



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

Bergjón

SKILAGREIN

BLÖNDUVIRKJUN
Aðkomugöng
Bergtækni

Björn A. Harðarson
OS82122/VOD56 B

Desember 1982



ORKUSTOFNUN

GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

SKILAGREIN

BLÖNDUVIRKJUN
Aðkomugöng
Bergtækni

Björn A. Harðarson

OS82122/VOD56 B

Desember 1982

EFNISYFIRLIT

	bls.
INNGANGUR	3
ÞYKKTIR OG HLUTFÖLL BERGGERÐA Á GANGALEIÐ	3
BERGGÆÐAMAT	4
STYRKINGASPÁ	5
VINNSLUHÆFNI	8
Basalt	8
Kargaberg	10
Setlög	11
Móbergsbreksía	11
Berggangar	12
VATNSLEKI	12
SPENNUÁSTAND	13
BERGTÆKNILEGAR MÆLINGAR	13
HEIMILDASKRÁ	15
VIÐAUKI: BERGGÆÐAMATSKERFIÐ	17

TÖFLUR

1 Þykktir og hlutföll berggerða í þóleiðsyrpu 2	4
2 Áætlaðir styrkingarflokkar	7

MYNDIR

1 Staðsetninga- og jarðfræðikort	19
2 Aðkomugöng. Langsnið jarðlaga	21
3 Niðurstöður gæðamats á borkjörnum	23
4 Styrkingaspá jarðganga	24
5 Aðkomugöng 0-70 m	25
6 Dæmigert snið við borholu BV-27	26
7 " " " " BV-13	27
8 " " " " BV-21	28

INNGANGUR

Skilagrein þessi er unnin fyrir Landsvirkjun og er framhald af skilagreini Orkustofnunar OS82121/VOD 55B. Hér er gerð grein fyrir þeim berggerðum sem verða á leið aðkomujarðganga Blönduvirkjunar og birtar niðurstöður berggæðamats á borkjörnum. Ennfremur er gerð grein fyrir áætlaðri þörf og gerð styrkinga í göngunum og reynt að meta vinnslueiginleika þeirra jarðmyndana sem vænta má á gangaleiðinni. Einnig er stuttlega fjallað um spennuástand í berggrunninum og bergtæknilegar mælingar sem æskilegt er að framkvæma á meðan á vinnslu stendur.

ÞYKKTIR OG HLUTFÖLL BERGGERÐA A GANGALEIÐ

Eins og fyrr hefur komið fram (skýrsla OS82090/VOD14 og OS82121/VOD55B) munu aðkomugöngin verða að mestu eða öllu leyti í svokallaðri Þóleiít-syrpu II (sjá staðsetningu á mynd 1 og þversnið jarðlaga á mynd 2). Syrpan er gerð úr þunnum basalthráunlögum (meðalþykkt þetta hlutans 3,9 m) með tiltölulega þykkum gjallkarga (kargaberg) á lagamótum (meðalþykkt 1,7 m).

Jarðgöngin munu verða skeifulaga, um 6 m í þvermál og um 850 m löng. Samkvæmt mælingum í gryfju við fyrirhugaðan gangamunna er jarðlagahallinn um 8° með stefnu nálægt 235°. Halli ganganna verður um 7,1° í stefnu 252°. Þetta þýðir að ef jarðlagahallinn væri stöðugur og engin misgengi á jarðgangaleiðinni, þá lægju göngin að mestu í sömu jarðlögunum og eru í munnanum. Myndi króna ganganna vera aðeins um 15 m lægra í jarðlagastaflanum við gangamunnan en inn við stöðvarhús. En málið er ekki svona einfalt. Eins og áður var nefnt er jarðlagastaflinn á þessu svæði víða mjög brotinn og misgenginn. Á jarðlagasniði mynd 2 eru sýnd 17 hugsanleg misgengi og brot, sem skera jarðgangaleiðina og er ekki ólíklegt að þau séu mun fleiri. Um stærð misgengjanna er erfitt að fullyrða en flest eru sennilega á bilinu 5-40 m. Þetta þýðir að jarðgöngin geta legið í hvaða berglagi sem er í Þóleiít-syrpu II og jafnvel legið í jarðlögum úr Blandsyrpu II sem m.a. hefur að geyma þykk leirkennd setlög.

Af öllu þessu leiðir að útilokað er að segja nákvæmlega til um í hvaða jarðlagi göngin liggja á hverjum stað nema e.t.v. þar sem borholurnar eru næst jarðgangaleiðinni. Út frá upplýsingum úr borholum BV-13, 20, 21 og 27 (sjá staðsetningu á mynd 1) má reikna þykktir og hlutföll hverrar bergeningar fyrir sig í þeim hluta Þóleiít-syrpu II sem er fyrir ofan leiðarsetlagið sem er t.d. í um 135 m y.s. í BV-13.

Þessar upplýsingar eru teknar saman í töflu I.

Tafla 1 Þykktir og hlutföll berggerða í Þóleiitsyrpu 2.

Berggerð	(kargaberg)			Misg.breksía	Berg-gangar
	Basalt	Gjallkargi	Setlög		
Hámarksþykkt (m)	9,0	4,5	1,4	2,5 ?	?
Lágmarksþykkt (m)	1,7	0,3	0,1	?	?
Meðalþykkt (m)	3,9	1,7	0,6	?	?
Þykktarhlutfall (%)	66%	30%	1%	≤3% x)	?

x) Ef gert er ráð fyrir að breksía í misgengjum sé ≤1,5m á þykkt verður hlutfall hennar á gangaleiðinni ≤3% þegar gert er ráð fyrir þeim 17 misgengjum sem sýnd eru á mynd 2.

Þó að setlög í þessum hluta syrpunnar séu fá og þunn er alls ekki útilokað að göngin lendi í setlögum úr Blandsyrpu II sérstaklega milli borhola BV-13 og BV-21 (sjá mynd 2). Annars er líklegra að hlutföll berggerða á gangaleiðinni verði svipuð og sýnd er í töflu 1 þ.e. um 66% basalt, 30% gjallkargi, ≤3,0% misgengisbreksía og um 1% setlög. Um hlutföll bergganga er erfitt að fullyrða en ekki er ólíklegt að þeir verði 5-10 talsins á gangaleiðinni. Yfirgnæfandi líkur eru á að bæði misgengi og berggangar skeri jarðgöngin undir tiltölulega stóru og hagstæðu horni (þ.e. þvert á göngin).

BERGGÆÐAMAT

Borkjarni úr borholum BV-13,20,21 og 27 var greindur samkvæmt norska berggæðamatskerfinu (sjá lýsingu á kerfinu í viðauka) og hverju berglagi gefið svokallað Q-gildi sem er mælikvarði á gæði bergsins til jarðgangagerðar. Borholusnið af Þóleiitsyrpu II ásamt niðurstöðum gæðamatsins fyrir hvert berglag er sýnt á mynd 3. Þar kemur fram að berglögin á og í námunda við jarðgangaleiðina fá heldur lága einkunn samkvæmt Q-kerfinu. Basaltlögin fá Q-gildi frá 7,9("þokkalegt berg") niður í 0,6("mjög lélegt berg") en flest eru þau á bilinu 1-4 ("lélegt berg"). Meðal Q-gildi basaltsins er 3,8. Þessi breytileiki basaltsins ræðst fyrst og fremst af sprungutíðninni (RQD). Kargabergið fær einkunn frá 6,6("þokkalegt") niður í 0,7 ("mjög lélegt"). Meðaltal kargabergsins er það sama og basaltsins eða 3,8. Þau fáu setlög sem

eru í þessum hluta syrpuunar fá mjög lága einkunn eða 0,1-1,5. Misgengisbreksía í BV-21 fær einnig afar lágt Q-gildi eða um 0,2.

STYRKINGARSPÁ

Einn liður í norska bergflokkunarkerfinu er styrkingarspá sem byggir á Q-gildi hvers berglags, þvermáli jarðganganna og öryggisstuðli (styrkingarhlutfall). Línurit sem sýnir alls 38 styrkingarflokka er sýnt á mynd 4. Jafngildislína fyrir aðkomugöngin er sett inn á línuritið ásamt Q-gildisvið þeirra jarðlaga sem eru á eða í námunda við jarðgangaleiðina í borholusniðum BV-13, 21 og 27.

Mynd 5 sýnir áætlaða legu jarðlaga á fyrstu 70 m aðkomuganganna ásamt áætluðu Q-gildi og styrkingarspá hvers jarðlags fyrir sig, bæði í lofti (L) og veggjum (V). Vel er hugsanlegt að um fleiri misgengi sé að ræða á þessari leið. Sú styrkingarspá, sem er sýnd, er að öllu jöfnu styrking á byggingartíma, en sú sem er sýnd innan sviga er áætluð endanleg styrking.

