



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

KYNNING Á JARÐEÐLISFRÆÐIDEILD-JEÐ

Yfirlit um starfsemina 1983

Axel Björnsson

OS-84022/JHD-06 B

Mars 1984



ORKUSTOFNUN
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

KYNNING Á JARÐEÐLISFRÆÐIDEILD-JEÐ

Yfirlit um starfsemina 1983

Axel Björnsson

OS-84022/JHD-06 B

Mars 1984

EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 INNGANGUR	3
2 ÞÁTTUR JARÐEÐLISFRÆÐI Í JARÐHITARANNSÓKNUM	3
3 STAÐA JARÐEÐLISFRÆÐI OG JEÐ INNAN JHD	5
4 MARKMIÐ JEÐ	6
5 STARFSEMIN Á JEÐ	7
6 STARFSMENN Í JARÐEÐLISFRÆÐI Á JHD	8
7 VERKEFNI JEÐ - SKIPTING VINNUTÍMA	12
8 KOSTNAÐUR JEÐ 1983	15
9 STAÐA OG HORFUR Í ÁRSBYRJUN 1984	15
10 DÆMI UM FAGDEILDARVERKEFNI	17
10.1 Þróun viðnámsmælinga - tæki og túlkun (ÓF-EHH-RS)	17
10.2 Þróun segulmælinga - stafræn bylting (LG-EHH-KG)	20
10.3 Tækjasmíð á rafeindastofu - smíði þrýstiskynjara (HöH)	24
10.4 Upphitun í borholum - stöðvum borinn í tíma (ÓF)	26
11 VERKEFNALISTI JEÐ 1983	27
12 RITVERK JEÐ-MANNA	28

MYNDASKRÁ

Mynd 1 Skipulag forrannsóknna	4
Mynd 2 Skipurit yfir JHD	6
Mynd 3 Skipting allra vinnustunda JEÐ	13
Mynd 4 Skipting vinnutíma á verkefnaflökka	13
Mynd 5 Skipting Vinnustunda á jarðhitasvæði	14
Mynd 6 Viðnámslengdarmæling við Urriðavatn	18
Mynd 7 Segulmælingar við Stórutjarnir	22
Mynd 8 Þrívíddarkort af segulsviði	23
Mynd 9 Hitastig við hallandi vatnsrás	26

TÖFLUR

Tafla 1 Vinnuframlag fastra starfsmanna	10
Tafla 2 Vinnuframlag sumarmanna	11

1 INNGANGUR

Tilgangur þessarar skýrslu er tvíþættur. Í fyrsta lagi verður reynt að gefa þeim, sem ekki starfa við jarðeðlisfræði, hvort sem þeir eru utan eða innan OS, hugmynd um markmið og eðli jarðeðlisfræðilegrar könnunar jarðhitasvæða. Í öðru lagi er tekin saman ársskýrsla um starfsemi Jarðeðlisfræðideildar (JED) fyrir árið 1983, en JED er ein undirdeilda Jarðhitadeildar (JHD) Orkustofnunar. Fyrst er greint frá tilgangi jarðeðlisfræðikönnunar og stöðu starfseminnar innan JHD. Síðan er gefið yfirlit yfir vinnustundir í jarðeðlisfræði og hvernig þær skiptast á verksvið. Í kafla 10 eru fjögur dæmi sem ættu að lýsa vel á hvern hátt jarðeðlisfræði nýtist og fléttast inn í jarðhitaramsóknir. Í lokin er skrá yfir skýrslur, greinargerðir og tímaritsgreinar sem út komu á árinu og starfsmenn JED eiga hlut að og einnig listi yfir þau verkefni, sem JED tók þátt í. Allir starfsmenn JED tóku þátt í undirbúningi þessarar skýrslu. Kafli 10 er merktur fangamörkum höfunda þess kafla.

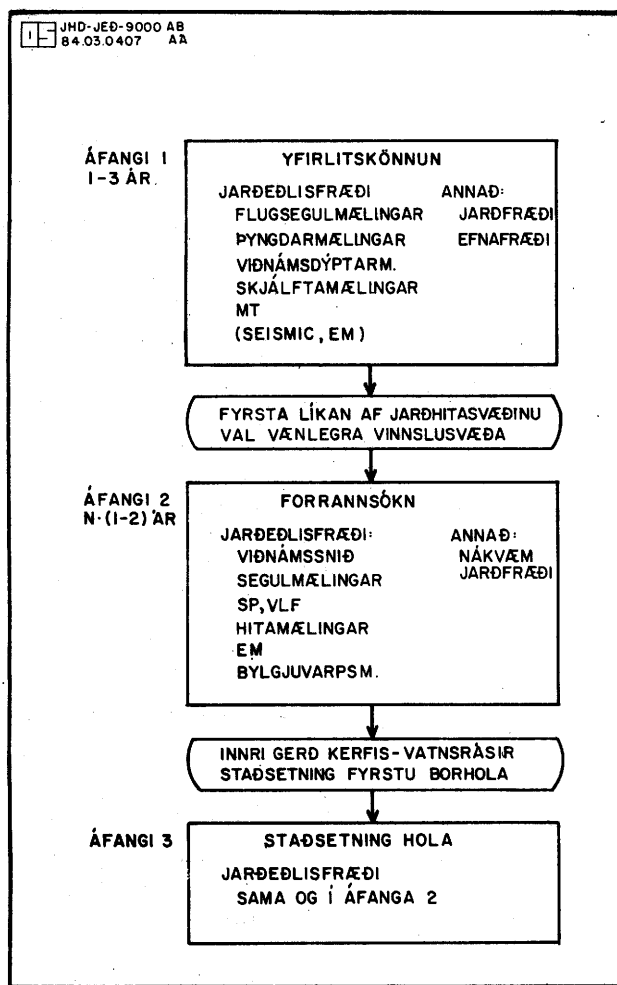
2 ÞÁTTUR JARÐEÐLISFRÆÐI Í JARÐHITARANNSÓKNUM

Jarðeðlisfræðilegar mælingar (geophysical exploration) eru einn mikilvægasti en jafnframt viðamesti og dýrasti þáttur í frumkönnun bæði háhita- og lághitasvæða. Þær eru oftast skipulagðar með hliðsjón af undangenginni grófri jarðfræðikortlagningu og efnafræðiathugun. Jarðeðlisfræðikönnun er unnin á þremur stigum jarðhitaramsóknna.

