

**Landhæðar- og þyngdarmælingar við
Svartsengi og á Reykjanesi**

Hjálmar Eysteinnsson, Gunnar Þorbergsson, Ólafur G. Flóvenz

Greinargerð HE-GP-ÓGF-91-01

Landhæðar- og þyngdarmælingar við Svartsengi og á Reykjanesi

1. Umfang mælinganna

Frá því árið 1975 hafa af og til verið gerðar landhæðar- og þyngdarmælingar á og umhverfis jarðhitasvæðin í Svartsengi, Eldvörpum og Reykjanesi. Tilgangurinn er að fylgjast með hæðarbreytingum sem verða við vinnslu úr jarðhitasvæðunum. Mælingarnar hafa verið gerðar af Orkustofnun en kostnaði deilt milli Orkustofnunar, Hitaveitu Suðurnesja og Sjóefnavinnslunnar. Mynd 1 sýnir staðsetningu mælinganna á svæðinu.

Mælingarnar hafa verið gerðar með nokkurra ára bili og hafa að hluta verið endurmælingar en að hluta mælingar á nýjum línunum. Þannig hefur mælinetið í heild verið mælt í áföngum. Oft hafa þyngdarmælingarnar ekki verið gerðar samtímis landhæðarmælingunum. Þetta er óheppilegt fyrirkomulag sem veldur erfiðleikum við að meta gögnin. Heppilegra væri að mæla allt netið sama sumarið en láta fremur líða lengri tíma milli mælinga.

2. Orsakir landhæðarbreytinga og upplýsingar sem þær veita

Við vinnsluna fellur þrýstingur í jarðhitakerfinu. Við það falla sprungur og aðrar glufur í berginu saman að hluta til. Það leiðir til þess að land sígur með tímanum. Landhæðarbreytingarnar eru í hlutfalli við þrýstifall jarðhitakerfisins og endurspegla því útbreiðslu þess. Með landhæðarmælingum fást því veigamiklar upplýsingar um þrýstifallið sem fall af fjarlægð frá vinnsluholum sem annars er einungis hægt að fá með borholum.

Landhæð getur líka breyst vegna náttúrulegra umbrota sem eiga ekkert skylt við áhrif vinnslunnar. Líklegt er að slíkar breytingar gerist fremur í stökkum á tiltölulega skömmum tíma og því er lítil hættá á að rugla slíkum breytingum saman við landsig vegna vinnslu ef mælt er nægjanlega oft. Landhæðarbreytingar vegna umbrota geta bæði komið fram sem landsig og landris. Þannig má búast við að gliðnun á sprungubeltinu leiði til landsigs, en landris gæti orðið vegna vaxandi kvikuþrýstings sem gæti verið forboði eldsumbrota.

3. Lauslegt mat á fyrirbyggjandi niðurstöðum

Á myndum 2 og 3 eru sýndar landhæðarbreytingar sem urðu milli áranna 1982 og 1987 á línunum sem liggja gegnum vinnslusvæðið í Svartsengi. Önnur línan fylgir hitaveituleiðslunni (mynd 2) en hin er nærri þvert á hana (mynd 3). Báðar þessar myndir sýna verulegt sig á þessu tímabili, mest á vinnslusvæðinu miðju, um 5 cm.

Mynd 4 sýnir svo sig punkts nr. SN-H2 sem fall af tíma. Þessi punktur er inni á vinnslusvæðinu þar sem sigið er mest. Virðist svo sem sigið sé nokkuð jafnt með tíma og nemur heildarsigið á tímabilinu 1975 til 1987 tæpum 13 cm.

Þessar niðurstöður má bera saman við mælt þrýstifall í borholum í Svartsengi. Á mynd 5 er sýnt samband landsigs og þrýstifalls á vinnslusvæðinu. Þrýstifallið er sýnt sem vatnsborðslækkun og eru gögnin úr holum 4 og 7 úr skýrslu Orkustofnunar og Vatnaskila (OS-89031/JHD-05). Landsigið er mælt í punkti SN-H2 sem er á miðju vinnslusvæðinu nærri holum 4 og 7. Myndin sýnir línulegt samband landsigs og vatnsborðslækkunar um 0.6 mm sig fyrir hvern meter sem vatnsborðið lækkar. Hún sýnir glögg að nota má landhæðarmælingar til að fá upplýsingar um þrýstifallið og útbreiðslu þess.

