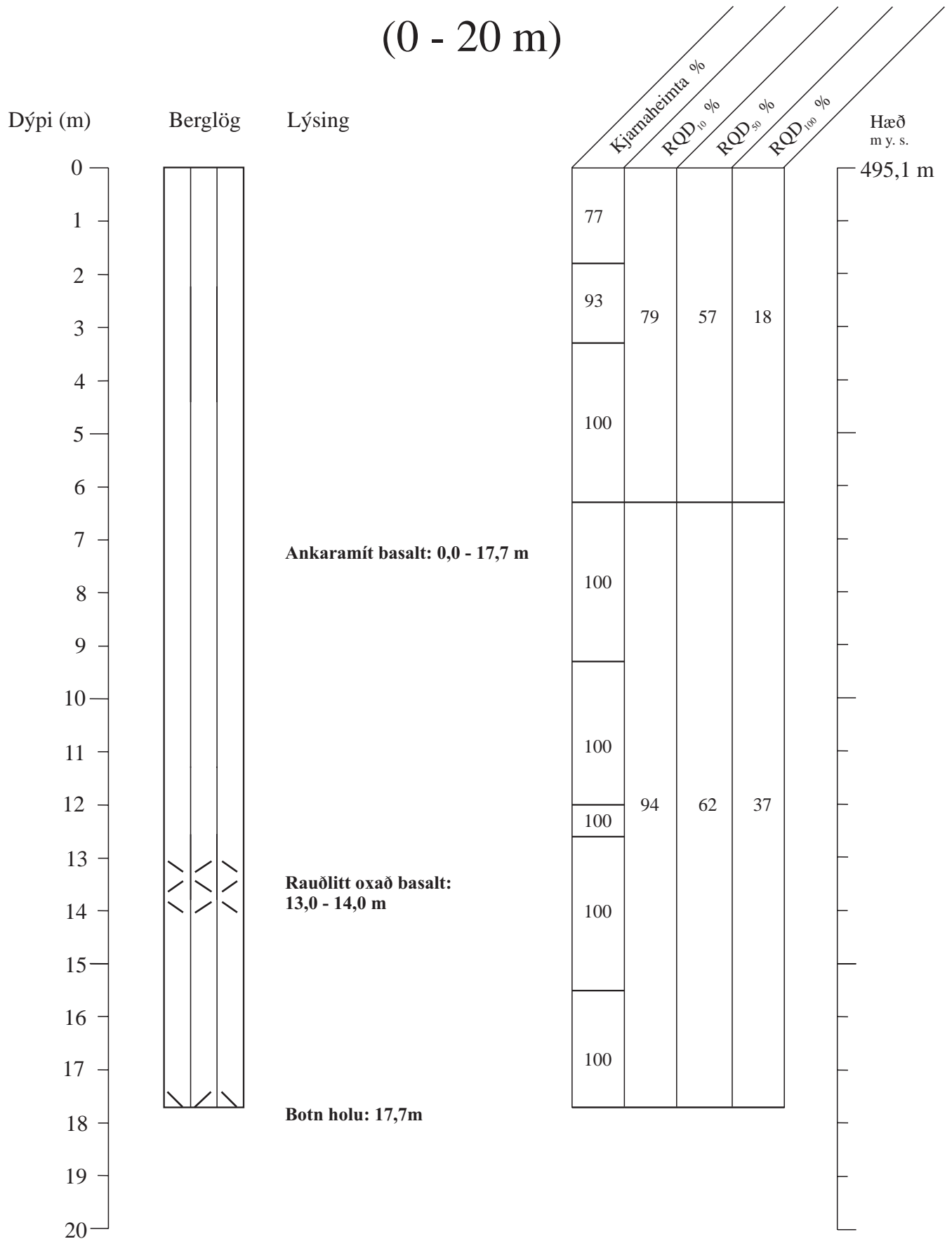
(0 - 20 m)



MYND A-8. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-8 frá 0 - 20 m.