1. Í fyrsta áfanga nær jarðeðlisfræðileg könnun gjarnan til stórra svæða og eru þá oft gerðar þyngdar- og flugsegulmælingar ásamt stökum viðnámsmælingum. Þennan áfanga mætti nefna yfirlitskönnun (reconnaissance) og getur hann tekið 1-3 ár allt eftir stærð og eðli jarðhitasvæðisins. Niðurstöður allra frumransóknna eru túlkadar saman og árangurinn er jarðfræðilegt frumlíkan af viðkomandi jarðhitasvæði og val eins eða fleiri vænlegra borsvæða.
2. Í öðrum áfanga frumkönnunar er jarðgerð kortlögð nákvæmlega og gerðar margvíslegar jarðeðlisfræðilegar mælingar. Á þessu stigi gefa viðnámslengdarmælingar og segulmælingar í þéttriðnu neti bestar upplýsingar, en einnig hafa hitamælingar í jarðvegi og eiginspennumælingar gefið góða raun. Þennan áfanga mætti kalla forkönnun eða forransókn. Hann getur tekið 1-2 ár á hverjum vænlegum virkjunarst og lýkur með staðsetningu rannsóknarhola.
3. Jarðeðlisfræðilegri könnun er iðulega haldið áfram á jarðhitasvæðum eftir að boranir eru hafnar. Við fyrstu boranir vakna oft spurningar um gerð og eðli jarðhitakerfisins, sem unnt er að svara með

yfirborðsmælingum á mun ódýrari hátt en með borunum. Þegar staðsetja þarf nýjar vinnsluholur fyrir hitaveitur og virkjanir á vinnslusvæðum, sem hafa verið í notkun í mörg ár eru jarðeðlisfræðilegar mælingar oft einu tiltæku ráðin til þess að staðsetja þær holur sem markvissast.

Á mynd 1 er sýnt einfaldað yfirlit um þátt jarðeðlisfræðilegrar könnunar í forrannsókn jarðhitasvæða og staðsetningu borhola.



JHD-JEÐ-9000 AB
84.03.0407 AA

Mynd 1 Skipulag forrannsóknna jarðhitasvæða - þáttur jarðeðlisfræðikönnunar

Tækni við jarðeðlisfræðilegar mælingar og túlkun þeirra hefur fleygt fram á JHD undanfarinn áratug. Mikill borkostnaður hefur leitt til þess að nú eru gerðar mun meiri kröfur um jarðeðlisfræðilegar mælingar til þess að staðsetning borhola geti orðið hnitmiðaðri en áður. Má í þessu sambandi nefna sem dæmi rannsóknir á vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar, við Urriðavatn í Fellum og í Hvíthólaklifi við Kröflu, þar

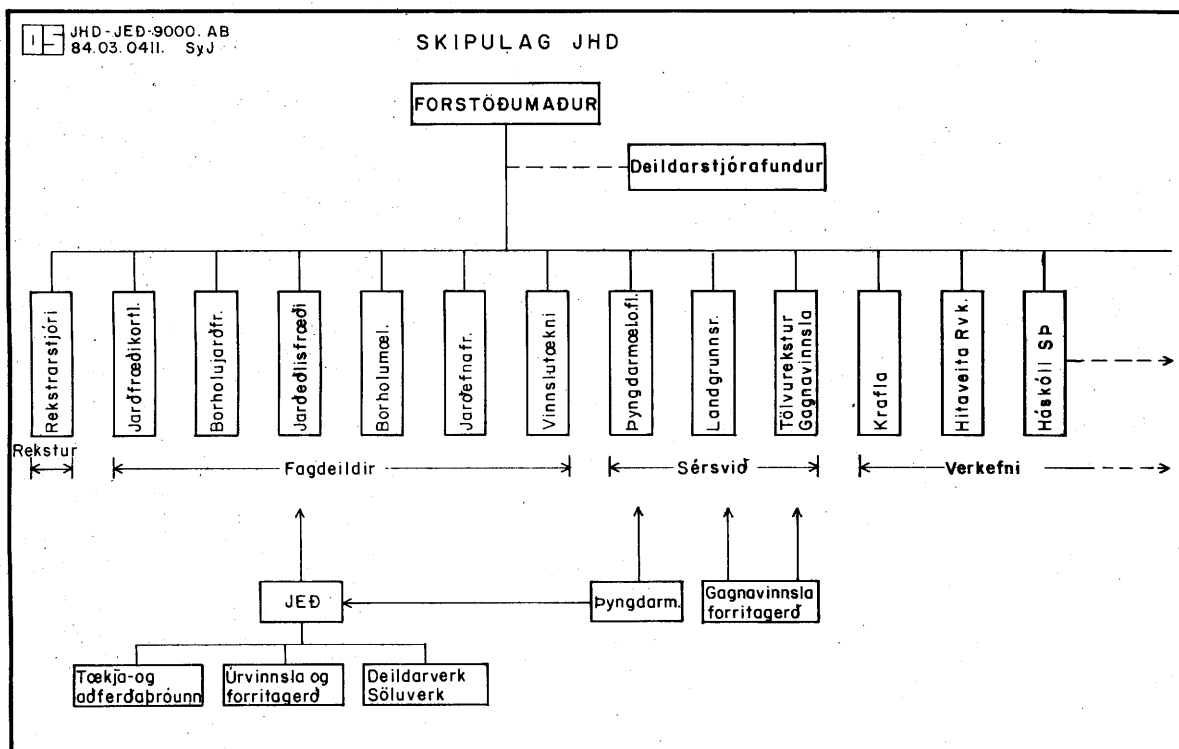
sem jarðeðlisfræðileg könnun hefur verið veigamikill þáttur. Kostnaður við forrannsóknir er ekki nema lítill hluti af kostnaði vinnsluhola. Mörgum er þó ekki enn orðið ljóst mikilvægi þess að beita ýtarlegri forkönnun áður en lagt er út í dýrar boranir. Með góða jarðeðlisfræðikönnun í vegarnesti hefði á síðustu árum oft mátt komast hjá að bora dýrar árangurslausar holur. Vanmat á forrannsóknnum stafar í fyrsta lagi af því að erfitt er að meta árangur þeirra beint í peningum og niðurstöður þeirra eru í eðli sínu ekki nema mismunandi sterkar líkur. Í öðru lagi taka þær langan tíma. Því er oft lagt út í boranir og framkvæmdir með von um skjótan árangur í stað þess að skipuleggja lengra fram í tímann. Miðað við núverandi starfslið og búnað á JHD tekur fyrsti áfangi frumkönnunar jarðhitasvæðis (sjá mynd 1) 1-3 ár. Hærri tölurnar eiga frekar við háhitasvæði en þær lægri við lághitasvæði. Annar áfangi tekur 1-2 ár á hverju vænlegu vinnslusvæði. Því er ljóst að um 6 ára undirbúning þarf, ef velja á milli nokkurra vænlegra borsvæða innan eins háhitasvæðis. Þetta er lengri, en jafnframt raunhæfari tími, heldur en í eldri áætlunum JHD um rannsókn háhitasvæða. Á lághitasvæðum er þessi tími styttri.

