



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**UMMYNDUN Á NORÐUR-REYKJUM
OG Í HELGADAL, MOSFELLSBÆ**

Jens Tómasson

Samvinnuverk Hitaveitu Reykjavíkur
og Orkustofnunar

OS-95053/JHD-34 B

Nóvember 1995



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 710 007

**UMMYNDUN Á NORÐUR-REYKJUM
OG Í HELGADAL, MOSFELLSBÆ**

Jens Tómasson

Samvinnuverk Hitaveitu Reykjavíkur
og Orkustofnunar

OS-95053/JHD-34 B

Nóvember 1995

EFNISYFIRLIT

| | |
|---|----|
| 1. INNGANGUR | 5 |
| 2. UMMYNDUN OG HOLUFYLLINGAR | 6 |
| 2.1 Ummyndun | 6 |
| 2.2 Holufyllingar | 7 |
| 3. UMMYNDUNARÞVERSNIÐ | 8 |
| 3.1 Háhita ummyndunarsnið | 8 |
| 3.2 Kalsít ummyndunarsnið | 11 |
| 3.3 Lághita ummyndunarsnið | 12 |
| 4. UMRÆÐA OG NIÐURSTÖÐUR | 13 |
| 5. HEIMILDIR | 16 |
| VIÐAUKI. Ummyndun og ummyndunarsnið af holum á Norður-Reykjum og í Helgadal | 31 |

MYNDASKRÁ

| | |
|---|----|
| 1. Staðsetning holna og sniða | 17 |
| 2. Ummyndað þóleiútbasalt | 26 |
| 3. Ummyndað ólivínþóleiút basalt, spor eftir ólivín | 26 |
| 4. Plagióklas með leir í sprungum | 26 |
| 5. Zeólít ummyndun í plagióklasdíl | 26 |
| 6. Epidót albítummyndun í plagióklas | 27 |
| 7. Kalsítummyndun í basalti | 27 |
| 8. Kalsítummyndun í plagióklasdíl | 27 |
| 9. Kalsítummyndun í plagióklaslistum | 27 |
| 10. Takkylít með plagióklasdíla | 28 |
| 11. Bláðra fyllt með límoníti og kalsíti | 28 |
| 12. Kalsítummyndun og pýrít í meðalgrófu basalti | 28 |
| 13. Skematísk mynd af oxun af pýrít, magnetíti og takkylíti | 18 |
| 14. Ópall → kalsedón. Ekki krossað | 28 |
| 15. Ópall → kalsedón | 29 |
| 16. Efri mörk kvars og pýríts | 19 |
| 17. Stilbít, pýrít holufylling | 29 |
| 18. Laumontít | 29 |
| 19. Prenít og kalsít | 29 |
| 20. Jarðlaga- og hitasnið | 20 |
| 21. Háhita ummyndunarsnið | 21 |
| 22. Kalsít ummyndunarsnið | 22 |
| 23. Lághita ummyndunarsnið | 23 |
| 24. Skipting L-lághitabeltisins | 24 |
| 25. Staðsetning háhita uppstreymis | 25 |

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu eru birtar niðurstöður rannsókna á ummyndun bergs á Norður-Reykjum og í Helgadal í Mosfellsbæ. Þetta er fimmta skýrslan síðan endurskoðun á eldri greiningum hófst 1990 ásamt útgáfu eldri gagna, sem ekki hafa verið birt áður. Næsta skýrsla á undan kom út 1993 og fjallaði hún um tengingu jarðlaga á Norður-Reykjum og í Helgadal (Jens Tómasson 1993).

Ummyndun er tvenns konar. Annars vegar ummyndun þar sem frumsteindir breytast yfir í aðrar steindir, ummyndunarsteindir, og hins vegar falla steindir út úr jarðhitavökvanum og mynda holufyllingarsteindir.

Gert hefur verið ummyndunarsnið af öllum MG-borholum í Helgadal og á Norður-Reykjum. Sniðin eru birt í viðauka, ásamt stuttri lýsingu á hverju sniði. Auk ummyndunar er einfaldað jarðlagasnið og lega vatnsæða sýnd á sniðinu (myndinni). Á ummyndunarsniðinu sjálfu eru ummyndunar- og holufyllingarsteindir sýndar og hvernig þær dreifast með dýpi. Á þessum sniðum eru sýndar tvenns konar greiningar, þunnsneiða- og röntgengreiningar. Greiningum á ummyndunarsteindum í svarfi er sleppt. Þó að nokkuð af ummyndunarsteindum hafi verið greindar í upphaflegu svarfgreiningunni, hafa nú verið gerðar þunnsneiðar eða röntgengreiningar á sömu sýnum og þar með hafa þessar greiningar verið staðfestar eða endurskoðaðar. Áður voru ummyndunarsteindir heldur ekki greindar jafn nákvæmlega í svarfi og nú er gert.

Myndun margra ummyndunar- og holufyllingarsteinda er hitaháð. Því verða kynntar hér ummyndunarraðir þar sem nýjar steindir koma fram við vaxandi hita og endað á þeim steindum sem eru myndaðar við hæstan hita. Á háhitasvæðum eru þessar raðir venjulega einnig í tímaröð, þannig að steindin sem myndast við lægstan hita er mynduð fyrst í tíma og sú sem myndast við hæstan hita er mynduð síðast. Þessu er alveg öfugt farið á Reykja- og Helgadalssvæðinu. Þar er háhitaummyndun elst; er frá þeim tíma þegar þessi svæði voru háhitasvæðin í gosbeltinu. Síðan hefur Reykjasvæðið rekið út úr gosbeltinu og það kólnað.

Skýrslunni er skipt í fjóra kafla. Fyrsti kafli er inngangur. Í öðrum kafla er gerð almenn grein fyrir ummyndun, t.d. hvernig frumsteindir ummyndast, hvernig ummyndunar- og holufyllingarsteindir breytast með hita o.fl. Þriðji kafli fjallar um ummyndunarþversnið, sem sýna hvernig ummyndun breytist í lárétu og lóðrétu plani. Fjórði kafli er svo umræða og niðurstöður.

Á mynd 1 er sýnd staðsetning borholna og sniða sem fjallað er um á Norður-Reykjum og í Helgadal. Ljósmyndir af þunnsneiðum (myndir 2-12, 14-15 og 17-19) eru fyrir aftan aðrar myndir og því er númeraröð mynda ekki samfelld.

2. UMMYNDUN OG HOLUFYLLINGAR

2.1 Ummyndun

Steindir og fasar í bergi hafa mismikla tilhneingingu til að ummyndast við hita. Gler ummyndast auðveldar en flestar frumsteindir. Þar sem mikill hluti bergsins á jarðhitasvæðunum í Mosfellsbæ inniheldur mikið af gleri, þ.e. móbergi, kargahluta basaltlaganna og set, ummyndast það tiltölulega hratt. Upphaflegt glermagn í berginu hefur því mikla þýðingu fyrir magn ummyndunar. Glerið ummyndast eins og sýnt er í ummyndunarröð (1) með vaxandi hita

(1) gler + H₂O → palagónít → smektít → blandlagsleir (svellandi klórít) → klórít → epidót.

Það eru tvær gerðir af gleri, siderómelangler og takkylítgler og röð (1) er að mestu miðuð við siderómelangler, en ummyndun á takkylíti er mjög svipuð, nema að í takkylíti er mjög mikið af örsmáum magnetítkristöllum sem oxast auðveldlega. Oxun bætist því við á fyrsta stigi ummyndunar takkylíts. Auk þess er erfiðara að fylgjast með ummyndun af takkylíti í þunnisneið vegna þess að það er næstum ópalskt vegna magnetítnálnanna. Ummyndunarröðin í (1) er háð hita, ummyndun yfir í palagónít gerist við lágan hita, frá lofthita upp í nokkra tugi gráða, en klórít myndast fyrst við um 200°C hita og epidót við 250°C. Mest af epidóti sem finnst á rannsóknarsvæðinu virðist hafa fallið út úr vökva og er oft saman með kvasi og pýríti. En epidót sést þó á stöku stað í grunnmassa, og er líklega myndað eins og sýnt er í röð (1) (mynd 2).

Ólivín ummyndast við allt frá lofthita upp í nokkurra tuga gráða hita (°C). Mjög lítið af ólivíni finnst á þessu svæði, þó finnast spor eftir ólivín þar sem ummyndun er minnst (mynd 2). Þetta er fyrsta stig ummyndunar. Ólivín hefur ummyndast yfir í leir og rautt járnoxíð, iddingsít. Ástæðan fyrir því að svo lítið sést af ólivíni er sú að það er alveg horfið, því ólivínið ummyndast líkt og pýroxenið, sjá (2), nema við fyrsta stig ummyndunar ólivíns myndast iddingsít. Eftir það fylgir ólivínið ummyndun pýroxens og sjást því engin spor um ólivín eftir það (mynd 3).

Pýroxeninn er mjög ummyndaður á þessu svæði og er pýroxen næst á eftir ólivíni að ummyndast. Pýroxen grunnmassi ummyndast mun fljótar en pýroxendílarnir, en þar sem mjög lítið er af dílum á þessu svæði skiptir þessi munur ekki miklu máli, líklega stafar þessi munur af því að eitthvað er af gleri með pýroxeninu í glermassanum. Ummyndunarröðin er sýnd í röð (2).

(2) pýroxen → smektít, illít → blandlagsleir, svellandi klórít (→ kalsít) → klórít → epidót.

Þetta er sama röð og (1) nema fyrsta þrepið (palagónít) fellur niður í röð (2).

Plagíóklas er talsvert ummyndaður á þessu svæði og öfugt við pýroxen ummyndast plagíóklasdílnir á undan plagíóklaslistunum í grunnmassa. Í röð (3) er sýnd ummyndunarröð plagíóklas eins og hún kemur fram á þessu svæði.

(3) plagíóklas → leir í sprungum → zeólítar → albít → epidót.

Leirinn í sprungum myndast við nokkurra tuga gráða hita og finnst aðeins í stöku sýnum á þessu svæði og þá fyrst og fremst í efsta lágghita ummyndunarbeltinu og í stöku innskotum (mynd 4). Zeólítumyndun er allútbreidd og eingöngu í plagíóklasdílum (mynd 5). Albítumyndun er mjög útbreidd bæði í dílum og plagíóklaslistum, þó hefur þessi ummyndun ekki verið færð inn á ummyndunarsniðin, því hún hefur ekki verið skoðuð nægilega kerfisbundið til þess. Epidótumyndun af plagíóklas er sjaldgæf en á mynd 6 er sýnd epidót ummyndun af plagíóklas- og albít.

Kalsítummyndun. Í kalsítummyndun hafa kísilsteindir horfið og kalsít komið í þeirra stað. Algengasta kalsítummyndun er í grunnmassa þannig að verulegt magn af kalsíti verður í grunnmassanum ásamt nokkrum leirsteindum með kalsíti (mynd 7). Kalsítummyndun af plagíóklasdílum verður það sem eftir er af plagíóklasinum að albíti, jafnvel kalífeldspati (mynd 8), en einnig finnst kalsítummyndun með zeólítummyndun af plagíóklas. Stöku sinnum er kalsítummyndun mest í plagíóklaslistum og virðist þar sem kalsítummyndunin byrji í plagíóklaslistunum og fari síðan eitthvað út í grunnmassann (mynd 9). Ekki sést það nákvæmlega í smásjárrannsókn hvernig kalsítið kemst inn í bergið, hins vegar er líklegt að það fari eftir öllu holrúmi í berginu eins og sprungum og blöðrum og þar sem mikið er af kalsítummyndun eru allar smáprungur fylltar með kalsíti (mynd 10). Einnig sést kalsítummyndun út frá blöðrum eins og á mynd (11). Á mynd 12 er dæmi um það, að pýrít getur fylgt kalsítummynduninni.

Ummyndun af járnsteindum. Ekki hefur verið gerð nákvæm rannsókn á ummyndun járnsteinda en oxun hefur verið skoðuð og það hefur orðið mikil oxun af magnetíti, einkum takkylíti, þar sem smáu magnetítkrystallarnir hafa oxast og takkylítið breytir um lit í áfallandi ljósi frá svörtu yfir í rautt. Magnetítkrystallar hafa einnig oxast og víða sést að magnetítið er hálf-oxað eins og á mynd (13), einnig er pýrít oft hálf-oxað eins og á mynd (13). Það er ekki nákvæmlega vitað hvaða járnsteindir þetta eru, járnoxíð með þrígildu járn og mismiklu magni af vatni, götít, límonít o.fl. Á stöku stað myndast einnig hematít.

Ummyndun af holufyllingarsteindum. Ummyndun af einni ummyndunarsteind yfir í aðra sést ekki mikið í þunnsneiðum, t.d. er líklegt að zeólítar ummyndist í aðra zeólíta með hækkandi hita. Engin ummerki sjást um þessa ummyndun í þunnsneiðum og verður því ekki rætt meira um hana hér. Kísilsteindir eru þrjár og allar geta þær fallið beint út úr jarðhitavatni við misjafnan hita. Ópall við lægstan hita, kalsedón við 60-180°C, kvars við > 180°C. Þetta getur líka verið ummyndunarröð

(4) ópall → kalsedón → kvars.

Þessi ummyndunarröð á sér stað við mun lægri hita en þegar steindirnar falla beint út í vökv-anum. Hún sést í þunnsneiðum einkum fyrsta þrepið, samanber myndir (14 og 15) þar sem ópallinn er að hluta til ummyndaður yfir í kalsedón.

2.2 Holufyllingar

Magn holufyllingarsteinda er mjög misjafnt frá einum stað til annars. Magnið er greinilega háð jarðlögum á þann hátt, að það er háð holrými í berginu hve mikið af holufyllingum er á hverjum stað. Þetta holrými getur verið upprunalegt, þ.e. poruhluti bergsins eða sprungur sem hafa myndast við höggun bergsins. Því hefur berggerðin áhrif á magn holufyllinga og dreifingu því þar sem nær ekkert er af holufyllingum kemur ekki fram nein marktæk dreifing af holufyllingarsteindum.

Mest af holufyllingum er því í poróttu bergi eins og t.d. móbergi, seti og kargahluta basaltlaga. Hins vegar má búast við litlum holufyllingum í kjarna basaltlaganna og í berggöngum og innskotum, nema þegar þetta berg er mjög sprungið. Innskotin og gangarnir eru a.m.k. yngri en grannbergið og hafa því haft minni tíma til að ummyndast.

Þunnsneiðarnar eru ekki eingöngu valdar til að skoða ummyndun og holufyllingar, þær eru að verulegum hluta valdar til að sjá byggingu bergsins og meta í gegnum hvaða berg er verið að bora.

Kalsít og kvars eru langalgengustu holufyllingarsteindir á Norður-Reykjasvæðinu og í Helgadal. Kalsít finnst nánast í hverju sýni nema í einstaka sýni neðst í holunum. Meginhluti kalsítsins er sennilega myndaður í háhitaummyndunum. Kalsít getur reyndar fallið út við hvaða hita sem er, en í háhitavatni er mikið af CO₂ og því miklir möguleikar til að mynda kalsít. Eitthvað kalsít hefur þó fallið út í núverandi kerfi.

Öfugt við kalsít finnst kvars ekki nema á stöku stað í efstu sýnum. Á mynd 16 eru sýnd efstu mörk kvars og pýríts, og mynd 17 er af pýríti ásamt stilbíti. Þessar myndir verða ræddar nánar í kafla 3.1.

Zeólítar eru útbreiddar holufyllingarsteindir á þessu svæði. Zeólítarnir mynda belti, sem eru hitaháð (5)

(5) Kabasít → mesólít/skólesít → stilbít → laumontítbelti.

Í röð (5) eru sýndar einkennissteindir í nokkrum algengum zeólítbeltum. Myndun þessara zeólíta er hitaháð, þannig að myndunarhiti þessara zeólíta vex frá vinstri til hægri, frá 40-50°C upp í 110-120°C. Þessi belti verða nánar skilgreind í kafla 4 um ummyndunarþversnið. Röð (5) heldur áfram. Talið er að laumonít ummyndist yfir í prenít við 180°C, en ekki sést í þunnsneiðum að laumontít sé að fara yfir í prenít eða öfugt. Báðar steindirnar eru útbreiddar og mynda fallega kristalla. Á mynd 18 er mynd af laumontíti og mynd 19 er mynd af preníti.

Auk zeólítanna, sem nefndir eru í röð (5), finnst dreif af zeólítunum heulandíti, epistilbíti og wairakíti. Heulandít og epistilbít eru saman með mesólíti, skólesíti og stilbíti. Wairakít og mor-denít eru það sjaldgæf að ekki er nein regla í því. Analsím finnst nálega í öllum sýnum en hefur mjög óreglulega dreifingu, en finnst þó á stöku stað í talsvert miklu magni. Anhýdrít hefur fundist í tveimur sýnum. Það hefur myndast við að sjór hefur farið inn í jarðhitakerfið í lok ísaldar. Gýrólít hefur fundist í nokkrum sýnum, aðallega í L-ummyndunarbeltinu og finnst í holu MG-32 og holum fyrir austan hana. Gýrólít finnst mest nærri sjó og setum, t.d. í Vestmannaeyjum (Jens Tómasson 1989), svo að líklega er það myndað við aukna seltu við innrás sjávar í lok ísaldar.

3. UMMYNDUNARÞVERSNIÐ

Á mynd 20 er sýnt jarðlagasnið úr skýrslunni "Tenging jarðlaga á Norður-Reykjum og í Helgadal", (Jens Tómasson 1993), þó þannig að aðeins er sýnt heiti á jarðlagamyndunum. Alls eru fjórar basaltmyndanir og þrjár móbergsmýndanir (M-1 til M-3). Auk þess eru sýndir tveir misgengissvarmar, vestri og eystri misgengissvarmurinn. Þá er einnig sýnt hitaþversnið á þessari mynd. Hitasniðið er teiknað eftir berghita í hverri holu (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson, 1995), en ekkert af þeim hitaþversniðum sem eru í þessari skýrslu liggja nákvæmlega eins og jarðlagasnið. Mynd 20 er notuð sem bakgrunnur á þrem ummyndunarsniðum (myndir 21, 22 og 23), þ.e. háhita ummyndunarsniði, kalsítu ummyndunarsniði og tveim lághita ummyndunarsniðum. (Staðsetning holna og sniða er sýnd á mynd 1).

3.1 Háhita ummyndunarsnið

Á háhitasniðinu á mynd 21 eru sýnd ummyndunarbelti sem eftirfarandi steindir einkenna: smektít, klórít, prenít og epidót. Smektít ummyndunarbelti er skilgreint þannig að það verður að vera meira smektít en kalsít, en í tveimur holunum fyrir austan MG-21 er eingöngu smektít

í smektítbeltinu. Ekkert smektítbelti er í tveimur vestustu holunum, í MG-19 er staðfest með röntgengreiningu að ekkert smektít er í efsta sýninu (38 m), en í MG-37 sést bæði smektít og klórít í efsta sýninu (52 m) samkvæmt þunnsneiðagreiningu.

Í MG-21 er smektít ráðandi leirsteind niður í botn á holunni samkvæmt röntgengreiningum. Þessi dreifing smektíts er mjög ólík því sem finnst í öðrum holum á svæðinu og þetta smektít hlýtur að hafa myndast við einhverjar sérstakar aðstæður á mjög afmörkuðu svæði. Aðeins eitt jarðfræðilegt fyrirbrigði getur skapað slíkar aðstæður, þ.e. að myndast hafi sprunga rétt hjá eða í berginu sem hola MG-21 sker. Þegar sprungan myndaðist hefur bergið verið mun heitara en nú og sennilega nær hita háhitakerfis en lághitakerfis. Sprungan hefur tengst upp í kalt grunnvatnskerfi og kalt vatn hefur bunað niður í jarðhitakerfið, hitnað þar upp af hita bergsins og myndað þetta magn af smektíti í sprungunni.

Í holum MG-32 og MG-36 er ekkert klórít sýnilegt í smektítbeltinu, sem bendir til þess að í efstu 300-400 m af því bergi, sem þessar holur skera, hafi hitinn aldrei verið mikið hærri en mælist nú í dag. Í holum MG-34 til MG-33 er talsvert af klóríti í smektítbeltinu, einkum í MG-38 og 33, þar sem klórít er í efstu sýnum (52 m og 32 m). Í holunum innst í Helgadal, MG-35 og MG-39, er smektít hins vegar eina leirsteindin í smektítbeltinu. Skýring á því hlýtur að vera svipuð og áður var rakið um MG-32 og MG-36.

Klórít ummyndunarbeltið er skilgreint á líkan hátt og smektítbeldið, þ.e. að klórít er ráðandi leirsteind í beltinu. Klórít er einnig aðalleir í neðri ummyndunarbeltum, það er í epidót- og prenit ummyndunarbelti. Auk klóríts finnast nokkrar aðrar leirsteindir í klórítbeltinu, þ.e. smektít, blandlagsleir, illít og svellandi klórít. Það eru aðallega tvær fyrstnefndu steindirnar sem hafa einhverja útbreiðslu og finnast í nokkru magni. Smektít finnst mest í efri hluta klórítbeltisins og minnkar yfirleitt ört með dýpi en þó virðist vera meira af því í basaltlögum og innskotum en í móbergi. Blandlagsleir finnst hér og þar, stundum í verulegu magni. Ekki verður séð að nein sérstök regla sé á útbreiðslu blandlagsleirs innan klórítbeltisins. Illít finnst meira í efri hluta holnanna og innskotum en aldrei í miklu magni. Svellandi klórít finnst á stöku stað í röntgenkeyrslum, en ekki í þunnsneiðum, líklega vegna þess að ekki er hægt að skilja að svellandi klórít og blandlagsleir í þunnsneiðagreiningu.

Einnig virðist vera svæðisbundin skipting á öðrum leirsteindum innan klórítbeltisins á þann hátt að í holum fyrir vestan MG-21 er klórít nánast eina leirsteindin, sem sést nema í efstu sýnum, þar finnast blandlög, en í holunum fyrir austan MG-21 finnst smektít og blandlög í rás-um hvar sem er og í sumum rás-um er smektít ráðandi leirsteind. Þetta segir að klórítummyndun er lítið sem ekkert brotin upp á vesturhluta svæðisins, en á austurhluta svæðisins hefur klórítummyndun verið brotin upp á nokkrum stöðum (7) eða veruleg smektítummyndun hefur orðið eftir klórítummyndunina.

Epidót-prenit ummyndunarbelti er skilgreint þannig að epidót eða prenit sjást í flestum sýnum þar sem eitthvað er af holufyllingum á annað borð. Þessu er nánar lýst í viðauka þar sem fjallað er um ummyndun í hverri holu.

Auk hins reglulega epidót-prenit beltis finnst epidót-prenit í einstökum rás-um fyrir ofan hið eiginlega epidót-prenit belt. Í MG-37 er efsta epidót-prenit rásin frá 96-158 m og á þessu dýptarbili eru þrjú sýni, og er epidót í öllum sýnum en prenit í tveimur. Í MG-19 finnst epidót á svipuðu dýpi eða 124-170 m í tveimur sýnum. Þessi epidót(prenit)rás hefur sennilega myndast samtímis í báðum holum, líklega á þann hátt að opnast hefur sprunga við MG-37 eða rétt

þar fyrir vestan, sem hefur leitt mjög heitt vatn upp á 100 m dýpi (núverandi dýpi) sem hefur síðan breiðst út eftir láréttum lögum að minnsta kosti til þess staðar þar sem MG-19 er nú. Þetta gæti vel hafa gerst áður en misgengið á milli holnanna myndaðist, því þetta er í sömu bergmyndun. Þessi rás hefur ekki í raun myndast á 100 m dýpi, því það hefur skafist ofan af staflanum um 400 m sem þýðir að þetta epidót hefur myndast á um 500 m dýpi. Allvíða finnst epidót á virkum háhitasvæðum á þessu dýpi, svo þetta er ekki alveg einstakt. Önnur epidótrás í MG-37 er á 306-486 m samtals í fjórum sneiðum. Þessi rás hefur svipaða skýringu og rásin fyrir ofan, þ.e. ný myndun á sprungu sem hefur leitt mjög heitt vatn upp á lítið dýpi. Þetta gæti því einnig hugsanlega verið tengt eldvirkni, en ég tel það ólíklegt.

Epidót finnst í nokkrum rásum í öðrum holum, í MG-19 á 900-958 m, í MG-28 á 498 m í einu sýni, í MG-21 á 832 m í einu sýni, í MG-32 á 1108 m í einu sýni. Í MG-36 er epidót í einu sýni ásamt preníti á 544 m og í MG-38 finnst epidót í tveimur rásum á 550-684 m og á 960 m dýpi. Epidótið í efri rásinni er í talsverðu magni og vel kristallað. Á ummyndunarsniðinu á mynd 21 er sýnt að epidótið fari upp með misgenginu á milli MG-29 og MG-38. Þetta er gert til að undirstríka þá túlkun að allt epidót í rásunum fyrir ofan epidótbeltið sé myndað þannig að það opnast lóðréttar rásir t.d. í jarðskjálftum. Sprungurnar leiði mjög heitt vatn upp á lítið dýpi og þar verði miklar útfellingar sem stífla rásina fjótt aftur.