Á mynd 6 er loks sýnt kort af meðallandsigi á ári yfir mælisvæðið. Landsigið og þar með þrýstifallið teygir sig í stefnu skjálftarennunnar, en þéttleiki mælipunkta og fjöldi mælinga er ekki nægilegur til að skera úr um hvort þrýstifallið sé einnig eftir sprungusveimnum.

4. Framhald mælinga

Til að fylgjast með þeim breytingum á landhæð sem fylgja vinnslu og umbrotum á svæðinu og til að fylgjast með útbreiðslu þrýstifalls frá borholunum er að okkar mati heppilegast að hafa eftirfarandi fyrirkomulag á mælingunum:

1. Hæðar- og þyndarmæla allt mælinetið frá Svartsengi að Reykjanesi á 6 ára fresti. Við hæðarmælingar verða notaðar invarkvarðar og fallmælir með hliðrunarplötu. Áætluð meðalafköst eru 1.5 km/dag og meðalskekkjan er áætluð $0.6 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$.
2. Milli þess sem netið er mælt í heild sinni yrðu árlega teknir valdir kaflar úr netinu og landhæð mæld með minni nákvæmni. Þá eru notaðir trékvarðar við landmælingarnar og afköstin eru um 5 km/dag og áætluð meðalskekkja $2 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$. Einnig yrði þyngdarmælt í nokkrum völdum punktum. Tilgangurinn með þessum mælingum er að kanna hvort snöggar breytingar hafi orðið á landhæð umfram það sem ætla má út frá fyrri reynslu. Komi fram óvæntar breytingar þyrfti að meta hvort ástæða væri til að endurmæla stærri hluta netsins og þá hugsanlega með meiri nákvæmni.
3. Verði umbrot á svæðinu, t.d. jarðskjálftar, verði netið allt eða hluti þess mældur til að fylgjast með áhrifum umbrotanna á vinnslusvæðið. Á meðan á umbrotunum stendur má reyna að meta einstakar línur með trékvörðum eftir atvikum.

Nokkrar ástæður eru til þess að mæla með því að netið verði allt mælt upp sem fyrst, helst á árinu 1991. Þær eru:

1. Síðustu mælingar á svæðinu voru gerðar 1987 er hluti þess var mældur. Netið hefur aldrei verið mælt í heild sinni á sama ári þannig að erfitt kynni að vera að meta breytingar sem yrðu vegna umbrota nema á afmörkuðum hlutum þess.
2. Nokkrar líkur eru til að umbrot séu í aðsigi á þessu svæði. Í vor varð umbrotahrina við Kleifarvatn og nú í haust varð kröftug umbrotahrina á Reykjanes-hryggnum. Í þessum umbrotum hafa mót jarðskorpuflekanna sem liggja um Reykjaneskagann hreyfst beggja vegna vinnslusvæðanna í Svartsengi og Reykjanesi. Þess vegna er þess að vænta að stutt sé í plötumótin brotni einnig á þessu

svæði þótt það gætu vel liðið allnokkur ár þangað til.

- Niðurdæling á svæðinu mun væntanlega breyta þrýstimynstrinu og þar með hafa áhrif á landsigið. Því er heppilegt að eiga góðar landhæðarmælingar áður en niðurdæling hefst fyrir alvöru.

5. Kostnaður

Við eftirfarandi kostnaðaráætlun er miðað við gildandi gjaldskrá Orkustofnunar. Kostnaður við mælimann er 1621 kr/klst, vinna aðstoðarmanns kostar 1130 kr/ks, bíll er áætlaður 8600 kr/d og fæði er áætlað 3800 kr á mann á dag. Þá kostar vinna sérfræðings 1931 kr/klst.

