



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

HITAVEITA AKUREYRAR

Vinnslueftirlit 1989

Ólafur G. Flóvenz, Hrefna Kristmannsdóttir,
Guðni Axelsson, Hilmar Sigvaldason,
Auður Ingimarsdóttir

Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar

OS-90019/JHD-08 B

Maí 1990



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Verknr. 611601

HITAVEITA AKUREYRAR

Vinnslueftirlit 1989

Ólafur G. Flóvenz, Hrefna Kristmannsdóttir,
Guðni Axelsson, Hilmar Sigvaldason,
Auður Ingimarsdóttir

Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar

OS-90019/JHD-08 B

Maí 1990

EFNISYFIRLIT

SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR	3
1. VINNSLA OG VATNSBORÐ	4
2. HITI VATNS ÚR VINNSLUHOLUM	7
2.1 Vinnsluholur á Laugalandi	7
2.2 Vinnsluholur við Botn	7
2.3 Ytri-Tjarnir og Glerárdalur	7
3. EFNAEFTIRLIT	8
3.1 Vatn úr laugum og grunnum holum	8
3.2 Efnæftirlit í vinnsluholum	11
4. HITAMÆLINGAR Í BORHOLUM	14
4.1 Hrafnagil	15
4.2 Laugland	15
4.3 Grísará	16
4.4 Ytri-Tjarnir	16
4.5 Grýta	16
4.6 Glerárdalur	16
TILVITNANIR	17

SKRÁ YFIR TÖFLUR

Tafla 1 Ársmeðalvinnsla vinnslusvæða Hitaveitu Akureyrar	4
Tafla 2 Efnagreiningar á vatni úr laugum í Eyjafirði	9
Tafla 3 Efnagreiningar á vatni úr vinnsluholum Hitaveitu Akureyrar	12
Tafla 4 Skrá yfir holur sem mældar voru 1989	14

SKRÁ YFIR VIÐAUKA

Viðauki I: Vatnsborð og vinnsla 1989	19
Viðauki II: Vatnsborð og vinnsla 1975-1989	25
Viðauki III: Hitamælingar á vatni úr vinnsluholum sem fall af tíma	31
Viðauki IV: Styrkur efna í vatni úr vinnsluholum sem fall af tíma	37
Viðauki V: Hitamælingar í borholum 1989	45
Viðauki VI: Yfirlit um mælingar í borholum	57

SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

Árið 1989 var vinnslueftirlit hjá Hitaveitu Akureyrar útvíkkað frá því sem verið hefur. Gögn um vatnsborð og vinnslu ársins 1989 var safnað og þau borin saman við niðurdráttarspár frá árinu 1988. Efnagreiningar á vatni úr vinnsluholum voru með hefðbundnum hætti en að auki voru tekin sýni úr öllum laugum, sem enn eru uppi í grennd vinnslusvæðanna, og úr nokkrum holum sem ekki eru nýttar. Þá voru allmargar holur hitamældar til að kanna hvort í þeim rynni vatn milli æða.

Vatnsborð virðist breytast í samræmi við vatnsborðsspár frá 1988. Vinnsla hitaveitunnar á heitu vatni fer nú vaxandi á ný frá því lágmarki, sem sigldi í kjölfar breytinga á sölufyrirkomulagi. Sú viðbót kemur frá Laugalandi. Er ársmeðalvinnsla þar nú að nálgast það, sem svæðið er talið geta gefið af sér til næstu ára miðað við núverandi dælubúnað. Vinnsla á Botni er svipuð og afkastageta svæðisins og sígur vatnsborð þar lítilega og í samræmi við vatnsborðsspána frá 1988. Vatnsborð á Ytri-Tjörnum fer þó enn hækkandi í kjölfar minni vinnslu síðustu þriggja ára. Virðist mega auka vinnslu þaðan um 10 l/s. Á Glerárdal virðist vatnsborð hafa hækkað aðeins og má sennilega dæla þaðan nokkrum sekúndulítrum til viðbótar.

Rétt er að vekja athygli á því að eftir því sem ársmeðalvinnsla nálgast afkastagetu svæðanna minnkar geta þeirra til að ráða við háa afltoppa að vetri til.

Hitamælingar sem gerðar hafa verið á vatni úr vinnsluholum hitaveitunnar frá árinu 1981 sýna að vatn úr holum LJ-5 og LN-12 á Laugalandi hefur hitnað um 2-4°C, vatn frá Ytri-Tjörnum um 1°C, en hiti vatns frá Glerárdal hefur staðið í stað. Vart hefur orðið lítilsháttar kólnunar vatns úr báðum holunum á Botni fram til 1988. Þessar hitabreytingar eru þó á mörkum þess að vera marktækar nema á Laugalandi.

Efna- og samsætugreiningar á vatni úr laugum í grennd vinnslusvæðanna sýna engar breytingar frá því vinnsla hófst hjá Hitaveitu Akureyrar. Það styrkir þá skoðun að laugarnar beri vott um ónýtt jarðhitasvæði í grennd núverandi vinnslusvæða.

Hins vegar hefur orðið nær stöðug en hægfara lækkun í styrk kísils á Glerárdal, Laugalandi og Botni. Ekki hefur orðið vart lækkunar hita vatns frá þessum svæðum að Botni undanskildum. Lækkandi styrkur kísils bendir til kælingar í jarðhitakerfinu vegna varmatöku þaðan eða innrennsli á köldu vatni. Þessar breytingar gætu svarað til 2-5°C kælingar í jarðhitakerfinu eða til þess að 5-10% hluti þess vatns sem nú er dælt upp af þessum svæðum, sé upphitað kalt grunnvatn. Vægar breytingar í hlutfalli súrefnissamsæta benda í sömu átt.

Hitamælingar í þeim djúpu holum í Eyjafirði, sem ekki eru nýttar, benda til þess að kalt eða volgt vatn seyti niður í nokkrum holum sem tengdar eru jarðhitakerfinu á Laugalandi, en ekki eru nein merki um niðurrennsli í holum 2 og 3 á Ytri-Tjörnum né holu GY-5 á Glerárdal. Þetta niðurrennsli er af hinu góða þar sem það stuðlar að því að halda uppi þrýstingi í vatnskerfinu og ná í varma, sem bundinn er í berginu.

1. VINNSLA OG VATNSBORÐ

Frá því í lok árs 1980 hefur Hitaveita Akureyrar safnað reglulega gögnum um vinnslu og vatnsborð á vinnslusvæðum veitunnar. Vikuleg meðalvinnsla hefur verið mæld með aflestrum af rennismælum sem eru við vinnsluholurnar BN-1 og HN-10 á Botni; LJ-5, LJ-7 og LN-12 á Laugalandi; TN-4 á Ytri-Tjörnum og GY-7 á Glerárdal. Vatnsborð hefur verið mælt vikulega í holum HN-10, LJ-8, TN-2 og GY-7. Einnig hefur vikulega verið fylgst með vinnslu og vatnsborði í holu RW-7 á Reykhúsum auk þess sem vatnsborð hefur verið mælt af og til í nokkrum öðrum holum utan vinnslusvæðanna sjálfra.

Vatnsborðs- og vinnslugögn ársins 1989 fyrir vinnslusvæðin fjögur ásamt holu RW-7 á Reykhúsum eru birt á myndum í viðauka I hér á eftir. Þar eru einnig birt gögn ársins 1988 til samanburðar. Í viðauka II eru birt vatnsborðs- og vinnslugögn frá upphafi vinnslu fyrir hvert vinnslusvæði. Þar eru auk þess birt gögn um vatnsborð í holu GG-1 á Grísará og holu HW-9 á Hrafnagili, gögn um vatnsborð í holu RW-7 og gögn um vatnsborð í holum HY-7, HW-9 og HY-11 á Hrafnagili.

Í töflu 1 eru birtar tölur um ársmeðalvinnslu á vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar til og með árinu 1989. Þar sést að heildarvinnslan hefur aukist um 5 l/s, eða ca. 17 GWh, frá því hún var minnst árin 1986 og 1987. Þessari auknu notkun hefur hitaveitan aðallega mætt með aukinni vinnslu á Syðra-Laugalandi. Ársmeðalvinnslan hefur lítið breyst á Botni og Ytri-Tjörnum undanfarnin ár, en vinnslan á Glerárdal hefur stöðugt farið minnkandi.

*TAFLA 1. Ársmeðalvinnsla vinnslusvæða Hitaveitu Akureyrar.
Við umreikning í gígawattstundir (GWh) er miðað við nýtingu í 30°C.*

Ársmeðalvinnsla af vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar										
Ár	Botn 85°C		Syðra- Laugaland 95°C		Ytri- Tjarnir 80°C		Glerár- dalur 60°C		Samtals	
	l/s	GWh	l/s	GWh	l/s	GWh	l/s	GWh	l/s	GWh
1981	3,8	7,6	82,1	195,8	41,6	76,3	3,3	3,6	130,8	283,4
1982	28,5	57,5	65,8	157,0	28,1	51,6	23,4	25,8	145,8	291,9
1983	33,0	66,6	50,4	120,2	36,2	66,4	30,0	33,0	149,6	286,4
1984	32,7	66,0	38,3	91,4	35,0	64,2	27,3	30,0	133,3	251,6
1985	30,8	62,2	39,7	94,7	24,9	45,7	23,1	25,4	118,5	228,0
1986	30,3	61,2	30,9	73,7	21,7	39,8	18,8	20,7	101,7	195,4
1987	30,6	61,8	34,7	82,8	18,5	33,9	15,6	17,2	99,4	195,7
1988	28,4	57,3	42,5	101,4	19,6	36,0	15,3	16,8	105,8	211,5
1989	29,9	60,3	43,8	104,5	18,7	34,3	13,5	14,8	105,9	213,9
SPÁ til 2000	29	58,5	46	109,7	29	53,2	19	20,9	123	242,3

Á mynd 1 er einnig sýnd varmaorkunotkun Hitaveitu Akureyrar frá 1981 til og með 1989. Þar er einnig sýnd áætluð aukning í notkun miðað við 1%, 1,5% og 2% árlegan vöxt í orkunotkun ásamt áætlaðri vinnslugetu hitaveitunnar samkvæmt spám í skýrslu Guðna Axelssonar og fleiri (1988). Þar sést að Hitaveita Akureyrar mun væntanlega geta fullnægt aukinni orkunotkun næstu 5 - 10 árin með núverandi vinnslusvæðum og varmadælunni. Hins vegar mun geta Hitaveitunnar til að ráða við háa afltoppa síðla vetrar minnka eftir því sem meðalvinnsla ársins nálgast vinnslugetu svæðanna. Því er líklegt að þeim dögum á ári fjölgi þar sem grípa þarf

til kyndistöðvar nema til komi aðrar aðgerðir eins og breytingar á dælubúnaði, niðurdæling á Laugalandi eða tilkoma nýrra vinnslusvæða. Ef við lítum á meðalvinnslu á einstökum vinnslusvæðum og berum hana saman við spár um vinnslugetu svæðanna (Guðni Axelsson o.fl., 1988), sem einnig eru birtar í töflu 1, sést að ársmeðalvinnsla á Syðra-Laugalandi virðist vera farin að nálgast áætlaða vinnslugetu þess svæðis. Ársmeðalvinnsla á Botni er svipuð og núverandi vinnslugeta. Samkvæmt spánni virðist mega auka vinnslu á Ytri-Tjörnum um 10 l/s og vinnslu á Glerárdal um nokkra l/s.

Um vatnsborðsbreytingar á vinnslusvæðunum má segja eftirfarandi:

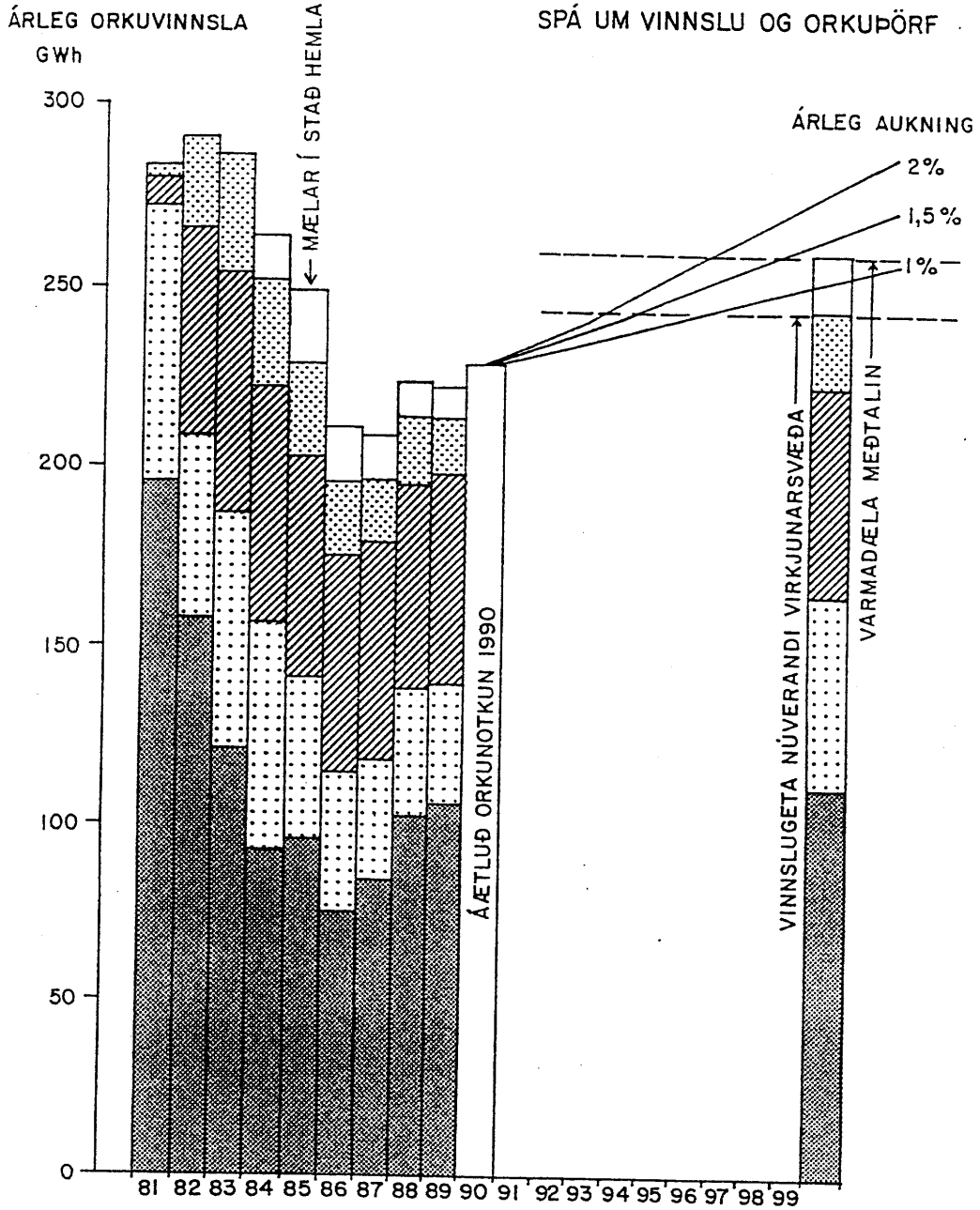
- Um mitt ár 1989 fór vatnsborð eitthvað lægra á **Botni** (HN-10) en það hefur áður gert, enda jókst vinnslan örlítið frá árinu á undan. Vatnsborðsbreytingar síðustu tvö árin eru í samræmi við vatnsborðsspá frá árinu 1988 (Guðni Axelsson o.fl., 1988).
- Vatnsborð í holu LJ-8 á **Laugalandi** er tekið að lækka á ný frá því það stóð hæst á árunum 1986 og 1987 og hefur sennilega lækkað um 20 m frá þeim tíma. Er þetta vegna aukinnar vinnslu og í samræmi við vatnsborðspána frá 1988.
- Vatnsborð í holu TN-2 á **Ytri-Tjörnum** virðist hafa hækkað um 10 - 15 m á síðustu tveim árum, þó erfitt sé að segja nákvæmlega til um það vegna mikillar árssveiflu í vatnsborði. Slík hækkun er í samræmi við vatnsborðsspána frá 1988.
- Vatnsborð á **Glerárdal** virðist einnig hafa hækkað nokkuð, þó erfitt sé að segja til um það vegna árssveiflu vatnsborðsins. Nokkur hækkun er í samræmi við vatnsborðsspána frá 1988.

Á mynd 2 í viðauka II sést að vatnsborð í holum HW-9 og GG-1 breytist í takt við vinnslu og vatnsborð á Laugalandi, eins og áður hefur verið bent á (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1989). Einnig virðist áhrifa gæta frá Ytri-Tjörnum á vatnsborð í RW-7 (mynd II.3), þó þau áhrif séu ekki nærri eins skýr. Á mynd 5 í viðauka II eru að lokum birt gögn um vatnsborðsbreytingar í holum 7, 9 og 11 á Hrafnagili. Eins og áður segir þá sjást greinileg áhrif frá Laugalandi í HW-9. Í hinum holunum tveimur eru vatnsborðsbreytingarnar mjög litlar, en þó marktækar og væntanlega stafa þær af áhrifum frá einhverju vinnslusvæðanna. Breytingarnar í HY-11 gætu verið áhrif frá vinnslu úr HN-10, en breytingarnar í HY-7 áhrif frá Laugalandi.

JHD-JEÐ-6000-ÓGF
90 01 0039 H

HITAVEITA AKUREYRAR

ÁRLEG ORKUVINNSLA SPÁ UM VINNSLU OG ORKUPÖRF



SKÝRINGAR:

- VARMADÆLUR
- GLERÁRDALUR
- BOTN
- YTRI-TJARNIR
- SYÐRA LAUGALAND

MYND 1. Árleg orkuvinnsla. Spá um vinnslu og orkupörf

2. HITI VATNS ÚR VINNSLUHOLUM

Hiti hefur verið mældur reglulega á því vatni sem dælt er úr vinnsluholum Hítaveitu Akureyrar. Þessar reglubundnu hitamælingar ná aftur til ársins 1981. Sömu hitamælar hafa verið notaðir þennan tíma, en þó voru mælar á Laugalandi og Botni einangraðir í september 1988. Aflestrarnákvæmni þessara mæla er aðeins 0,5 - 1,0°C. Í viðauka III eru mánaðarmeðaltöl hita vatns úr einstökum holum teiknuð sem fall af tíma.

2.1 Vinnsluholur á Laugalandi

Á Laugalandi eru mælingar úr holu LJ-5 (mynd III.1) hvað samfelldastar. Þær sýna tvennt. Í fyrsta lagi árstíðabundna sveiflu, vatnið er kaldara á vetrum en sumrum, og í öðru lagi hæg-fara hækkun hita úr u.þ.b. 92°C í u.þ.b. 96°C, eða um 4°C. Hækkunin eftir 1988 gæti þó af einhverju leyti stafað af hærri aflestrum vegna einangrunar mælisins. Árstíðabundnu sveifluna má skýra með tvennum hætti. Annars vegar gæti verið um bein áhrif veðurlags að ræða, þannig að þegar kalt er í veðri og vindasamt hafi það áhrif á hitamælana sjálfa. Hins vegar gæti þarna verið um samspil æða að ræða. Þegar mikill niðurdráttur er í svæðinu á vetrum komi hlutfallslega meira úr efri æðum holunnar (á 570-662 m dýpi) en úr vatnsæðinni á 1296 m. Hiti á neðri æðinni er um 96°C en um 91°C í efri æðunum. Þessi síðastnefnda skýring getur einnig átt við hægfara hækkun hita allt frá 1982 enda hefur þrýstingur í svæðinu farið vaxandi vegna minni dælingar, a.m.k. fram til 1988.

Mælingar á vatni úr holu LJ-12 (mynd III.2) sýna einnig hækkandi hita með tíma, úr u.þ.b. 94°C í 96°C en hiti á vatni úr LJ-7 (mynd III.3) virðist hafa staðið nokkuð í stað (95°C) ef marka má þær strjálu mælingar sem til eru. Hér þarf einnig að hafa í huga möguleg áhrif af einangrun mælanna haustið 1988.

2.2 Vinnsluholur við Botn

Hiti vatns úr holum BN-1 og HN-10 sem fall af tíma er sýndur á myndum 4 og 5 í viðauka III. Þar virðist gæta vægrar kólnunar með tíma, báðar holurnar kólnuðu um 1°C á tímabilinu 1983 - 1988. Í kjölfar um mánaðar stöðvunar dælu HN-10 árið 1988 hækkaði hiti vatns úr BN-1 um 3-4°C. Virðist því mega rekja þessa hækkun til einhverra breytinga í kjölfar þrýsti-hækkunar við prófunina. Í september 1988 voru hitamælar einangraðir á HN-10 og BN-1. Við það hækkuðu aflestrar af HN-10 um 1°C. Einnig hækka aflestrar af BN-1 eitthvað frá sama tíma.

2.3 Ytri-Tjarnir og Glerárdalur

Hiti vatns úr holu TN-4 (mynd III.6) hefur verið nokkuð stöðugur frá 1981. Ef eitthvað er þá hefur vatnið hitnað um 1°C frá árinu 1981. Engar breytingar sjást á hita vatnsins úr GY-7 frá því vinnsla hófst þar árið 1982 (mynd III.7). Hitinn þar mælist um 60°C.

3. EFNÆFTIRLIT

Undanfarin ár hafa sýni verið tekin reglulega til efnagreininga af vatni úr vinnsluholum hitaveitunnar auk sýna úr dreifikerfi. Tilgangurinn er að kanna hvort og hve miklar breytingar verða á efnasamsetningu vatnsins með tíma. Þannig má fylgjast með því hvort og hve mikið af köldu grunnvatni leitar inn í jarðhitakerfið í stað þess heita vatns sem upp er dælt.

Að þessu sinni var afráðið að taka einnig sýni úr öllum þeim laugum og borholum í grennd vinnslusvæða hitaveitunnar, sem ná má vatni úr. Tilgangurinn var tvíþættur; að fá samanburð við eldri mælingar og fá samtíma mælingar úr öllum laugum og borholum. Síðast voru tekin sýni úr laugum á árunum 1977 - 1981. Þau voru tekin á mismunandi tímum og greiningaraðferðir voru ekki ætíð hinar sömu og nú eru notaðar þannig að niðurstöður eru ekki fullkomlega sambærilegar. Þá er vatnið mjög efnasnautt og því þarf hlutfallslegar miklar breytingar til að þær séu utan skekkjumarka í greiningum og sýnatöku.

Auk efnagreininga voru mæld hlutföll vetnis- og súrefnissamsæta í öllum sýnunum. Þær mælingar voru gerðar við háskólann í Akita í Japan en einnig við Háskóla Íslands. Þar sem allmikill munur er á þessum hlutföllum í heita vatninu í jarðhitakerfum Eyjafjarðar annars vegar og kalda grunnvatninu hins vegar standa vonir til að mælingar á samsætu hlutföllum séu næmar fyrir innrennsli á köldu vatni í jarðhitakerfin.

Sýnataka fór fram í ágúst 1989. Til viðbótar sýnum úr vinnsluholum voru tekin sýni úr holu GG-1 við Grísará og holu GRÝ-3 og GRÝ-4 við Grýtu. Einnig var reynt að ná sýnum úr holu GW-1 við Grýtu og holu við Hrafnagil en það mistókst. Ekki er víst að sýnið úr Grísar-árholumni sé marktækt þar sem ekki tókst að dæla nægjanlega miklu úr holunni til að skipta um vatn í henni.