Styrkingaraðferðir í jarðgöngum ráðast oft af reynslu og hugsunarhætti þeirra sem hanna styrkingarnar þannig að oft er erfitt að segja nákvæmlega fyrir um þá aðferð sem notuð verður á hverjum stað. Einna erfiðast er í þessu tilvikum að segja fyrir um þá styrkingu sem notuð verður þar sem basalt er í lofti. Reynslan hér á landi sýnir að víða þarf ekki að styrkja basalt í göngum með svipað þvermál. En þar sem hér er um umferðargöng að ræða og alltaf einhver hætta á hruni úr brotnu basalti og einnig hruni vegna þunnra basaltfleyga í lofti vegna samspils jarðlaga-og gangahalla, verður að styrkja loftið og jafnvel veggjum þar sem verst er. Í basaltinu er ásprautun með eða án netbindingar sennilega besta lausnin. Boltun kemur til greina sem viðbótarstyrking þar sem þörf er á, en vart sem fyrsta styrking. Annars gildir það sama um þetta og reyndar öll göngin að styrkingar verður að hanna að mestu jafnóðum og göngin eru sprengd. Því er mjög mikilvægt að vera við öllu búinn og hafa allt efni og tæki reiðubúin á staðnum svo sem bergbolta, ásprautunartæki, vírnet og steypu. Jafnbestu bergboltar til notkunar í basaltið eru sennilega fullgrautaðir stálboltar, 3/4" eða 1" í þvermál og um 3 m langir. "Mekanískir" bergboltar eru síður heppilegir. Myndir 6, 7 og 8 sýna dæmigerð langsníð í gangaleiðina við borholu BV-13, 21 og 27 ásamt Q-gildinu og styrkingarspá. Vegna misgengjanna sem áður voru nefnd þykir ekki réttlætandi að tengja þessar myndir í eina heild. Segja má að þessar 4 myndir (5-8) sýni dæmigerð þversnið og styrkingarspá fyrir göngin í heild.

Tafla 2 sýnir áætlaða styrkingarflokka út frá berggerð, ástandi bergs og Q-gildum. Flokkun þessi er mjög einföld og ætluð til leiðbeiningar. Sumar styrkingarspár sem sýndar eru á myndum 5-8 eru ekki nákvæmlega skv. töflu 2, sérstaklega varðandi Q-gildissviðið.

Um hlut hvers styrkingarflokks á gangnaleiðinni í heild er erfitt að fullyrða, en ekki er talið ólíklegt að flokkur 1 verði um 70% af gangaleiðinni, flokkur 2 um 25% og flokkur 3 nálægt 5%.

Þess ber að geta að í febrúar 1982 kom út skýrsla á vegum Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen ("Blönduvirkjun. Jarðgangagerð. Mat á styrkingum"), þar sem fjallað var um berggæðamat og styrkingarspá fyrir jarðgöng Blönduvirkjunar. Þegar sú skýrsla var rituð var minna vitað um jarðfræði svæðisins auk þess sem norska berggæðamatskerfinu var beitt á annan hátt að því leyti að Q-gildin eru mun hærri þar fyrir sömu jarðlög en í þessari skilagrein.

TAFLA 2 Áætlaðir styrkingarflokkar

<u>Styrkingarflokkur</u>	<u>Styrking^{x)}</u>	<u>Berggerð</u>	<u>Q-gildi</u>
1 Borlengd 3-3,5 m ("salvalengd")	<u>Loft:</u> Ásprautun 3 sm. Stök boltun möguleg <u>Veggir:</u> Engin styrking	"Heillegt" basalt og "heillegt" og þétt kargaberg.	> 2
2 Borlengd 2-2,5 m	<u>Loft:</u> Ásprautun 3 sm, netbinding og annað ásprautulag, 3 sm. Hér kemur til greina kerfisboltun c/c 150-200 sm, á eftir ásprautun ef hún þykir ekki nægileg styrking. <u>Veggir:</u> Ásprautun 3-5 sm.	"Mjög brotið" basalt og "brotið" og illa samlímt kargaberg.	0,3-2,0
3 Borlengd 1-2 m	<u>Loft:</u> Ásprautun 5 sm, net- binding og annað ásprautu- lag, 5 sm. Kerfisboltun eins og í flokk 2 kemur vart til greina í þessu lélega bergi. Þykkari ásprautun hugsanleg á mjög lín setlög. Ef þarf að koma til þessa styrkingarflokks verður það sennilega á afmörk- uðum köflum. <u>Veggir:</u> Styrkingarflokkur 2, án boltunar.	"Mölbrotið" og "losaralegt" basalt (misgengisbreksía) og "veik" setlög.	< 0,3

x) Hér er gert ráð fyrir að nokkur hreinsun
fari fram áður en styrkt er.

VINNSLUHÆFNI

Eins og áður hefur komið fram má skipta þeim berggerðum sem göngin munu fara í gegnum í 5 flokka:

Basalt
Gjallkarga (kargaberg)
Setlög
Misgengisbreksíu
Bergganga.

Þar sem meðalþykkt basalt- og kargabergslaga er aðeins um 3,9 m og 1,7 m þá er mjög einkennandi fyrir göngin að gangaþversniðið verður blandað að miklum hluta. Þetta kemur vel fram á fyrrnefndum 4 sniðum (myndir 11-14) þar sem þversniðið er í öllum tilvikum blandað þ.e. gert úr basalti og kargabergi eða jafnvel basalti, setlagi og kargabergi eins og t.d. í þversniði á mynd 11.

Annað sem vert er að minnast á er að skil milli basalts og kargabergs eru mjög óregluleg og þykktir beggja berggerða geta breyst mjög mikið frá einu þversniði til annars þó að aðeins örfáir metrar séu á milli.

Þetta hefur óneitanlega mikil áhrif á vinnsluhæfni þversniðsins á hverjum stað. Hér á eftir verður gerð lausleg grein fyrir vinnsluhæfni hverrar berggerðar fyrir sig.

Basalt

Út frá þeim upplýsingum sem fengist hafa úr borholum og gryfjunni við gangamunnann virðast basaltlöggin í Þóleiðsyrpu II vera mjög keimlík. Helsti munur á lögnum er sprungutíðnin og þykktin. Í gryfjunni mældist lárétt RQD vera um 70-80% en lóðrétt RQD (sama stærð og mæld er í bor-kjarna) 70-100%. Í borkjörnum mælist RQD allt frá 10% til 95% fyrir hvert basaltlag en flest eru þau á bilinu 50-70% (meðaltal um 50%, byggt á bor-kjarna úr holum BV-13, 20, 21 og 27). Þetta þýðir að basaltlöggin eru mikið sprungin og stuðlar eru óreglulegir í lögum. Algeng stuðlastærð er á bilinu 20-40 cm í þvermál og 0,5 - 1,5 m á lengd.

Athyglivert er hve basaltið virðist vera meira brotið í borholu BV-13 en í hinum holunum. Skýringin gæti verið sú að BV-13 liggja nálægt misgengjum. Eins og sést í gryfjunni við munnann eru sprungur með halla 70-90° (90° = lóðrétt) miklu algengari en láréttar sprungur. Sprungufletirnir eru flestir á mörkum þess að kallast sléttir og hrjúfir, en þó er töluvert algengt að þeir séu sléttir og sleipir af völdum leirskænis.

Þeir eru flestir bylgjöttir og oftast húðaðir örþunnu skæni úr silti og leir. Ef þessum sleipu sprunguflötum hallar inn í göngin geta stór og lítil bergbrot hrunið inn í þau. Víða eru sprungur grónar saman fyrir tilstilli kísils og geislasteina. Þykkar sprungufyllingar eru fátíðar í basaltinu. Ummyndun er ekki mikil, þó víða séu þórur og glufur fylltar geislasteinum. Lárétt straumflögun er algeng en hún mun að öllum líkindum ekki valda erfiðleikum.

Fjögur einása brotþolspróf og tvö "point load" próf voru gerð á sýnum úr Þóleiítstyrpu II. Einása brotstyrkur basaltsins skv. þeim er frá 1400-2600 kg/sm² (meðaltal =2100 kg/sm²). Prófin voru gerð á ferskum og ósprungnum sýnum. Ummyndað eða gjallkennt þóleiít er mun veikara.

Bergíð mun sennilega borast allvel en þó ber þess að geta að sprengi-
borun er að mestu lárétt og sker mun fleiri sprungur en lóðrétt rannsókn-
arborun. Ekki er hægt að útiloka einhverjar festur á borstálinu og hrun í
borholur þar sem berg er mjög sprungið. Basaltið mun springa í misstórar
einingar sem fer eftir sprungutíðni á hverjum stað og magni sprengiefnis
sem notað er. Sprengihleðslum skal halda í lágmarki sérstaklega í jaðar-
holum svo bergið springi ekki meira en nauðsynlegt er vegna vinnslu þess.
Ofnotkun sprengiefnis leiðir til aukinnar hrunchættu og erfiðleikum við
hreinsun þaks og veggja og jafnvel til notkunar á styrkingum sem annars
væru óþarfar.