SELJALANDSHEIÐI

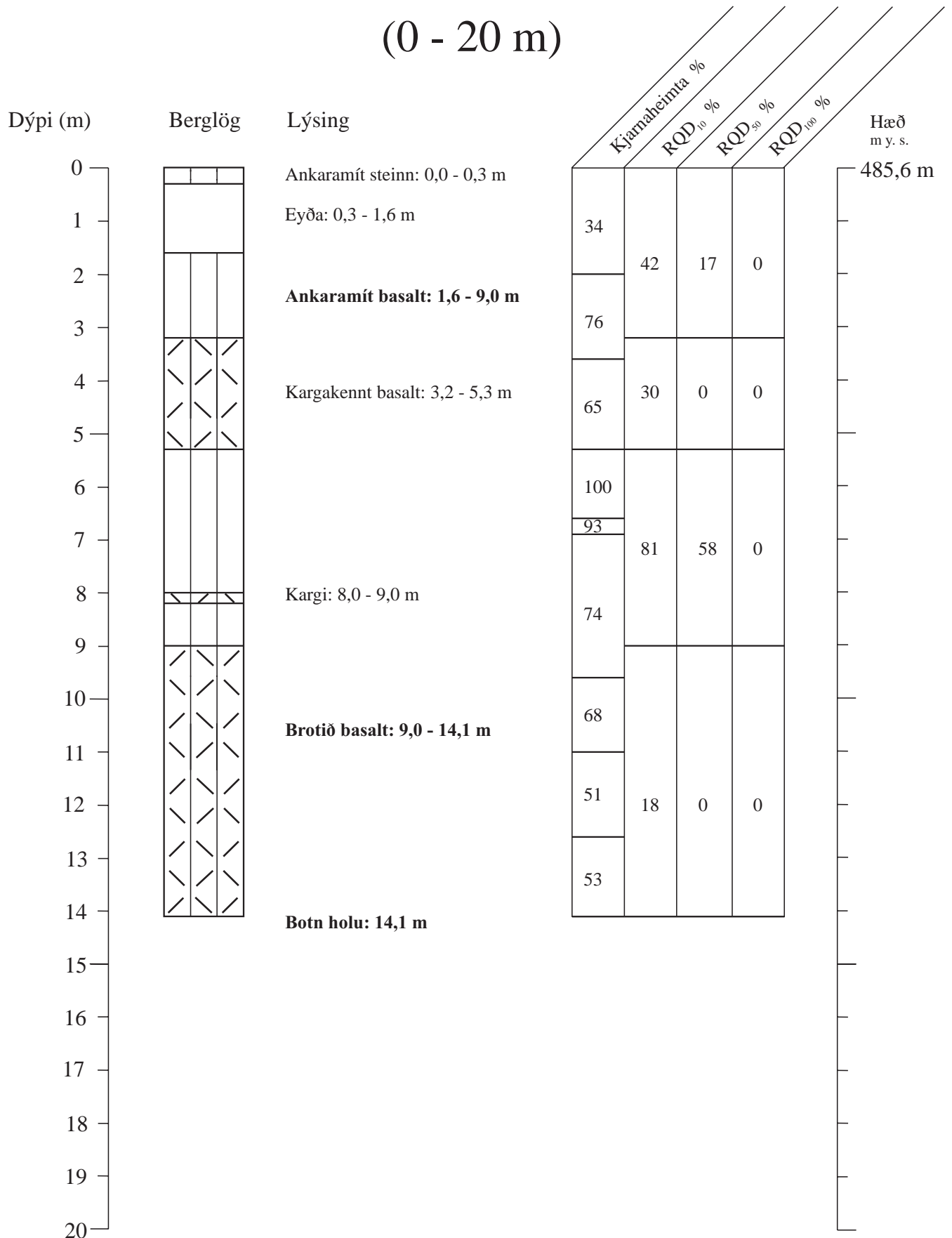
Hola HMH-9 (0 - 20 m)



MYND A-9. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-9 frá 0 - 20 m.

SELJALANDSHEIÐI

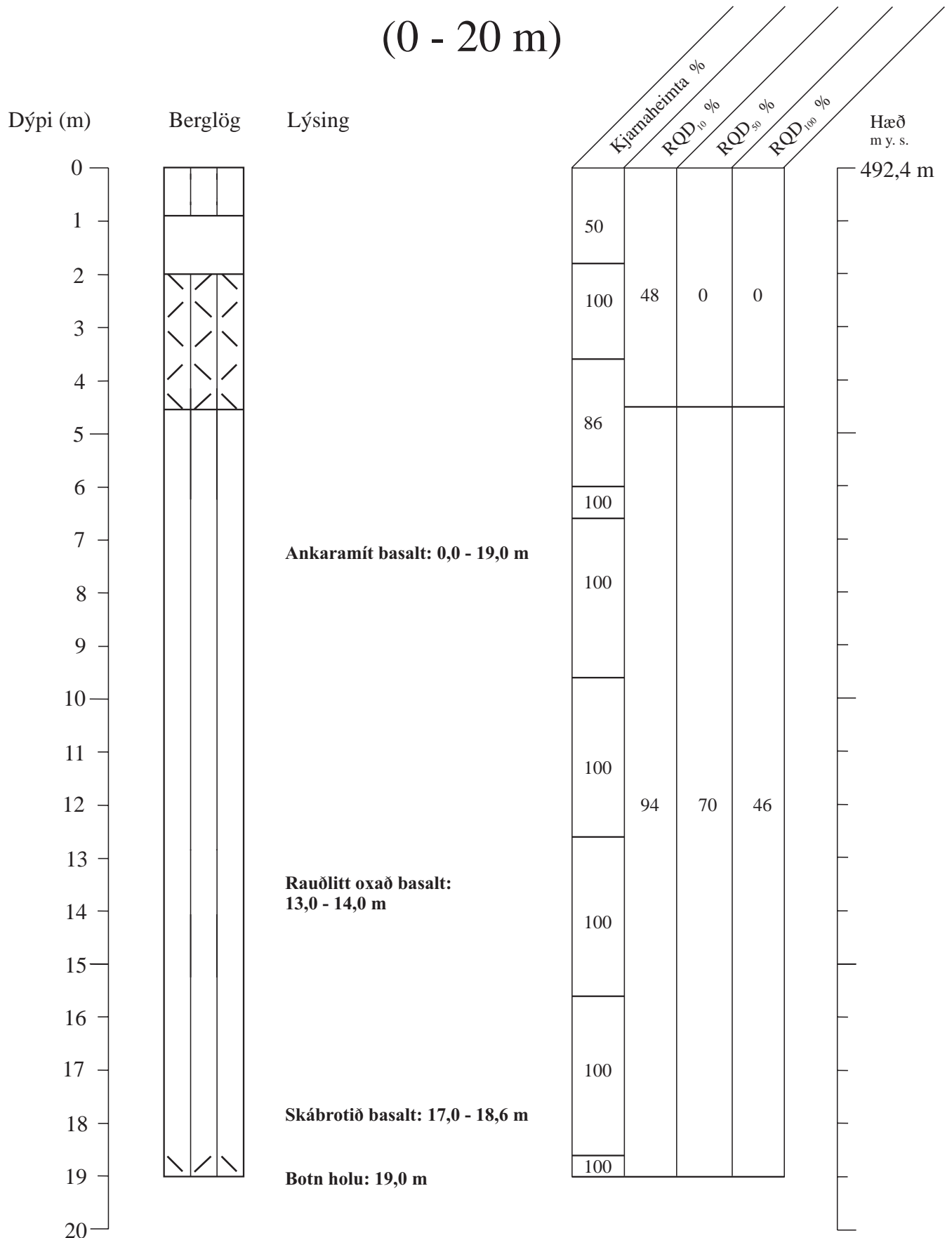
Hola HMH-10 (0 - 20 m)



