



BORUN VIÐ SYÐRA-LAUGALAND

Hola LJ-5

Axel Björnsson  
Hrefna Kristmannsdóttir  
Stefán Arnórsson

BORUN VIÐ SYÐRA-LAUGALAND

Hola LJ-5

Axel Björnsson  
Hrefna Kristmannsdóttir  
Stefán Annórsson

## EFNISYFIRLIT

0. Ágrip
1. Inngangur
2. Gangur borunar, vatnsæðar
3. Jarðlög og ummyndun
4. Hitamælingar, rennsli, afköst
5. Efnasamsetning borholuvatns

Viðauki: Jarðlagaskipan

## MYNÐIR

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 1. Borhraði, jarðlög          | Fnr. 13768 |
| 2. Dreifing ummyndunarsteinda | " 13861    |
| 3. Hitaferlar                 | " 13894    |
| 4. Vinnsluferill              | " 14086    |

## 0. ÁGRIP, HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Dagana 22. nóvember 1975 til 12. janúar 1976 var boruð með jarðbornum Jötni 1303 m djúp hola að Syðra-Laugalandi, hola LJ-5, til öflunar heits vatns fyrir hitaveitu Akureyrar. Mjög góður árangur náðist með borun holunnar. Eru tvær stórar vatnsæðar í holunni, önnur á 618 m dýpi og gefur hún um 20 l/s, en hin við botn holunnar og gefur um 50 l/s. Heildarrennsli er um 70-80 l/s af 94°C heitu vatni. Jarðlög í holunni eru nær eingöngu basalhraunlög með rauðleitum millilögum, sums staðar með seteinkennum. Hrundi töluvert úr millilögum í borun og valda þessi hrungjörnu lög nokkurri hrunhættu. Vatnið úr holunni hefur verið efnagreint. Inniheldur það lítið af uppleystum efnum og er vel hæft til neyslu beint, og hætta á útfellingum er lítil.

## 1. INNGANGUR

Sumarið 1975 fór fram að tilhlutan Jarðhitadeildar Orkustofnunar allítarleg jarðhitaleit í nágrenni Akureyrar. Tilgangurinn var að finna sem næst bænum jarðhitasvæði, sem gæti staðið undir hitaveitu fyrir bæjarfélagið. Við jarðhitaleitina var einkum beitt viðnámsmælingum auk almennrar jarðfræðikortlagningu. Niðurstöður þessara athugana eru birtar í skýrslu Orkustofnunar „Jarðhiti í nágrenni Akureyrar“ nr. OS JHD 7557 eftir Axel Björnsson og Kristján Sæmundsson, sem kom út í desember 1975. Á grundvelli þessara rannsókna var staðsett rannsóknarhola við bæinn Syðra-Laugaland í Öngulsstaðahreppi. Var hún boruð dagana 22. nóvember 1975 og fram í miðjan janúar 1976 með jarðbornum Jötni. Jötunn varð fyrir valinu til þess að kanna mætti jarðhitakerfið niður á sem allra mest dýpi. Auk þess er Jötunn betur búinn til að sprengja út vatnsæðar með dælingu heldur en aðrir borar hér á landi.

Að Syðra-Laugalandi hafa áður verið boraðar 4 grunnar holur. Holur eru venjulega auðkenndar með hlaupandi númerum á hverjum stað. Þer þessi hola heitið LJ-5 þ.e. Laugaland - Jötunn - Nr. 5.

## 2. GANGUR BORUNAR, VATNSÆÐAR

Byrjað var að bora holu 5 á Syðra-Laugalandi þann 22. nóvember 1975. Var forborað með höggbor í 29 m dýpi. Borað var með 17 1/2" krónu í 101,5 m dýpi og var þá fóðrað með 13 1/2" rörum. Síðan var borað áfram með 8 1/2" krónu í 1289 m. Nokkrar tafir urðu á borun vegna bilana og óveðurs í desemberbyrjun. Veðurtafir urðu einnig um miðjan desember. Borun gekk að öðru leyti vel og var borhraði mun meiri en áætlað hafði verið. Boráhöfn fór í jólafrí 16. desember og vinna hófst aftur 5. janúar. Þá var byrjað á að rýma holuna niður fyrir stóra vatnsæð á 618 m dýpi. Rýmt var niður á 629 m dýpi með 12 1/4" krónu. Eiginleg borun hófst ekki fyrr en aðfararnótt 12. janúar. Borað var áfram frá 1289 m með 8 1/2" krónu. Þar sem stór vatnsæð kom fram strax eftir u.þ.b. 7 m borun var ákveðið að hafa holuna ekki dýpri og varð hún 1303 m. Borun lauk 12. janúar og 15. janúar var byrjað að taka niður borinn.

Borun gekk vel og var meðalborhraðinn 6 m/klst, sem er góður gangur á basaltsvæði. Meðalálág Jötuns er um 4 tonnum herra en á Dofra (Gufubor) og er því borhraðinn talsvert meiri. Borhraðinn ásamt jarðlagaskipan er sýnt á meðfylgjandi línuriti (Fnr. 13768). Skiptast greinilega á hörð hraunlög og lín millilög.

Fylgst var með skoltapi og vatnsæðum meðan á borun stóð. Hvergi varð vart við tap skolvatns en nokkrar vatnsæðar komu í holuna í borun. Á um það bil 200 m dýpi varð vart við mjög litla æð 0,1-0,5 l/s. Einnig varð vart við smáæðar á um 570 m og 588 m dýpi. Upprennsli byrjaði fyrst að ráði úr holunni þegar hún var 616-618 m djúp.

og runnu þá 23 l/s af 84°C heitu vatni upp. Á 660-670 m dýpi jókst rennslið um 3-4 l/s og um 1 l/s á 712-713 m. Á 1296 m dýpi kom stór æð í holuna og varð heildarrennsli úr holunni þá um 95 l/s en minnkaði síðar.

### Hrun

Ekki varð vart við neitt hrun í holunni ofan við 600 m dýpi. Neðan við þykkt millilag á 614-622 m varð lítið vart við hrun, en í millilagi á 658-662 m dýpi varð mikið hrun. Stærstu hrunmolarnir, sem komu upp fyrst eftir að borinn lenti í þessu hruni, voru allt að 5 cm í þvermál. Varð vart við hrun úr þessu lagi í svarfinu niður á botn holunnar, en það minnkaði verulega neðan 1000 m. Hrundið olli þó engum verulegum vandræðum við borunina, enda var verulegt upprensli í holunni rétt ofan við aðalhrunkaflann.

### Samband vatnsæða og jarðlaga

Tengsl efstu vatnsæðarinnar við jarðlög eða jarðlagamót eru ekki ljós, enda staðsetning hennar óviss. Vatnsæðarnar á um 570 m og 588 m dýpi eru báðar á lagmótum hraunlaga. Við þessi lagmót virðast ekki vera setmillilög, en basaltið er frauðkennt og gjallkennt hröngl finnst efst í basaltlaginu á 588-614 m dýpi. Vatnsæðin í 618 m er í þykku setkenndu millilagi. Í eða við þykka hrungjarna millilagið á 658-662 m dýpi er lítil vatnsæð. Stóra vatnsæðin á um 1296 m dýpi kemur fram í þykku, setkenndu millilagi í basaltstaflanum.