3 STADA JARÐEÐLISFRÆÐI OG JED INNAN JHD

Jarðhitadeild Orkustofnunar er formlega skipt í 6 fagdeildir auk almenns hluta. Fagdeildirnar eru kenndar við jarðfræðikortlagningu, borholujarðfræði, jarðeðlisfræði, borholumælingar, jarðefnafræði og vinnslutækni. Yfir hverri fagdeild er deildarstjóri. Til hins almenna hluta, sem heyrir beint undir forstöðumann, telst eftirlit með fjármálum og rekstri, vélritun og ýmsir sameiginlegir þættir í starfsemi JHD. Auk þess falla undir hinn almenna hluta nokkur fagleg og verkefnaleg sérsvið, sem ekki hafa verið sett undir fagdeildir. Einstökum verkefnum, sem oftast spanna yfir fleiri en eina fagdeild, er stjórnað af verkefnisstjórum, sem eru skipaðir af forstöðumanni. Um 4/5 starfsmanna JHD, annarra en sumarmanna, eru á fagdeildum, en 1/5 er utan deilda í almenna hlutanum. Á mynd 2 er sýnt skipurit JHD og staða jarðeðlisfræðinnar innan hennar.

Öbbinn af þeirri jarðeðlisfræðivinnu, sem fram fer á JHD vegna jarðhitaleitar og könnunar jarðhitasvæða, er unninn á JED. Allnokkur jarðeðlisfræði heyrir þó undir almenna hlutann. Má þar nefna þyngdarmælingar, stærðfræðilega gagnavinnslu, gerð forrita til túlkunar á jarðeðlisfræðimælingum o.fl. Auk ofanefndrar starfsemi, sem unnin er vegna jarðhitaverkefna, er einnig nokkur jarðeðlisfræðivinnu tengd öðrum rannsóknnum á JHD, t.d. landgrunnsrannsóknnum. Um þá þætti verður ekki fjallað í þessari skýrslu.

JED er stærsti aðili hér á landi, sem leggur stund á jarðeðlisfræði. Allnokkur tengsl eru við aðila sem stunda svipaða starfsemi utan JHD. Má þar nefna landmælingar VOD, sem hafa gert land- og þyngdarmælingar, og Raunvísindastofnun Háskólans, sem hefur sert skjálftamælingar á háhitasvæðum í samvinnu við JED.



Mynd 2 Skipurit yfir JHD - staða jarðeðlisfræði og JED

4 MARKMIÐ JED

Meginmarkmið starfsemi JED er tvíþætt eins og annarra fagdeilda á Jarðhitadeild:

- Halda við faglegri þekkingu og stuðla að framþróun á sviði þeirrar jarðeðlisfræði sem nýtist við jarðhitarannsóknir.
- Leggja til sérfræðinga og aðstoðarmenn á sviði jarðeðlisfræði í deildar- og söluverk JHD, og reyna að stuðla að því í samvinnu við verkefnisstjóra að fagkunnátta á sviði jarðeðlisfræði sé nýtt sem skyldi í verkefnum JHD.

5 STARFSEMIN Á JED

Starfsemi JED er skipt upp í nokkur verksvið. Ekki eru skýr mörk á milli þessara sviða né á milli starfa einstakra manna. Æskilegt er að menn grípi inn í störf hver hjá öðrum og geti færst úr einu verki í annað með stuttum fyrirvara. Verksviðin eru:

1. Almennur rekstur. Undir hann fellur viðhald og endurnýjun jarðeðlisfræðilegra mælitækja. Mest af þessu er unnið á eigin raf-eindastofu og verkstæði, sem JED rekur. Jarðeðlisfræðitæki eru oftats mjög sérhæfð og löguð að aðstæðum á hverjum stað. Því eru þau að meira og minna leyti heimasmiðuð og ekki fáanleg á almennum markaði. Það hefur því ekki verið unnt að kaupa þessa þjónustu að og bráðnauðsynlegt að reka eigin viðhaldsþjónustu. Rafeindastofan þjónar einnig öðrum undirdeildum JHD, VOD og JBR eftir því sem tími vinnst til. Þjónusta við borholumælingadeild JHD er víðamest. Deildin á og rekur 2 sérbúna mælingabíla og vélsleða.

2. Þróun mæliaðferða og nýsmíði tækja. Með aukinni tækni og vaxandi kröfum til forrannsókna er nauðsynlegt að endurbæta sífellt tækjabúnað og mælitækni. Verulegur hluti nýrra tækja er hannaður og smíðaður á rafeindastofu JED, bæði vegna þess að hann getur verið ófáanlegur annars staðar frá og eins vegna þess að aðkeypt tæki eru oft margfalt dýrari en heimasmiðuð. Má fullyrða að rekstur rafeindastofu JED hafi sparað milljónir króna í tækjakaupum á undanfórnum árum. Víðamesta verkefnið á þessu sviði eru stöðugar endurbætur á viðnámsmælitækni, en viðnámsmælingar eru lang mikilvægasta jarðeðlisfræðiaðferðin í jarðhitarannsóknum. Sem dæmi má nefna hér þróun nýrrar aðferðar við viðnámslengdarmælingar, Kína-mælingar svokallaðar, sem hafa skilað mjög góðum árangri á lágheitsvæðum t.d. við Urriðavatn fyrir Hitaveitu Egilsstaðahrepps og Fella. Í kafla 10 eru nokkur dæmi um árangur af tækjasmíð á rafeindastofu og aðferðaþróun á JED.

3. Þróun túlkunaraðferða og forritagerð. Nauðsynlegt er að endurbæta stöðugt úrvinnsluþátt mælinga eins og mælitæknina. Með nýrri tölvu á OS varð bylting í meðhöndlun mæligagna og túlkunaraðferðum. Er allmikið unnið við aðlögun aðfenginna og ritun nýrra forrita. Einnig fer nokkur tími í fræðilegar athuganir á nýjum leiðum til túlkunar gagna og endurbóta á eldri aðferðum. Sem dæmi má nefna að síðustu 2-3 árin hefur tekist að tölvuvæða túlkun viðnámsmælinga og gera tvívíð viðnámslíkön af jarðhitasvæðum, sem gefa mun nákvæmari mynd af legu vatnsrásra heldur en eldri einvíð túlkun (sjá kafla 10).

