

Efnasamsetning jarðsjávar og gufu í Svartsengi

Jón Örn Bjarnason

Greinargerð JÖB-83/03

Efnasamsetning jarðsjávar og gufu í Svartsengi 1980 - 1983.

Greinargerð þessi er í þremur hlutum. Fjallar hinn fyrsti um niðurstöður heildargreininga á sýnum teknum úr borholum í Svartsengi frá því snemma á árinu 1980. Annar hlutinn hefur að geyma yfirlit yfir greiningar á gassýnum teknum veturinn 1982 - 1983. Í síðasta hluta er sett fram líkleg skýring á því hvers vegna kísilútfellingar eru mjög mismiklar við hinar ýmsu holur í Svartsengi.

I. Heildargreiningar.

Síðan skýrsla Orkustofnunar (Trausti Hauksson, OS80023/JHD12) um efnasamsetningu heits grunnvatns og hitaveituvatns í Svartsengi birtist (júlí 1980) hefur verið greint á Orkustofnun samtals 31 heilsýni af borholuvökva úr Svartsengi. Þar til haustið 1982 voru öll sýnin tekin við holutopp. Í október það ár kom hinsvegar til álitna að framvegis yrðu öll sýni tekin úr skiljum við orkuver. Til þess að ganga úr skugga um að sýni tekin þaðan væru sambærileg við fyrri sýni, var ákveðið að í október yrði öllum sýnum safnað í tvítaki, einu við holutopp og öðru við skiljustöð. Þá var einnig ákveðið að gera slíkt hið sama næst þegar sýni yrðu tekin úr öllum holum og hætta ekki sýnatöku við holutopp nema viðunandi samkvæmni fengist milli sýnatökustaða í báðum yfirferðum.

Heildargreiningar úr Svartsengi frá mars 1980 til október 1982 dreifast sem hér segir:

Úr holu 6, fjögur sýni, þar af eitt við skiljustöð
" " 7, þrjú " " " eitt " "
" " 8, sex " " " tvö " "
" " 9, sex " " " tvö " "
" " 10, sex " " " tvö " "
" " 11, fimm " " " eitt " "
" " 12, eitt " " " " " "

Þegar tekið er heilsýni úr háhitaholu, er safnað vatni, gasi og þéttivatni og hver þessara fasa efnagreindur sér. Með því

að sýnin eru skilin við mismunandi þrýsting, gefa hráar efnagreiningar óglögga hugmynd um samsetningu borholuvökva. Er því ekki talin ástæða til að hafa þær með hér. Þannig þarf fyrst að reikna þá vökvasamsetningu sem samsvarar mældum niðurstöðum - "reikna saman vatn og gufu" - fyrir tiltekinn skiljuþrýsting. Við reikningana þarf, auk efnagreininganna og skiljuþrýstingsins að styðjast við hitastig eða enþalpfu í holu. Hér eru hitamælingar Orkustofnunar frá 1982 lagðar til grundvallar.

Niðurstöður þessara reikninga eru sýndar í töflum I til VII og er viðmiðunarhitastigið skráð efst í hverri töflu. Þegar um er að ræða tvö sýni úr sömu holu sama dag, er hið síðara tekið úr skilju við orkuver. Þess má geta, að fyrir holur 7 til 12 eru þetta öll heildarsýni sem tekin hafa verið á vegum Orkustofnunar.

Þegar niðurstöður þessar eru skoðaðar kemur eftirfarandi í ljós. Mjög miklar sveiflur eru í gasmagni í öllum borholum. Þó eru þær langmestar í holu 10, sem er jafnframt gasríkasta holan. Sveiflurnar eru langt utan óvissumarka í sýnatöku og efnagreiningu. Hvorki verður séð að magn gass í gufu sé að aukast eða minnka þegar til lengri tíma er litið, því sveiflurnar eru bæði örur og óreglulegar. Ekki er ljóst af hverju þessar sveiflur stafa.

Þess má geta, að sveiflur þær, sem hér um ræðir eru mest áberandi í gasmagninu, miklu minna ber á sveiflum í innbyrðis hlutföllum lofttegunda. Ástæða þessa er hve yfirgnæfandi styrkur kolsýrunnar er, en þar til áhrifa niðurdælingar þeirrar, sem framkvæmd var haustið 1982, tók að gæta, var hlutur kolsýru um 95% - 98% af rúmmáli gass í öllum holum í Svartsengi.

Við efnagreiningar á Orkustofnun er sá háttur hafður á, að á að giska 20 sýni eru tekin saman í svonefndan sýnahóp og styrkur hvers efnis mældur í öllum sýnum í hópnum. Síðan er næsta efni tekið fyrir og svo koll af kolli. Í ljós hefur komið, að samkvæmni mælinga er talsvert mismunandi eftir því hvaða efni er greint, eins og fram kemur í greinargerð Orkustofnunar (Gestur Gíslason, GG-81/01). Þá er samkvæmni mælinga sama sýnis nokkru betri ef tvítökin eru í sama sýnahóp en ef þau eru sitt í hverjum hóp.

Ef litið er á styrk salta (þ.e. uppleystra efna annarra en lofttegunda) í hverri holu fyrir sig, kemur ekki í ljós

nein ákveðin breyting með tíma, hvorki til hækkunar né lækkunar. Það sem meira er, samkvæmni milli sýna úr sömu holu frá mismunandi tímum er mjög áþekkt þeirri samkvæmni, sem fæst þegar sýni er greint í tvítaki í mismunandi sýnahópum. Það hafa m.ö.o. ekki mælst marktækar breytingar með tíma á uppleystum söltum í Svartsengi. Undantekning frá þessu er þó súlfat, en sveiflur í styrk þess eru vel utan óvissumarka. En hér gildir það sama og um gasið; breytingarnar eru örur og algjörlega óreglulegar að því er best verður séð. Þótt örugg skýring á þessu sé ekki augljós ber þess að gæta að í Svartsengi er styrkur súlfats aðeins 1% - 2% af styrk í sjó, en þar á talsverður hluti borholuvökvangs uppruna sinn. Mismunurinn mun hafa fallið út sem anhydrit og gefur auga leið að ekki þarf jafnvægi að hafa raskast mikið til þess að verulegar breytingar verði þegar um jafnmikinn mismun í styrk er að ræða og hér.

