

**Breytingar á bergi við ummyndun þess með
hliðsjón af breytingum á poruhluta of lekt**

Hjalti Franzson

Greinargerð HF-94-

**BREYTINGAR Á BERGI VIÐ UMMYNDUN ÞESS MEÐ HLIÐSJÓN AF
BREYTINGUM Á PORUHLUTA OF LEKT.**

INNGANGUR

Í verkefninu um Forðafræðistuðla eru litlir kjarnar boraðir úr flestum gerðum bergs og orðið hafa fyrir breytilegri ummyndun. Í feldi hefur sýnasöfnun verið gerð með hliðsjón af beltaskiptingu ummyndunar. Kjarnarnir eru mældir með tilliti poruhluta, lektar og leiðni og gildin borin saman við gerð og ástand bergsins byggða á greiningum með jarðfræðilegum aðferðum (feltlýsing, smásjárskoðun þunnisneiða, efnagreining bergs).

Í jarðfræðirannsóknnum á jarðhitasvæðum hafa ýmsir þættir sem snerta poruhluta bergs verið kannaðir og þær breytingar sem verður á berginu við aukna ummyndun og þeim breytingum sem verða á berginu með aukinni ummyndun. Hér á eftir verður lýst helztu ummyndunarþáttum til þess að gefa nokkra yfirsýn yfir þær breytingar sem verða í berginu frá því að það er ferskt þar til það er komið niður í mestu ummyndun (amffbólbelti).

HOLUFYLLINGAR

Í fersku gosbergi eru gasblöðrur (porur) áberandi, og eru ráðandi þáttur í þrímerum poruhluta bergsins. Holufyllingar minnka þennan poruhluta. Í rannsóknnum á háhitakerfum, svo sem á Nesajvöllum og Svartsengi hefur verið fylgst með hvar og hvenær porur í berginu fyllast af útfellingum. Er þær niðurstöður sýndar á mynd 1. Í ljós kemur að um leið og berg er komið niður í smektít-zeólíta beltið taka porur að fyllast af útfellingum og við efri mörk blandlagabeltisins er megnið af öllum þrímerum porum fullar af útfellingum. Í (forðafræði)feldi hefur orðið vart við að þegar komið er vel niður í epidót amffbólbeltið hafa útfellingarnar að einhverju leyti leyst upp og horfið. Hversu almennt þetta er við þessr aðstæður í háhitakerfum er sem stendur ekki ljóst, en ef til vill unnt að sanna með rannsóknnum á þeim kjörnum sem teknir hafa verið við þær aðstæður.