MYND A-10. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-10 frá 0 - 20 m.

SELJALANDSHEIÐI

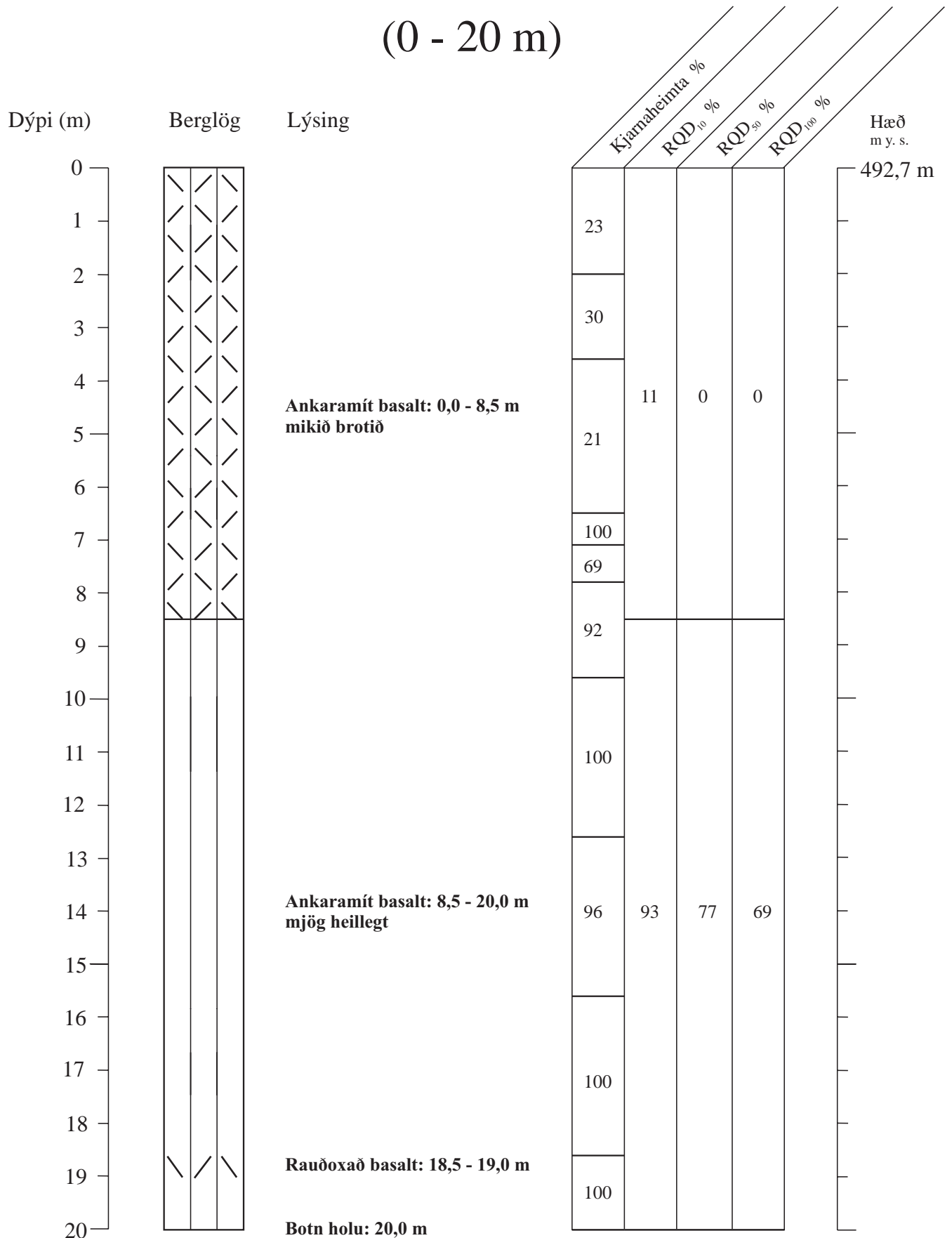
Hola HMH-11 (0 - 20 m)



MYND A-11. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-11 frá 0 - 20 m.