Til að forðast skemmdir af völdum sprenginga og tryggja þokkalegt lag á
göngunum gæti verið hentugt að nota "smooth blasting" aðferð eftir því
sem við á.

Hrunchætta mun vera mest í byrjun verks og alltaf mest í miðju þaki.
Vegna lagamóta sem óhjákvæmilega verða algeng í þversniði er hætt við því
að erfitt verði í mörgum tilfellum að fá bogadregið lag á þak ganganna.
Stæðni basaltsins í göngunum mun verða misjöfn. Í veggjunum mun það senni-
lega standa allvel víðast hvar eftir hreinsun. Ekki er ólíklegt að sume
staðar þar sem bergið er illa sprungið muni þurfa 3-5 cm ásprautun sem
endanlega styrkingu í veggjum. Um stæðni í þaki gildir töluvert öðru máli.
Stöku stuðlar og stuðlahópar gata fallið úr þaki og þá sérstaklega ef
basalthellan í þaki er þunn þ.e. stutt upp í næstu skil milli basalts
og skarpra lagamóta (svok.fleygar). Til að tryggja öryggi vinnandi manna
er 5-10 cm netbundin ásprautun líklega besta lausnin. Kerfisboltun má
bæta við eftir á ef þurfa þykir.

Kargaberg (gjallkargi)

Kargabergið (misjafnlega vel samlímd blanda af basaltbrotum, gjallmolum og leir- og siltyfyllingum) sem er nær alls staðar á basalt lagamótum er mjög misþykkt frá einu lagi til annars eða frá 0,3-4,5 m (byggt á mælingum á borkjörnum). Einnig geta verið miklar þykktarbreytingar í lárétta stefnu frá einum stað til annars. Kargabergslögin eru mjög lík en veigamesti breytileikinn er í samlímingunni. RQD í karganum hefur mælst í kjarnaborholunum frá 10% til 85% og virðist RQD vera herra eftir því sem lagið er þykkra. Flest lögin eru á bilinu 60-80% RQD (meðaltal = 50%, sama og basaltið) og er áberandi að RQD er mun lægra í borholu BV-13 en í hinum holunum.

Mældar "sprungur" í kargabergsborkjarna eru flestar þannig til komnar að karginn dettur sundur um veikleikafleti í borun og meðhöndlun. Þannig eru miklu færri raunverulegar sprungur í karga en í basaltinu.

Borun getur reynst erfið í kargaberginu ef það er illa samlímt og algengt er að nokkuð vel samlímdur gjallkargi springi illa og þurfi mikla hleðslu. Í gryfjunni við gangamunnan varð að nota dínamit á kargann í stað kjarna-sprengiefnis (ANFO). En þar sem kargabergslögin í borholunum eru víða með tiltölulega hátt RQD (allvel samlímdur) og einása brotstyrkur hefur mælst frá 100 - 600 kg/cm² er von til þess að kargabergið borist allvel og springi sámilega a.m.k. þar sem það er þéttast.

Stæðni í gangaveggjum eftir hreinsun mun verða allgóð þó alltaf megi búast við minniháttar hruni úr veggjum með tímanum. Stæðni í lofti gæti reynst léleg þar sem bergið er illa samlímt og ef stutt er upp í botnstuðla basaltlagsins fyrir ofan. Víða gæti orðið nauðsynlegt að hreinsa kargabergið úr lofti upp í botnstuðla og þannig yrði þak ganganna flatt í stað þess að vera bogadregið. Þykkt hvers kargabergslags er mjög breytileg og sums staðar gætu leynst gjallpokar og jafnvel hellar (sbr. Oddskarð) í kargaberginu. Þetta gæti leitt til "yfirsprenginga" og meiri lofthæðar í göngunum og stærra þvermáls en ráð er fyrir gert.

Jafnbesta styrking á kargabergi er sennilega netbundin ásprautun í lofti og ásprautun án nets í veggjum.

Eins og áður var nefnt má búast við að um þriðjungur ganganna verði í kargabergi.

Setlög

Eins og áður hefur komið fram eru líkur á að hlutur setbergs verði mjög lítill á aðkomugangaleiðinni. Þar er helst um að ræða mjög þunn lög (<0.5 m) af rauðleitum sandsteini inn á milli í kargaberginu eða á milli basalts og kargabergs (þ.e. millilög á lagamótum). Að líkindum munu þessi þunnu setlög ekki hafa afgerandi áhrif á vinnslu ganganna. Svo kann að fara að þykkari og leirkennd setlög verði á gangaleiðinni en mestar líkur eru á því milli borhola BV-13 og 21. Í greinargerð OS, "Rannsóknir á setlögum í Eidsstaðabungu" Bj.Bj. 82/01 Nóv. 1982, er fjallað að nokkru um gerð og eðliseiginleika þessara leirríku setlaga. Samkvæmt niðurstöðum "Point Load" brotþolsprófa á ýmsum gerðum sets úr borholum er brotstyrkur þeirra frá 70-500 kg/sm² en flest eru á bilinu 100-200 kg/sm².

Höfundur telur að ekki sé ástæða til að óttast verulega erfiðleika af völdum þeirra. Reynslan sem fékkst við vinnslu gryfjunnar við væntanlegan gangamunna bendir til þess að setlögin borist allvel og springi sámilega. Þó má fastlega gera ráð fyrir að stytta verði sprengt bil ("salvalengd") þegar unnið er í setinu. Hluti setsins í gryfjunni var rippanlegur og vel mætti hugsa sér að vinna þau í göngunum með "roadheader" eða vökvadrifnum fleyghamri sem unnt er að festa á gröfuarm eða álíka tæki. Í gryfjunni er stæðni þeirra mjög góð og þau gefa góða vegg-lögun og ekki er nein sérstök ástæða til að ætla að annað verði upp á teningnum inni í göngunum.

Þó má búast við að loft gæti orðið flatt vegna láréttrar lagskiptingar í setinu eða vegna þess að stutt sé uppí lagamót fyrir ofan þak.

Ef svo er má búast við einhverju hruni úr lofti. Jafnbesta styrking í setlögnum (ef þurfa þykir) er sennilega ásprautun með eða án netbindingar.

Misgengisbreksía

Þegar talað er um misgengisbreksíu er átt við mölbrotið basalt, sem stundum er límt saman með fínu leirkenndu efni. Þykkt breksíunnar við hvert misgengi er ekki þekkt en áætlað að þykktin sé ekki meiri en 1,5 m og yfirleitt mun minni. Við misgengin sem sjást í gryfjunni við munnann er nær engin röskun á berginu beggja vegna sem bendir til að við sum misgengi sé alls engin breksía. Hitt er vel þekkt frá öðrum stöðum að berg getur verið mölbrotið og flagað nokkra metra um misgengi og brotalínur. Ef gert er ráð fyrir meðalþykkt breksíu um 1,5 m við hverja brotalínu og reiknað með 17 slíkum á gangaleiðinni þá er hlutur breksíunnar um 3% af leiðinni. Þar sem breksían er oft laus í sér þarf að styrkja hana með 5-10 cm þykkri netbundinni ásprautun. Ef vatnsrennsli er mikið úr þessum sprungubeltum þarf að gera ráð fyrir drenlögnum bak við ásprautunina. Líklegt er að

Þakhæð verði nokkru meiri en áætlað er í þessu laskaða bergi og í nágrenni þess. Hugsanlega gæti hlutur þessa brotna bergs verið meiri en hér er áætlað vegna óvissu í fjölda misgengja og brotalína.

Berggangar

Ekki er vitað um fjölda bergganga á gangaleiðinni þar sem aðeins einn hefur komið í ljós í gryfjunni við munnann. Nokkrir gangar sjást í Gils-árgili liðlega 1 km norðan við gangaleiðina. Sumir berggangar eru margfaldir og oft liggja bergæðar út frá þeim. Stuðlar í basaltgöngum liggja alla jafna nær lárétt og munu þeir springa í hnefa- til höfuðstóra steina. Oft er berg mjög sprungið og flagað beggja vegna bergganga þannig að búast má við einhverju hruni og meiri lofthæð en hönnun segir til um á þessum stöðum. Þetta brotna belti er vart breiðara en 1-2 m til hvorrar handar út frá gangi. Ekki kæmi á óvart að 5-10 berggangar verði á leiðinni og flestir nokkuð þvert á gangaleiðina. Þess má geta að í Strákagöngum var farið í gegnum rúmlega 20 bergganga allt að 40 m breiða (margfaldur berggangur), án þess að þeir yllu neinum umtalsverðum vandamálum. Ekki er gert ráð fyrir neinni sérstakri styrkingu á berggöngum en þó er ekki útilokað að þurfi ásprautun beggja vegna þeirra ef berg er þar brotið og losaralegt.