• Landhæðarmælingar:

Mælimaður	13 klst/d, 1621 kr/klst, 60d	1.264.380 kr
2 aðst.menn	26 klst/d, 800 kr/klst, 60d	1.248.000 kr
Fæði	3 menn, 3800 kr/mann/dag, 60d	684.000 kr
Bíll	8600 kr/d, 60d	516.000 kr
Mælitæki	6200 kr/d, 60d	372.000 kr
Fastpunktamerking	13 klst/d, 1931 kr/klst, 4d	100.412 kr
Samtals		4.184.792 kr

• Þyngdarmælingar:

Mælimaður	1931 kr/ks, 14 klst/d, 20d	540.680 kr
Þyngdarmælir	9100 kr/d, 20d	182.000 kr
Bíll	8600 kr/d, 20d	172.000 kr
Fæði	3800 kr/d, 20d	76.000 kr
Samtals		970.680 kr

• Úrvinnsla:

Sérfræðingur	1931 kr/klst, 200 klst	386.200 kr
Tölvukostn.	10% á úrvinnslu	38.620 kr
Samtals		424.820 kr

HEILDARKOSTNAÐUR:

5.580.292 kr

Miðað við að Orkustofnun tæki 40% kostnaðar nemur hluti Hitaveitu Suðurnesja í verkinu 3.348 þkr. Vinna aðstoðarmanna við landhæðarmælingarnar er hentug sumarvinna fyrir 2 framhaldsskólanema. Það kæmi eflaust mun ódýrar út ef Hitaveita Suðurnesja réði til sín tvo samviskusama framhaldsskólanema og léði til verksins. Þá daga sem ekki viðraði til mælinga gætu þeir sinnt öðrum tilfallandi störfum hjá Hitaveitunni. Ennfremur kæmi það ugglaut mun betur út fyrir Hitaveituna að sjá sjálf um fæði mælingarmanna. Þessir tveir liðir eru metnir hér að ofan á 1.932 þkr.

Ef þessi háttur væri hafður á legði Hitaveita Suðurnesja til 2 aðstoðarmenn og annað-ist allt fæði og upphald við mælingarnar og greiddi að auki um 1.416 þkr. upp í annan kostnað.

