



ORKUSTOFNUN

Jarðhitaleit í utanverðum Skagafirði, staða
um áramót 1998/1999

Kristján Sæmundsson

Greinargerð KS-99-01

Jarðhitaleit í utanverðum Skagafirði, staða um áramót 1998/1999

Fyrir nokkrum árum var leitað að jarðhita kringum Hofsós með hitastigulsborunum. Leitarsvæðið þá var takmarkað við nágrenni þorpsins og lengst farið 4-5 km frá því. Jarðhiti kom hvergi fram. Heitustu holurnar voru við Hof og Nýlendi, báðar með $74^{\circ}\text{C}/\text{km}$ -stigul. Meðalgildið á þessu svæði er annars um $60^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (Kristján Sæmundsson 1992, Ólafur G. Flóvenz og Kristján Sæmundsson 1997). Frá fyrrri tíð eru einnig til tvær hitastigulsholur í Hjaltadal með þennan sama stigul og ein á Skálá í Sléttuhlíð, nokkru kaldari.

Í nóvember 1998 var aftur hafist handa um jarðhitaleit í utanverðum Skagafirði. Leitin nú beindist að tveimur stöðum þar sem eru volgrur (Hrísháls í Viðvíkursveit og Bræðrá í Hrolleifsdal) auk þess sem þjár holur voru boraðar þar sem áhugavert þótti vegna jarðfræðilegra aðstæðna. Hér á eftir verður gerð grein fyrir niðurstöðu jarðhitaleitarinnar og hvað gera þarf í framhaldinu ef kanna skal betur þá staði eða svæði þar sem þessi frumkönnun gefur tilefni til.

- 1) Viðvíkursveit. Í Hríshálsi hafa fundist $10-12^{\circ}\text{C}$ heitar volgrur á nokkrum stöðum í 100-250 m hæð. Líklegt er að að þær tengist sprungum með norð-suðlægri stefnu sem greinilegar eru í fjallinu suður og upp af. Hins vegar eru volgrurnar nokkuð dreifðar og ekki allar beint niður undan brotunum. Vatnsmagnið í volgu lindunum skiptir mörgum l/s. Það þótti benda til að þarna væri vel lekt sprungutengt vatnskerfi og þá líklega með lágum hita, en vatnið gæti sem best verið aðrunnið undan fjallinu. Lítill sem engin reynsla er af jarðhitaleit við aðstæður sem þessar þar sem vatnið er ekki heitara. Vert þótti samt að kanna hvað undir væri með a.m.k. tveimur borholum. Önnur var boruð um 30 m neðan við 12°C heita volgru í um það bil 230 m hæð y. s. Hin var boruð niðri á jafnsléttu við Hjaltadalsá í landi Neðraáss, nokkurn veginn í sprungustefnu ofan úr fjalli yfir volgrusvæðið. Borstaðirnir eru sýndir á mynd 1. Hitamælingar úr þessum tveim holum eru sýndar á myndum 2 og 3. Hola Sk-7 er uppi í hálsinum. Hún er 105 m djúp, og í henni fáar og smáar vatnsæðar. Hún sýnir því nokkurn veginn ótruflaðan berghita. Holan gefur $50^{\circ}\text{C}/\text{km}$ -stigul, en smávægileg áhrif frá vatnskerfinu koma fram í því að ferillinn stefnir á 6°C við yfirborð í stað $2-3^{\circ}\text{C}$ í þessari hæð. Tölувort vantar á að holan nái 12° -hitnum sem er í volgrunum þarna upp og vestur af. Vatnið í þeim er því líkast til aðrunnið, gæti dreifst út í leiðandi lög frá uppstreymi um sprungu. Hola Sk-1 við Hjaltadalsá er 54 m djúp. Lítils háttar truflun sést í hitaferlinum úr henni á 35-45 m dýpi, en stigullinn er nálægt $65^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

Þegar þessar niðurstöður lágu fyrir var frekari leitarborunum á þessu svæði hætt. Ekki er við því að búast að nothæft jarðhitakerfi finnist nær þessum holum en 400-500 m og hola Sk-1 bendir jafnframtil að vatnskerfi tengist sprungunum ekki þegar kemur niður í dalbotn. Sennilega er vatnið því aðrunnið undan fjallinu úr sprungu(m) sem það leitar frá út í lek berglög. E.t.v. væri ómaksins vert að efnagreina vatn úr volgrunum, en fyrst þyrfti að mæla rennsli, hita og leiðni í þeim og velja síðan þá sem



kæmi út með hæsta hitann og leiðnina. Þetta þyrfti að gera á útmánuðum í purrakulda sem oft er á þeim tíma. Það væri einnig rétti tíminn til að skoða aðstæður austan við Kýrholt þar sem vera munu volgrur með um 8°C heitu vatni í töluverðu magni.

Til viðmiðunar við leitarholurnar á Hríshálsi og við Hjaltadalsá var boruð hitastigulshola við Hjaltadalsá neðan við Kross í Óslandshlíð. Hún er 51 m djúp, ótrufluð af æðum og millirennslu. Hitastigull í henni er um $60^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (mynd 4) sem er í samræmi við áður fundið meðalgildi utan jarðhitasvæða í Hjaltadal (myndir 5 og 6) og víðar kringum Skagafjörð.

- 2) Hrolleifsdalur. Skammt innan við Bræðrá er 17°C heit volgra í tæplega 200 m hæð (mynd 7). Hún sprettur fram niður undan norð-suðlægu misgengi sem rekja má suður í Unadal í stefnu skammt vestan við Sandfell. Volgran kemur upp næri jaðrinum á skriðubing sem hefur sigið fram í brekkuna og er misgengið vestan í skriðusárinu. Aðstæður eru þannig að vatnið sýnist vera aðrunnið og gæti verið blandað yfirborðsvatni. Efnagreining á vatni úr volgrunni fylgir hér með (tafla 1). Samkvæmt henni er lítil jarðhitaáhrif að sjá í því. Kísill sem helst er farið eftir er t.d. mjög lágor. Þar sem volgran kemur fram úr misgengi gæti heitara vatn tengst því neðar í dalnum á nokkur hundruð m dýpi. Fjórar leitarholur voru boraðar til að kanna hvort vatnskerfi þetta næði niður í dalinn og hvert stefndi með hita í því þegar dýpra kæmi niður í bergið. Jafnframt var hugsanlegt ef heppnin yrði með að lenda í volgri vatnsæð sem betur hentaði til sýnatöku og efnagreiningar en vatnið í volgrunni.

Ófærð réði því að fyrsta holan var boruð í Arnarstaðalandi (Sk-4). Hún er nálægt því að vera í norðurframhaldi af misgenginu. Hún er 72 m og stendur 61m (mynd 8). Vatnsæð er á 25 m dýpi, en þar fyrir neðan er stigullinn jafn og reiknast $130^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Þessi hola sýndi að jarðhitakerfið myndi ná alveg yfir dalinn. Framhald leitarinnar réðist nokkuð af þeirri niðurstöðu.

Næsta hola (Sk-5) var boruð niður undan volgrunni í um það bil 115 m hæð y.s., og aðeins vestan við misgengið. Hún er 105 m djúp og stendur 104 m. Smávatn var í 35 m. Hitastigull þar fyrir neðan er rúmlega $190^{\circ}\text{C}/\text{km}$, en ferillinn kengbeygir af í 80 m og virðist stefna í $20-25^{\circ}\text{C}$ heitt vatnskerfi (0-stigul, mynd 9).

Þriðja holan (Sk-6) var staðsett við gamla veginn sem liggur inn á Hrolleifsdal. Hún er 105 m djúp og stendur 103 m. Smáæðar eru í 23 m og í 65-75 m, en millirennslu ekki til baga. Hitastigullinn er $175^{\circ}\text{C}/\text{km}$ niður í 65 m, en lækkar þar niður í jafnan $134^{\circ}\text{C}/\text{km}$ -stigul (mynd 10). Botnhiti í holunni rétt losar 20°C . Hitaferillinn í henni er ólíkur Sk-5 að því leiti að kröpp og jöfn sveigja er ekki á honum neðst. Það merkir að vatnskerfið þar undir sé heitara en í Sk-5. Hola Sk-6 er rúmum 40 m hærra í landinu en Sk-5.

Þegar ljóst var að dalbotninn var vænlegri til leitar en hlíðin neðan undir volgrunni var fjórða holan í Hrolleifsdal (Sk-8) ákveðin tæpum 200 m utan við SK-6. Hola Sk-8 er 105 m djúp og stendur 100 m. Hitastigull í henni reyndist vera jafn niður í botn, rúmlega $150^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (mynd 11). Hola Sk-6 er öll heitari en Sk-8) og er munurinn um 3°C . Samkvæmt því er hola Sk-6 eitthvað nær aðaluppstreyminu. Mynd 12 sýnir samanburð á þessum fjórum holum. Þar sést glöggt að holur Sk-5 og -6 eru næst uppstreyminu.