## 3. JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Jarðlagasnið er sýnt á Fnr. 13768. Bergið er nær eingöngu basalhraun, oft með rauðum millilögum á milli. Þar sem þessi millilög eru með greinilegum seteinkennum og þykkri en 1-2 m eru þau merkt inn á sniðið. Basaltlögin eru venjulega 14-30 m þykk, flest nálægt 20 m þykk og nokkur eru yfir 40 m þykk. Öll eru lögin vel holfyllt og nokkuð ummynduð, en ummyndun er mjög mismikil. Lýsing einstakra jarðlaga er gefin í viðauka.

Eins og kemur fram í lýsingu á einstökum jarðlögum, er ummyndun nokkuð mismikil í einstökum lögum. Af frumsteindum basalthraunlaganna er plagioklas sú eina, sem er alltaf lítið ummynduð. Ólivín er alls staðar horfið, en stundum má greina ásýnd þess. Pyroxen er oft lítið ummyndaður, en er horfinn eða aðeins leifar eftir af honum í sumum basaltlögum. Dreifing ummyndunarsteinda, sem myndast hafa á kostnað frumsteinda bergsins, og gerð holu- og sprungufyllinga með dýpi er sýnd á meðfylgjandi mynd (Fnr. 13861)

Smektít er ráðandi leirsteind í mestöllu sniðinu. Það er oft greinilega millilagað. Svellandi klórít verður algengt ásamt smektíti neðan 1000 m dýpis og er ráðandi í sumum sýnanna. Á einum stað, í millilagini á um 618 m, þar sem efri stóra æðin í holunni er, finnst illít ásamt smektíti. Myndun þess vitnar um mikla útskolun úr berginu. Einnig er þetta setmillilag og áhrif veðrunar og ef til vill sorteringar á samsetningu hafa einnig eitthvað að segja. Ekki hafa fundist leifar endurskreiðrar ummyndunar leirsteinda.

Margar gerðir zeolíta finnast bæði í holufyllingum í basaltinu og einnig í millilögum. Beltaskipting zeolíta kemur óreglulega fram. Ekki kemur fram neitt vel afmarkað kabasít/tomsonít belti efst í sniðinu. Kabasít fannst aðeins alveg efst. Tomsonít finnst dreift í efstu 500-600 metrum sniðsins. Segja má að mesolít/skólesít belti megi marka frá um 550 m dýpi og sámilega vel afmarkað laumontít belti sé svo frá um 800 m dýpi. Analsímbeltið kemur ekki fram, en analsím finnst í fáeinum sýnum við mörk tveggja neðri zeolítabeltanna og í laumontítbelti. Þetta gæti stafað af því að þóleít er ráðandi á dýptarbilinu 300-530 m. Mordenít er algengast ofan 300 m dýpis, en finnst einnig á um 700 m dýpi. Það finnst nær eingöngu í þóleítbasaltlögum. Heulandít finnst bæði í efstu 300 m og frá um 550 m og niður á botn holunnar. Það finnst aðallega í þóleítbasalti, en einnig í ólivínbasalti. Stilbít finnst dreift í öllu sniðinu, stundum í talsverðu magni. Það virðist ekki

fylgja einni basaltgerð umfram aðra og ekki sést heldur fylgni við sprungur né vatnsæðar. Greinilegt er að beltaskipting zeolítanna með dýpi er trufluð af vatnsrennsli á ákveðnum dýptarbilum. Sérstaklega er áberandi að laumontít kemur fram við vatnsæðar langt ofan eiginlegs laumontítbeltis og í auknu magni við vatnsæðar neðar. Kalsít finnst í öllu sniðinu og í mestu magni í millilögum og við vatnsæðarnar. Kvars hefur mjög svipaða dreifingu og laumontít. Pýrít finnst dreift neðan 300 m. Útfellingar af sægrænum leir (seladóníti) finnst dreift, aðallega í millilögum og við vatnsæðar finnst það í auknu magni.

#### 4. HITAMÆLINGAR, RENNSLI, AFKÖST

Meðan á borun stóð var stöðugt fylgst með hitastigi skolvatnsins og rennslinu. Í efstu hundruð metrunum kom smáæð í holuna eða um 0,5 l/s en dýpi hennar og hitastig vatnsins var ekki þekkt með vissu. Til þess að finna það hefði þurft að stöðva borun á meðan holan var að hitna upp og þótti ekki ástæða til þess þar sem æðin var vatnslítill. Samkvæmt hitamælingum í holunni er greinilega æð á 200-250 m dýpi. Á 618 m dýpi (mælt frá borpalli) opnaðist stór æð inn í holuna og mældist rennsli þá um 23 l/s. 15.12. var hitamælt með handrúllu eftir upptekt og sést hitaferillinn á meðfylgjandi mynd (Fnr. 13894). Ekki tókst að mæla nema í 500 m dýpi vegna uppstreymis í holunni og flækju á mælivír. Á 660 m dýpi battist vatn í holuna, sennilega um 3 l/s. Heildarrennsli mældist þá um 27 l/s. 20.12. var holan hitamæld innan í stöngum, 3 dögum eftir borhlé. Dýpið var 1297 m en krónan um 50 m frá botni svo ekki var unnt að mæla alveg í botn. Ferillinn sést á myndinni. Heildarrennsli var þá 29,5 l/s. 22.12. var rennslið mælt og reyndist vera 27,2 l/s en hiti á frárennsli 90,5°C. Í upphafi borunar 5. janúar að loknu jólaeyfi var holan enn mæld, fyrst innan í stöngum og síðan 2 tímum eftir að tekið hafði verið upp úr holunni. Ferlarnir féllu nær alveg saman og sést sá þeirra, sem síðar var mældur á meðfylgjandi hitalínuriti. Rennsli úr holunni var 26,5 l/s með stangirnar ofan í en jókst í 29,8 l/s eftir upptekt.



Í upphafi borhlés voru gerðar rennslisprófanir á holunni. Var látið renna mismunandi mikið úr henni og rennsli og þrýstingur mælt samtímis. Út frá slíkum athugunum má oft fá vitneskju um afkastagetu hola t.d. við niðurdrátt með dælingu. Þessar athuganir voru þó of skammvinnar til að örugg niðurstaða fengist en gefa þó einhverja vísbendingu um eiginleika holunnar á því stigi, sem hún var á þá. Borstangir og króna voru í holunni og breytir það að sjálfsögðu niðurstöðum eitthvað.

Borun var hætt kl. 14<sup>00</sup> en skolun kl. 14<sup>30</sup>. Dýpið var 1297 m og króna um 50 m frá botni. Hitastig frárennslis var 86,0°C. Lokunarþrýstingur steig á 30 mín. upp í 13,7 kp/cm<sup>2</sup>. Við 3,9 l/s rennsli var þrýstingur um 11,3 kp/cm<sup>2</sup> og hitastig 79,5°C. Við 22,4 l/s féll hann í 5,8 kp/cm<sup>2</sup> en hitastig steig í 88,5°C. Við 27,2 l/s var þrýstingur 0,7 kp/cm og hitastig frárennslis 88,5°C.

Frjálst rennsli var að athugun þessari lokinni um 29.5 l/s. Vinnsluferill holunnar, byggður á þessum gögnum, er teiknaður upp á meðfylgjandi mynd (Fnr. 14086). Varast ber að draga of miklar ályktanir af þessum niðurstöðum um vinnslueiginleika holunnar, en þær gefa einhverja vísbendingu um eðli æðanna á 600-700 m dýpi.