3.1 Vatn úr laugum og grunnum holum

Á árunum 1977-1981 voru tekin sýni til efnagreininga úr öllum þekktum laugum í Eyjafirði (Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1981). Jafnframt var mælt hlutfall stöðugra samsæta (ísótópa) vetnis og súrefnis í vatninu, en það má oft nota til að rekja uppruna vatnsins. Nú er liðinn rúmur áratugur frá því að Hitaveita Akureyrar hóf starfsemi sína og margar af laugunum hafa þornað og vatnsborð fallið í grunnum borholum, sem áður voru nýttar. Nokkrar laugar á svæðinu eru þó enn uppi og ekki hefur orðið vart við breytingar á rennsli úr þeim. Bendir það til þess að laugarnar séu lítt eða ekki tengdar vinnslusvæðum hitaveitunnar og bera því vott um ónýtt jarðhitasvæði mjög nálægt núverandi vinnslusvæðum. Ef engar breytingar sjást á efnasamsetningu eða samsætu hlutföllum styrkist sú tilgáta að laugarnar séu ótengdar núverandi vinnslusvæðum hitaveitunnar.

Tekin voru sýni úr sex laugum. Þær eru allar nema ein (Hólsgærði) nálægt núverandi vinnslusvæðum. Auk þess voru tekin sýni úr tveim grunnum borholum við Grýtu, GRÝ-3 og GRÝ-4. Önnur þeirra (GRÝ-3) er rétt við gömlu lagina og er hiti þess vatns, sem rennur úr holunni, nánast hinn sami og mælist í lauginni. Var sýnið tekið úr holunni þar sem aðstæður til sýnatöku úr henni voru betri en úr lauginni. Vatnið sem kemur úr holu GRÝ-4 er kaldara en vatnið sem kemur úr GRÝ-3 og Grýtulaug.

Niðurstöður allra þessara efnagreininga eru birtar í töflu 2. Til samanburðar eru teknar með í töfluna niðurstöður eldri efnagreininga frá 1977-1981. Ekki eru til eldri mælingar á vetnissamsætu hlutfalli á vatni úr laugum við Ytra-Gil, Stokkahláðir og Grýtu. Ef til eru mælingar á hlutfallinu í enn eldri sýnum voru þau tekin með í töfluna (Kristnes). Eldri mælingar á hlutfalli súrefnissamsæta eru til frá öllum stöðum nema Grýtulaug.

TAFLA 2. Efnagreiningar á vatni úr laugum í Eyjafirði

Efnasamsetning vatns (mg/kg)

Staður	Ytra-Gil		Kristnes		Stokkahláðir		Hólsgerði	
	810517 810092	890829 890053	771025 770177	890829 890055	810516 810089	890829 890056	790828 790098	890901 890070
Dagsetning Númer								
Hiti (°C) Sýrustig (pH/°C)	48 9,86/34	44,4 10,08/20	60 9,85/23	53,8 9,88/20	23,3 9,93/24	19,2 9,96/20	40 9,51/21	46,0 9,83/18
Kísill (SiO ₂)	61,4	63,6	88,4	83,6	71,9	66,6	82,0	80,5
Natrium (Na)	53,5	52,7	50,7	49,3	50,7	49,0	83,0	80,8
Kalíum (K)	1,0	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	1,5	1,4
Kalsíum (Ca)	1,0	4,6	1,9	3,1	4,0	5,1	6,0	5,9
Magnesíum (Mg)	0,25	0,02	<0,01	<0,01	0,05	0,43	<0,01	<0,01
Karbónat (CO ₂)	13,7	12,6	24,4	18,6	10,4	15,7	21,7	12,5
Súlfat (SO ₄)	44,6	46,3	34,4	37,1	47,1	46,8	76,7	74,4
Brennist.vetni (H ₂ S)	-	<0,03	<0,1	<0,03	<0,1	<0,03	0,14	<0,03
Klóríð (Cl)	17,8	16,5	10,7	7,2	9,7	10,2	40,5	38,6
Flúoríð (F)	0,54	0,56	0,64	0,60	0,63	0,61	3,16	4,41
Uppleyst efni	218	221	249	220	225	209	305	316
Járn (Fe)	-	<0,025	-	<0,025	-	<0,025	-	<0,025
Mangan (Mn)	-	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	-	<0,05
Bór (B)	0,29	-	-	-	0,20	-	0,24	-
δ ¹⁸ O o/oo	-14,3	-14,4*	"-13,5"	-13,8*	-14,2	-14,1*	-14,3	-14,4*
δ D o/oo	-	-103,4*	-100,5#	-97,0*	-	-99,6*	-106,4	-106,0*

Efnasamsetning vatns (mg/kg)

Staður	Mjaðmárdalur		Grýta laug	Grýta GRY-3	Grýta GRY-4	Garðsá	
	790828 790096	890901 890067				790829 790101	890829 890059
Dagsetning Númer							
Hiti (°C) Sýrustig (pH/°C)	33 9,20/21	33,3 9,56/18	30 9,62/22	30,8 9,68/20	14,8 9,74/20	19 9,62/22	19,1 9,89/20
Kísill (SiO ₂)	81,0	80,3	91,5	85,4	54,7	57	55,6
Natrium (Na)	132,3	128,0	75,2	62,0	50,7	54,5	54,0
Kalíum (K)	2,4	2,5	1,4	1,0	0,2	0,6	0,6
Kalsíum (Ca)	13,7	13,5	3,2	4,2	4,2	4,7	4,9
Magnesíum (Mg)	0,12	0,04	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	0,01
Karbónat (CO ₂)	14,6	10,6	34,5	41,2	30,5	17,5	18,9
Súlfat (SO ₄)	107,4	107,2	56,9	35,0	39,1	47,9	50,6
Brennist.vetni (H ₂ S)	<0,1	0,08	<0,1	0,26	0,22	0,1	<0,03
Klóríð (Cl)	118,8	116,0	29,5	17,4	13,1	19,6	19,0
Flúoríð (F)	2,17	2,10	0,6	0,56	0,49	0,38	0,39
Uppleyst efni	465	458	302	258	201	202	206
Járn (Fe)	-	<0,025	-	<0,025	<0,025	-	<0,025
Mangan (Mn)	-	<0,05	-	<0,05	<0,05	-	<0,05
Bór (B)	0,62	-	-	-	-	0,20	-
δ ¹⁸ O o/oo	-13,0	-13,1*	-	-13,2*	-13,4*	-13,6	-13,6*
δ D o/oo	-102,6	-100,6*	-	-96,5*	-96,0*	-99,2	-97,7*

- ekki mælt

gildi frá Braga Árnasyni (1976)

" " mælt 1982

* mælt við háskólann í Akita, Japan

Við samanburð sýna frá mismunandi tímum þarf að hafa í huga að greiningaraðferðir hafa í sumum tilvikum breyst og því eru niðurstöður einstakra greininga frá mismunandi tímum ekki alltaf alveg sambærilegar. Þannig var klóríð (Cl^-) og súlfat (SO_4^-) greint með mismunandi aðferðum í eldri og yngri sýnunum og í eldri sýnunum voru mælingar á sýrustigi (pH) og karbónati (CO_2) ónákvæmari en í þeim yngri. Aðferðir við kísilmælingu (SiO_2) hafa einnig verið endurbættar á tímabilinu, en mælingar á kísli eru þó taldar vera sambærilegar. Þá virðast sýni, sem tekin voru 1977 og mæld voru á annarri rannsóknarstofu, gefa hliðruð gildi miðað við sýni mæld á Orkustofnun. Styrkur kísils er t. d. hærri í öllum tilvikum. Af þessum ástæðum er sá munur í styrk kísils í sýnum frá Grýtu og Kristnesi, sem fram kemur í töflu 2, ekki marktækur. Gildi fyrir bór, sem mælt var í þessum sýnum, var birt í eldri skýrslu (Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1981) með fyrirvara. Hér er þessum gildum sleppt, þar sem komið hefur í ljós að sú aðferð, sem notuð var við greiningarnar, er ekki nothæf við þann bórstyrk, sem er í sýnunum.

Frávik í styrk ofanefndra efna frá eldri mælingum geta því stafað af mun á greiningaraðferðum og nákvæmni. Verður að taka mið af því við samanburð og túlkun. Einnig þarf að hafa hugfast að búast má við að styrkur efna í sýnum úr laugum sé breytilegri en í sýnum úr borholum. Ástæðan er sú, að skilyrði til sýnatöku úr laugum eru mun lakari en úr borholum auk þess sem hætta á íblöndun grunnvatns er meiri í laugunum.

Eins og fram kemur í töflunni eru ekki sjáanlegar verulegur munur á nýrri og eldri sýnum hvorki í efnainnihaldi né samsætuhlutfalli. Nokkur frávik sjást í greiningum sumra efna milli mælinga. Miðað við þær forsendur, sem raktar voru hér á undan, er sá munur í fæstum tilvikum marktækur. Fáeinar undantekningar eru þó. Þannig er sýrustig hærra og styrkur magnesíums marktækt lægra í sýni frá Mjaðmárdal nú heldur en í eldra sýni. Á Grýtu er styrkur brennisteinsvetnis hærri og styrkur súlfats og klóríðs marktækt lægri í nýju sýnunum. Ólíklegt er að þessar breytingar stafi af áhrifum frá vinnslu. Munurinn á Mjaðmárdalssýnunum stafar líklega af hvörfun í uppstreymisrás við yfirborð laugar, sem veldur hækkingu sýrustigs og lækkun magnesíumstyrks. Lækkun í styrk karbónats í yngra sýninu gæti einnig verið af sömu orsökum, en hann er þó varla marktækur.

Skýring á hækkuðum styrk brennisteinsvetnis í Grýtusýnunum er ekki fundinn. Styrkur þessa efnis er yfirleitt mun lægri í jarðhitavatni í Eyjafirði en mælist í sýnunum frá Grýtu. Orsök hærri styrks klóríðs og súlfats í eldra sýninu er einnig óþekkt. Greiningarnar eru raunar ekki alveg sambærilegar, þar sem sú fyrri var gerð á annarri rannsóknarstofu. Munurinn er þó það mikill að hann hlýtur að teljast marktækur. Hætta á mengun er miklu meiri í lauginni en holunni. Laugin er ofan í mýri og opin fyrir afrennsli ofan brekkuna þar sem eru bæir og tún. Gæti munurinn á milli greininga fremur stafað af slíkri mengun í lauginni en áhrifum vinnslu. Ástæða er til að taka aftur sýni úr þessum holum og lauginni.

Breytingar á hlutföllum vetnis- eða súrefnissamsæta eru ekki sjáanlegar. Ekki eru til í öllum tilvikum greiningar á þessum þáttum í eldri sýnum en til eru einhver viðmiðunargildi af öðrum hvorum þættinum frá öllum stöðunum nema Grýtu. Til er mæling af vetnissamsætuhlutfalli frá Brúnalaugum í bók Braga Árnasonar frá 1976 og er það $-95,6^\circ/\infty$, sem er nánast það sama og nú mælist í Grýtusýnunum. Þess ber þó að gæta að vatnið við Brúnalaug er í þrýsti-sambandi við Laugalandskerfið.

Niðurstaðan úr þessari könnun er sú að engar marktækar breytingar, sem rekja megi til vinnslu Hitaveitu Akureyrar, hafi orðið á vatni í þeim laugum á Eyjafjarðarsvæðinu sem enn eru uppi.

3.2 Efnæftirlit í vinnsluholum

Í töflu 3 eru sýndar niðurstöður efna- og samsætugreininga á sýnum úr djúpum borholum á vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar, auk sýna frá Laugalandi á Þelamörk og þær bornar saman við niðurstöður frá 1988. Þar sem sýni hafa ekki verið tekin úr holunni á Grísará (GG-1) í mörg ár er sýni frá 1977 tekið til samanburðar.

Af töflunni má ráða að ekki hafa orðið marktækar breytingar á vatninu á milli árána 1988 og 1989, þ.e. þær breytingar sem sjást eru innan skekkjumarka í mælingum. Ef á hinn bóginn er litið á niðurstöður efnagreininga frá upphafi vinnslu kemur í ljós að nokkrar breytingar hafa orðið. Á myndum í viðauka IV eru sýndar breytingar með tíma á styrk nokkurra efna í vatninu frá upphafi mælinga til 1989. Um er að ræða hlutfall natríums og klóríðs (Na^+/Cl^-), karbónat (CO_2), kísil (SiO_2), sulfat (SO_4^-) og flúoríð F^- . Í Na^+/Cl^- hlutfallinu eru nokkrar sveiflur en þetta gildi lækkar á árunum 1981-1983 í flestum holunum. Líklegt er að það stafi af innrennsli kalds grunnvatns inn í jarðhitakerfið þar sem styrkur Na^+ er lægri í kalda vatninu, en styrkur Cl^- mjög svipaður. Þó ber þess að gæta að ný og mun nákvæmari aðferð til greiningar á klóríði (Cl^-) var tekin upp á árinu 1983 og gæti það haft einhver áhrif. Styrkur karbónats er talsvert sveiflukenndur, enda geta bæði smávægileg mistök í sýnatöku og sýrustigsmælingu haft talsverð áhrif á mældan styrk þess. Að jafnaði kom fram heldur hækkandi styrkur karbónats á þeim árum, sem niðurdráttur var sem mestur á svæðunum, en frávik vegna sérstakra aðstæðna gátu þó orðið mun meiri.

Styrkur sulfats er talsvert sveiflukenndur, einkum fyrir 1984, en síðla árs 1983 var breytt um efnagreiningaraðferð og farið að nota jónagreini, sem gefur mun nákvæmari niðurstöður en sú aðferð, sem notuð var áður (thorin títrun).

Í holu HN-10 á Botni sjást marktækar breytingar í styrk flúoríðs. Þar hefur styrkurinn farið lækkandi með tíma og er nú yfir 10% lægri en í upphafi vinnslu úr holunni. Í holu BN-1 mælist einnig lækkun á styrkt flúoríðs en hún er á mörkum þess að teljast marktæk. Styrkur flúoríðs tengist ekki beint hita. Ekki er vitað hvaða efnajafnvægi ráða mestu um styrk flúoríðs í vatni, því flúoríðstyrkur í jarðhitavatni er langt undir metunarmörkum við þekktar flúoríðríkar steindir bergsins. Gerð jarðlaga virðist ráða mestu um styrk flúoríðs í jarðhitavatni og er hann hærri í súru bergi en basalti. Einnig eru millilög í hraunlagastaflanum oft flúórrík. Kalt grunnvatn í Eyjafirði hefur mun lægri flúoríðstyrk en jarðhitavatnið. Lækkun í styrk flúoríðs í holunum á Botni bendir því til breytinga í jarðhitakerfinu sem annað hvort gætu stafað af innrennsli kalds vatn eða breytingum á rennisleiðum vatnsins í jörðinni.

Ef litið er á hvernig hlutfall súrefnissamsæta (δO^{18}) og tvívætnishlutfall (δD) hefur breyst með tíma kemur í ljós að hlutur þyngri samsæta hefur farið vaxandi með tíma á Laugalandi, Botni og Glerárdal en ekki á Ytri-Tjörnum. Það bendir til þess að staðbundið grunnvatn leiti inn í jarðhitakerfin á Botni, Laugalandi og Glerárdal í einhverjum mæli. Þess ber þó að gæta að að fram til 1985 voru hlutföll súrefnissamsæta mæld í Danmörku en yngri sýni hjá Raunvísindastofnun Háskóla Íslands. Grunur leikur á að mælingarnar frá Danmörku sýni kerfisbundið hærri gildi en mælingar við Raunvísindastofnun. Þetta ber að hafa í huga við mat á niðurstöðum. Málið er í athugun.

Á Botni, Laugalandi og Glerárdal má sjá nær samfellda, hægfara lækkun í styrk kísils allt vinnslutímabilið. Þetta hefur verið túlkað sem vísbending um kólnun jarðhitakerfanna eða innrennsli á köldu grunnvatni í þessi svæði (Hrefna Kristmannsdóttir, 1985). Á Ytri-Tjörnum eru nokkrar sveiflur í kísilstyrk en ekki er sjáanleg hægfara lækkun eins og á hinum svæðunum þremur.

TAFLA 3. Efnagreiningar á vatni úr vinnsluholum Hitaveitu Akureyrar

Efnasamsetning vatns (mg/kg).

Staður	GYN-7		RN-7		HN-10		BN-1	
Dagsetning Númer	881015 880167	890831 890065	881015 880168	890829 890054	871028 870173	890830 890063	881015 880169	890830 890062
Hiti (°C)	60,1	59,9	77,2	76,5	81,7	81,6	92,6	90,6
Sýrustig (pH/°C)	9,73/16	10,05/18	9,79/16	9,91/20	9,89/18	9,84/24	9,73/16	9,78/25
Kísill (SiO ₂)	73,7	74,4	92,2	93,0	74,4	74,3	88,6	88,8
Natríum (Na)	49,4	48,0	55,2	54,9	45,8	45,9	54,8	54,1
Kalíum (K)	0,9	0,7	1,0	1,1	0,9	1,0	1,3	1,3
Kalsíum (Ca)	2,7	2,7	4,0	3,5	3,5	3,4	4,3	4,5
Magnesium (Mg)	0,02	<0,01	0,02	0,04	<0,01	0,01	0,02	0,01
Karbónat (CO ₂)	14,7	16,0	12,7	15,9	18,2	17,3	13,2	15,9
Súlfat (SO ₄)	32,8	33,3	47,9	47,3	36,3	38,7	55,4	55,4
Brennist.vetni (H ₂ S)	0,05	0,04	0,08	0,05	0,08	0,05	0,07	0,06
Klóríð (Cl)	12,0	10,3	12,6	12,5	8,0	7,6	12,1	12,0
Flúoríð (F)	0,60	0,60	0,60	0,57	0,53	0,52	0,59	0,56
Uppleyst efni	199	208	243	236	195	214	251	253
Járn (Fe)	-	<0,025	-	<0,025	<0,025	<0,025	-	<0,025
Bór (B)	0,22	-	0,25	-	-	-	0,19	-
Súrefni (O ₂)	0,015	0,010	0,015	0,020	0,015	0,015	0,005	0,010
δ ¹⁸ O o/oo	-13,9	-13,9*	-14,1	-14,0*	-13,7	-13,7*	-13,8	-13,7*
δ D o/oo	-	-98,6*	-	-98,6*	-96,7	-96,0*	-	-98,0*

Efnasamsetning vatns (mg/kg)

Staður	LJ-5		TN-4		LAUGALAND Á PELAMÖRK, H-2		GG-1		
Dagsetning Númer	881015 880170	890830 890061	881016 880172	890830 890060	881018 880179	890831 890066	771022 770161	890901 890069	891007 890102
Hiti (°C)	94,0	92,6	80,4	79,3	89	84,3	71	38,3	46,0
Sýrustig (pH/°C)	9,70/16	9,80/23	9,85/17	9,93/21	9,70/21	9,90/18	10,13/16	10,08/18	9,95/24
Kísill (SiO ₂)	98,0	98,2	87,9	88,4	127,7	127,2	82,8	81,7	83,0
Natríum (Na)	53,4	53,0	55,5	54,8	56,1	58,2	49,7	47,3	47,9
Kalíum (K)	1,2	1,2	1,0	1,0	1,6	1,6	1,0	0,8	0,9
Kalsíum (Ca)	3,1	3,0	3,5	3,4	2,3	2,1	4,0	3,6	3,8
Magnesium (Mg)	0,02	0,01	0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Karbónat (CO ₂)	12,2	20,6	15,4	13,2	18,0	22,0	20,7	14,6	18,6
Súlfat (SO ₄)	40,6	40,8	46,8	45,8	32,0	32,8	34,0	38,8	38,2
Brennist.vetni (H ₂ S)	0,08	0,07	0,07	0,07	0,19	0,19	<0,1	0,04	0,06
Klóríð (Cl)	13,1	13,5	13,9	13,1	13,2	13,3	7,5	7,0	7,2
Flúoríð (F)	0,38	0,36	0,47	0,45	0,88	0,83	0,62	0,58	0,59
Uppleyst efni	248	256	265	249	290	279	213	207	214
Járn (Fe)	-	<0,025	-	<0,025	-	<0,025	-	<0,025	<0,025
Bór (B)	0,14	-	0,20	-	0,25	-	-	-	-
Súrefni (O ₂)	0,005	0,010	0,010	0,010	0,020	-	-	-	-
δ ¹⁸ O o/oo	-13,3	-13,3*	-14,0	-13,9*	-	-14,2*	-14,0+	-13,9*	-
δ D o/oo	-	-94,4*	-	-98,8*	100,0#	-101,0*	-100,8+	-97,2*	-

- ekki mælt

gildi frá Braga Árnasyni (1976)

* mælt við háskólann í Akita, Japan

+ gildi frá djúpsyni af 1200 m dýpi teknu 1979

Styrkur kísils er hitaháður og lækkandi kísilstyrkur bendir til kólnunar í jarðhitakerfi, annað hvort vegna varmanáms úr berginu eða innstreymis og íblöndunar á köldu vatni. Kísill tekur þátt í flóknum efnahvörfum við bergið og því hæpið að nota hann til að reikna blöndunarhlutföll, jafnvel þótt ætla mætti út frá öðrum forsendum að kælingin stafi af innstreymi kalds vatns. Sú lækkun sem orðið hefur á styrk kísils svarar til 2-5°C lækkunar hita í jarðhitakerfinu eða til a.m.k. 5-10% blöndunar við kalt vatn, ef það er skýringin.

Kalt vatn, sem seytlar niður í jarðhitakerfi vegna mikils niðurdráttar og lækkandi þrýstings, hitnar smám saman og leitast við að komast í jafnvægi við bergið og nær þannig sama kísilstyrk og heita vatnið. Það tekur yfirleitt nokkurn tíma að ná efnajafnvægi við ríkjandi hita. Því eru fyrstu merki um innstreymi kalds vatns oft sveiflur í kísilstyrk. Náist jafnvægi ekki er styrkur kísils yfirleitt lægri en ef jafnvægi næst, a.m.k. við þær aðstæður sem ríkja á lágheatavæðum eins og í Eyjafirði. Stöðug lækkun kísils með tíma eins og fram kemur á Botni, Laugalandi og Glerárdal gæti því stafað af innstreymi kalds vatns, sem ekki nær kísiljafnvægi. Á Ytri-Tjörnum eru nokkrar sveiflur í styrk kísils, en fremur virðist mega rekja þær til samspils við Laugalandssvæðið en innstreymis á köldu vatni. Þannig þýddi hár kísilstyrkur á Ytri-Tjörnum að kísilríkt vatn frá Laugalandi skili sér í einhverjum mæli þangað.

Vísbending um innstreymi kalds vatns kom fram í hegðun margra efna á árunum 1980 - 1985 (Hrefna Kristmannsdóttir, 1985) en séð yfir lengri tíma (1980 - 1990) eru það nánast bara breytingar í hlutfalli súrefnisísótópa, sem benda til innrennslis á köldu vatni. Þar sem heita vatnið er mjög efnasnautt er erfitt að sjá breytingar í efnasamsetningu vatnsins nema um mikið innstreymi sé að ræða. Því kæmi til greina að breyta fyrirkomulagi vinnslueftirlitsins með það fyrir augum að fá sýni til greiningar á áhugaverðustu efnunum oftast en nú.

4. HITAMÆLINGAR Í BORHOLUM

Ef innstreymi grunnvatns í jarðhitakerfi á sér stað lekur kalda vatnið fyrst og fremst niður eftir þremur leiðum. Í fyrsta lagi getur kalt vatn hripað gegnum lek jarðlög, í öðru lagi eftir sprungum, og þá einkum þeim sprungum sem áður leiddu vatn upp til yfirborðs eða hár þrýstingur í jarðhitakerfinu hindraði niðurrennsli um, og í þriðja lagi niður um borholur sem ekki er dælt úr.