Mynd 7 sýnir í grófum dráttum hitasvæðið í Hrolleifsdal. Það nær yfir dalinn og er um 2 km á lengd í N-S stefnu. Hitafrávikið gæti verið nokkur hundruð metrar á breidd, en mikið vantar á að það sé nógu vel ákvarðað. Jarðhitakerfið sem þarna er undir virðist vera heitast í dalbotninum, öðru hvoru megin við holu Sk-6 eða norðan hennar. Hitastigull í Hrolleifsdals-holunum er tvöfalt – þrefalt hærra en vera myndi á þessu svæði ef þar væri enginn jarðhiti. Ekki er unnt að segja til um hversu heitt vatnskerfið er sem veldur þessum háa stigli umfram það sem fram kemur í holu Sk-5, þ.e. 20-25°C og í holu Sk-6: >20°C. Engar af holunum gáfu vatn á nægilega miklu dýpi sem gagnast gæti til efnagreiningar og ákvörðunar á kíslhita.

Varðandi framhaldið er full ástæða til að fylgja eftir þeim vísbendingum sem hér hafa komið fram. Skilyrði til leitarborana eru ekki sem best niðri í dalbotninum vegna lausu laganna sem þar eru einhverjir tugir metra á þykkt. Í holum Sk-6 og -8 voru þau 20-25, en myndu verða svipuð eða enn þykkri nær ánni. Þessi lög þarf að fóðra af og eykur það kostnað við boranir nokkuð. Hins vegar verður tæpast komist af með grynnri holur en 100 m í framhaldsleit, nema þá í brekkurótunum Arnarstaðamegin. Þurft gæti 5-10 holur í viðbót ef kortleggja ætti hitafrávikið sómasamlega. Hins vegar mætti hugsa sér milliveg vegna óvissu um hita í jarðhitakerfinu. Sá millivegur þýddi tvær - þjár viðbótarholur í línu við Sk-6 og -8, eina - tvær til að finna hvar hitahámarkið liggur (báðar 100 m djúpar), og þá þriðju allt að 200 m djúpa til að finna út hvort hitastigullinn helst hár niður á það dýpi, eða kengbeygir einhvers staðar af áður en því dýpi er náð líkt og í holu Sk-5. Þess mætti vænta að sú hola kæmi einnig í vatn sem nota mætti til efnagreiningar og ákvörðunar á kíslhita. Áður en til þessa áfanga kæmi þarf að rannsaka misgengið betur sem jarðhitakerfið virðist tengjast, þ.e. finna það ef mögulegt er í múlanum ofan við Arnarstaði og ákvarða stærð þess og fall.

Eina leitaraðferðin önnur sem til greina kæmi að beita er s.k. viðnámssniðsmælingar. Með þeirri aðferð gæti það hafst að kortleggja legu misgengisins undir dalfyllingunni svo framarlega sem lektarfrávik og efnaríkt vatn tengdist því. Tvö til þjú 500 m löng viðnámssnið í dalbotninum ættu að nægja. Mælingar þessar eru nokkuð dýrar en með þeim gætu á móti sparast leitarholur.

Lagt er til að ofannefndur millivegur verði farinn, þ.e. 1) misgengið rannsakað, 2) bætt við holum í línuna milli Sk-6 og -8 og 3) vatn, ef fæst á nægilegu dýpi, efnagreint. Framhaldið myndi síðan ráðast af útkomunni úr þessum áfanga. Það gæti orðið áframhaldandi leitarboranir nær ánni og Arnarstaðamegin við hana, eða viðnámsmælingar.

Tvær holur hafa verið boraðar nærri því í norður og suðurframhaldi af misgenginu sem liggur ofan í Hrolleifsdal innan við Bræðrá. Önnur er í mynni Unadals neðan við Sandfell, hin á Skálá í Sléttuhlíð. Sandfellsholan var á sínum tíma boruð í 42 m, en var með að í 36 m dýpi, þannig að einungis 6 neðstu metrarnir sýndu berghitann. Stigullinn reiknaðist út frá honum að vera um 70°C. Þessi hola var dýpkuð í nýlegu leitarátaki í 75 m, en niðurstaðan um hitastigulinn varð sú sama (mynd 13). Skálárholan er 90 m djúp með að í 65 m, en 40°C/km-stigul þar fyrir neðan (mynd 14). Jarðhitakerfið í Hrolleifsdal nær samkvæmt þessu ekki nema til dalsins sjálfs.

Í nýlegu leitarátaki var einnig boruð hola á Felli í Sléttuhlíð (Sk-3). Hún er skammt austur af suðurenda Kappastaðavatns og er 62 m djúp. Hún var staðsett nærri 8°C heitum afætum við vatnsbakkan sem raunar líktust fremur lindasytrum undan fellsendanum, en ef enginn væri hitinn gæti fengist með henni betri grundvöllur til að

meta svæðisstigulinn í umhverfi Bræðrár. Engin jarðhitaáhrif komu fram og reyndist stigullinn vera um $50^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (mynd 15). Þessi hola og Skálár-holan benda til að svæðisstigullinn sé tölувert lægri þarna út frá heldur en inn við Hofsós og í Hjaltadal. Við þá niðurstöðu fær hitafrávikið í Hrolleifsdal í rauninni meira vægi.

- 3) Deildardalur. Eins og framar hefur verið rakið hafa engin merki fundist um jarðhitakerfi í næsta nágrenni við Hofsós. Rennt hefur verið hýru auga til dalanna (Unadals og Deildardals). Þar er að vísu hvergi vitað um jarðhita, en jarðhitalíkur nokkrar vegna tiltölulega ungra N-S - misgenga sem sjást þar á strjálingi. Hins vegar hafa engar rannsóknir verið gerðar þar sem beinlinis miðuðust við jarðhita. Í nýlegu leitarátaki var ein hola boruð í Deildardal Sk-9). Hún er við stórt gil (misgengi) ofan við Háleggsstaði. Holan er 66 m djúp og gefur nokkurn veginn beinan $95^{\circ}\text{C}/\text{km}$ -stigul (mynd 16). Hér var einungis verið að prófa sig áfram með borun við eitt misgengi af mörgum. Niðurstaðan er athyglisverð og hvetur heldur til að kanna þetta nánar. Framhaldið gæti þá orðið í þessa veru: 1) Kortlagning misgengjanna 5-10 km inn eftir báðum dölunum 2) viðnámsmælingar (temmælingar) í dölunum á móts við misgengin eða grunnar borholur. Viðnámsmæling með túlkun myndi kosta heldur minna en 60 m djúp borhola við góðar aðstæður (140 þús á móti ca 150 þús), en sá munur er á að í borholunni fæst bein mæling á hita, en viðnámsmælinguna þarf að túlka yfir í hitalíkur. Þar sem lausaskriður eru í hlíðum og fylling í dalbotni er hætt við að boranir verði tölувert dýrari en við "góðar aðstæður". Þetta þyrfti að meta samtímis því að misgengin yrðu kortlöög og leggja þá á ráðin um framhaldið. Heppilegt gæti verið að beita þessum aðferðum báðum eftir því sem henta þætti.

Tillögur um framhald

Eftirfarandi tillögur um framhald jarðhitaleitarinnar eru settar fram án tillits til hagkvæmni hugsanlegra hitaveitna. Á þessu stigi þarf að gefa sér nánast allar forsendur aðrar en húsastærð, dreifingu byggðar og legu þriggja fasa raflína til að byggja hagkvæmnisútreikninga á. Þannig má þó finna nokkurn veginn hversu langt inn eftir dölunum leitin væri innan hagkvæmnismarka ef nothæft vatn fyndist.

Viðvíkursveit: 1) Kortlagning á volgrum og tengslum þeirra við lek lög, misgengi og/eða bergganga. Ákvörðun um frekari boranir yrði ekki tekin fyrr en að slíkri kortlagningu lokinni.

Kostnaður gróflega metinn yrði við 1) 150.000 kr.

Hrolleifsdalur: 1) rannsókn á misgengi, 2) tvær – þrjár leitarholur í línu um holur Sk-6 og -8, þar af ein djúp (200 m), 3) efnagreinig á djúpsýni af vatni. Síðan kæmi ákvörðun um framhald, viðnámssniðsmælingar og/eða frekari leitarboranir.

Kostnaður gróflega metinn yrði: við 1) 200.000 kr, við 2) samt. 400 bormetrar, þar af 60 m með fóðringu alls 1.250.000 kr, við 3) 180.000 kr.

Unadalur og Deildardalur: 1) Kortlagning á misgengjum, 2) 10 temviðnámsmælingar og 8 leitarholur, 65 m djúpar með 10 m fóðringu (alls 520 bormetrar, þar að 80 m með fóðringu). Ef jákvæð niðurstaða kæmi út úr þessu þyrfti frekari rannsóknir, og þá líklega fyrst og fremst leitarboranir því þær eru næmari í nákvæmniskortlagningu á hitafrávikum ef finnast.

Kostnaður gróflega metinn yrði við 1) 450.000 kr, við 2) 1.400.000 + 1.560.000.

Kostnaður við fræðilega umsjón, hitamælingar, ráðgjöf og skýrslugerð (fyrir utan jarðfræðikortlagningu og viðnámsmælingar) er enn ótalinn. Hann fer eftir umfangi borananna, og gæti numið 10-15% af verði hverrar holu.

Öll verð eru án vsk.