6. Meðalkostnaður á ári

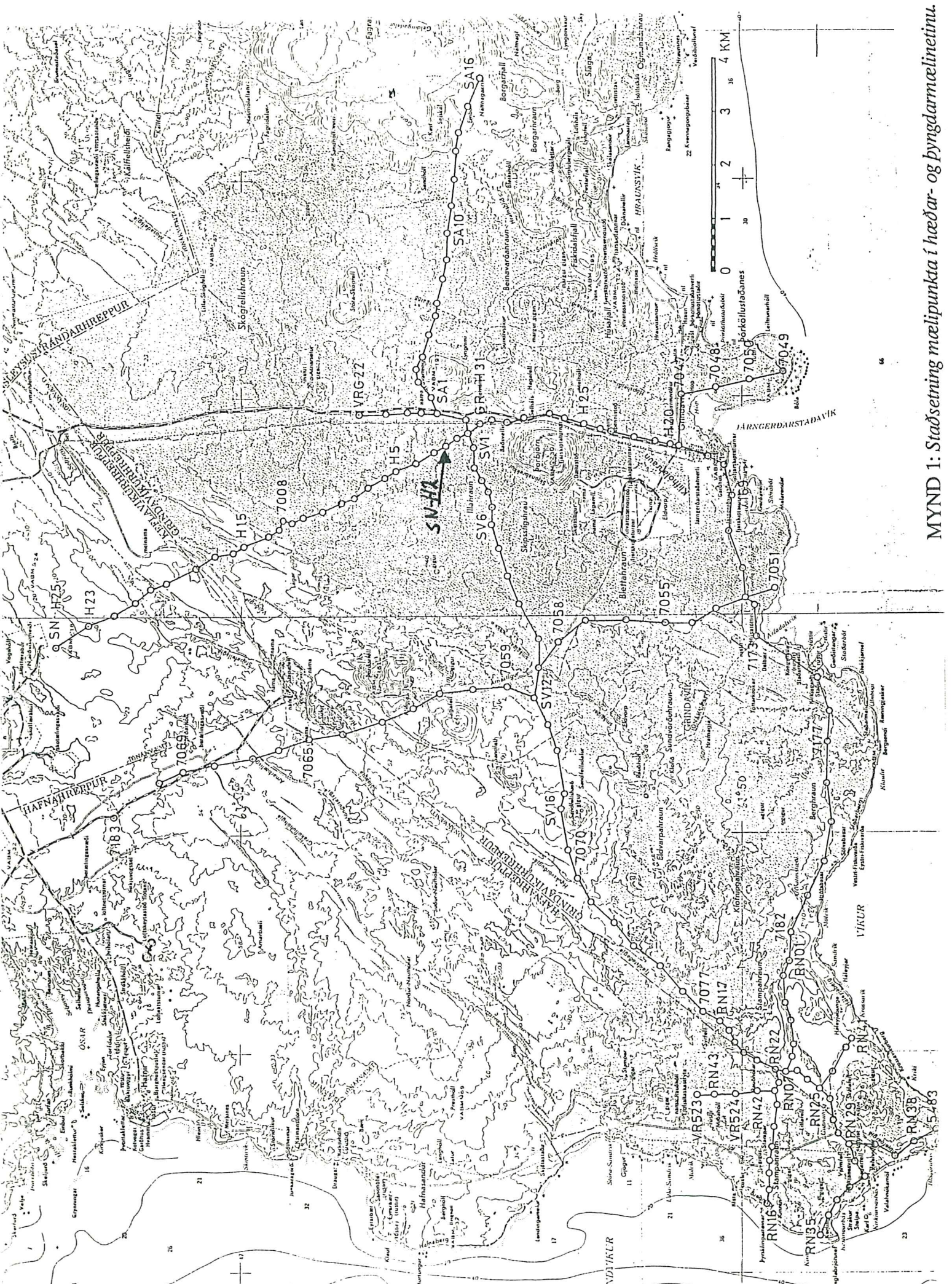
Gert er ráð fyrir að netið sé mælt í heild sinni á 6 ára fresti, en þess í milli sé árlega mældur valinn hluti þess og kostnaður metinn 15% af kostnaði við að mæla allt netið. Þá fæst að meðalkostnaður á ári við verkefnið yrði 1.628 þkr/ár. Hluti Hitaveitu Suðurnesja yrði því 976 þkr/ár og gæti hitaveitann lagt fram hluta þess kostnaðar í formi aðstoðarmanna og fæðis eins og að ofan er lýst.

Hér er þó rétt að taka fram að eftir umbrotahrinu þyrfti að mæla allt netið að nýju óháð hve langt væri síðan mælt var síðast. Þar sem vænta má slíkra umbrotahrina á einungis 20-30 ára fresti hefði slík endurmæling óverulega áhrif á árlegan meðalkostnað.