VATNSLEKI

Leki inn í jarðgöngin mun verða nokkur auk venjulegs bergraka. Helst er hætt við vatnsstreymi inn í göngin við brotalínur, misgengi, bergganga og á mörkum millilaga og neðra borðs basaltlaga. Ef leki er verulegur í t.d. brotabeltum getur reynst erfitt að framkvæma ásprautun vegna lítillar samloðunar milli bergs og sementsblöndunnar. Koma verður drenlögnum fyrir bak við ásprautun þar sem leki er einhver að marki eða hafa aftöppunargöt í ásprautuninni. Reikna má með einhverri útskolun í þykkum setlögum ef þau verða á gangaleiðinni. Sennilega verður lekinn mestur í upphafi en minnkar með tímanum þegar sprungur tæmast. Til þess að kanna mögulegar vatnsrásir má hugsa sér að bora eina sprengiholu 10-15 m lengra en sprengimynstur segir til um í hvert sinn. Búast má við að stöðugar vatnsdælingar sé þörf meðan á gangagerðinni stendur.

SPENNUÁSTAND

Sumarið 1979 voru framkvæmdar bergspennumælingar í borholu BV-12.

Alls voru gerðar fimm mælingar, efsta mæling í 164 m y.s. (100 m dýpi) en sú neðasta í 96 m y.s. (167 m dýpi).

Helstu niðurstöður eru þær að hámarks og lágmarks láréttar höfuðspennur eru mjög svipaðar að stærð. Hámarks lárétta spennan eykst með dýpi frá 1,5 MPa uppí 6,5 MPa í dýpstu mælingu. Dýpsta mæling (í 167 m dýpi) sýnir óvenjulega mikla aukningu láréttu spennu miðað við næst neðstu mælingu. Þar sem aðkomugangaleiðin er um 700 m sunnan við BV-12 og er á um 230 m dýpi við stöðvarhúsvegg er erfitt að framlengja niðurstöður láréttra spennumælinga þangað. Ef ekki er tekið tillit til hinnar miklu aukningar sem neðsta mæling í BV-12 gefur til kynna þá má ætla að hámarks lárétta spenna á aðkomugangaleiðinni verði ekki hærri en 6-7 MPa. Stefna hámarks láréttu spennu í BV-12 er milli N og NV.

Lóðrétt höfuðspenna er áætluð út frá fargi yfirliggjandi laga og er hærri en láréttar höfuðspennur nema í neðstu tveim mælistöðum í BV-12 þar sem hámarks lárétt höfuðspenna er orðin jafnstór eða stærri.

Á aðkomugangaleiðinni vex lóðrétt höfuðspenna eftir því sem innar dregur og er í hámarki við stöðvarhúsvegg eða um 6 MPa.

Þar sem spennur þessar eru tiltölulega lágar eru ekki líkur til að þær valdi neinum verulegum vandamálum við útgröft aðkomuganga.

BERGTÆKNILEGAR MÆLINGAR

Bergtæknilegar mælingar eru oft framkvæmdar í jarðgöngum meðan á vinnslu þeirra stendur. Markmið þeirra er að afla upplýsinga um hegðun bergsins í veggjum og lofti ganganna sem gætu verið leiðbeinandi varðandi hönnun ganga og styrkinga. Slíkar mælingar geta einnig varað við hugsanlegum óstöðugleika bergs í göngunum.

Aðkomugöngin eru tilvalin vettvangur til að afla almennra upplýsinga um hegðun bergs í berggrunninum á Blöndusvæðinu eftir að jarðgöng hafa verið gerð. Einnig væri æskilegt að geta mælt hreyfingar (ef einhverjar eru) bæði fyrir og eftir að styrkt er.

Þær mæliaðferðir sem helst til greina koma eru eftirfarandi:

1. Mæling á lengdarbreytingum. Mælt með sérstöku málbandi (tape extensometer) eða mælistöng (rod extensometer) milli fastpunkta í veggjum og þaki jarðganga.

2. Mæling á lengdarbreytingum í berginu í veggjum og lofti. Mælt í sérstökum borholum (borehole extensometer).
Einfaldasta útfærslan á þessari aðferð er að grauta ca. 2 m langa stálstöng inn í borholu þannig að hún standi aðeins út úr vegg eða lofti. Síðan er grautuð önnur víðari stálpípa á yfirborð veggjar eða lofts þannig að stálstöngin standi frí inn í pípunni. Síðan er mælt reglulega fjarlægð frá pípu að stangarenda.
3. Optískar aðferðir til að mæla hreyfingar í veggjum og þekju.
Þær koma tæplega til greina í aðkomugöngunum en vel til álita í stöðvarhúshvelfingu.
4. Bergspennumælingar í borholum. Slíkar mælingar eru töluvert flóknar og þarf sérþjálfaðan mannskap til að framkvæma þær. Þessar mælingar kæmu helst til greina inn við stöðvarhús.
5. Að sjálfsögðu verður að hafa mjög strangt jarðfræðilegt eftirlit í göngunum meðan á vinnslu stendur. Kortleggja verður göngin nákvæmlega jafnóðum og sérstaklega vera á varðbergi gagnvart mögulegum vatnsrásum. Berggæðamatsgreining samfara kortlagningu er mjög æskileg.

Mjög mikilvægt er að mælingar sem þessar séu vel undirbúnar, mælt sé á réttum tíma og að niðurstöður liggi fyrir skjótt eftir að mæling er framkvæmd. Einnig er nauðsynlegt að menn geri sér fulla grein fyrir öllum hugsanlegum skekkjuvöldum.

HEIMILDASKRÁ

Ágúst Guðmundsson, Birgir Jónsson og Björn Harðarson 1982;

Blönduvirkjun Jarðfræðirannsóknir I Almenn Jarðfræði og Mannvirkjafræði. Orkustofnun OS82090/VOD 14, 249 s.

Ágúst Guðmundsson, Snorri Zóphóníasson og Bjarni Bjarnason 1982;

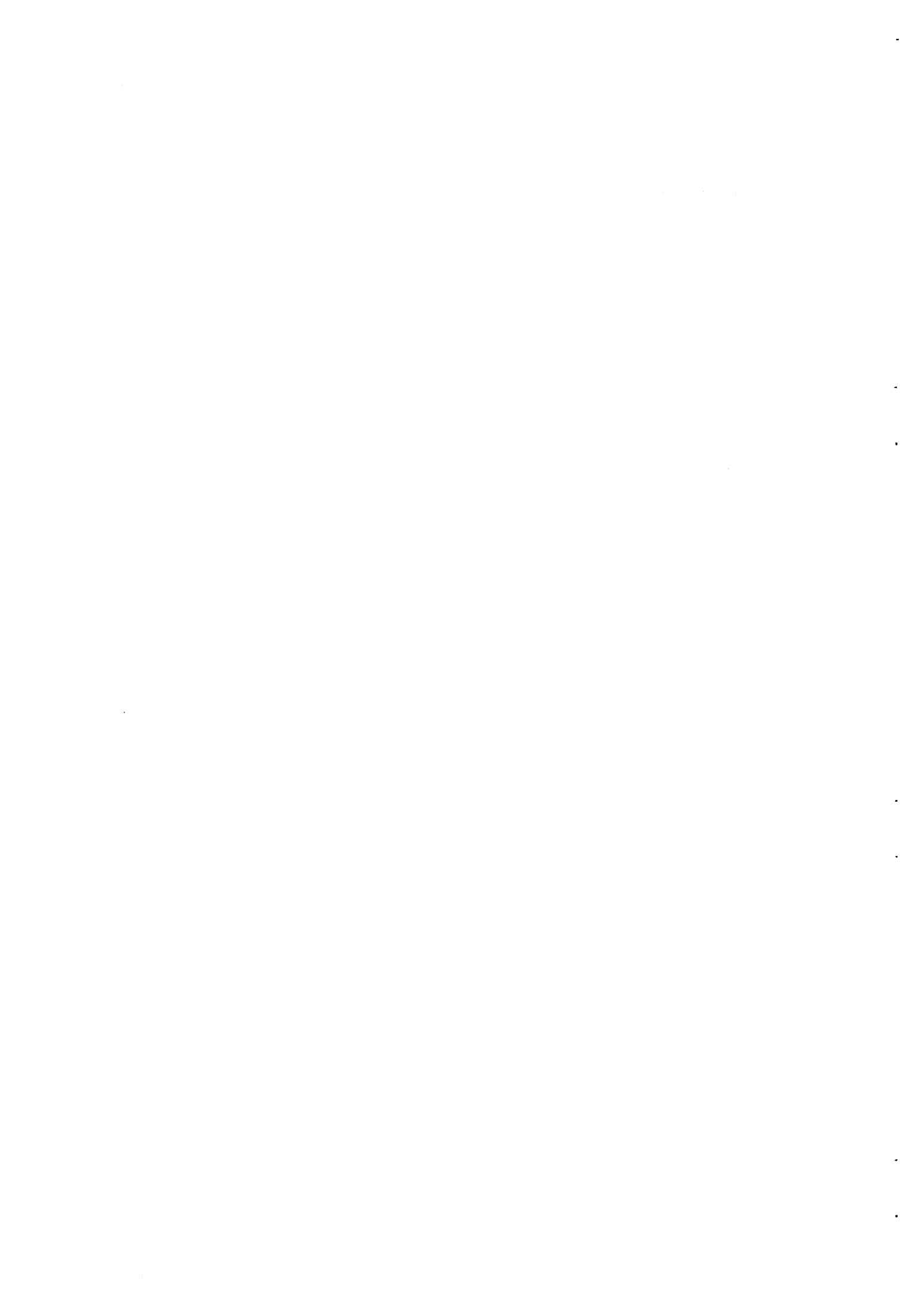
Blönduvirkjun. Aðkomugöng - Berggrunnsrannsóknir.
Orkustofnun OS82121/VOD 55 B.