Tilvitnanir:

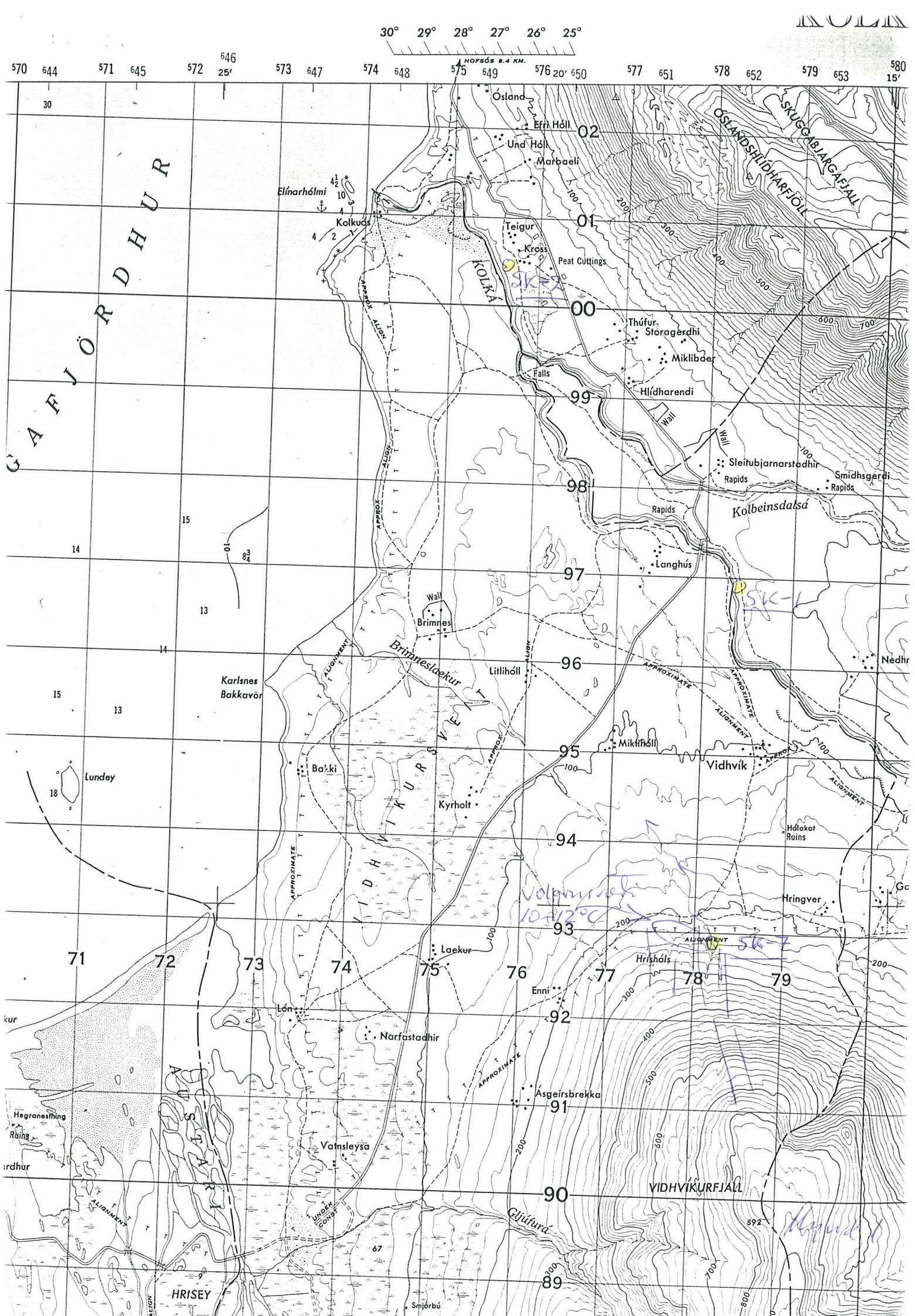
Kristján Sæmundsson 1992. Hitastigulsboranir kringum Hofsós. Orkustofnun, greinargerð KS-92/1992

Ólafur G. Flóvenz og Kristján Sæmundsson 1997: Hitastigulkort af Íslandi, Orkustofnun.

Kristján Sæmundsson

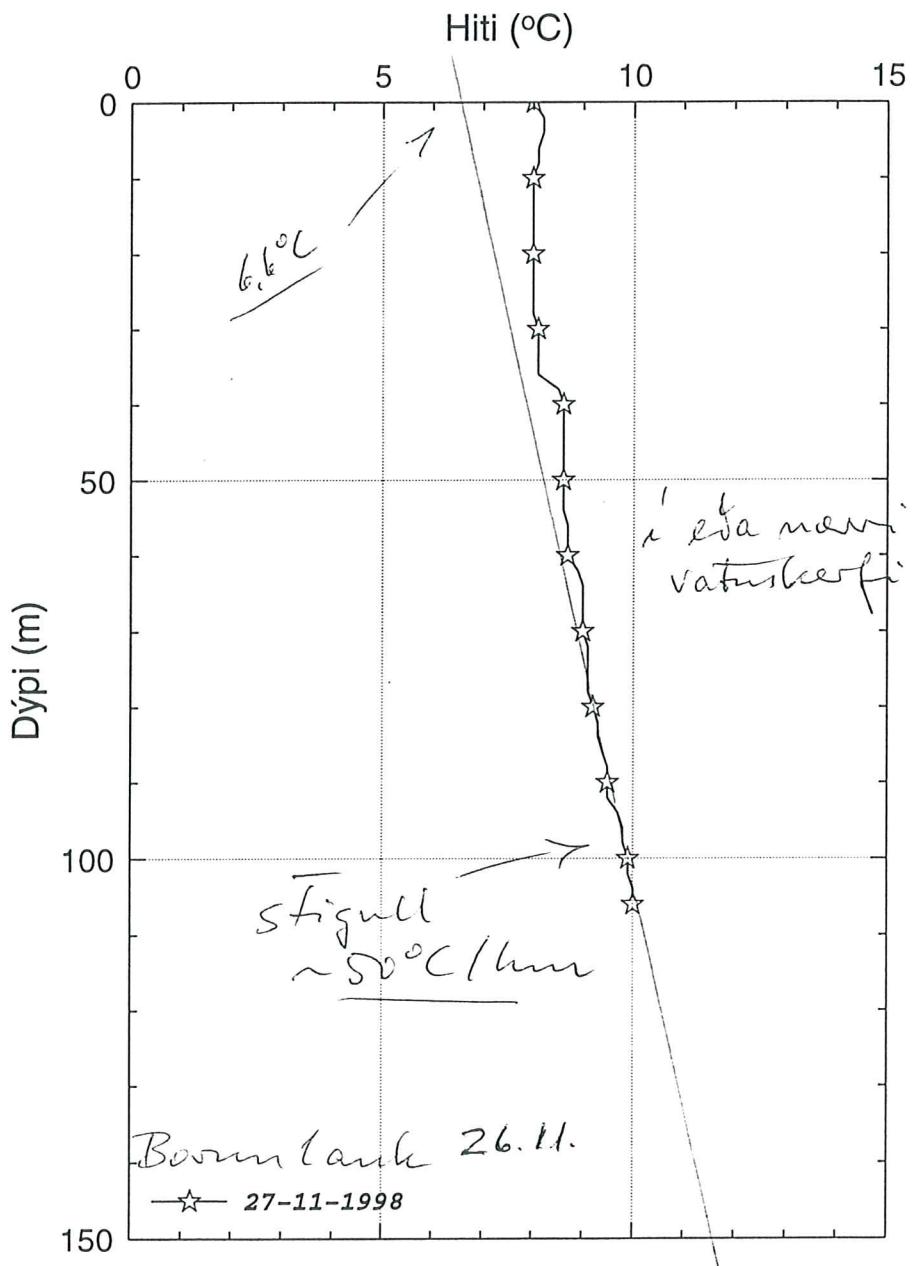
Dagsetning	Tími	Númer	Hiti (°C)	Rennsli (l/s)	Dýpi (m)	Sýni tók
1987-12-12	00:00	1987-0264	16.9			ST
BræðRaa						
Fellshreppur Skagafjarðarsysla						
Efnasamsetning vatns (mg/kg)						
pH	9.56	Li		Al		
/Hiti	15	Na	12.14	Cr		
CO ₂	14.4	K	.28	Mn		
H ₂ S	0	Mg	.34	Fe	0	
NH ₃		Ca	2.15	Cu		
B		Sr		Zn		
Leiðni [§]	71	F	.051	As		
/Hiti	19.2	Cl	7.88	Ag		
SiO ₂	14.11	Br		Cd		
Uppleyst efni	54.6	I		Sb		
O ₂		NO ₂		Hg		
Rn [†]		NO ₃		Pb		
δD [†]		HPO ₄				
δ ¹⁸ O [†]		SO ₄	1.46	Jónavægi (%)	-6.15	
				Massavægi (%)		-29.65