Á vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar eru jarðlög yfirleitt mjög þétt. Því er hverfandi lítil hætta á almennum leka niður í gegnum jarðlög. Eitthvert niðurrennsli getur átt sér stað um þær sprungur, sem áður fluttu vatn upp. Ef það er hins vegar haft í huga að þær voru yfirleitt þröngar og leiddu vatn illa upp, er ekki við því að búast að þær leiði mjög mikið niður. Hins vegar eru mýmargar holur víðs vegar á og í grennd vinnslusvæða hitaveitunnar, þar sem vatn úr köldum eð volgum æðum ofarlega í holunum gæti runnið niður í dýpri æðar, sem tengdar eru þeim heitavatnskerfum, sem verið er að nýta. Einnig er mögulegt að einhverjar af þeim holum sem boraðar hafi verið séu tengdar þeim vatnskerfum, sem enn er verið að leita að. Í slíkum tilvikum gæti vatn runnið úr djúpum æðum og út í kaldari æðar grunnt í holunum.

Til að kanna hvort rennsli á sér stað milli æða í holunum þarf að mæla hita í þeim. Fæstar af djúpu holunum í Hrafnagils- og Öngulsstaðahreppum hafa verið mældar síðan við upphaf vinnslu á þessum slóðum. Því var afráðið að mæla þær flestar sumarið 1989 til að kanna hvort millirennsli væri í þeim. Í töflu 4 er yfirlit um þær holur sem mældar voru sumarið 1989.

TAFLA 4. Skrá yfir holur sem mældar voru 1989

Svæði	Heiti holu	Dýpi holu (m)	Dýptarbil hitamæl. 1989	Athugasemdir
Laugaland	LJ-6	1870,0	0-183,5	Holan illa lokuð
Laugaland	LJ-8	2820,0	0-2750,0	
Laugaland	LG-9	1963,0	0-410,0	
Laugaland	LN-1	1606,0	0-466,0	
Klauf	KW-2	980,3	0-980,0	
Gryta	GW-1	1066,8	1048,0	
Ytri-Tjarnir	TN-2	1482,0	0-1400,0	
Ytri-Tjarnir	TN-3	1301,8	0-137,0	
Grísará	GG-1	1338,0	0-828,0	
Hrafnagil	HF-1	500,1	0-483,0	
Hrafnagil	HY-2	603,5	0-600,0	
Hrafnagil	HY-3	637,0	0-170,0	
Hrafnagil	HY-4	36,0	0-31,0	
Hrafnagil	HY-6	28,7	0-20,5	
Hrafnagil	HY-7	559,3	0-557,0	
Hrafnagil	HY-8	609,2	0-53,0	
Hrafnagil	HW-9	1059,0	0-673,0	
Glerárdalur	GY-5	296,5	0-227,0	Holan stendur opin

Í viðauka V eru hitamælingar í einstökum holum teiknaðar upp ásamt eldri mælingum úr sömu holum og í viðauka VI er að auki skrá yfir allar mælingar, sem gerðar hafa verið í þessum holum. Um er að ræða alls 149 mælingar þar af 104 hitamælingar. Margar hitamælinganna eru mældar í borun og nýtast því varla til að skoða breytingar á hita í holunum, sem rekja mætti til vinnslu á viðkomandi svæði. Þess ber að gæta, að þegar hitamælingar frá mis-

munandi tímum eru bornar saman, er ekki alltaf vitað hve vel mælitækin eru kvörðuð þegar þau voru notuð. Breytingar í hita sem eru minni en 1-2°C gætu stafað af lélegri kvörðun og þurfa nánari skoðunar. Innbyrðis breytingar í sömu hitamælingu eru þó réttar upp á 0,1°C. Í nokkrum holanna (LJ-8, LG-9, LN-10, HF-1, HY-2, HY-3) má greina vægt niðurrennsli sem þó er eina mest í holu LN-10. Niðurrennslið er mjög óverulegt líklega langt undir 1 l/sek í öllum holunum. Ekkert bendir til þess að þetta niðurrennsli skaði jarðhitakerfið á nokkurn hátt og því engin ástæða til að grípa til neinna aðgerða. Þetta niðurrennsli gæti þó skýrt að hluta breytingar í efnasamsetningu heita vatnsins með tíma, a.m.k. á Laugalandi.

Allmargar holanna er orðnar stíflaðar, sumar líklega af því að frágangi við þær hefur verið ábótavant og fólk freistast til að henda steinum niður í þær. Sérstaklega er ástæða til að ganga betur frá holu LJ-6 því hún er það víð að börn gætu fallið ofan í hana.

Hér verður fjallað um hverja holu fyrir sig og þær hitamælingar sem gerðar hafa verið í henni.

4.1 Hrafnagil

Hola HF-1 (mynd V.1) er fóðruð með 5" niður í 44,7 m. Hitamælingar sýna æð á 378 m. Á þrem elstu hitamælingunum rennur upp úr holunni úr æðinni, en frá 1978 er efri hluti holunnar að kólna. Líklega seitlar kalt vatn inn í holuna nálægt fóðringarenda og fer út í æðina á 378 m og kælir þannig efri hluta holunnar. Fyrir neðan 378 m eru ekki merkjanlegar breytingar á hita.

Hola HY-2 (mynd V.2) er fóðruð með 8" niður í 31,5 m. Hitamælingar sýna æð nálægt 450 m. Hitamæling frá 10 apríl 1975 er mæld 2 dögum eftir dýpkun. Á hinum hitamælingunum sést að holan er að kólna ofan 450 m og er ástæðan sú að kalt vatn seitlar inn efst í holuna og rennur niður og út um æðina í 450 m, en þar fyrir neðan eru ekki breytingar í hita.

Hola HY-3 (mynd V.3) er fóðruð með 8^{5/8}" niður í 48,5 m. Á hitamælingum koma fram æðar á 160 m og 400 m. Hér seitlar líklega kalt vatn niður holuna og rennur út um 400 m æðina. Fyrir neðan 400 m mælist kólnun upp á 2-3°C. Mælir komst ekki neðar en í 170 m í mælingunni árið 1989.

Hola HY-4 (mynd V.4) er fóðruð með 6" niður í 31,3 m. Hún er einungis 36 m djúp og nær ekki niður úr lausu jarðlögnum. Þar er því ekki hætta á niðurrennsli. Elstu mælingarnar endurspeglar um 43°C vatn, sem rann um lausu lögin áður en áhrifa vinnslu á Laugalandi tók að gæta.

Hola HY-6 (mynd V.5) er fóðruð með 8" niður í 21,4 m. Hún er örgrunn og sýnir nánast það sama og hola HY-4.

Hola HY-7 (mynd V.6) er fóðruð með 8" niður í 22,6 m. Hér er æð á 180 m og hefur holan kólnað lítillega fyrir ofan hana, en engar merkjanlegar breytingar eru fyrir neðan æðina.

Hola HY-8 (mynd V.7) er fóðruð með 8" niður í 54 m. Holan hefur kólnað ofan 70 m, en ekki er hægt að sjá hvort niðurrennsli er í holunni því hún er nú stífluð í 53 m. Mælingar frá 1981 benda ekki til niðurrennslis.

Hola HW-9 (mynd V.8) er fóðruð með 10" niður í 36 m. Hitamælingin frá 9 apríl 1979 er gerð daginn eftir að borun lauk. Hinar mælingarnar sýna að holan hefur kólnað fyrir ofan 120 m en fyrir neðan eru ekki merkjanlegar breytingar í hita. Holan er stífluð í 673 m.

4.2 Laugland

Hola LJ-6 (mynd V.9) er fóðruð með 13^{1/2}" niður í 145 m. Mælingin frá 1. maí 1976 er gerð 26 dögum eftir að borun lauk og renna þá 0,5 l/s upp úr holunni. Ekki er hægt að mæla hol-

una dýpra en 183,5 m og er því ekkert hægt að segja til um millirennslu í holunni.

Hola LJ-8 (mynd V.10) er fódruð með 14" niður í 199 m. Hér virðist líðlega 60°C heitt vatn seytle inn í holuna á um 250 m dýpi, renna niður holuna og út úr henni á 1330 m dýpi.

Hola LG-9 (mynd V.11) er fódruð með 9 5/8" niður í 35 m. Holan hefur kólnað töluvert milli mælinga. Mælingin gefur til kynna að nokkuð af um 40°C vatni seytle úr æðum á um 200 m dýpi, niður holuna og út í æðar einhvers staðar neðan 410 m dýpis. Dýpra fór hitamælirinn ekki vegna fyrirstöðu í holunni.

Hola LN-10 (mynd V.12) er með 16" höggborsfóðringu í 9,3 m. Hér sést að rúmlega 40 °C heitt vatn rennur úr æð á 175 m dýpi, niður holuna og út í æðarnar á 600, 1035 og 1555 m.

Hola KW-2 í landi Klaufar (mynd V.13) er fódruð með 9 5/8" niður í 44,9 m. Fyrri mælingin er gerð tæpri viku eftir að borun lauk og verður ekki séð að hér sé um neitt niðurrennslu að ræða. Hin snögga hitabreyting sem sést á 80 m dýpi er við vatnsborðið í holunni.

4.3 Grísará

Hola GG-1 (mynd V.14) er fódruð með 13 5/8" niður í 199 m. Mælir stöðvast í 828 m. Ekki er að sjá neitt millirennslu í holunni en örlitla truflun má greina í hitamælingunni á mótis við æðar á 500-600 m dýpi. Hitaferillinn er líklega mjög nálægt því að endurspeglar raunverulegan berg-hita sem fall af dýpi.

4.4 Ytri-Tjarnir

Hola TN-2 (mynd V.15) er fódruð með 11 3/4" niður í 271 m. Ekki er sjá neitt millirennslu í holunni. **Hola TN-3** (mynd V.16) er fódruð með 9 5/8" niður í 26,4 m. Hér ekki að sjá neitt millirennslu.

4.5 Grýta

Hola GW-1 (mynd V.17) er með höggborsfóðringu niður í 65 m. Mælingarnar frá október 1979 eru gerðar stuttu eftir borlok (15.okt.1979). Ekki er að sjá neitt millirennslu í holunni en örlítið seytlar úr henni.

4.6 Glerárdalur

Hola GY-5 (mynd V.18) er fódruð með 7 5/8" niður í 23 m. Mælingarnar frá febrúar 1981 eru mældar við 2,8 l/s rennsli úr holunni, en í hitamælingunni frá 23. júní 1989 er vatnsborð 97,4 m. Millirennslu er ekki í holunni en hiti á 100 - 114 m og kæling þar fyrir neðan bendir til lárétts rennslis.

TILVITNANIR

Guðni Axelsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz og Þorsteinn Thorsteinsson, 1988: *Vatnsöflun Hitaveitu Akureyrar. Staða og horfur 1988*. Orkustofnun, OS-88052/JHD-10, 33s., unnin fyrir Hitaveitu Akureyrar.

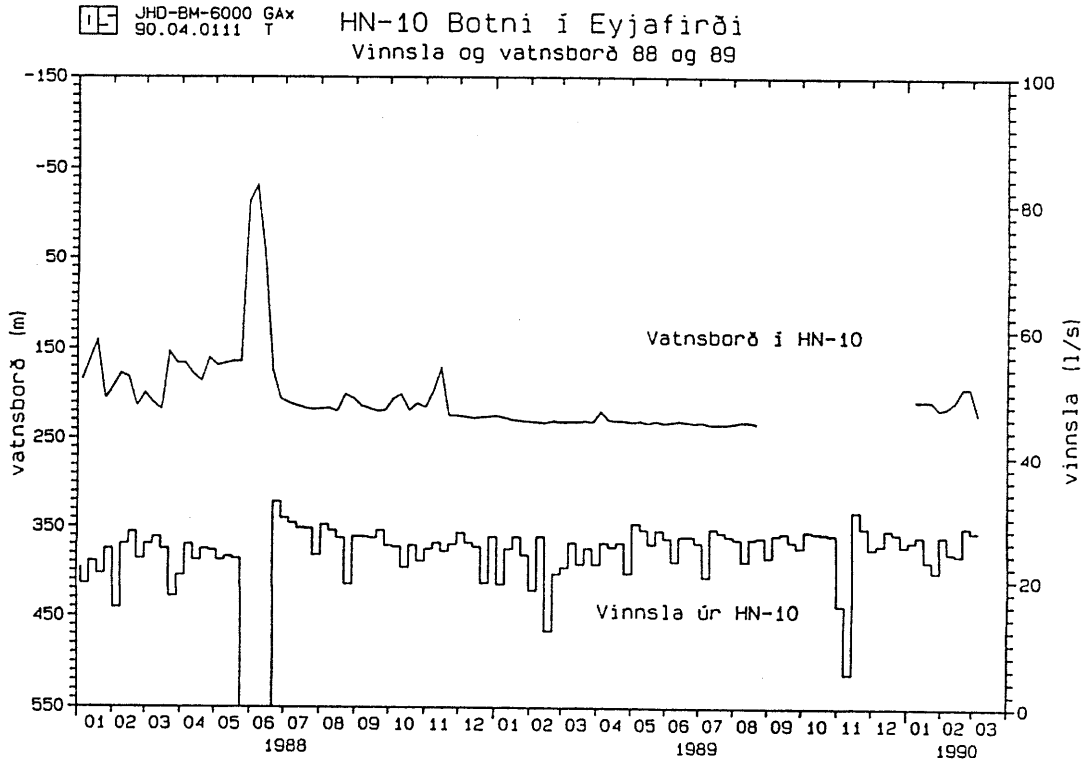
Hrefna Kristmannsdóttir, 1985: *Efnainnihald jarðhitavatts í vinnsluholum í Eyjafirði*. Orkustofnun Jarðhitadeild. Greinargerð HK-85/07, 8s.

Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen 1981: *EYJAFJÖRÐUR. Efnainnihald og ísótópa-hlutföll jarðhitavatts*. Orkustofnun, OS81023/JHD14, 49s.

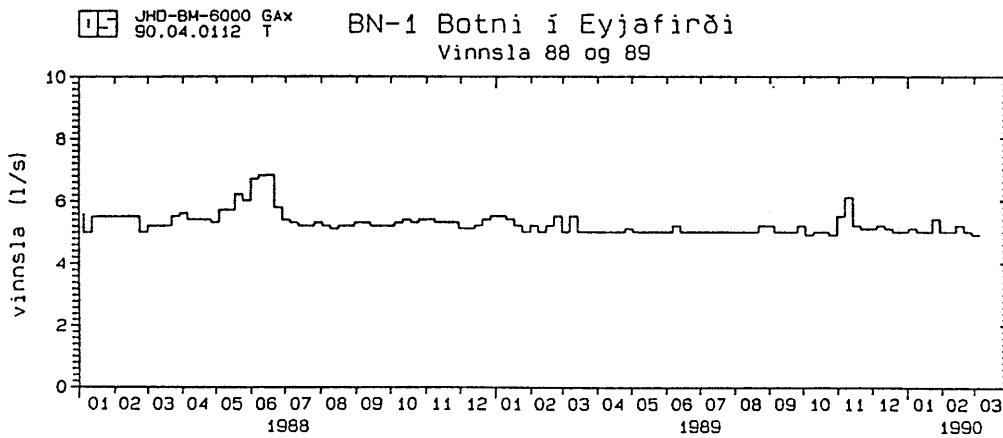
Ólafur G. Flóvenz, Ásgrímur Guðmundsson, Þorsteinn Thorsteinsson og Gylfi Páll Hersir, 1989: *Botn í Hrafnagilshreppi. Niðurstöður jarðhitarannsóknna 1981-1989*. Orkustofnun, OS-89018/JHD-03, 92s., unnin fyrir Hitaveitu Akureyrar.