Prenítið finnst einnig í rásum eitt og sér í holum MG-34, MG-38 og MG-33. Þetta prenit er talið myndað á nákvæmlega sama hátt og epidótið.

Við sjáum á mynd 21 að epidót-prenit beltíð er grunnt í MG-37. Þar byrjar prenitbelti í 892 m en epidót-prenit beltíð í 942 m. Það dýpkar á epidót-prenit beltíð til austurs og í MG-28 er það komið niður á 1500 m dýpi. Hins vegar er hreint prenitbelti fyrir ofan 1500 m sem nær upp í 1286 m dýpi. Prenitbeltið þykkar til austurs og í MG-21 nær það upp í 980 m dýpi en epidót-prenit beltíð byrjar á 1426 m dýpi. Prenitbeltið í holunum fyrir austan MG-21 er aðeins 50-100 m þykkt til MG-34, en í holunum fyrir austan MG-34 er ekkert prenitbelti fyrir ofan epidót-prenit beltíð.

Það grynkar á epidót-prenit fyrir austan MG-21 og kemur fram toppur við MG-36 þar sem það byrjar á 1026 m dýpi. Það er ekki aðeins að epidótbeltið nái hátt upp í MG-36, þar er einnig óvenju mikið bæði af epidóti og preníti. Epidót-prenit beltíð hækkar upp í MG-29 og nær þar upp í 1176 m dýpi en lækkar svo aftur í MG-38 og byrjar þar í 1426 m. Fyrir suðaustan MG-38 hækkar epidót-prenit beltíð og grynnt er á það í MG-39. Þar byrjar epidót-prenit beltíð á 780 m dýpi. Ef við berum saman núverandi hita á svæðinu og dýpi epidót-prenit beltisins kemur fram viss samsvörun á þann hátt að þar sem nú er mestur hiti, nær háhitaummyndun upp á minnst dýpi. Í fyrndinni hefur því verið háhitakerfi vestast á svæðinu þar sem 200°C hefur náð upp undir núverandi yfirborð og 250°C hefur náð upp á 900 m dýpi.

Suðaustast á svæðinu hefur 250°C náð upp á 780 m, en hins vegar hefur 200°C hitinn aðeins náð upp á 400 m dýpi. Það hafa því verið tvö uppstreymissvæði innan hins forna háhitasvæðis, annað fyrir vestan núverandi jarðhitasvæði og hitt fyrir suðaustan núverandi jarðhita.

Ef dreifing epidóts og preníts (mynd 21) er borin saman við efstu mörk kvars og pýríts (mynd 16) kemur í ljós að það eru viss líkindi á þessum ferlum. Efstu mörk kvars ná upp í efstu sýni vestast á svæðinu (MG-37 og MG-19), það dýpkar svo á kvarsíð til austurs og í MG-21 og MG-32 eru efri mörk kvars á 300-400 m dýpi, en fyrir austan MG-21 grynkar svo aftur á efstu mörk kvars, grynnt í MG-38 um 60 m, en fer ekki mikið niður fyrir 100 m þar fyrir aust-

an. Þessi dreifing á efri mörkum kvars líkist dreifingu háhitaummyndunarinnar, sem er grynnt austast og vestast, en hefur einnig aukatopp í eystri misgengissvarminum. Í dreifingu kvarsins sameinast kvarstoppurinn við eystri misgengissvarminn og toppurinn við austasta toppinn í háhitaummynduninni. Þetta gefur til kynna að kvarsíð sé myndað af háhitavatninu, sem er í samræmi við það að kvarsíð byrji að falla út við 180-200°C.

Pýrít er mjög útbreidd holufyllingarsteind. Lagið á ferlunum sem kemur fram í efstu mörkum pýríts (myndir 16 og 21) er mjög líkt ferlunum við efstu mörk epidótmyndunar. Það eru þrjú hámmörk í báðum ferlunum, vestast í eystri sprungusveimnum og austast, en þar er pýríthámarkið ekki alveg á sama stað og epidóthámarkið, en þess ber þó að geta að pýrít er myndað af H₂S sem er mjög rokgyjarnt og því tilviljun hvar pýrít fellur út. Þessi dreifing á pýrít bendir eindregið til þess að pýrítið sé myndað af háhitakerfinu. Þó að pýrít geti myndast á stóru hitabili er magn af H₂S margfalt í háhitavatni á við það sem það er í lághitavatni og því miklu meiri líkur á að mynda mikið magn af pýríti í háhitakerfi en í lághitakerfi. Pýrít finnst oft saman með kalsíti og kvasi. Á stöku stað sést pýrít með lághitasteindum eins og t.d. á mynd 17 þar sem pýrít finnst með stilbít. Skýring á þessu er líklega sú að pýrít hefur fallið út með kalsíti sem hefur leyst upp í lághitanum en uppleysanleiki kalsíts vex með lækkandi hita. Stilbít hefur síðan fallið út í holrými kalsítsins.

Hugsanlegt er að háhitinn hafi komið upp á þremur stöðum, þriðja uppstreymissvæði háhitans hafi verið fyrir norðaustan MG-36 og háhitaummyndun í MG-36 væri þá í útjaðri slíks svæðis. Einnig er hægt að túlka hitamælingar þannig að uppstreymi komi einnig frá norðaustri (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson, 1995). Þannig gætu verið þrjú uppstreymissvæði háhita, og lághitavatnið komi einnig úr þremur áttum eins og heita vatnið.

3.2 Kalsít ummyndunarsnið

Inn á þversniðið sem sýnir kalsítummyndun (mynd 22) er merkt hvar kalsít er í holunum. Einnig er sýnt hvernig CO₂-ríkt vatn eða gufa hefur komist að jarðlögum sem holurnar skera.

Þar sem það er líklegast að CO₂-ríka vatnið hafi komið upp um lóðrétta smíð er það á sniðinu látið fara eftir þekktum misgengjum, og svo fer vatnið lárétt eftir lögum til þeirra staða þar sem kalsít finnst í holunum. Þessi aðferð gefur góða raun á Norður-Reykjum, og hægt hefur verið að tengja alla kalsítummyndunarstaði í misgengjum nema ummyndunina á 280 m í MG-5. Eins og misgengin eru teiknuð í eystri sprungusvarminum á svæðinu er enginn vandi að tengja saman kalsítummyndun og misgengi, en í þremur holum lengst til suðausturs eru engin misgengi, en hinsvegar mikil kalsítummyndun. Þar er kalsítummyndun tengd á milli holna og ekki gefið í skyn hvaðan hún komi. Hún gæti vel verið komin frá misgengjum fyrir austan sniðið.

Útbreiðsla kalsítummyndunar. Kalsítummyndun er talsvert mikil í MG-37, en minnkar svo til austurs og er nánast engin í MG-5 og lítil sem engin í næstu tveim holum þar fyrir austan. Við eystri misgengissvarminn er mjög mikil kalsítummyndun, einkum í MG-36 og einnig er mikil kalsítummyndun þar fyrir austan.

Þessi dreifing kalsítummyndunarinnar passar vel við dreifingu háhitaummyndunar. Kalsít er algengast þar sem grynnt er á háhitaummyndunina, þ.e.a.s. næst uppstreymisrásum háhitavatsins, enda er kalsítummyndunin hluti af háhitaummynduninni. Kalsítummyndunin styrkir

þá mynd að það sé uppstreymisrás forns háhitakerfis norðaustur af MG-36. Það eru því þrjú háhitauppstreymi á svæðinu eða rétt utan við það (mynd 21). Hins vegar sýnir kalsítummyndun einnig að þar sem heitu tungurnar frá vestri og austri mætast hefur einnig verið mun kaldara en annars staðar á svæðinu.

3.3 Lág hita ummyndunarsnið

Að skipta lág hita ummynduninni í ákveðin belti er mun erfiðara en í há hita ummynduninni því breytileiki er mjög mikill á milli holna. Með því að einfalda hlutina talsvert, hefur tekist að skipta lág hita ummyndunum í fjögur ummyndunarbelti (mynd 23). Þar að auki er sýnt eitt há hita ummyndunarbelti þar sem há hita ummyndun hefur nánast ekkert verið brotin upp af lág hita ummyndun. Efst á sniðinu er sýnt L-lág hitabeltið sem er með margs konar ummyndunars-teindir og þegar talað er um ummyndun í einstökum holum, hafa þessu ummyndunarbelti verið gefin margskonar nöfn. Á mynd 24 er L-lág hitabeltinu skipt upp í fimm hluta. Mörkin milli L-lág hitabeltisins og næsta beltis fyrir neðan eru efstu fundarstaðir laumontítis. Heitir beltið stilbít-laumontít-belti, það þriðja er síðan laumontít-stilbít beltið og það fjórða er laumontít-belti. Há hita ummyndunarbeltið er mjög lítið brotið upp af lág hita ummyndun, þá helst af steindum sem eru að myndast nú í dag.

Þykkt og skipting L-lág hitabeltisins er sýnt á mynd 24. Einnig er sýnt á myndinni dýpi á efstu þunnsneið í hverri holu. L-lág hitabeltið er um 100 m þykkt í tveim vestustu holunum, MG-37 og MG-19, og er einkennissteindin stilbít, auk þess sem nokkuð finnst af skólesít/mesólíti. Lagið þykkar svo til austurs og er orðið tæplega 200 m þykkt við MG-28. Þar skiptist beltið í tvo hluta. Í efri hlutanum er kalsedón einkennissteindin en í neðri hlutanum stilbít. Í MG-5 er efsta þunnsneiðin á 160 m dýpi. Þar finnst laumontít og er því L-lagið þynnra en 160 m í MG-5. Í MG-21 er L-lagið orðið um 400 m þykkt, þar er L-laginu skipt í þrennt á mynd 24. Efst er kalsít eina holufyllingarsteindin, þar fyrir neðan bætist við ópal kalsedónbelti og neðst er stilbítbelti. Í MG-32 og MG-36 er þykktin á L-laginu um 350 m en í MG-34 er þykktin aðeins 220 m. Í öllum þessum holum er L-lagið ópal-kalsedónbelti.

Í MG-29 nær L-lagið niður á a.m.k. 400 m dýpi. Það er mjög reglulegt mesólít/skólesítbelti niður á 350 m dýpi, þaðan frá tekur við stilbítbelti sem nær niður á 620 m dýpi, þ.e. niður fyrir L-lág hitabeltið. Eins og áður sagði eru neðri mörk L-lág hitabeltisins skilgreind sem efstu mörk laumontítis, en það finnst bara laumontít í einu sýni kringum 400 m ásamt stilbíti en þar fyrir neðan finnst bara stilbít niður á 620 m dýpi. Í MG-38 er L-lág hitabeltið um 200 m þykkt. Þar er kalsedón einkennissteindin en stilbít finnst í einu sýni ásamt kalsedón. Í holum MG-33, MG-35 og MG-39 er L-lág hitalagið 343-660 m þykkt, þykkast í MG-35. L-lág hitabeltið er mest stilbítbelti í þessum holum, en það vottar fyrir mesólít/skólesítbelti efst í MG-33 og MG-35, einnig finnst kabasítbelti í MG-39. Í MG-33 nær stilbítbeltið niður á 814 m dýpi. Þar eru tvö sýni með laumontít ásamt stilbít á milli 350 og 400 m, en þar fyrir neðan stilbít í hverju sýni en ekkert laumontít niður í 814 m dýpi.

Fyrir neðan L-lág hitabeltið taka við þrjú umyndunarbelti, sem öll eru kennd við laumontít. Þessi belti eru mjög óregluleg og hafa mikla lárétta skiptingu ekki síður en lóðráttá. Þessi lárétta skipting er örugglega bundin við sprungur eða misgengi í berginu. Það sést einnig að hlutur laumontítis vex með dýpi og dreifing þess er algjörlega óháð núverandi hita, enda er það myndað við mun meiri hita en nú er á svæðinu. Stilbít aftur á móti er steind sem getur myndast við núverandi hita á svæðinu, ætti því magn stilbíts að gefa til kynna hvar væri mest lekt

núna á svæðinu. Þetta passar fyrir nokkrar holur. Í MG-37 nær stílbít-laumontít beltið niður í 550 m dýpi, þar fyrir neðan tekur við laumontít, en lekt er lítil í allri holu MG-37 en meiri í neðri hluta holunnar en efst og er því ekki í samræmi við ummyndunina. MG-19 er öll í stílbít-laumontít belti og mjög mikið er af stílbíti í henni eða allt upp í 10% af bergmassa, mikil lekt í samræmi við ummyndunina. Í MG-28 nær laumontít-stílbít upp að L-lághitabeltinu og lítil lekt. Í MG-5 nær stílbít-laumontítbeltið niður í 300 m dýpi, þar fyrir neðan tekur við laumontít-stílbítbelti. Lekt er fremur lítil í MG-3 en mest í efri hluta holunnar. Í MG-21 nær stílbít-laumontítbeltið niður á um 1400 m dýpi, einnig er mjög mikið af stílbíti á þessu dýptarbili í holunni og lektin er góð.

Í holunum fyrir austan MG-21 er meira laumontít en stílbít og laumontítbeltin ná hátt upp í holunum, nema í MG-29, sem er öll í stílbít-laumontítbelti. Mjög mikil lekt er í öllum þessum holum.

Háhituummyndun. Í háhituummynduninni eru epidót, prenit og kvars alveg ráðandi sem holufyllingarsteindir. Næstum ekkert laumontít finnst í þessu belti, eða aðeins í litlu magni í 2-3 sýnum. Einnig finnst svolítið stílbít og kalsedón. Þetta háhitabelti rís hæst í MG-36, eða upp í 944 m, en lækkar síðan ört til austurs og er horfið í MG-37. Örsökin fyrir háhita ummyndunarbeltinu er sú, að sprungur sem flytja lághitavatnið hafa ekki opnast nýlega á þessum stað sem háhituummyndun er mest og því ekki haft tíma til að mynda mikið magn af lághitasteindum. Einnig getur verið að mikið magn af háhitasteindum hindri að einhverju leyti myndun lághitasteindanna.

4. UMRÆÐA OG NIÐURSTÖÐUR

Elsta ummyndun á Norður-Reykjum og í Helgadal er oxun af takkylíti sem hefur sennilega átt sér stað meðan bergið var lítið holufyllt og því mjög lekt, og súrefnisríkt vatn hefur verið í berginu, sem bergið hefur smám saman tekið upp, og það oxað takkylítið. Einnig er hugsanlegt að stór hluti af þessari oxun hafi orðið á þann hátt að bergið hafi verið að hitna og svo hafi öðru hvoru komið jarðskjálftar sem hafi opnað sprungur í berginu og hleypt miklu magni af súrefnisríku vatni niður í heitt bergið þar sem vatnið hitnar upp og missir sitt súrefni, og þar með getur orðið mikil oxun á stuttum tíma.

Háhituummyndun er næst í aldri. Núverandi yfirborð hefur þá verið á um 400 m dýpi og hiti víða um 200°C, og neðan núverandi 1500 m dýpis alls staðar hærra en 250°C. Reyndar hefur sá hiti náð upp í mun minna dýpi á vestur- og austurhluta svæðisins (900-700 m dýpi). Einnig hefur verið 250°C í stuttan tíma í grynnri rásum, allt upp í 100 m dýpi miðað við núverandi yfirborð. Þetta háhitasvæði hefur verið til meðan þetta svæði var inni í gosbeltinu fyrir 1,5-2,5 milljónum ára (Ingvar B. Friðleifsson 1985). Þegar bergið fór að reka út úr gosbeltinu kólnaði það smá saman. Ekki er hægt að rekja þá sögu í smáatriðum í ummyndunarrannsóknum.

Fyrsti lághitinn sem sést í ummynduninni eftir að háhitakerfið fór að kólna, er jarðhitakerfið sem felldi út laumontít. Laumontít myndast við um 110°C og er stöðugt upp í 200°C. Þetta kerfi hefur sennilega verið hræringarkerfi og hafa efri mörk verið efri mörk laumontíts (sjá mynd 21). Ekki er ólíklegt að þetta kerfi hafi verið svipað kerfi og nú er í Laugarnesi. Síðast hefur svo myndast núverandi jarðhitakerfi sem hefur skilið eftir stílbít og fleiri lághitasteindir. Líklegt er að miklar breytingar hafi orðið á jarðhitakerfinu á ísöld og í lok ísaldar þar sem

lagður hefur verið grunnur að núverandi kerfi, en kerfið gæti hafa breyst verulega síðan. Á ísöld hlýtur almennt grunnvatnsstreymi frá hálendi til láglandis að hafa minnkað, því munur hæsta vatnsborðs hefur minnkað mjög mikið, bæði vegna þess að miðja landsins hefur sigið miklu meira en strandsvæðin og vegna þess að grunnvatnið hefur lítið eða ekki endurnýjast þar sem freðjökull lá yfir.

Við þessar aðstæður dregur úr rennsli vatns inn í kerfið en einnig rennsli úr því. Þar sem nær ekkert vatn rennur út eða inn í jarðhitakerfið verður til hræringarkerfi, sem hlýtur smám saman að hitna upp þar sem nær enginn varmi fer út úr því. Því er hugsanlegt að heitara lághitakerfið hafi verið til á ísöld. Þegar í ísaldarlok verður óvenju mikil skjálftavirkni vegna þess að mikil spennan í berginu losnar úr læðingi við það að jökullinn hverfur. Þetta hefur gífurleg áhrif á grunnvatnskefi og þar með jarðhitakerfin. Gunnar Böðvarsson (1983) hélt því fram að meginhluti lághitakerfa hefði myndast í lok ísaldar.

Samanburður á háhitakerfinu og núverandi kerfi. Á mynd 25 er sýnd staðsetning þriggja uppstreymisrása jarðhitans (hverasvæði), allra utan núverandi vinnslusvæðis. Fyrsta og vestasta uppstreymissvæðið hefur verið vestur-norðvestur af núverandi vinnslusvæði, annað hefur verið norðaustur af MG-36 og það þriðja austur eða suðaustur af MG-39. Ef borið er saman uppstreymi jarðhitavatnsins eins og það er nú og líklegar uppstreymisrásir háhitans þá fellur þetta vel saman. Ef lítið er á hitaþversnið á svæðinu (mynd 20) sést að 95°C eða heitara vatn kemur frá norðvestri, þ.e. úr sömu átt og háhitauppstreymið var. Við sjáum einnig að á milli MG-32 og MG-29 er hitahámark sem er heitara en 95°C á milli 500 og 800 m dýpis. Þetta væri hægt að túlka þannig, að hér væri um að ræða heita tungu sem kæmi úr norðaustri, þ.e.a.s. úr sömu átt og uppstreymi háhitans var. Að lokum sjáum við að það er uppstreymisrás af vatni, sem er heitara en 95°C, og gæti komið frá suðvestri, sem er einnig í sömu átt og uppstreymi háhitavatnsins var. Túlkun á þessum tveimur síðustu uppstreymisrásum er í góðu samræmi við túlkun Gríms og Benedikts (1995). Ástæðan fyrir því að rennsli jarðhitavatnsins virðist hafa komið úr sömu átt er sú, að sömu sprungukerfin virðast hafa verið virk og brotnað upp öðru hverju í hundruð þúsunda eða jafnvel miljón ára.

Lekt, misgengissvarmar og ummyndun. Það eru tveir misgengissvarmar sem ganga í gegnum svæðið. Vestri og eystri svarmurinn (myndir 20 og 21). Lektin í holum sem boraðar eru í vestari misgengissvarminn er lítil nema í einni holu, en í eystri svarminum er lektin mjög mikil í öllum holum. Nærtækasta skýring á þessari mismunandi lekt er sú að tiltölulega nýlega hafi orðið hreyfingar á eystri misgengissvarminum sem hafi aukið lektina, en á vestara svæðinu hafi stöku misgengi hreyfst nýlega og er eitt slíkt við MG-19. Þessi hreyfing hefur orðið eftir að núverandi jarðhitakerfi varð til því það er mikið af stílbíti í þessari holu, sem er sú holufyllingarsteind sem er að falla út í núverandi jarðhitakerfi. Í holunum sem skera eystri misgengissvarminn er ekki mikið af stílbíti. Þó er þar mikil lekt, skýring gæti verið sú að hreyfingar misgengjanna væru svo ungar að það hefði ekki verið nægjanlegur tími til að mynda mikið af stílbíti.

Það er miklu meira af kalsítummyndun í holunum sem skera eystri misgengissvarminn og er hugsanlegt að það valdi góðri lekt, því að uppleysanleiki kalsíts vex með minnkandi hita og þar sem núverandi jarðhitakerfi er kaldara getur það haft áhrif á lekt bergsins.

Ef lítið er á lektina á svæðinu sem heild, er lítil lekt á vestara svæðinu en annars staðar er mikil lekt. MG-21 er ein af þeim holum sem eru næst fyrir austan vestara misgengissvarminn. Mikil lekt er einnig þar sem smektit er ráðandi leirsteind, sem er líklega vegna sprungu-

myndana eftir að lághitakerfið myndaðist. Það er einnig mikil lekt í MG-32, en þar er ekkert sérstakt í ummynduninni sem skýrir þessa lekt. Líklegt er því að flekinn á milli misgengissvarmanna hafi orðið fyrir mikilli höggun nýlega án þess að þess sjáist merki að misgengi hafi myndast á þessum fleka. Einnig er mikil lekt fyrir austan eystri misgengissvarminn. Þar er einnig mikil kalsítummyndun sem gæti að einhverju leyti skýrt þessa lekt. Einnig er líklegt að þessi fleki hafi orðið fyrir einhverri höggun.

Það er sem sagt lítil lekt á vestri misgengissvarminum nema við stöku misgengi (eða sprungu) en annars staðar á Norður-Reykjum og í Helgadal er mikil lekt í öllum holum.

5. HEIMILDIR

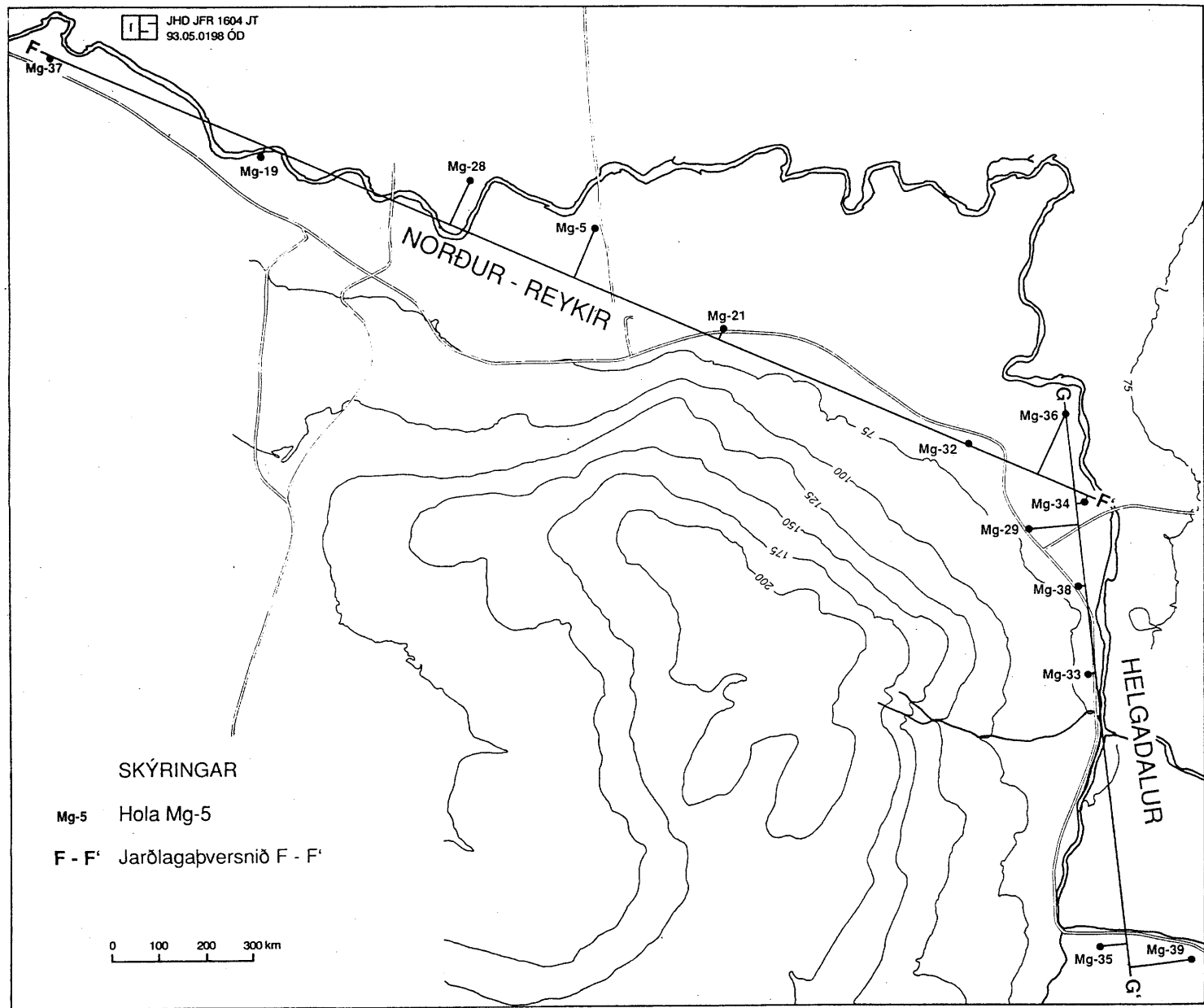
Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995. Hitalíkan af Reykjasvæðunum í Mosfellsbæ. Orkustofnun OS-95014/JHD-02.