§ µS/cm ‡ dpm/kg † ‰SMOW



12-jan-1999
ks s=47757

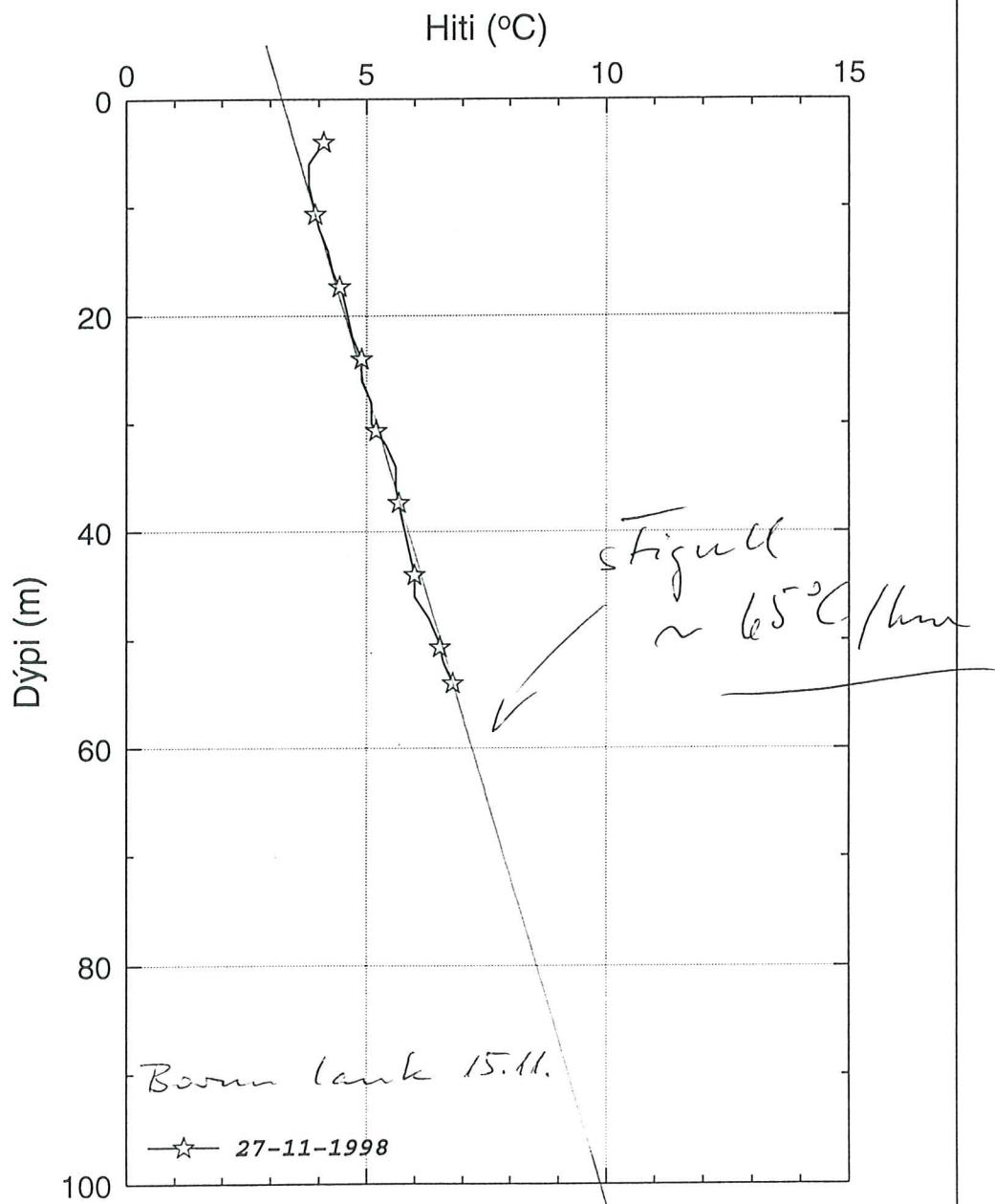
Viðvík SK-07
Hrísháls
Skagafjörður



Hans J.