Bjarni Bjarnason 1982;

Rannsóknir á setlögum í Eiðsstaðabungu. Orkustofnun greinargerð,
Bj. Bj. 82/01. Nóv. 1982, 14 s.

Sveinn Þorgrímsson 1982;

Blönduvirkjun. Jarðgangagerð. Mat á styrkingum.
Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen. Febrúar 1982, 9 s.



V I Ð A U K I

BERGGÆDAMATSKERFIÐ

Borkjarnarnir voru sprungugreindir skv. kerfi sem notað er á Orkustofnun við virkjunarrannsóknir til þess að reyna að meta eiginleika og gæði gergsins til mannvirkjagerðar. Greiningin felst í því að meta fjölda sprungna, stefnu og lögun þeirra, áferð sprunguflata og magn og gerð sprungufyllinga í berginu út frá sprungum í kjarnanum. Gefnar eru einkunnir í tölum sem síðan eru settar inn í jöfnur ásamt fleiri þáttum og þannig reiknuð talan (einkunnin) "Q" sem kalla má "berggæði". Talan Q er fall eftirfarandi sex þátta:

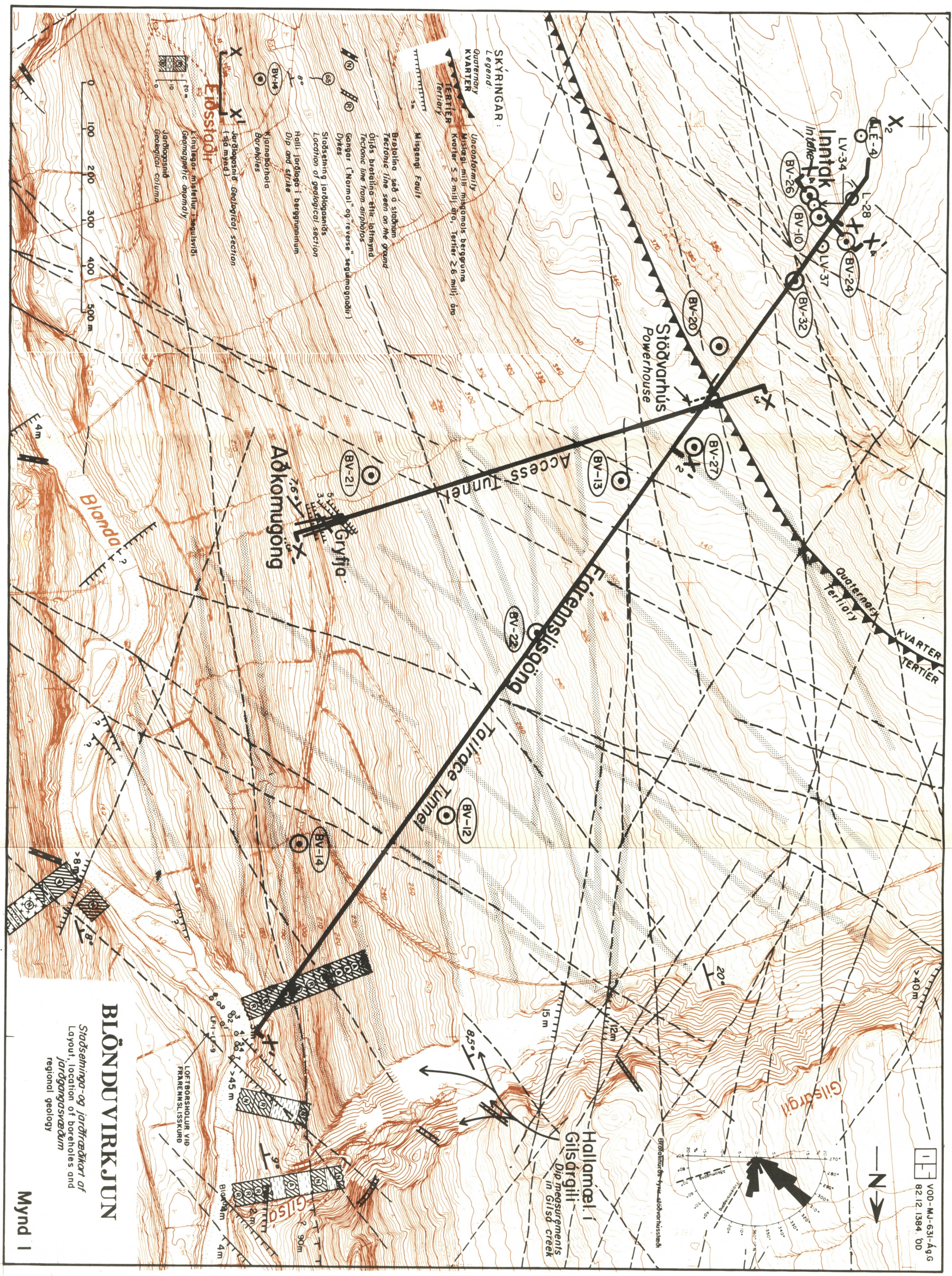
- RQD (rock quality designation): Hlutfall samanlagðrar lengdar kjarnabúta ≥ 10 cm af viðkomandi bili borholunnar (þ.e. í raun = fjöldi sprungna).
- Jn (joint set number): Fjöldi sprungukerfa.
- Jr (joint roughness number): Lögun og áferð sprunguflata.
- Ja (joint alteration number): Gerð og þykkt sprungufyllinga.
- Jw (joint water reduction factor): Vatnsþrýstingsáhrif á sprungur og berg.
- SRF (stress reduction factor): Spennuástand í berginu.

Og jafnan er síðan svona: $Q = \left(\frac{RQD}{Jn}\right) \times \left(\frac{Jr}{Ja}\right) \times \left(\frac{Jw}{SRF}\right)$

En þá ber að geta þess að í raun heitir talan Q fullu nafni "index for the determination of the tunneling quality of a rockmass". Berggædamatskerfi þetta er því hannað með tilliti til jarðgangagerðar og talan Q notuð til að bera saman berggerðir og jarðlög og áætla styrkingarþörf í jarðgöngum í viðkomandi bergi. Einnig er rétt að benda á að kerfið er erlent að uppruna og að enn hefur notagildi þess ekki verið reynt að fullu við þær jarðfræðilegu aðstæður sem algengastar eru á Íslandi og nokkuð frábrugðnar aðstæðum víðast erlendis. Nú þegar er þó vinna við aðlögun kerfisins að íslenskum aðstæðum orðin allnokkur og frekari stöðlun mun væntanlega fara fram á næstu árum samfara aukinni jarðgangagerð vegna virkjanafrankvæmda.