Gunnar Böðvarsson 1983. Temperature flow statistics and thermomechanics of low-temperature geothermal system in Iceland. *Volcanol Geothermal Res.* 19, 255-280.

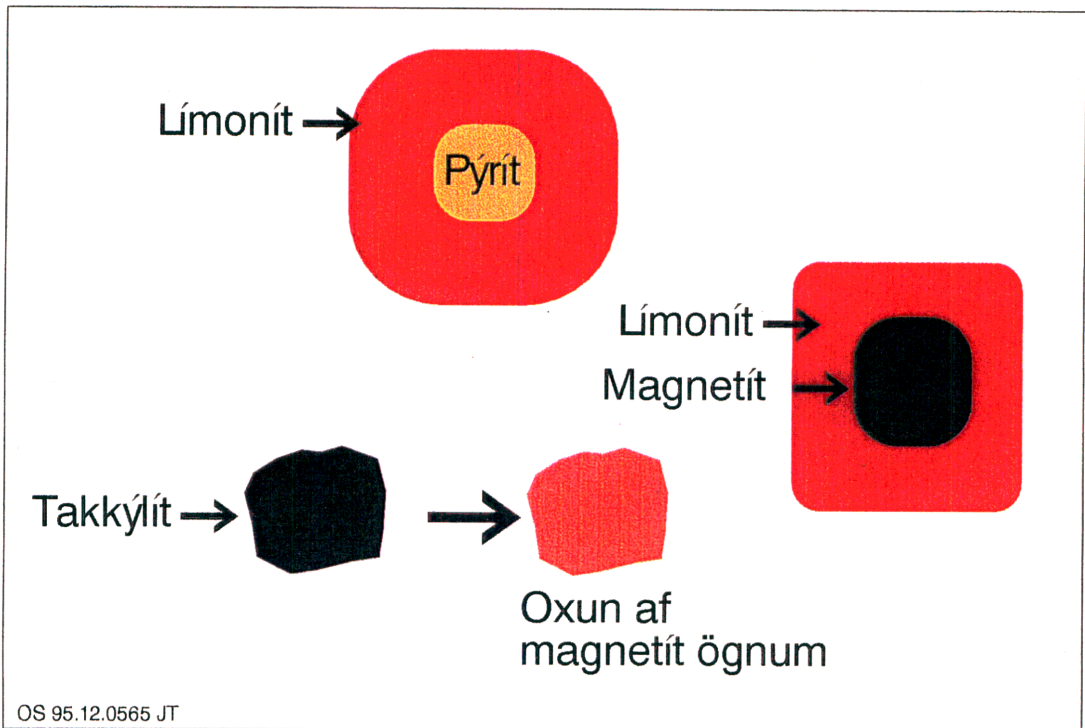
Ingvar Birgir Friðleifsson 1985. Jarðsaga Esju og nágrennis. Árbók Ferðafélags Íslands 1985.

Jens Tómasson 1989. The alteration and diagenesis of tuffs and tuffaceous sediments. *Proceedings of the 6th On Water Interaction.* Malvern. August 1989, 683-686.

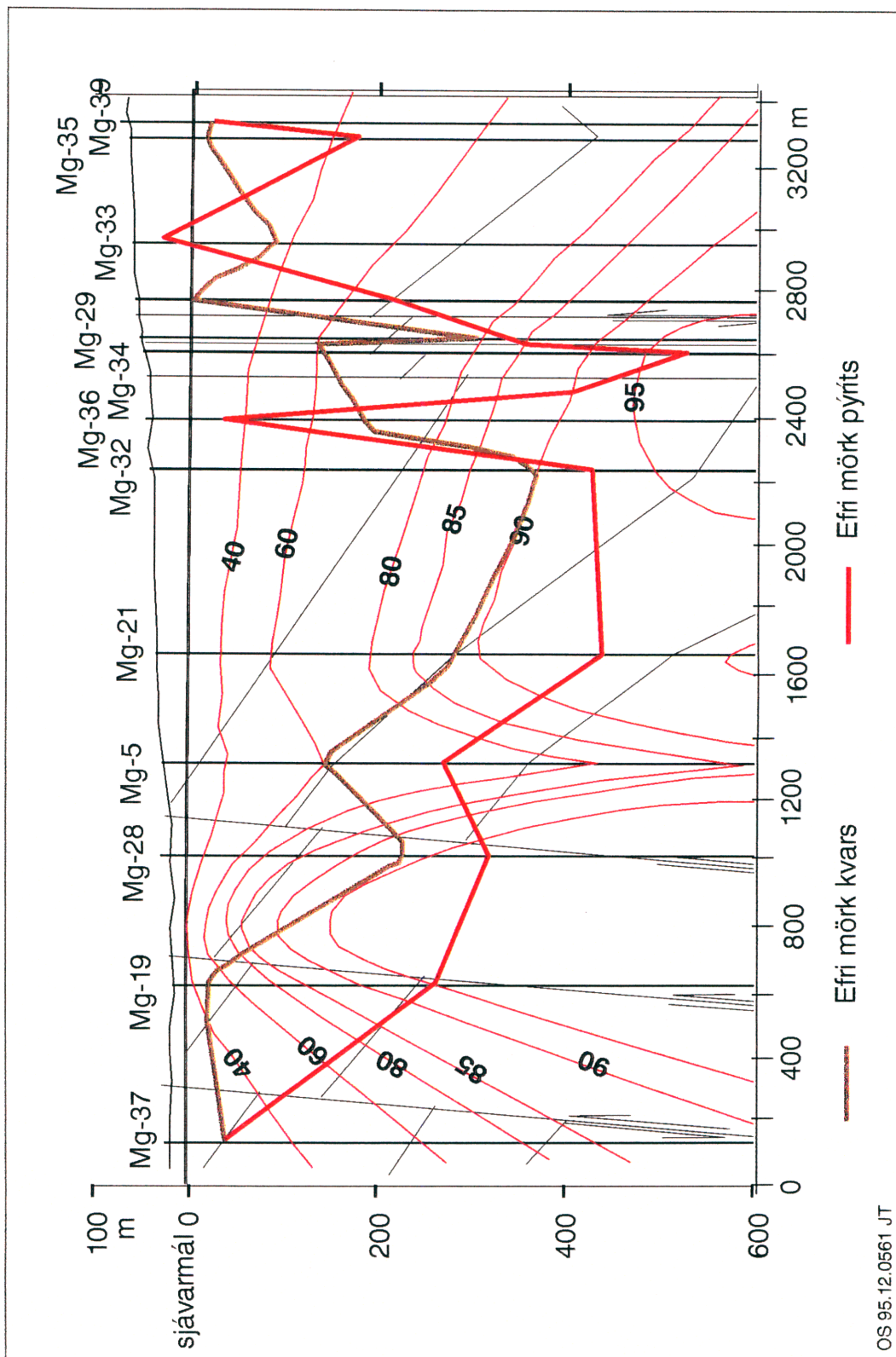
Jens Tómasson 1993. Tenging jarðlaga á Norður-Reykjum og Helgadal. Jarðlagapversnið. Orkustofnun OS-93041/JHD-21 B.



Mynd 1. Staðsetning holna og sniða

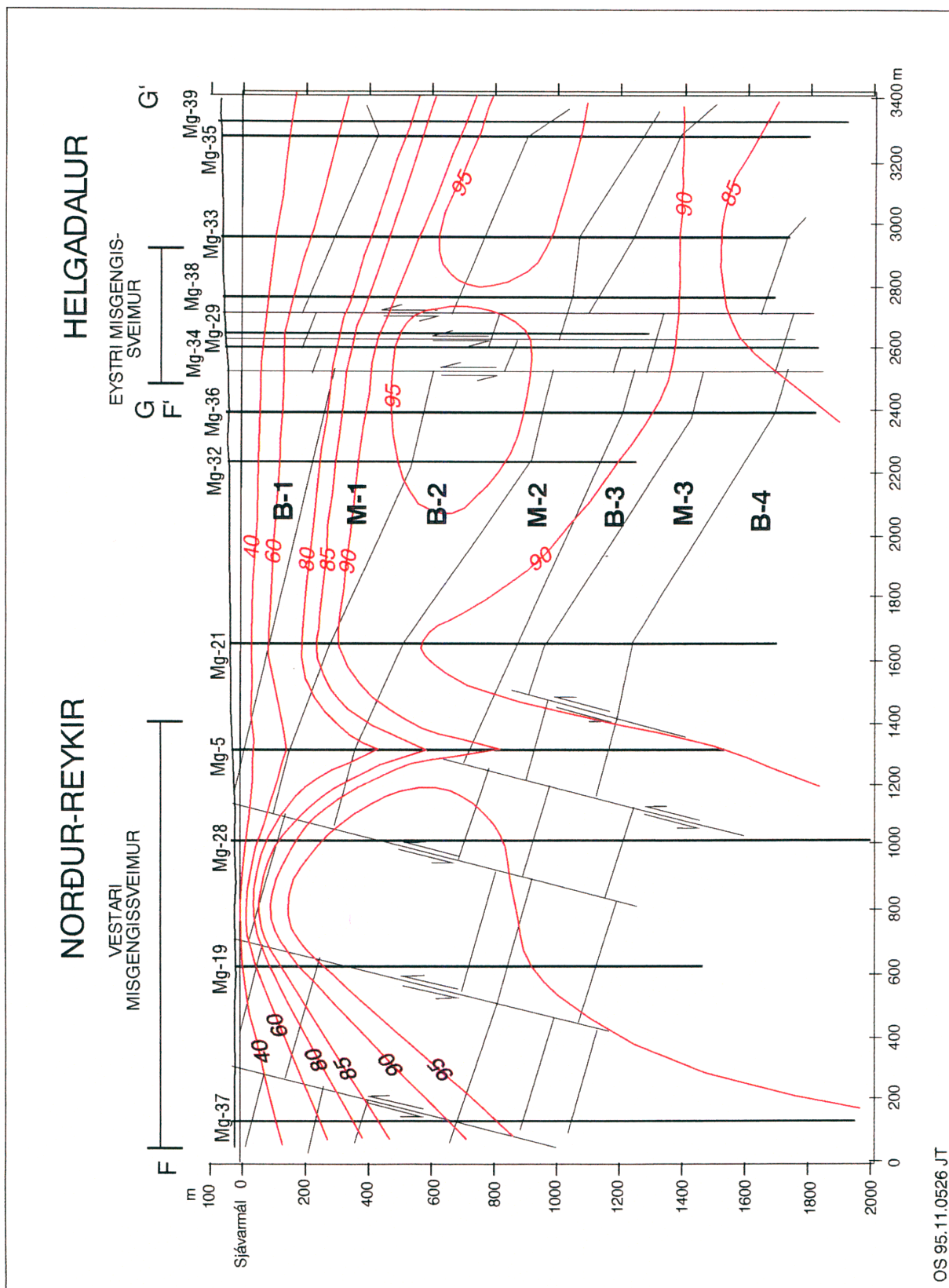


Mynd 13. Skematísk mynd af oxun af pýríti, magnetíti og takkylíti



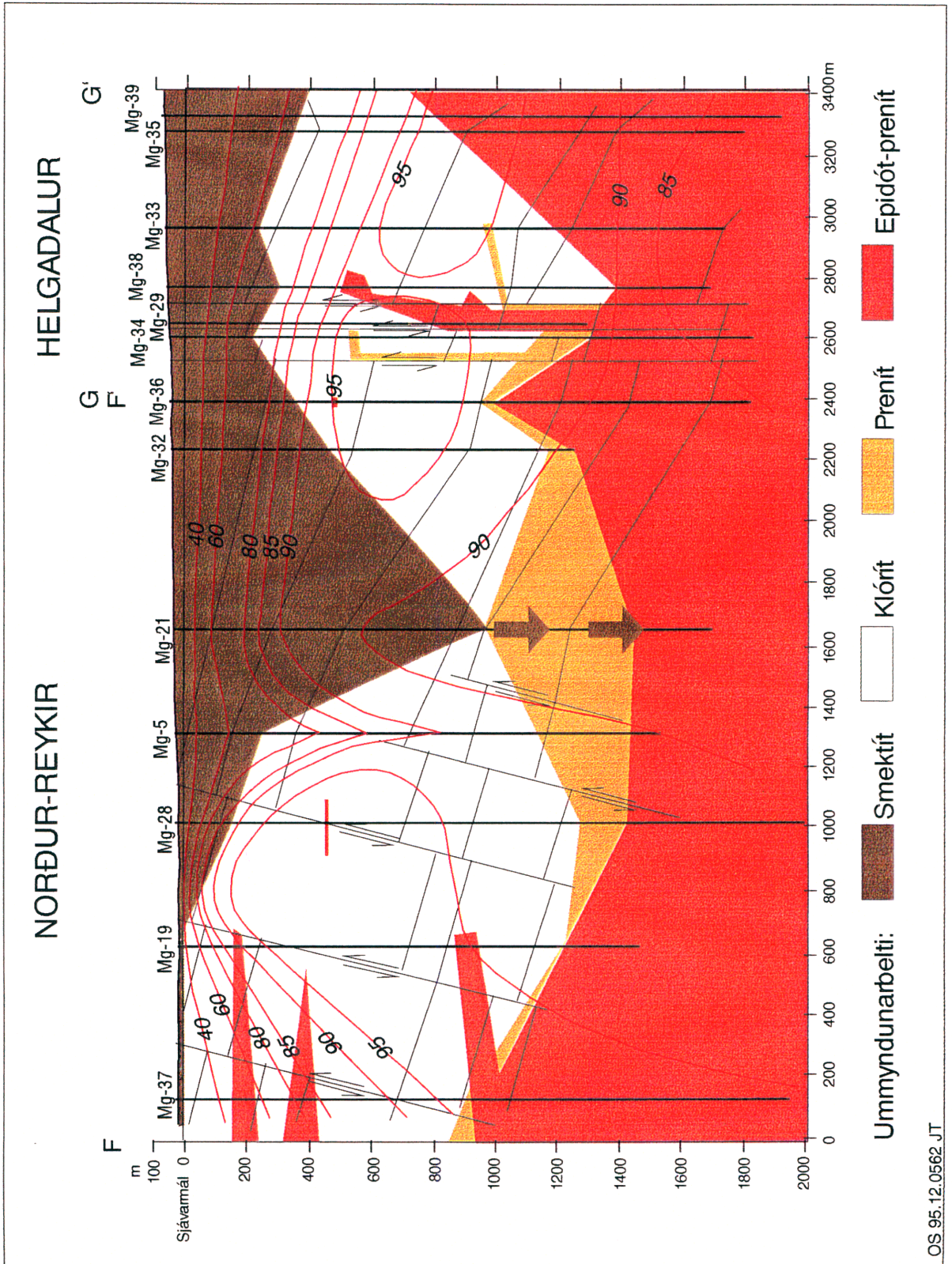
OS 95.12.0561 JT

Mynd 16. Efri mörk kvars og pýríts

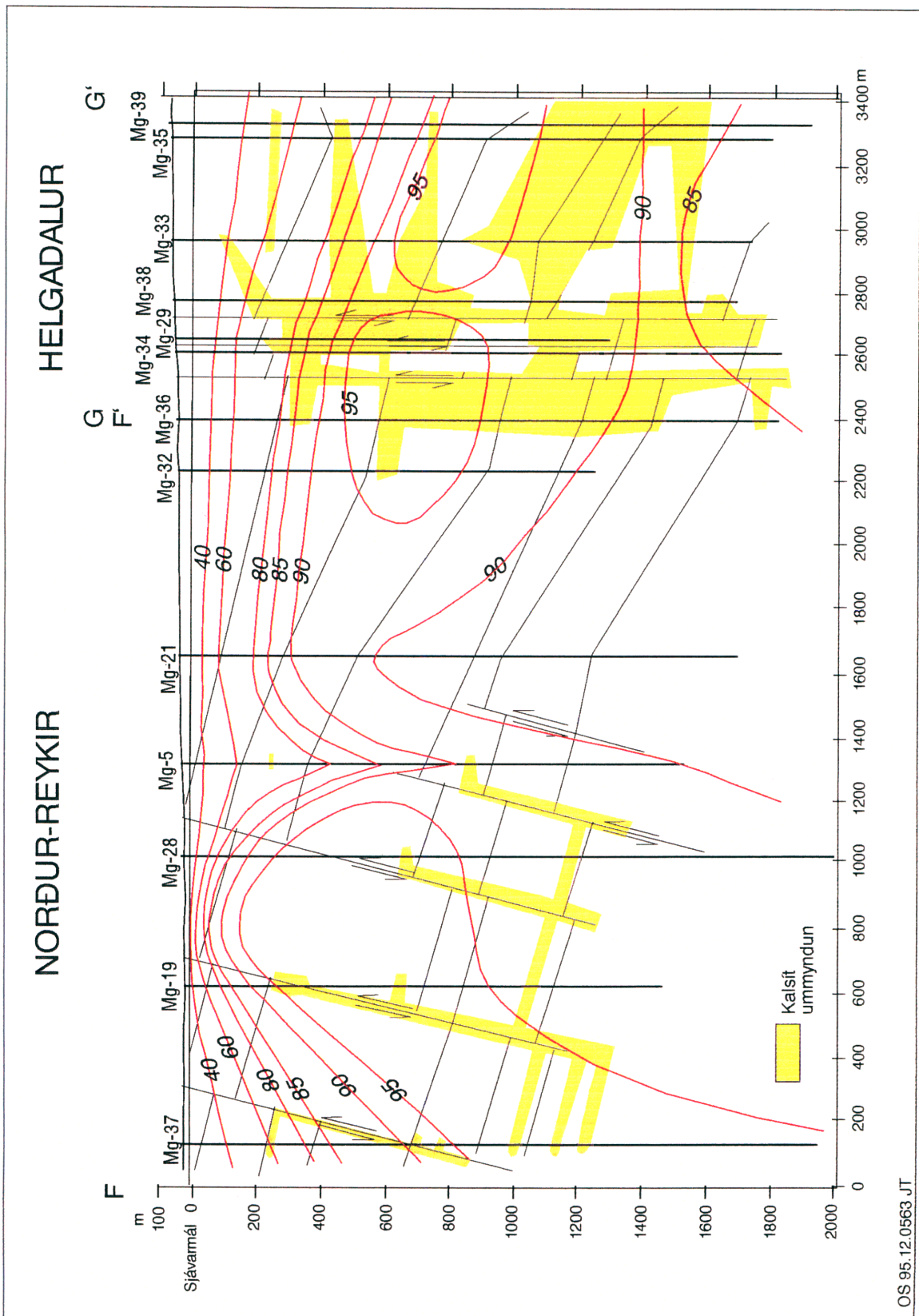


OS 95.11.0526 JT

Mynd 20. Jarðлага- og hitasnið. Hiti skv. Grími Björnssyni og Benedikt Steingrímssyni (1995)