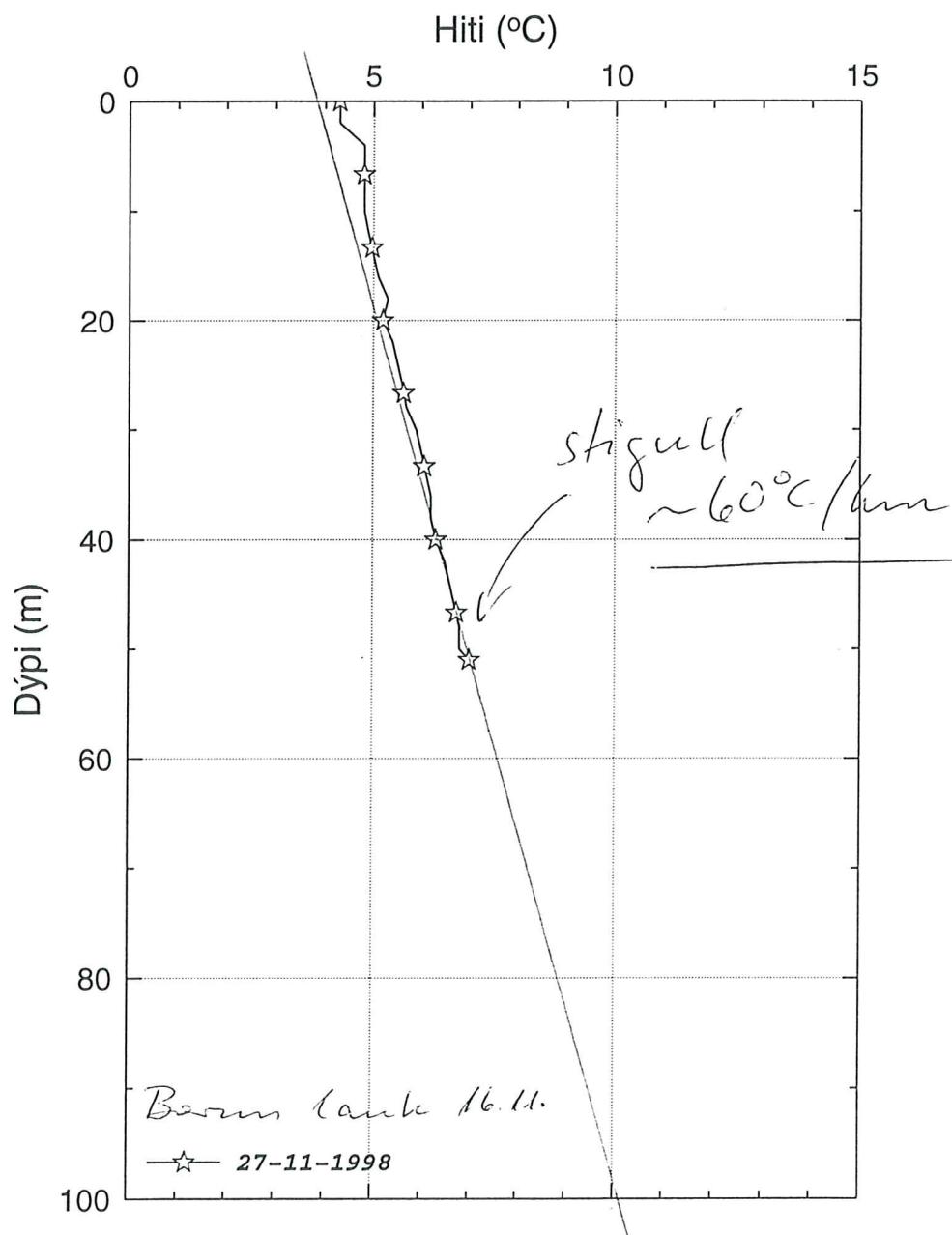
12-jan-1999
ks s=47751

Neðriás í Hjaltadal SK-01
Skagafjörður



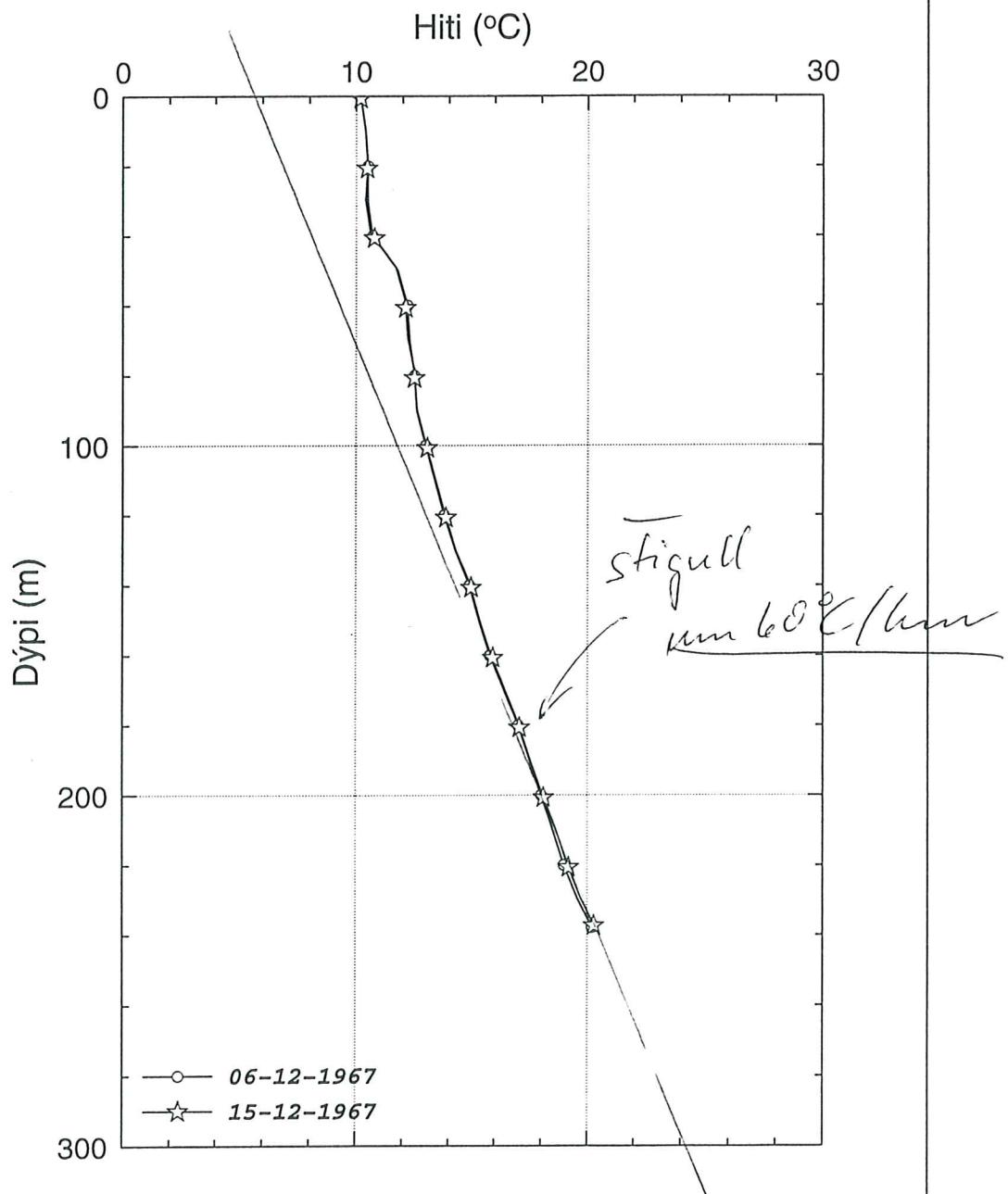
12-jan-1999
ks s=47752

Kross í Óslandshlíð SK-02
Skagafjörður



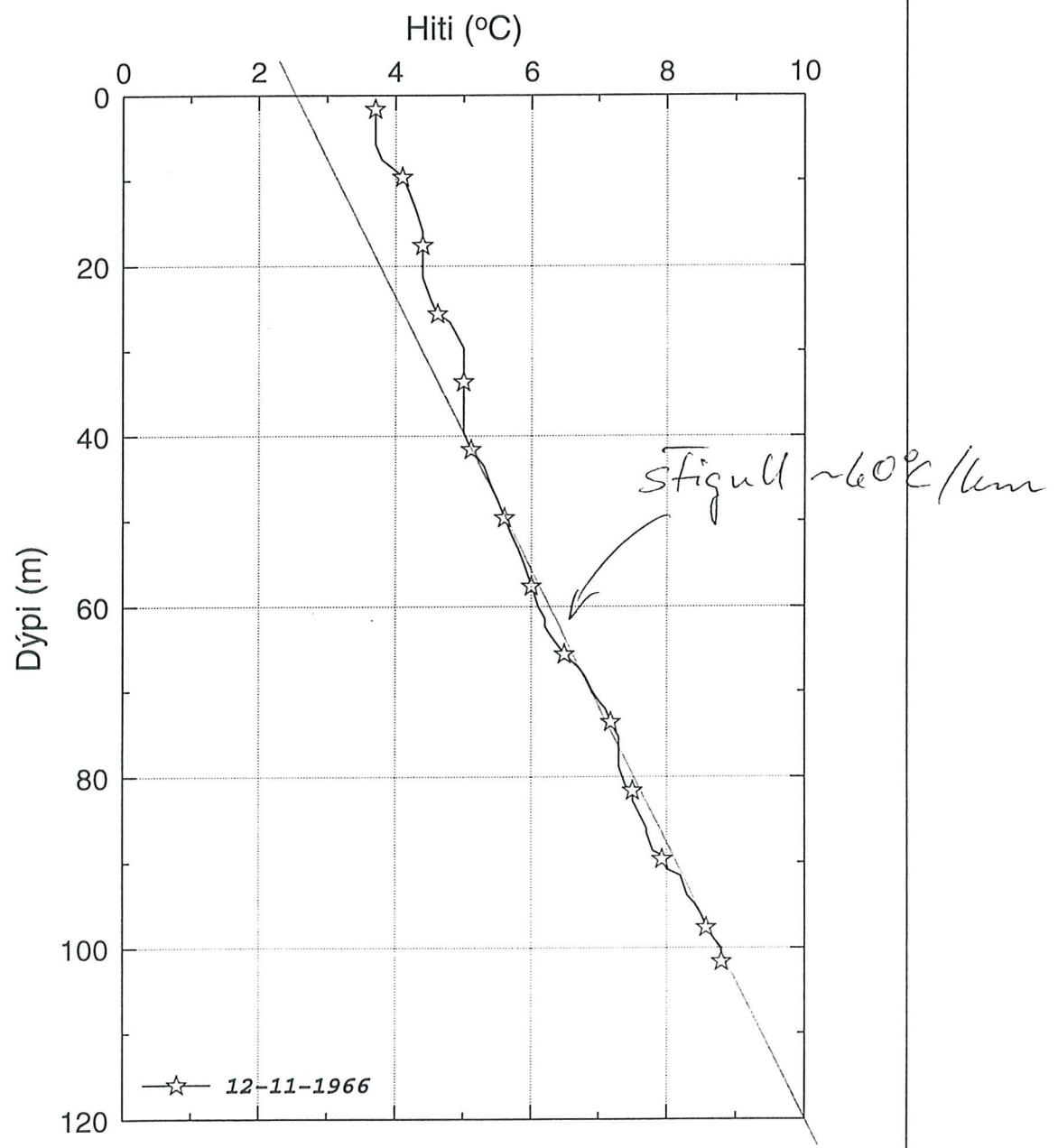
12-jan-1999
ks s=49211

Kálfssstaðir KS-01
Skagafjörður



 12-jan-1999
ks s=49205