Hallamæl I
Gilsdrgill
Dip measurements
in Gilsd. creek



SKYRNINGAR:

Legend:
 Quaternary
 KVARTER
 TERTÍER
 Misgengi Fault
 Breiðlinga séð á staðnum
 Tectonic line seen on the ground
 Gilds breiðlinga eftir loftmynd
 Tectonic line from airphotos
 Gangur (Normal og reverse-segumagnadr)
 Dykes
 Staðsetning jarðlaganna
 Location of geological section
 Heiti jarðlaga í byggnumum
 Dip and strike
 Kvarternar
 Breiðlingar
 Kvarternar
 Breiðlingar

Efrosstöðir

Geological section
 Jarðlaganna
 Geographical column



Blöndu

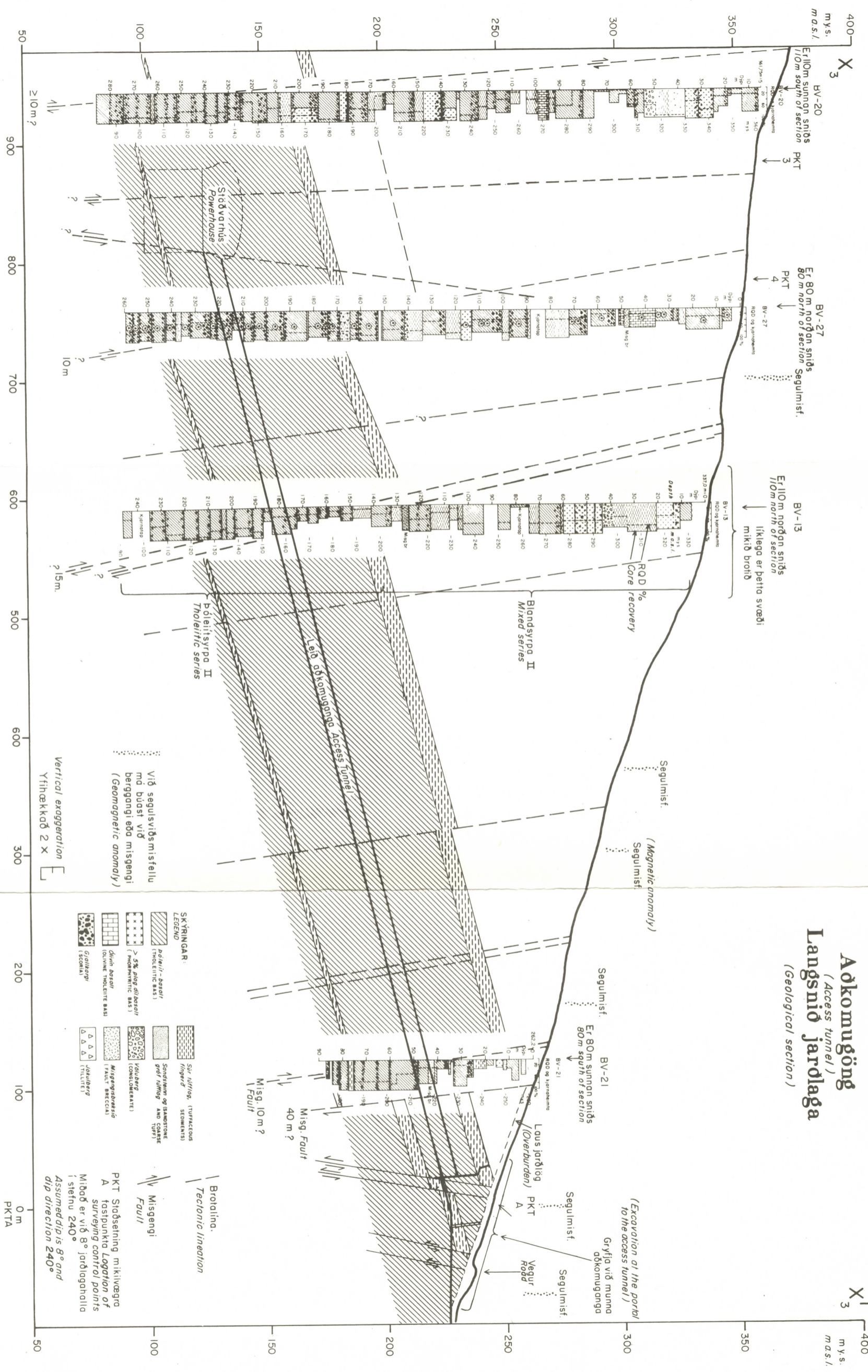
BLÖNDUVIRKJUN

Staðsetning og jarðfræðikort af
 Layout, location of boreholes and
 Jarðgangavæðum
 regional geology

BLÖNDUVIRKJUN

Aðkomugöng (Access tunnel) Langsníð jarðlaga (Geological section)

Mynd 2
Fig.
X₃
m.y.s.
m a.s.l.



Vertical exaggeration $\times 2$

Yfihækkð 2 x

við segulsvíðsmisfellu
má búast við
bergangli eða misgengi
(Geomagnetic anomaly)

SKYRINGAR:
LEGEND

	Potelli-basalt (THOLEIITIC BASALT)		Surtuffling, (TUFFACEOUS TUFF)
	> 5% plagiobasalt (PROTERMYITIC BASALT)		Sönnun og íblástur gíflar (Intrusive and tuff)
	Ginn basalt (OLIVINE THOLEIITIC BASALT)		Voluberg (CONGLOMERATE)
	Gullberg (SCORIA)		Misgengubasalt (FAULT BRECCIA)
	Jökulberg (TUFFITE)		Pólleittsýrpa (TECTONIC LINEATION)

PKT Stöðsetning mikiðvæggra
A fastipunkta
Loggation of
surveying control points
Míðað er við 8° jarðlagahalla
í stéttu 240°
Assumed dip is 8° and
dip direction 240°

Brotalína.
Tectonic lineation

Misgengi
Fault

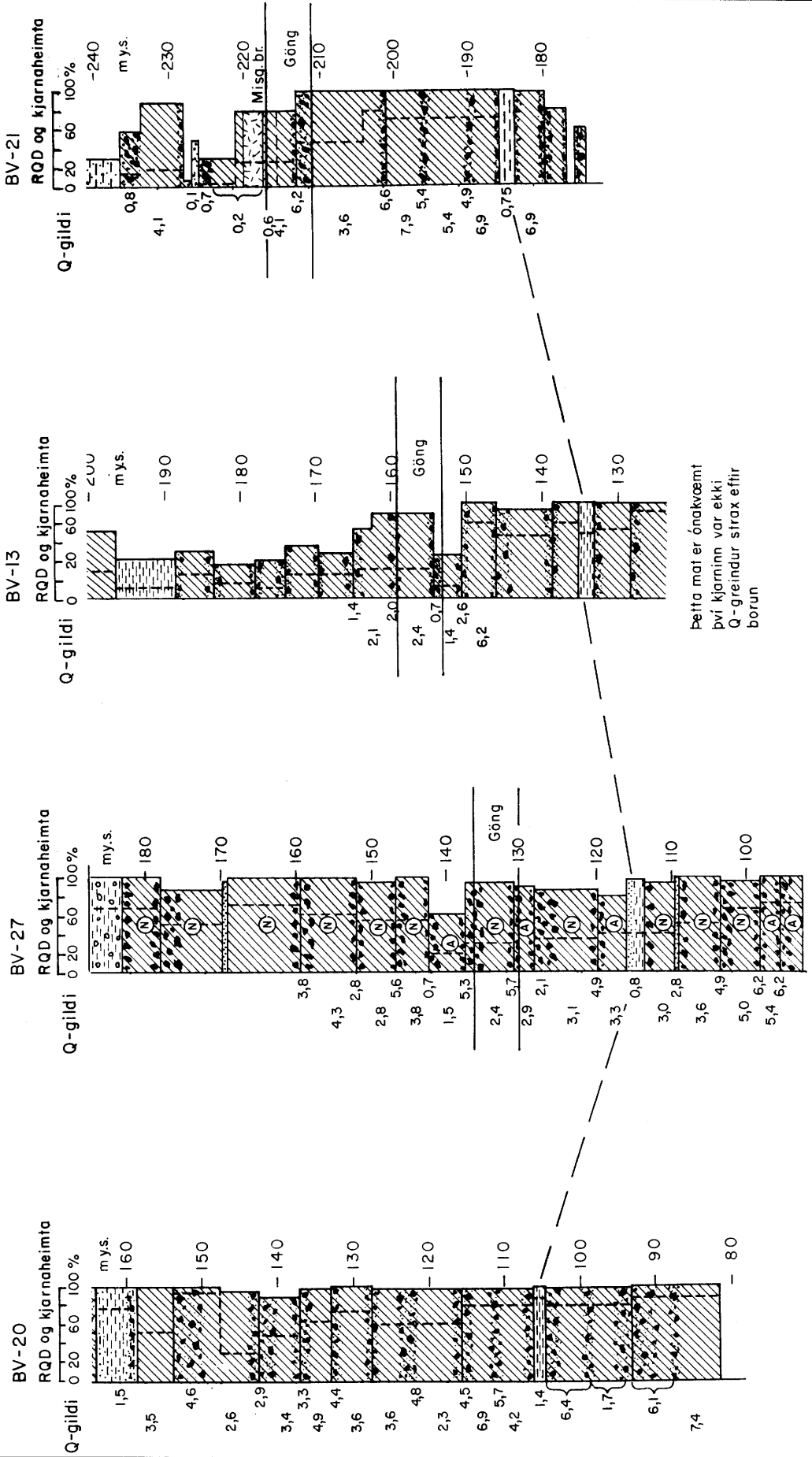
0 m
PKTA

Borholur er varpað inn í snið eftir strikistetu nærri 330°
Boreholes projected into section along the strike 330°