4. Deildar- og söluverk JHD. Undir þennan lið fellur þátttaka JED í deildar- og söluverkefnum JHD. Sú þátttaka felur í sér framkvæmd jarðeðlisfræðilegra mælinga, úrvinnslu gagna, túlkun niðurstaða, skýrsluskrif og verkefnisstjórn. Mestöll mælingavinna á JED fer fram á þremur mánuðum yfir sumarið og eru ráðnir til þess sumarmenn sem vinna í mælingaflokkum. Fjöldi sumarmanna er oft á bilinu 6-18. Þetta er eina færa leiðin til að afla gagna, því ekki er unnt að framkvæma t.d. viðnámsmælingar nema í frostlausri jörð. Úrvinnsla fer að mestu fram á veturna.

6 STARFSMENN Í JARÐEÐLISFRÆÐI Á JHD

Starfsmenn jarðeðlisfræðideildar má flokka í

- a) sérfræðinga og tæknimenn, sem ráðnir eru ótímabundið eða til nokkurra ára í senn (fastráðnir eða verkefnaráðnir),
- b) lausráðna sérfræðinga ráðna til eins árs í senn eða skemur,
- c) sumarvinnumenn, sem yfirleitt eru ráðnir í 3 mánuði í mælingar úti við, úrvinnslu gagna inni á skrifstofu eða í aðstoðarstörf á raf-eindastofu,
- d) auk þess vinna nokkrir sérfræðingar JHD, sem ekki tilheyra formlega fagdeildum, að hluta til störf á JED.

Hér á eftir eru starfsmenn í liðum a), b) og d) kallaðir fastir starfsmenn. Reyndar hafa þeir sem eru í lið b) ekki formlega fast starf á OS, en sumir hverjir hafa unnið árum saman á stofnuninni og ekki fyrirsjáanlegt að þeir hætti nema verkefnum fækki og eðli starfseminnar breytist. Meðfylgjandi tvær töflur gefa yfirlit um vinnu í jarðeðlisfræði á JHD árið 1983. Tafla 1 sýnir dreyfingu vinnustunda fastra starfsmanna. Þær voru alls 25.619 stundir. Ef reiknað er með 2300 stundum í einu ársverkum eru þetta 11,1 ársverk. Tafla 2 sýnir vinnustundir sumarmanna sem urðu 9.604 tímar eða 4,2 ársverk. Til samans eru þetta 15,3 ársverk unnin í jarðeðlisfræðilegri könnun jarðhitasvæða árið 1983. Frekari skýringar við töflurnar er að finna hér að neðan. Fjöldi vinnustunda á JED var 32.136 stundir á árinu 1983 eða um 14 ársverk. JED var þar með stærst undirdeilda JHD. Á JED unnu alls 11 "fastir" starfsmenn og 17 sumarmenn um lengri eða skemmri tíma á árinu auk þeirra fjögurra starfsmanna annarra deilda, sem unnu fagvinnu á JED. Það voru því alls 32 starfsmenn, sem komu við sögu í jarðeðlisfræði á JED 1983. Þar við bætast allmargir samvinnuaðilar utan deildar og utan OS.

Útskýringar við vinnustundatöflur

Tafla 1 - fastir starfsmenn

1. Ragna var í fæðingarorlofi jan.-feb., í 1/2 starfi út ágúst en fékk síðan launalaust leyfi í 2 ár.
2. Brynjólfur var settur í hennar starf á meðan.
3. Hjálmar hætti störfum 1. september og fór í framhaldsnám.
4. Hákon Helgason var í 1/2 starfi í 4 mánuði vegna skólagöngu og fékk launalaust leyfi á meðan.
5. Engir nýir starfsmenn komu í stað þeirra sem hættu eða fluttust til þannig að "fastir" starfsmenn voru tveimur færri í árslok en í ársbyrjun.
6. Gunnar Johnsen vann nær eingöngu í jarðeðlisfræðipætti ýmissa verkefna og Hjörtur gerði mælingar vegna umbrota í Kröflu. Ragnar, Tryggvi og Karl unnu mikið í fagverkum JED.

Tafla 2 - sumarmenn

1. Þrír sumarmenn unnu við þróun úrvinnsluaðferða, ritun forrita og túlkun jarðeðlisfræðilegra mælinga í samvinnu við fasta starfsmenn. Tveir unnu aðstoðarstörf á rafeindastofu, einkum til þess að létta á föstum starfsmönnum yfir háannatímann sem jafnframt er sumarleyfistími og tryggja eðlilegt viðhald og öryggi við mælingarvinnu. Annar þeirra (Ingvar J. Baldvinsson) vann nær eingöngu fyrir borholumælingar.
2. Reknir voru 2 mælingaflokkar allt sumarið (12 vikur) og voru 4-6 menn í hvorum. Sumarmennirnir unnu 1-3 mánuði, hver en innimenn gripu inni mælingar eftir þörfum, þegar skörð mynduðust í flokksráðirnar.

TAFLA 1 Vinnuframlag "fastra" starfsmanna á JHD í jarðeðlisfræði 1983

	Vinnustundir				
	alls		%	í jarðeðlisfr.	
	mán.	tímar		mán.	tímar
<u>Fastráðnir á JED</u>					
Axel Björnsson, jarðeðlisfræðingur	12	2693	100	12	2693
Ólafur G. Flóvenz, - " -	12	2298	100	12	2298
Lúðvík S. Georgsson, verkfræðingur	12	2454	100	12	2454
Ragna Karlsdóttir, - " -	4	505	100	4	504
Einar H. Haraldsson, - " -	12	2324	90	11	2092
Hákon Helgason, vélvirki	10	2200	80	8	1760

					11801
<u>Verkefnaráðnir á JED</u>					
Hörður Halldórsson, tæknifræðingur	12	2689	6	1	161
Knútur Árnason, eðlisfræðingur	12	2203	100	12	2203

					2364
<u>Lausráðnir sérfræðingar á JED</u>					
Brynjólfur Eyjólfsson, jarðeðlisfr.	12	2502	100	12	2502
Gylfi Páll Hersir, - "-	6	1228	100	6	1228
Hjálmar Eysteinnsson, - " -	8	1437	100	8	1437

					5167
<u>Sérfræðingar af öðrum deildum</u>					
Gunnar V. Johnsen, verkfr.	12	2624	94	1	2467
Ragnar Sigurðsson, stærðfr.	6	1140	70	4	798
Tryggvi Edwald, stærðfr.	12	1998	60	7	1199
Karl Gunnarsson, jarðeðlisfr	12	2113	20	2	423
Hjörtur Tryggvason, aðstoðarm.	12	2800	50	6	1400