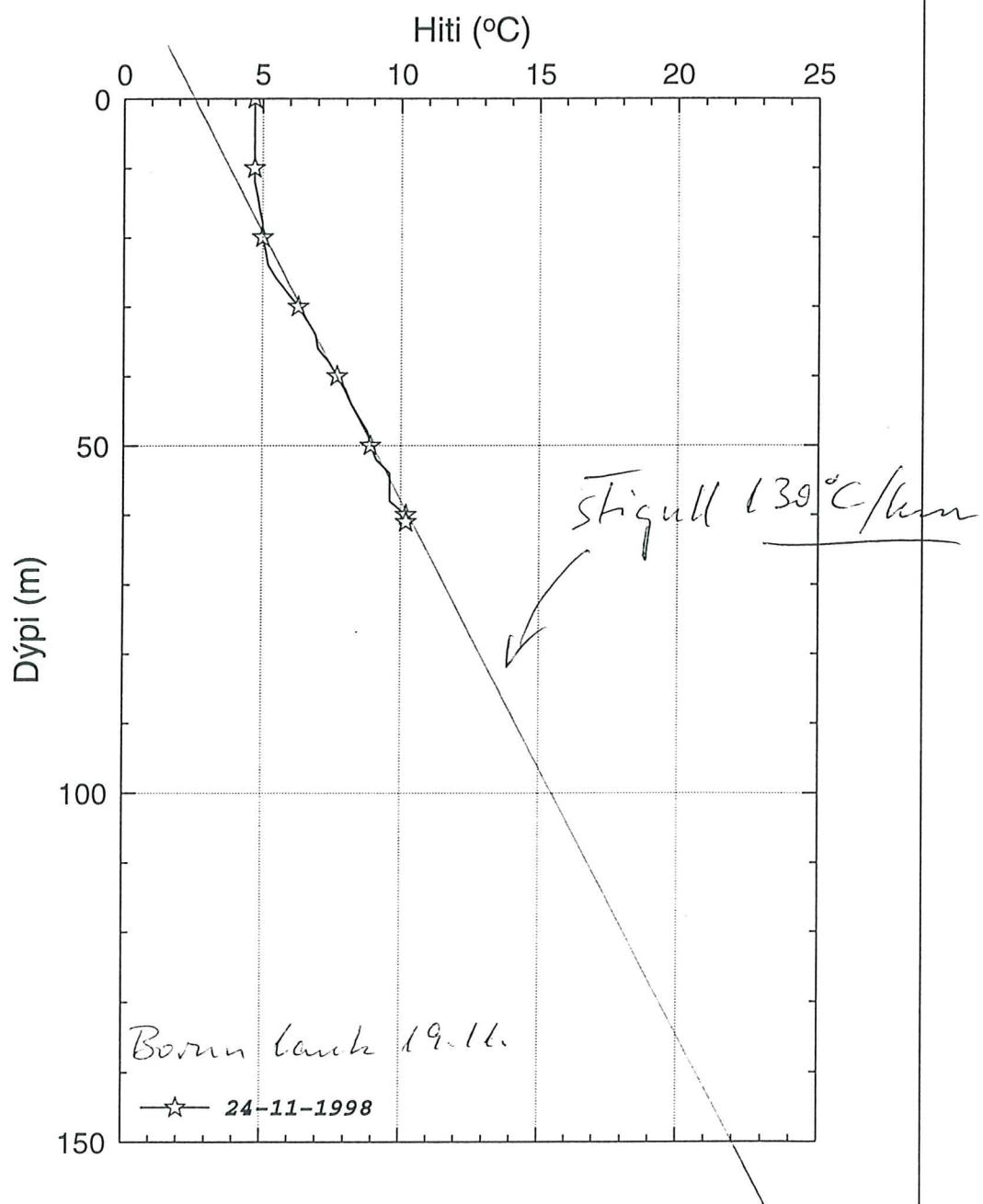
Hólar í Hjaltadal HH-03
Skagafjörður





12-jan-1999
ks s=47754

Arnarstaðir SK-04
Skagafjörður



Mynd

I- 12-jan-1999
ks s=47755

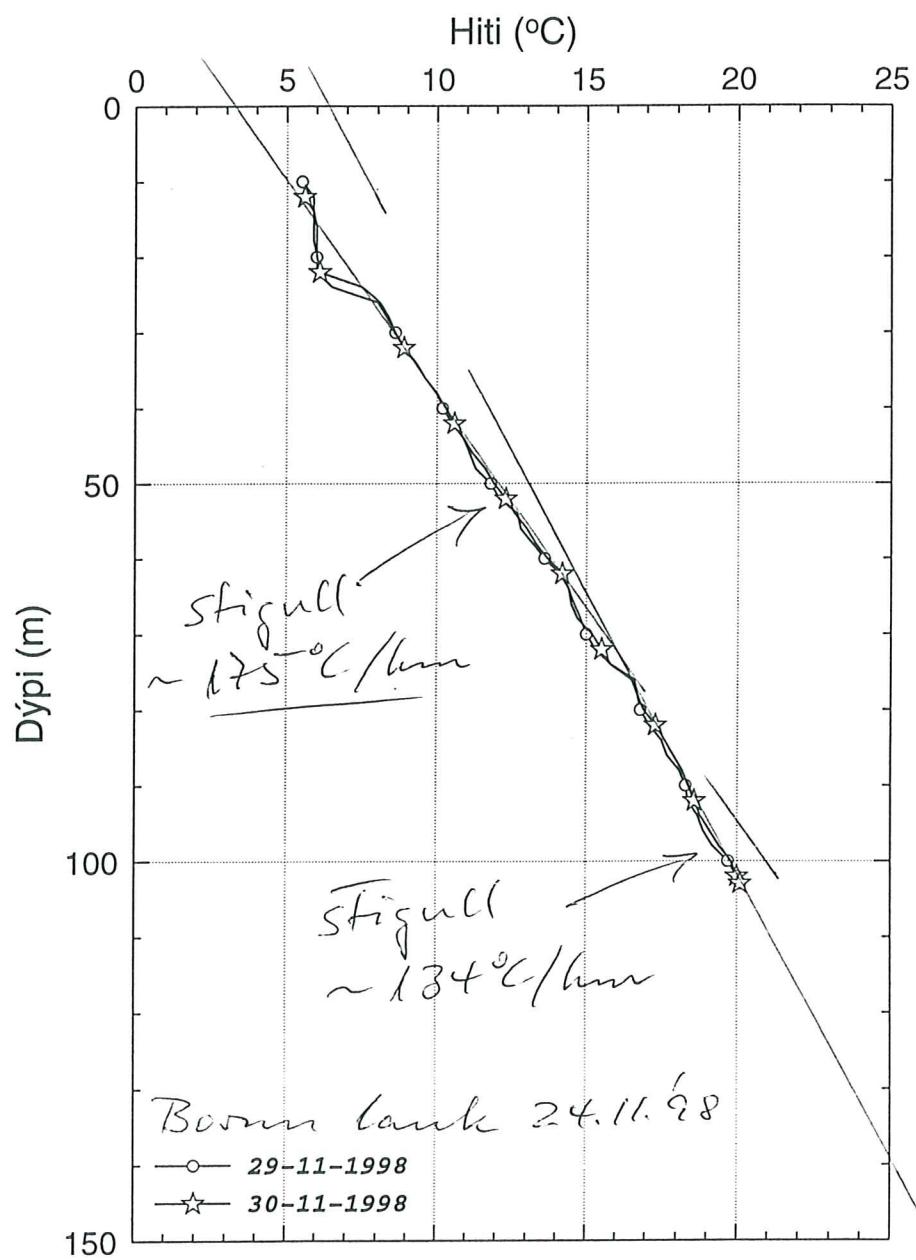
Bræðrá SK-05
Hrolleifsdalur
Skagafjörður



Mynd 9

I E 12-jan-1999
ks s=47756

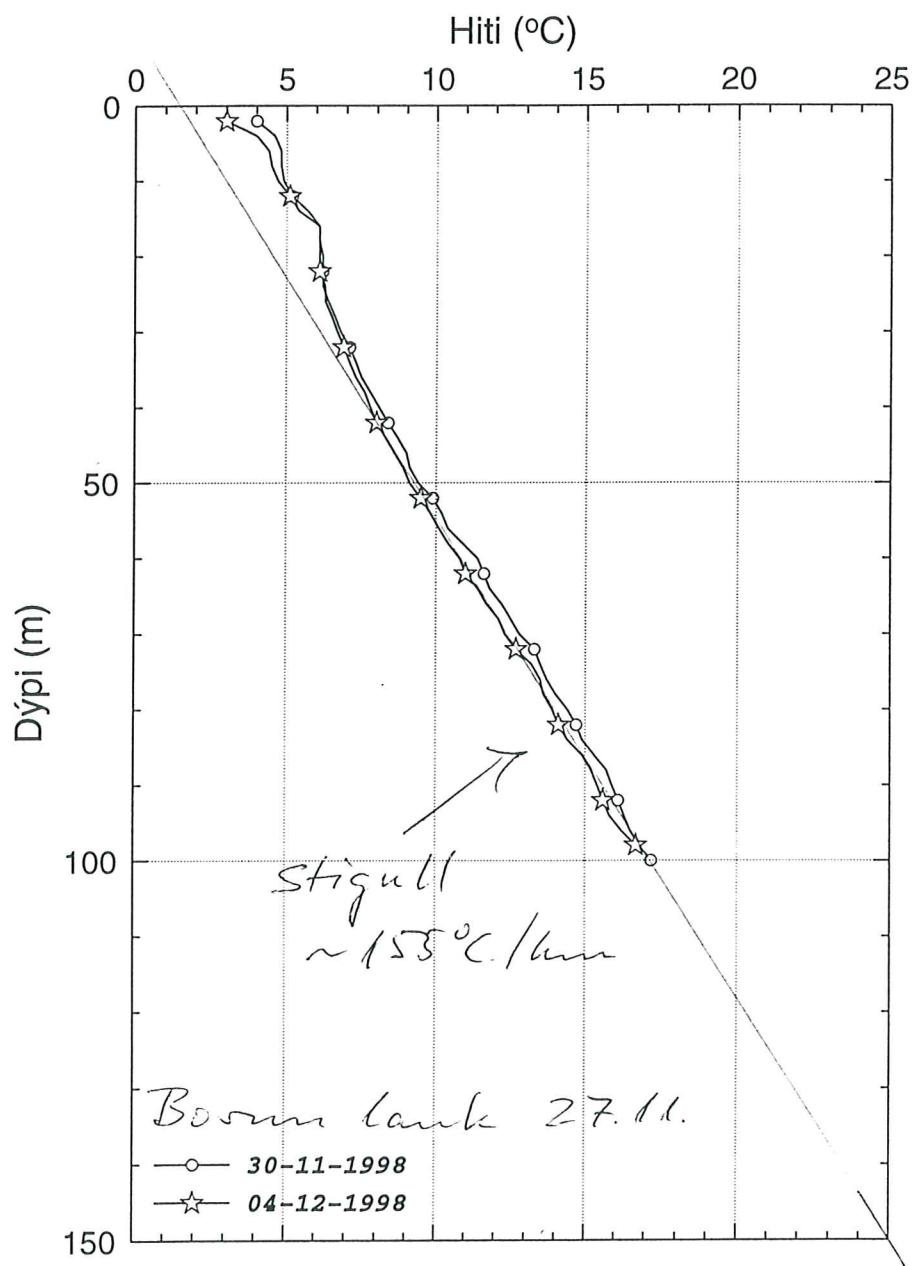
Bræðrá SK-06
Hrolleifsdalur
Skagafjörður