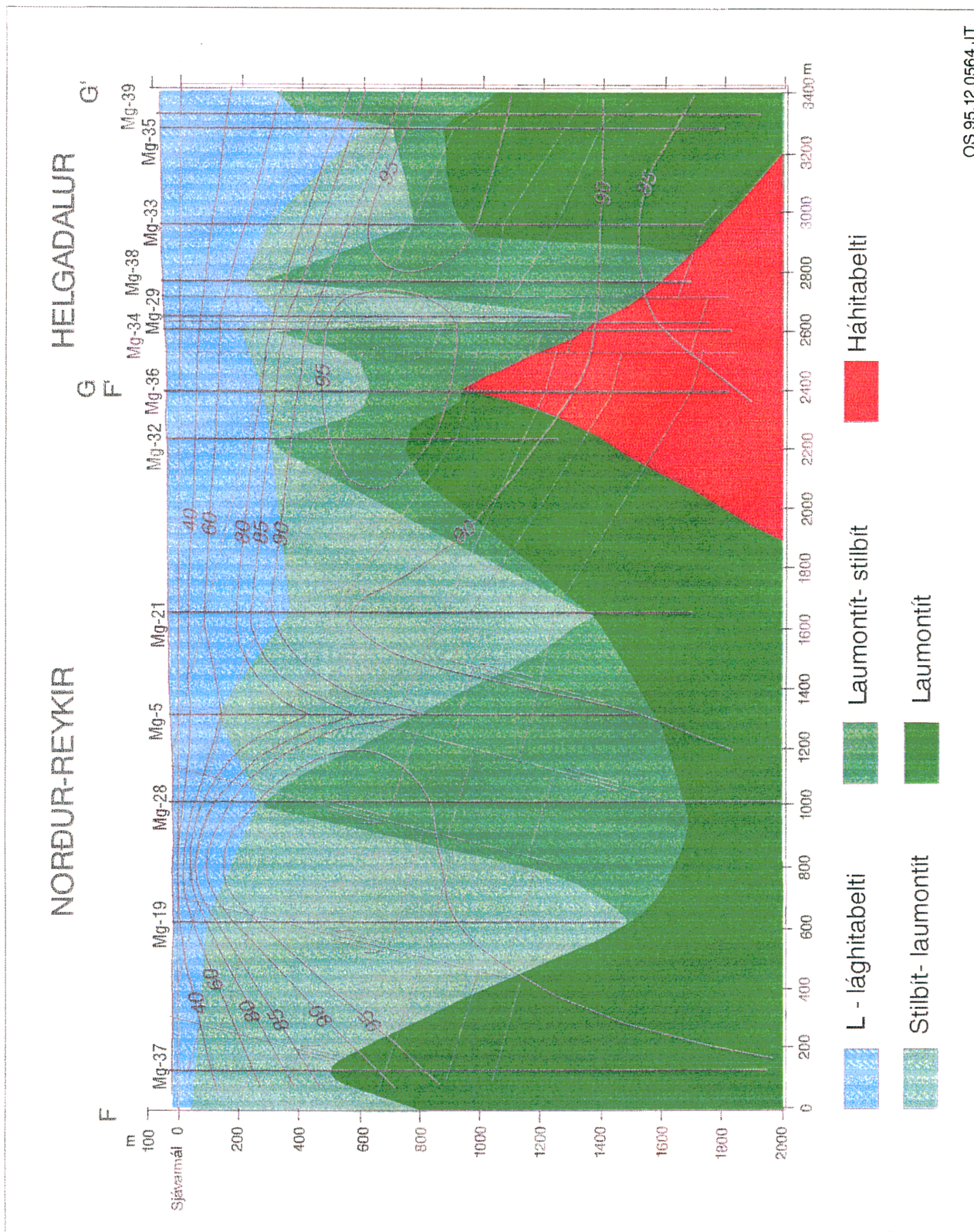


Mynd 21. Hábita ummyndunarsnið

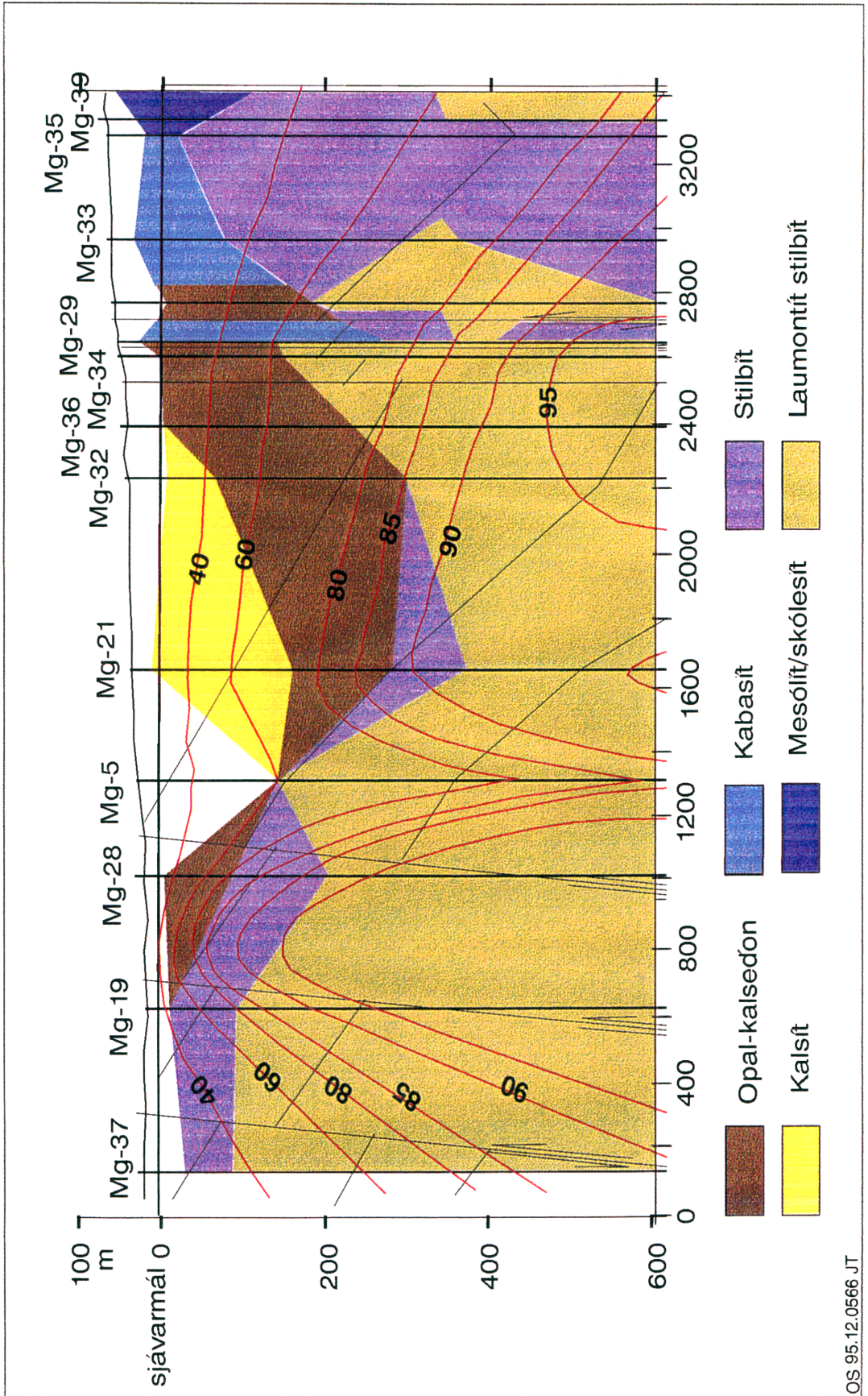


OS 95.12.0563 JT

Mynd 22. Kalsít ummyndunarsnið

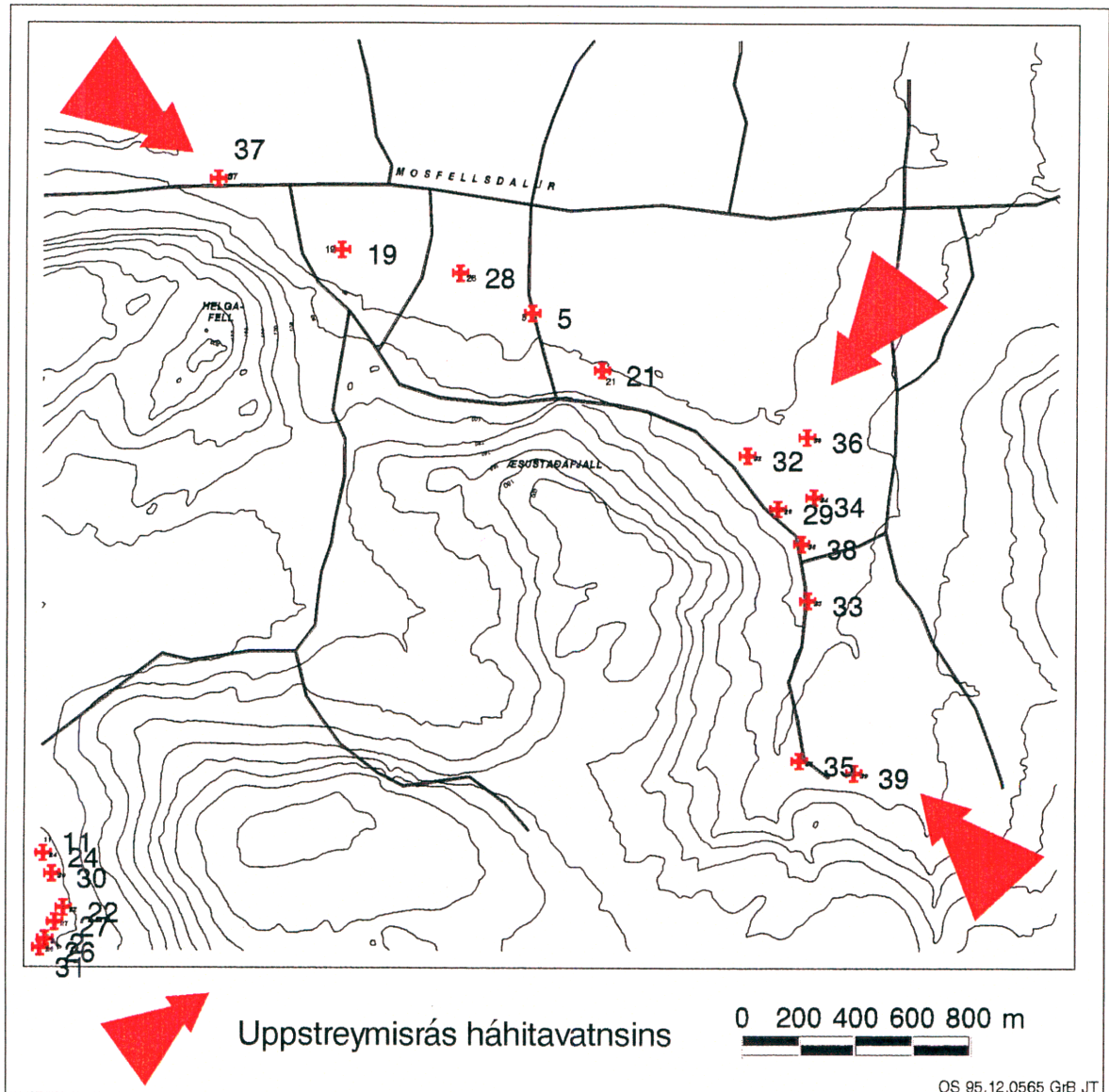


Mynd 23. Lágbita ummyndunarsnið

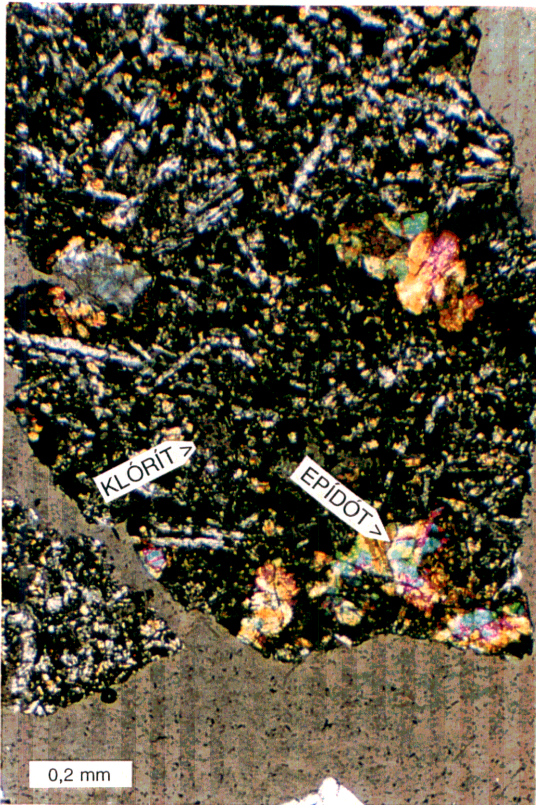


OS 95.12.0566 JT

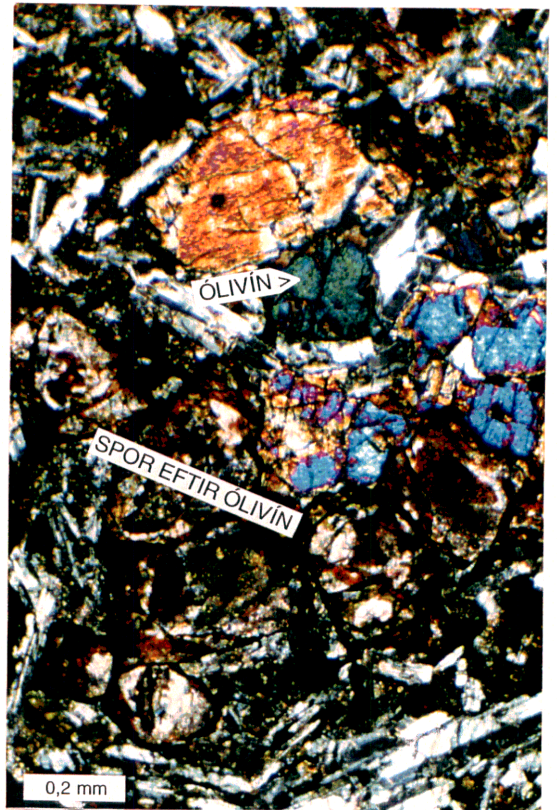
Mynd 24. Skipting L-lághitabeltinsins



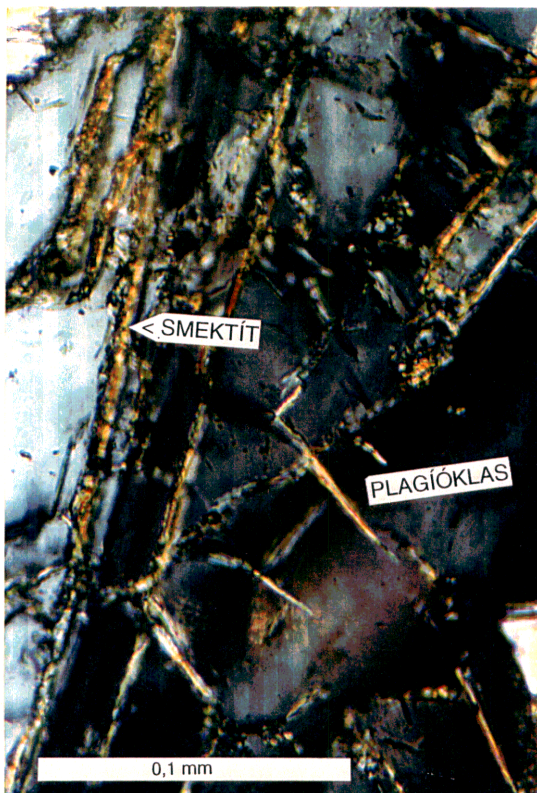
Mynd 25. Staðsetning háhita uppstreymis



Mynd 2. Ummyndað þóleiðbasalt, pýroxen glergrunnur hefur að mestu ummyndast yfir í klórít. Klórít-ið er að byrja að ummyndast yfir í epidót. MG-35, dýpi 858 m. Þunnsneið nr. 6287.



Mynd 3. Ummyndað ólivínþóleið basalt, talsvert af sporum eftir ólivín. Ólivín → iddingsít, leir. MG-39, dýpi 520 m. Þunnsneið nr. 7410.



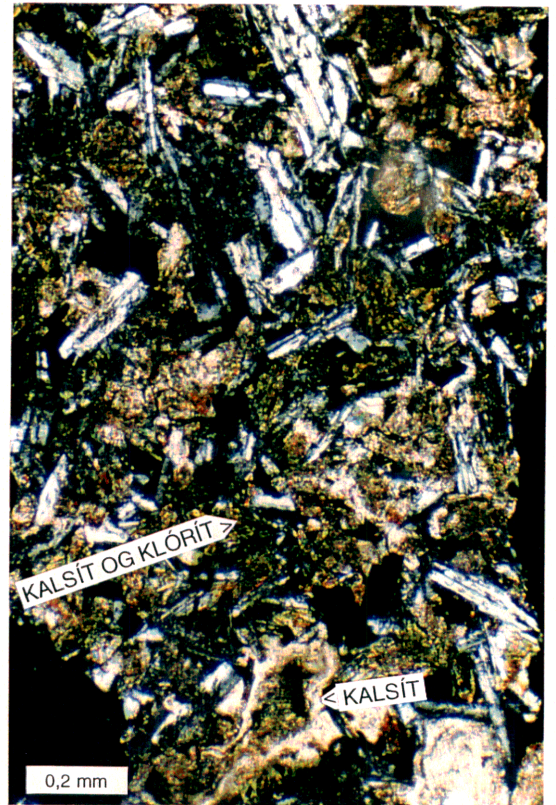
Mynd 4. Plagióklas með leir í sprungum. MG-36, dýpi 600 m. Þunnsneið nr. 16232.



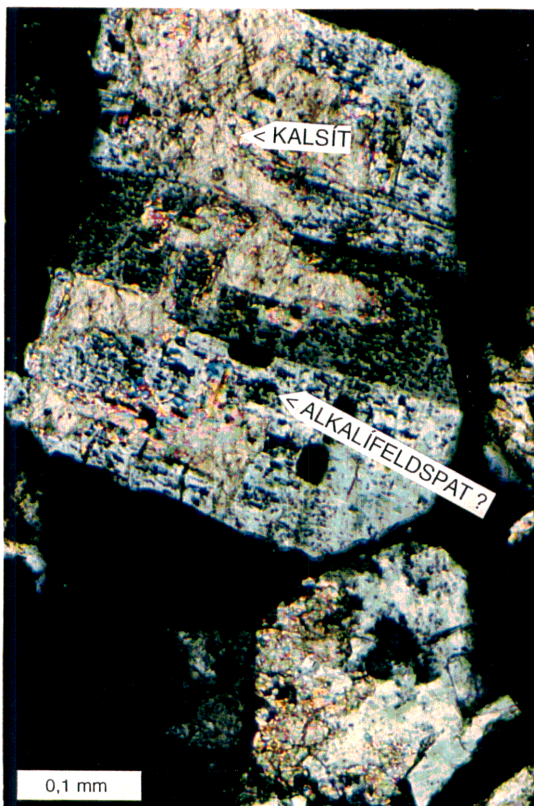
Mynd 5. Zeólít ummyndun af plagióklasdíl. MG-34, dýpi 832 m. Þunnsneið nr. 1693.



Mynd 6. Epidót, albít og kalsítummyndun af plagióklasdíl. MG-37, dýpi 486 m. Þunnarneið nr. 6885.



Mynd 7. Kalsít ummyndun í basalti, þar sem allur pýroxengrunnurinn hefur ummyndast yfir í kalsít og blöndu af kalsít og leir. MG-35, dýpi 404 m. Þunnarneið nr. 6276.



Mynd 8. Kalsít ummyndun í plagióklasdíl. Sá hluti plagióklasdílans sem ekki hefur ummyndast yfir í kalsít er orðinn að albíti eða alkálifeldspati. MG-39, dýpi 1812 m. Þunnarneið nr. 7445.



Mynd 9. Kalsít ummyndun af plagióklaslistum. MG-36, dýpi 444 m. Þunnarneið nr. 6984.



Mynd 10. Takkylít með plagióklasdýla. Plagióklasdýlar → kalsít. Sprunga fyllt með kalsíti. MG-38, dýpi 924 m. Þunnsneið nr. 7105.



Mynd 11. Blaðra fyllt með kalsíti og límoníti. Það sést einnig að kalsítið frá blöðrunni hefur ummyndað pýroxengrunninn í kringum blöðruna. MG-39 dýpi 520 m. Þunnsneið nr. 7410.



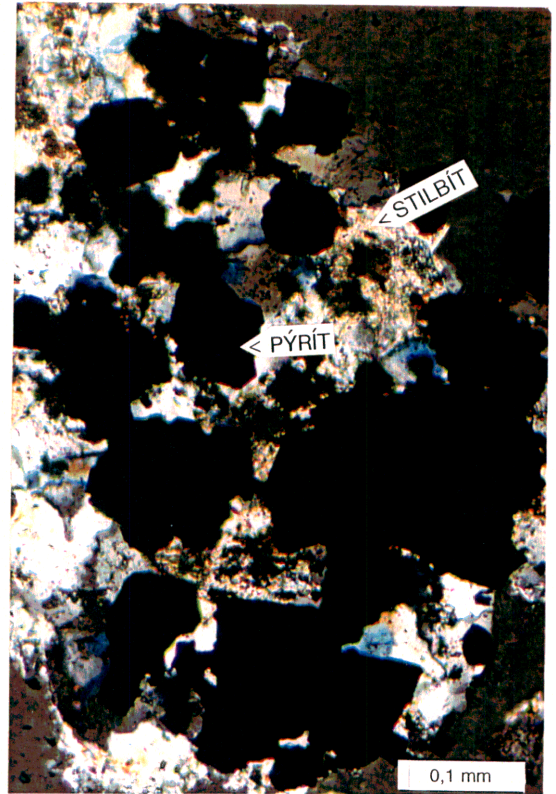
Mynd 12. Kalsít ummyndun og pýrít í meðalgrófu basalti. MG-36, dýpi 1780 m. Þunnsneið nr. 16244.



Mynd 14. Ópall → kalsedón. Ekki krossað. MG-36, dýpi 204 m. Þunnsneið nr. 16227.



Mynd 15. Ópall → kalsedón. MG-36, dýpi 204 m. Þunnsneið nr. 16227.



Mynd 17. Stilbít, pýrít holufylling. MG-36, dýpi 878 m. Þunnsneið nr. 16234.



Mynd 18. Laumontít. MG-36, dýpi 726 m. Þunnsneið nr. 16233.



Mynd 19. Prent og kalsít. MG-36, dýpi 1132 m. Þunnsneið nr. 16237.

VIÐAUKI

Ummyndun og ummyndunarsnið af holum
á Norður-Reykjum og í Helgadal

MYNDIR Í VIÐAUKA

| | Bls. |
|----------------------------------|------|
| Mynd V-1. MG-37. Ummyndunarsnið | 36 |
| Mynd V-2. MG-19. Ummyndunarsnið | 38 |
| Mynd V-3. MG-28. Ummyndunarsnið | 40 |
| Mynd V-4. MG-5. Ummyndunarsnið | 42 |
| Mynd V-5. MG-21. Ummyndunarsnið | 44 |
| Mynd V-6. MG-32. Ummyndunarsnið | 46 |
| Mynd V-7. MG-36. Ummyndunarsnið | 49 |
| Mynd V-8. MG-34. Ummyndunarsnið | 51 |
| Mynd V-9. MG-29. Ummyndunarsnið | 53 |
| Mynd V-10. MG-38. Ummyndunarsnið | 55 |
| Mynd V-11. MG-33. Ummyndunarsnið | 58 |
| Mynd V-12. MG-35. Ummyndunarsnið | 61 |
| Mynd V-13. MG-39. Ummyndunarsnið | 63 |

1. INNGANGUR

Hér á eftir verður lýst ummyndunarsniðum frá öllum MG-borholum á Norður-Reykjum. Á hverju ummyndunarsniði er einfaldað jarðlagasnið og vatnsæðar auk hins eiginlega ummyndunarsniðs þar sem holur, dreifing ummyndunar og holufyllingar með dýpi eru sýnd. Auk þess er sýnd á hverju sniði ein tegund ummyndunar, þ.e. kalsítummyndun á bergi. Þessi kalsítummyndun er fólgin í því að kalsít hefur komið í stað frumsteinda. Líklega hefur þessi ummyndun orðið við suðu í háhitakerfi með kolsýru í gufunni (CO_2). Um þessa ummyndun er fjallað nánar í almenna kaflanum í skýrslunni hér að framan.

Nokkuð ákveðin röð er á umfjölluninni um ummyndunarsteindirnar, þannig að byrjað er á kalsíti og kalsítummyndun, síðan er talað um kvarssteindir sem eru ópall, kalsedón og kvars.

Zeólítar. Aðalzeólítarnir á svæðinu eru stilbít og laumontít. Stilbít gæti verið myndað við núverandi hita á svæðinu, en laumontít er myndað við hærri hita en nú er þar, 110°C eða hærri. Auk þess er nokkuð um zeólíta sem eru myndaðir við lægri hita en stilbít eins og skólesít/mesólít og heulandít. Þetta er einkum efst í holunum. Einnig er fjallað um analsím og gýrólít ásamt með zeólítum. Ennfremur er merkt á sniðið orðið zeólítar, sem þýðir að þar er eitthvað af zeólítum sem ekki hafa verið greindir. Þetta á við mjög lítinn hluta zeólítanna, einkum mjög smáa kristalla sem erfitt er að greina.

Prenít og epidót eru háhitasteindir og er talsverð umfjöllun um þær í flestum holum.

Járnoxíð (Fe -oxíð) steindir eru mjög útbreiddar á svæðinu og er gerð grein fyrir útbreiðslu og mismunandi tilurð þeirra í lýsingum á hverju sniði.

Pýrít er mjög útbreitt og tilheyrir háhitaummynduninni.

Leirsteindir eru þær ummyndunarsteindir sem finnast í hvað mestu magni á svæðinu. Aðal leirsteindirnar eru smektít, blandlagsleir, svellandi klórít og klórít sem myndast við háan hita (meira en 200°C). Hinar steindirnar ummyndast við lægri hita og smektít gæti verið að myndast við núverandi hita á svæðinu.

2. MG-37

2.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-1)

Kalsít finnst nánast í hverju sýni úr holu MG-37 en í mjög misjöfnu magni. Kalsít er mest sem holufyllingarsteind, en einnig er talsverð kalsítummyndun í þessari holu, og er ummyndunin í rásum. Efstá rásin er á 258 m dýpi og finnst aðeins í einni þunnsneið. Þessi rás er á mörkum móbergs og basalts. Í 742 m er kalsítummyndun á mörkum móbergs og basalts. Í 808 m, á mörkum basalts og dóléríts, er einnig kalsítummyndun. Bergið á milli þessara rása er mjög ferskt. Næsta ummyndunarrás er á 1010 m dýpi og er inni í miðju basaltlagi, sprungu? Á bilinu 1160 til 1240 m er kalsítummyndun í þremur sneiðum af fjórum, og efsta sneiðin er í miðju basaltlagi (sprunga?), en hinar eru nærri lagamótum.

Kvars er nánast í hverju sýni og stundum í mjög miklu magni og gæti sums staðar verið að koma í stað upprunalegra steinda oft með kalsítummynduninni, en mest af kvarsinu er fallið út í holur og glufur í berginu. Kvarsið er mjög líklega hluti af háhitaummynduninni.

Zeólítar: Í efsta sýninu (52 m) eru zeólítarnir stilbít og mesólít/skólesít, en í 96 m er talsvert af laumontíti og er síðan í flestum sýnum niður í botn á holum (200 m). Stilbít er í talsverðu magni niður í 550 m. Þar fyrir neðan finnst stilbít aðeins í stöku rásum niður í botn á holunni. Lághituummynduninni má skipta í eftirfarandi ummyndunarbelti: 0-96 m. Mesólít-stilbítbelti. 96-550 m. Stilbít-laumontítbelti. 550-2000 m. Laumontít-(stilbít)-belti. Utan þessara aðallág-hitasteinda sem ákvarðast í ummyndunarbeltum finnst mordenít á einum stað (158 m), epistilbít í tveimur sýnum í stilbítbeltinu og analsím finnst einnig í nokkrum sýnum í stilbítbeltinu, sums staðar í miklu magni í sprungum?

Epidót, prenítt: Dreifing epidóts og preníts í þessari holu er mjög einstök fyrir Mosfellssveitar-svæðið. Epidót finnst fyrst á 96 m dýpi og prenítt nokkru neðar í 130 m ásamt epidóti og í þriðju sneiðinni (155 m) finnst einnig bæði epidót og prenítt. Epidót finnst þarna í þremur samliggjandi sneiðum. Þetta er í mjög lagskiptum stafla og er bæði í móbergi og ólívínþóleíti. Frá 398-486 metrum finnst epidót í öllum sneiðum, samtals fjórum. Þetta epidót finnst í gangi og þunnu túfflagi fyrir ofan hann. Það er því hugsanlegt að þetta epidót sé myndað vegna eldvirkni, sem þessi gangur hafi tengst, en alveg eins er líklegt að skyndileg sprunga hafi opnast. Jarðhitakerfið var háhitakerfi og hefur fært upp á lítið dýpi mjög heitt vatn. Þessi epidótmyndun hefur þó orðið á mun meira dýpi en epidótið finnst á nú því rofið á þessu svæði síðan háhitavirkni var á svæðinu er um 400 m. Efstá epidótið hefur því myndast á 500 m dýpi. Á þessu dýpi finnst epidót á stöku stað í núverandi háhitasvæðum. Prenítbélið byrjar svo í 892 m og epidótbélið byrjar í 952 m.