VIÐAUKI I

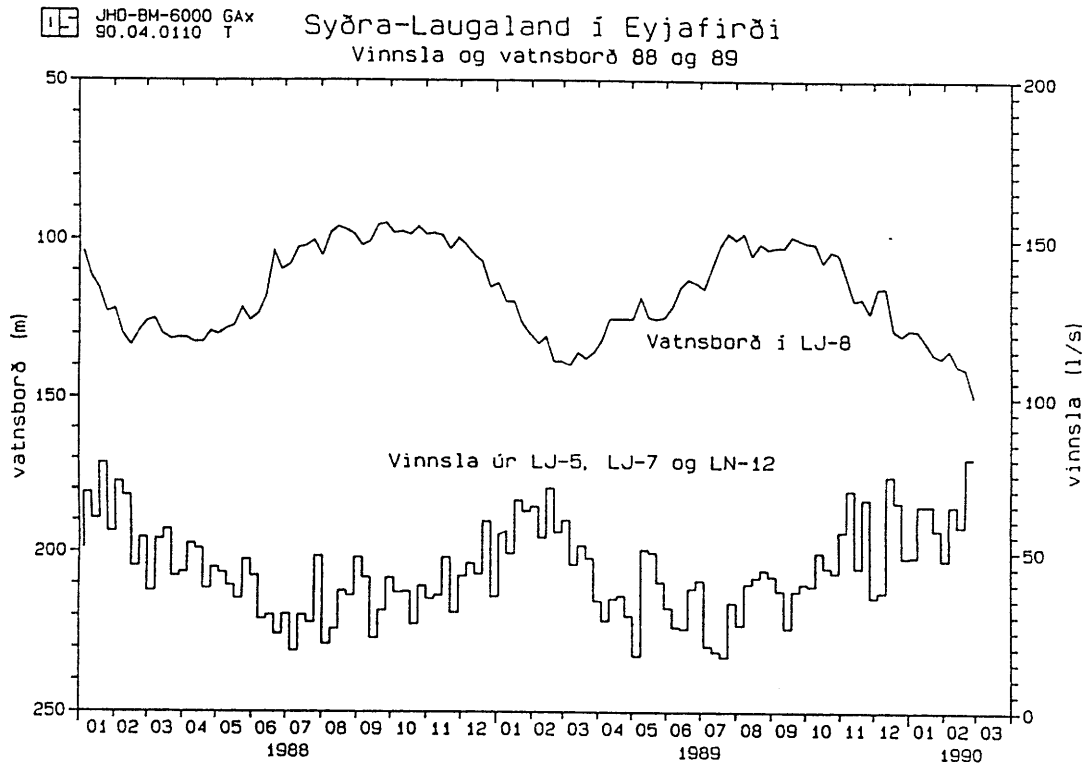
Vatnsborð og vinnsla 1989



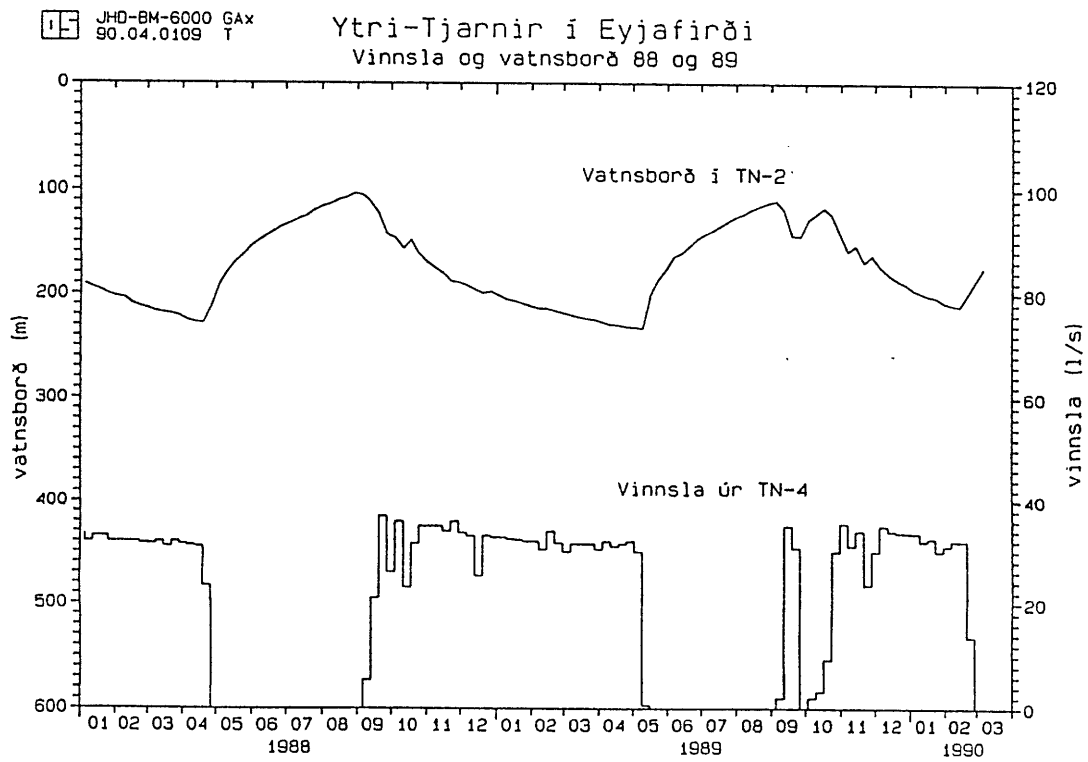
MYND I.1



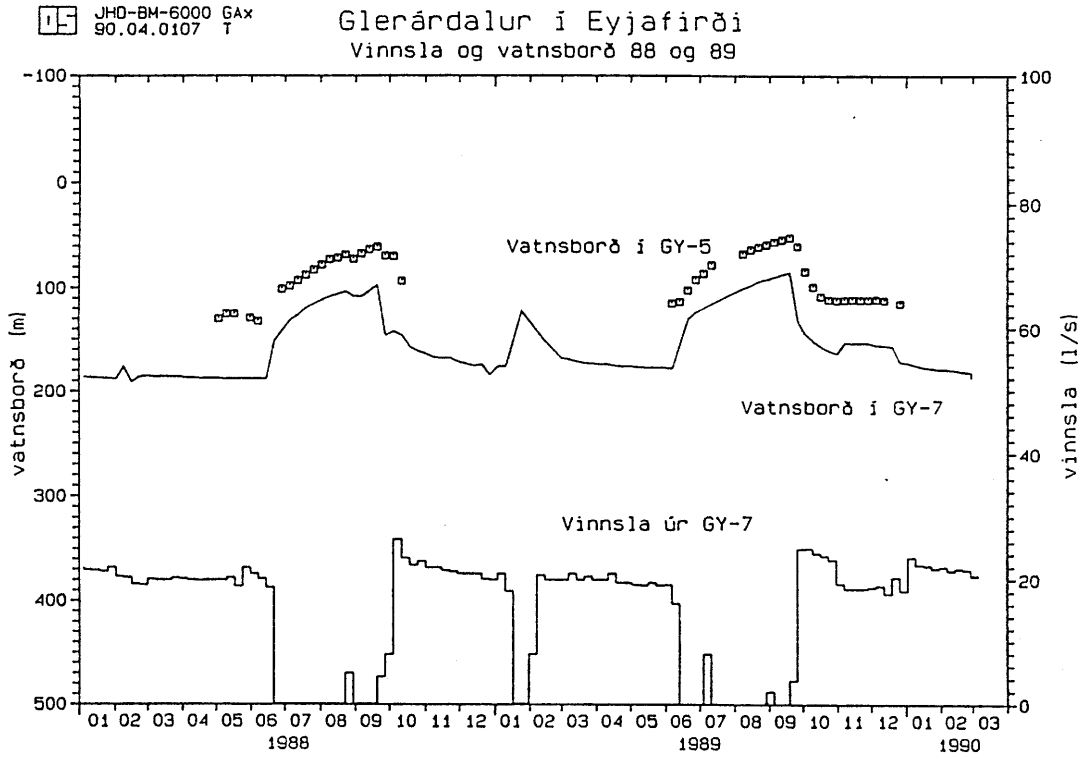
MYND I.2



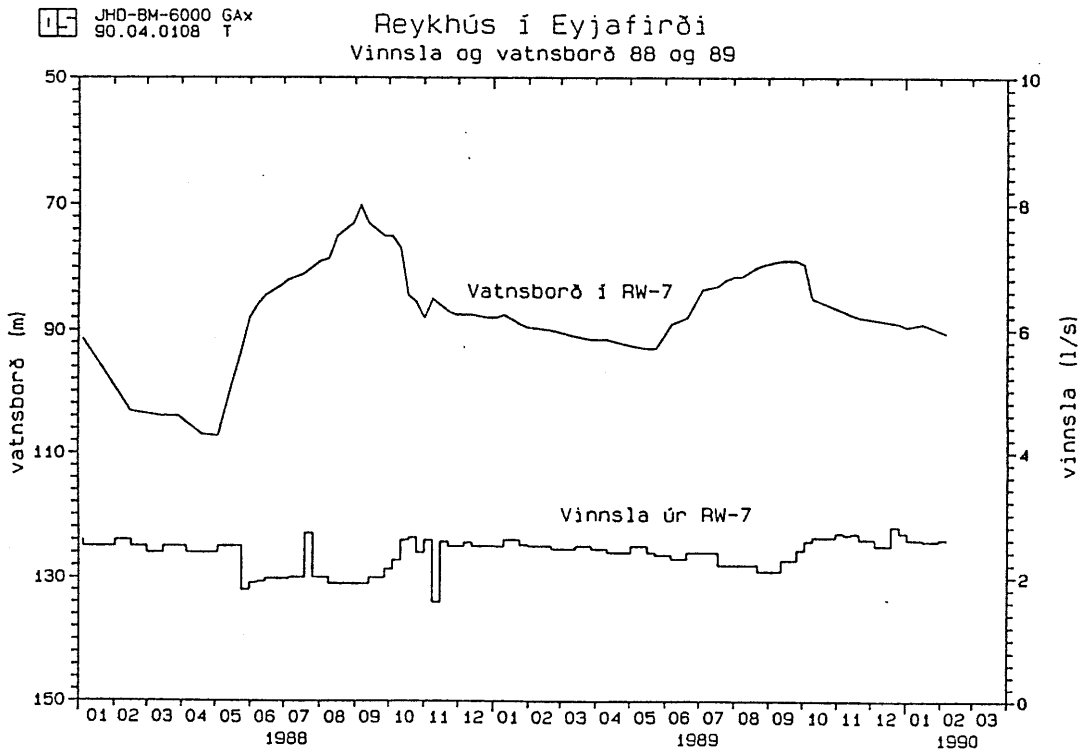
MYND I.3



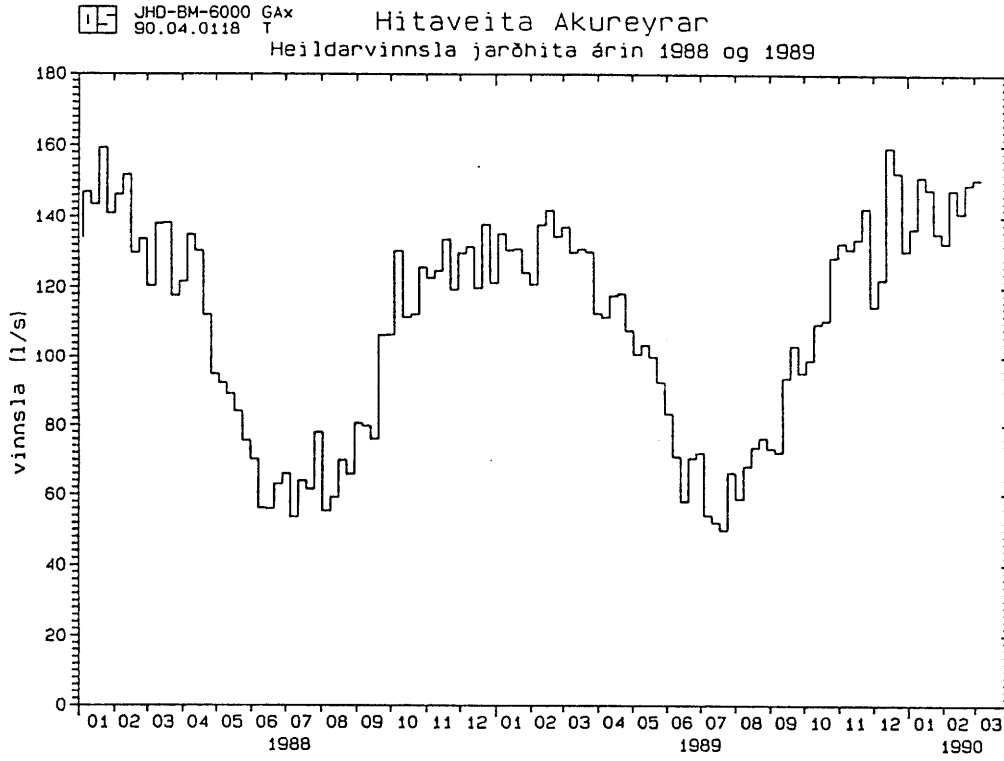
MYND I.4



MYND I.5



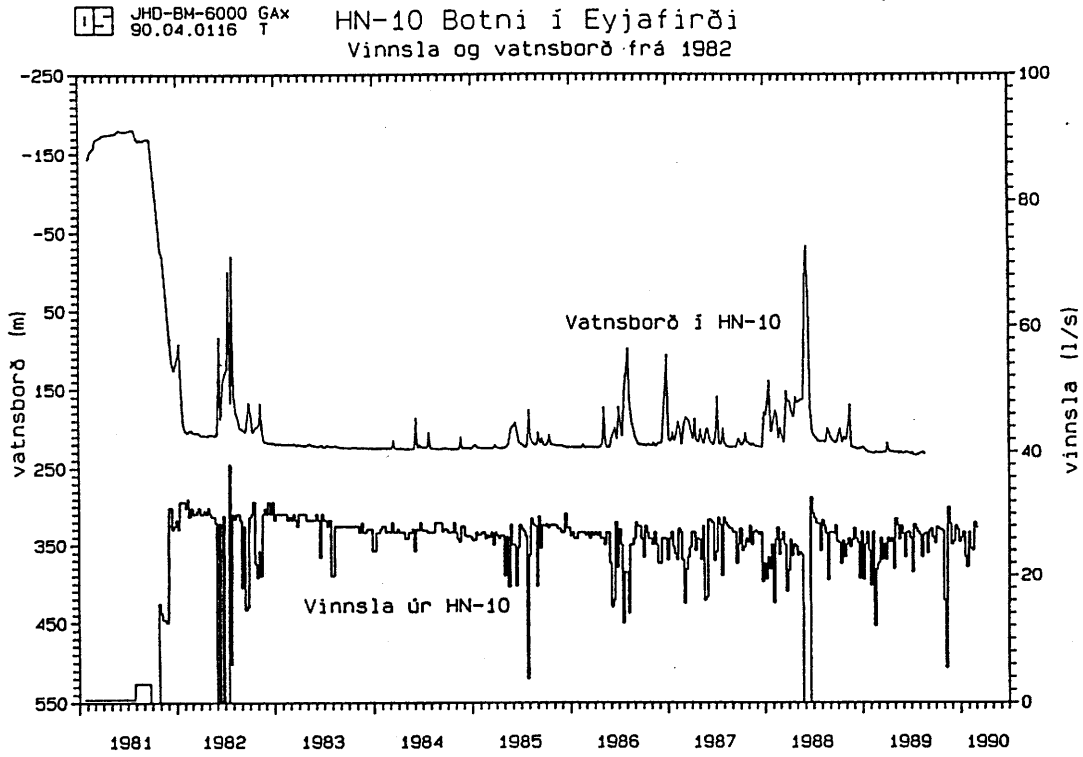
MYND I.6



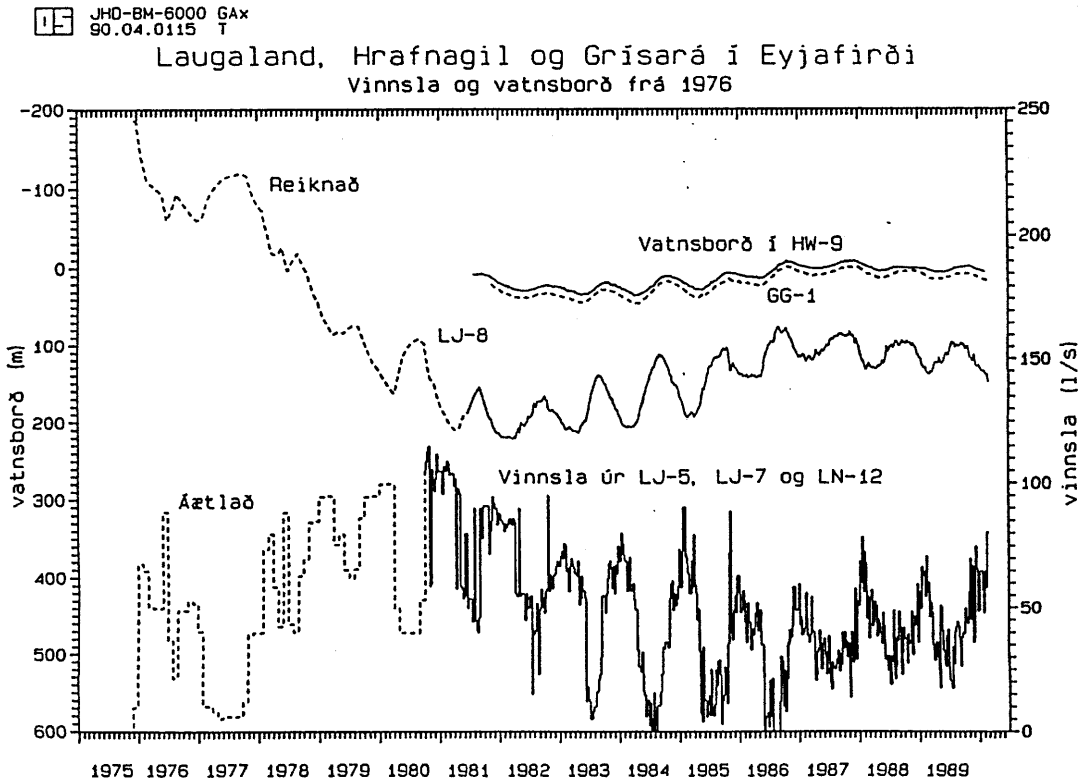
MYND I.7

VIÐAUKI II

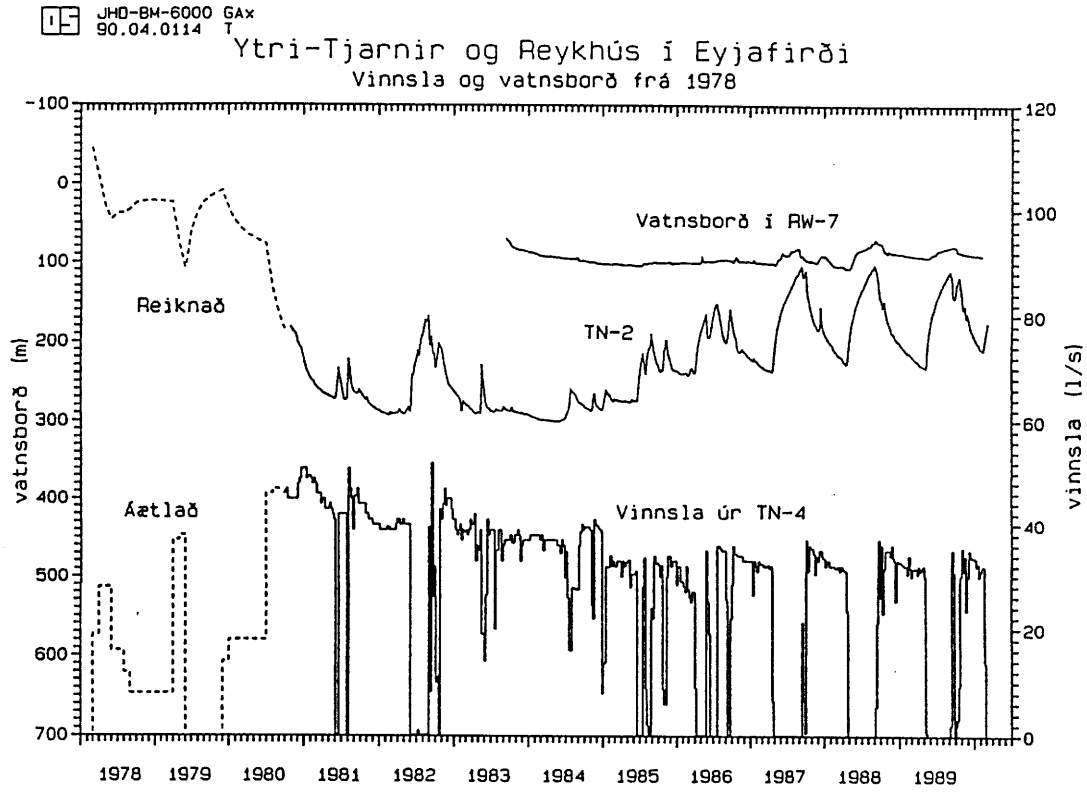
Vatnsborð og vinnsla 1975 - 1989



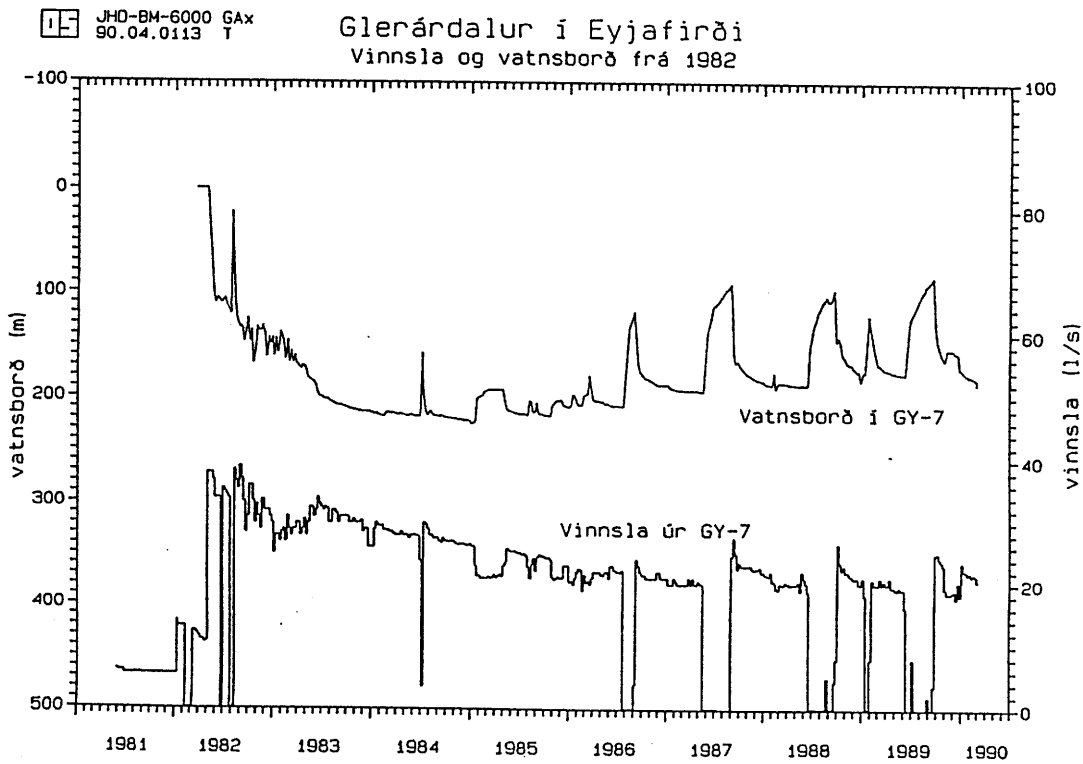
MYND II.1



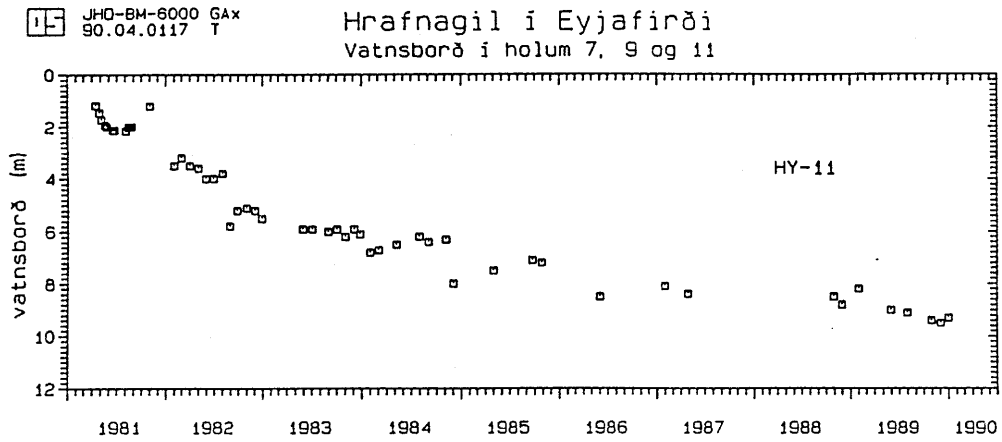
MYND II.2



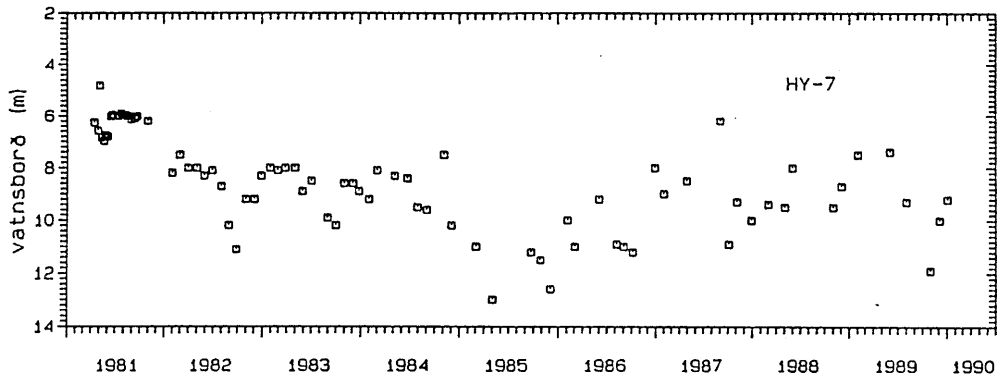
MYND II.3



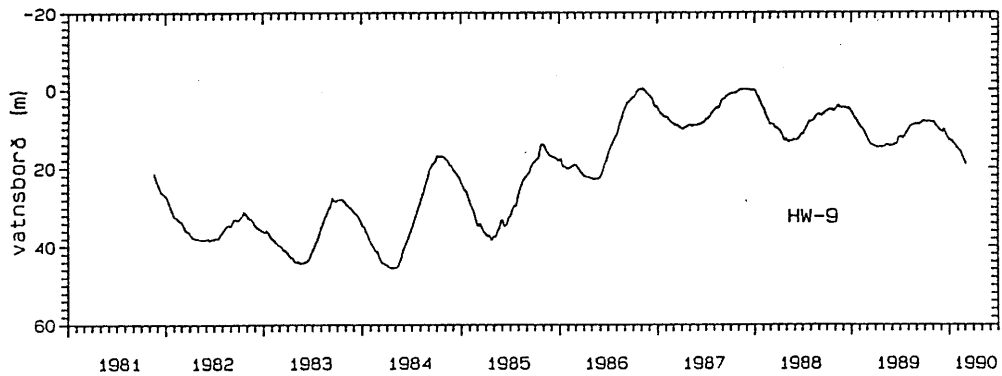
MYND II.4



MYND II.5



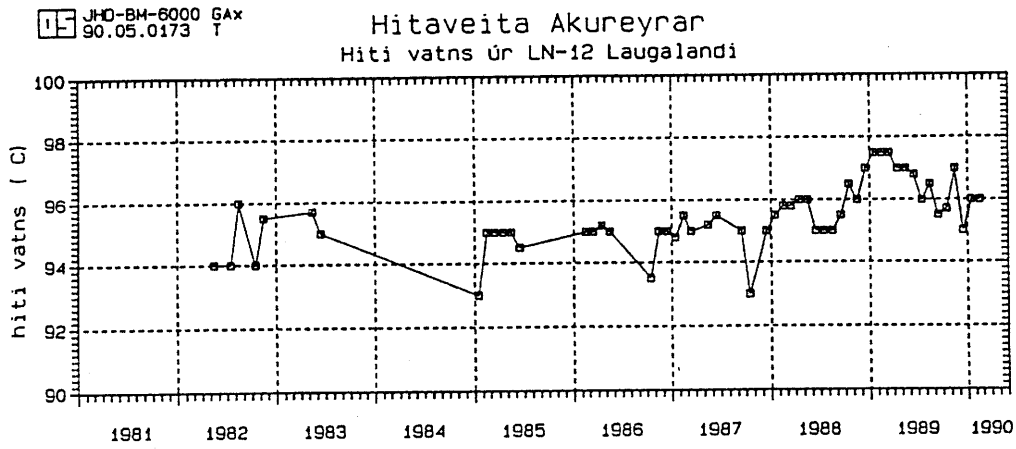
MYND II.6



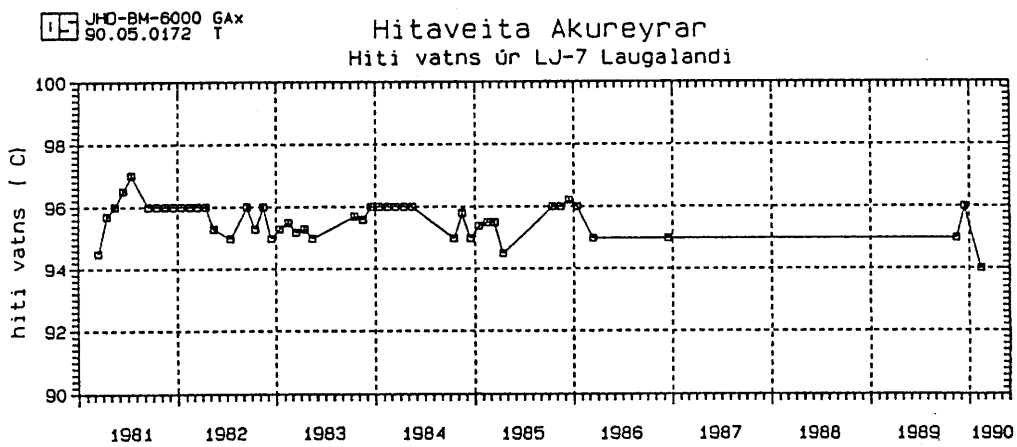
MYND II.7

VIÐAUKI III

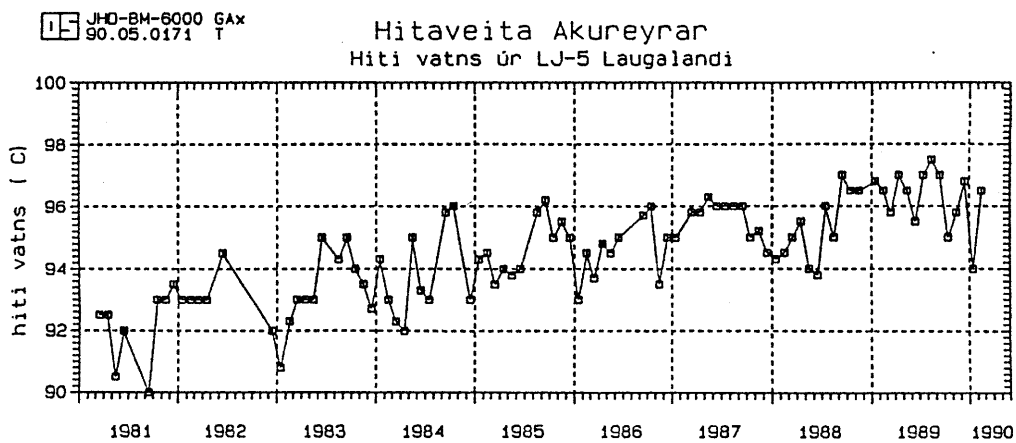
Hiti á vatni úr vinnsluholum sem fall af tíma