SELJALANDSHEIÐI

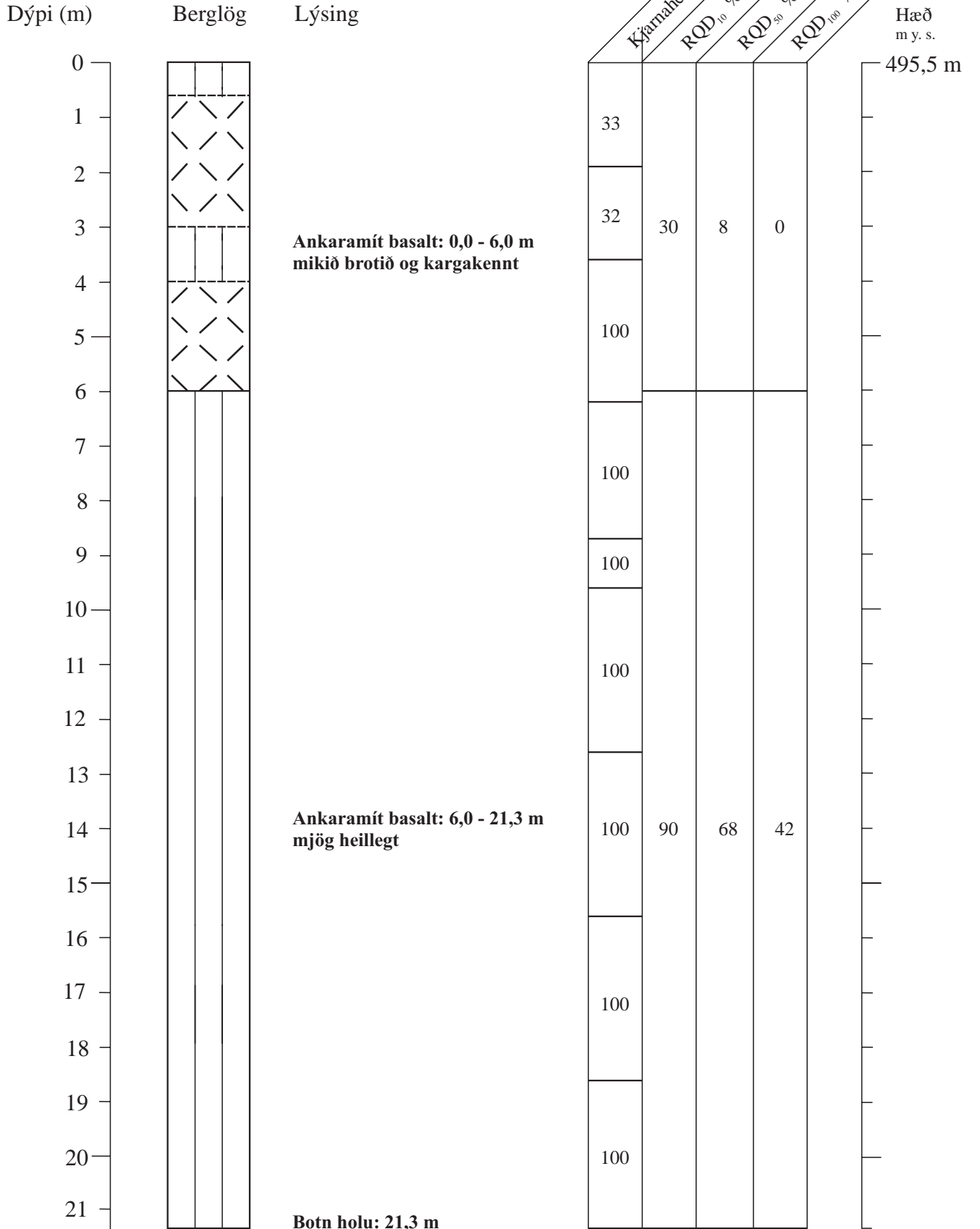
Hola HMH-12 (0 - 20 m)



MYND A-12. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-12 frá 0 - 20 m.