Mynd 15

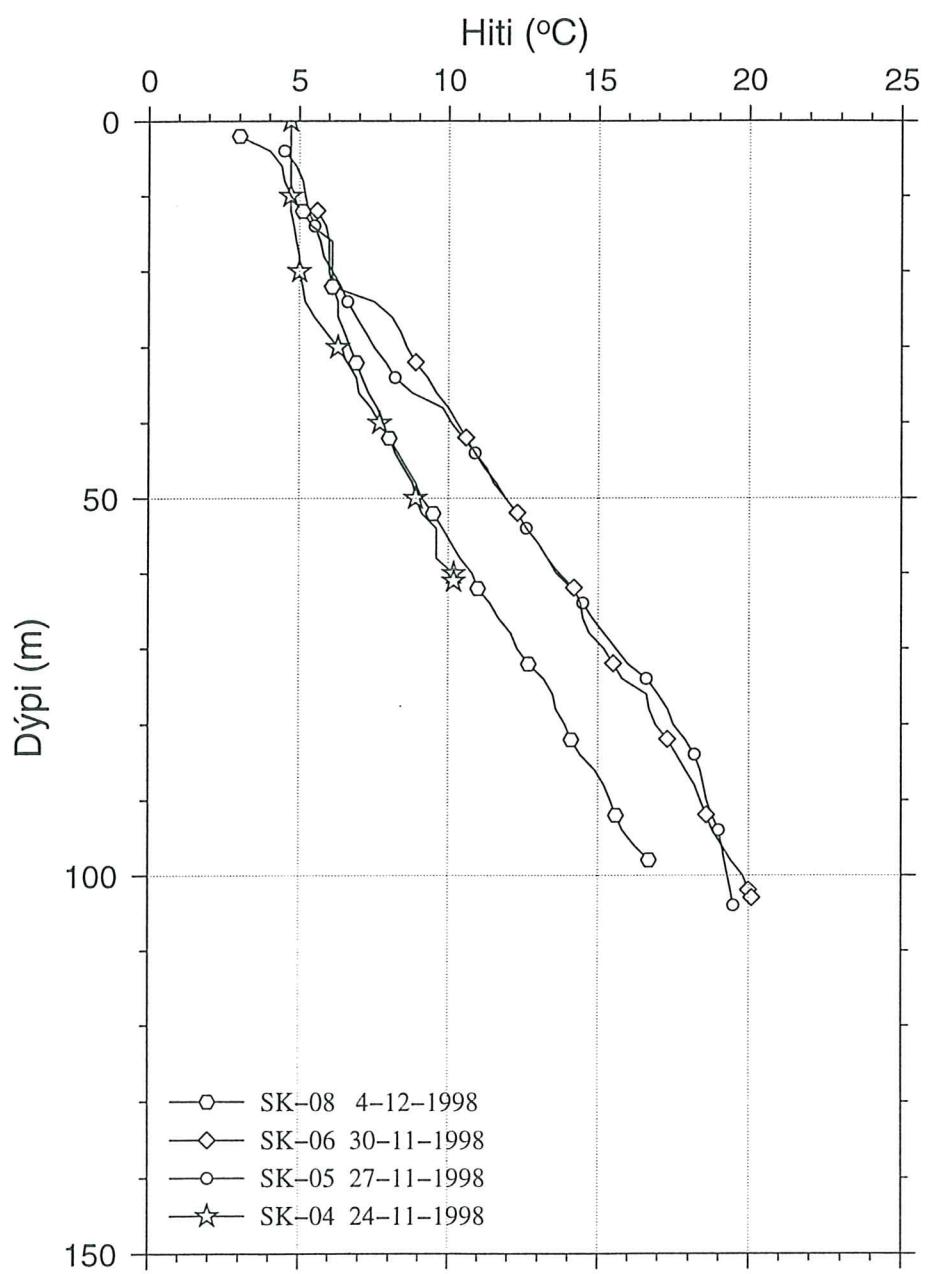
 12-jan-1999
ks s=47758

Bræðrá SK-08
Hrolleifsdalur
Skagafjörður



Mynd 11

Samanburður á holum í Hrolleifsdal

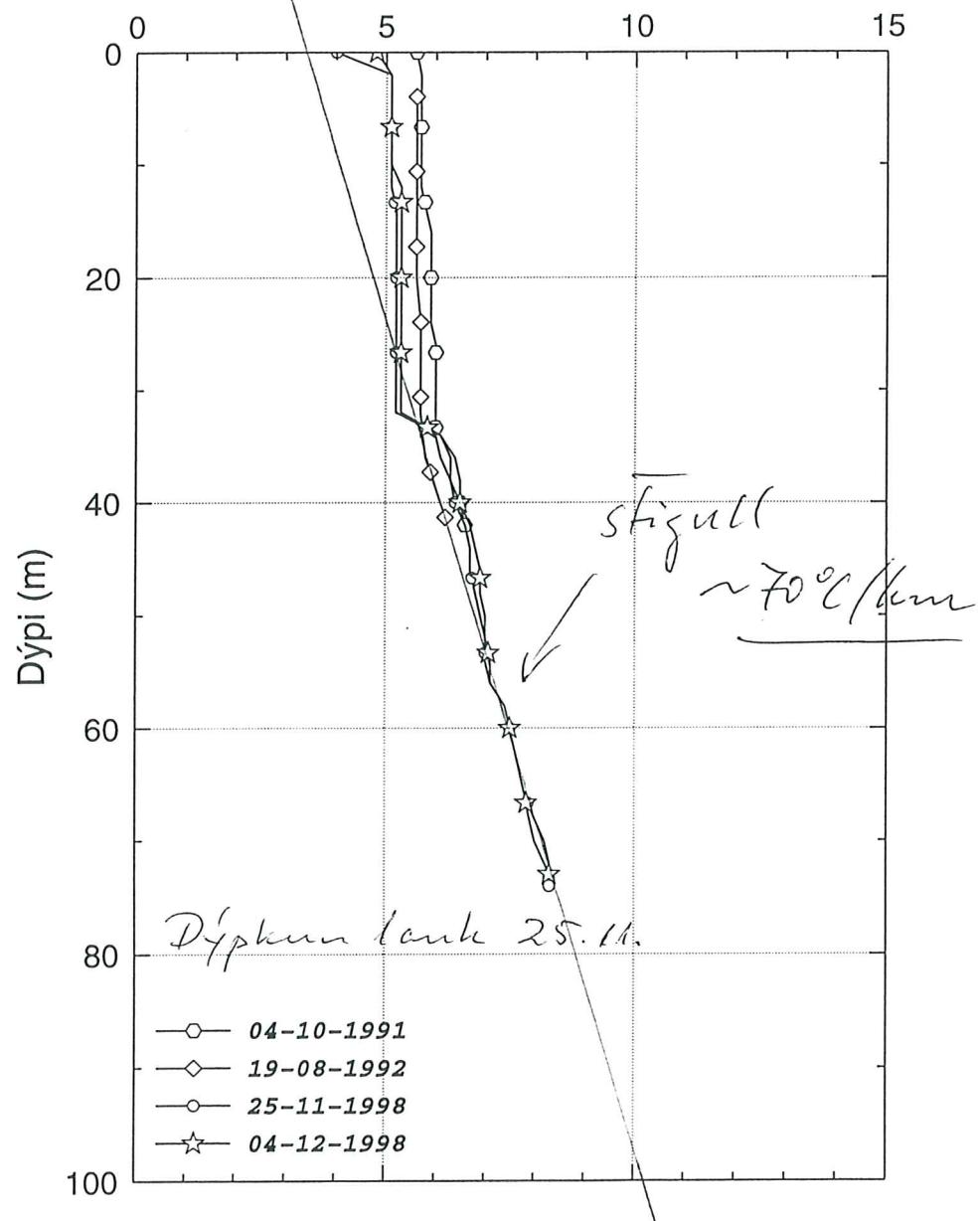


Mynd 12

12-jan-1999
ks s=49451

Sandfell SF-01
Unadalur
Skagafjörður

Hiti ($^{\circ}$ C)