Ef borin eru saman sýni tekin sama dag úr sömu holu, annað við holutopp en hitt úr skilju við orkuver, kemur í ljós, að munur á gasmagni milli þeirra er áþekkur og milli annarra sýna úr sömu holu, sem oft eru tekin með margra mánaða millibili. Hið sama gildir um súlfatið. Klórstyrk ber álika vel saman milli þessara sýna og þegar eitt sýni er greint í tvítaki, sitt eintakið í hvorum sýnahóp. Samkvæmni í styrk annarra salta er betri eða ámóta og þegar eitt sýni er greint í tvítaki í sama sýnahóp. Svo virðist því sem sýnum teknum við holutopp beri mjög vel saman við sýni tekin við skiljustöð, einkum þegar það er haft í huga, að sveiflur í gasmagni og súlfati virðast raunverulega vera mjög örur.

Efnainnihald jarðhitavatns gefur upplýsingar um hitastig djúpt í jörðu, þar sem vatnið var síðast í jafnvægi við berg. Af þeim efnahitamælum, sem fyrir hendi eru, er talið, að kvarshitamæli sé best treystandi á svæði eins og Svartsengi. Í töflu VIII er sýnt kvarshitastig reiknað út frá samsetningu umræddra sýna. Ekki er langtímabreytingu að sjá í neinni holu.

Í fyrrnefndri skýrslu Trausta Haukssonar kom fram að ekki urðu marktækar breytingar á samsetningu borholuvökva í Svartsengi á árunum 1972 - 1979. Þó verður að undanskilja gas, en á því voru einnig miklar sveiflur á þessu tímabili. Í skýrslu hans var fjallað um eldri holur, sem ekki hafa verið í gangi nýlega eða ekki verið hægt að taka sýni úr og er því náinn samanburður erfiður. Þó virðist ljóst, að engar langtímabreytingar á styrk salta hafi orðið í Svartsengi.

Þetta kemur glöggst fram á myndum 1 og 2, en á þeim er sýndur styrkur ýmissa salta í borholuvökva í Svartsengi yfir tíu ára tímabil. Hafa þer í huga þegar myndirnar eru skoðaðar, að ekki er um sömu holur að ræða síðustu þrjú ár og þar á undan.

II. Gasgreiningar.

Á meðan niðurdæling í holu 12 stóð yfir, haustið 1982, varð vart gasútstreymis úr holu 4, en hún var þá ekki í vinnslu og stóð opin. Sýni af gasi þessu var greint og eru niðurstöður sýndar í Töflu IX. Til samanburðar er sýnd í töflunni samsetning dæmigerðs gassýnis úr Svartsengi svo og samsetning andrúmslofts. Sýnt þykir, að verulegt magn af andrúmslofti hafi komið með því vatni, sem dælt var niður enda hafi súrefnið eyðst eins og eðlilegt er. Vegna þessa varð það úr, að fylgst var með samsetningu og magni gass í holum 6,8,9,10 og 11 veturinn 1982 - 1983.

Veruleg breyting varð á samsetningu gass í tveimur af þeim fimm holum sem fylgst var með. Á mynd 3 er sýndur hundraðshluti köfnunarefnis í gasi úr holum 6 og 10 sem fall af tíma. Í október 1982 var köfnunarefni að rúmmáli um fjórðungur gass í þessum holum. Síðan minnkar hlutur köfnunarefnis smám saman og í febrúar 1983 eða þar um bil má heita að áhrifa niðurdælingarinnar á gasið sé hætt að gæta. Í holum 8,9 og 11 varð aldrei marktæk aukning köfnunarefnis, og ekki sýnileg önnur breyting á gasi af völdum niðurdælingarinnar.

Á myndum 4, 5 og 6 er sýnt magn gass í gufu í holunum. Hér kemur mjög glöggst fram hve miklar og örar breytingar á gasmagni í gufu um er að ræða. Oft eru helmings breytingar eða meira á milla sýna. Bent skal á, að gasið er langmest í holu 10 og er því skalinn á mynd 6 hafður tífaldur á við skalann á myndum 4 og 5. Erfitt er að lesa nokkuð úr þessum gögnum. Ekki verður þó séð nein langtímabreyting, hvorki til hækkunar né lækkunar.

Vegna þess hve miklar breytingar eru á magni gass í holunum eru meðaltöl um það lítt til glöggvunar. Almennt er þó unnt að segja, að minnst gas sé í holum 8 og 11 en nokkru meira í holu 9. Í holu 6 er yfirleitt tvöfalt til fjórfalt

meira gas en í áður nefndum þremur holum. Langmest er gasið í holu 10, eða um 10 til 30 sinnum meira en í holum 8, 9 og 11.

III. Kísilútfellingar.

Við nýtingu jarðhitavatns í Svartsengi hefur komið í ljós, að kísilútfellingar í lágþrýstiskiljum eru mjög mismiklar eftir því hvaða hola á í hlut. Mismikilla útfellinga hefur einnig gætt við aflmælingar á holum. Tvennt kemur hér einkum til greina. Annað, að magn þess kísils, sem fallið getur út sé mjög mismunandi eftir holum, en hitt að útfellingarhraði sé mismunandi. Skal þetta nú athugað nánar.

Jarðsjórinn í Svartsengi inniheldur líðlega 400 ppm af kísilsýru og er í jafnvægi við kvars. Við ríkjandi hitastig, 230 - 240°C, næst þetta jafnvægi fljótt; á fáeinum klukkustundum að því er talið er. Ef nú jarðsjórinn er látinn hvellsjóða við 100°C eykst styrkur kísilsýrunnar sem nemur gufu þeirri er tapast við suðuna, og verður 500 - 600 ppm. Leysni ópals við 100°C er um 365 ppm en leysni kvars um 49 ppm. Vatnið er því yfirmettað með tilliti til beggja, en þó mun meira með tilliti til kvars. Við 100°C er útfellingarhraði kvars hins vegar mjög lítil þannig að það er ópál sem fellur út. Magn þess kísils sem getur fallið út úr hverju kg jarðsjávar við 100°C er því einfaldlega mismunur á kísilstyrk í hvellsoðnum jarðsjó og leysni ópals (365 ppm við 100°C).

Um útfellingahraða gegnir dálítið öðru máli. Hann er háður hitastigi, yfirmettun, seltu og tegund streymis og yfirborðs svo eitthvað sé nefnt. Sem fyrstu nálgun er ekki fjarstæðukennt að gera ráð fyrir því, að aðstæður séu þær sömu við allar skiljur að yfirmettun frátalinni. Rétt ofan leysnimarka eykst útfellingahraði hlutfallslega mjög ört með vaxandi kísilstyrk en hægar þegar yfirmettunin verður meiri. Þannig getur mjög lítil munur heildarkísilstyrks komið fram sem geysilegur munur útfellingahraða við réttar aðstæður.