Stór æð kom í holuna á 1296 m dýpi 12. jan. Rennslið mældist þá 95-100 l/s og hitastig frárennslisins var um 93°C.

20. janúar var rennslið 95 l/s. Í lok janúar var gengið frá holutoppi og kom þá í ljós, að lokunarþrýstingur hafði lækkað í 7,5 kp/cm<sup>2</sup> úr um 14 kp/cm<sup>2</sup>. Er ekki ljóst hvort þrýstingurinn hefur lækkað við að stóra æðin opnast í botni eða hvort þrýstingur hefur fallið á svæðinu við rennsli úr holunni. Dagana 10. og 11. mars var holan rennslismæld á ný undir mismunandi þrýstingi. Hafði runnið frjálst úr henni fram að þeim tíma. Niðurstöður mælinganna sjást í eftirfarandi töflu og á mynd af vinnsluferlum (Fnr. 14086).

Þrýstingur m.v.s.	0	21	30	42	60	70	75	0
<hr/>								
Rennsli l/s	63	57	54	45	29	64	0	75

Frítt rennsli hefur minnkað frá því að borun lauk niður í um 70 l/s. Þetta er ekki óeðlilegt miðað við reynslu af öðrum jarðhitasvæðum á Mið-Norðurlandi. Með niðurdrætti mætti fá meira vatn úr holunni eins og vinnsluferillinn bendir til um. Þó verður að reikna með því að þrýstingur falli almennt á svæðinu þegar vinnsla hefst úr fleiri holum. Falli þrýstingur á svæðinu niður í 0 kp/cm<sup>2</sup> við vinnslu má samt reikna með að ná megi um 70 l/s úr þessari holu með ca 70 m niðurdrætti. Hitastig frárennslisins var orðið 94°C.

Ekki var unnt að sprengja út vatnsæðar í holunni með dælingu (þrýstiprófa holuna) að borun lokinni vegna hins mikla sjálfrennslis, en væntanlega hefðu slíkar aðgerðir aukið afkastagetu hennar.

Tvisvar hefur verið reynt að hitamæla holuna eftir að borun lauk en ógerlegt var að koma mæli neðar en í 280-290 m. Þar virðist vera útvíkkun á holunni, sem mælirinn kemst ekki niður í gegnum.

Þegar holan er opnuð eftir að hafa verið lokuð um hríð vill frárennslid litast mórautt í stutta stund. Vitað er um hrungjörn lög í holunni og eykst hrúnið greinilega þegar þrýstingi er létt af holunni. Ekki er mikil ástæða til að óttast svo verulegt hrún að vatnsæðar lokist í holunni af þeim sökum.

Ástæða gæti verið til að dýpka þessa holu síðar meir, þegar þrýstingur hefur lækkað á svæðinu vegna aukinna borana.

## 5. EFNASAMSETNING BORHOLUVATNSINS

Til þessa hafa aðeins fengist niðurstöður efnagreininga af tveim sýnum úr borholu LJ-5. Var sýnunum safnað eftir að holan lenti í æð á um 600 metra dýpi, sem gaf um 30 l/sek, en áður en holan lenti í stærri æðinni neðan 1100 metra.

Efnasamsetning vatnsins úr 600 metra æðinni er mjög svipað efnainnihaldi í Brúnalaug rétt fyrir sunnan og í gamalli borholu við Kristnes. Svo svipuð efnasamsetning á jafnstóru svæði gefur nokkra vísbendingu um, að heita vatnið sé dregið úr stórum vatnsgeymi. Til þess að renna nokkrum stoðum undir þessa hugmynd þyrfti að safna sýnum úr öllum þeim heitum uppsprettum og borholum, sem finnast á þessu svæði.

Rannsóknir frá 1969 á kísilinnihaldi heita vatnsins bentu til þess, að hæstur hiti fengist með borunum í Eyjafirði á svæðinu frá Kristnesi yfir á Laugaland. Þannig eru niðurstöður á efnainnihaldi vatnsins í samræmi við niðurstöður rafleiðnimælinga, um að þessi staður í Eyjafirði væri álitlegastur til borana.

Vatnið úr borholunni hefur samsvarandi efnainnihald og almennt gerist með jafnheitt vatn á lág hitasvæðunum. Er efnainnihaldið mjög svipað og á Reykjum í Mosfellssveit, þaðan sem Hitaveita Reykjavíkur fær mest af sínu vatni (tafla 1). Helsti munurinn liggur í styrk uppleysts brennisteinsvetnis. Á Reykjum í Mosfellssveit er meðalgildið nálægt 1 ppm, en minna en 0.1 ppm í borholunni á Laugalandi. Ástæða er þó til að ætla, að í dýpri vatnsæðum í holum á Laugalandi verði styrkur brennisteinsvetnis eitthvað hærri en í núverandi sýnum.

Efnainnihald vatnsins að Laugalandi gefur til kynna, að það sé hentugt til beinnar notkunar í hitaveitu og reynsla á notkun heita vatnsins að Reykjum í Mosfellssveit styður það.

Í sumu lághitavatni er svolítið af uppleystu súrefni og gerir það vatnið tærandi. Svo virðist sem samband sé milli styrks uppleysta súrefnisins og hitastigs vatnsins. Við lágt hitastig er nokkuð um uppleyst súrefni, en það er horfið við 60-70°C. Er því heldur ólíklegt, að súrefni sé til staðar í borholuvatninu að Laugalandi. Þetta hefur þó ekki verið prófað með efnagreiningu, en það verður gert.

Fyrir hinn almenna neytanda eru áhrif uppleysts brennisteinsvetnis vafalítið hvítleiðust af efnaeiginleikum heits vatns, sem notað er beint í hitaveitu. Styrkur þessa efnis er neðan greiningarmarka í vatninu á Laugalandi. Þó er ástæða til að gera ráð fyrir, að eitthvað brennisteinsvetni sé til staðar í þessu heita vatni, en í öllu falli neðan skaðleysismarka fyrir neysluvatn samkvæmt stöðlum WHO (World Health Organisation) og USPHS (United States Public Health Service). Miðað við kröfur WHO og USPHS er varla við því að búast, að efnasamsetning heita vatnsins fullnægi ekki þeim kröfum, sem gera þarf til ýmissar iðnaðarframleiðslu. Þó er líklega hæpið að nota heita vatnið í hverskonar matvælaframleiðslu vegna bragðs frá brennisteinsvetni. Sé áhugi eða þörf talin á slíkri notkun er mælt með því að leita til sérfróðra manna í því efni.

TAFLA 1.

Efnainnihald í sýnum úr holu LJ-5 (Jötunn 1) við Laugaland í Eyjafirði. Bæði sýnin voru tekin, þegar sjálfrennsli úr holunni var tæplega 30 l/sek og vatn komið aðeins úr æð á um 600 metra dýpi. Styrkur efna í ppm.