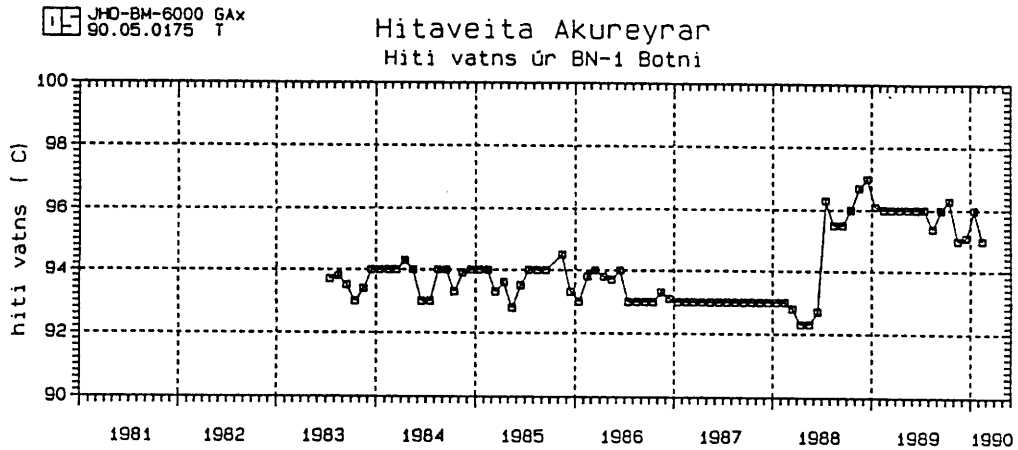
MYND III.1



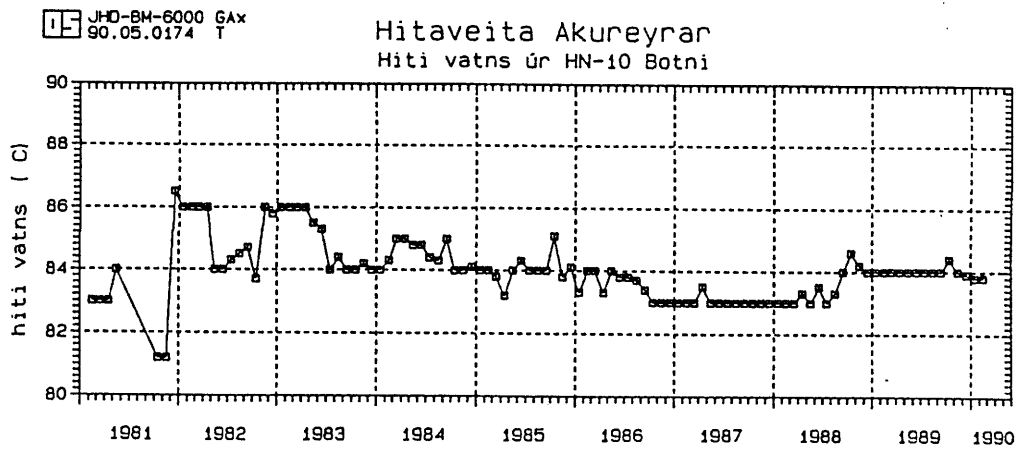
MYND III.2



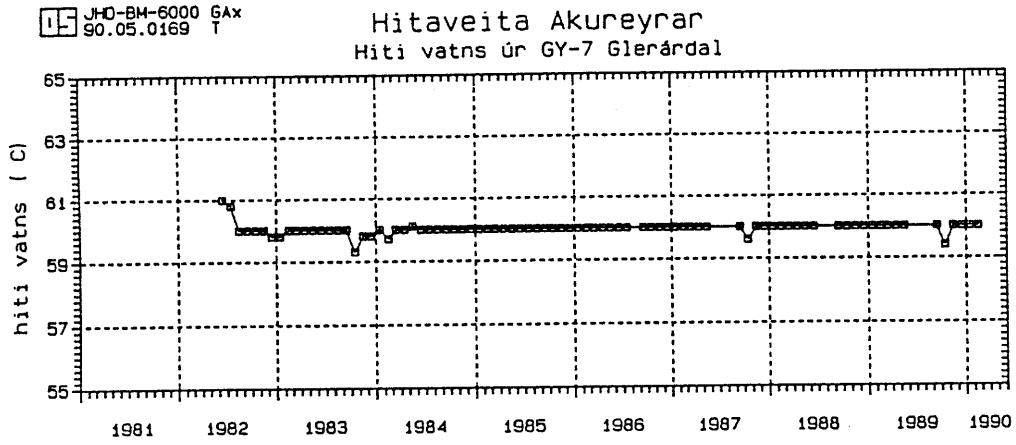
MYND III.3



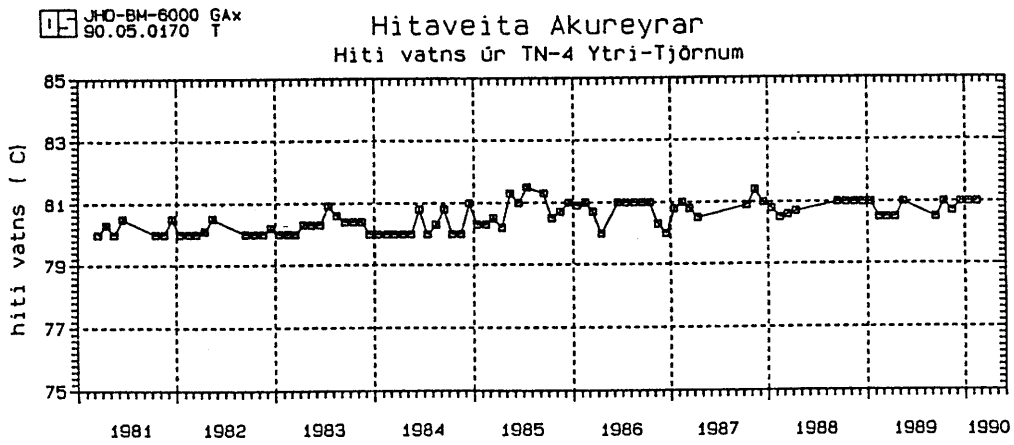
MYND III.4



MYND III.5



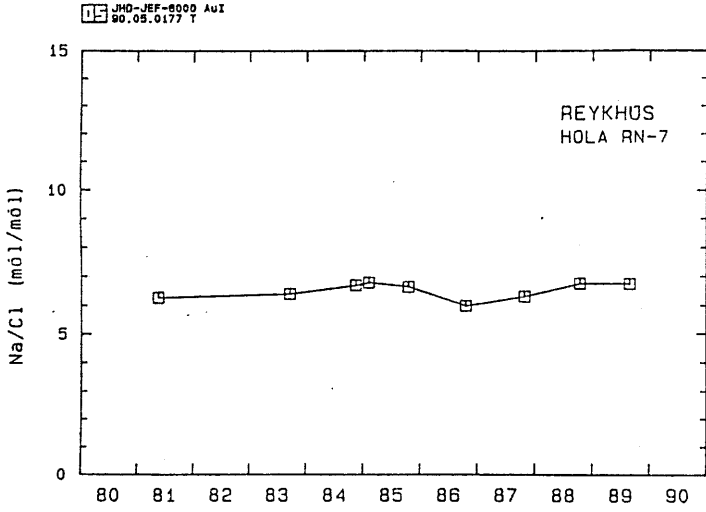
MYND III.6



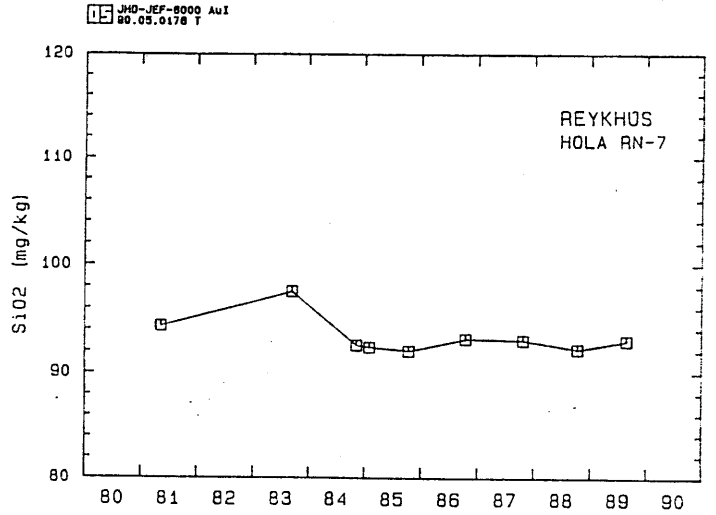
MYND III.7

VIÐAUKI IV

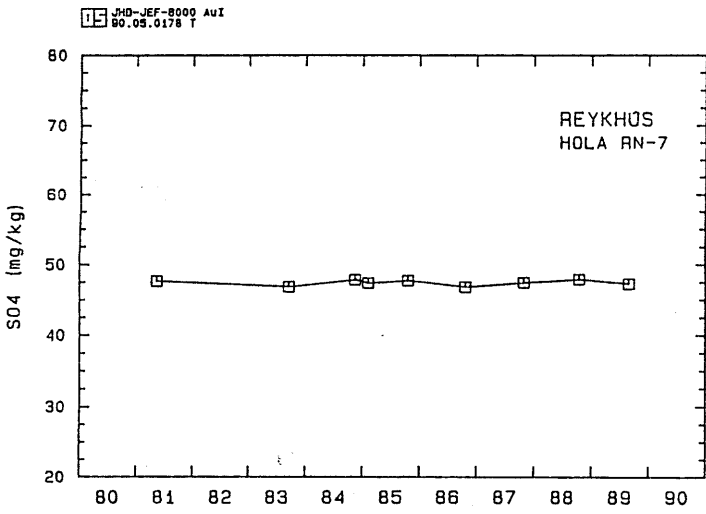
Styrkur efna í vinnsluholum sem fall af tíma