					6287

Alls 25.619 vinnustundir eða 11,1 ársverk

TAFLA 2 Vinnuframlag sumarmanna á JED í jarðeðlisfræði 1983

	Vinnustundir	Verksvið
<u>Sumarmenn - innvinna á JED</u>		
Halldór Halldórsson, stærðfræði	336 t	þróun forrita
Helgi Baldvinsson, tæknifræðingur	903 t	aðstoð á rafeindast.
Ingvar J. Baldvinsson, - " -	505 t	- " - Bmd.
Kolbeinn Árnason, jarðeðlisfræðingur	345 t	úrvinnsla gagna
Kjartan Ólafsson, - "-	338 t	- " -

	2427 t	
<u>Sumarmenn útimælingar JED</u>		
Grímur Björnsson	1058 t	viðnáms- og segulm.
Einar Örn Sveinbjörnsson	814 t	- " -
Guðmundur H. Guðmundsson	539 t	- " -
Björn Axelsson	266 t	- " -
Guðrún Skarphéðinsdóttir	752 t	- " -
Kristín Vogfjörð	590 t	- " -
Ólafur Guðmundsson	271 t	- " -
Sverrir Jensson	271 t	- " -
Steingrímur Jónsson	701 t	- " -
Kolbeinn Arinbjarnarson	820 t	- " -
Sigurður Rögnvaldsson	538 t	- " -
Gunnar Stefánsson	557 t	- " -

	7177 t	

Alls 9604 vinnustundir eða 4,2 ársverk

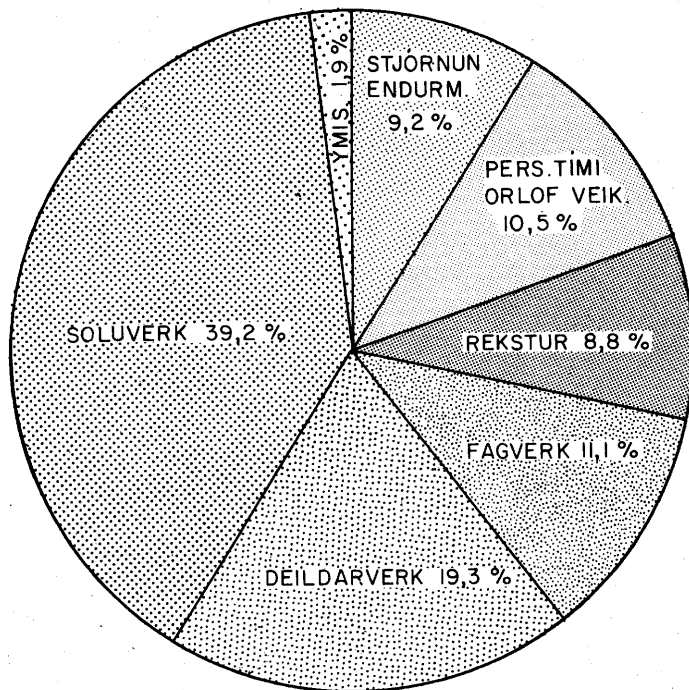
7 VERKEFNI JED - SKIPTING VINNUTÍMA

Verkefni JED á árinu 1983 voru margvísleg eins og undanfarin ár. Ekki er til einhlít aðferð við að flokka þau niður, en auðveldast er að styðjast við vinnuskýrslur. Þær eru að sjálfsögðu ekki nákvæmar og oft er álitamál á hvern hátt eðlilegast er að skrá vinnustundir. T.d. getur stundum verið erfitt að greina á milli almenns reksturs og einstakra verkefna. Engu að síður er ljóst að samantekt, sem byggð er á þessum skýrslum, gefur ágæta yfirlitsmynd af umfangi hinna ýmsu verkþátta á JED. Eðlilegt þótti að skipta vinnutíma í 7 flokka. Þeir eru:

1. Stjórnun, endurmenntun, námskeið, fræðslufundir o.fl.
2. Persónulegur tími (þ.e. sá klukkutími á dag sem starfsfólki OS er uppálagt að færa sem slíkan), orlof og veikindi.
3. Rekstur, en til hans telst almennur rekstur rafeindastofu, eðlilegt viðhald á mælitækjum og bílum JED o.fl.
4. Fagverkefni unnin á JED, t.d. hanna og smíða eða endurbæta mælitæki, prófa nýjar mæliaðferðir í jarðhitaleit og vinna að framförum í úrvinnslu gagna þ.á.m. forritagerð.
5. Deildarverkefni eru margvísleg jarðhitaverkefni unnin á JED af fólki úr fleiri en einni undirdeild. Þeim er stjórnað af verkefnisstjóra. Helstu deildarverkefni sem JED-starfsmenn tóku þátt í voru yfirlitsrannsóknir á háhitasvæðum annars vegar (Hengill, Þeistareykir, Trölladyngja) og svæðisbundnar athuganir á lághitakerfum hins vegar (Borgarfjörður, Suðurland). Kennsla við Háskóla SP telst einnig til deildarverka.
6. Söluverkefni eru unnin gegn gjaldi fyrir einstaklinga, sveitarfélög eða stofnanir (t.d. Hitaveita Akureyrar, Hitaveita Siglufjarðar, Kröfluvirkjun). Einnig er þjónusta við aðrar deildir OS, þ.e. VOD, SSD og JBR talin til söluverka, en sá liður er smár.
7. Til ýmissa verka telst margbreytileg þjónusta, sem erfitt er að flokka niður.