Efni	sýni nr.	12750188 75-12-17	01760004 76-01-04	09690112 Kristnes	09690115 Brúnalaug	Reykir í <sup>+</sup> Mosfellssv.	Ákureyri vatnsveita
hiti °C		89.5	90.5	75	66	85	4
kísilhiti °C $\phi$		84/112	78/106	72	68		
pH/°C		9.81/20	9.83/20	9.89/24	9.89/24	9.72/20	8.08/20
Eðlisviðnám $\Omega m$		43.5	41.2			57.0	212.8
SiO <sub>2</sub>		106	96	90	89	80	17
Na <sup>+</sup>		47.5	47.5	64.5	45.0	35.5	3.7
K <sup>+</sup>		1.2	1.3	1.0	0.9	0.8	0.6
Ca <sup>++</sup>		2.9	3.3	3.4	2.0	2.8	4.6
Mg <sup>++</sup>		0.15	0.02	0.03	0.03	0.06	0.9
CO <sub>2</sub> (total)*		16.2	22.7	14.0	12.5	23.7	22.6
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		33.8	30.5	41.5	28.3	16.1	1.0
H <sub>2</sub> S (total)**		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.06	-
Cl <sup>-</sup>		10.6	10.8	10.6	6.3	15.4	5.6
F <sup>-</sup>		0.41	0.36	0.6	0.6	0.75	0.05
uppl. efni		286	244	250	227	199	40

$\phi$  jafnvægi við: kalsedón/kvars

\*  $H_2CO_3 + HCO_3^- + CO_3^{--}$

\*\*  $H_2S + HS^- + S^{--}$

+ Meðaltal greininga úr 14 holum.

VIÐAUKI

LÝSING EINSTAKRA JARÐLAGA

30-52 m. Dökkgrátt, fremur gróft basalt, vel holufyllt með kalsíti og zeolítum (kabasít, stilbít, heulandít). Basaltið er talsvert ummyndað og er pyroxen oft aðeins eftir sem ásýnd, en leirsteindir hafa komið í hans stað. Á um 38 m dýpi er mikið um brotkorn af rauðleitu, frauðkenndu basalti og þar eru sennilega lagmót, en samskonar basalt er í sýnunum neðan við þau mörk. Basaltið er þó heldur minna ummyndað neðan 44 m. Zeolítafyllingar aðallega af heulandíti.

56-58 m. Tígulsteinsrautt millilag. Gjallkennd brotkorn í rauðleitum og grænum leirkenndum millimassa. Mikið um zeolít (heulandít).

60-64 m. Meðalgróft, allummyndað þóleít basalt. Plagioklas lítið ummyndað að sjá og leifar eru eftir af pyroxeni. Leirútfellingar í millimassa og holufyllingar af kalsít og stilbíti og heulandíti.

66-72. Dökkt meðalgróft, allferskt ólivínbasalt. Holufyllt með zeolítum (heulandít, stilbít).

72-76 m. Rauðleitt millilag með talsverðu af grænum leirfyllingum. Dreif af dökku basalti með úr laginu ofan við.

76-82 m. Dökkt, fremur grófkornótt basalt. Vel holufyllt með kalsíti og zeolítum.

82-96 m. Basaltlag með þunnu millilagi efst. Mikið af útfellingum þar af plötukalsíti, stilbíti og tomsóníti. Basaltið er dökkgrátt og fersklegt, fremur grófkornótt. Neðst í laginu á 94-96 m dýpi er basaltið rauðleitt og frauðkennt með miklu af útfellingum.

96-106 m. Vantar svarf

106-108 m. Dökkgrátt gróft basalt og molar úr rauðleitu millilagi með. Steypumolar úr fóðringu eru í talsverðu magni í þessu efsta sýni neðan fóðringar.

108-110 m. Vantar svarf.

110-150 m. Basaltlög. Lagmót eru í 128 og 138 m og er basaltið þar rauðleitt og sennilega eru þunn millilög þar. Á 112 og 144 m dýpi eykst magn útfellinga og þar gætu einnig verið lagmót. Basaltið í öllum lögnum er dökkgráleitt ólivínbasalt. Kornastærð er nokkuð breytileg, en basaltið er yfirleitt meðalgrófkornótt. Ummyndun er yfirleitt fremur lítil, en þó breytileg frá einu lagi til annars.

150-154 m. Grátt fremur ljóst basaltlag.

154-186 m. Dökkgráleitt fremur fersklegt ólivínbasalt.

186-210 m. Plagioklasdílótt basalt, allmikið ummyndað. Breytileg kornastærð í basaltinu frá fremur fínkornóttu til grófkornótts.

210-230 m. Brúnleit leirkennd brotkorn á lagmótunum og grænleit slikja á basaltinu þar. Basaltið verður svo ljósgráleitt á lit og meðalgrófkornótt. Basaltið er allummyndað. Útfellingar af sægrænum leirsteindum áberandi (seladonít). Á bilinu 228-230 m er þunnt millilag.

230-238 m. Dökkgrátt fremur grófkornótt basalt.

238-240 m. Millilag. Brotkorn úr fínu ummynduðu basalti og tígulsteinsrauðum leirkenndum kornum. Útfellingar af sægrænum leir.

240-248 m. Grátt, grófkornótt fremur fersklegt basalt. Meira ummyndað nálægt lagmótum.

248-250 m. Þunnt brúnleitt millilag, með miklu af útfellingum.

250-268 m. Dökkgrátt þóleít basalt, fremur fínkornótt til meðalkornótt.

268-270 m. Brúnleitt millilag.

270-288 m. Dökkgrátt fremur grófkornótt basalt. Talsvert um holufyllingar efst.

288-292 m. Rauðleitt setkennt millilag.

292-308 m. Dökkgrátt plagioklasdílótt basalt, frauðkennt og holufyllt efst og neðst. Mikið um kalsít þar.

308-350 m. Basalt. Lagskipti gætu verið í 324 m og 346 m, en ekki eru nema þá örþunn millilög þar. Basaltið er fremur fínkornótt þóleít aðeins plagioklasdílótt. Ummyndun lítil ofarlega, en eykst neðar í laginu.

350-360 m. Grænleitt basalt, fínkornótt og virðist vera talsvert sprungið með leirfyllingum á sprunguflötunum. Pýrít sést og hefur sennilega fallið út í sprungum. Kalsít er algengt. Fremur lítið er um zeolítaútfellingar, en þær sjást þó í sumum sýnanna (stilbít, mesolít).

360-368 m. Basaltlag, dökkgrátt, meðalgrófkornótt. Dreif af brúnleitum leirkenndum brotkornum finnst með.

368-380 m. Basaltlag, fremur ljóst á lit. Í svarfinu er dreif af brotkornum úr setkenndu millilagi. Talsvert er um útfellingar í basaltinu.



380-396 m. Dökkgrátt, fremur grófkornótt þétt basalt. Basaltið virðist fremur lítið ummyndað.

396-410 m. Grátt basalt, ljósara að lit efst, en verður dekkra á lit og grófkornóttara neðar. Þar er það meðalgróft til grófkornótt með subofittiskan textúr og fremur lítið ummyndað. Lítið er um útfellingar, en efst í laginu finnst stilbít.

410-422 m. Mjög gróft basalt. Brotkornin eru oft af stökum pyroxen eða plagioklassteindum. Basaltið er yfirleitt allmikið ummyndað, en sum kornanna eru lítið ummynduð. Einnig eru brotkorn af mikið ummynduðu fínu basalti. Grófa basaltið hefur ofittiskan textúr. Útfellingar af pyrítí, kalsítí og leir sjást.

422-446 m. Meðalgróft þóleítbasalt. Dreifðar útfellingar af kalsítí og stilbítí sjást.

446-466 m. Dökkt fersklegt basalt, fínkornótt efst og með dreif af rauðleitum brotkornum. Basaltið verður meðalgrófkornótt neðar í laginu, þétt en með vott af kalsítí og útfellingum af zeolítum og ópal.