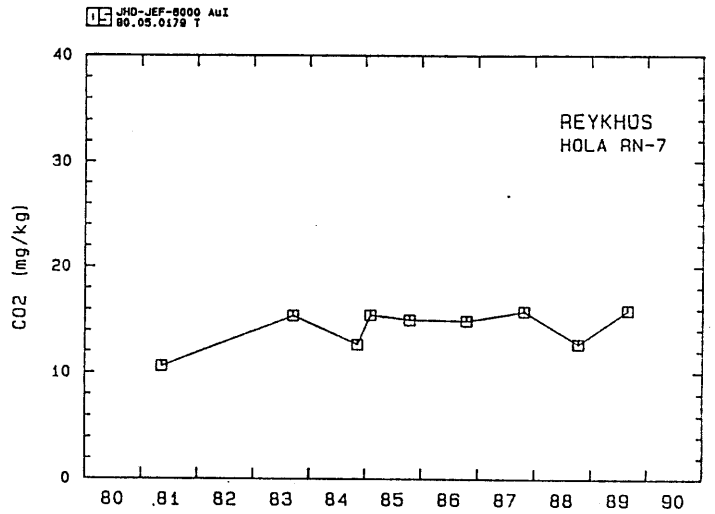
MYND IV.1



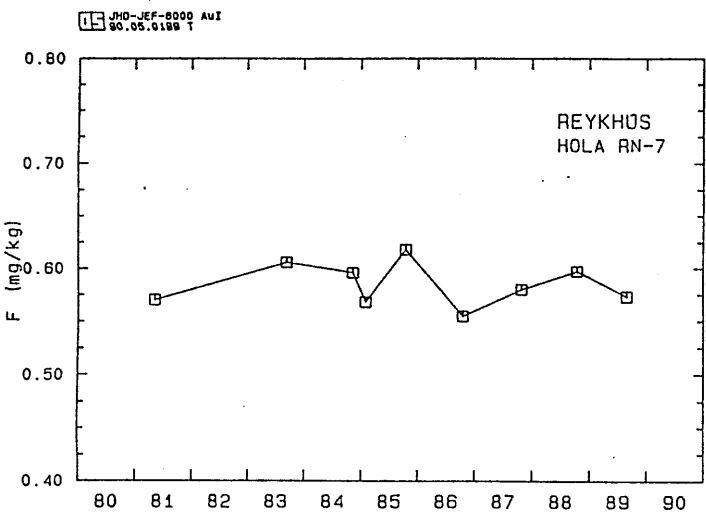
MYND IV.2



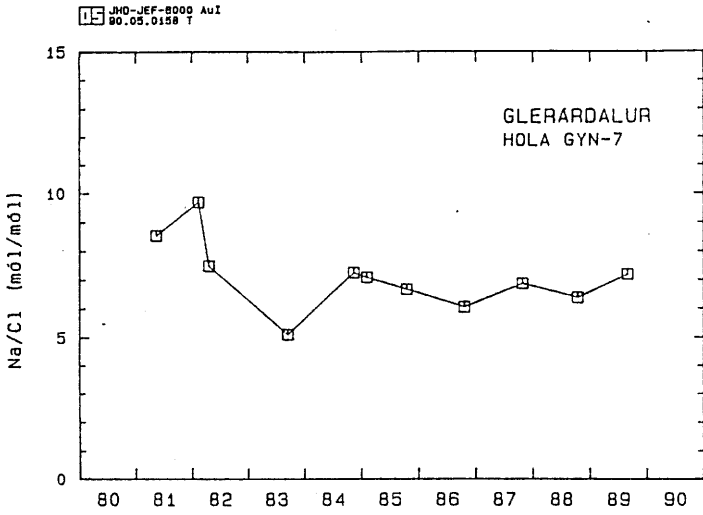
MYND IV.3



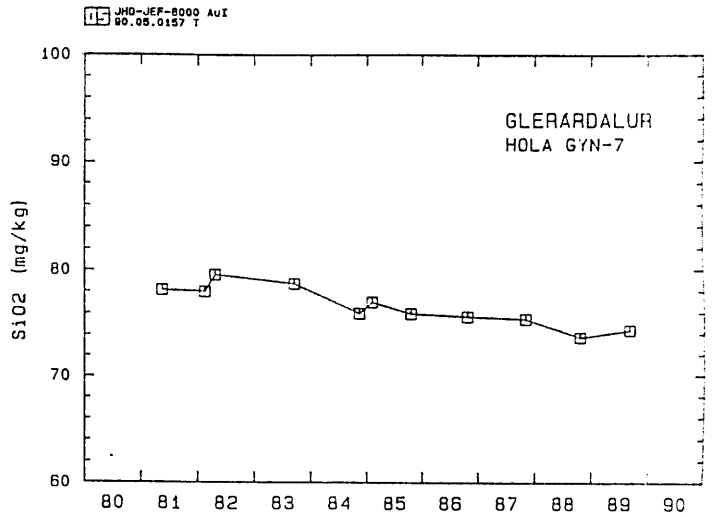
MYND IV.4



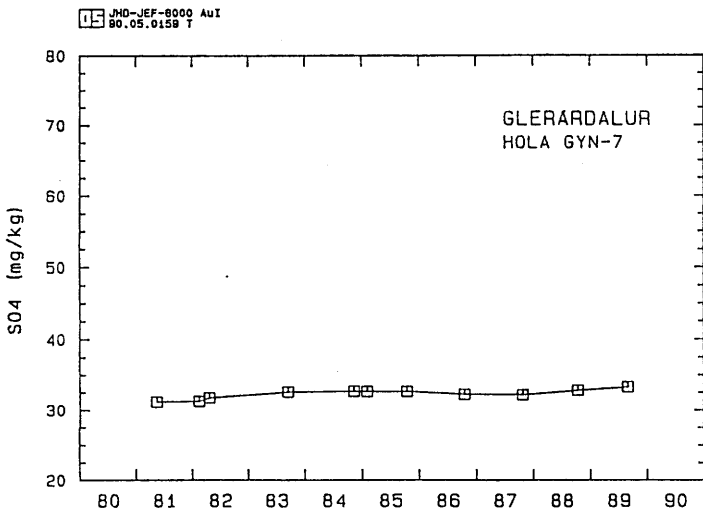
MYND IV.5



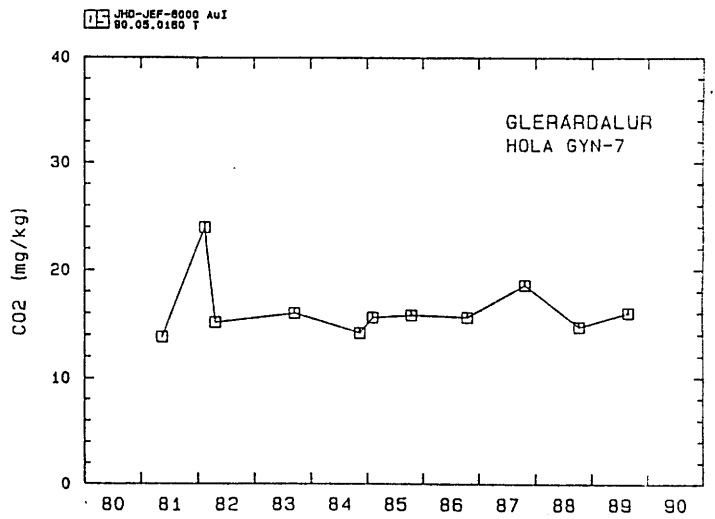
MYND IV.6



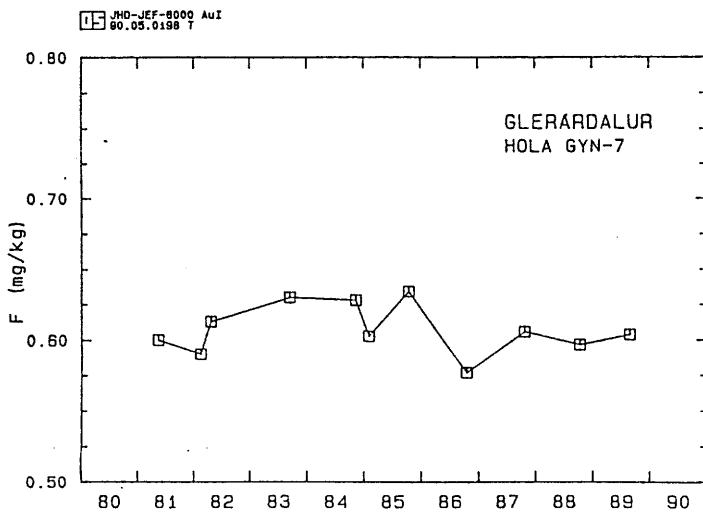
MYND IV.7



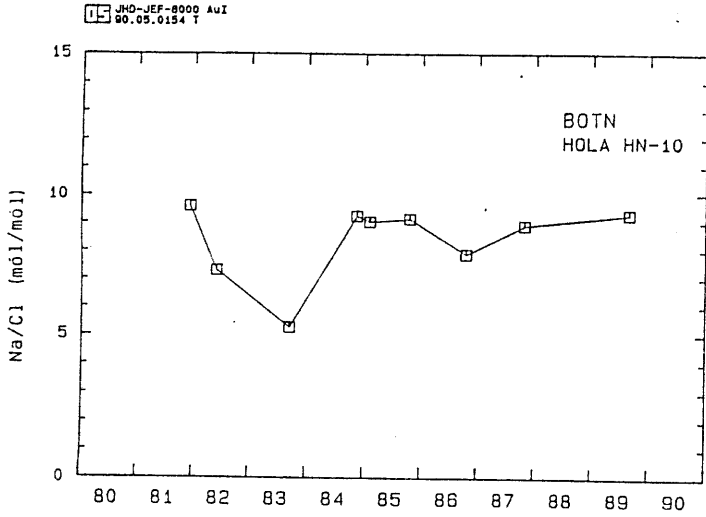
MYND IV.8



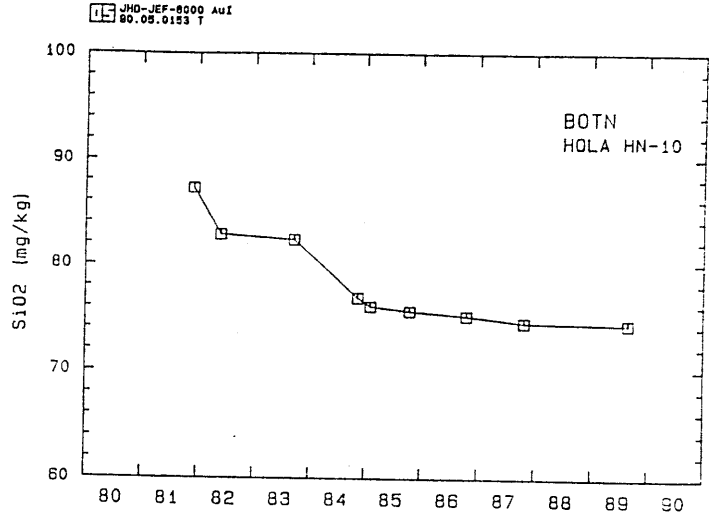
MYND IV.9



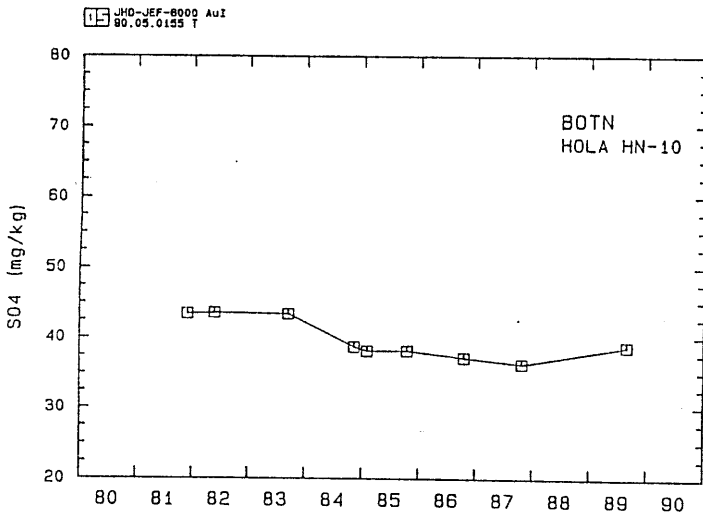
MYND IV.10



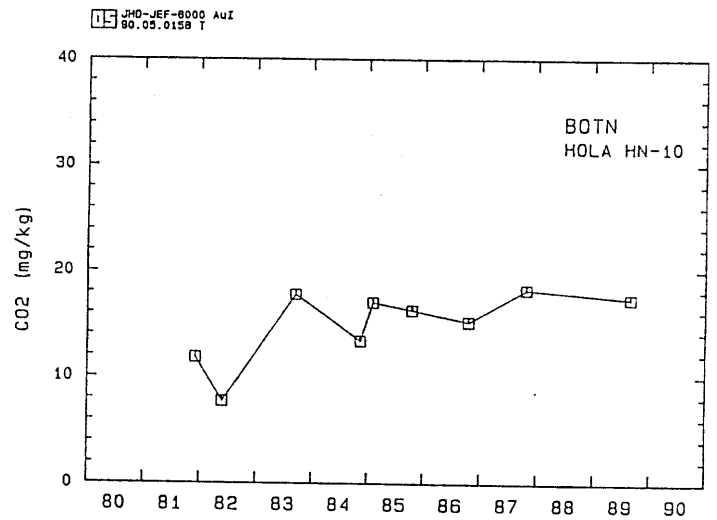
MYND IV.11



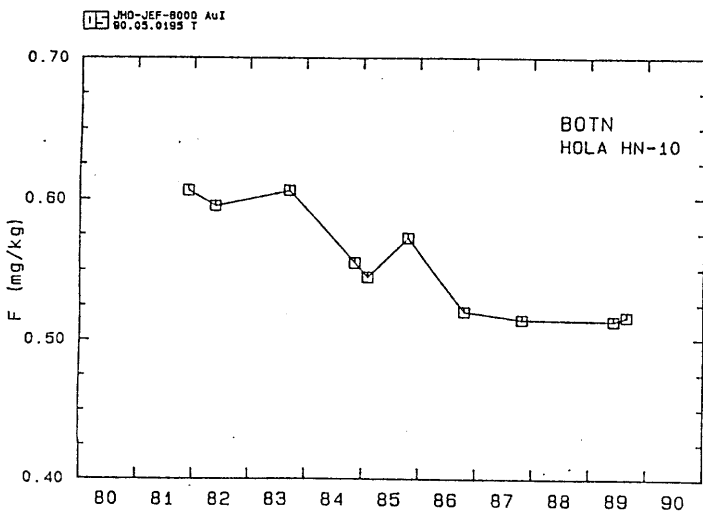
MYND IV.12



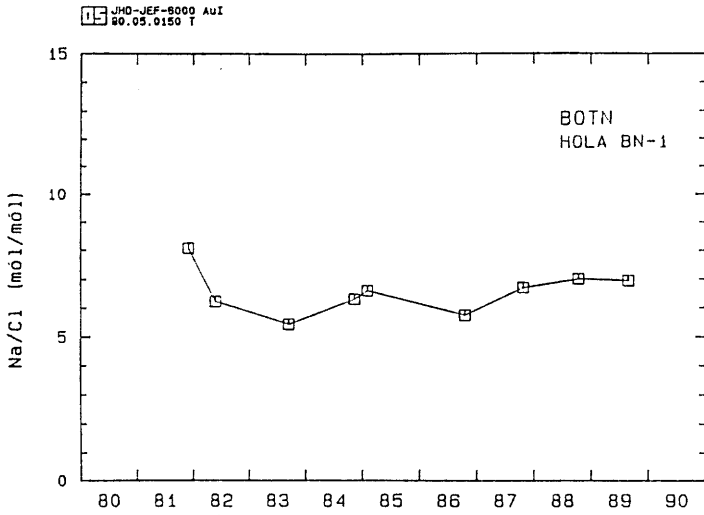
MYND IV.13



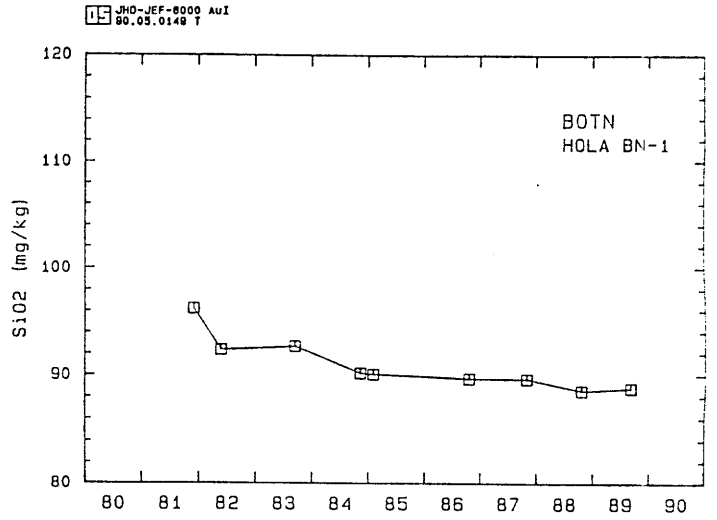
MYND IV.14



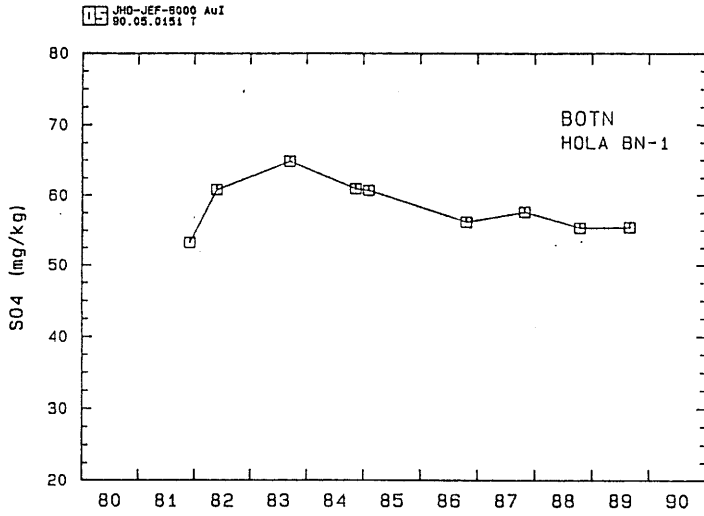
MYND IV.15



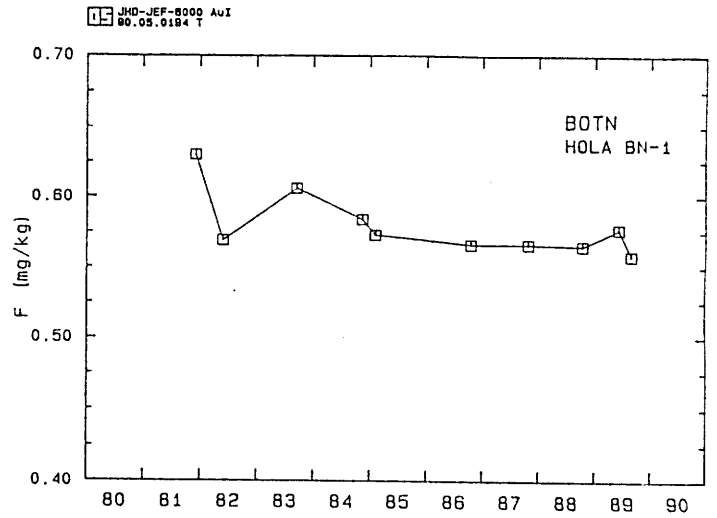
MYND IV.16



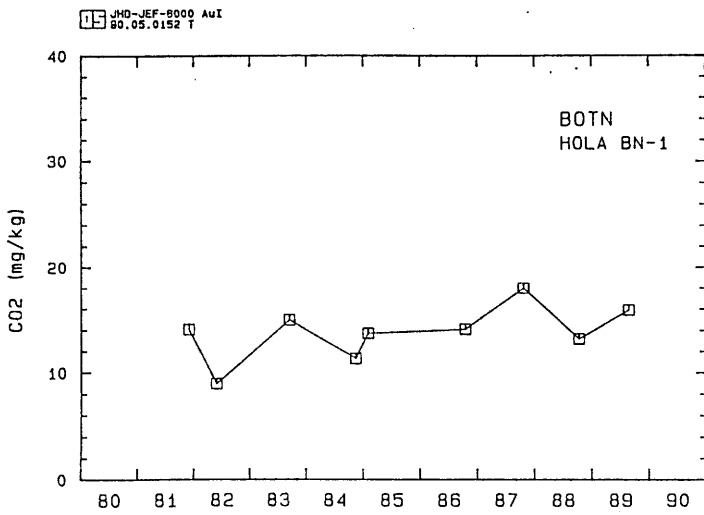
MYND IV.17



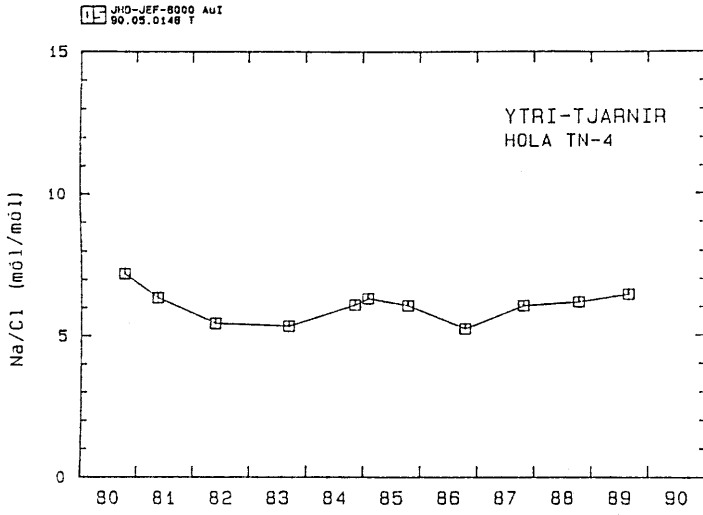
MYND IV.18



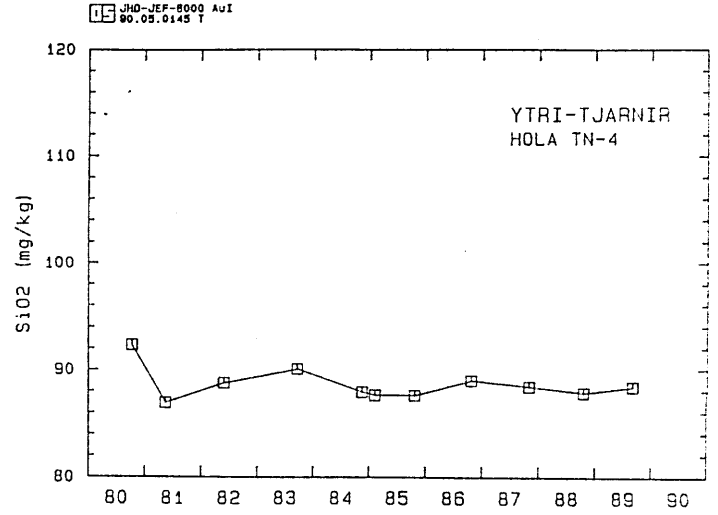
MYND IV.19



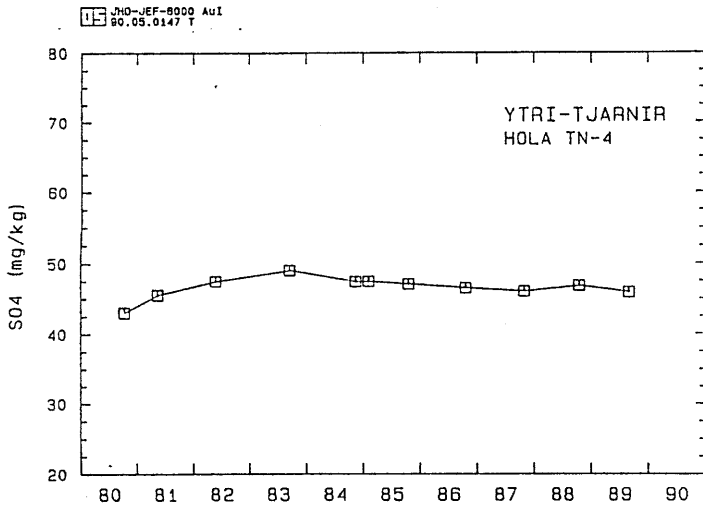
MYND IV.20



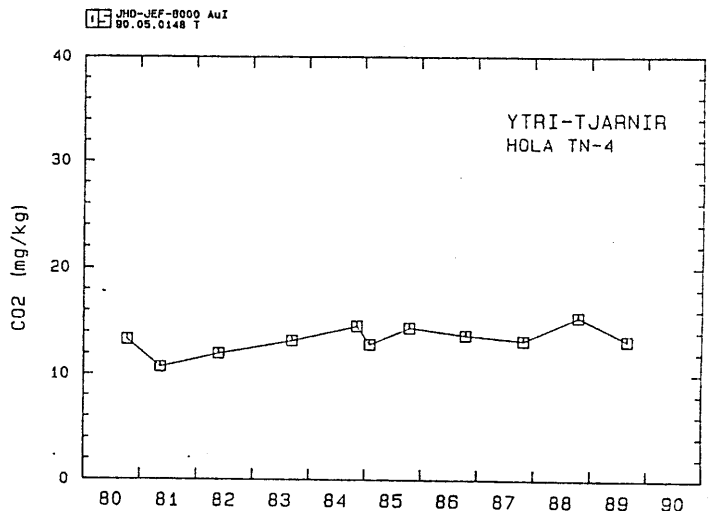
MYND IV.21



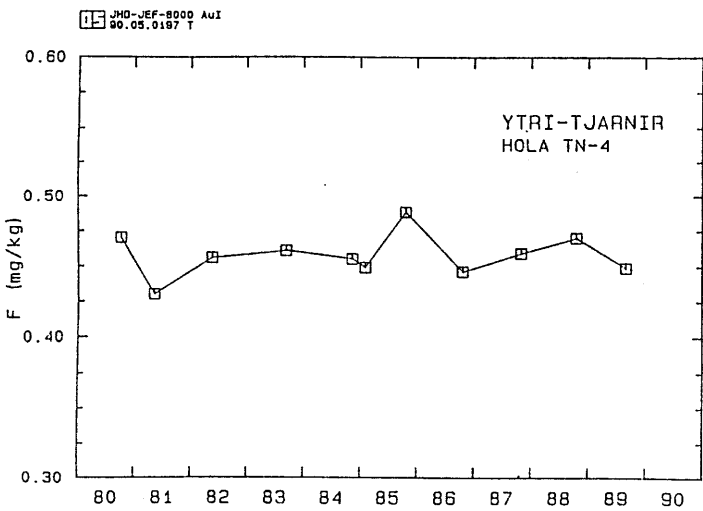
MYND IV.22



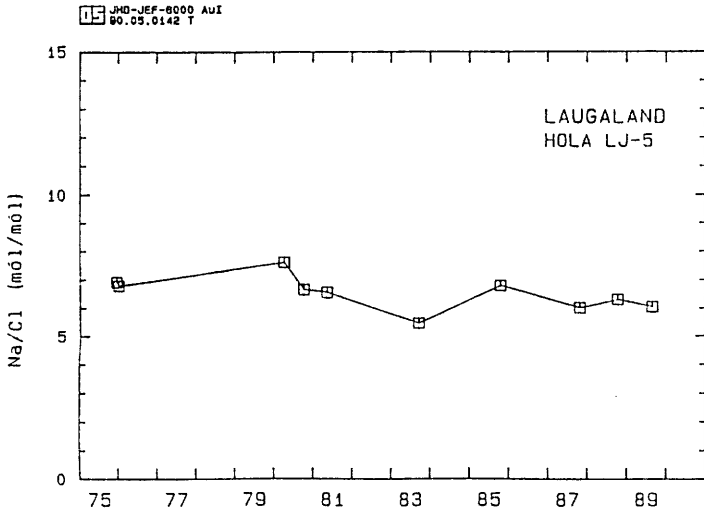
MYND IV.23



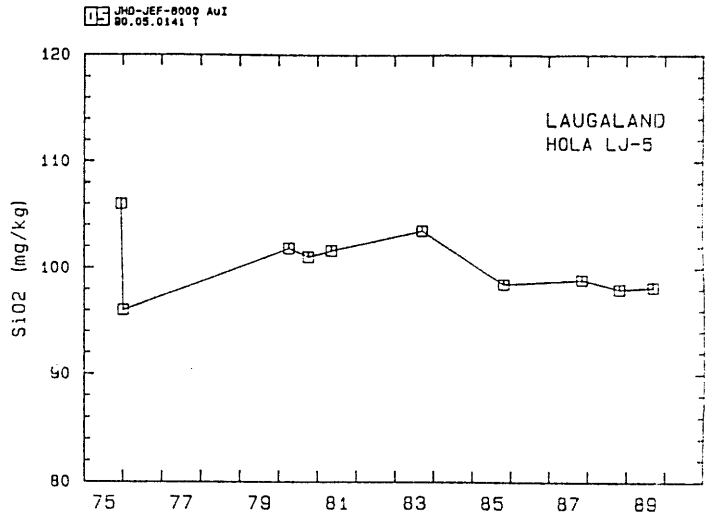
MYND IV.24



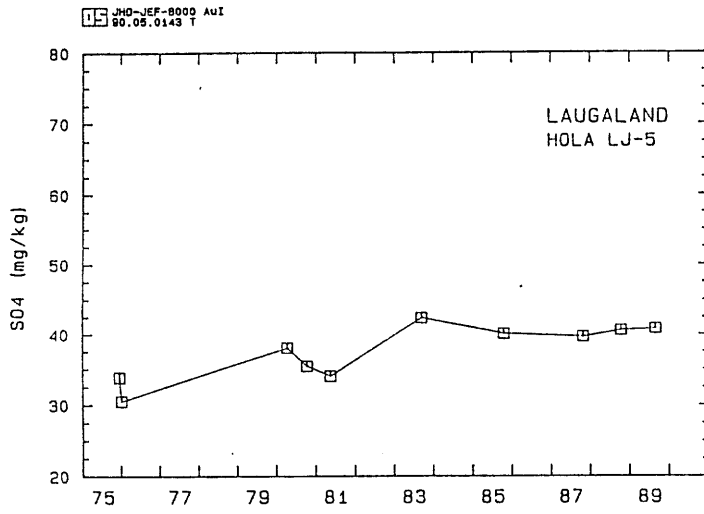
MYND IV.25



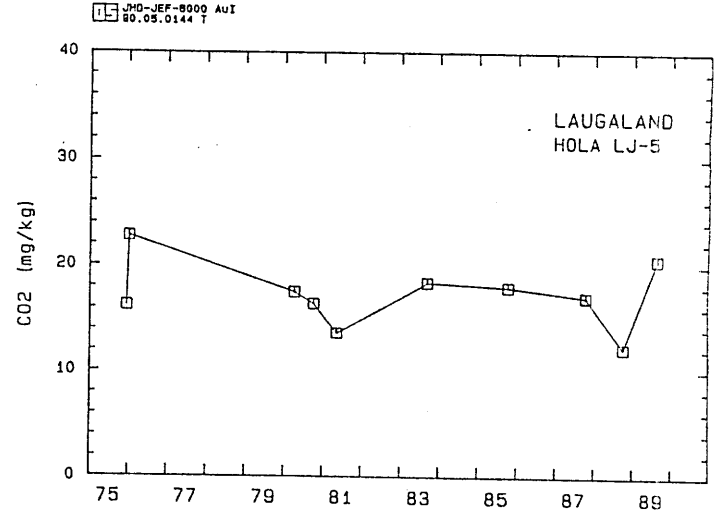
MYND IV.26



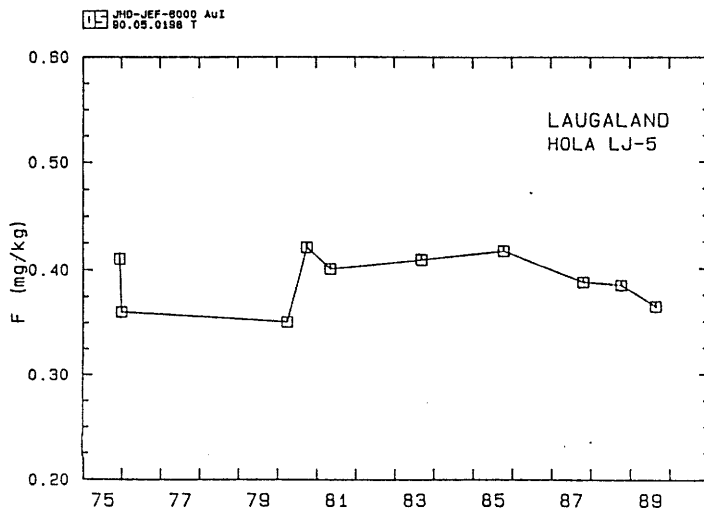
MYND IV.27



MYND IV.28



MYND IV.29



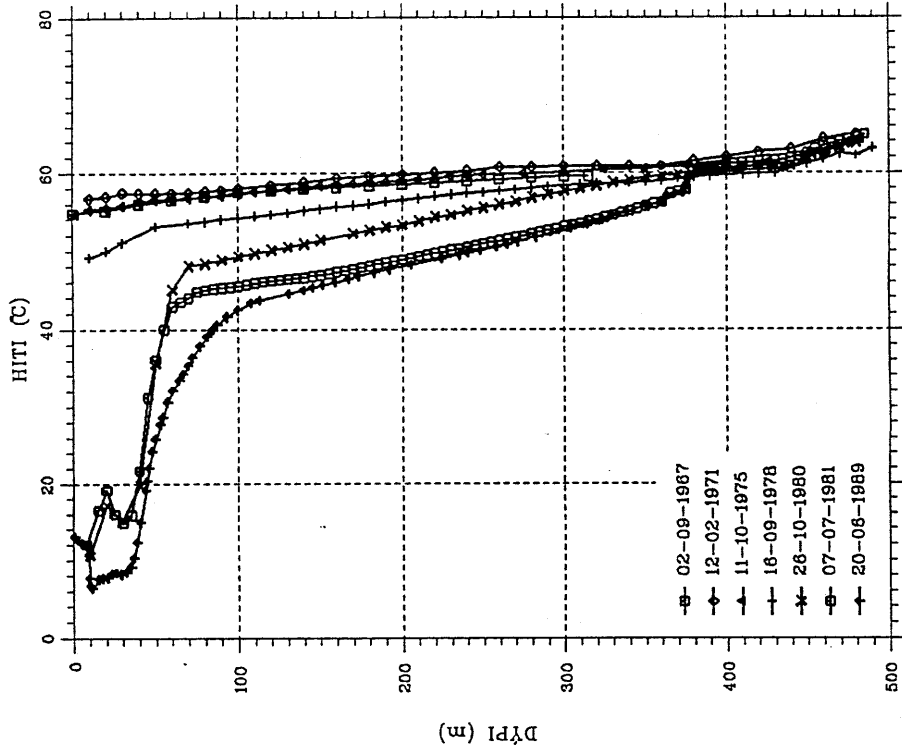
MYND IV.30

VIÐAUKI V

Hitamælingar í borholum 1989

4 May 1980 hs
L= 54502 Oracle

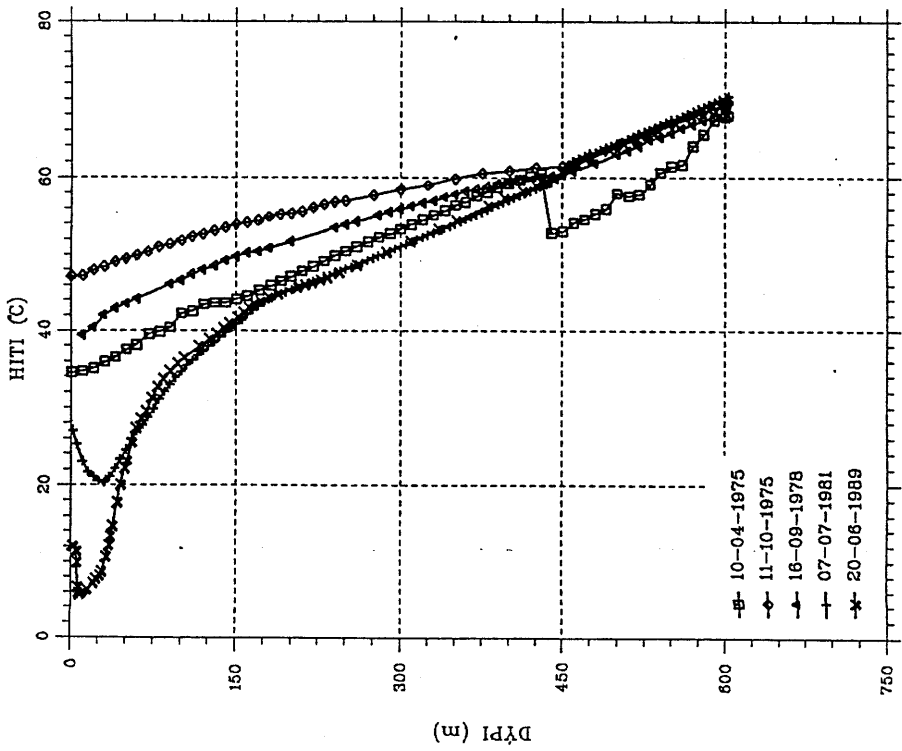
Hrafnagil Hrafnagilshreppi
Hola HF-1
Hitamælingar