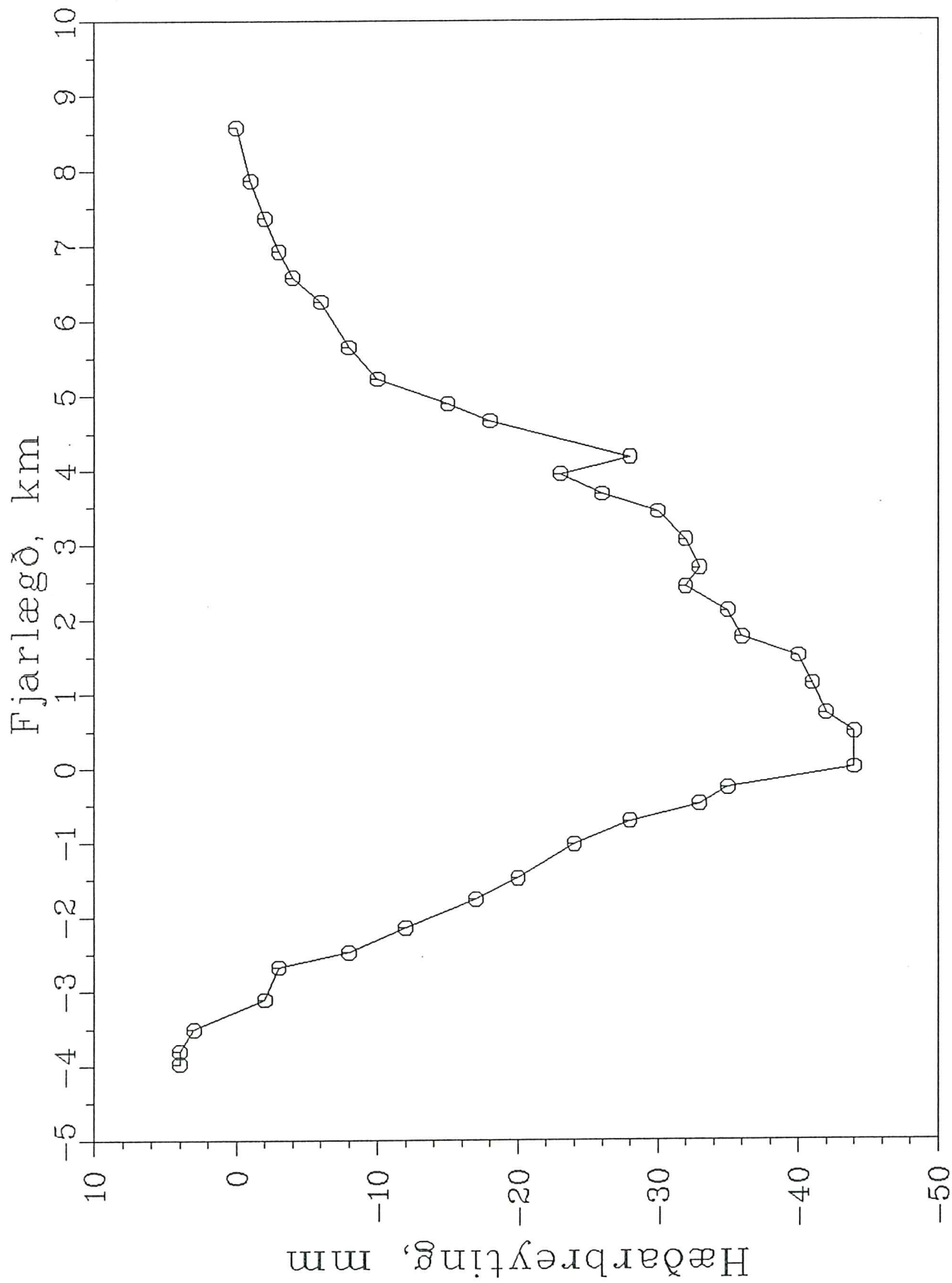
7. Niðurlag

Að lokum er rétt að draga saman hvaða tilgangi þessar mælingar þjóna fyrir Hitaveitu Suðurnesja:

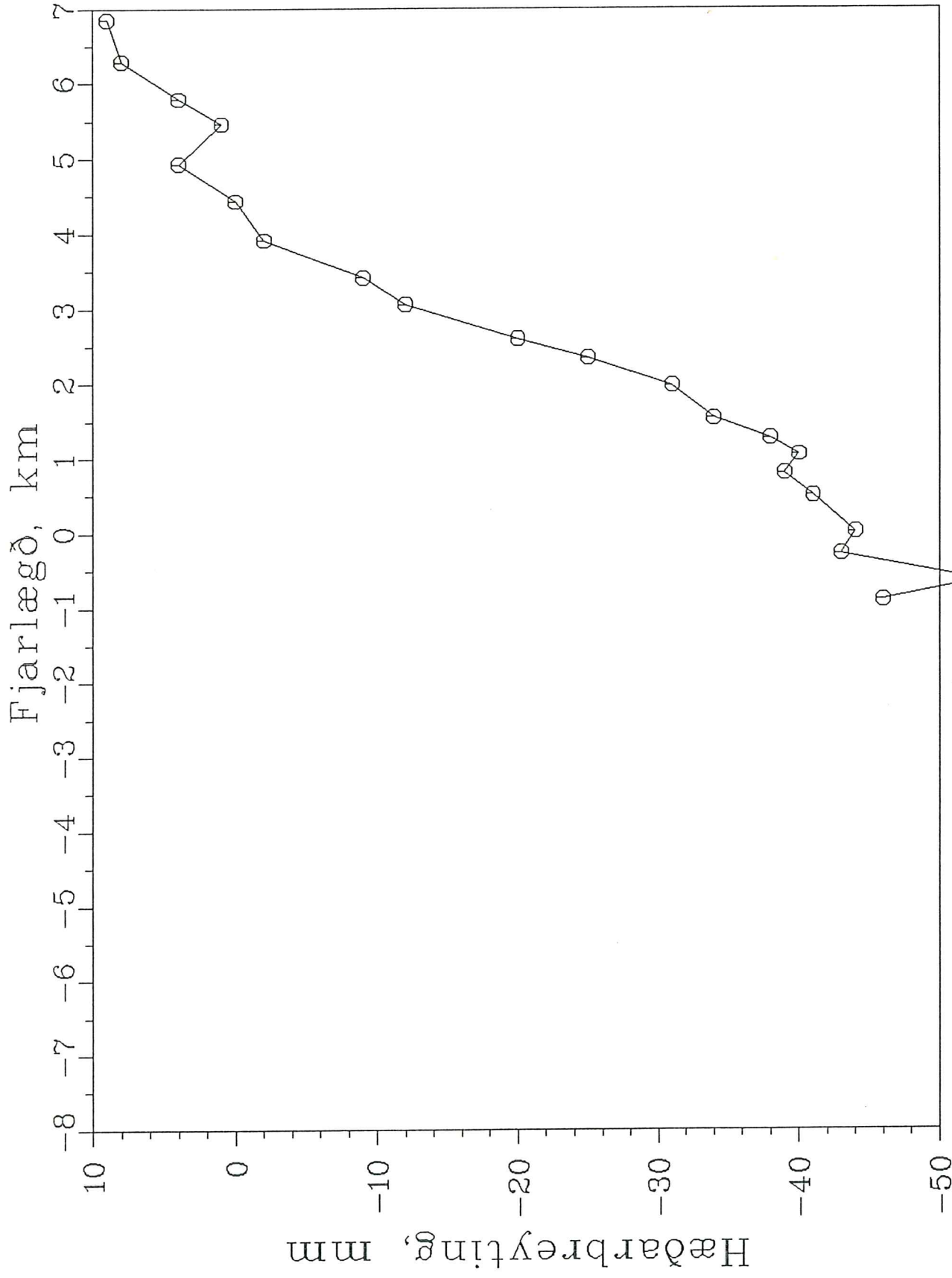
1. Úr þeim má lesa þrýstibreytingar í jarðhitakerfinu yfir allt mælisvæðið vegna vinnslu úr borholum Hitaveitunnar og niðurdælingar. Þrýstibreytingar og útbreiðsla þess er mikilvægur þáttur í gerð forðafræðilíkana af svæðinu.
2. Landsigið hefur marktæk áhrif á vatnsborðsmælingar í ferskvatnsholum og þar með mat á ferskvatnsstraumum og vinnslu þess.
3. Þær auðvelda mjög að greina sundur landhæðarbreytningar af náttúrulegum toga og vegna vinnslu Hitaveitu Suðurnesja. Verði jarðrask á svæðinu sem veldur öðrum aðila tjóni má búast við að reynt verði að kenna vinnslu Hitaveitunar um nema unnt sé að greina hvaða breytingar eru vegna vinnslu og hvað vegna náttúrulegra umbrota.



MYND 1: Staðsetning mælipunkta í hæðar- og byngdarmælinetinu.