Ef notuð eru þau hitastig og meðaltöl kísilstyrks sem gefin eru í töflum I-VII má fá hugmynd um hlutfallslegan

Útfellingahraða ópals úr hinum ýmsu holum í Svartfengi. Í töflu X eru sýndar niðurstöður útreikninga á hlutfallslegum útfellingahraða fyrir tvö tilfelli. Í fyrra tilvikinu er gert ráð fyrir suðu í tveimur þrepum, fyrst frá hitastigi T niður í 155°C, sem lætur nærri að sé það hitastig, sem háþrýstiskiljurnar vinna við. Í seinna þrepinu er soðið við 70°C. Í síðara tilfellingu er hins vegar soðið í einu þrepi, frá T niður í 100°C. Í töflunni er sýnt hlutfallið á milli kísilstyrks í vatni fyrir og eftir suðu, R, fyrir hvort tilvikið fyrir sig og hverja holu fyrir sig. Þá er sýndur lokastyrkur kísils, S, og hlutfallslegur hraði útfellinga, k, og er þá útfellingahraðinn í holu 10 tekinn sem 1. Útfellingahraðinn er reiknaður með aðferð Weres et al. (O. Weres, A. Yee og L. Tsao: Kinetics of Silica Polymerization, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley 1980). Þess ber að gæta að útfellingahraði er mjög háður hitastigi og því gefa tölurnar í töflu X einungis samanburð á holum við tiltekið suðuhitastig; ekki er hægt að bera beint saman niðurstöður fyrir 70°C við tölur reiknaðar fyrir 100°C.

Af töflunni sést, að útfellingahraði kísils reiknast minnstur úr holu 10, en heldur meiri úr holu 9. Þá koma holur 6,7 og 11 og síðan hola 8 en í henni reiknast útfellingahraði 42% og 76% meiri en í holu 10 eftir því hvort skilið er við 70°C eða 100°C. Hæst er hola 12 með 47% meiri hraða en hola 10 við 70°C og 84% meiri hraða við 100°C. Hafa verður þó í huga, að úr holu 12 er aðeins um að ræða eitt sýni.

Lögð skal áhersla á, að tiltölulega litlar sveiflur eða ónákvæmni í mældum kísilstyrk geta breytt þessum tölum verulega. Sem dæmi um þetta má nefna, að ef sýni 82-10-14 0144 úr holu 10 og sýni 81-02-24 0032 úr holu 8 eru borin saman, en þessi sýni gefa minnstan og mestan útfellingarhraða, kemur í ljós, að útfellingarhraði reiknast 2,3 sinnum meiri fyrir seinna sýnið en það fyrra ef soðið er við 70°C, en 3,8 sinnum meiri ef soðið er við 100°C. Þannig getur ca. 15% munur á kísilstyrk og 10°C munur á upphafshitastigi nærri fjórfaldað útfellingarhraðann við síðartaldar aðstæður. Við lítið breyttar aðstæður (t.d. hækkaðan suðuhita) eða svoltið aukinn munur á kísilstyrk eða holuhitastigi gæti munur á útfellingahraða orðið enn miklu meiri.

Ef á hinn bóginn er athugað það magn ópals, sem mest

getur fallið út úr vatni hinna ýmsu hola kemur í ljós, að aðeins munar um 23% á holu 8 og 10 ef soðið er við 100°C, en 13% ef soðið er við 70°C. Á holum 10 og 12 munar 25% og 14%, en minna á öðrum. Þessi munur er ekki ýkja mikill og breytist tiltölulega miklu minna með heildarkísilstyrk en útfellingahraðinn. Dvalartími vatnsins í skiljunum er væntanlega of skammur til að kísillinn nái allur að falla út þar. Þannig má teljast ólíklegt, að magn þess kísils sem mest getur fallið út ráði því hve mikill kísill raunverulega sest í skiljurnar.

Þeirri hugmynd hefur verið varpað fram, að uppleyst efni í litlu magni, einkum ál, geti haft veruleg áhrif á útfellingu kísils og sé þetta ástæðan fyrir mismunandi útfellingum í skiljum í Svartsengi. Ekki virðist þurfa að gripa til slíkra skýringa hér; mismunur á útfellingahraða af völdum yfirmettunar sýnist nægja.

Að öllu athuguðu verður því að telja líklegt, að mismunandi útfellingahraði sé skýringin á mismiklum kísilútfellingum í hinum ýmsu holum í Svartsengi. Fernt er það einkum sem styður þetta. Í fyrsta lagi er mismunur milli hola á því magni kísils, sem mest getur fallið út ekki ýkja mikill. Í öðru lagi er dvalartími vatnsins í skiljunum vafalítið of skammur til þess að jafnvægi við ópal náist yfirleitt. Í þriðja lagi getur lítil hlutfallslegur munur á styrk uppleysts kísils skilað sér sem talsvert meiri hlutfallslegur munur í yfirmettun þegar vatnið er soðið, og í fjórða lagi breytist útfellingahraði mjög ört með yfirmettun.

Samandregnar niðurstöður.

Frá 1980 til 1982 urðu ekki marktækar breytingar á uppleystum efnum í borholuvökva í Svartsengi, að súlfati og gösum undanskildum, en á þeim eru óreglulegar og mjög örur sveiflur, sem ekki er augljós skýring á. Greiningum á sýnum teknum við holutopp ber ágætlega saman við greiningar á sýnum teknum úr skiljum við orkuver, að súlfati og gösum frátöldum.

Greiningar á gasi úr skiljustöð veturinn 1982 - 1983 leiddu í ljós verulega aukningu köfnunarefnis í holum 6 og 10 vegna niðurdælingar í holu 12. Köfnunarefnið minnkaði eftir því sem á veturinn leið og hafði náð venjulegu gildi á útmánuðum 1983.

Orsök mismikilla útfellinga kísils úr vatni úr hinum ýmsu holum er talin vera sú, að skammt ofan leysnimarka ópals getur lítill munur í styrk uppleysts kísils komið fram sem mikill munur útfellingahraða.