MYND V.1

4 May 1980 hs
L= 54503 Oracle

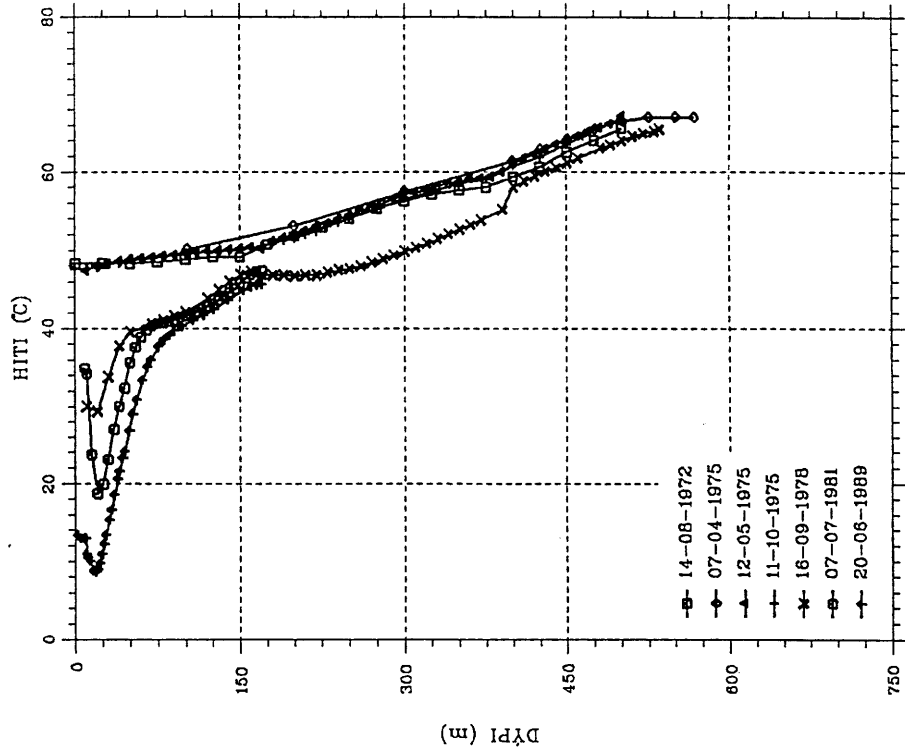
Hrafnagil Hrafnagilshreppi
Holo HY-2
Hitamælingar



MYND V.2

4 May 1990 hr
L= 54504 Oracle

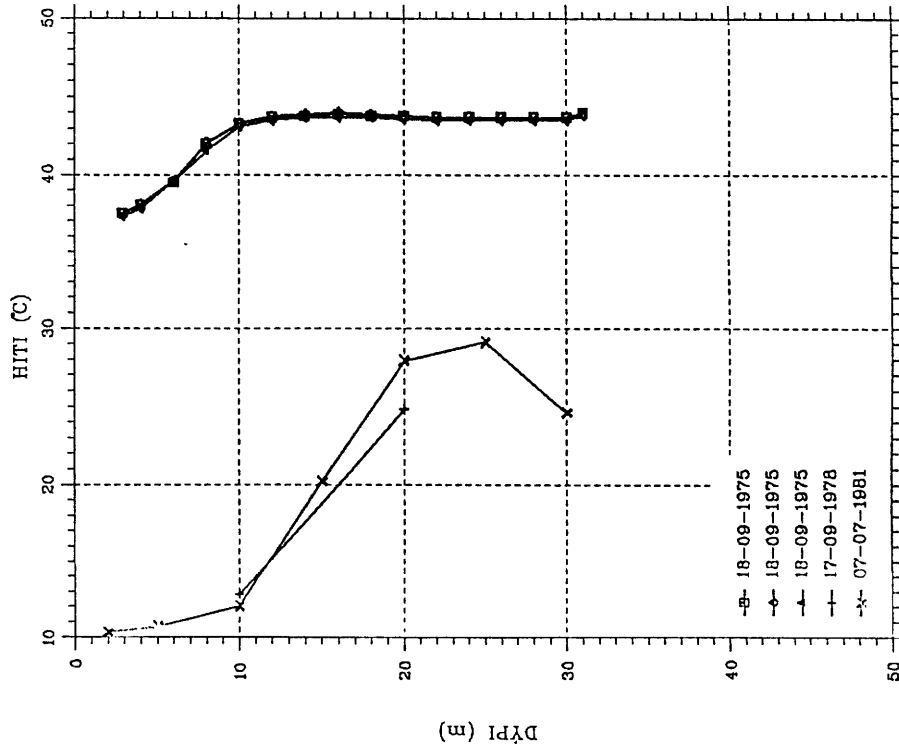
Hrafnagil Hrafnagilshreppi
HOLA HY-3
Hitamælingar



MYND V.3

4 May 1990 hr
L= 54505 Oracle

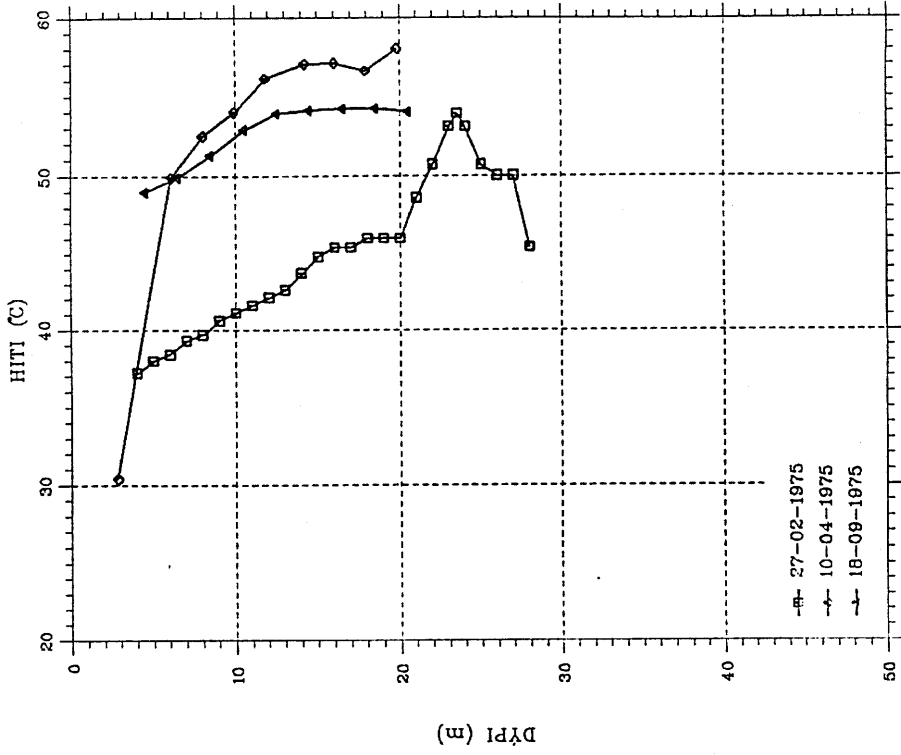
Hrafnagil Hrafnagilshreppi
HOLA HY-4
Hitamælingar



MYND V.4

4 May 1980 hr
L= 54507 Oracle

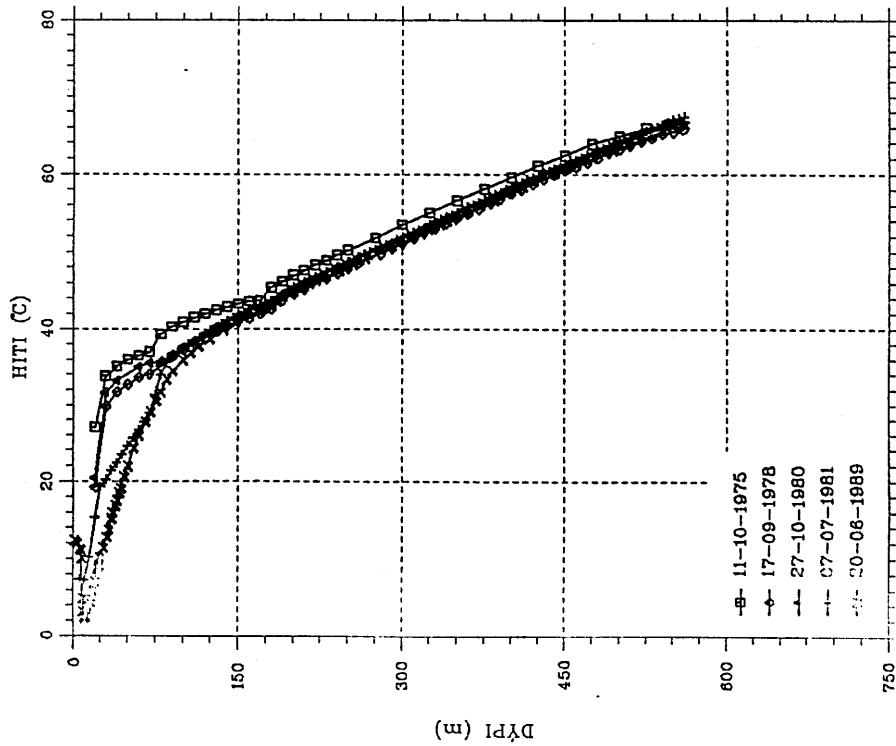
Hrafnagil Hrafnagilshreppi
Hala HY-6
Hitamælingar



MYND V.5

4 May 1980 hr
L= 54508 Oracle

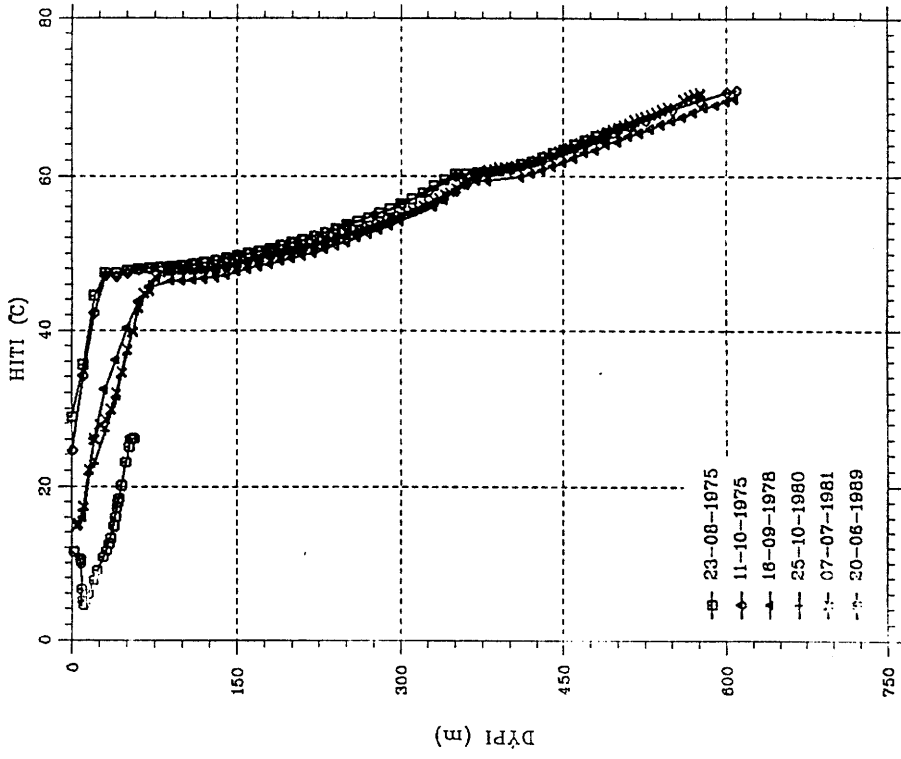
Hrafnagil Hrafnagilshreppi
Hala HY-7
Hitamælingar



MYND V.6

4 May 1980 hs
L= 54509 Oracle

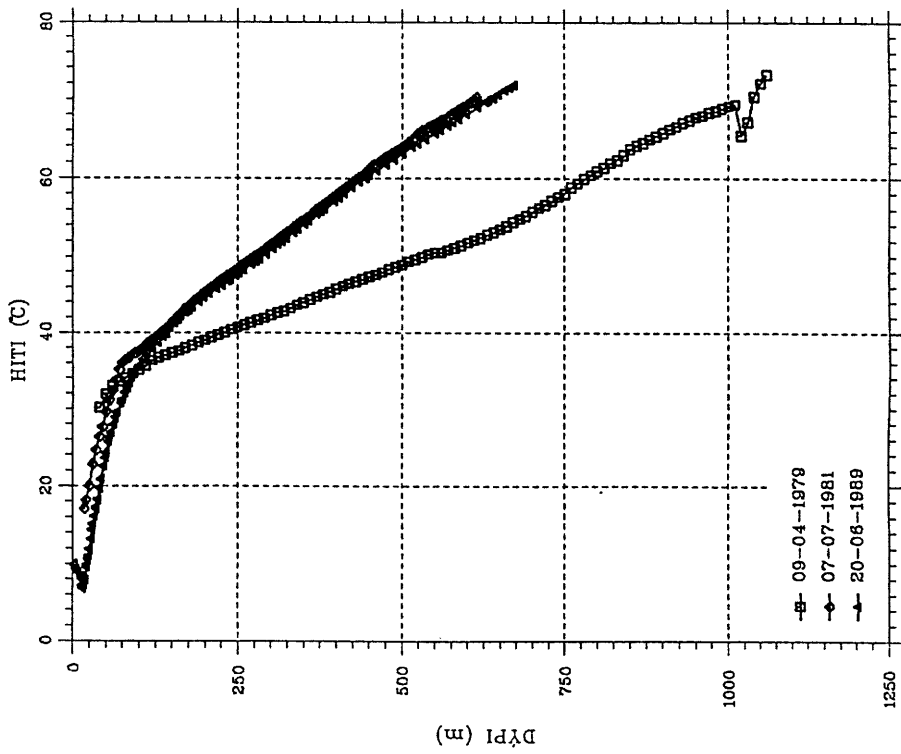
Hrafnegill Hrafnegillshreppi
Hola HY-8
Hitamælingar



MYND V.7

4 May 1980 hs
L= 54510 Oracle

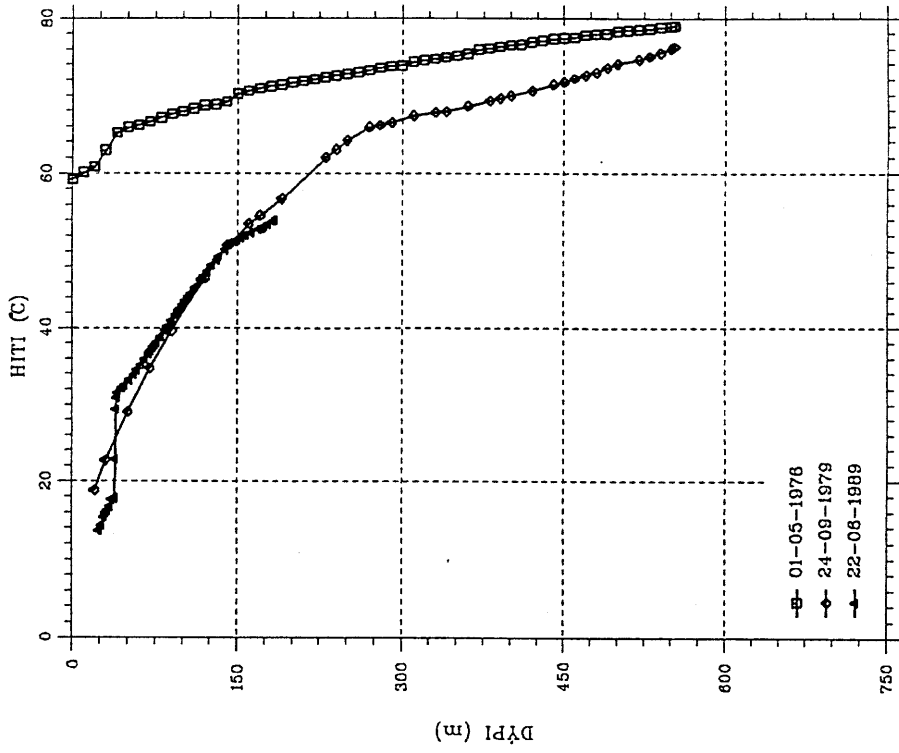
Hrafnegill Hrafnegillshreppi
Hola HW-9
Hitamælingar



MYND V.8

7 May 1990 hs
L= 55606 Oracle

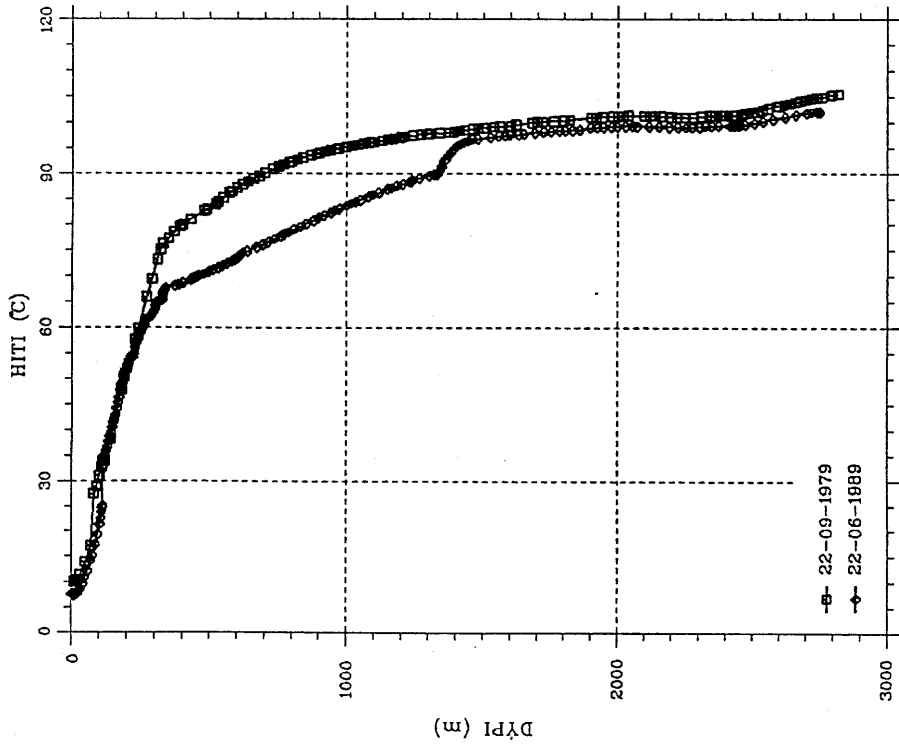
Laugaland Öngulstaðahreppi
Hóla LJ-6
Hitamælingar



MYND V.9

7 May 1990 hs
L= 55608 Oracle

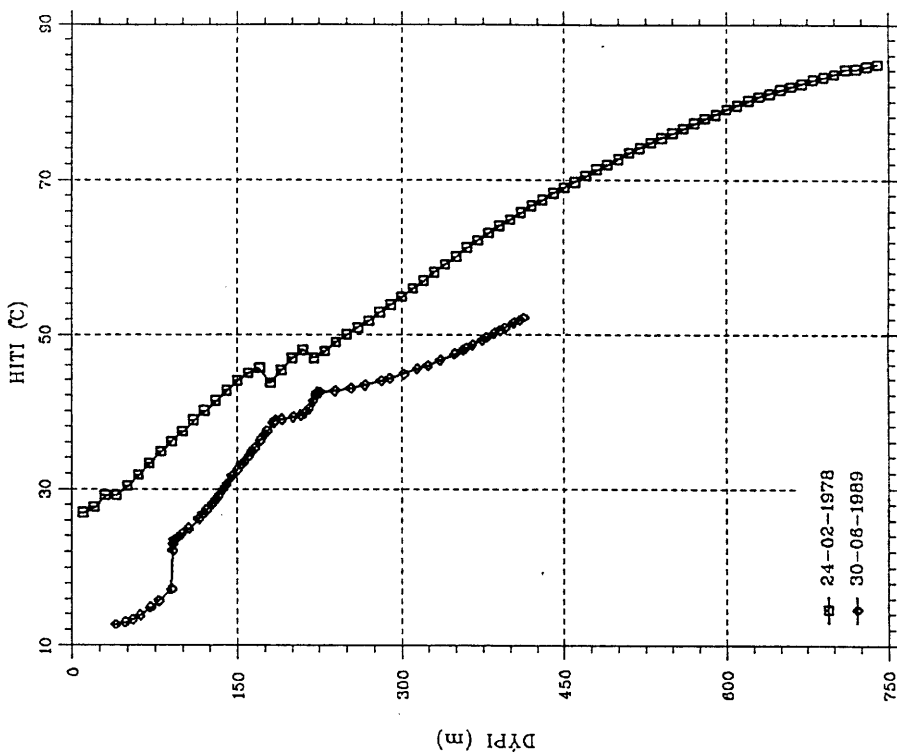
Laugaland Öngulstaðahreppi
Hóla LJ-8
Hitamælingar



MYND V.10

7 May 1980 hs
L= 55609 Oracle

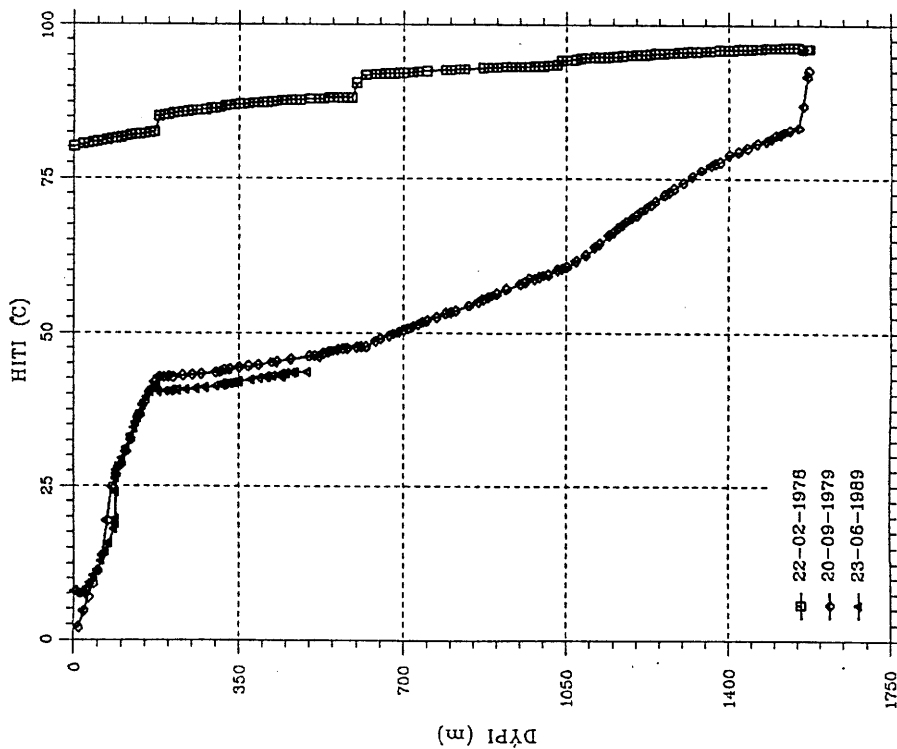
Laugaland Öngulstaðahreppi
Hóla LG-9
Hitamælingar