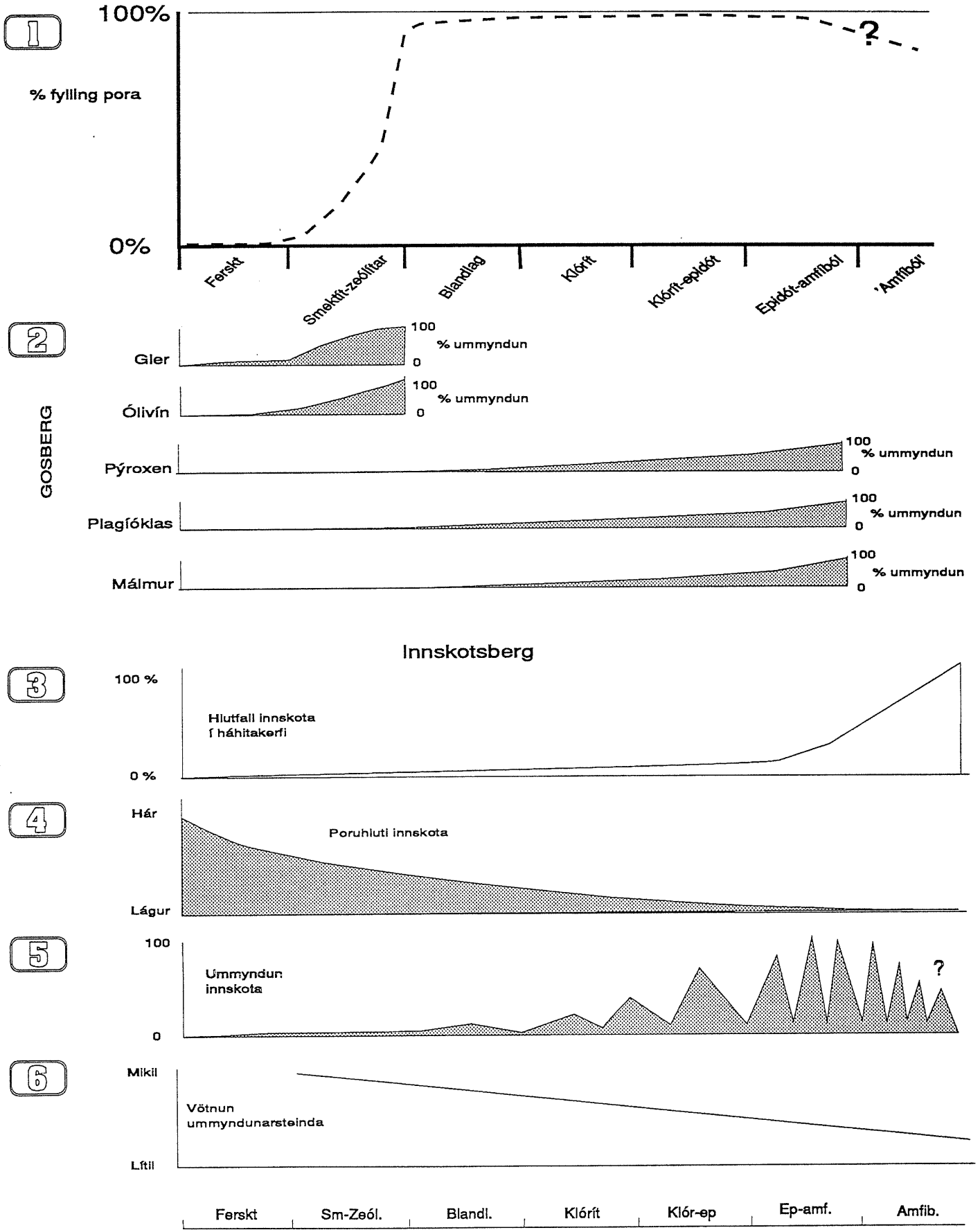
BERGUMMYNDUN Í UPPLÆDSLUBERGI

Á mynd 2 er sýnt yfirlit yfir ummyndun basíssks bergs. *Gler* og *ólivín* ummyndast fyrst og hefur allt ummyndast þegar komið er niður að efri mörkum blandlagabeltisins. *Pýroxen*, *plagióklas* og *málmur* sýna meira viðnám gegn ummyndun. Fyrstu merki ummyndunar koma ofarlega í blandlagabeltinu, en verður ekki umtalsverð fyrr en komið er vel niður í klórít-epidótbeltið. Talið er að megnið af frumsteindum upphleðslubergs hafi ummyndast þegar komið er vel niður í epidót-amffbólbeltið. Taka verður þó fram að víðast hvar sér orðið lítið í gosberg á því dýpi þar sem meginhluti berglagastaflans þar eru innskot.

INNSKOT

Innskot er kvika sem treðst inn í gosbergsstaflann og storknar undir yfirborði. Innskot eru því mun yngri en þær gosmyndanir sem þau troðast inn í. Innskot troðast almennt séð inn í jarðhitakerfið á öllum tímasteiðum þess, allt frá upphafi til loka þess.

Skema yfir breytingar í ummyndun bergs



Á mynd 3 er sýnd almenn dreifing innskota með dýpi á háhitasvæðum, þar sem byggt er á reynslu borholujarðfræðinnar. Innskot eru fátíð í efstu 600-700 m jarðlagastaflans en aukast hratt þar fyrir neðan og nálgastr 100 % þegar komið er niður fyrir 2000 m dýpi. Það þýðir að áhrif poruhluta innskota verður meir og meir ráðandi í heildarporuhlutanum er neðar kemur í jarðhitageyminn meðan áhrif gosbergsins dvína.

Á mynd 4 er sýnt á almennan hátt hvernig poruhluti innskotsbergs (gangbergs) breytist með dýpi. Eins og áður sagði eru blöðrur í berginu til orðnar við að gas skilur sig frá kvikunni. Slíkur aðskilnaður er háður kvikuþrýsting, þannig að aðskilnaður eykst við minnkandi þrýsting, þ.e. að poruhluti innskota eykst er ofar kemur í berglagastaflann. Blöðrumyndun í innskotum verður áberandi ofan ca. 1 km dýpi frá yfirborði, en hverfandi þar fyrir neðan.

Á mynd 5 er sýnt á mjög almennan hátt hvernig bergummyndun innskota er háttáð í háhitakerfi. Breytileg ummyndun þeirra stjórnast aðallega af tveimur þáttum; annars vegar af hve lengi þau hafa mallað í jarðhitakerfinu, og hins vegar af því hve þétt þau eru og því ónámari fyrir ummyndun af völdum vökvastreymis. Því neðar sem kemur í berglagastaflann og þar með nær 100% innskotahlutfalli, verður berggrunnurinn æ þéttari og ummyndun því hlutfallslega minni. Sem dæmi má nefna að berg neðst í holu 11 á Nesajvöllum er ferskt að miklum hluta, þrátt fyrir allan þann hita sem þar mælist og yfirþrýst jarðhitakerfi.