ORKUSTOFNUN JHD
1983-06-10 JÖB

HOLA SG-6 (T=238 C)
Stærkur efna í mg/kg

Tafla 1

DAGS	NUM	PO	HO	SI02	NA	K	CA	H6	S04	CL	F	UE	CO2	H2S	H2	CH4	N2
800515	0065	7.2	1027,	393,	6833,	1073.9	898.0	1.04	42.8	12742,	0.09	21533,	110,	5.9	0.00	0.08	5.17
810220	0029	14.0	1027,	437,	6478,	935.6	938.3	0.57	28.1	13926,	0.19	21406,	662,	6.2	0.00	0.09	2.79
821007	0132	13.5	1027,	413,	6122,	1080.0	904.9	0.94	25.5	12130,	0.09	20289,	524,	1.0	0.03	0.09	70.97
821007	0133	5.5	1027,	404,	6078,	1123.1	898.6	0.95	33.8	12001,	0.09	19933,	673,	0.4	0.07	0.09	89.20
MEDALTAL		10.1	1027,	412,	6378,	1053.1	909.9	0.88	32.6	12700,	0.12	20790,	567,	3.4	0.03	0.09	42.03
STADALF, %		43.0	0.0	4.6	5.5	7.7	2.1	23.4	23.6	6.9	41.7	3.8	22.0	92.1	91.4	7.3	106.0

ORKUSTOFNUN JHD
1983-06-10 JÖB

HOLA SG-7 (I=242 C)
Stærkur efna í mg/kg

Tafla II

DAGS	NUM	FO	HO	SI02	NA	K	CA	HG	SO4	CL	F	UE	CO2	H2S	H2	CH4	N2
800317	0028	18.7	1046.	391.	6480.	1040.5	933.2	0.88	29.3	11533.	0.09	20579.	188.	1.7	0.01	0.03	5.92
810220	0028	19.0	1046.	444.	6633.	939.5	937.7	0.44	49.9	13915.	0.25	21184.	276.	2.3	0.00	0.03	0.00
811201	0211	19.0	1046.	401.	6450.	1101.3	975.9	0.94	31.8	12240.	0.11	21387.	664.	5.1	0.00	0.00	1.12
MEDALTAL		18.9	1046.	412.	6521.	1027.1	948.9	0.75	37.0	12563.	0.15	21050.	376.	3.0	0.00	0.03	3.52
STADALF. %		0.9	0.0	6.9	1.5	8.0	2.5	36.1	30.4	9.7	58.0	2.0	67.5	60.2	0.0	15.8	96.3

ORKUSTOFNUN JHD
1983-06-10 JÖB

HOLA SG-8 (T=242 C)
Stærkur efna í mg/kg

Tafla III

DAGS	NUM	PO	HO	SI02	NA	K	CA	HG	SO4	CL	F	UE	CO2	H2S	H2	CH4	N2
800711	0115	18.0	1046.	401.	6653.	1018.5	924.4	0.79	30.6	0.	0.10	21181.	21.	1.0	0.00	0.00	0.00
810224	0032	18.5	1046.	454.	6415.	954.9	954.9	0.48	45.3	13444.	0.18	21495.	872.	9.5	0.00	0.03	0.17
811202	0212	18.5	1046.	421.	6507.	1087.8	980.7	0.95	39.2	12280.	0.11	21398.	807.	6.5	0.00	0.05	0.00
820603	0080	18.0	1046.	423.	6430.	1036.8	959.1	0.86	27.7	12738.	0.12	21424.	627.	7.3	0.04	0.11	5.11
821008	0136	17.0	1046.	416.	6434.	1123.6	971.8	0.83	32.4	12580.	0.09	21738.	551.	3.5	0.03	0.12	5.25
821008	0137	5.5	1046.	413.	6471.	1104.3	969.0	0.88	25.5	12708.	0.10	21754.	345.	2.7	0.01	0.03	1.17
MEDALTAL		15.9	1046.	421.	6485.	1054.3	960.0	0.80	33.4	12750.	0.12	21498.	537.	5.1	0.03	0.07	2.92
STADALF, %		32.2	0.0	4.2	1.4	6.0	2.1	20.8	22.4	3.4	29.9	1.0	58.7	62.8	64.8	67.2	90.1

* Drýstingur ekki mældur, settur 18 bar

ORKUSTOFNUN JHD
1983-06-10 JÖBHOLA SG-9 (T=241 C)
Stærkur efna í mg/kg

Tafli IV

DAGS	NUM	PO	HO	SI02	NA	K	CA	HG	S04	CL	F	UE	CO2	H2S	H2	CH4	N2
801112	0158	20,4	1041,	403,	6200,	962,3	1053,4	1,09	31,1	12546,	0,08	21328,	627,	6,5	0,00	0,10	1,76
811201	0209	18,0	1041,	388,	6295,	1038,7	1004,0	0,80	24,1	11987,	0,11	21061,	5411,	3,7	0,00	0,00	62,99
821007	0134	17,5	1041,	408,	6370,	1111,7	995,7	0,94	26,0	12657,	0,08	21283,	600,	3,5	0,00	0,06	0,61
821007	0135	5,5	1041,	407,	6475,	1113,7	993,0	0,99	23,7	12112,	0,08	21318,	432,	2,0	0,01	0,03	0,32
821014	0141	17,5	1041,	407,	6422,	1130,5	969,7	0,94	44,1	12421,	0,07	21341,	661,	5,0	0,00	0,07	0,73
821014	0142	5,5	1041,	404,	6444,	1162,4	982,4	1,00	31,3	13200,	0,07	21291,	713,	6,2	0,00	0,08	0,24
MEDALTAL		14,1	1041,	403,	6368,	1086,6	999,7	0,96	30,1	12487,	0,08	21270,	1408,	4,5	0,00	0,07	11,11
STADALF, %		47,7	0,0	1,8	1,6	6,7	2,9	9,9	25,4	3,5	18,3	0,5	139,5	38,1	93,0	33,6	228,9

ORKUSTOFNUN JHD
1983-06-10 JÖB

HOLA SG-10 (T=232 C)
Stærkur efna í mg/kg

Tafla V

DAGS	HUM	PO	HO	SI02	NA	K	CA	HG	S04	CL	F	UE	CO2	H2S	H2	CH4	N2
800513	0064	15.0	998.	399.	6951.	1108.5	906.3	0.47	47.1	13328.	0.09	22466.	250.	2.9	0.02	0.02	1.32
811014	0148	16.0	998.	423.	6915.	1126.1	997.9	0.29	24.3	12568.	0.11	22911.	783.	5.7	0.00	0.10	1.75
821006	0130	14.5	998.	402.	7029.	1180.7	942.5	0.26	30.1	13839.	0.10	23003.	844.	2.8	0.10	0.12	110.03
821006	0131	5.5	998.	403.	6888.	1199.1	983.1	0.28	25.2	13817.	0.12	23192.	2875.	3.2	0.63	0.50	512.75
821014	0143	15.0	998.	399.	7021.	1248.3	1026.7	0.28	33.8	14049.	0.09	23256.	2576.	7.4	0.25	0.38	666.53
821014	0144	5.5	998.	393.	6967.	1282.1	995.9	0.25	29.3	14825.	0.09	23157.	5414.	32.4	0.52	0.78	1208.74
MEDALTAL		11.9	998.	403.	6962.	1190.8	975.4	0.30	31.7	13738.	0.10	22997.	2124.	9.1	0.30	0.32	416.85
STADALF, %		41.8	0.0	2.5	0.8	5.7	4.5	27.3	26.2	5.5	12.9	1.3	90.7	127.8	87.2	92.1	114.4