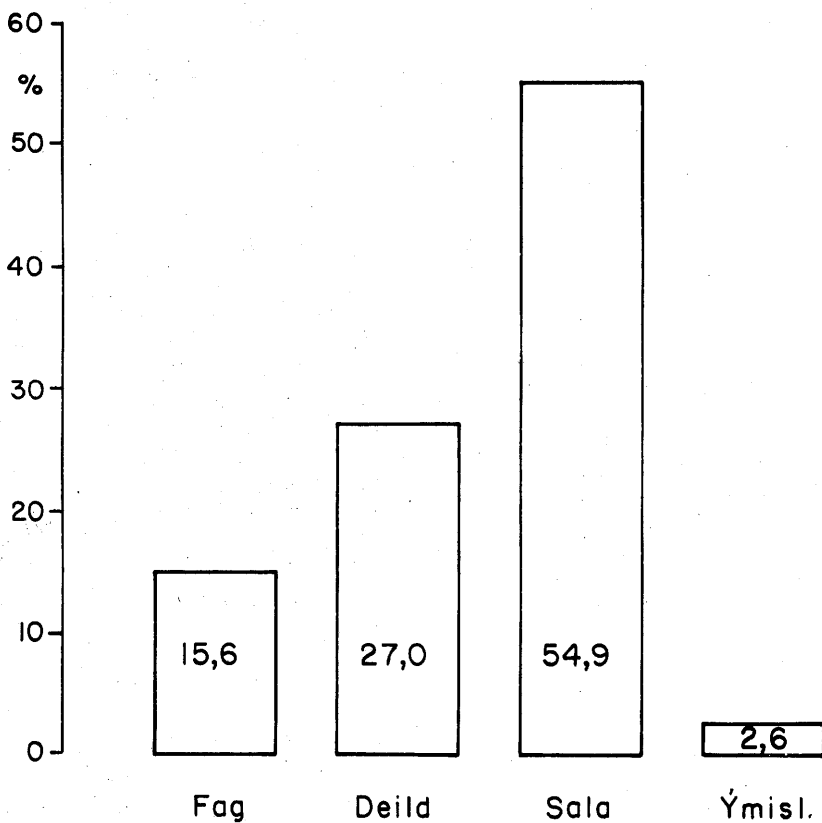
Á mynd 3 er sýnd skipting vinnustunda allra starfsmanna JED árið 1983 á hina einstöku verkþætti. Langstærsti þátturinn eru söluverk eða um 40%, þá deildarverk um 20%, en rúm 11% fara í fagverk. Rekstur JED tekur aðeins tæp 9%. Sömu sögu er að segja um stjórnun og endurmenntun, en stærsti hluti þess liðar er framlag deildarstjóra og staðgengils hans. Ef eingöngu er litið á verkefnin sjálf, fara söluverk upp í 55% af vinnuframlaginu, deildarverk eru 27% og fagverkefni um 16%, eins og glöggst sést á mynd 4.

JHD-JEÐ-9000 AB
84.03.0409 AA



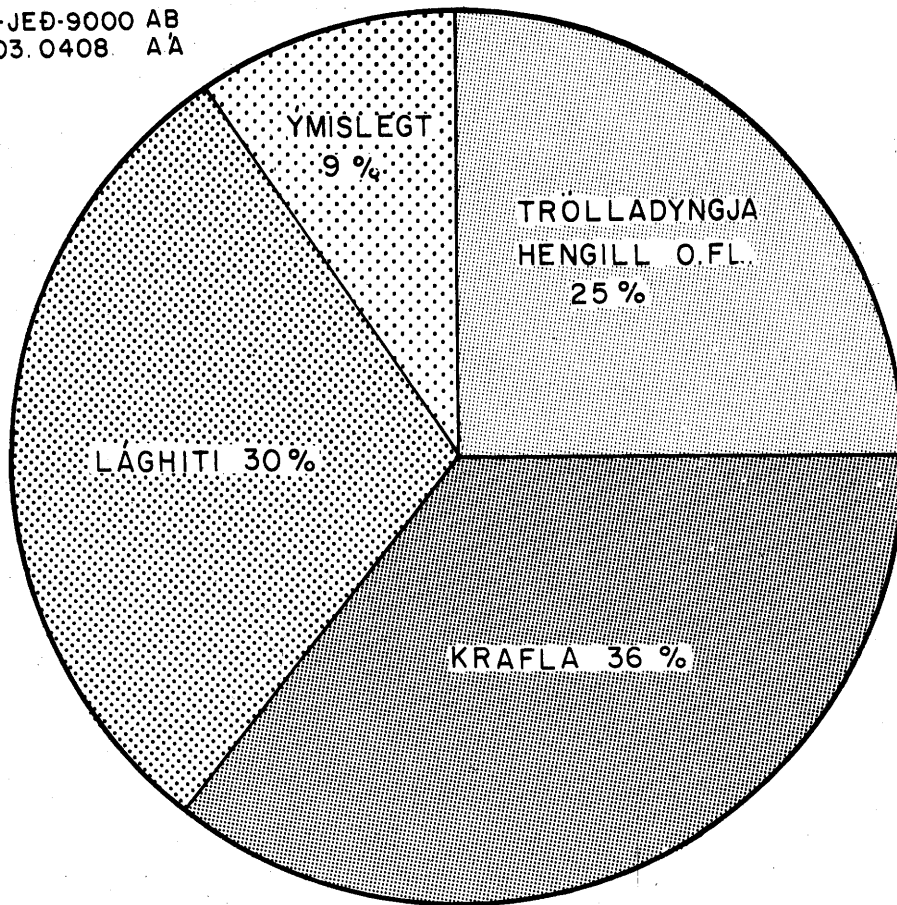
Mynd 3 Skipting allra vinnustunda JEÐ árið 1983.

JHD-JEÐ-9000. AB
84.03. 0410. SyJ



Mynd 4 Skipting vinnutíma á JEÐ á verkefnaflokka.

JHD-JEÐ-9000 AB
84.03.0408 AA



Mynd 5 Skipting vinnustunda á einstök verkefni. Stærsti liðurinn er rannsóknir við Kröflu. Háhitarrannsóknir eru tvöfalt viðameiri en lághitarannsóknir. Undir ýmislegt fellur kennsla við HSP.

Athygli vekur hve söluverk eru stór hluti en fagverk smár. Þessi skipting er breytileg frá ári til árs en undanfarin ár hefur hlutur söluverka farið vaxandi á kostnað deildar- og fagverka. Þessi þróun er varhugaverð því ef fagverkum er ekki sinnt er hætt á að aðferðir og tæki úrældist. Í jarðhitarrannsóknum yrði þá ekki nýtt besta tækni, sem kostur er á hverjum tíma. Einnig er mikilvægt að hlutur deildarverka verði ekki fyrir borð borinn. Til hans teljast yfirlitsrannsóknir heilla byggðarlaga (Suðurland, Snæfellsnes) en framkvæmd þeirra er oft forsenda þess að unnt sé að taka skynsamlega á jarðhitaleit fyrir einstaka sveitabæi og hitaveitur. Til deildarverka teljast einnig forrannsóknir háhitasvæða, sem lítið hefur verið sinnt undanfarin ár. Þær eru mjög tímafrekar og þess vegna er varhugavert að slá þar slöku við ef fyrirhuguð er einhver nýting háhitasvæðanna á næstu áratugum. Skipting vinnustunda á einstök jarðhitasvæði er sýnd á mynd 5. Langstærsta verkefnið var könnun Hvíthólaklifssvæðis fyrir Kröfluvirkjun. Ýmis þjónusta við hitaveitur á lághitasvæðum var annar stærsti flokkurinn.