VOD-MU-631-Ag.G.
82.11.1307

BLÖNDUVIRKUUN

Niðurstöður gæðamats á bör-
kjörnum úr þoleitsyrpu II



Þetta mat er ónákvæmt
því kjarninn var ekki
Q-greindur strax eftir
borun

Q-Gildi

- 0,1 - 1,0 Mjög lélegt berg
- 1,0 - 4,0 Lélegt berg
- 4,0 - 10,0 Þökkalegt berg

Gæðaflokkar m. t. t. jarðgangagæðar
skv. Q - kerfinu

1-1 VOD-MJ-838-Bj. J.
82.08.- 0976 -'OD

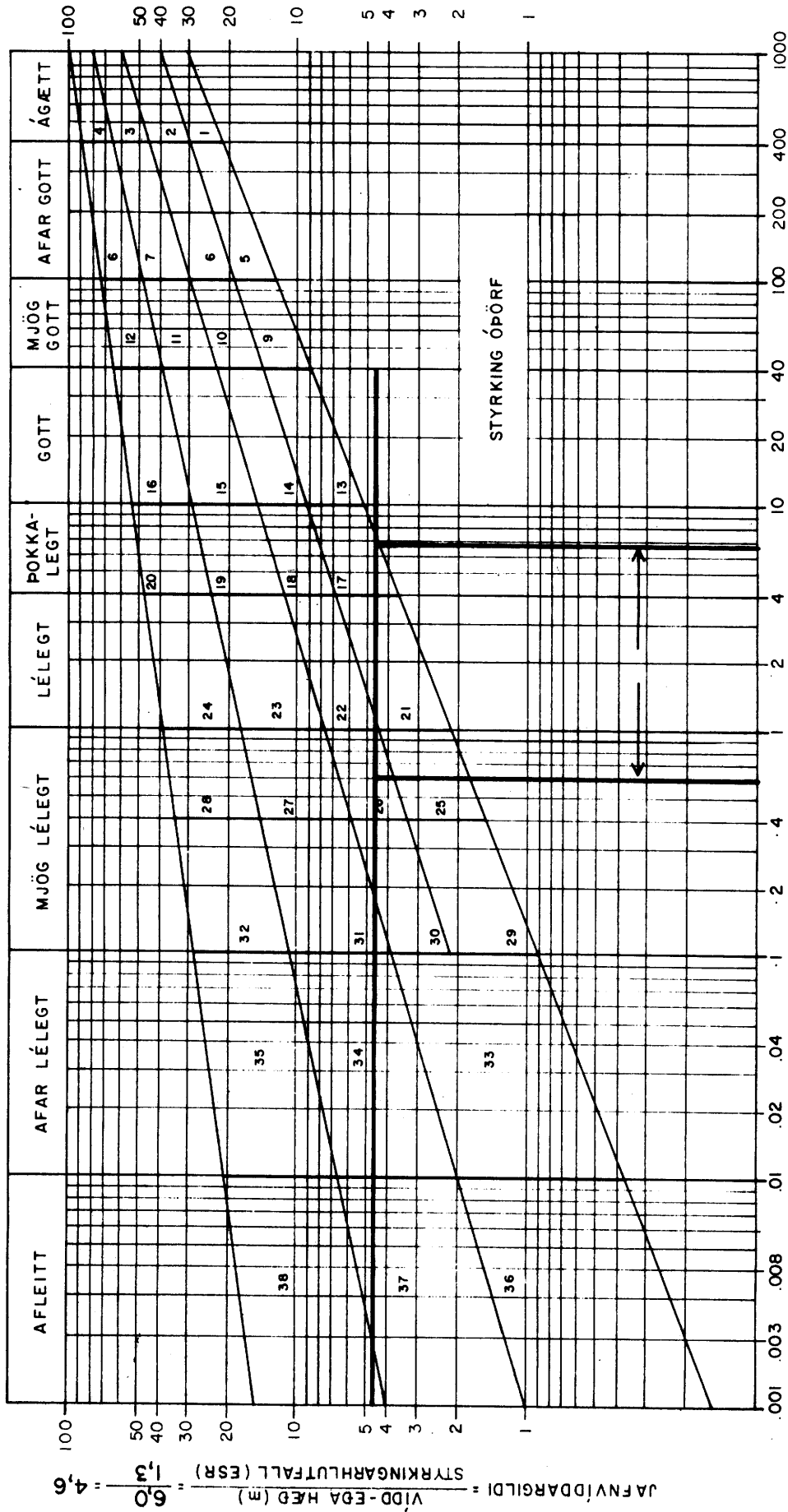
STYRKINGARSPÁ JARÐGANGA

Linuritíð sýnir 38 styrkingarflokkka sem ákvarðast af berggæðum og jafnvíddar-gildum jarðganga (úr Barton et. al. 1974)

Gildisfína fyrir Aðkomugöng

Borhola Blönduvirkjun

●
○
+



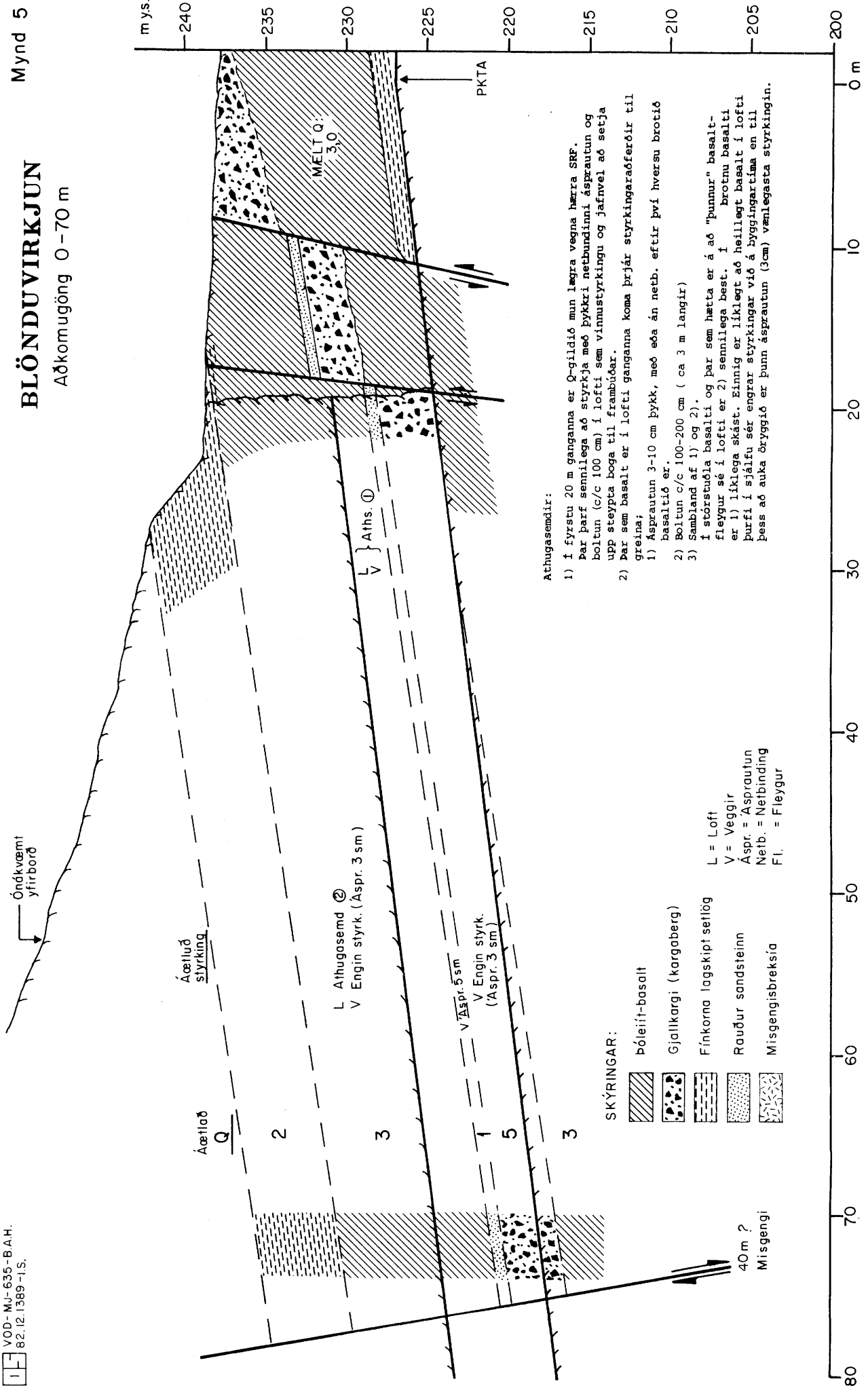
BERGGÆÐI, $Q = \left(\frac{ROD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_0} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$

VOD-MJ-635-B.A.H.
82.12.1389-I.S.