MYND V.11

7 May 1980 hs
L= 55610 Oracle

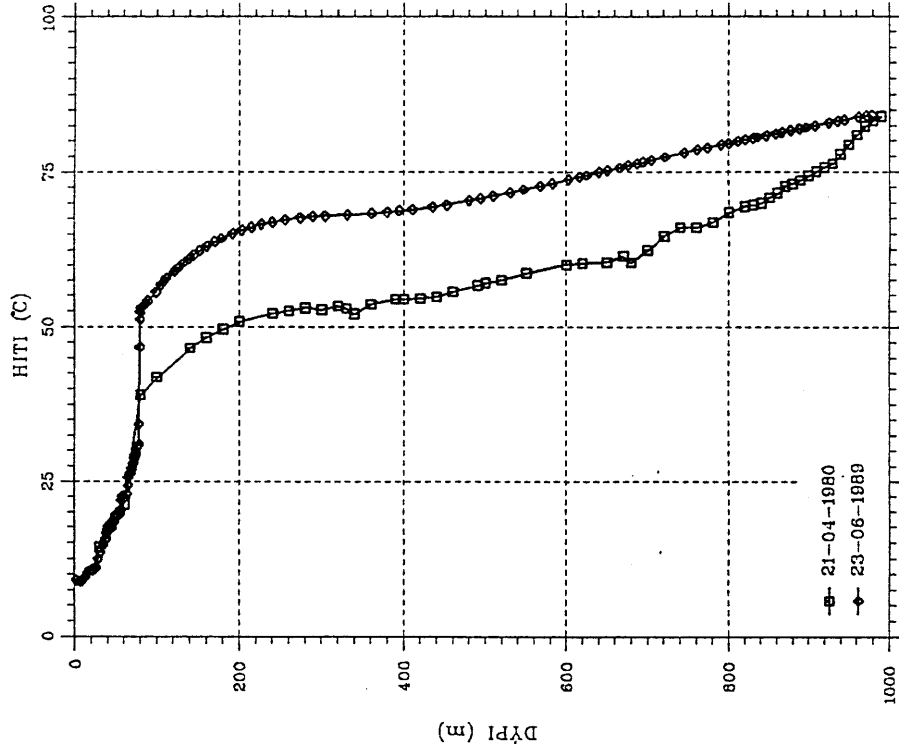
Laugaland Öngulstaðahreppi
Hóla LN-10
Hitamælingar



MYND V.12

7 May 1990 hs
L= 55502 Oracle

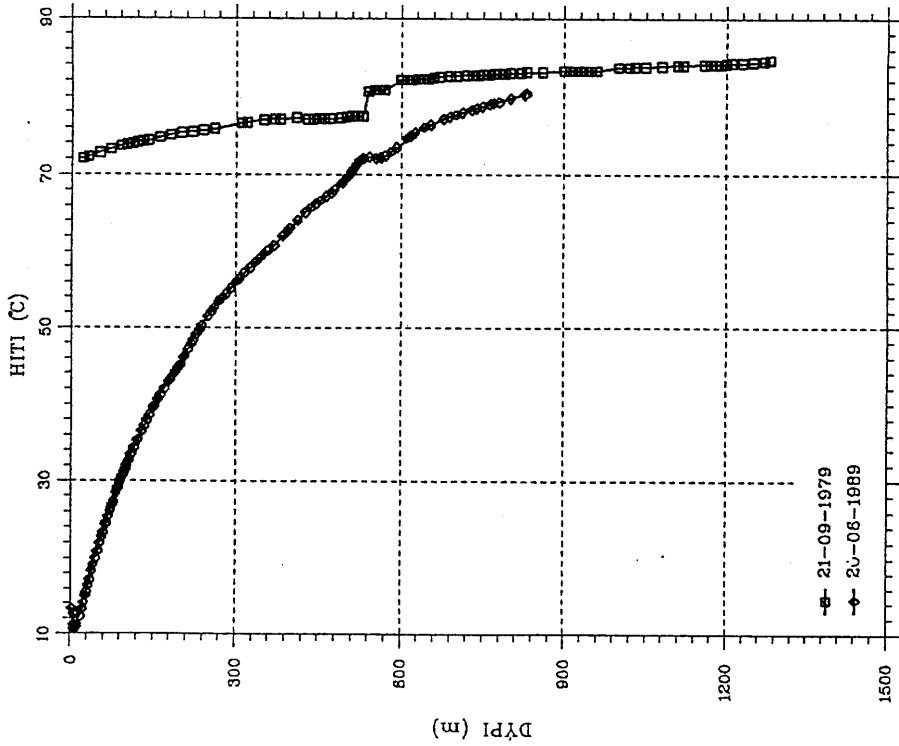
Klauf Öngulstobahreppi
Hóla KW-2
Hitamælingar



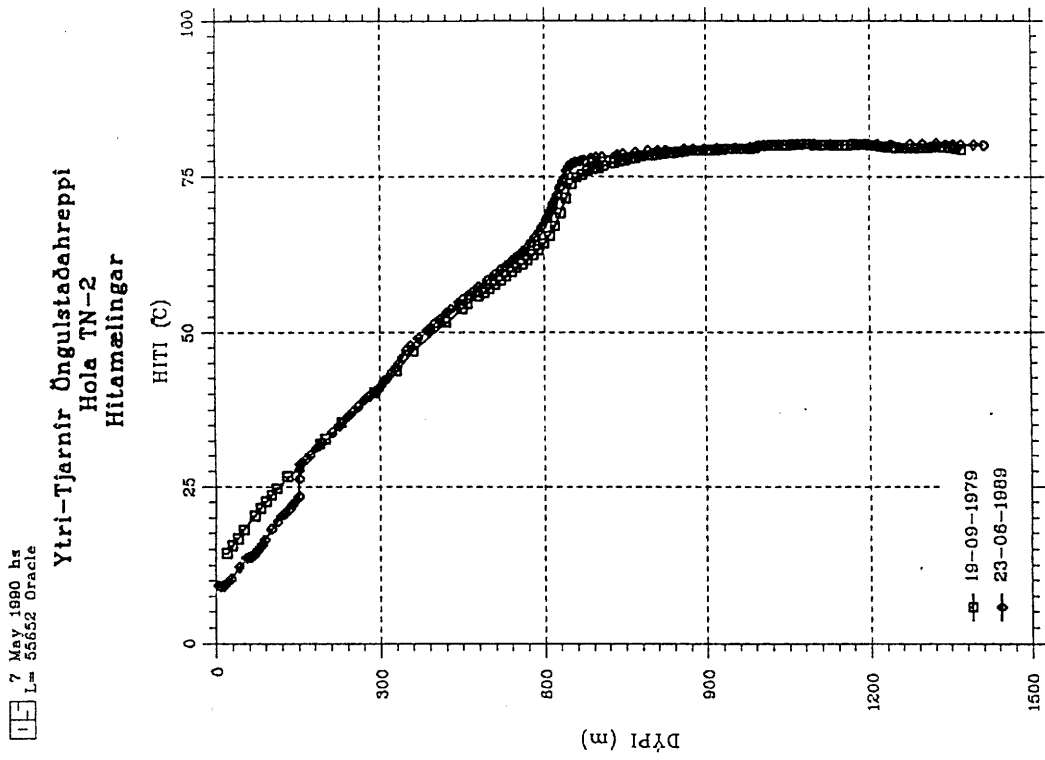
MYND V.13

7 May 1990 hs
L= 54432 Oracle

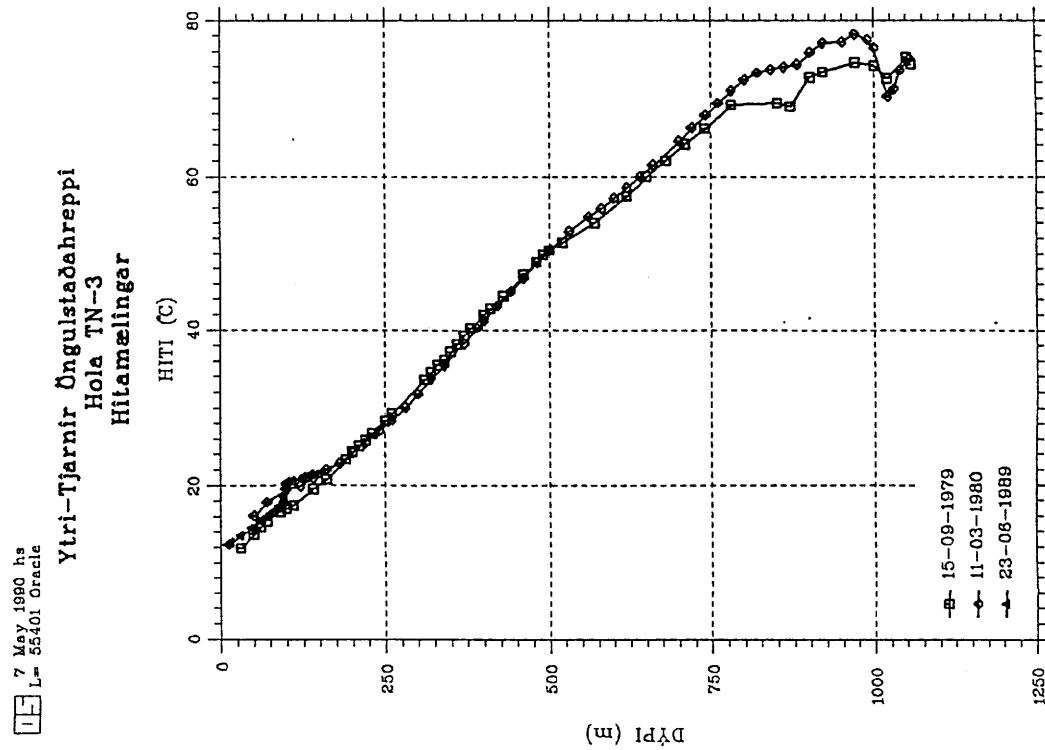
Grisará Hrafnagilshreppi
Hóla GG-1
Hitamælingar



MYND V.14



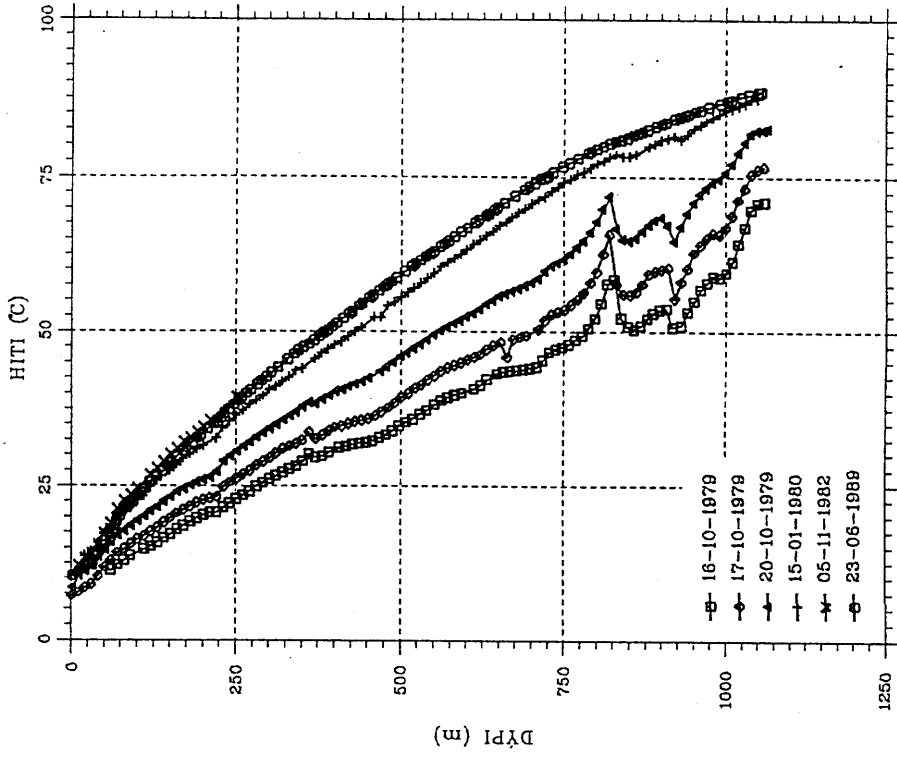
MYND V.15



MYND V.16

7 May 1980 hs
L= 55441 Oracle

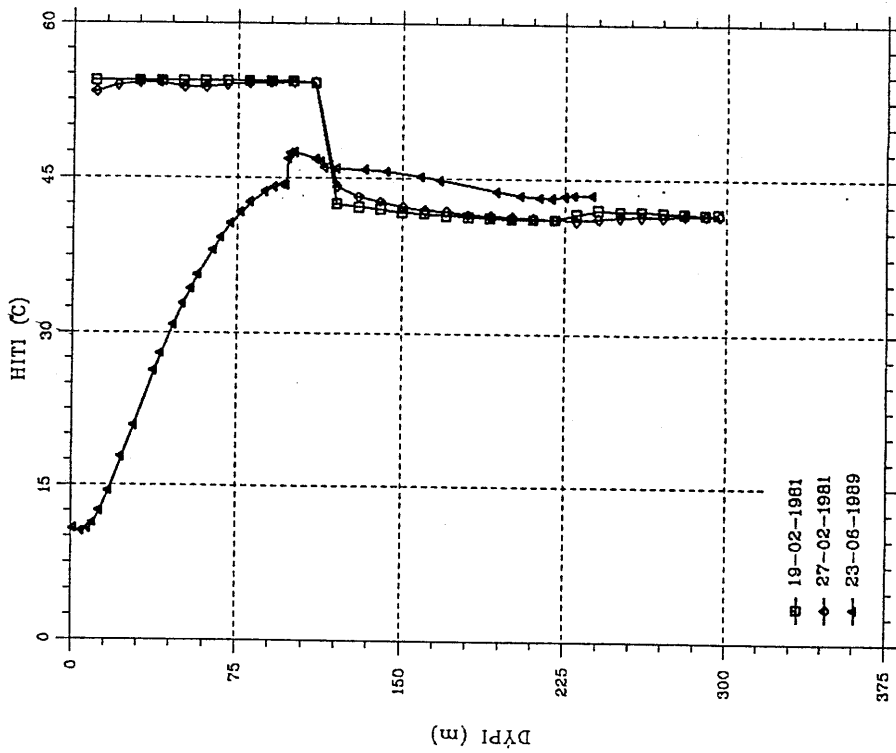
Gryta Öngulstadahreppi
HOLA GW-1
Hitamælingar



MYND V.17

7 May 1980 hs
L= 50505 Oracle

Glerárgill Akureyri
HOLA GY-5
Hitamælingar



MYND V.18

VIÐAUKI VI

Yfirlit um mælingar í borholum

Holunafn	Borstaður	Holu dýpi	Teg. mæl	Dags	Mælt dýpi
GG-01	Gríсарá	1338.0	Viðnám	21-SEP-79	1280.0
			Nifteindir	21-SEP-79	1280.0
			Hiti	21-SEP-79	1280.0
			Hallamæling	15-OCT-79	1300.0
			Hiti-dT-CCL	20-JUN-89	828.0
GY-5	Glerárdalur	296.5	Hiti	22-JAN-81	100.0
			Hiti	23-JAN-81	100.0
			Vídd	18-FEB-81	296.0
			Viðnám	18-FEB-81	296.0
			Nifteindir	18-FEB-81	296.0
			Hiti-dT-CCL	19-FEB-81	296.0
			Hiti	27-FEB-81	296.5
			Hiti-dT-CCL	23-JUN-89	227.0
GW-1	Grýta í Eyjafirði	1066.8	Hiti	16-OCT-79	1060.0
			Hiti	17-OCT-79	1060.0
			Hiti	20-OCT-79	1066.0
			Hallamæling	21-OCT-79	1010.0
			Hiti	15-JAN-80	1050.0
			Vídd	17-JAN-80	1060.0
			Viðnám	17-JAN-80	1060.0
			Nifteindir	17-JAN-80	1060.0
			Hiti-dT-CCL	05-NOV-82	250.0
			Hiti-dT-CCL	23-JUN-89	1048.0
HF-1	Hrafnagil	500.1	Hiti	02-SEP-67	315.0
			Hiti	12-FEB-71	480.0
			Hiti	11-OCT-75	483.0
			Hiti-dT-CCL	16-SEP-78	480.0
			Hallamæling	21-OCT-79	470.0
			Vídd	26-OCT-80	475.0
			Viðnám	26-OCT-80	481.0
			Nifteindir	26-OCT-80	481.0
			Hiti-dT-CCL	26-OCT-80	481.0
			Hiti	07-JUL-81	485.0
			Hiti-dT-CCL	20-JUN-89	483.0
HY-2	Hrafnagil	603.5	Hiti	14-NOV-68	56.0
			Hiti	28-NOV-68	185.0
			Hiti	11-FEB-71	174.0
			Hiti	01-APR-75	370.0
			Hiti	10-APR-75	603.0
			Hiti	11-OCT-75	603.0
			Hiti-dT-CCL	16-SEP-78	602.0
			Hallamæling	20-OCT-79	590.0
			Hiti	07-JUL-81	603.0
			Hiti-dT-CCL	20-JUN-89	600.0
HY-3	Hrafnagil	637.0	Hiti	11-APR-72	134.0
			Hiti	12-APR-72	134.0
			Hiti	14-AUG-72	500.0
			Hiti	07-APR-75	567.0
			Hiti	12-MAY-75	567.0
			Hiti	11-OCT-75	465.0
			Hiti-dT-CCL	16-SEP-78	535.0
			Hallamæling	21-OCT-79	160.0
			Hiti	07-JUL-81	170.0
			Hiti-dT-CCL	20-JUN-89	170.0
HY-4	Hrafnagil	36.0	Hiti	18-SEP-75	31.0
			Hiti-dT-CCL	17-SEP-78	20.0
			Hiti	07-JUL-81	30.0
HY-6	Hrafnagil	28.7	Hiti	27-FEB-75	28.0
			Hiti	10-APR-75	19.8
			Hiti	18-SEP-75	20.5
HY-7	Hrafnagil	559.3	Hiti	28-APR-75	221.0
			Hiti	11-OCT-75	546.0
			Hiti-dT-CCL	17-SEP-78	559.0
			Hallamæling	21-OCT-79	550.0
			Vídd	27-OCT-80	552.0
			Viðnám	27-OCT-80	558.0
			Nifteindir	27-OCT-80	558.0
			Hiti-dT-CCL	27-OCT-80	557.0
			Hiti	07-JUL-81	550.0
			Hiti-dT-CCL	20-JUN-89	557.0
HY-8	Hrafnagil	609.2	Hiti	02-JUN-75	377.0
			Hiti	11-JUN-75	576.0
			Hiti	18-JUN-75	609.0

Holunafn	Borstaður	Holu Teg. dýpi mæl	Dags	Mælt dýpi	
HY-8	Hrafnagil	609.2	Hiti	23-AUG-75	512.0
			Hiti	11-OCT-75	609.0
			Hiti-dT-CCL	16-SEP-78	608.0
			Hallamæling	20-OCT-79	600.0
			Vídd	25-OCT-80	505.0
			Viðnám	25-OCT-80	500.0
			Nifteindir	25-OCT-80	500.0
			Hiti-dT-CCL	25-OCT-80	500.0
			Hiti	07-JUL-81	575.0
			Hiti-dT-CCL	20-JUN-89	53.0
HW-9	Hrafnagil	1059.0	Hiti	06-MAR-79	560.0
			Hiti	13-MAR-79	710.0
			Hiti	28-MAR-79	860.0
			Hiti	05-APR-79	1059.0
			Hiti	05-APR-79	1060.0
			Hiti	06-APR-79	1050.0
			Hiti	08-APR-79	1059.0
			Hiti	09-APR-79	1059.0
			Hiti	07-JUL-81	615.0
			Hiti-dT-CCL	20-JUN-89	673.0
KW-2	Klauf	980.3	Hiti	04-MAR-80	470.0
			Hiti	18-MAR-80	674.0
			Vídd	21-APR-80	980.0
			Nifteindir	21-APR-80	965.0
			Hiti	21-APR-80	980.0
			Viðnám	22-APR-80	980.0
LJ-6	Laugaland Eyjafirði	1870.0	Hiti	20-MAR-76	1850.0
			Hiti	21-MAR-76	1850.0
			Hiti	22-MAR-76	1850.0
			Hiti	01-MAY-76	553.0
			Vídd	24-SEP-79	550.0
			Viðnám	24-SEP-79	553.0
			Hiti	24-SEP-79	553.0
			Hiti-dT-CCL	22-JUN-89	183.5
LJ-8	Laugaland Eyjafirði	2820.0	Hiti	06-APR-77	1100.0
			Hiti	07-APR-77	1110.0
			Hiti	09-APR-77	1100.0
			Hiti	12-APR-77	1100.0
			Hiti	02-MAY-77	1935.0
			Nifteindir	22-SEP-79	2810.0
			Hiti	22-SEP-79	2810.0
			Hallamæling	14-OCT-79	200.0
LG-9	Laugaland Eyjafirði	1963.0	Hallamæling	22-FEB-78	500.0
			Hiti	24-FEB-78	740.0
			Hiti-dT-CCL	30-JUN-89	410.0
LN-10	Laugaland Eyjafirði	1606.0	Hallamæling	22-FEB-78	1000.0
			Hiti	22-FEB-78	1575.0
			Vídd	20-SEP-79	1573.0
			Viðnám	20-SEP-79	1573.0
			Nifteindir	20-SEP-79	1573.0
			Hiti	20-SEP-79	1573.0
TN-2	Ytri-Tjarnir	1482.0	Hiti	27-JUN-78	1079.0
			Hiti	07-SEP-78	1370.0
			Hiti	09-SEP-78	790.0
			Hiti	10-SEP-78	1370.0
			Vídd	19-SEP-79	1370.0
			Viðnám	19-SEP-79	1370.0
			Nifteindir	19-SEP-79	1370.0
			Hiti	19-SEP-79	1370.0
			Hallamæling	11-OCT-79	1270.0
			Hiti-dT-CCL	23-JUN-89	1400.0
TN-3	Ytri-Tjarnir (Björk)	1301.8	Hiti	05-JUL-79	1300.0
			Hiti	10-JUL-79	1300.0
			Vídd	14-JUL-79	1300.0
			Vídd	15-SEP-79	1040.0
			Viðnám	15-SEP-79	1057.0
			Hiti	15-SEP-79	1057.0
			Nifteindir	24-SEP-79	1057.0
			Hallamæling	10-OCT-79	660.0
			Hallamæling	11-OCT-79	500.0
			Hiti	11-MAR-80	1005.0