ORKUSTOFNUN JHD
1983-06-10 JÖB

HOLA SG-11 (T=240 C)
Stærkur efna í mg/kg

Tafla VI

DAGS	NUM	PO	HO	SI02	NA	K	CA	MG	S04	CL	F	UE	CO2	H2S	H2	CH4	N2
801009	0152	19.0	1036.	423.	6382.	857.8	1040.8	1.06	34.5	12563.	0.10	21243.	523.	6.4	0.02	0.11	4.73
811201	0210	19.0	1036.	403.	6538.	1066.7	973.3	1.00	25.1	12228.	0.11	21457.	632.	5.9	0.00	0.00	0.82
820608	0083	17.5	1036.	421.	6212.	1032.0	965.3	0.91	34.2	12545.	0.11	21444.	808.	7.1	0.00	0.00	0.85
821008	0138	18.0	1036.	414.	6512.	1170.0	957.4	0.86	20.7	12180.	0.09	21802.	476.	4.8	0.01	0.05	0.68
821008	0139	5.5	1036.	412.	6493.	1070.9	981.5	1.04	59.7	12990.	0.07	21773.	336.	0.6	0.00	0.02	0.32
NEDALTAL		15.8	1036.	415.	6427.	1039.5	983.7	0.97	34.8	12501.	0.10	21544.	555.	5.0	0.01	0.06	1.52
STADALF. %		36.6	0.0	1.9	2.1	11.0	3.4	8.8	43.4	2.6	17.1	1.1	31.9	52.4	82.5	75.0	118.8

TAFLA VIII. Kvarshiti, Tq

HOLA 6			HOLA 7			HOLA 8		
Dags	Sýni nr	Tq	Dags	Sýni nr	Tq	Dags	Sýni nr	Tq
80-05-15	0065	232,5	80-03-17	0028	232,7	81-02-24	0032	243,6
81-02-20	0029	240,2	81-02-20	0028	242,0	81-12-02	0212	238,3
82-10-07	0132	236,0	81-12-01	0211	234,9	82-06-03	0080	238,6
82-10-07	0133	234,5				82-10-08	0136	237,3
						82-10-08	0137	236,8

HOLA 9			HOLA 10			HOLA 11		
Dags	Sýni nr	Tq	Dags	Sýni nr	Tq	Dags	Sýni nr	Tq
80-11-12	0158	235,0	80-05-13	0064	232,7	80-10-09	0152	238,3
81-12-01	0209	232,5	81-10-14	0148	236,7	81-12-01	0210	234,8
82-10-07	0134	235,9	82-10-06	0130	233,1	82-06-08	0083	237,8
82-10-07	0135	235,7	82-10-06	0131	233,3	82-10-08	0138	236,7
82-10-14	0141	235,8	82-10-14	0143	232,6	82-10-08	0139	236,6
82-10-14	0142	235,2	82-10-14	0144	231,6			

HOLA 12		
Dags	Sýni nr	Tq
82-09-02	0117	238,8

TAFLA IX. Samsetning gass, % rúmmáls

	CO ₂	N ₂	O ₂	Ar	Annað
Hola SG-4 82-10-06	6,52	92,16	0,27	1,02	0,03
Dæmigert sýni úr Svartsengi	97,37	1,34	0,26	0,05	0,98
Andrúmsloft	0,03	78,09	20,95	0,93	<0,002

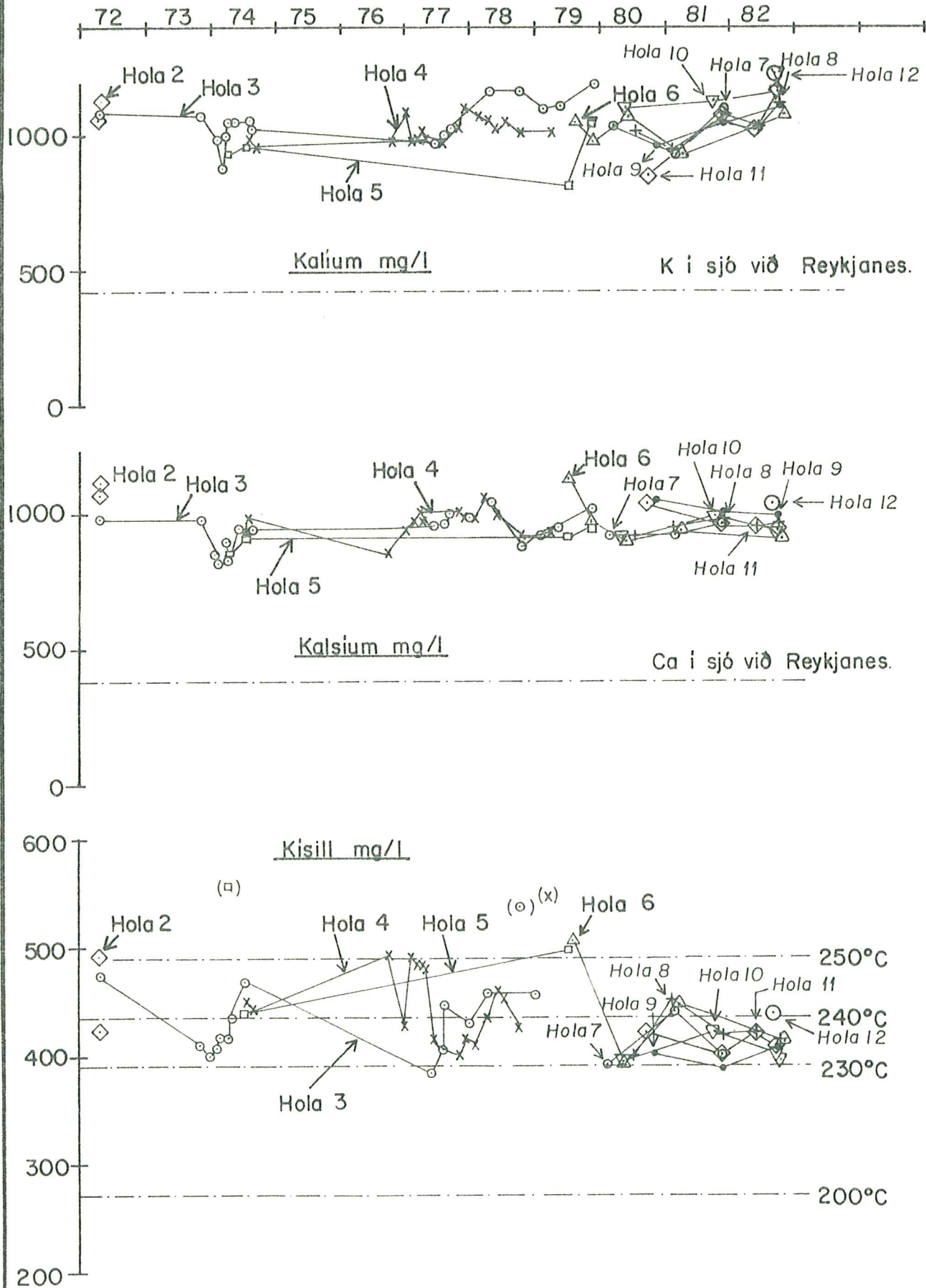
TAFLA X Kísilstyrkur og hlutfallslegur hraði útfellinga