SELJALANDSHEIÐI

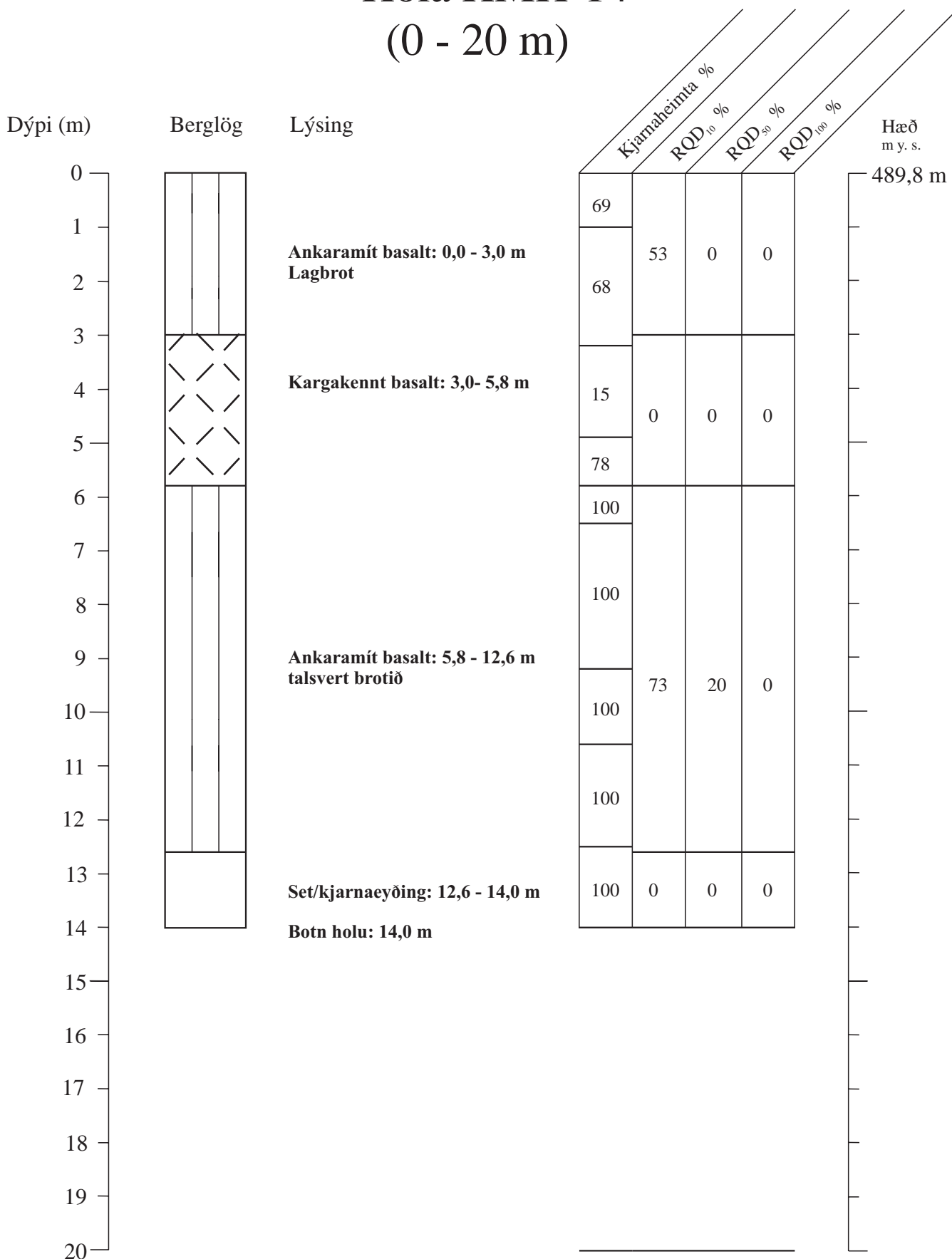
Hola HMH-13 (0 - 20 m)



MYND A-13. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-13 frá 0 - 21,3 m.