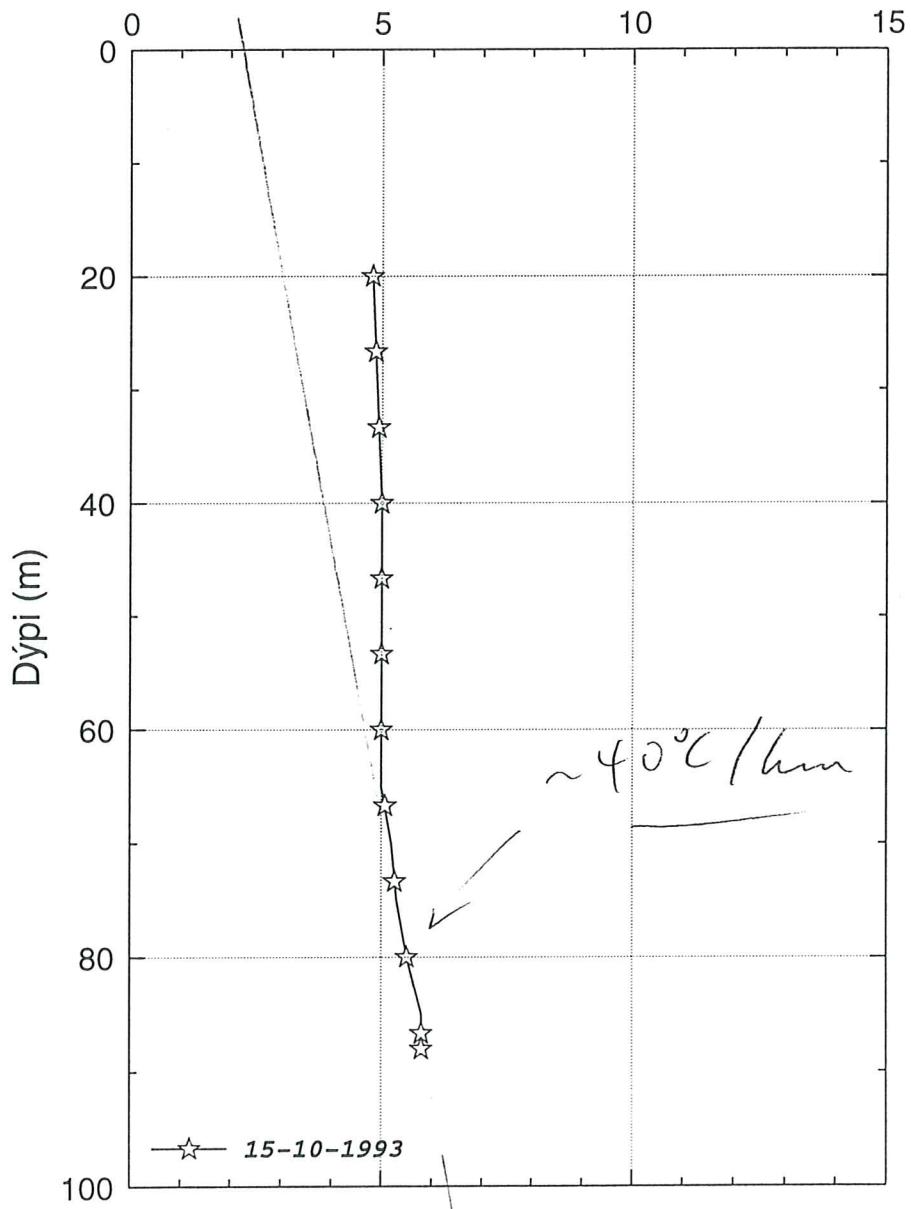


flapni 12

11-jan-1999
ks s=49821

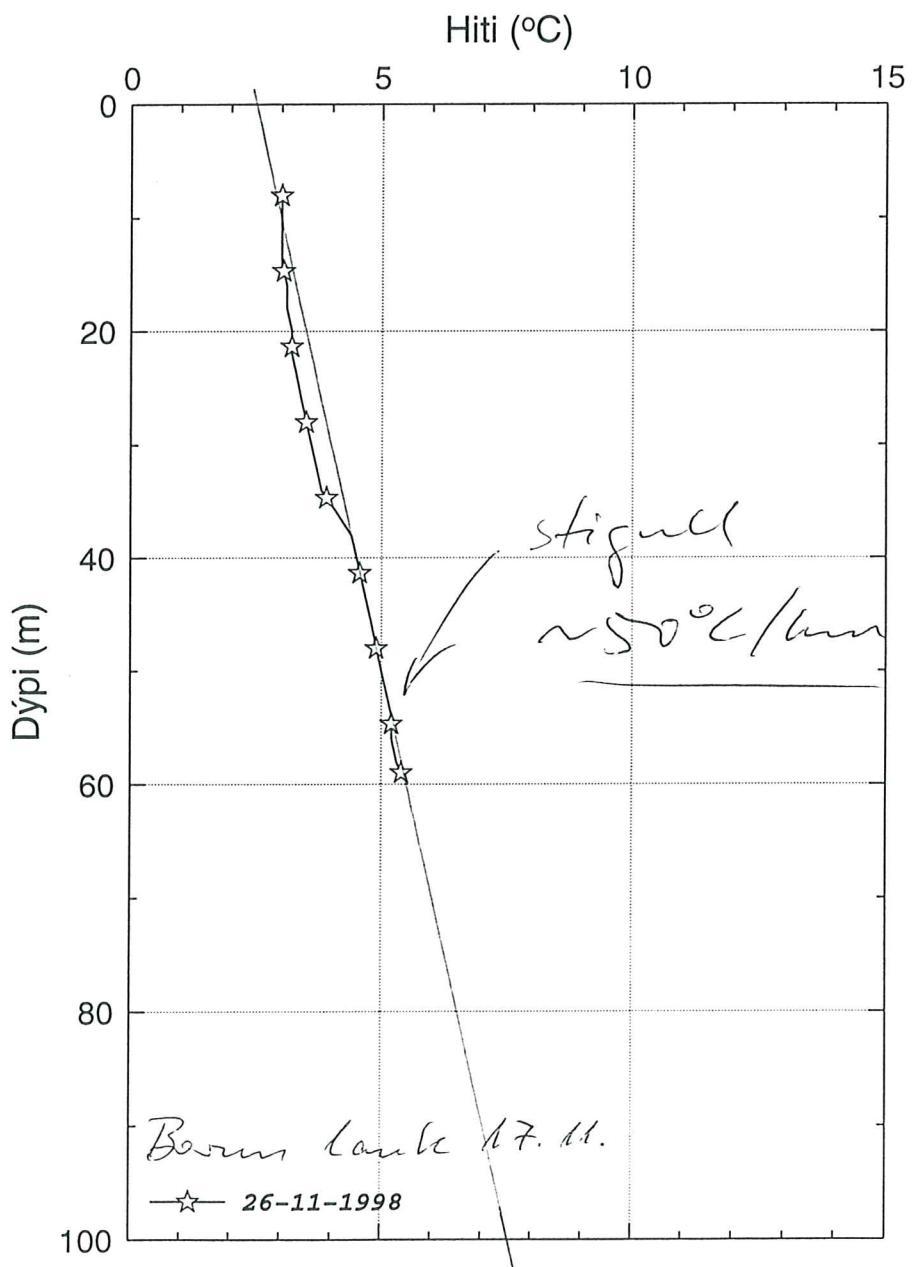
Skálá SÁ-01
Sléttuhlíð
Skagafjörður

Hiti ($^{\circ}\text{C}$)



12-jan-1999
ks s=47753

Fell í Sléttuhlíð SK-03
Skagafjörður

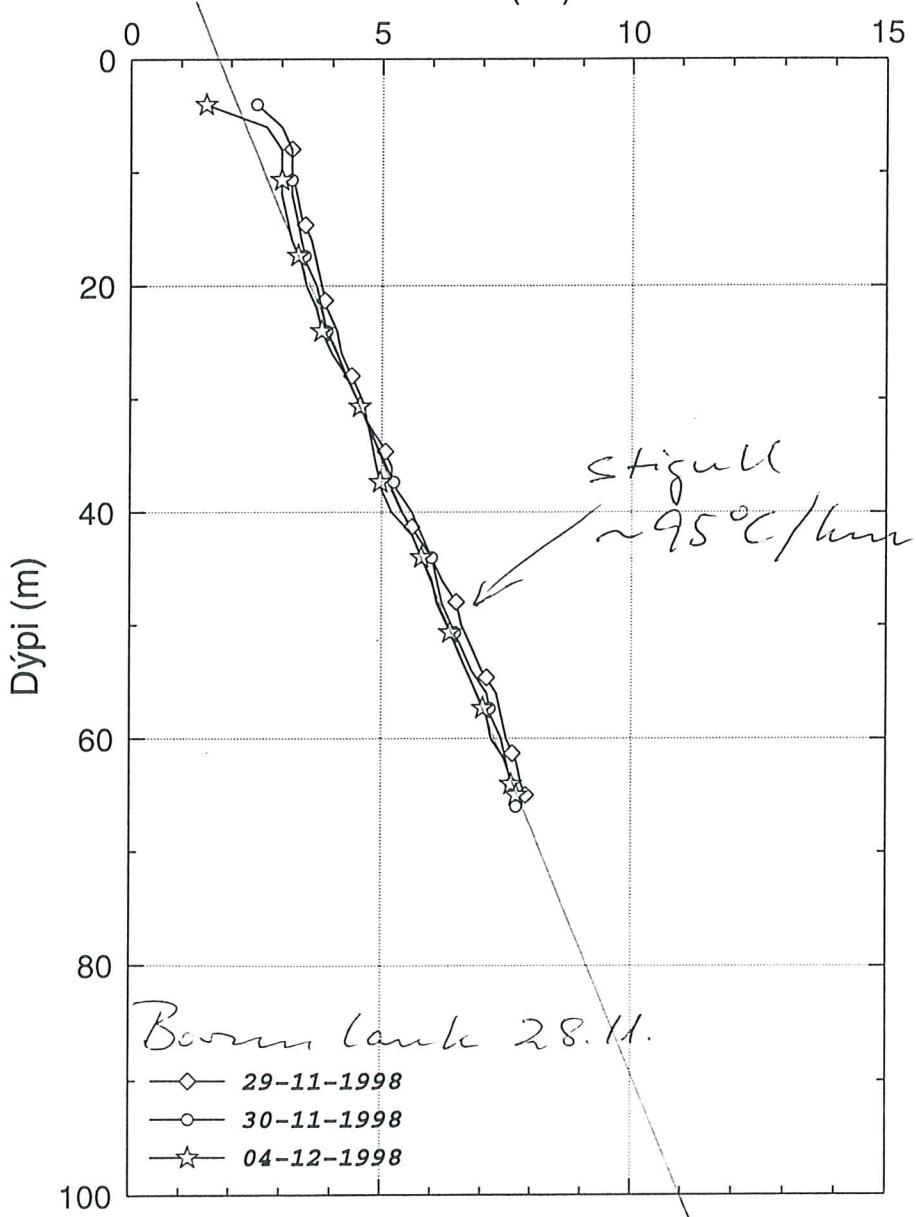


Magni

 12-jan-1999
ks s=47759

Háleggsstaðir SK-09
Deildardalur
Skagafjörður

Hiti ($^{\circ}\text{C}$)



Mynd 16