	Hola 6	Hola 7	Hola 8	Hola 9	Hola 10	Hola 11	Hola 12
T=	238	242	242	241	232	240	230
U=	412	412	421	403	403	415	438
Suða við 70°C	R=1,440	R=1,456	R=1,456	R=1,452	R=1,416	R=1,448	R=1,409
	S=593,2	S=599,9	S=613,0	S=585,2	S=570,6	S=600,9	S=617,2
Leysni = 245	k=1,218	k=1,287	k=1,426	k=1,138	k=1,0	k=1,298	k=1,472
Suða við 100°C	R=1,370	R=1,386	R=1,386	R=1,382	R=1,346	R=1,377	R=1,339
	S=564,3	S=570,9	S=583,4	S=556,8	S=542,6	S=571,7	S=586,4
Leysni = 365	k=1,364	k=1,494	k=1,765	k=1,228	k=1,0	k=1,51	k=1,837
T:	Viðmiðunarhitastig, Celcius						
U:	Meðalgildi kísilstyrks í djúpvatni mg/kg (ppm)						
R:	Hlutfall kísilstyrks fyrir og eftir suðu						
S:	Kísilstyrkur eftir suðu (ppm)						
k:	Hlutfallslegur útfellingahraði (Hola 10 = 1) Leysni í ppm						

SVARTSENGI

Efnastýrkur heits grunnvatns (K,Ca,SiO₂)

Mynd 1





SVARTSENGI

Efnastyrkur heits grunnvatns (Na,Cl,uppleyst efni).

Mynd 2.

72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 | År.

Na í sjó við Reykjanes.

10.000

Natrium mg/l.

Hola 2

Hola 3

Hola 4

Hola 5

Hola 6

Hola 12

Hola 10

Hola 9

Hola 8

Hola 11

6.000

20.000

Cl í sjó við Reykjanes.

Klór mg/l.

Hola 2

Hola 3

Hola 4

Hola 5

Hola 6

Hola 12

Hola 10

Hola 8

Hola 9

12.000

26.000

Uppleyst efni mg/l.