466-498 m. Basaltlag. Efst er rauðleitt og frauðkennt, en dekkra og fersklegt neðar. Talsvert er af útfellingum efst, en lítið neðar. Þunnt rauðleitt millilag er á neðri mörkum basaltlagsins.

498-506 m. Dökkt, fersklegt, grófkornótt, plagioklasdílótt basalt.

506-510 m. Setkennt millilag. Brotkorn af brúnleitum leirflögum og tígulsteinsrauðum kísluðum brotkornum.

510-530 m. Basaltlag. Efstu 8 m er basaltið oxað og frauðkennt, en verður síðan dökkgrátt, þétt og fremur fínkornótt. Basaltið er talsvert ummyndað. Sægrænar leirútfellingar eru áberandi í þessu lagi ("seladónít").

530-540 m. Basaltlag, með þunnu tígulsteinsrauðu millilagi efst. Mikið er um útfellingar efst, plötukalsít, stilbít, tomsonít og mattgrænn leir. Basaltið er ljósgráleitt að lit, allumyndað, fremur fínkornótt. Í fáeinum kornum virðist vera ásynd ólivínfenokristalla, nú úr leirþyrpingum og ógegn-sæjum steindum.

540-550 m. Dökkt, meðalgrófkornótt, fremur fersklegt basalt.

550-554 m. Rauðbrúnleitt millilag. Mikið er af útfellingum af kalsíti, tomsoníti, laumontíti og grænum leir.

554-566 m. Dökkt, fremur grófkornótt, fersklegt basalt. Talsvert er um útfellingar efst í laginu.

566-568 m. Vantar svarf.

568-588 m. Gráleitt, fínkornótt, allumyndað þóleítbasalt með intergranular textúr. Lagmót gætu veruð í um 576 m dýpi, en basaltið er svipað í öllu laginu. Mikið um útfellingar, sérstaklega efst, af kalsíti zeolítum (heulandíti) og leir.

588-614 m. Basalt með gjallkenndu rauðfjólubláu hröngli efstu 2 m og rauðleitu frauðkenndu basalti. Síðan tekur við blanda af ljósgráu talsvert ummynduðu basalti og dökku fremur grófkornóttu, fersklegu basalti. Borhraði er lítill og fremur jafn í þessu lagi. Er sennilegt að ferska dökka basaltið sé úr þessu lagi, en það sem er meira ummyndað sé úr laginu að ofan, enda líkt því.

614-622 m. Lagmót og setkennt millilag. Rauðbrúnleitar leirflögur, grængráleitt leirkennt berg, frauðkennt basalt, mikið af útfellingum af plötukalsíti, fínkornóttum kalsít-pyrpingum, pyrítí, sægrænum leir, zeolítum (heulandítí, laumontítí).

622-628 m. Svargrátt, meðalgrófkornótt basalt, allummyndað.

628-642 m. Basaltlag með þunnum millilögum efst og neðst. Nokkur dreif með, úr þykka millilagini á 614-622 m dýpi.

642-658 m. Basalt, dökkt, gróft og fersklegt. Nokkuð um mola úr stóra millilagini.

658-662 m. Millilag. Rautt, setkennt millilag. Í því eru rauðbrúnleitir leirsteinsmolar, tígulsteinsrauð brotkorn, grænleitir, leirfylltir molar og sambreyskjur af þessu öllu með þykkum ljósum útfellingum, aðallega úr kalsíti. Í þessu lagi kom fram mikið af grófu hruni og voru stærstu molarnir allt að 5 cm í þvermál. Stórir steypumolar komu einnig fram í svarfinu á þessu dýpi. Steypa finnst í svarfinu af og til frá enda fóðringar og stafar það af því að borað var með 8 1/2" krónu eftir fóðrun. Þegar borinn lenti svo í þessu hruni hafa stórir steypumolar slegist út úr rörinu og koma upp með hruninu þegar aukið var við dælurnar.

662-682 m. Dökkt ferskt basalt, fremur fínkornótt. Annars er aðalmagn svarfsins hrunmolar úr þykka millilagini á 658-662 m dýpi. Hrunmolarnir eru allt að 3 cm í þvermál.

682-692 m. Grátt basalt, frauðkennt efst og með miklu af útfellingum. Mikið er enn um hrun og talsverð blöndun við lagið ofan við.

692-702 m. Dökkt meðalgrófkornótt þóleítbasalt með intergranular textúr. Talsvert ummyndað, en leifar sjást þó af pyroxen. Þunnt brúnleitt millilag er efst í þessu lagi. Mikið hrun enn í svarfinu.

702-712 m. Gráleitt basalt fínt til meðalgrófkornótt með intergranular textúr, er ráðandi í þessu lagi. Talsverð blöndun og hrunmolar með.

712-716 m. Dökkt ólivínbasalt. Dreif er með af molum úr millilagi og dökkum leirkenndum brotum e.t.v. sprungufyllingum.

716-720 m. Rauðleitt millilag.

720-738 m. Gráleitt basalt, frauðkennt og holufyllt efstu 10 m.

738-740 m. Millilag og oxað frauðkennt basalt með miklu af útfellingum.

740-784 m. Dökkt fremur grófkornótt ólivínbasalt. Lagskil gætu verið í 760-762 m dýpi, en erfitt er að grein<sup>a</sup> sýnin vegna blöndunar við efni úr hrunlaginu á 660 m dýpi. Basaltið er sumt fremur ferskt, en ummyndun er yfirleitt allmikil.

784-804 m. Basaltlag, frauðkennt og holufyllt efst. Millilag gæti verið efstu 2-4 m í laginu, því þar eru brúnleitar leir- og útfellingasambreyskjur frábrugðnar þeim, sem algengastar eru í hruninu. Basaltið er leirfyllt, mikið ummyndað og fínkornótt efst, en neðar í laginu verður það meðalgrófkornótt, dökkgrátt og plagioklasdílótt.

804-818 m. Svargrátt, fersklegt, meðalgrófkornótt basalt. Nokkuð um útfellingar af kalsíti, pyríti og mörgum gerðum zeólíta (stilbít, heulandít, mesolít, sennilega analsím).

818-830 m. Basalt, gráleitt, meðalgrófkornótt plagioklasdílótt. Ummyndun talsverð. Nokkuð er um holufyllingar í laginu af kalsíti, pyríti og laumontíti.

830-860 m. Basaltlag með þunnu millilagi efst. Efst er basaltið rauðbrunnið og frauðkennt. Mikið er um holufyllingar í öllu laginu af kalsíti, kvarsi, heulandíti, laumontíti og pyríti. Basaltið er dökkgrátt, plagioklasdílótt, meðalgrófkornótt og yfirleitt talsvert mikið ummyndað.

860-866 m. Millilag, gjallkennt, talsvert hrún með.

866-902 m. Gráleitt fremur fínkristallað þóleítbasalt með intergranular textúr. Basaltið er talsvert ummyndað og er pyroxen yfirleitt nær horfinn. Allmikið er um útfellingar af kalsíti, kvarsi, pyríti, heulandíti og laumontíti.

902-906 m. Tígulsteinsrautt millilag.

906-918. Basalt, sem er rauðleitt efst, en síðan gráleitt fremur fínkornótt með intergranular textúr. Talsvert ummyndað. Nokkuð um útfellingar af zeolítum.