8 KOSTNAÐUR JED 1983

Starfsemi JED var í stórum dráttum með svipuðu sniði árið 1983 og mörg undanfarin ár. Söluverk voru þó viðamikil og fagverk lítil. Reknir voru tveir mælingaflokkar. Meira fé var notað í endurnýjun og viðhald mælitækja heldur en oft áður. Munar þar mest um endurnýjun talstöðva (VHF) fyrir mælingaflokkana en eldri stöðvar (CB) voru ónýtar. Einnig er verið að endurnýja viðnámsmælitæki, sem voru úr sér gengin.

Útgjöld JED árið 1983 og áætlun 1984

		Gjöld 1983	Áætl. 1984
Fastir starfsmenn	laun	3.095.451	3.850.000
- " -	annað	231.835	275.000
Sumarmenn	laun	1.747.480	670.000
- " -	annað	5.685	
Rekstur mælitækja o.fl.		963.923	650.000
Þróun, nýsmíði, stofnk.		1.320.293	670.000
Rekstur bíla og sleða		397.513	540.000
Kostnaður við fagverk		55.509	275.000
		-----	-----
	Alls kr	7.817.689	6.930.000

Tekjur voru miklar af söluverkum á móti kostnaði. Tekjur JHD af seldri þjónustu sérfræðinga JED og af mælingum voru 4.200.000 kr eða um 25% af öllum tekjum JHD af verksölu árið 1983. Launa- og rekstrarkostnaði er ekki skipt hér á fag-, deildar- og söluverk. Annar kostnaður við deildar- og söluverk er færður beint á þau og kemur ekki fram hér.

9 STADA OG HORFUR Í ÁRSBYRJUN 1984

Sú skoðun hefur heyrst á undanförunum tveimur árum að draga megi verulega úr jarðhitarannsóknnum á lághitasvæðum. Þetta er rökstutt með því að flest byggðarlög, sem eygðu von á heitu vatni, eru þegar búin að virkja það til upphitunar. Þessi skoðun er á nokkrum miskilningi byggð. Margar hitaveitur landsins búa við vatnsskort nú þegar eða vatnsskortur er yfirvofandi á næstu árum (Hitaveita Akureyrar, Hitaveita Siglufjarðar, Hitaveita Svalbarðseyrar, Hitaveita Reykjavíkur). Spáð er verulegri aukningu í hituðu húsrými á næstu árum á hitaveituvæðunum. Nokkrir staðir, sem ekki hafa hitaveitur, eygja von um heitt vatn (Snæfellsnes, Búðardalur o.fl.). Til að sinna þessari vatnsöflun þarf auknar boranir og þar með forrannsóknir til þess að

staðsetja borholur. Með auknum kröfum um góðan árangur borhola og við boranir á svæðum, sem erfitt er að finna vatn á, ætti hlutur forrannsóknna frekar að aukast.

Hér má einnig nefna jarðhitaleit utan þekktra jarðhitastaða. Með nákvæmum rannsóknum, einkum jarðfræðikortlagningu og jarðeðlisfræðilegum mælingum, er hugsanlegt að finna heitt vatn þar sem þess er þörf þó engin ummerki séu á yfirborði. Dæmi um árangur af þessu tagi er borun fyrir Hvalstöðina í Hvalfirði.

Forrannsóknir á háhitasvæðum hafa verið frekar óskipulegar og smáar í sniðum undanfarin ár. Ástæðan er að hluta til mikið álag á JHD vegna lághitarannsókna og hitaveituframkvæmda. Yfirborðsrannsóknir hafa þó verið unnar á allmörgum svæðum en miðað hægt (Hengill, Axarfjörður, Torfajökull, Krafla, Krísuvík o.fl.). Mælt var einnig á nokkrum stöðum eftir að boranir hófust til þess að staðsetja nýjar holur (Krafla, Eldvörp, Svartsengi). Óvisst er hvort not verða fyrir orku úr háhitasvæðum á næstu árum og því álitamál hversu hratt á að fara við rannsókn þeirra. Þetta á einkum við um dýrar rannsóknarboranir. Kostnaður við yfirborðsrannsóknir er aftur á móti aðeins lítill hluti af bor-kostnaði, en þær taka aftur á móti mun lengri tíma. Það gæti því verið skynsamlegt að leggja áherslu á frumrannsóknir á sem flestum háhitasvæðum og vinna þær fram að borrannsóknarstigi. Niðurstöður þeirra lægju þá fyrir ef taka þarf ákvörðun með stuttum fyrirvara, um rannsóknarboranir vegna fyrirsjáanlegrar nýtingar.

Þessi tvö stóru verkefni, þ.e. vatnsöflun fyrir hitaveitur og frumkönnun háhitasvæða, benda til þess að miklar forrannsóknir geti þurft og þar með jarðeðlisfræðilega könnun á næstu árum. Gæti verið skynsamlegt að auka þá vinnu frekar en hitt miðað við undangengin ár. Með þetta í huga mætti halda að framtíð JED og vinna við jarðeðlisfræðilega könnun færi vaxandi.

Fjárhags- og verkefnaáætlun JHD fyrir 1984, útgefin í febrúar 1984, markar þó aðra stefnu eins og glöggst sést ef hlutur JED er borin saman við útgjöld 1983 (sjá töflu á bls. 15). Árið 1984 mun samkvæmt henni aðeins einn mælingaflokkur verða við vinnu, en undangengin ár hafa þeir verið 2-3. Fé til reksturs rafeindastofu, viðhalds og endurnýjunar jarðeðlisfræðilegra tækja er áætlað um helmingur af framlagi síðasta árs. Sérfræðingar verða einum færri en árið áður. Þetta mun væntanlega leiða til þess að yfirlitsrannsóknum á vegum JHD (deildarverk), þar með taldar forrannsóknir á háhitasvæðum, muni lítið verða sinnt í ár. Yfirleitt er meiri þrýstingur á að söluverk verði unnin og því líkur á að mælingaflokkurinn vinni að mestu í þeim. Fresta verður edlilegri endurnýjun mælitækja og draga úr starfsemi rafeindastofu.