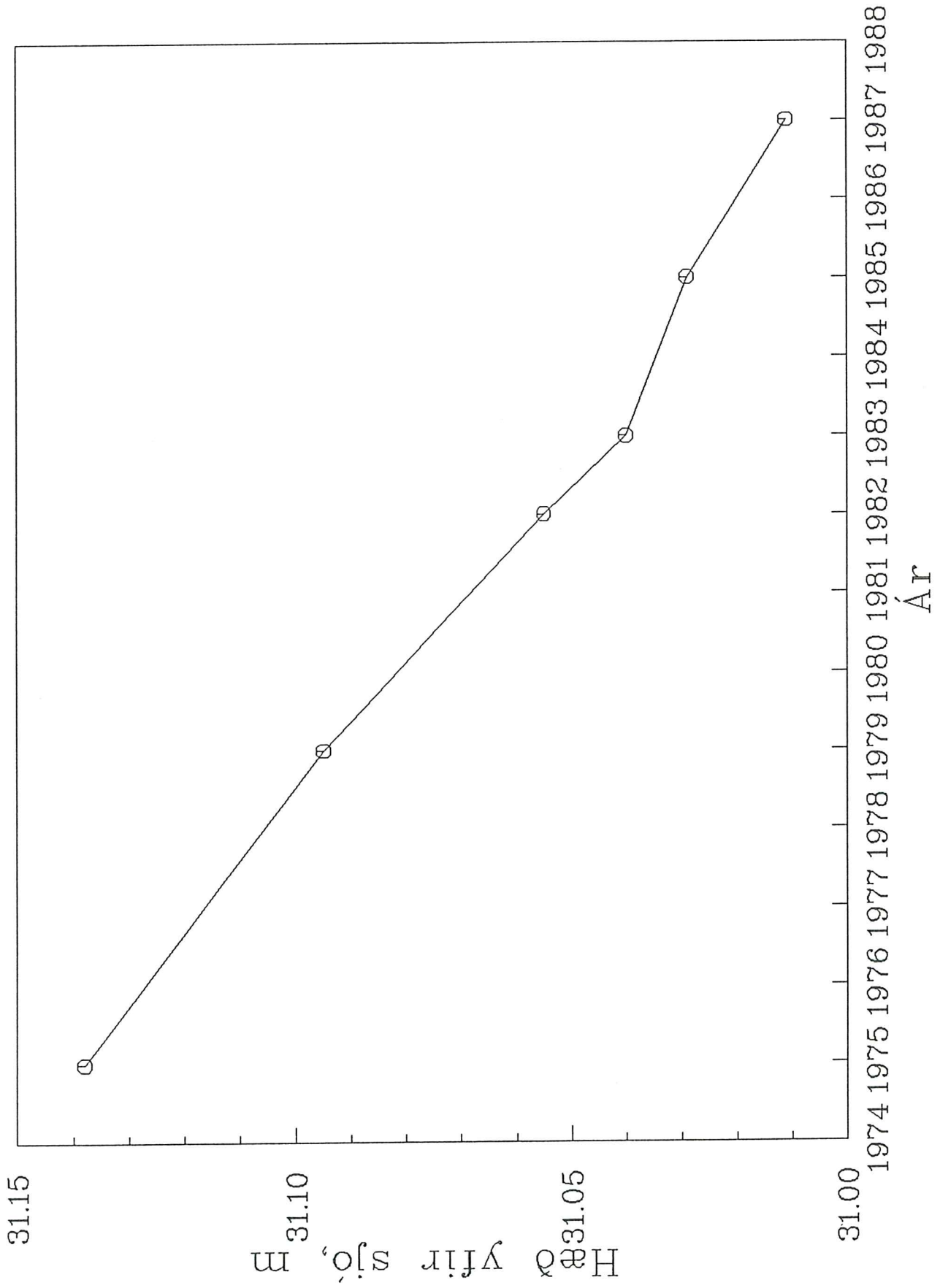


Hæðarbreyting milli árána 1982 og 1987. NS-lína



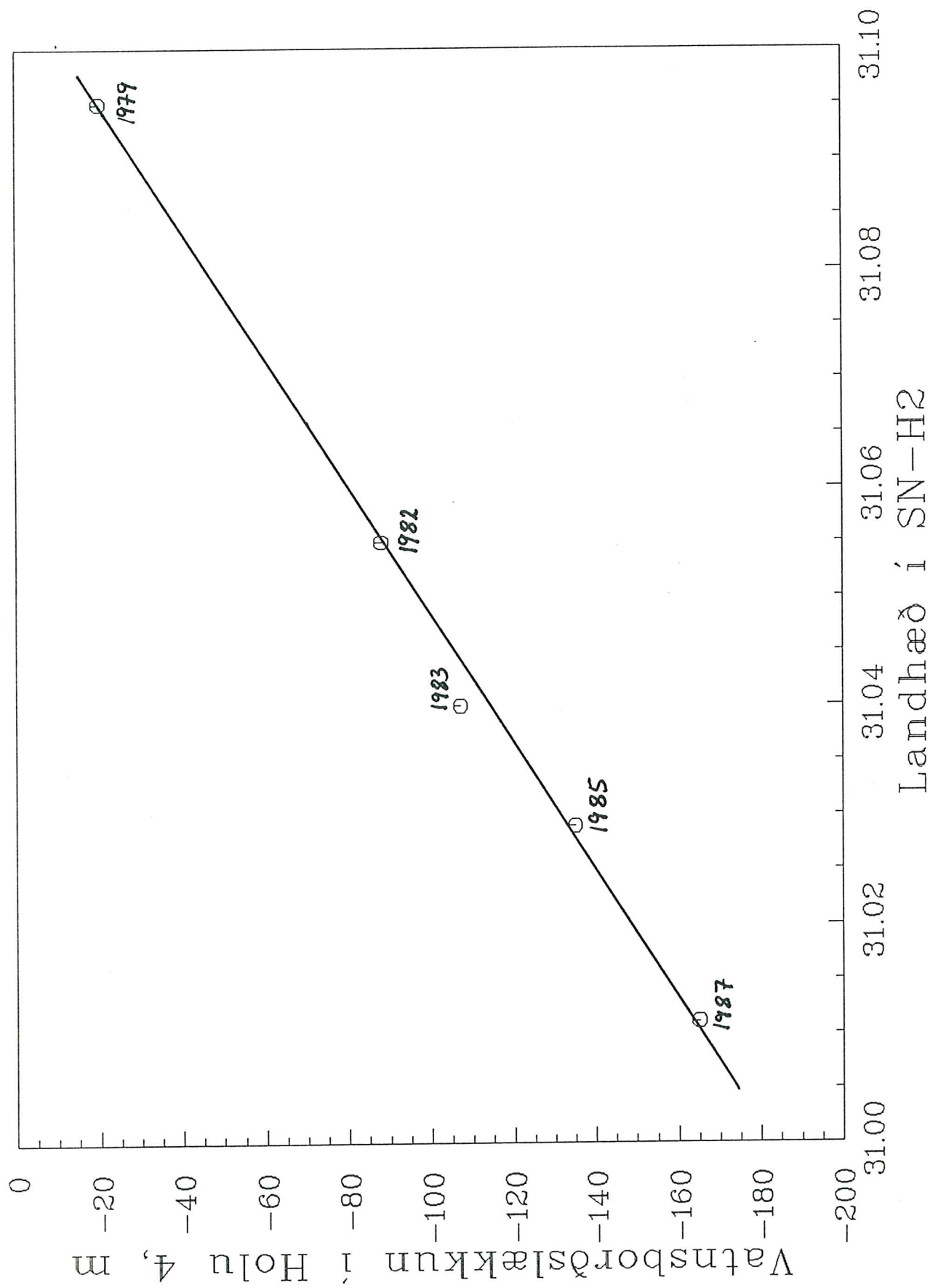
Hæðarbreyting milli ára 1982 og 1987. AV-lína

Hæð SN-H2



MYND 4: Hæð punktar SN-H2 sem er nálægt miðju vinnslusvæðinu (sjá mynd 1).

Samband vatnsborðs og landhæðar í Svartsengi



MYND 5: Samband vatnsborðs í holu 4 og landhæðar í punkti SN-H2.