SELJALANDSHEIÐI

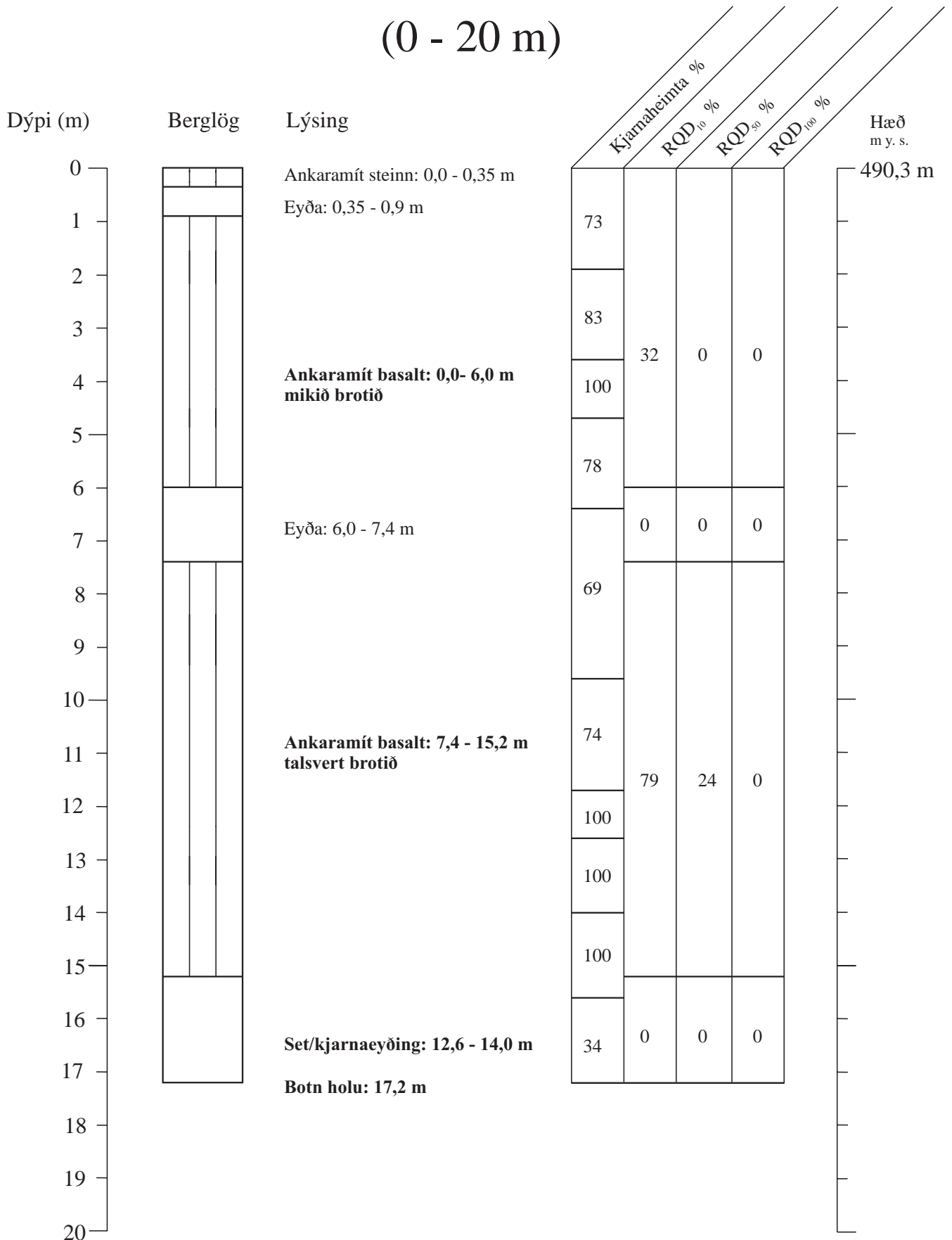
Hola HMH-14 (0 - 20 m)



MYND A-14. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-14 frá 0 - 20 m.

SELJALANDSHEIÐI

Hola HMH-15 (0 - 20 m)