918-932 m. Ljósgráleitt basalt, svipað og í laginu ofan við. Basaltið er allummyndað. Nokkuð ber enn á hrúni í svarfinu.

932-966 m. Efst er þunnt millilag. Síðan tekur við ljósgrátt meðalgróft basalt með rauðleitri slikju efst. Nokkuð er um holufyllingar.

966-986 m. Þunnt millilag er á lagmótunum, en síðan tekur við basalt af sömu gerð og í laginu ofan við. Fremur lítið um útfellingar, en kalsít, pyrít og zeolít sjást. Enn sést talsvert hrún í svarfinu af sömu gerð og ofar (frá 660 m dýpi).

986-996 m. Basalt svipað og í laginu ofan við, en þunnt, rauðleitt millilag virðist vera í um 986 m dýpi.

996-1020 m. Millilag 1-2 m þykkt efst, en síðan tekur við dökkt, mjög grófkornótt ólivínbasalt. Basaltið hefur ofittiskan til subofittiskan textúr. Það er talsvert ummyndað. Nokkuð um útfellingar efst og neðst í laginu (kalsít, pyrít, laumontít).

1020-1038 m. Þóleittbasalt fremur fínkornótt og allumyndað.

1038-1048 m. Þunnt millilag efst og síðan tekur við gráleitt basalt svipað og í laginu ofan við.

1048-1054 m. Basalt, sem er dekkra, grófkornóttara og fersklegra en í laginu ofan við.

1054-1070 m. Basalt, sem er allumyndað, fínkornótt, ljósgrátt með grænleitri slikju.

1070-1104 m. Talsverð blöndun og á þessu bili eru sennilega tvö mismunandi basaltlög. Gróft, dökkt ólivínbasalt er önnur gerðin (ofar) og hin er mjög fínkornótt basaltískt andesít. Lagmót gætu, miðað við borhraðasnið, verið í u.þ.b. 1084 m.

1104-1146 m. Svargrátt, fremur grófkornótt basalt með subofittiskan textúr. Efst er þunnt millilag. Lagmót gætu verið í um 1128 m, en samskonar basalt er á báðum dýptarbilum. Talsvert er um útfellingar af kvasi, kalsíti, pyríti, stílbíti og heulandíti.

1146-1164 m. Ljósgrátt basalt, allmikið ummyndað og með grænleitri slikju. Útfellingar af laumontíti.

1164-1186 m. Dökkt, grófkornótt, allferskt basalt. Allblandað svarf sérstaklega neðstu 10 m í laginu. Lagskipti gætu verið í 1172 m, en vegna blöndunar og hruns er erfitt að greina þennan kafla.

1186-1204 m. Dökkt, fersklegt, allgrófkornótt basalt. Nokkuð um útfellingar.

1204-1246 m. Basalt, fremur fínkornótt og mikið ummyndað. Mikið um zeolít efst í laginu (laumontít, stilbít, heulandít analsím). Kvars í velþróuðum kristöllum sést í þessu lagi.

1246-1272 m. Mjög ummyndað ljóst, grænleitt basalt. Útfellingar af skærgrænum leir, kvarsi, pyríti og laumontíti. Enn er nokkuð um hrún í svarfinu.

1272-1290 m. Gróft, dökkt, fremur fersklegt ólivínbasalt. Útfellingar af kvarsi, pyríti og laumontíti.

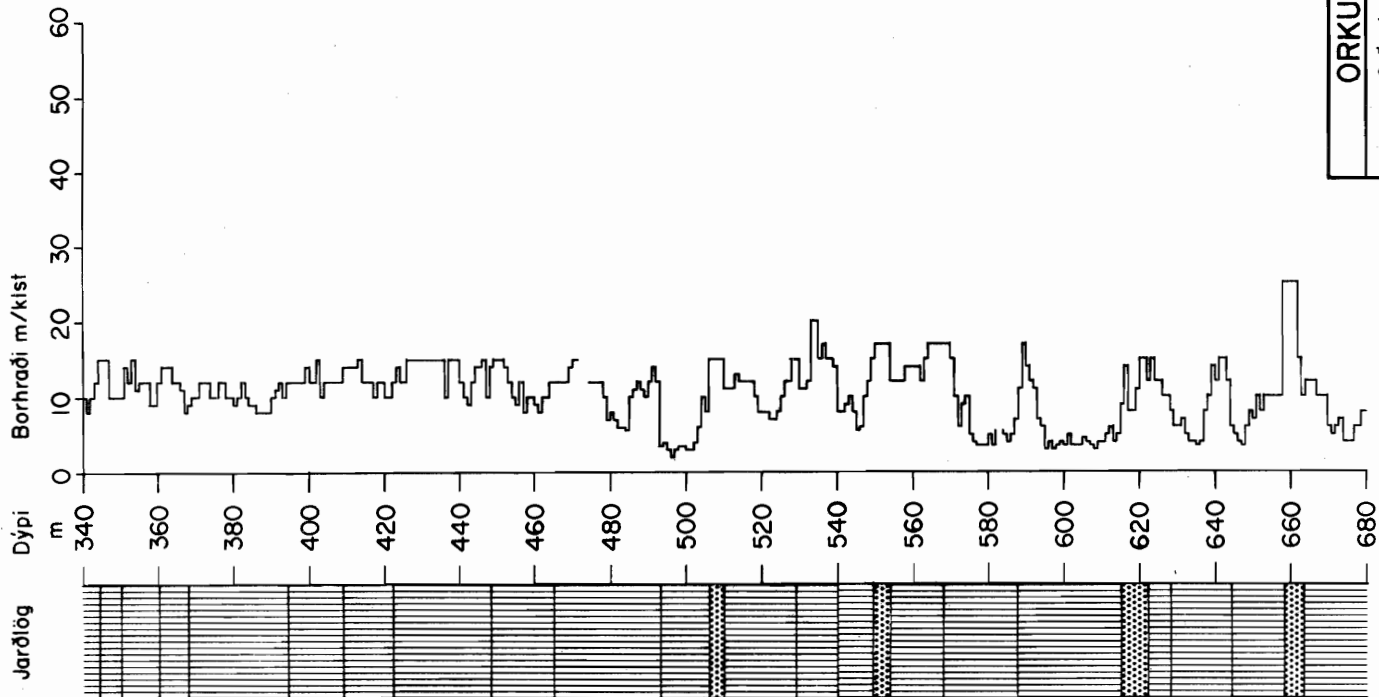
1290-1302 m. Setmillilag. Ávalir molar úr brúnleitum leir, rauðum, kísluðum sambreyskjum og mikið um útfellingar af kalsedon, (kvarskristallar, sums staðar) plötukalsíti, massífu kalsíti, laumontíti, mesolíti, analsími (einnig heulandíti sums staðar).

1302-1303 m. Dökkt fersklegt basalt með molunum úr millilaginu.