Anhýdrít finnst í þremur sýnum ofarlega í holunni en alltaf í litlu magni og hefur eingöngu verið greint í þunnsneið. Þetta anhýdrít er myndað við innrás sjávar inn í kerfið í lok ísaldar.

Járnoxíð (Fe-oxíð) og oxun er algeng, oft í miklu magni fyrir ofan 450 m dýpi, þar fyrir neðan er Fe-oxíð ekki samfellt og oftast í litlu magni og mjög víða sést að pýrít er að hluta til farið yfir í járnnoxíð og á stöku stað sést einnig að magnetít er að byrja að oxast. Þessi oxun getur hafa gerst í mörgum innrásum af súrefnisríku köldu vatni og þar sem pýrít hefur oxast í allmiklum mæli, og hefur að minnsta kosti hluti af þessum innrásum af köldu vatni orðið eftir að pýrít myndaðist. Þessi innrás er bundin tektónískum hreyfingum þar sem sprungur hafa myndast og opnast til yfirborðs eða yfir í kaldan grunnvatnsgeymi. Kalt vatn rennur niður jarðhitageyminn og um leið og vatnið hitnar étur bergið súrefnið úr vatninu. Vatn með eitthvað súrefni

hefur náð niður undir 2000 m dýpi.

Pýrít er mjög útbreidd steind og finnst í nær hverju sýni, en er í mjög mismiklu magni. Pýrítíð er sennilega hluti af háhitaummynduninni. Þó að pýrít gæti myndast við örlítið hærri hita en nú er á svæðinu, er líklegt að meginhluti pýrítsins sé hluti af háhitaummyndun.

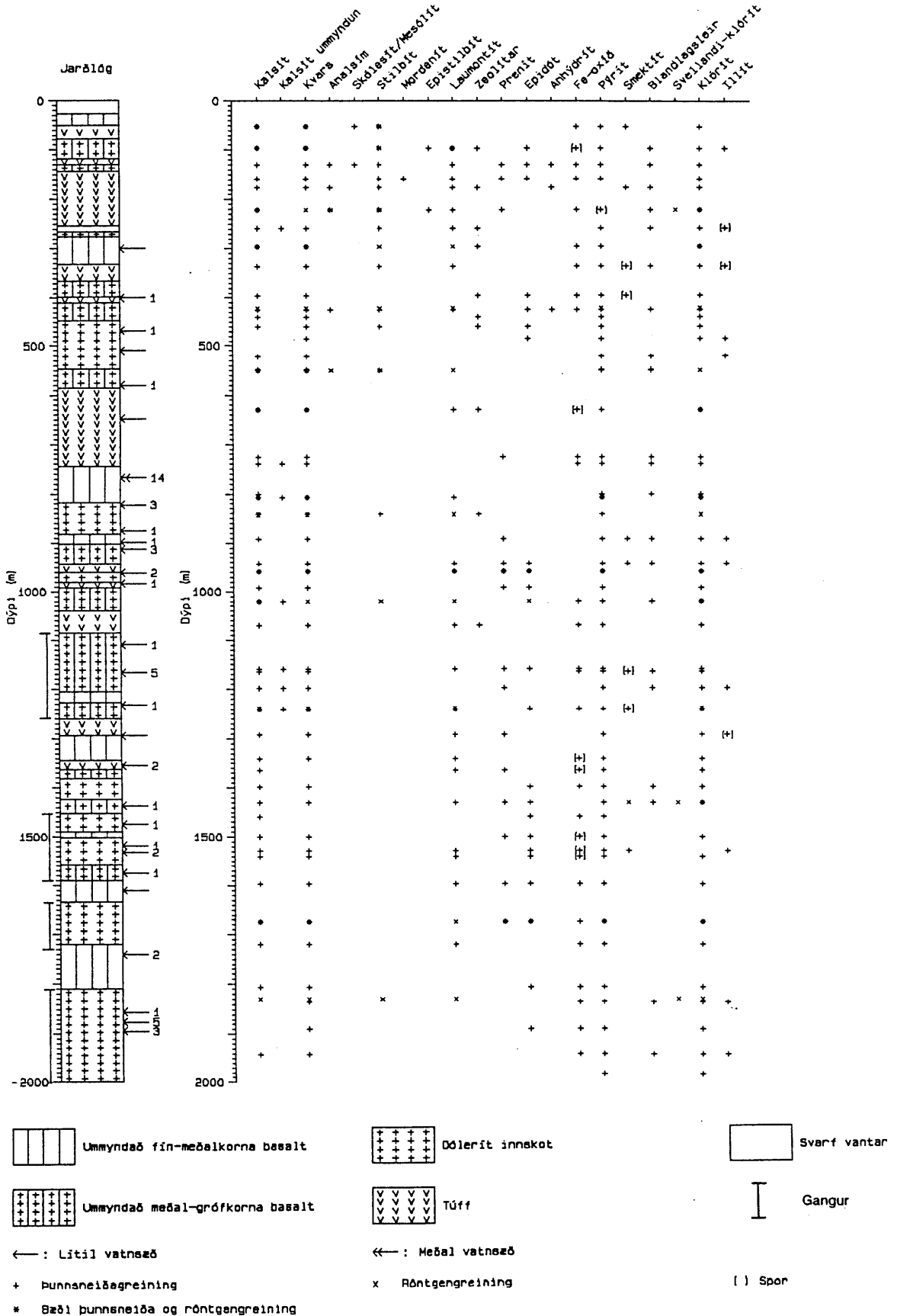
Leirsteindir: Klórít er ráðandi leirsteind og finnst alls staðar sem ráðandi leir og víðast sem eina leirsteindin í röntgengreiningum. Í þunnsneiðum er einnig hægt að greina leirinn í mismunandi flokka, en oftast er leir það fínkristallaður að erfitt er að sundurgreina hann nema þann hluta sem er grófkristallaðastur, þó sést alltaf eitthvað af mismunandi leir. Þetta fer einnig eftir gæðum þunnsneiðanna, þeim mun betri þunnsneiðar því betra er að greina leirinn.

Klórít sést nánast í hverri sneið, blandlag sést víða en alltaf í litlu magni, illt finnst á nokkrum stöðum og alltaf í litlu magni, stundum örfá korn aðallega í innskotum og fyrir ofan 400 m dýpi. Smektít finnst á örfáum stöðum og í litlu magni og hefur svipaða dreifingu og illítið.

Klórítið er myndað við hita yfir 200°C sem þýðir að háhitasavæði hefur náð upp undir þáverandi yfirborð. Hinar leirsteindirnar eru myndaðar við mun lægri hita og smektít og illt gætu verið að myndast nú í dag.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0183 T

Mosfellsbær hola MG-37



Mynd V-1. MG-37. Ummyndunarsnið.

3. MG-19

3.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-2)

Kalsít og kvars eru nánast í hverju sýni eins og í Mg-37 og ná bæði upp í yfirborð og niður á botn holunnar. Kalsítumyndun er á 6 stöðum í holunni, efst í 274 m á lagmótum basalts og móbergs og neðst í 1136 m í móbergslagi. Þrjár aðrar kalsít ummyndunarrásir eru einnig í móbergi. Ein ummyndunarrás er á mörkum dólerítinnskots og móbergs.

Stilbít er frá yfirborði og niður í botn í holunni og finnst í nær hverri þunnsneið og oft í mjög miklu magni, upp undir 10% í sumum sýnum. Í þessari holu er stilbít aðalzeólítinn, er því öll holan í stilbítbelti, svo þarna hafa orðið verulegar útfellingar eftir að bergið á svæðinu kólnaði niður í núverandi hita. Það er mikill munur á útbreiðslu og magni á stilbíti milli Mg-37 og Mg-19. Það eru einkum tvær skýringar á þessum mun. Í fyrsta lagi er munur á berggerð milli holnanna, miklu meira er af móbergi í Mg-19 en í Mg-37. Í öðru lagi er mikill munur á lektinni í berginu sem holurnar skera. Þannig er miklu meiri lekt í Mg-19 en í Mg-37. Einnig er hægt að finna toppa í stilbítmagni þar sem vatnsæðar eru, t.d. í 274 m þar sem voru 7 l/s í skoltap.

Í stærstu æðunum (25 l/s eða stærri) var algjört skoltap í lengri eða skemmri tíma og því ekkert hægt að segja til um magn zeólíta í æðunum sjálfum, en það er talsvert af stilbíti í næstu sýnum við æðarnar, en einna minnst áður en komið er í neðstu æðarnar.

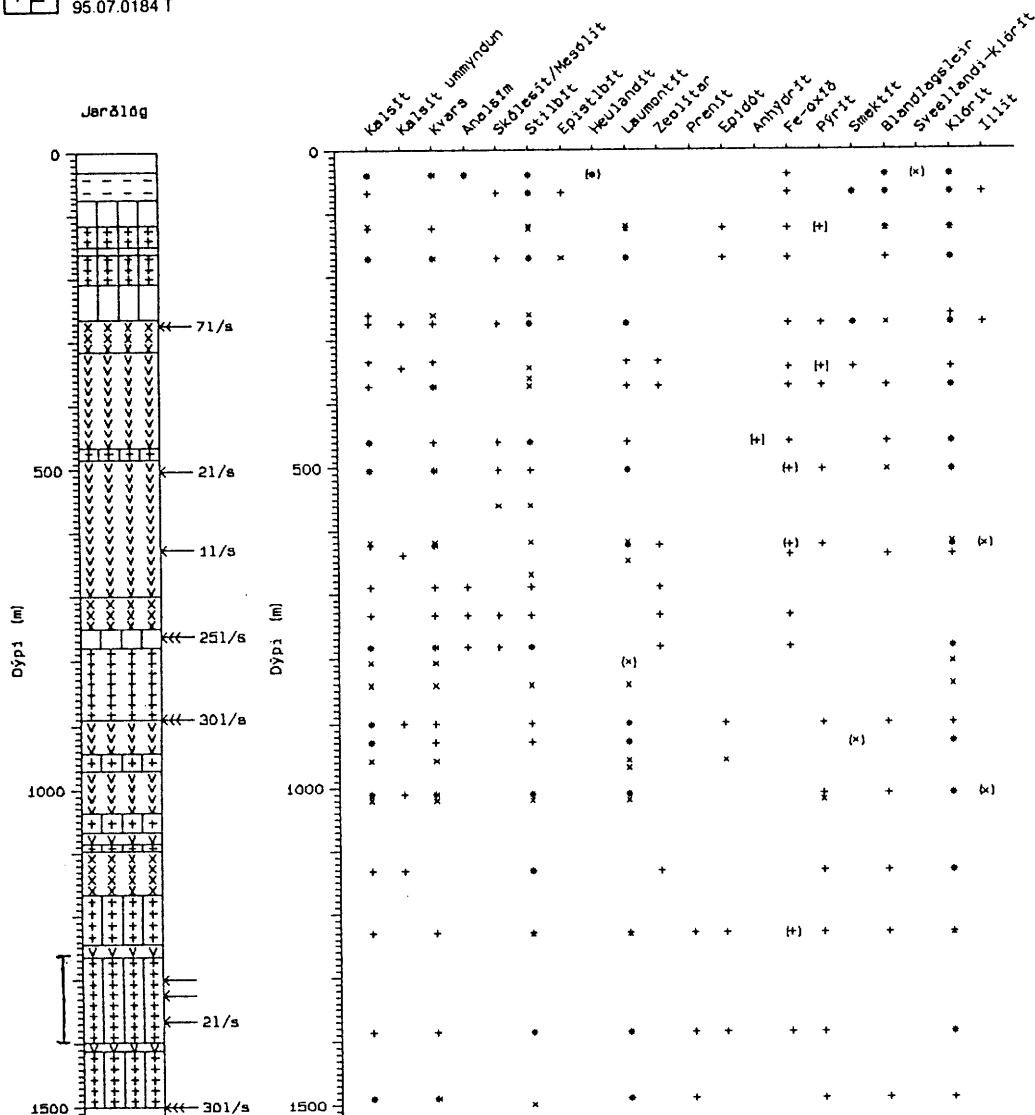
Af öðrum zeólítum er mest af laumontíti sem finnst frá 120 m niður í botn holunnar, þó ekki í öllum sýnum og í miklu minna magni en stillbít. Af öðrum zeólítum finnst mesólít/skólesít, epistilbít og heulandít. Þessir zeólítar finnast í litlu magni og aðeins efst í holunni (sjá mynd V-2). Analsím finnst á nokkrum stöðum fyrir ofan 800 m dýpi.

Epidót og prenit: Epidót finnst í tveimur sýnum efst í holunni, á 124 og 170 m dýpi. Þetta er á svipuðu dýpi og í svipuðum jarðlögum og í Mg-37 sem gæti bent til þess að heitur vökvi hafi komið upp um sprungu og síðan farið eftir láréttum lögum. Síðan finnst epidót ekki fyrr en á 900 m dýpi og finnst einnig í röntgengreiningu á 958 m dýpi. Epidót og prenit finnast á 1231 m dýpi og er þar með komið í epidótbeltið. Vottur af anhydríti finnst í 460 m.

Dreifing leirsteinda er mjög svipuð og í Mg-37. Klórít er aðalsteindin. Aðrar leirsteindir eru smektít, blandlagsleir, svellandi klórít og illít. Það virðist vera heldur minna af illíti í Mg-19 en í Mg-37 og minna af innskotum?

JHD JFR 2602 JT
95.07.0184 T

Mosfellsbær hola MG-19



Mynd V-2. MG-19. Ummyndunarsnið.

4. MG-28

4.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-3)

Kalsít er nánast í hverju sýni, oft í mjög miklu magni. Magnið minnkar nokkuð með dýpi og í granófyrum er nánast ekkert kalsít.

Kalsítummyndun er á fimm stöðum í holunni og tvö efstu sýnin liggja saman, það eru sýnin í 708 og 718 m, sem gefur til kynna að þessar kalsít "sprungur" geti verið 10 m þykkar eða meira. Þessar kalsítsprungur eru í mismunandi jarðlögum, móbergi, basalti og dólérítinskoti.

Fyrir ofan kalsítsprunguna í 1602 m er kvarssprungu, þ.e. kvars er um og yfir 50% af sýninu. Kvarsið hefur sennilega fyllt í opna sprungu en í vökvanum hefur verið mikið af CO₂ sem hefur ummyndað veggj sprungunnar. Nokkur fylgni virðist vera á milli vatnsæða og kalsítsprungna, þannig að vatnsæðar finnast við kalsítsprungur. Hins vegar eru flestar vatnsæðar ekki við neina kalsítsprungu. Kalsedón er í nokkrum sýnum fyrir ofan 300 m dýpi og mesólít/skólesít á 244 m dýpi. Kvars er nánast í hverju sýni og oft í miklu magni. Kvars og kalsít eru aðal holufyllingarsteindirnar í holunni.

Aðal zeólítarnir eru stilbít og laumontít sem finnast víðast frá 306 m dýpi í holunni en hvergi í mjög miklu magni. Laumontít finnst í flestum sýnum fyrir neðan 306 m. Stilbít finnst einnig í flestum sýnum frá 306 m nema á milli 1700 og 2000 m er ekkert stilbít. Stilbít finnst í tveimur sýnum í granófyrunu. Aðrir zeólítar finnast í örfáum sýnum og stundum bara einu og aldrei í miklu magni. Það má því segja að í holunni séu þrjú lághita steindabelti: 0-306 m kalsedón og mesólít/skólesít ummyndunarbelti, 306-1700 m laumontít, stilbít ummyndunarbelti og 1700-2000 m laumontít ummyndunarbelti. Analsím finnst á nokkrum stöðum efst í holunni, en hvergi í miklu magni.

Epidót og prenit koma fyrst fyrir á 500 m dýpi og bara í einu sýni. Næst finnst prenit í 1286 m og spor af epidóti. Á 1596 m dýpi finnst epidót í talsverðu magni og finnst nánast í hverju sýni eftir það. Prenit var nær samfellt frá 1286 niður í 1596 m en eftir það finnst það aðeins í stöku sýnum.

Járn-oxíð og pýrít finnast mjög víða og stundum í talsaverðu magni. Járnoxíð finnst næstum frá yfirborði. Mest af járnoxíði er á milli 200 og 450 m dýpi, þá finnst það í talsverðu magni í oxun af takkylíti. Fyrir neðan 450 m finnst lítið af járnoxíði fyrr en á 1600 m og finnst þá í næstum hverju sýni og er það oxun af pýríti og magnetíti.

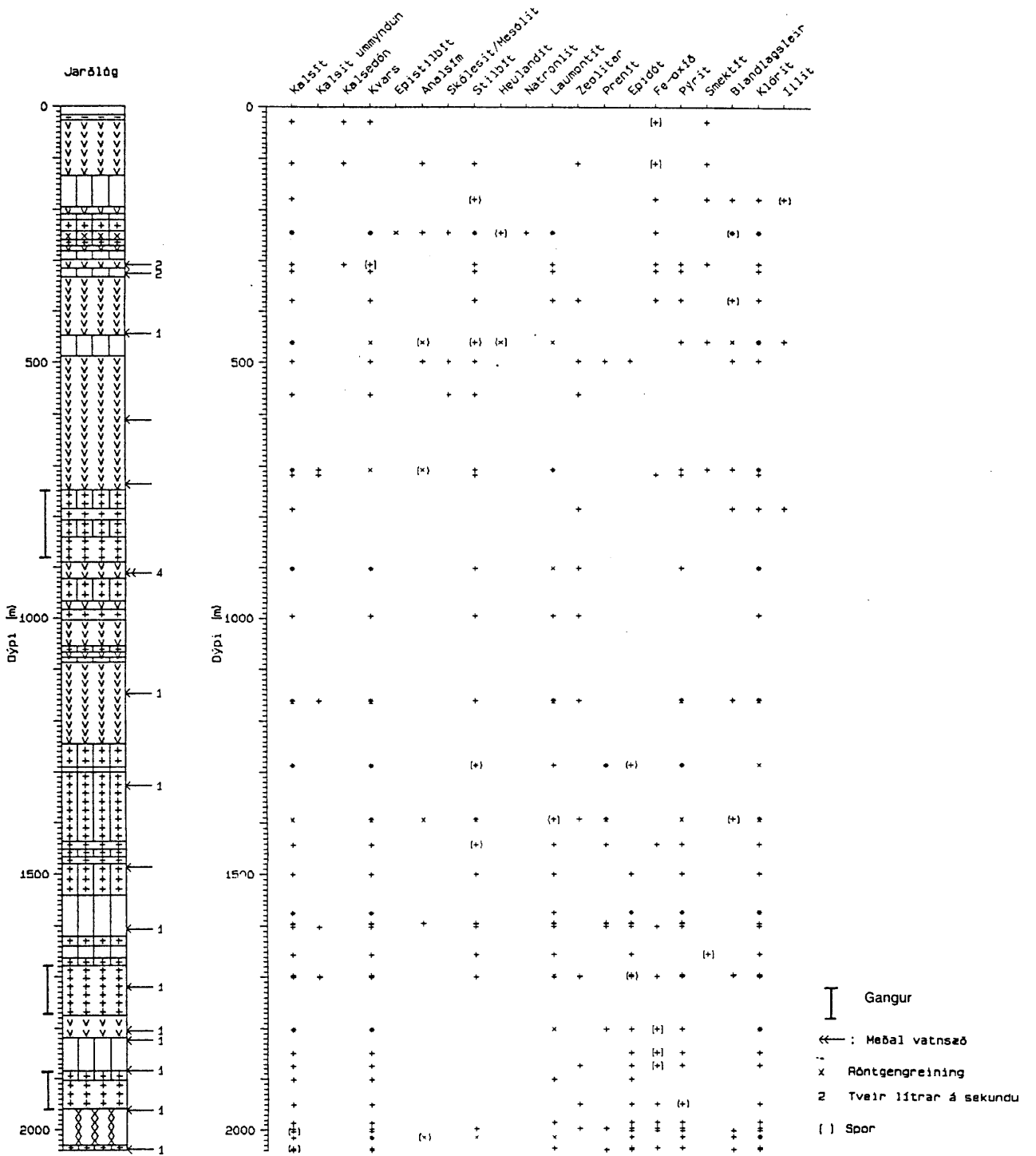
Pýrít finnst frá 200 m dýpi og í flestum sýnum eftir það og stundum í miklu magni, nokkrir tugir pýrítkorna.

Klórít er ráðandi leirsteind og finnst í öllum sýnum nema tveimur efstu sýnunum þar. Smektít er ráðandi leirsteind. Smektít finnst einnig í nokkrum öðrum sýnum, oftast í litlu magni. Blandlag og illít finnst alltaf í litlu magni.

Háhituummyndun er því ráðandi í þessari holu þó að það sjáist nokkur merki um lághitaummyndun. Einnig virðist súrefnisríkt vatn (kalt vatn) hafa farið niður í kerfið eftir háhituummyndunina og oxað hluta af pýrítinu.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0185 T

Mosfellsbær hola MG-28



Skýringar við jarðlagasnið



Ummyndað fin-meðalkorna basalt



Ummyndað glerjað basalt



Ummyndað meðal-grófkorna basalt



Túff



Dólerít innkot



Stórt grófkornátt berg



Svarf vantar



Túffríkt set

← : Lítil vatnsæð

+ Þunnarneiðagreining

* Þæði þunnarneiða og röntgengreining

Mynd V-3. MG-28. Ummyndunarsnið.

5. MG-5

5.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-4)

Kalsít og kvars eru nánast í hverju sýni en í mjög mismiklu magni eins og holufyllingar almennt. Kalsítummyndun er í tveimur sýnum á 280 og 880 m dýpi. Efra sýnið er við vatnsæð, neðra sýnið gæti einnig verið tengt vatnsæð. Kalsedón finnst í þremur sýnum í 280, 640 og 1020 m. Efst á neðsta sýnið gætu verið tengd vatnsæðum en miðsýnið ekki.

Zeólítar: Aðal zeólítarnir eru stilbít og laumontít, og eru reyndar einu zeólítarnir, sem finnst í verulegu magni. Stilbít finnst frá efsta sýni í 160 m og svo í hverju sýni niður á 740 m dýpi, stilbít/laumontít belti, en stilbít finnst alltaf öðru hvoru fyrir neðan 740 m dýpi, en oftast í minna magni en laumontít. Laumontít finnst einnig frá 160 m dýpi en finnst í færri sýnum og minna magni niður í 740 m, en þar fyrir neðan snýst þetta við, laumontít/stilbít belti. Þó er þetta engin veginn reglulegt, báðir zeólítarnir geta verið í rásum á hvaða dýpi sem er. Ekki verður séð að það séu nein tengsl milli vatnsæða og þessara zeólíta, þó er verulegt magn af stilbíti við aðal vatnsæðina í holunni í 280 m, en ekkert laumontít.

Aðrir zeólítar sem finnst í litlu magni og á fáum stöðum eru epistilbít, skólesít/mesólít, heulandít og mordenít. Analsím finnst all víða, oftast í litlu magni og á stöku stað í talsverðu magni.

Prenít finnst fyrst í 1128 m, og á sama dýpi fannst einnig vottur af epidóti. Prenít finnst síðan næstum í hverju sýni niður í botn á holunni. Epidót finnst aftur á móti ekki aftur fyrr en í 1452 m, en finnst eftir það í öllum sýnum. Því má segja að epidótbeltið í þessari holu byrji í 1452 m.