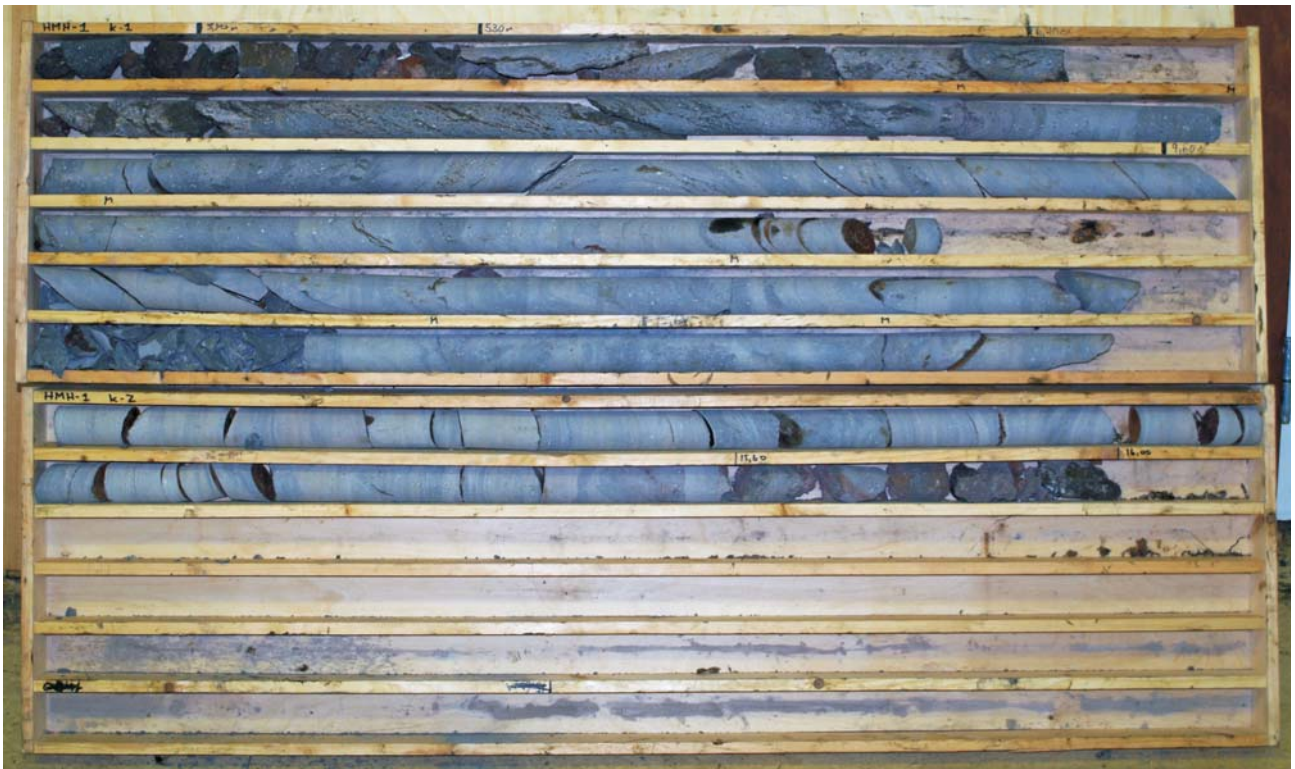


MYND A-15. Jarðlög, kjarnaheimta og RQD í borholu HMH-15 frá 0 - 20 m.

VIÐAUKI – B

Ljósmyndir af kjörnum hola

HMH-1 til HMH-15



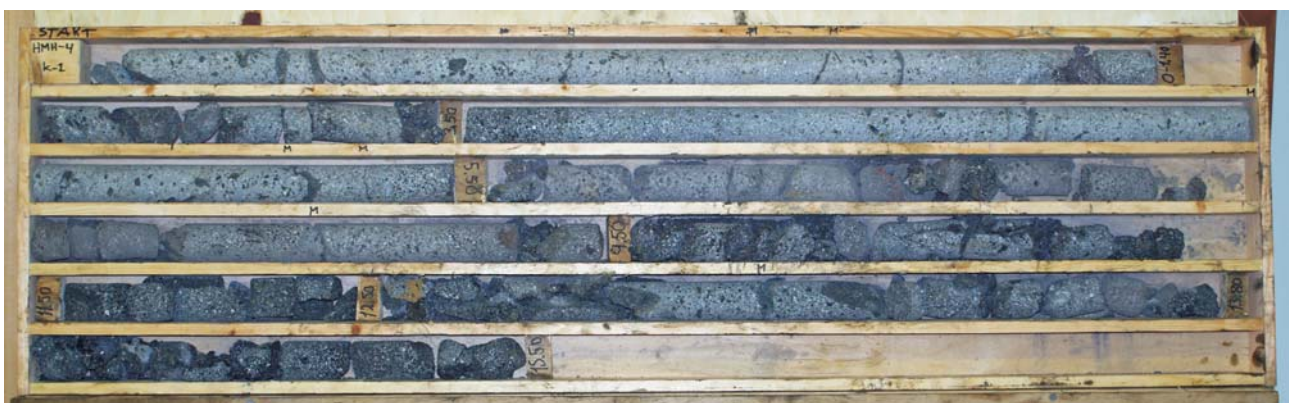
MYND B-1. Kjarninn úr holu HMH-1, kassar I og II.



MYND B-2. Kjarninn úr holu HMH-2, kassar I og II.



MYND B-3. Kjarninn úr holu HMH-3, kassi I.



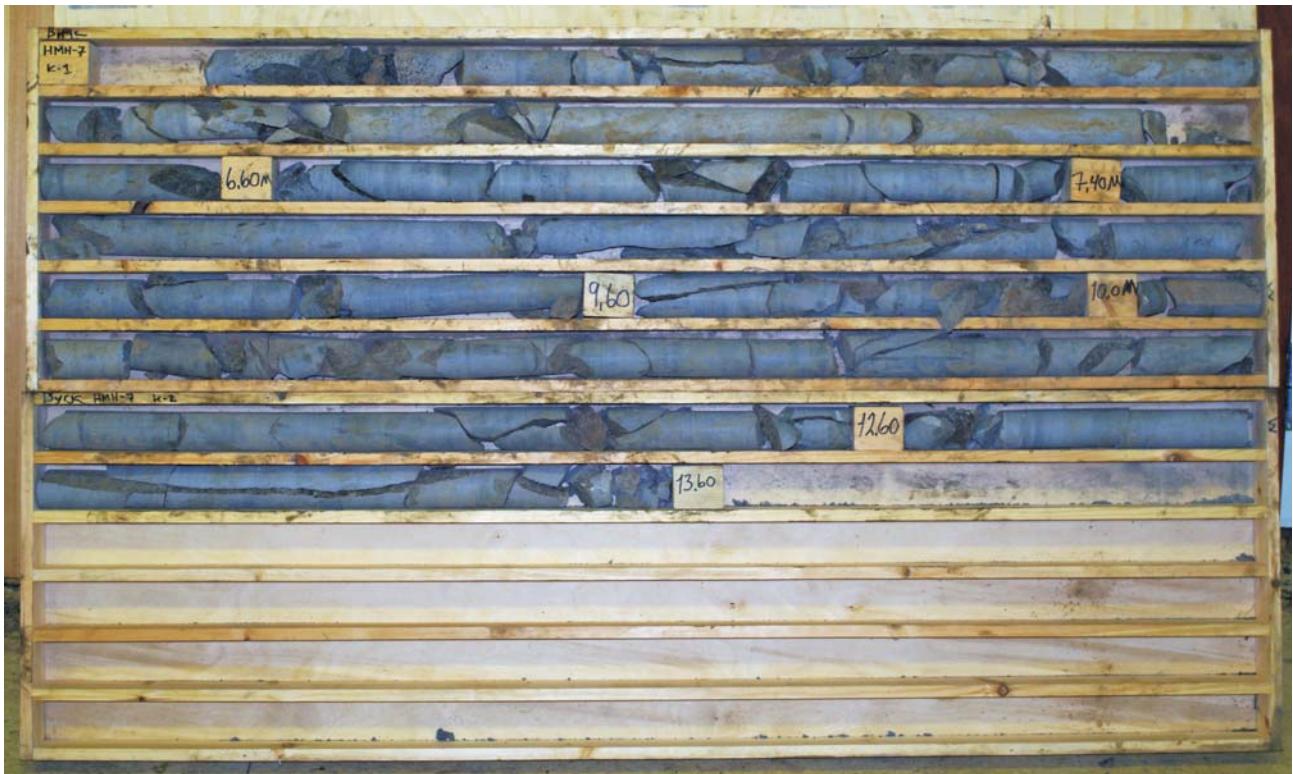
MYND B-4. Kjarninn úr holu HMH-4, kassi I.