BLÖNDUVIRKJUN

Aðkomugöng 0-70 m

Mynd 5



Athgasemdir:

- 1) Í fyrstu 20 m ganganna er Ó-gildið mun lægra vegna herra SRF. Þar þarf sennilega að styrkja með þykkri netbundinni ásprautun og boltun (c/c 100 cm) í lofti sem vinnustyrkingu og jafnvel að setja upp steypta boga til frambótar.
- 2) Þar sem basalt er í lofti ganganna koma þrjár styrkingaraðferðir til greina:
 - 1) Ásprautun 3-10 cm þykk, með eða án netb. eftir því hversu brotið basaltið er.
 - 2) Boltun c/c 100-200 cm (ca 3 m langir)
 - 3) Sambland af 1) og 2).

SKÝRINGAR:

- Þóleið-basalt
- Gjallkargi (kargaberg)
- Fínkorna lagskipt setlög
- Rauður sandsteinn
- Misgengisbreksía

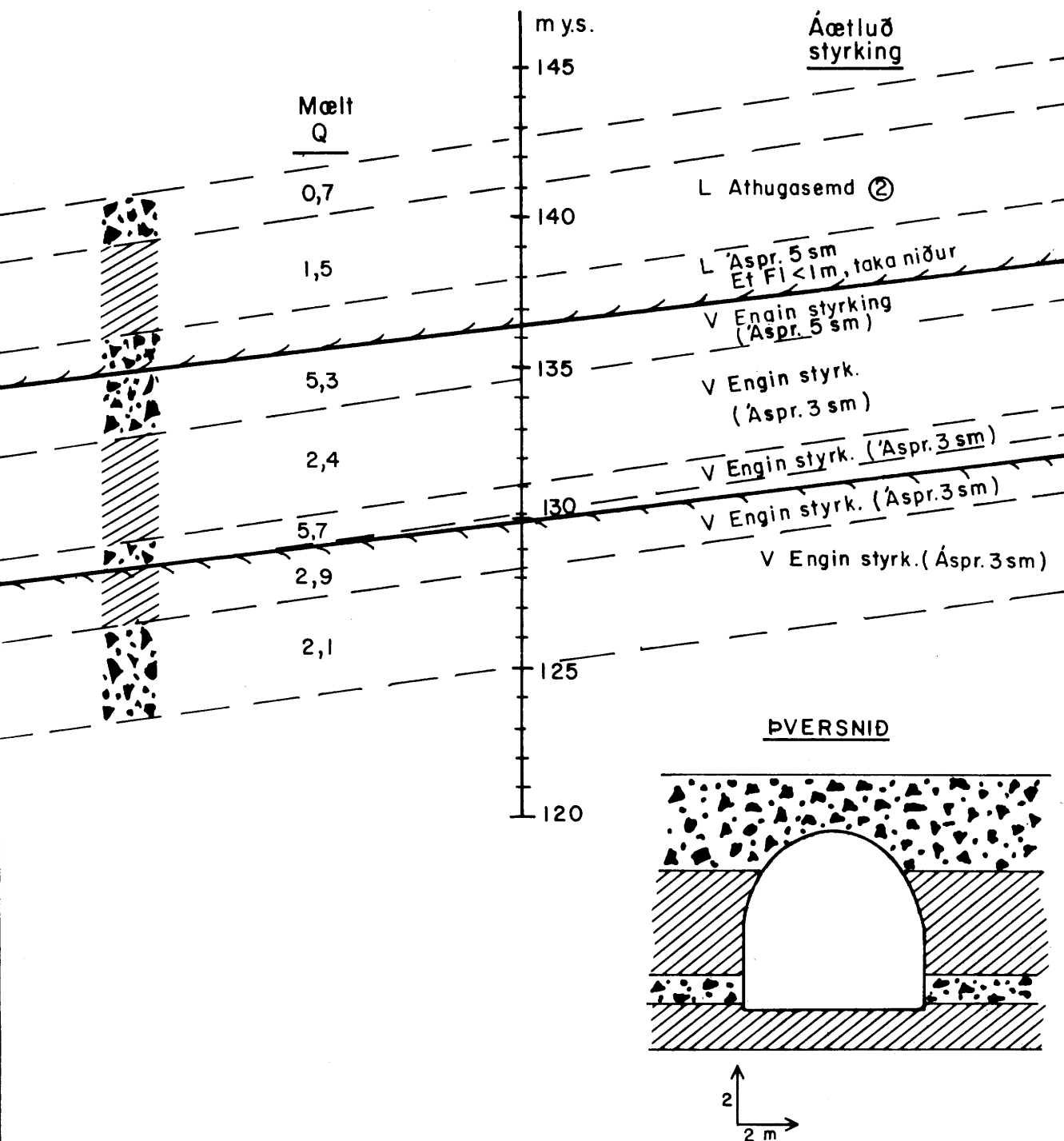
- L = Loft
- V = Veggir
- Áspr. = Ásprautun
- Netb. = Netbinding
- Fl. = Flægur

BLÖNDUVIRKJUN

AÐKOMUGÖNG

Dæmigert snið við borholu BV-27.

BV-27



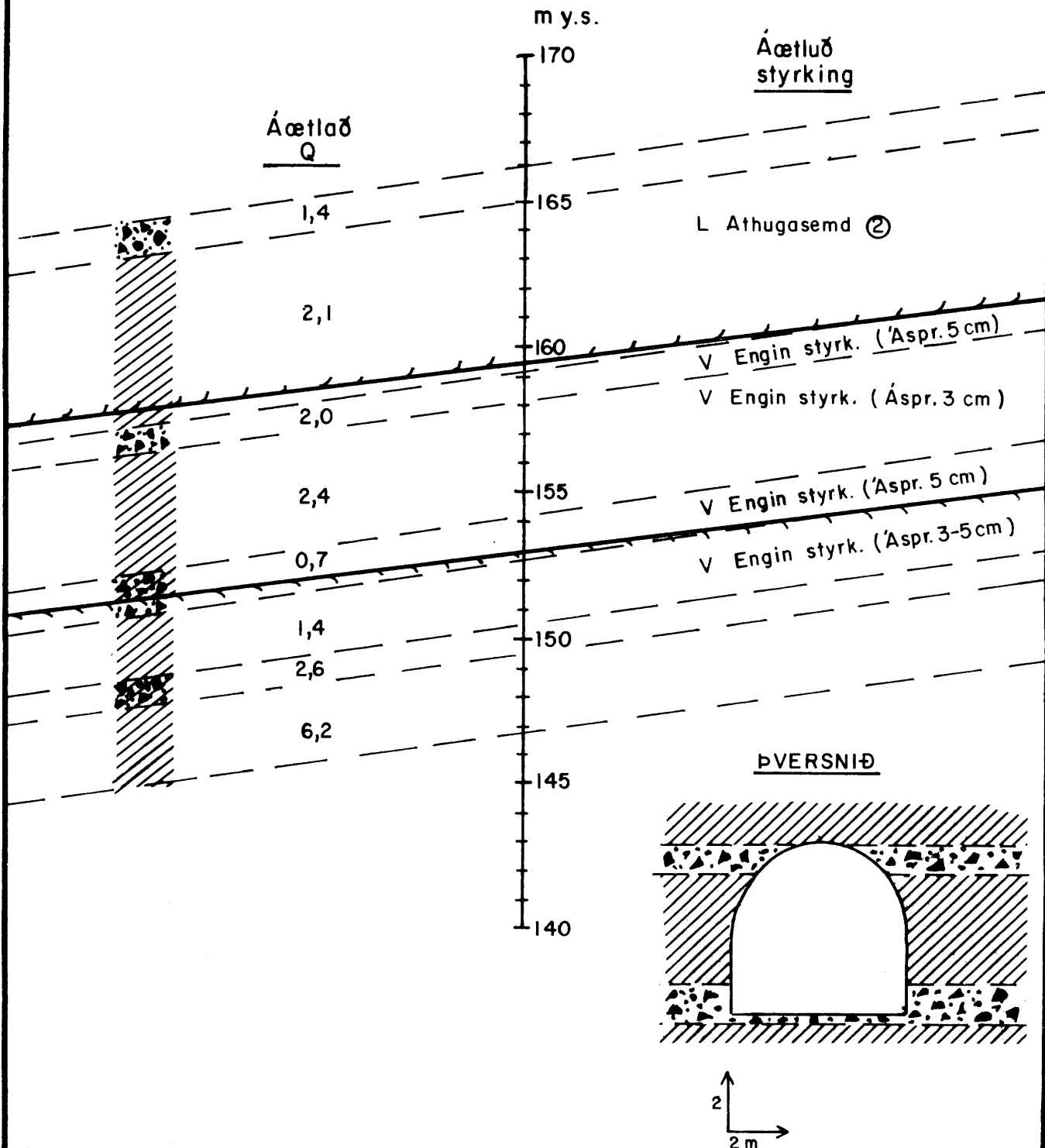


BLÖNDUVIRKJUN

AÐKOMUGÖNG

Dæmigert snið við borholu BV-13

BV-13





BLÖNDUVIRKJUN

AÐKOMUGÖNG

Dæmigert snið við borholu BV-21

BV-21