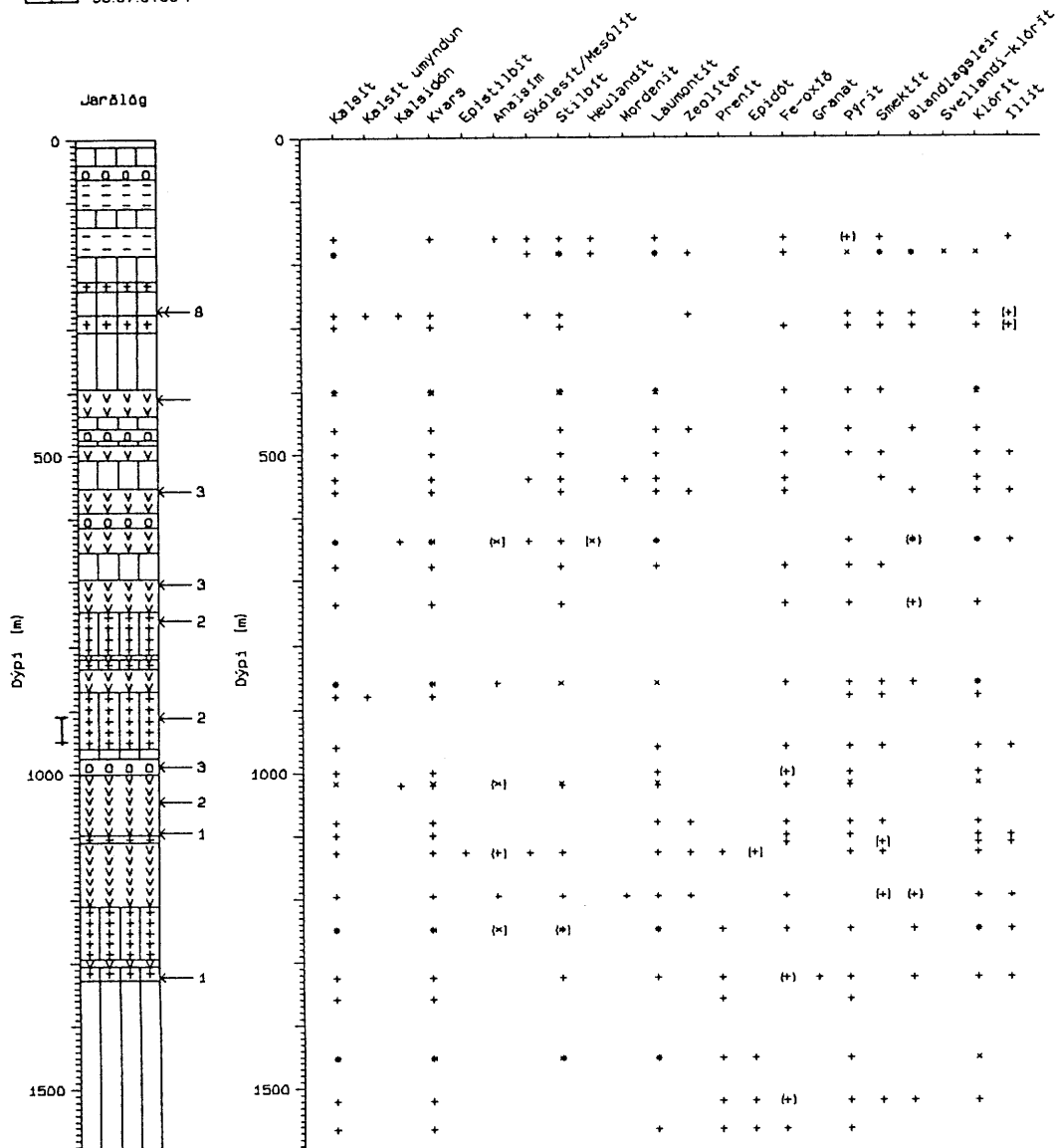
Granat finnst á einum stað í holunni. Það er á 1326 m dýpi. Þetta granat hefur sennilega myndast við innskotavirkni (kontakt ummyndun).

Járnoxíð er mjög útbreitt og oft í miklu magni, einkum fyrir ofan 600 m, þar sem er veruleg oxun í berginu sjálfu, einkum í takkylíti. Annars staðar er járnnoxíð sem rauðar klessur og er þar um að ræða oxun á steindum, pýrít og magnetíti. Pýrít finnst einnig sums staðar í miklu magni eins og í öðrum holum.

Leirsteindir: Aðal leirsteindin er klórít og er svo í öllum röntgensýnum nema efsta sýninu í 184 m þar sem smektít og blandlag eru ráðandi. Smektít sést víða einkum í basalti eða innskotum þó ekki sé það aðal leirsteindin. Blandlags leir og illít sjást sem stöku korn oftast í litlum mæli.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0186 T

Mosfellsbær hola MG-05



Skýringar við jarðlagasnið

- | | | | |
|--|---------------------------------|--|-----------------|
| | Ummyndað fín-meðalkorna basalt | | Grófkornótt set |
| | Ummyndað meðal-grófkorna basalt | | Svarf vantar |
| | Dólarít innkot | | Túffríkt set |
| | Túff | | Gangur |
- ← : Lítil vatnsæð ←← : Meðal vatnsæð
- + Þunnaneislagreining x Röntgegreining
- * Beði þunnaneisla og röntganggreining () Spor
- 2 Tveir lítrar á sekundu

Mynd V-4. MG-5. Ummyndunarsnið.

6. MG-21

6.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-5)

Frá þessari holu eru til þunnsneiðar upp undir yfirborð. Efsta sneiðin er frá 26 m dýpi. Í efstu þremur sneiðunum er lítil ummyndun og er kalsít eina holufyllingarsteindin, en á 196 m dýpi koma fleiri steindir inn, en kalsít er samt sem áður aðal holufyllingarsteindin fyrir neðan 196 m. Hins vegar er nær engin kalsítummyndun í þessari holu, finnst aðeins sem spor í neðsta sýninu (1766 m). Á 196 m finnst steindin dólómít/ankerít (í röntgen). Þessar steindir eru náskyldar kalsíti. Í dólómíti hefur hluti af kalsíum verið skipt út fyrir magnesíum, sjávaráhrif? Fyrir ankerít hefur járn komið í stað hluta af kalsíum.

Kísilsteindir sjást fyrst í 196 m en þar er ópall, kalsedón og kvars. Fyrir neðan 196 m dýpi er kvars nánast í hverju sýni og er næstalgengasta holufyllingarsteindin á eftir kalsíti. Kalsedón kemur fyrir í einu öðru sýni á 316 m dýpi, við efstu stóru vatnsæðina í holunni. Það er sú kísilsteind sem á að vera að myndast við núverandi hita í kerfinu. Kalsedón er samt sem áður sjaldgjæft á svæðinu en skýringin á því er sú að meginhluti kalsedónsins ummyndast yfir í kvars. Aðeins á stöku stað þar sem mikil vatnsgengd er í berginu sést kalsedón eins og við stóru vatnsæðina í 316 m.

Aðal zeólítarnir eru stilbít og laumontít eins og í öðrum holum. Stilbít finnst frá 316 m og síðan í flestum sýnum nður á 1374 m dýpi. Laumontít finnst frá 402 m dýpi og niður í botn á holunni. Stilbít er að myndast við núverandi hita á svæðinu og það finnst í talsverðum mæli við efstu stóru vatnsæðina á 316 m dýpi, en ekkert laumontít. Stilbít finnst einnig við hinar stóru vatnsæðarnar, en þar finnst einnig mikið af laumontíti. Analsím finnst frá 832 m dýpi og finnst í öðrum sýnum þar fyrir neðan, stundum í allmiklu magni.

Lághitaummynduninni má skipta í eftirfarandi belti: 0-402 m. Ópall, kalsedón ummyndunarbelti. 402-1374 m. Stilbít, laumontít ummyndunarbelti. 1374-1766 m. Laumnotít ummyndunarbelti.

Aðrir zeólítar finnast í litlu magni og í stöku sýnum. Mordenít finnst í einu sýni í 732 m í litlu magni, mesólít/skólesít finnst á tveimur stöðum, einnig finnst epistilbít á sveimur stöðum, hvort tveggja í litlu magni. Wairakít finnst í neðsta sýninu með röntgengreiningu. Analsím finnst víða í holunni, stundum í talsverðu magni.

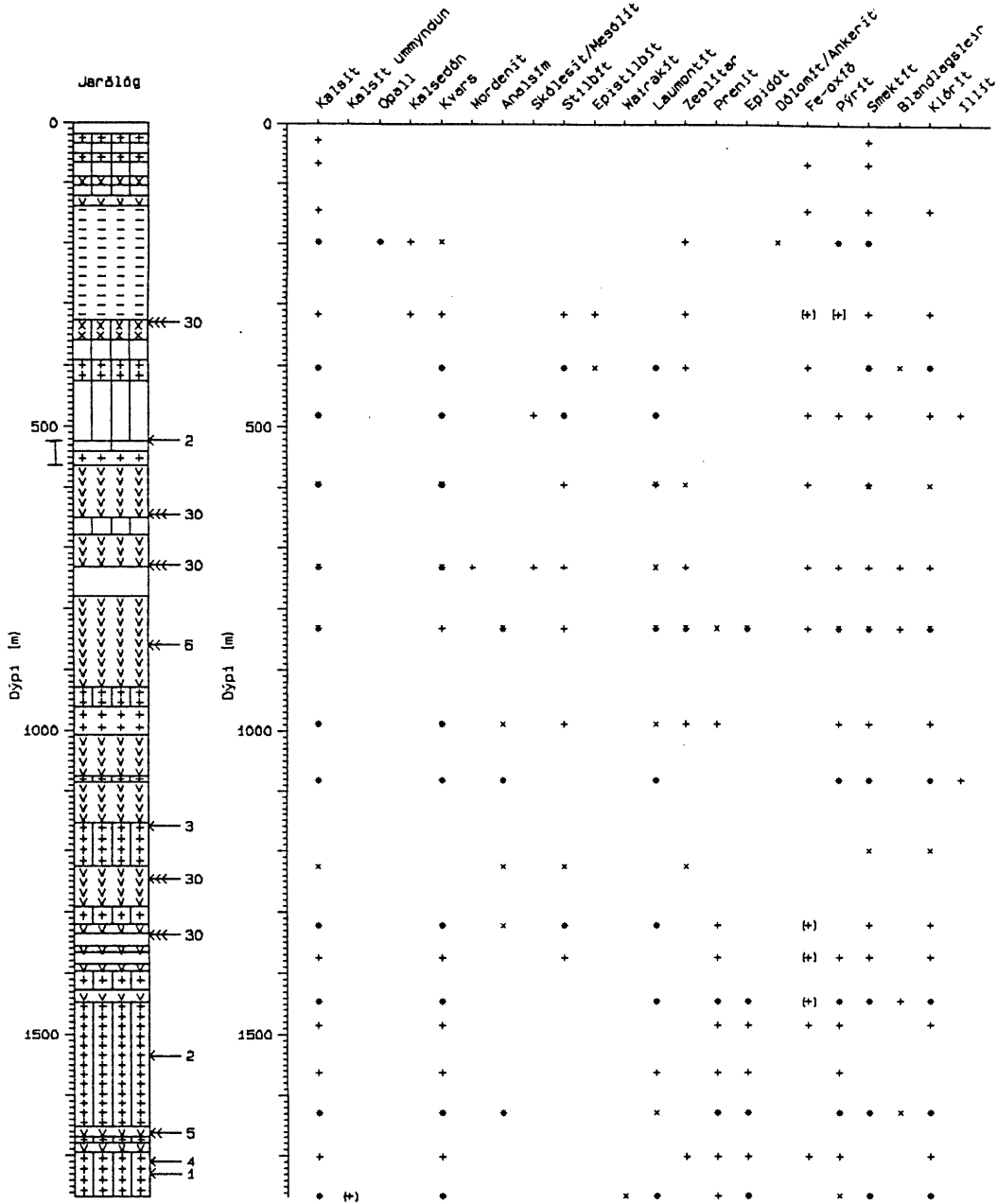
Prenít, epidót: Prenít finnst fyrst á 988 m dýpi og þá í litlu magni. Það finnst í flestum sýnum fyrir neðan þetta dýpi, en epidót finnst fyrst í 832 m í einu sýni, en finnst ekki samfelld fyrir en í 1446 m.

Fe-oxíð er algengt í efri hluta holunnar og stundum í miklu magni aðallega oxun af takkylíti. Á milli 800-1300 m er ekkert af Fe-oxíði. Fyrir neðan 800 m er járnoxíð í stórum skellum sennilega oxun af pýrít og magnetíti. Pýrít finnst víða og oft í miklu magni.

Leirsteindir: Smektít kemur fram sem aðal leirsteindin í öllum röntgenkeyrslum. Hins vegar er klórít alls staðar með nema í efsta sýninu í 196 m, þar er bara smektít. Í þunnsneiðum er ekki gott að magngreina hluta smektíts, því oftast er meginhluti bergsins í móbergshlutanum massi sem ekki sést í gegnum nema í bernhard linsu, en það eru þó alltaf nokkur brotkorn þar sem leirbygging sést vel og í flestum sýnum sést bæði smektít og klórít. Í basaltinu sést þetta betur, þar finnst alltaf talsvert af smektíti, en einnig klórít. Auk þess sést dálítið af blandlagssteindum bæði í röntgen og þunnsneiðum. Illít finnst í tveimur sýnum í þunnsneið.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0187 T

Mosfellsbær hola MG-21



Skýringar við jarðlagasnið

- | | | | | | |
|--|---------------------------------|--|-------------------------|--|--------------|
| | Fersklegt fín-meðalkorna basalt | | Dólerit innkot | | Svarf vantar |
| | Ummyndað fín-meðalkorna basalt | | Ummyndað glerjað basalt | | Túffrikt set |
| | Ummyndað meðal-grófkorna basalt | | Túff | | Gangur |

Mynd V-5. MG-21. Ummyndunarsnið.

7. MG-32

7.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-6)

Kalsít og kvars eru aðal holufyllingarsteindirnar eins og í hinum holunum. Kalsít nær þar hærra upp (58 m) en kvars kemur fyrst í 284 m í röntgen, og kvars verður ekki samfelld fyrir en í 416 m og neðar. Ópall finnst á tveimur stöðum í 120 og 284 m, en kalsedón í fjórum sýnum milli 120 og 284 m. Tvær sjaldgæfar steindir finnst í þessari holu, gýrólít og reyerít. Þessar steindir eru náskyldar og eru ca-siliköt. Gýrólít hefur fundist hér á landi í sjávarsetum og þar sem sjór hefur farið yfir.

Laumontít er aðal zeólítasteindin og finnst frá 340 m og niður í botn á holunni. Stilbít finnst fyrst á 340 m dýpi, síðan finnst það í þremur öðrum sýnum, það neðsta á 844 m dýpi. Reyndar finnst stilbít einnig í neðsta sýninu frá 1228 m en aðeins spor. Skólesít/mesólít finnst í einu sýni. Analsím finnst í nokkrum sýnum. Anhydrít finnst í tveimur sýnum fyrir neðan 1000 m. Þetta bendir einnig til þess að sjór hafi einhvern tíma legið yfir þessu svæði. Lághita ummynduninni má skipta í eftirfarandi belti: 0-340 m ópal/kalsedónbelti, 340-844 m laumontít/stilbítbelti og 844-1228 m laumontítbelti.

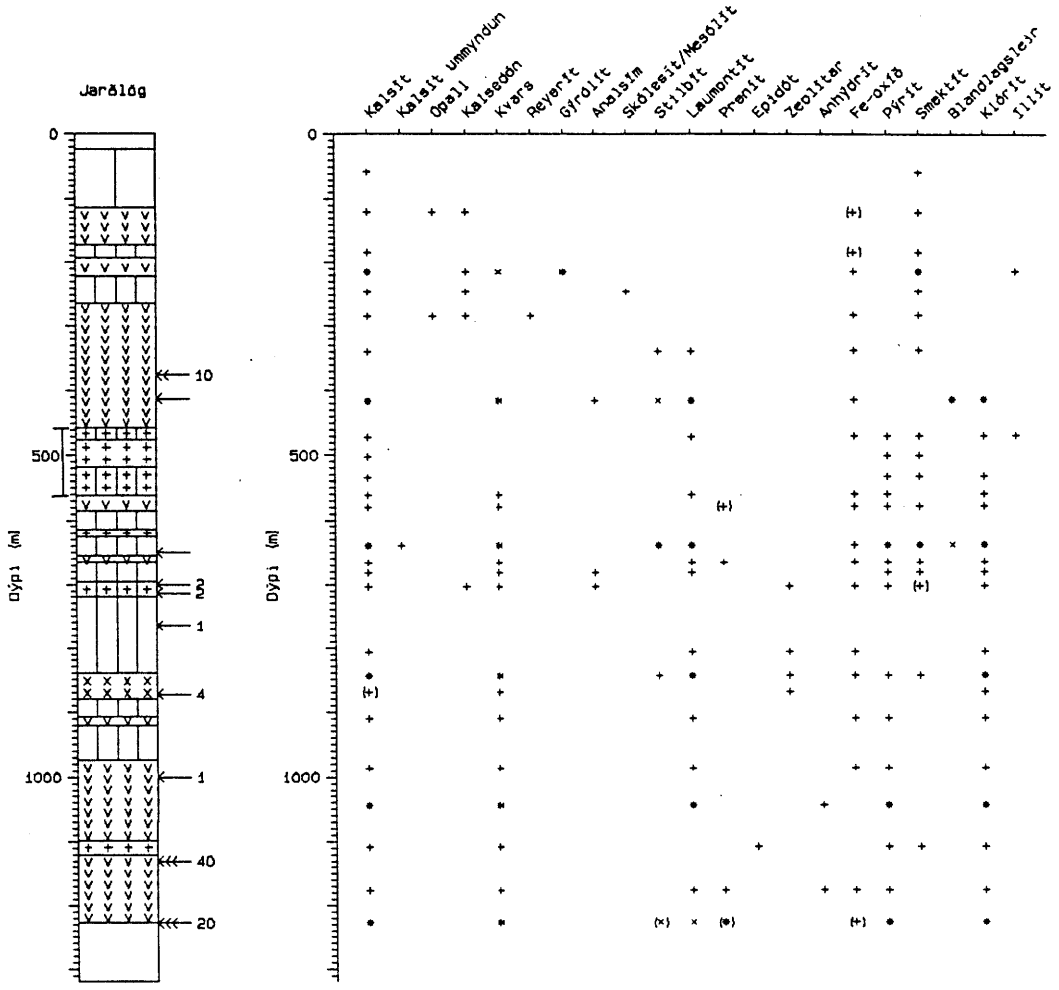
Prenít finnst í fjórum sýnum oftast í litlu magni. Því er ekki hægt að segja að komið sé í neitt prenitbelti í þessari holu. Epidót finnst aðeins í einu sýni í 1108 m, epidótbeltið er því fyrir neðan botn holunnar.

Fe-oxíð er í talsverðu magni einkum í efstu 800 m. Þar sem minnst er af járnoxíði er þetta stöku skellur sem er oxun af pýrítí að magnetítí. Í þessari holu sjást hálföxuð magnetítkorn, t.d. í 120 m en ekki öxuð pýrítkorn. Pýrít sést fyrst í 470 m og er síðan í hverju sýni eftir það.

Smektít er nánast eina leirsteindin niður á 416 m dýpi, en í 470 m er klórít ráðandi leirsteind og er það síðan niður í botn holunnar. En smektít er einnig með í sumum sýnum einkum fyrir ofan 700 m dýpi. Blandlag og illít finnst í tveimur sýnum.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0188 T

Mosfellsbær hola MG-32



Skýringar við jarðlagasnið

- | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Fersklegt fín-meðalkorna basalt | | Basaltrík breksía |
| | Ummyndað fín-meðalkorna basalt | | Túf |
| | Ummyndað meðal-grófkorna basalt | | Svarf vantar |
| | Dólarít innskot | | Gangur |
| ← : Lítil vatnsæð | | ←← : Stór vatnsæð | |
| ←← : Meðal vatnsæð | | | |
| + Þunnneiðagreining | | x Rántengreining | |
| * Bæði þunnneiða og rántengreining | | { } Spor/óvist | |
| 4 Fjórir lítrar á sekundu | | | |

Mynd V-6. MG-32. Ummyndunarsnið.

8. MG-36

8.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-7)

Kalsít og kvars eru aðal holufyllingarsteindirnar eins og í öðrum holum. Kalsít finnst í öllum þunnisneiðum nema á 1736 m dýpi. Mikið er um kalsítummyndun. Efsta kalsít ummyndunarbeltið er frá 332-388 m dýpi, þar er kalsítummyndun í þremur sneiðum og mjög mikið í tveimur neðstu sneiðunum og þar hefur stór hluti bergsins orðið fyrir kalsítummyndun. Í miðsneiðinni (364 m) fylgdi mjög mikið magn af pýríti kalsítummynduninni. Allar þessar sneiðar eru í sama móbergslagi, því er kalsítummyndunin bundin við þetta lag. Frá 600-1512 m finnst kalsítummyndunin í flestum sneiðum (öllum nema í 828, 994 og 1236 m) og oft finnst hún í mjög miklu magni. Í 1780 m er nokkur kalsítummyndun í dóleríti og ein útfelling af pýríti með kalsítummyndun (mynd 23-60).

Ópall finnst í tveimur sýnum, efsta sýninu í 42 m í talsverðu magni og á 204 m dýpi þar sem ópall er að hluta farinn yfir í kalsedón. Kalsedón finnst í mörgum sýnum, mest efst í holunni en finnst sem dreif niður undir botn.

Kvars finnst fyrst á 244 m dýpi og finnst í öllum sýnum eftir það en í mjög misjöfnu magni. Á sumum stöðum þar sem er kalsítummyndun er einnig mikið af kvasi.

Gýrólít finnst í þremur sýnum, á 80 m, 244 og 600 m dýpi. Þetta er lághitasteind sem einkum finnst þar sem sjór hefur farið yfir.

Analsím finnst í tveimur sýnum, á 1086 og 1236 m dýpi, og wairakít finnst í einu sýni.

Skólesít/mesólít finnst í nokkrum sýnum efst í holunni og er neðsta sýnið á 332 m dýpi. Stilbít er lang útbreiddasti zeólítinn og finnst fyrst sem spor á 80 m dýpi, en í 332 m finnst stilbítið í verulegu magni. Þar fyrir neðan er stilbít í nánast hverju sýni niður á 700 m dýpi og oft í talsvert miklu magni. Þar fyrir neðan finnst stilbít öðru hverju og stundum í miklu magni niður á 1736 m dýpi.

Laumontít finnst fyrst á 332 m dýpi, síðan öðru hvoru niður á 944 m dýpi en hvergi í miklu magni fyrir neðan 944 m dýpi, í tveimur sýnum í 1570 m röntgengreining og í 1736 m spor.

Prenít finnst fyrst í 544 m og er það aðal holufyllingarsteindin á þessu dýpi en það er lítið af holufyllingum í þessu sýni. Prenít finnst svo aftur í 944 m og er nær samfellt niður í 1102 m og oft í miklu magni. Ekkert prenit finnst á milli 1137 og 1512 m en fyrir neðan 1512 m er prenitíð samfellt niður í botn á holunni.

Epidót finnst fyrst á 544 m dýpi eins og prenitíð, og finnst svo aftur á 1026 m dýpi. Eftir það finnst það alltaf öðru hvoru, en frá 1570 m er epidót í hverju sýni. Epidótið finnst oft í miklu magni og þar sést að epidótið er að ummynda allt bergið, en epidót finnst einnig í miklu magni sem holufyllingarsteind, einkum í efri hluta holunnar.

Fe-oxíð finnst í flestum sneiðum í holunni og fyrir ofan 600 m er það oft í miklu magni sem oxun af takkylíti, en þar fyrir neðan er það í miklu minna magni, mest sem stöku klessur, oxun af pýríti og magnetíti. Það sést talsvert mikið af hálföxuðum magnetítörnum.

Pýrít finnst í flestum sýnum frá 80 m dýpi og oft í mjög miklu magni, t.d. saman með kalsítummynduninni.