Á mynd 6 er gefið til kynna að hlutfall vatns í ummyndunarsteindunum minnkar við hækkingu ummyndunarstig. Einnig hækkar á sama máta eðlisþyngd ummyndunarsteindanna.

PUNNSNEIÐALÝSING

Á meðfylgjandi blaði getur að líta skipulag þunnsneiðalýsingar, sem ákveðið var til að geta metið á sem fljótlegastan máta þá þætti sem mögulega geta haft áhrif á poruhluta og lektareiginleika bergs. Lýsingin skiptist í tvo meginþætti; annars vegar punkttalningu, og hins vegar lýsingu.

Í talningunni (200 punktar) er tekið tillit til sex þátta:

- 1) Frumsteindir (berg). Í þennan flokk er sett allt sem telst vera ferskt.
- 2) Í þessum flokki er sá hluti bergsins sem orðið hefur fyrir ummyndun
- 3) Steindir sem sett hafa til í gasblöðrum bergsins
- 4) Steindir sem sett hafa til í sprungum í berginu
- 5) Rými sem ekki hefur verið fyllt í blöðrum.
- 6) Rými sem ekki hefur verið fyllt í sprungum. Sprungur geta verið tvenns konar; a) myndaðar á ummyndunartíma, b) myndaðar síðar, svo sem vegna frosts eða mekanískar sprungur myndaða við borun kjarna.

Á þennan máta er unnt að bera tölulega saman ýmsa þætti sem gætu átt skýlt við breytingar í poruhluta og lekt:

- a) fyrstu 2 liðirnir gefa stig bergummyndunar
- b) liðir 3+5 gefur upprunalegt poruhlutfall bergsins, og $5/(3+5)$ gefur hlutfall porufyllingar.
- c) 4+6 gefur heildar-sprungu hluta bergsins (amk. þann hluta sprungunnar sem greina má með bergfræðismásjá). Þessa þætti væri eðlilegt að bera saman við mæld poru/permeabilitet, til að reyna að gera sér betur grein fyrir hvaða þættir helzt stjórna þessum breytistærðum.

Öðrum þáttum sem lýst er eru:

- 1) *Berggerð*. Basalt → súrt. *Kristalstærð*: fínkorna-grófkorna (hér mætti einnig gefa upp stærð kristalla í þeim skala sem unnt er að nota í smásjánni og á þann hátt að fá tölulegt mat). *Dílar* er nýtsamt einkenni að minnast á: Oft bregðast dílar öðruvísi við ummyndun en kristallar í grunnmassa.

Nr. sýni

Sýnatökustaður

TALNING Í ÞUNNSNEIÐ (200 punktar)

- | | |
|----------------------------|--|
| 1) Frumsteindir | |
| 2) Ummyndaðar frumsteindir | |
| 3) Útfellingar í blöðrum | |
| 4) Útfellingar í sprungum | |
| 5) Ófylltar blöðrur | |
| 6) Ófylltar sprungur | |

ÞUNNSNEIÐALÝSING

1) Berggerð - Kristöllun - Dílar

2) Ummyndun frumsteinda:

Gler:

Ólivín:

Pýroxen:

Plagíóklas:

Málmur:

3) Listi yfir ummyndunarsteindir: (S)-spor, (N)-nokkuð, (A)-algeng, (G)-grasserandi

4) Röðun steinda í útfellingum

5) Yfirprentun (zeólítar, kalsít)

6) Önnur atriði

- 2) *Ummyndun frumsteinda*: Hér er ætlunin að geta frekar um hvaða ummyndunarsteindir verða til við ummyndun á mismunandi hlutum bergsins. Ekki er að fullu ljóst hvernig þessar upplýsingar beintengjast inn í úrvinnslu í forðafræðiverkefningu, en gætu komið inn í túlkun þegar línur taka að skýrast á seinni stigum.
- 3) Listi yfir *ummyndunarsteindir* og sjónrænt mat á *magni* þeirra:
- 4) *Röðun steinda* í útfellingum: Gefur upplýsingar um jarhitasögu sýnisins. Sýni sem tekin eru í rofnum háhitasvæðum hafa orðið fyrir lághitummyndun í kjölfar háhitaummyndunarinnar. Þar á meðal gerist það að það holrými sem ekki fylltist í háhitavirkninni fyllist af zeólítum. Þoruhlutfallið telst því ekki fullkomlega í samræmi við það ástand sem ríkti í háhitakerfinu, og það sem miðað var við þegar sýninu var safnað.
- 5) *Yfirprentun* er í raun sams konar liður og minnst var á hér að ofan, þ.e. að greina jarðhitaútfellingar sem koma á öðrum tíma en á þeim tíma sem sýnið var tekið með hliðsjón af.
- 6) *Önnur atriði* sem talið að geti komið að gagni við mat á eiginleikum bergsins.