Hola 2

Hola 3

Hola 4

Hola 5

Hola 6

Hola 7

Hola 12

Hola 10

Hola 11

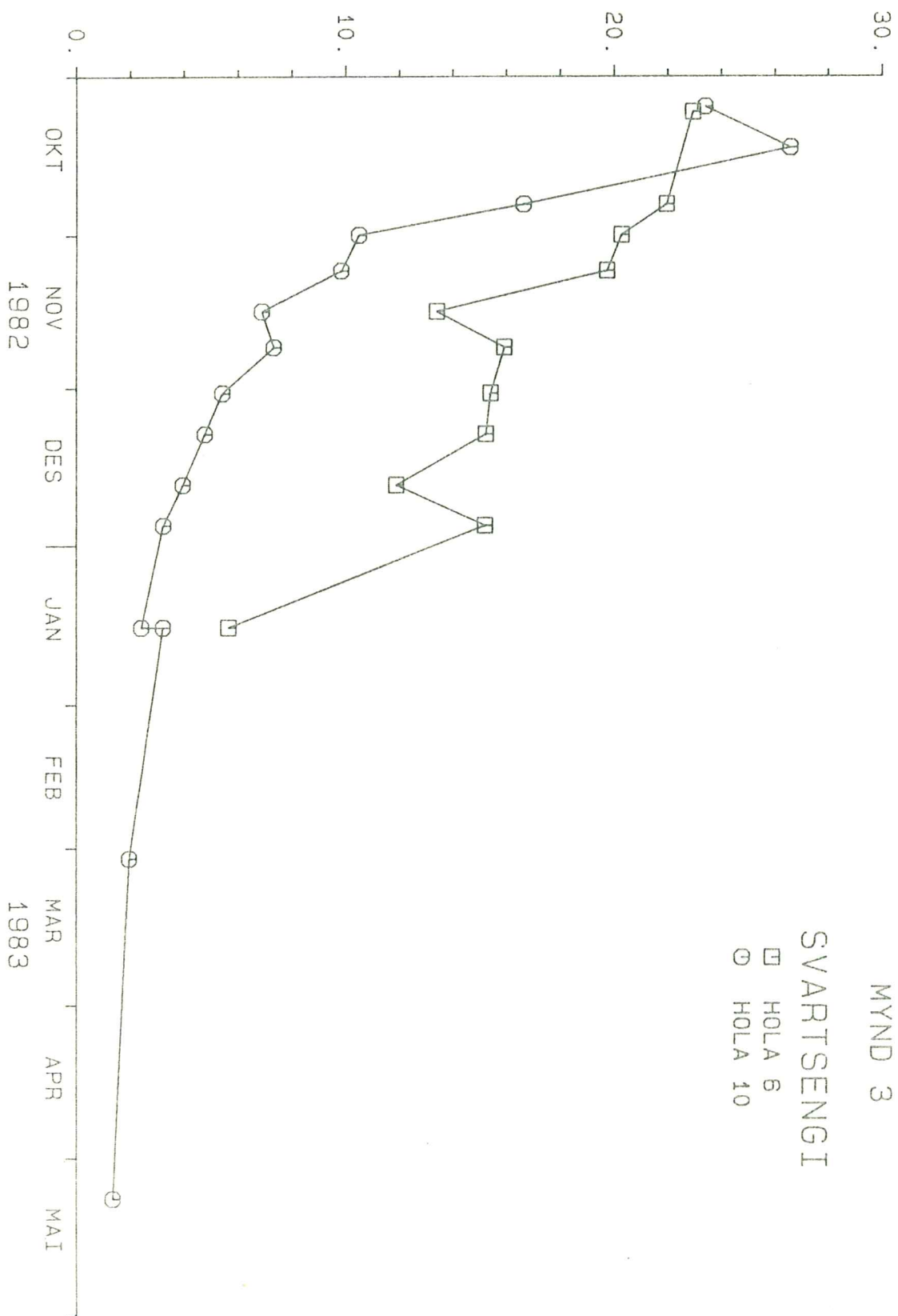
Hola 8

Hola 9

22.000

20.000

Köfnunarefni í gasi, % rummals

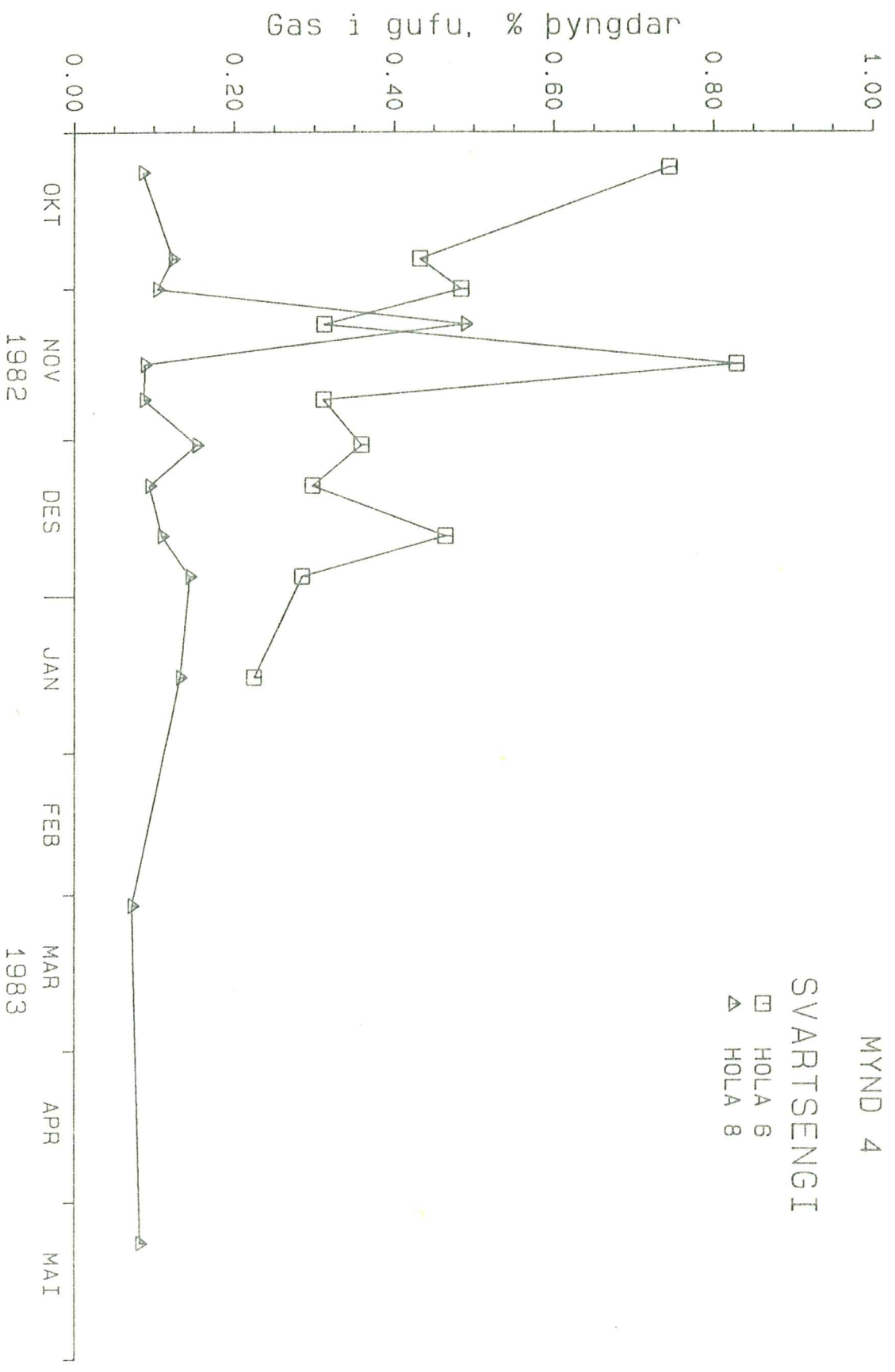


MYND 3