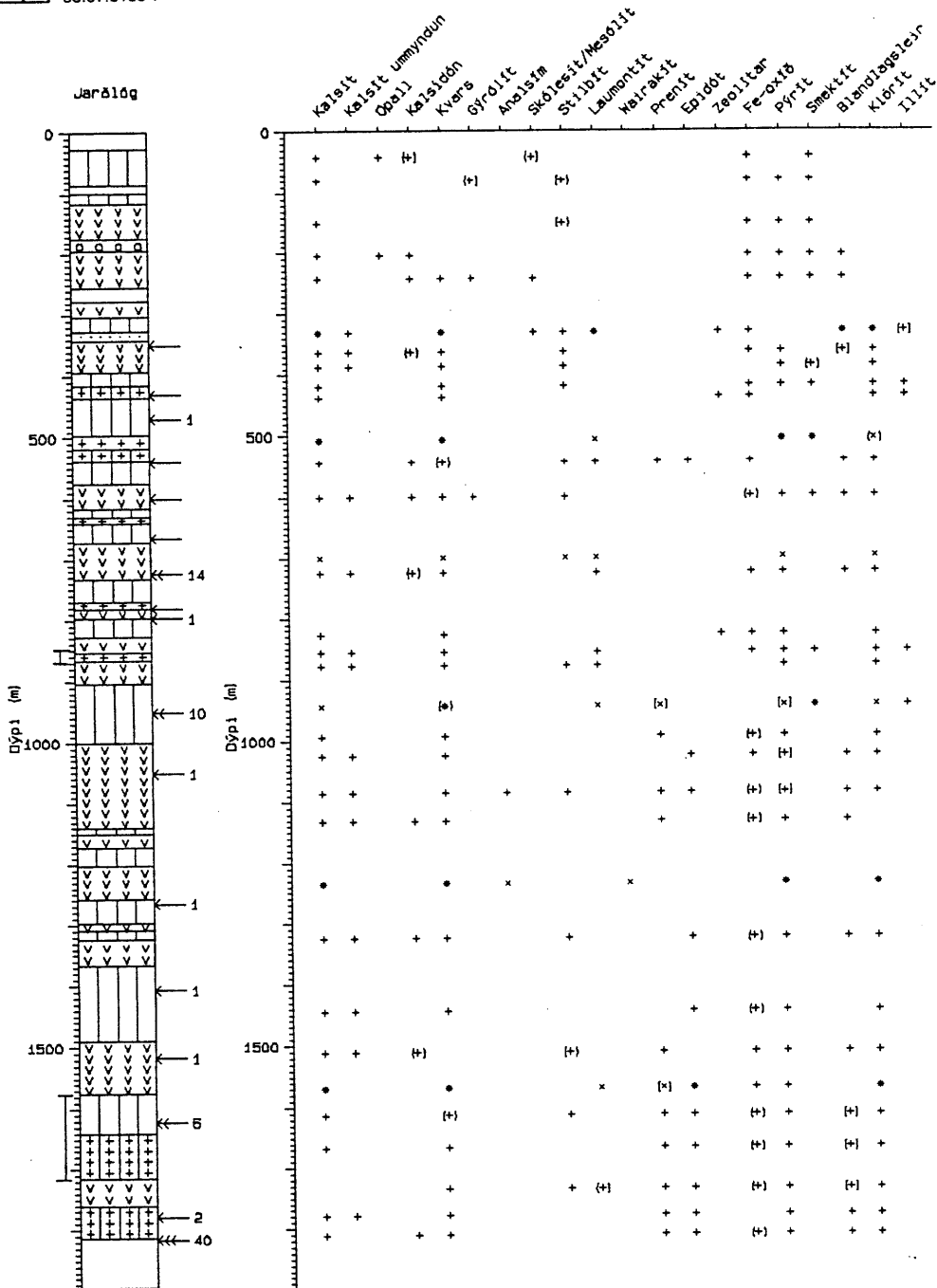
Smektít er eina leirsteindin í þremur efstu þunnssneiðunum (niður í 150 m) en er einnig í flestum sýnum niður á 600 m dýpi, en þar fyrir neðan finnst smektít aðeins í tveimur sýnum. Blandlagsleirsteind finnst fyrst á 204 m dýpi, síðan finnst það öðru hvoru niður í botn holunnar. Blandlagssteindirnar eru yfirleitt í litlu magni nema í 1026 m er blandlagið aðal leirsteindin. Klórítið finnst frá 332 m dýpi og er aðal leirsteindin í holunni eftir það. Illít finnst á stöku stað.

Ummynduninni má skipta í eftirfarandi belti: 0-330 m, lághitabelti með ópal/kalsedón, skólesít/mesólít og smektít sem ummyndunar- og holufyllingasteindir. 370-700 m, stílbít/laumontít belti, 700-944 m, laumontít/stílbít belti. 944-1812 m, háhitaummyndun, prenit/epidót belti, þar sem háhitaummyndun hefur aðeins verið brotin upp á stöku stað með stílbíti og kalsedóni. Einnig eru háhitasteindir prenit og epidót í mun meira magni en í öðrum holum.



JHD JFR 2602 JT
95.07.0189 T

Mosfellsbær hola MG-36



Skýringar við jarðlagasnið



Ummyndað fin-meðalkorna basalt



Túff



Grófkornátt set



Ummyndað meðal-grófkorna basalt



Fínkornátt set



Svarf vantar



Óðlerít innskot



Gangur

← : Lítil vatnsæð

←← : Meðal vatnsæð

←←← : Stór vatnsæð

+ Þunnarneiðagreining

x Röntngreining

[] Spor

* Bæði þunnarneiða og röntngreining

3 Þrín lítrar á sekundu

Mynd V-7. MG-36. Ummyndunarsnið.

9. MG-34

9.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-8)

Kalsít og kvars eru aðal holufyllingarsteindirnar eins og í öðrum holum. Kalsedón er í tveimur efstu sýnunum, en kvars kemur í 187 m. Kalsedón finnst á nokkrum öðrum stöðum í holunni, neðst í 1342 m.

Talsvert mikil kalsítummyndun er í holunni og oft er kalsítummyndun í nokkrum samliggjandi sýnum, sem þýðir að kalsítummyndun er í beltum sem geta náð allt að 100 m þykkt. Svona belti er í kringum 400 m, 600 m og milli 1100 og 1200 m dýpis.

Stilbít og laumontít finnst fyrst á 220 m dýpi og eru aðal zeólítarnir í holunni eins og í öðrum holum. Hins vegar er mun minna af zeólítum en í flestum öðrum holum og finnst í færri sýnum.

Laumontít finnst í fleiri sýnum en stilbít og í meira magni. Lághituummynduninni má skipta í tvennt: 0-220 m dýpi, smektít/kalsedón ummyndunarbelti, 220-1342 m, laumontít/stilbít ummyndunarbelti. Auk þess er háhita ummyndunarbelti (epidót, prenit, kvars) frá 1342 m niður í botn á holunni (1909 m). Þetta háhita ummyndunarbelti er á stöku stað brotið með lághitazeólítum, stilbíti o.fl., og kalsedóni. Epistilbít finnst í fjórum sýnum og virðist að hluta til koma í stað stilbíts, skólesít/mesólít finnst í tveimur sýnum og mordenít í einu sýni. Analsím finnst í nokkrum sýnum og sums staðar er það að fara yfir í wairakít.

Prenít finnst fyrst á 592 m dýpi. Í 1148 m finnst nokkur prenitkorn, í 1420 m fannst prenit í röntgen, en það er ekki fyrr en í 1582 m að verulegt magn af prenit sést og finnst það síðan í öllum sýnum niður í botn á holunni. Epidót finnst fyrst á 1342 m dýpi og verður alveg samfelld fyrir neðan 1632 m.

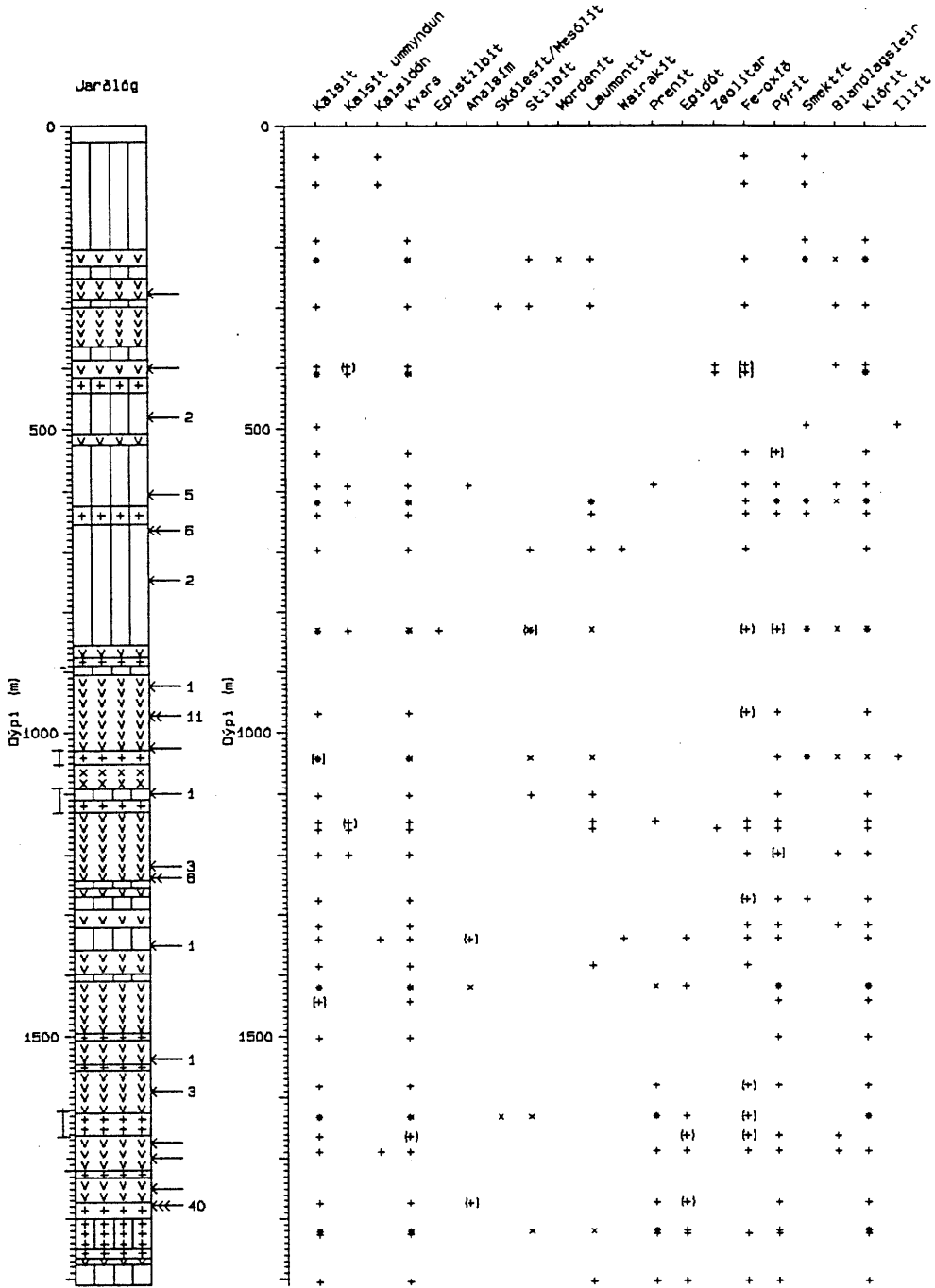
Fe-oxíð er mjög útbreitt í holunni og finnst nánast frá yfirborði og niður í botn á holunni. Fe-oxíð er tvennskonar eins og í öðrum holum, það er oxun af bergi og oxun af einstökum steindum, þ.e. magnetíti og pýrít. Oxun af bergi er fyrir ofan 700 m dýpi, en þar fyrir neðan eru þetta rauðar skellur sem eru sennilega oxun af pýrít eða magnetíti og hvorutveggja sést í þessari holu.

Pýrít finnst fyrst í 540 m (sp) og er það nokkru dýpra en í öðrum holum, en að öðru leyti dreifist pýrít eins og í öðrum holum og finnst í flestum sýnum þar fyrir neðan, stundum í miklu magni.

Klórít er ráðandi leirsteind. Auk klóríðs finnst smektít og blandlagsleir af og til, illít finnst í tveimur sýnum.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0190 T

Mosfellsbær hola MG-34



Skýringar við jarðlagasnið

- Ummyndað fin-meðalkorna basalt

Ummyndað meðal-grófkorna basalt

← : Litill vatnsæð

+ Þunnreiðagreining

* Bæði þunnreiðis og rántengreining
- Dólerít innkot

Basaltrík breksja

← : Meðal vatnsæð

x Rántengreining

3 Þeir lítrar á sekundu
- Töf

Svarf vantar

←← : Stór vatnsæð

[.] Spar/dvist

Gangur

Mynd V-8. MG-34. Ummyndunarsnið.

10. MG-29

10.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-9)

Kalsít og kvars eru aðal holufyllingarsteindirnar í þessari holu eins og í öðrum holum á svæðinu. Kalsít finnst næst yfirborði og niður í botn á holunni, en kvars er samfelld frá 380 m dýpi. Kalsedón finnst víða frá 350 m, gæti verið tengt vatnsæðum, þó er ekki fullkomin samkvæmni.

Kalsítummyndun er óvenju mikil í þessari holu og er næstum samfelld frá 350 m dýpi. Þó að kalsítummyndun sé svona útbreidd er hún mjög mismikil að magni og hefur ákveðna toppa, svo minnkar ummyndun í báðar áttir út frá toppunum. T.d. er svona toppur á 506 m og annar á 1314 m dýpi.

Zeólítabeltin eru óvenju regluleg í þessari holu. Skólesít/mesólít finnst frá efsta sýninu á 26 m dýpi og niður í 404 m. 0-404 m er skólesít/mesólít belti. Auk skólesíts/mesólít finnast heulandít og stilbít í einu sýni í þessu zeólítabelti. Stilbít finnst frá 350 m dýpi en laumontít frá 404 m dýpi. Stilbít er mun útbreiddara og finnst í meira magni en laumontít. 404-1354 m (botn) stilbít/laumontít belti. Analsím finnst í tveimur sýnum.

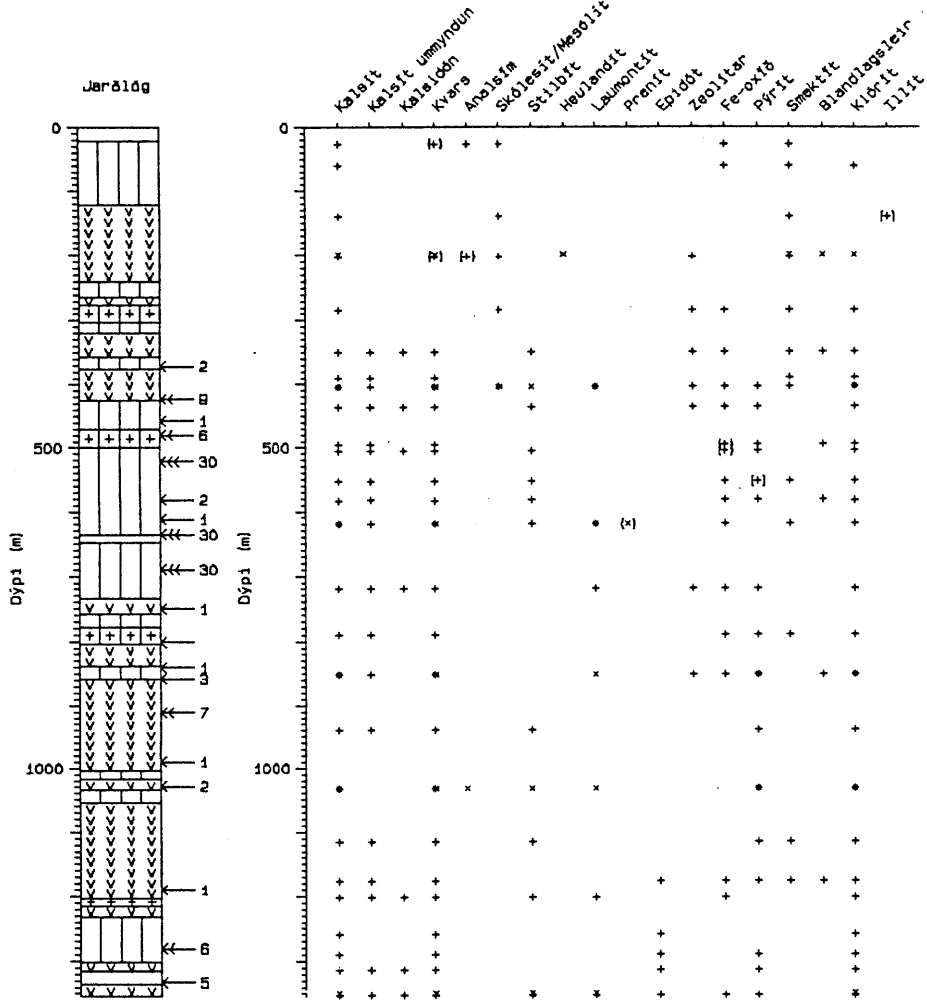
Prenít finnst aðeins á einum stað í holunni, það er á 620 m dýpi og aðeins sem spor. Epidót finnst frá 1176 m og finnst þaðan í flestum sneiðum niður í botn á holunni (1340 m).

Fe-oxíð finnst í tveimur efstu sneiðunum (26 og 60 m) og síðan ekki fyrr en á 390 m dýpi og svo í öllum sýnum niður í 852 m í mismiklu magni. Fyrir neðan 852 m er það í stöku sýni oftast í litlu magni. Þýrít er frá 404 m dýpi oft í miklu magni.

Klórít er aðal leirsteindin og er ráðandi leir fyrir neðan 284 m dýpi, þar fyrir ofan er smektít. Nokkuð er einnig af smektít fyrir neðan 284 m saman með klórítinu. Dreif af blandlagsleir finnst einnig með klórítinu. Aðeins spor af illíti finnst á 140 m dýpi.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0191 T

Mosfellsbær hola MG-29



Skýringar við jarðlagasnið



Ummyndað fin-meðalkorna basalt



Túff



Ummyndað meðal-grófkorna basalt



Svarf vantar



Ódlerít innkot

← : Lítil vatnsæð

←← : Stór vatnsæð

←← : Meðal vatnsæð

+ Þunnsneiðagreining

x Röntgengreining

* Bæði þunnsneiða og röntgengreining

{ } Spor

2 Tveir lítrar á sekundu

11. MG-38

11.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-10)

Kalsít og kvars eru lang algengustu holufyllingar eins og í öðrum holum og finnast frá efsta sýni og niður í botn á holunni. Kalsedón finnst í þremur sýnum fyrir ofan 150 m og í tveimur þeirra í talsverðu magni. Þar fyrir neðan finnst það öðru hvoru og aldrei í miklu magni, neðst sést það á 1426 m dýpi. Kalsedónið er að myndast við núverandi hita á svæðinu.

Kalsítummyndun er talsvert útbreidd í þessari holu eins og í Mg-29, en magnið af kalsítummynduninni er talsvert minna. Efsta kalsítummyndun er á 194 til 210 m dýpi og frá 550-924 m er kalsítummyndun í hverju sýni en í mismiklum mæli. Þetta gætu verið fleiri kalsítrásir. Kalsítummyndun byrjar svo aftur í 1128 m og er í flestum sýnum niður í 1722 m. Þó að kalsítummyndun sé samfelld á þessu dýptarbili gæti þetta verið fleiri kalsítrásir.

Stilbít og laumontít eru nánast einu zeólítarnir í þessari holu nema skólesít/mesólít finnst í einu sýni. Þó að útbreiðsla þessara zeólíta sé svipuð, þá er laumontít heldur útbreiddara og meira af því. Lágghita ummyndunarbeltinu má skipta í eftirfarandi belti: 0-256 m dýpi, kalsedón ummyndunarbelti, 255-1606 m dýpi, laumontít/stilbít ummyndunarbelti og 1600-1766 m dýpi (botn) eingöngu háhituummyndun.

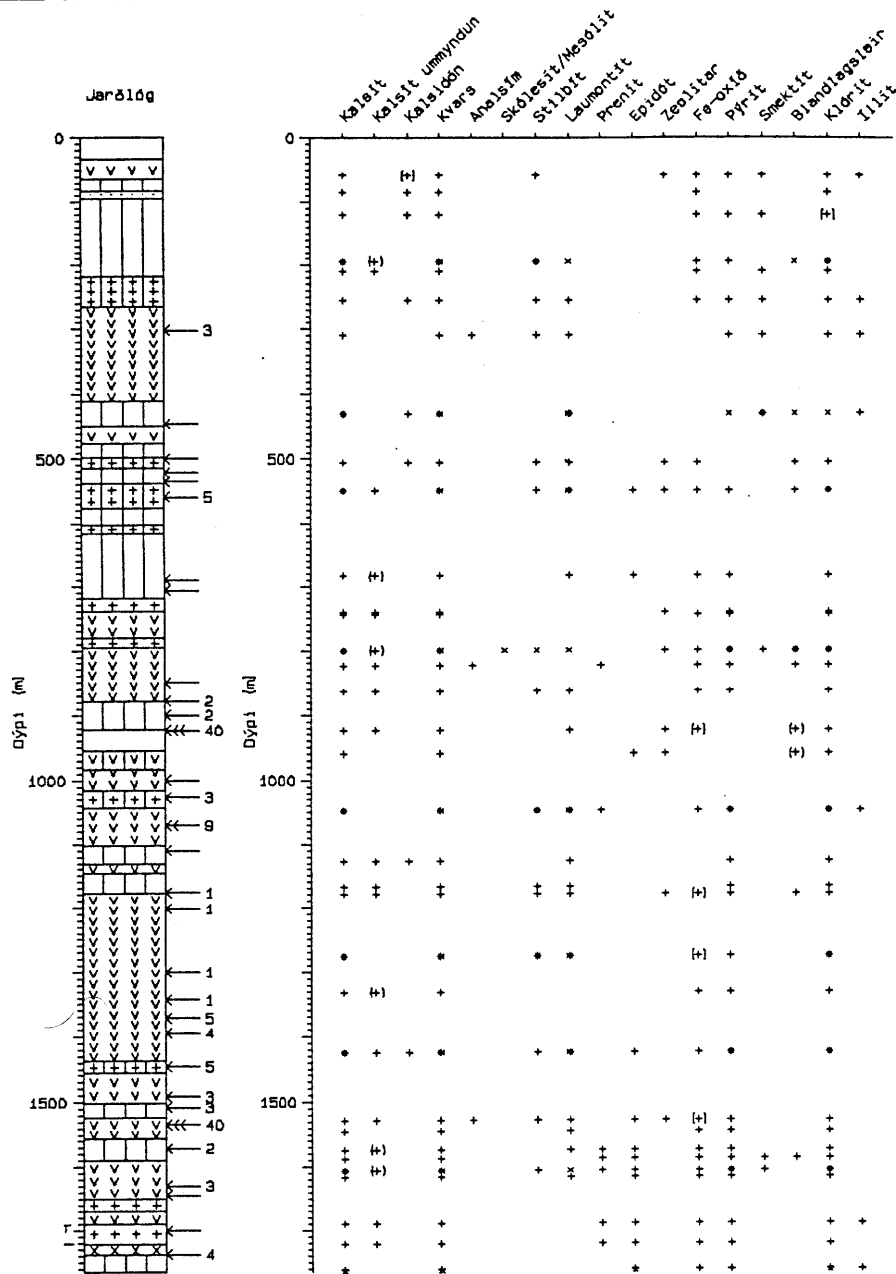
Prenít finnst fyrst á 824 m dýpi og svo finnst það í 1048 m, en frá 1574 m er það í flestum sýnum. Epidót finnst fyrst á milli 550 og 684 m og er í talsverðu magni og epidótið er vel kristallað. Einnig sést epidót á 960 m dýpi. Frá 1426 m dýpi er epidótið samfelld.

Fe-oxíð er frá efstu sýnum og niður í botn á holunni, þó ekki í öllum sýnum. Mest er af járnoxíði þar sem mikið hefur verið af takkylíti. Í meginparti sýnanna er járnoxíð, rauðleitar klessur sem eru sennilega spor eftir pýrít og magnetít enda er mikið um hálfboxað pýrít og magnetít í þessari holu.

Klórít er aðal leirsteindin og finnst frá efstu sýnum niður í botn á holunni. Smektít finnst víða, mest efst í holunni en dreif af því finnst neðar. Blandlag finnst í nokkrum sýnum, engin sérstök dýptardreifing er á því. Illít finnst í 5 sýnum.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0192 T

Mosfellsbær hola MG-38



Skýringar við jarðlagasnið

- | | | |
|---------------------------------|-------------------|----------------|
| Ummyndað fín-meðalkorna basalt | Basaltrik breksia | Finkornótt set |
| Ummyndað meðal-grófkorna basalt | Túff | Svarf vantar |
| Ódolerít innskot | | |
-
- | | | |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| ← : Lítil vatnsæð | ←← : Meðal vatnsæð | ←←← : Stór vatnsæð |
| + Þunnsméiðagreining | x Röntngreining | { } Spor |
| + Þæði þunnsméiða og röntngreining | 2 Tvær lítrar á sekundu | |

12. MG-33

12.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-11)

Kalsít og kvars eru lang algengustu holufyllingarsteindirnar eins og í öðrum holum á svæðinu. Kalsít finnst í öllum sýnum nema þremur, það er á 80 m dýpi þar sem lítið er af holufyllingum og aðeins kvars sést. Einnig er ekkert kalsít í epidót-prenít beltinu, það er í 1686 og 1786 m. Kvars finnst frá 80 m dýpi og í öllum sýnum eftir það. Kalsítummyndun er talsvert útbreidd en sjaldnast í mjög miklu magni. Kalsítummyndun byrjar í 146 m og sést í örfáum brotkornum. Einnig er kalsítummyndun í næsta sýni í 228 m í nokkru meira magni. Frá 500 til 900 m dýpi er kalsítummyndun í hverju sýni. Ekki er hægt að sjá neinn ákveðinn topp í ummyndun á þessu bili. Fyrir neðan 900 m er kalsítummyndun ósamfelld, oft þó í tveimur samliggjandi sýnum, en neðsta kalsítummyndun er á 1538 m dýpi.

Kalsedón finnst fyrst á 146 m dýpi og í mörgum sýnum þar fyrir neðan og oft í talsverðu magni fyrir ofan 500 m dýpi, en þar fyrir neðan finnst það í örfáum brotkornum.