**ORKUSTOFNUN**

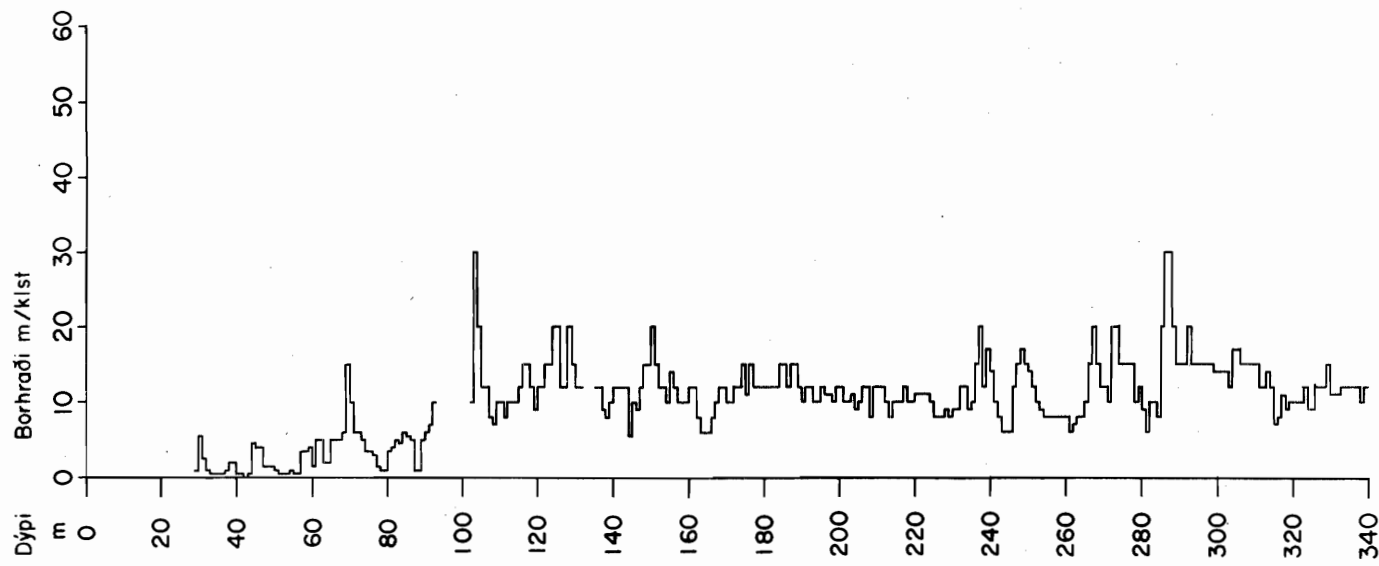
Sýra Laugaland Hóla 5  
Jardlagasnið

2.1.76 HK/SL Tr. 36  
Bl. 1 af 2 J-Laugaland Fnr. 13768



Álag og krónugerð

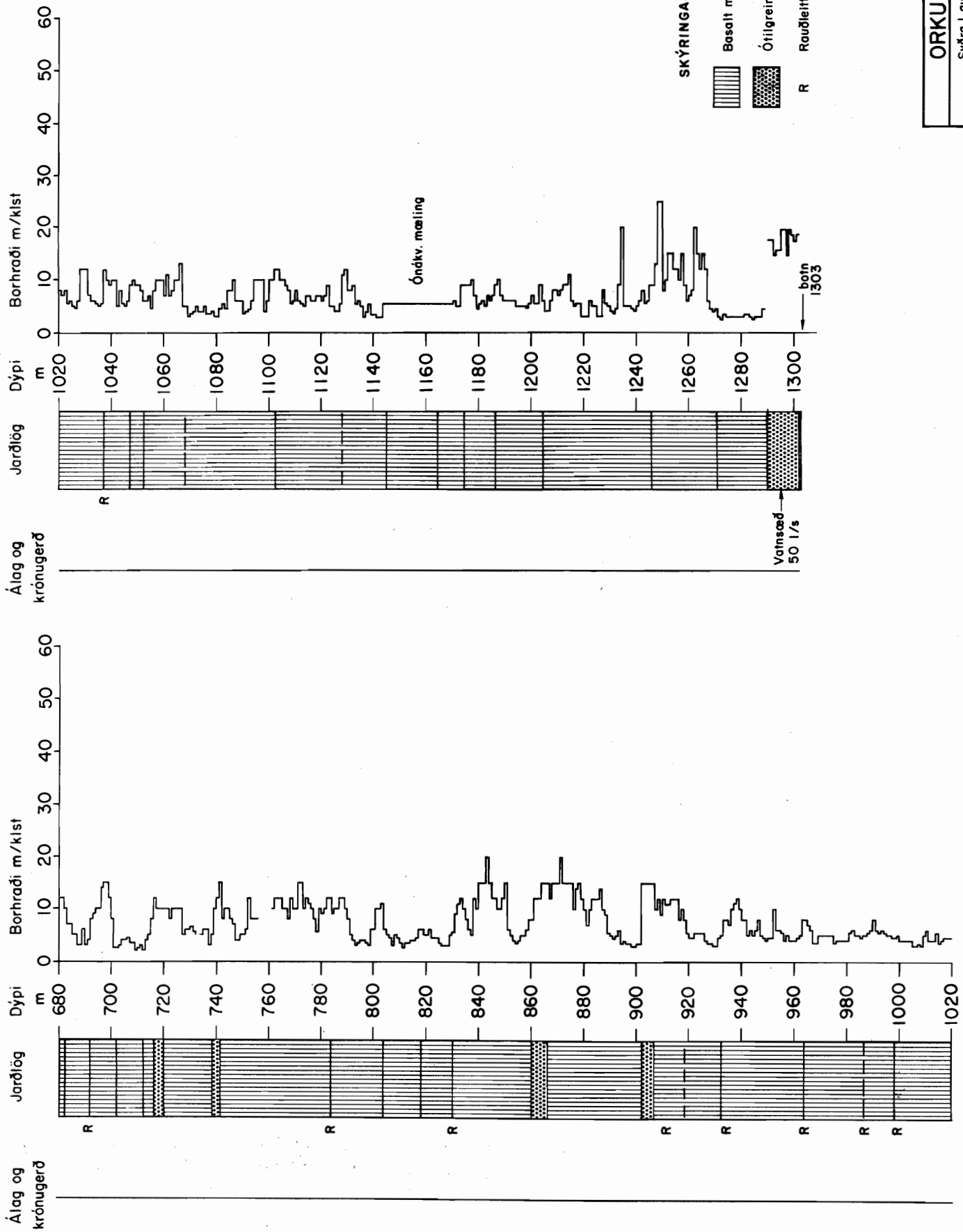
Vatnsæð 1 l/s  
V.æð 1 l/s  
V.æð 23 l/s  
Rýmud með 311 mm í 629 m  
V.æð 3,3 l/s