SVARTSENGI

■ HOLA 8
○ HOLA 10



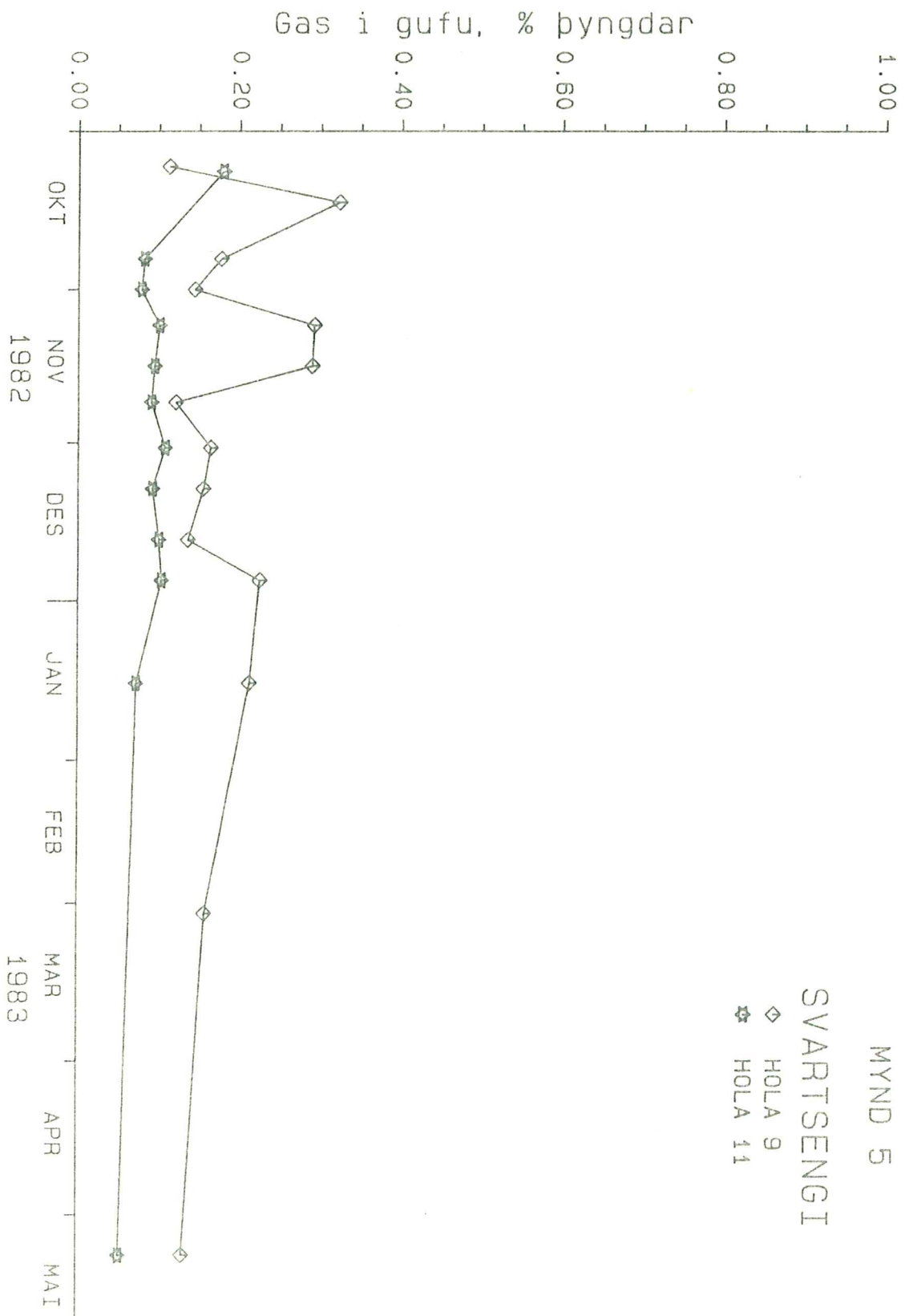


MYND 4

SVARTSENGI

- HOLA 6
- △ HOLA 8

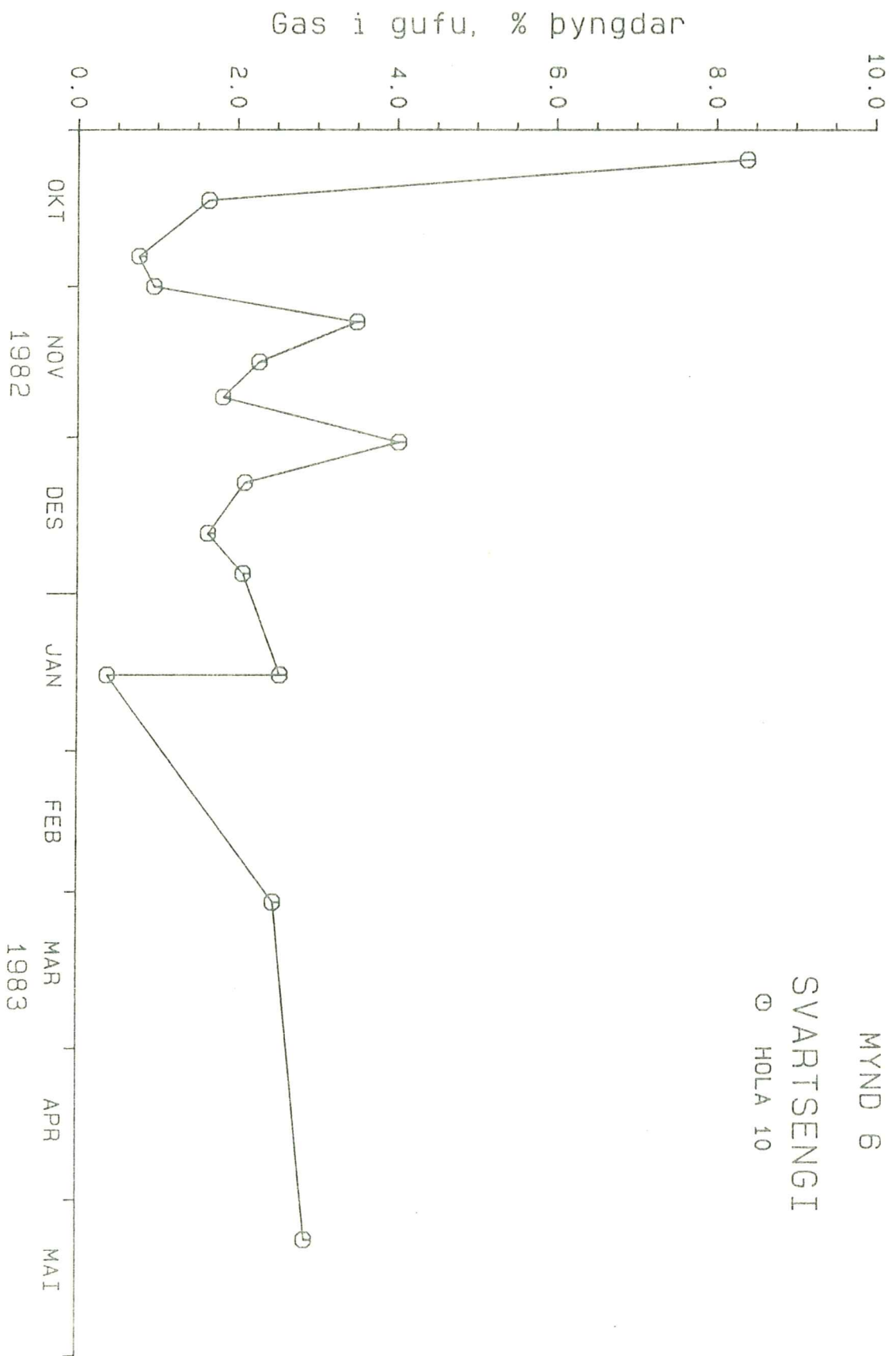




SVARTSENGI

◇ HOLA 9
 ☆ HOLA 11

MYND 5



MYND 6

SVARTSENGI

⊙ HOLA 10