Stilbít og laumontít eru aðal zeólítarnir í þessari holu eins og í öðrum holum á svæðinu. Í þessari holu er hægt að tala um sérstakt stilbít- og laumontítbelti þó að þetta sé alveg regluleg skipting. Stilbít nær frá 146 m niður á 1096 m dýpi. Fyrir neðan þetta dýpi finnst stilbít aðeins í tveimur sýnum. Laumontít finnst fyrst á 338 m og aftur kringum 420 m. Síðan finnst ekkert laumontít fyrr en á 814 m dýpi og nær það samfelld niður í botn á holunni. Stilbít- og laumontítbeltin skarast á milli 814 og 1096 m dýpis. Skipta má lághita ummynduninni í eftirfarandi ummyndunarbelti: 0-338 m dýpi. Skólesít/mesólít, kalsedón og stilbít ummyndunarbelti. 338-814 m dýpi. Stilbít (laumontít) ummyndunarbelti. 814-1096 m dýpi. Laumontít/stilbít ummyndunarbelti. 1096-1825 m dýpi (botn). Laumontít ummyndunarbelti.

Aðrir zeólítar finnast í fáum sýnum og oftast í litlum mæli og zeólítarnir eru skólesít/mesólít, heulandít, mordenít og wairakít. Analsím finnst í nokkrum sýnum.

Áður hefur verið minnst á að stilbít sé fallið út við núverandi aðstæður á svæðinu og því gæti stilbít tengst vatnsæðum. Ef lítið er á dreifingu vatnsæða og stilbít sést að meirihluti vatnsæða er í stilbítbeltinu, hins vegar er einnig ein stór vatnsæð fyrir neðan stilbítbeltið, því er varla hægt að segja að nein veruleg samsvörun sé á milli stilbíts og vatnsæða. Ef lítið er á kalsítummyndunina og vatnsæðar sést að meginhluti vatnsæða er tengdur kalsítummynduninni og þar með stærstu vatnsæðarnar. Sennilega þýðir þetta að stærstu vatnsæðarnar séu meira tengdar sprungum en minni vatnsæðar.

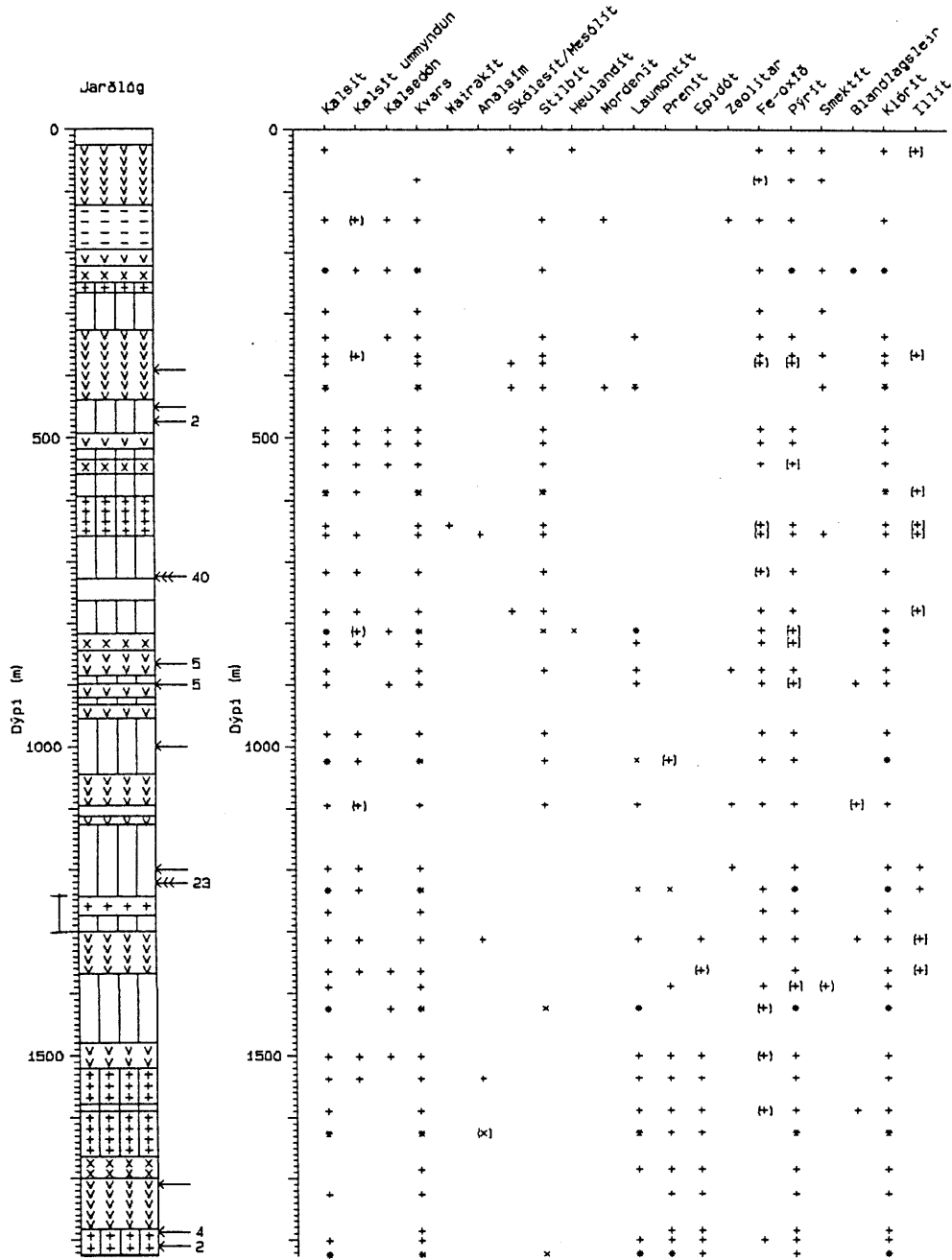
Prenít og epidót mynda regluleg beltí. Prenít sést fyrst á 1024 m dýpi og aðeins sem spor, finnst svo í röntgen í 1234 m og þunnseið í 1390 m, en er samfelld frá 1500 m. Epidót finnst fyrst á 1314 m dýpi og epidót finnst einnig í næsta sýni, en það finnst ekki í tveimur næstu sýnum þar fyrir neðan, en í þessum sýnum er mjög lítið af holufyllingum, er því hægt að segja að epidót beltíð byrji í 1314 m, en þó er epidótíð meira samfelld frá 1502 m eins og prenítíð. Í þessari holu sést að epidótíð hefur ummyndað bergið sjálft, en í flestum hinum holunum virðast fyrst og fremst vera holufyllingar.

Járnoxíð og pýrít finnast frá efsta sýni niður í botn á holunni. Pýrít er nær alveg samfelld en er þó í mjög mismiklu magni allt frá einu til tveimur kornum upp í fleiri tugi. Fe-oxíð er ekki eins samfelld og pýrítíð og frá 1400 m finnst lítið af járnnoxíði og þá mest sem ummyndun af pýrítí og magnetítí.

Klórít er aðal leirsteindin og í röntgen var klórít eina leirsteindin nema í 228 m virtist blandlag vera aðal leirsteindin en klórít númer tvö. Í þunnsneiðum var smektít greint í sex sýnum fyrir ofan 500 m dýpi, en þar fyrir neðan í tveim sýnum. Blandlag var greint í fimm sýnum og illít í 10 sýnum lang oftast sem spor.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0193 T

Mosfellsbær hola MG-33



Skýringar við jarðlagasnið

- | | | | | | |
|--|---------------------------------|--|-------------------|--|--------------|
| | Ummyndað fín-meðalkorna basalt | | Basaltísk breksia | | Svarf vantar |
| | Ummyndað meðal-grófkorna basalt | | Túff | | Túffríkt set |
| | Dólerít innskot | | | | Gangur |
- ← : Lítil vatnsæð ←← : Stór vatnsæð
- + Þunnsneiðagreining x Röntgenreining () Spar
- * Bæði þunnsneiða og röntgenreining 2 Tveir lítrar á sekundu

Mynd V-11. MG-33. Ummyndunarsnið.

13. MG-35

13.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-12)

Kalsít og kvars eru aðal holufyllingasteindirnar eins og í öðrum holum á svæðinu. Bæði kalsít og kvars finnast nánast í hverju sýni. Kalsít finnst frá 56 m en kvars frá 84 m dýpi.

Ópall finnst í tveimur sýnum í þessari holu ásamt talsverðu magni af kalsedóni. Þetta er á 84 og 340 m dýpi. Fyrir neðan 340 m sést kalsedón aðeins í tveimur sýnum í litlu magni.

Kalsít ummyndun í þessari holu er mun minni en í MG-33, bæði hvað varðar útbreiðslu og magn. Kalsít ummyndun er í stöku rásum niður á 1130 m dýpi. Frá 1130 til 1534 m er kalsít-ummyndun í hverju sýni, þó hvergi í miklu magni. Frá 1668 m og niður í botn í holunni er kalsítummyndun í fimm sýnum en í litlu magni.

Stilbít og laumontít eru aðal zeólítarnir. Þeir mynda í þessari holu aðskilin zeólítabelti. Stilbítbeltið er frá 84 m niður á 730 m dýpi. Einnig finnst stilbít í tveimur sýnum í röntgengreiningu á 1800-1900 m dýpi. Stilbítbeltið er alveg samfelld, sem er vegna þess að í þessari holu finnst votta fyrir skólesít/mesólíti frá efsta sýni niður á 660 m dýpi. Mesólít og stilbít skiptast á að vera aðal zeólítinn, gæti verið að skólesít/mesólít sé að myndast á kostnað stilbíts eða öfugt, að stilbít sé að myndast á kostnað skólesít/mesólíts. Laumontít finnst fyrst í 660 m og nær niður í botn á holunni. Laumontítið er ekki alveg samfelld og munar þar mest um að ekkert laumontít finnst í setinu á milli 1000 og 1200 m dýpis. Líklega hefur setið verið mjög þétt og lítið af holufyllingarsteindum myndast í því og það eru einnig fleiri holufyllingarsteindir sem finnast ekki í setinu en finnast bæði fyrir ofan það og neðan. Aðrir zeólítar: mordenít finnst í einu sýni og kbasít finnst einnig efst. Þetta er einn af fáum stöðum þar sem kbasít finnst á þessu svæði og það er í jökulseti frá síðustu ísöld. Hægt er að skipta lágbita ummynduninni í eftirfarandi uppmyndunarbelti: 0-660 m dýpi, stilbít mesólít/skólesít ummyndunarbelti. 660-730 m dýpi, stilbít laumontít ummyndunarbelti. 730-1903 m dýpi (botn), laumontít ummyndunarbelti.

Analísím finnst í nokkrum sýnum. Í þessari holu finnast tvær Ca-sílikat steindir sem ekki eru zeólítar, það er gýrólít og reyerít. Þessar steindir eru skyldar og finnast oft saman. Báðar þessar steindir hafa fundist hér á landi, en gýrólít þó mun oftast. Hefur það fundist í sjávarsetum og þar sem sjávaráhrifa hefur gætt. Þessi hola er meira en 80 m yfir sjávarborði og því ekki líklegt að sjór hafi legið yfir þessu landi í lok síðustu ísaldar, en þetta gæti verið eldra, áður en yngsta jökulbergið myndaðist.

Epidót sést fyrst í 820 m og er svo að mestu samfelld niður í botn á holunni nema það er ekkert epidót í setinu (1000-1200 m). Það má því segja að epidótbeltið byrji í 820 m í þessari holu. Prenít er aftur á móti ekki nærri eins samfelld og epidótið og kemur fyrst fyrir í 852 m og finnst síðan í þremur sýnum þar fyrir neðan.

Fe-oxíð fannst frá efsta sýni niður í botn en í mjög mismiklu magni, mest er það þar sem mikið hefur verið af takkylíti eins og á 84 m dýpi. Einnig er mjög mikið Fe-oxíð í setinu (1000-1200 m). Þetta er sennilega límonít sem hefur fallið út í setinu og er að verulegu leyti bindiefni í því. Þýrít finnst frá 340 m og er meira og minna samfelld nema það finnst ekki í setinu (1000-1200 m) eins og svo margar holufyllingarsteindir. Magnið af þýríti er mjög misjafnt frá einu sýni til annars eins og í öðrum holum.

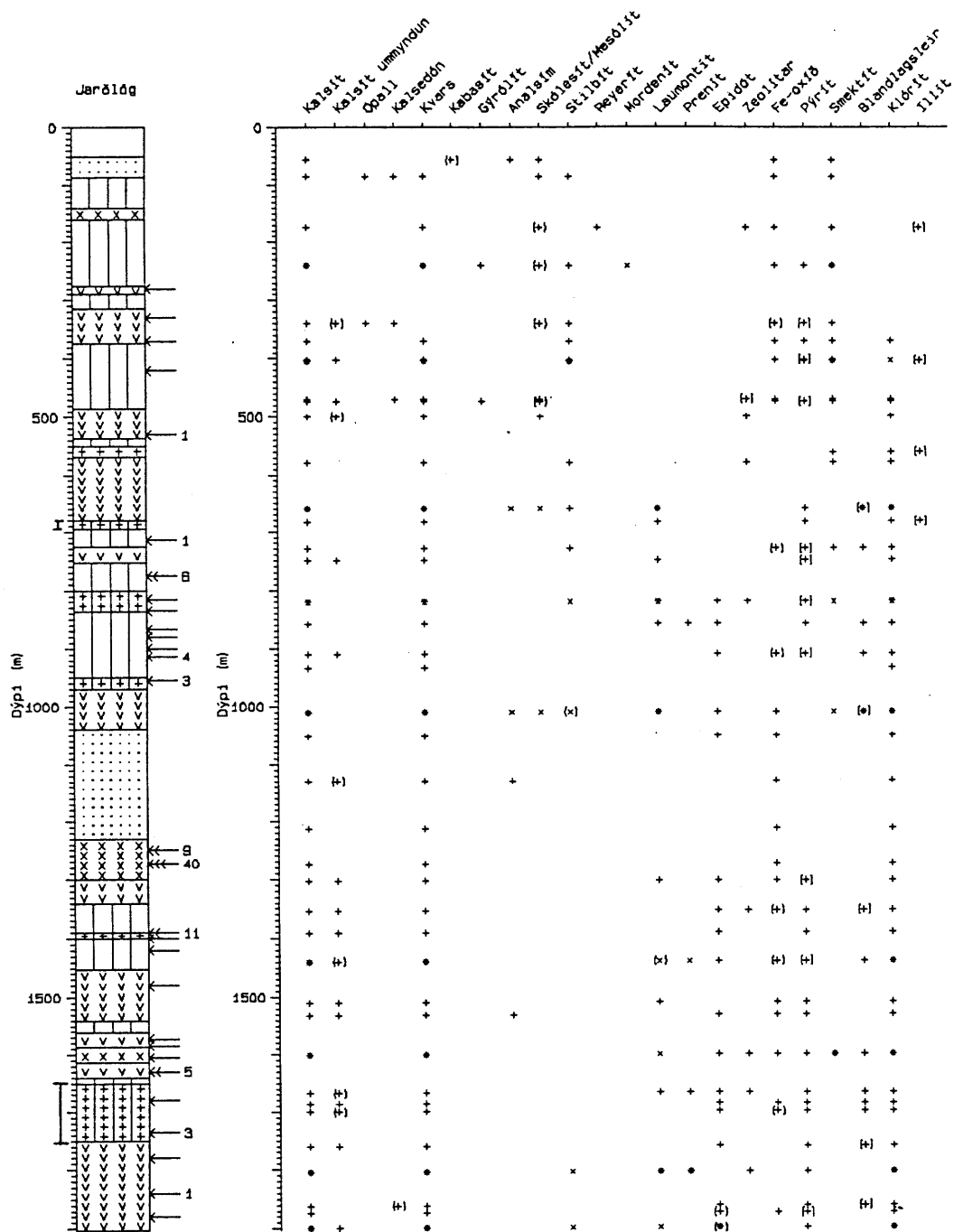
Klórítið er aðal leirsteindin í þessari holu eins og í flestum öðrum holum á svæðinu, hins vegar

er ekkert klórít fyrir ofan 400 m dýpi. Þar fyrir ofan er smektít nær eina leirsteindin. Það eru því bæði smektít- og klórítbelti í þessari holu. Töluvert af smektíti finnst í klórítbeltunum einkum ofantil. Blandlagsleir er algengur frá 660 m og niður í botn á holunni. Illít finnst sem spor í fjórum sýnum sem öll eru fyrir ofan 700 m dýpi.

Það má því segja að bergið í þessari holu fyrir ofan 400 m hafi ekki orðið fyrir neinni háhitaummyndun, því ummyndunarsteindir og holufyllingarsteindir eins og t.d. ópall sýni lágan hita. Einnig eru gýrólit og reyerít lághitasteindir. Eina steindin sem gæti gefið til kynna að í berginu hafi verið hærri hiti en nú er kvars. Hægt væri að skýra kvarsíð sem ummyndun af kalsedón og þá þyrfti hitinn ekki að vera verulega hærri en nú er.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0194 T

Mosfellsbær hola MG-35



Skýringar við jarðlagasnið

- | | | |
|------------------------------------|--------------------------|-------------------|
| Ummyndað fin-meðalkorna basalt | Basaltrík breksja | Fínkornótt set |
| Ummyndað meðal-grófkorna basalt | Túff | Svarf vantar |
| Dólerít innskot | Gangur | |
| ← : Lítil vatnsæð | ← : Meðal vatnsæð | ←← : Stór vatnsæð |
| + Þunnsneiðgreining | x Röntngreining | () Spór |
| * Þaði þunnsneiða og röntngreining | 3 Þrjár lítrar á sekundu | |

Mynd V-12. MG-35. Ummyndunarsnið.

14. MG-39

14.1 Ummyndun og ummyndunarsnið (mynd V-13)

Kalsít og kvars eru aðal holufyllingarsteindirnar í þessari holu eins og í öðrum holum á svæðinu. Kalsít finnst í efsta sýninu á 38 m dýpi og í nær öllum sýnum niður í botn á holunni. Kvars finnst fyrst í röntgenkeyrslu í 158 m, en í þunnsneið ekki fyrr en á 504 m dýpi. Kvarsíð sem kemur fram í efstu röntgensýnum eru frá kalsedón því í þunnsneiðum fyrir ofan 504 m er mikið af kalsedón. Fyrir neðan 504 m dýpi er kalsedón í 6 sýnum alltaf í litlu magni og dreift kalsedón finnst í neðstu þunnsneiðinni. Gýrólít finnst í 376 m. Ópall finnst á 156 m dýpi og er að byrja að ummyndast yfir í kalsedón.

Kalsítummyndun er talsvert víða í holunni oftast í litlu magni og svípar til kalsítummyndunar í MG-35 nema hún er minni í þessari holu en í MG-35. Mesta kalsítummyndun er á milli 1400 og 1700 m dýpis líkt og í MG-35.

Laumontít er aðal zeólítinn í holunni og er laumontítbelti frá 420 m og niður í botn á holunni. Stilbít finnst frá 370 m dýpi og nokkuð samfelld niður á 1078 m dýpi. Þar fyrir neðan finnst stilbít í þremur sýnum. Skólesít/mesólít finnst í litlum mæli í þremur efstu sýnunum sem og einu sýni þar fyrir neðan. Mordenít finnst í einu sýni á 158 m dýpi. Analsím finnst í nokkrum sýnum sem eru dreifð um alla holuna. Kabasít finnst í tveimur efstu sýnunum og eru bæði þessi sýni í ísaldarseti.

Epidót sést fyrst í 780 m og þá í miklu magni, eftir það er epidót í öllum sýnum þar sem eitt-hvert verulegt magn er af holufyllingum, Má því segja að epidótbeltið byrji í 780 m og nái niður í botn á holunni. Prenít aftur á móti kemur fyrir í fjórum sýnum, því efsta í 1262 m og neðsta í 1902 m. Það er því ekkert reglulegt prenitbéli í þessari holu.

Fe-oxíð og pýrít finnast fyrst á 156 m dýpi og eru síðan í flestum sýnum, nema það er nær ekkert pýrít í setinu fyrir neðan 1000 m dýpi, hins vegar er mjög mikið Fe-oxíð í því límonít eins og í MG-35.

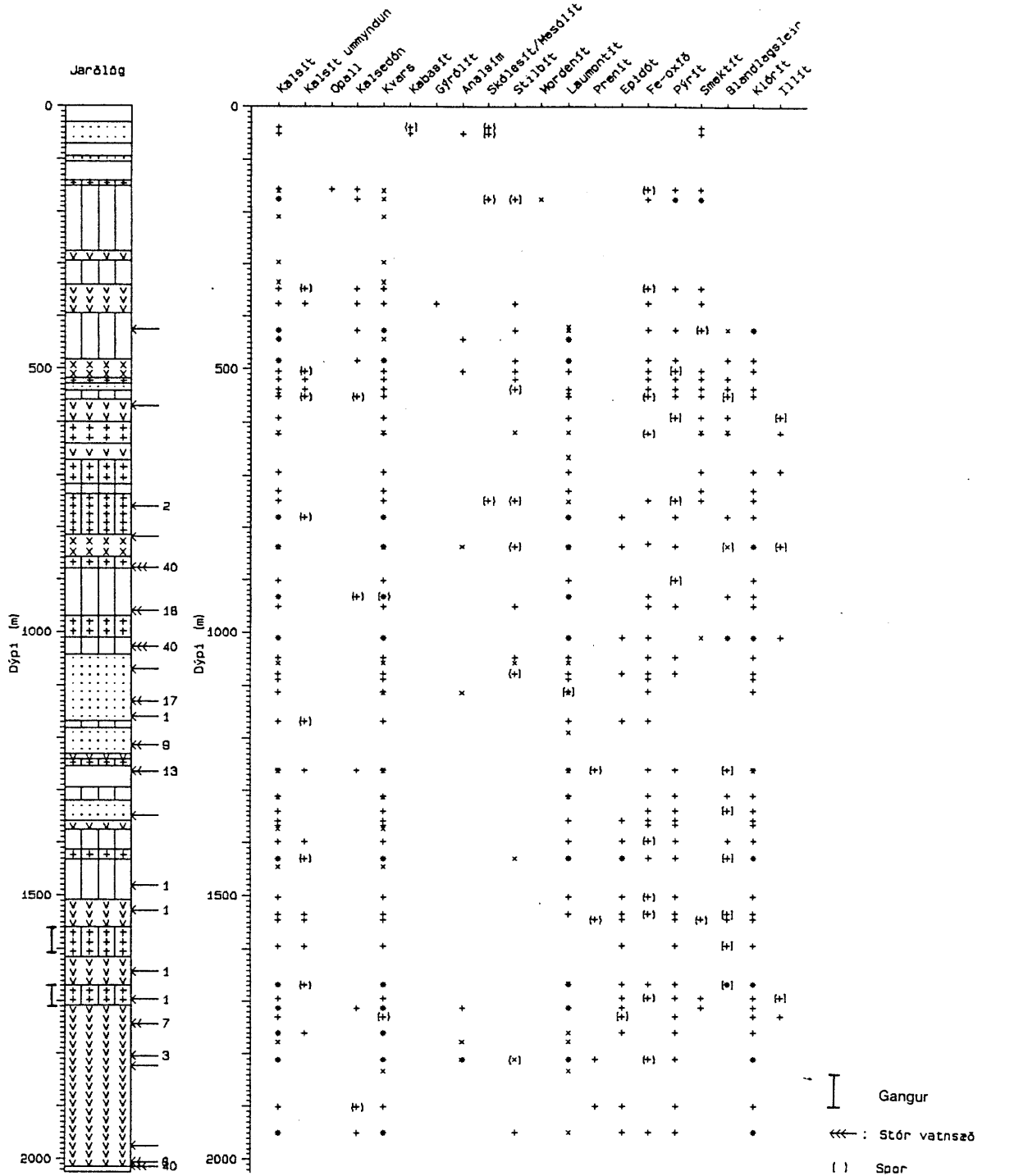
Klórít er aðal leirsteindin í þessari holu eins og í öðrum holum á svæðinu og klórítbeltið byrjar í kringum 450 m dýpi, en þar fyrir ofan er smektítbelti. Töluvert er af smektíti í klórítbeltinu, einkum þar sem eru gangar, en þar getur það verið ráðandi. Blandlag finnst í nær öllu klórítbeltinu. Illít finnst í 7 sýnum, oftast í göngum.

Lághitaummyndun er í þessari holu í efstu 500 metrunum eins og í MG-35. Á þessu dýptarbili finnast lághitasteindir eins og ópall, kalsedón, gýrólít, smektít o.fl. Aðeins pýrít finnst sem gæti bent til háhitavirkni, líka hefur H_2S gufað upp í gegnum kalt berg fyrir ofan háhitasvæðið.

Skipta má lághitaummynduninni í holunni í eftirfarandi ummyndunarbéli: 0-420 m dýpi, mesólít/skólesít og kalsedon ummyndunarbéli ásamt fleiri lághitasteindum. 420-1078 m dýpi, laumontít/stilbít ummyndunarbéli. 1078-2025 m dýpi (botn), laumontít ummyndunarbéli.

JHD JFR 2602 JT
95.07.0195 T

Mosfellsbær hola MG-39



Mynd V-13. MG-39. Ummyndunarsnið.