MYND B-5. Kjarninn úr holu HMH-5, kassar I og II.



MYND B-6. Kjarninn úr holu HMH-6, kassi I.



MYND B-7. Kjarninn úr holu HMH-7, kassar I og II.



MYND B-8. Kjarninn úr holu HMH-8, kassi I.



MYND B-9. Kjarninn úr holu HMH-9, kassar I, II og III.



MYND B-10. Kjarninn úr holu HMH-10, kassi I.



MYND B-11. Kjarninn úr holu HMH-11, kassar I og II.



MYND B-12. Kjarninn úr holu HMH-12, kassar I og II.



MYND B-13. Kjarninn úr holu HMH-13, kassar I og II.



MYND B-14. Kjarninn úr holu HMH-14, kassar I og II.



MYND B-15. Kjarninn úr holu HMH-15, kassar I og II.

VIÐAUKI – C

Berggæðastaðall

TAFLA C-1. Frummat á grjótnámum fyrir brimvarnir.

Atriði	Ágætt (A)	Gott (B)	Sæmilegt (C)	Lélegt (D)
Berggerð	Dílabasalt Dólerít Gabbró	Ólivín-þóleítt Grágrýti Stakdílótt basalt	Millibasalt	Þóleíttbasalt
Lagþykkt	Þykkt (>12 m)	Allþykkt (8-12 m)	Meðalþykkt (5-8 m)	Þunnt (3-5 m)
Stuðlun	Mjög stórgerð (>2 m)	Stórgerð (1-2 m)	Meðal stór (0,5-1 m)	Smá (0,3-0,5 m)
Heilleikastuðull RQD ₅₀ (%)	>70	50 - 70	30 - 50	<30
Sprungustefnur	Engin	Ein til tvær	Tvær til þrjár	Fleiri en þrjár
Ummyndun	Ferskt engir zeólítar	Lítillaga ummd. kabasít/tomsonít	Nokkuð ummd. Mesólít/skólesít	Mikið ummd. epidót/klórít
Ofanafýting	Engin (<0,1 m)	Lítill (0,1-1,0 m)	Talsverð (1,0-3 m)	Mikil (>3 m)
Fjarlægð	Lítill (<3 km)	Frekar stutt (3-8 km)	Alllangt (8-15 km)	Langt (>15 km)

TAFLA C-2. Mat á gæðum bergs í brimvarnir.

Próf	Ágætt (A)	Gott (B)	Sæmilegt (C)	Lélegt (D)	Athugasemdir
Rúmþyngd (SSD) (tonn/m ³)	>2,9	2,75-2,9	2,65-2,75	<2,65	CIRIA/CUR telja berg ágætt, sé þurr rúmþyngd >2,9.
Rakadrægni (%)	<0,50	0,50-1,0	1,0-1,5	>1,5	Þýðingarmesta prófið m.t.t. endingar. Góður mælikvarði á veðrunarþol.
Frost-/þíðu próf Flögun (kg/m ²)	<0,05	0,06-0,10	0,11-0,20	0,21-0,50	Notaður er sænskur staðall SS 137244 í 3% NaCl lausn. Reynt hefur verið að kvarða flögun í þessu prófi við rýrnun í náttúrunni.
Brotstuðull I _{S(50)} (MPa)	>8,0	5,0-8,0	3,0-5,0	<3,0	Gefur vísbendingu um viðnám gegn broti af gerð 2. Getur gefið ranga hugmynd um styrk stórra blokka.
Ummyndun í þunnsneið	Engin	Lítill	Talsverð	Mikil	Ummyndun er metin með skoðun í þunnsneið.
Innri binding kristalla (í þunnsneið)	Ágæt	Góð	Sæmileg	Kleyfni til staðar	Mat í þunnsneið.