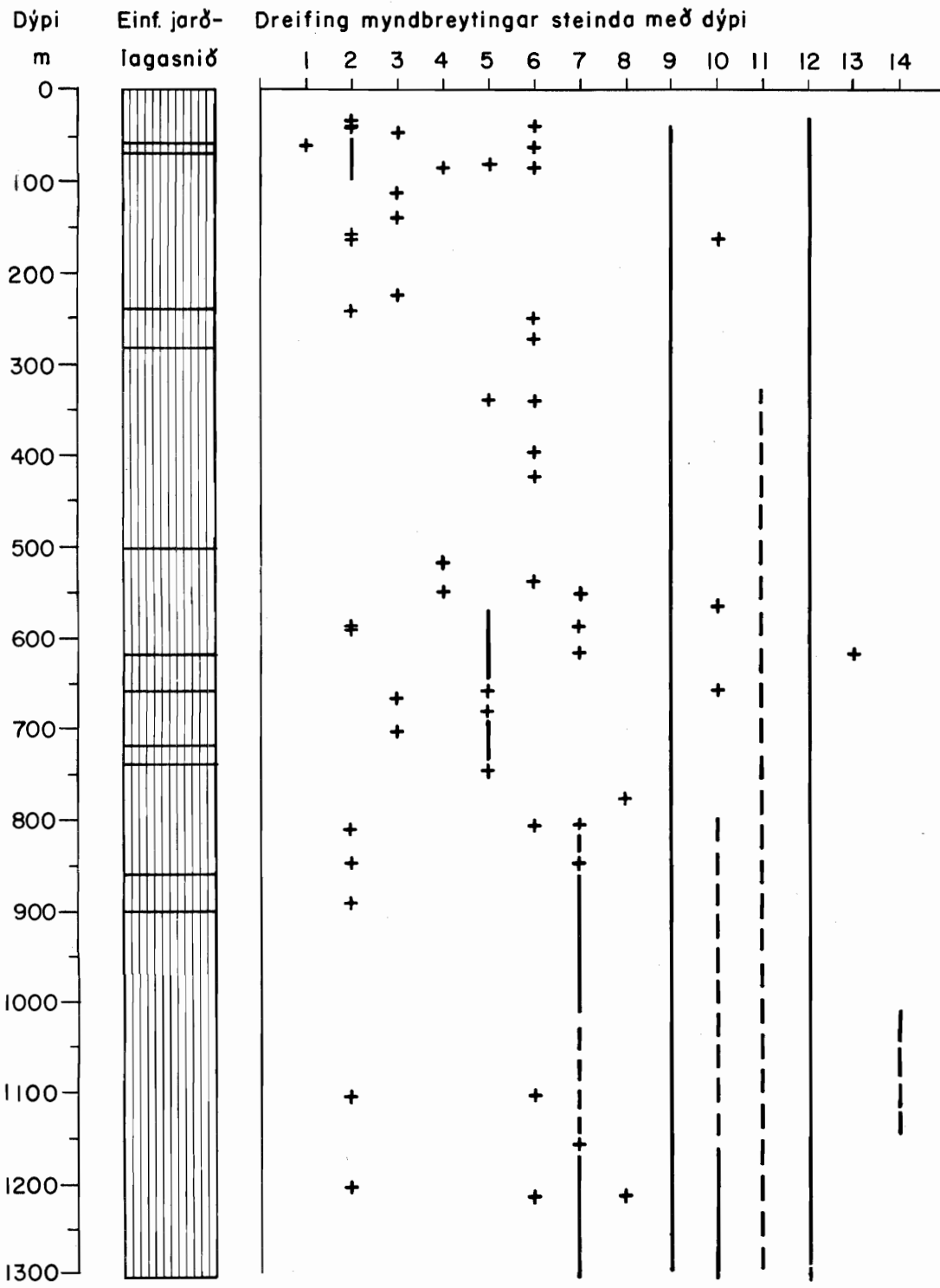


Álag og krónugerð

10-12 tonn 445mm 21 J  
Fóðring 303mm  
Vantar svarf  
18-20 tonn 216mm J-55 Rýmud með 311 mm



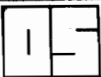




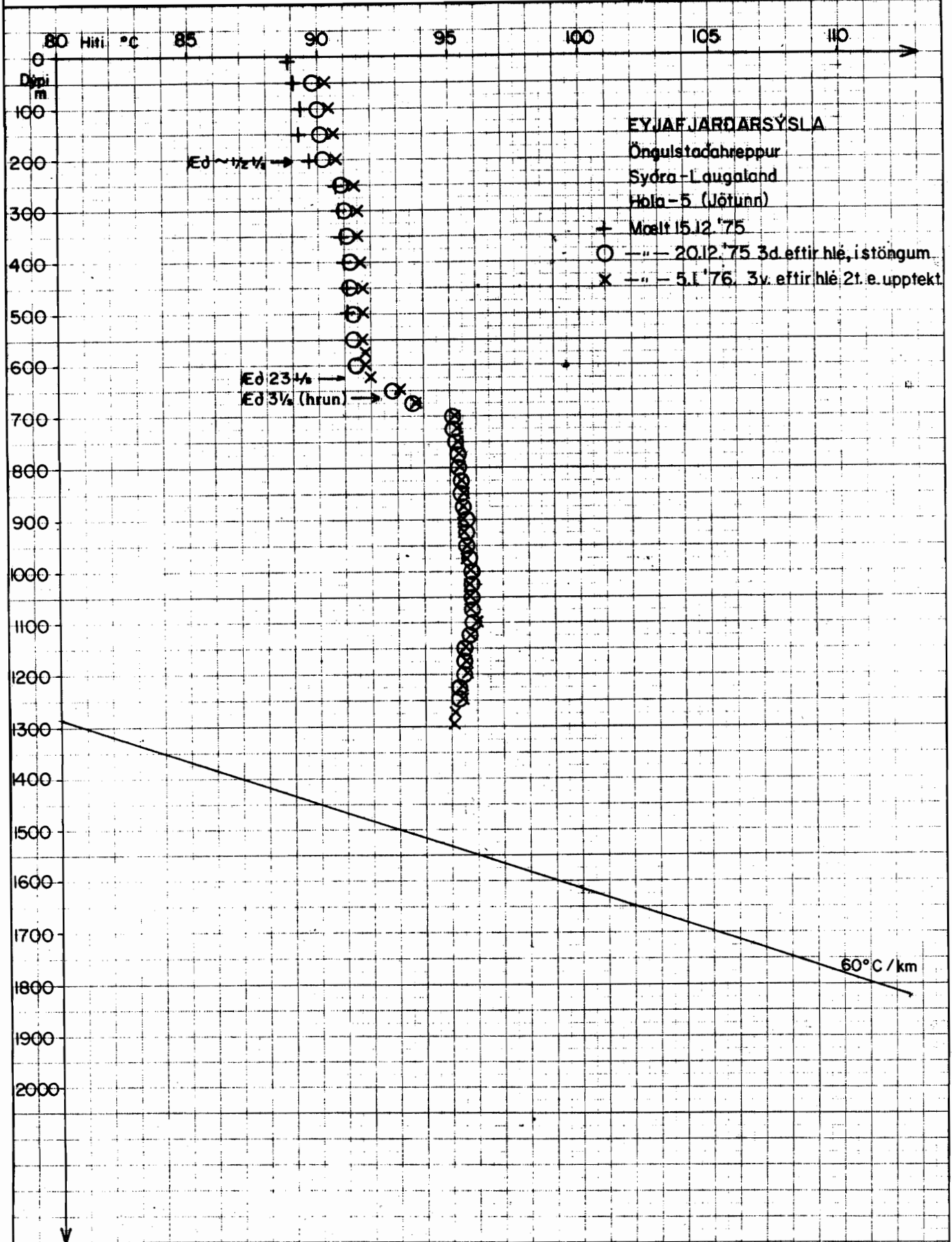
SKÝRINGAR

- 1. Kabasít
  - 2. Heulandít
  - 3. Mordenít
  - 4. Tomsónít
  - 5. Mesolít / skolesít
  - 6. Stilbít
  - 7. Laumontít
  - 8. Analsím
  - 9. Kalsít
  - 10. Kvars
  - 11. Pýrít
  - 12. Smektít
  - 13. Illít
  - 14. Svellandi klórít
-  Basalt myndbreytt  
 Millilög (set)

botn í 1303 m



Hitamælingar í borholum





Vinnsluferlar