10 DÆMI UM FAGDEILDARVERKEFNI

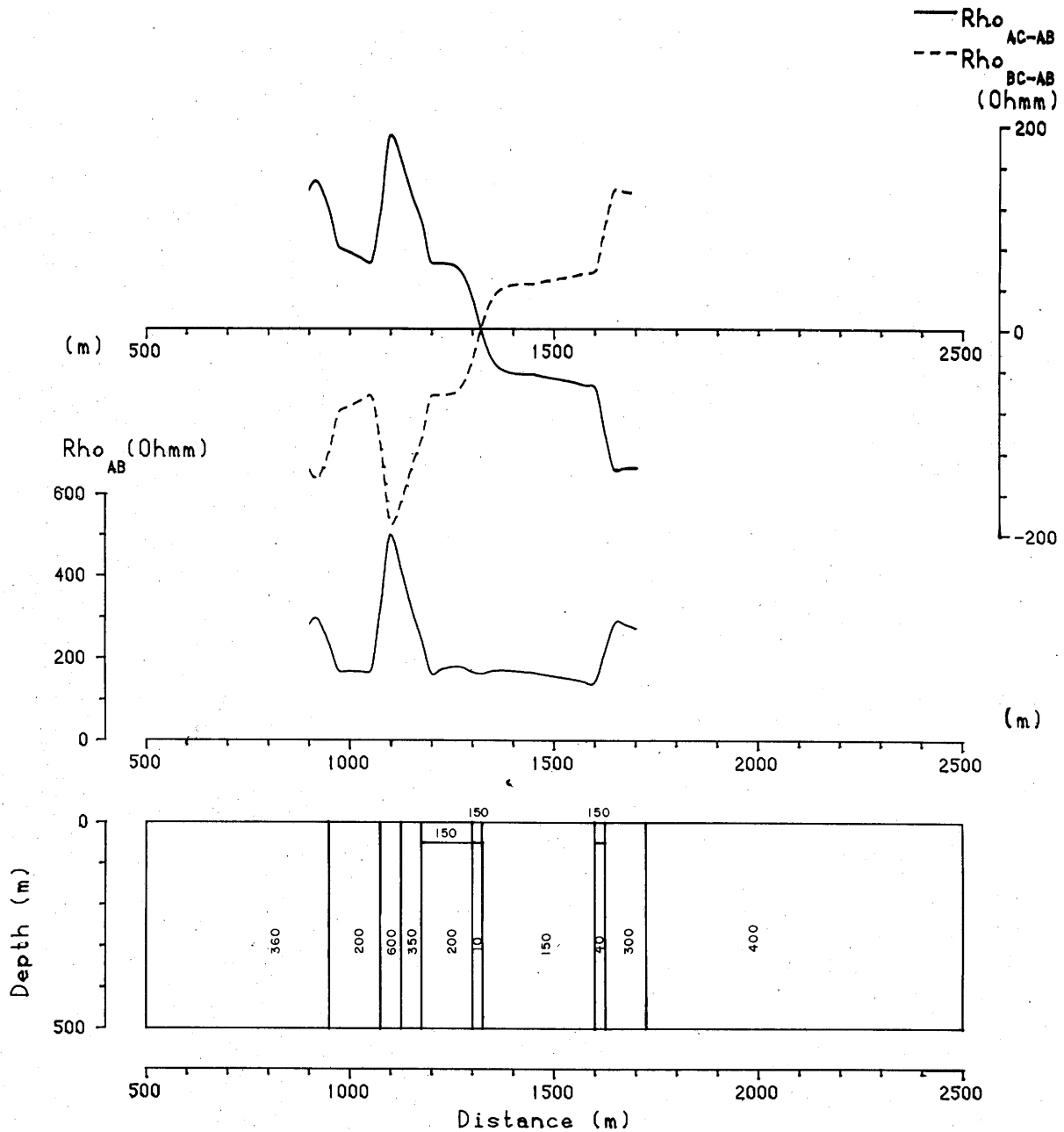
Í þessum kafla eru fjögur dæmi um nytsemi jarðeðlisfræði í jarðhitarrannsóknnum. Fyrsta dæmið fjallar um þróun viðnámsmælinga, þ.e. mæliaðferðir, mælitæki og túlkun niðurstaðna. Viðnámsmælingar hafa verið notaðar hér á landi í meira en þrjá áratugi og gefið mjög góða raun. Þær eru í stöðugri þróun og hafa miklar framfarir orðið síðasta áratuginn. Annað dæmið fjallar um þróun segulmælinga, sem mikið eru notaðar við staðsetningu borhola á lágghitasvæðum. Síðan er dæmi um hagkvæmni þess að smíða mælitæki á eigin rafeindastofu og hvernig fá megi með því bæði betri og mun ódýrari mælitæki en unnt er á almennum markaði erledis. Í lokin er sagt frá aðferð til þess að mæla berghita meðan á borun stendur. Sé berghiti þekktur er oft unnt að stöðva borun árangurslítilla hola fyrr en ella og spara þar með umtalsverðar upphæðir í borkostnaði.

10.1 Þróun viðnámsmælinga - tæki og túlkun (ÓF-EHH-RS)

Viðnámsmælingar eru í raun samheiti yfir mismunandi aðferðir til að mæla viðnám jarðar gegn rafstraumi. Jarðhita fylgir nær alltaf lágt viðnám í jörðu. Viðnámsmælingar eru ein öflugasta aðferðin til jarðhitaleitar sem enn er þekkt ef boranir eru frátaldar. Viðnámsmælingum er beitt í tvennum tilgangi: til að leita að og afmarka einstök jarðhitasvæði og til að finna einstakar vatnsleiðandi sprungur innan hvers svæðis.

Leit að hentugum aðferðum til viðnámsmælinga hérlendis, einkum þó til sprunguleitar, hefur staðið lengi. Sú leit hefur fyrst og fremst falist í því að fylgjast með þróun hinna ýmsu mæliaðferða erlendis og prófa þær sem álitlegar þykja við íslenskar aðstæður. Við þær prófanir þarf að leysa fjölmörg tæknileg vandamál svo aðferðin komi að sem mestum notum. Nú ræður JED yfir allhentugum aðferðum, bæði til að kortleggja jarðhitasvæði og leita að einstökum sprungum innan þeirra. Síðasttalda aðferðin, sem stundum hefur gengið undir nafninu Kína mælingar, er ný af nálinni og ekki fullreynd ennþá, þótt hún hafi þegar reynst happadrjúg og leitt af sér verulegan fjárhagslegan ávinning í markvissri staðsetningu nýrra borhola. Á meðfylgjandi mynd 6 er sýnt hvernig vatnsleiðandi gangur við Urriðavatn fannst með þessari aðferð.

TÚLKUN VIÐNÁMSSNISMÆLINGAR URRÍÐAVATN
LÍNA 3 AB/2=500m MN/2=25m



Mynd 6 Viðnámslengdarmælingar við Urríðavatn. Línurnar á efri hluta myndarinnar eru niðurstöður nýrrar mæliaðferðar (Kína-áferð). Þær skerast yfir lágviðnámsgangi sem er meginheitavatsrásin. Línan á neðri hlutanum er hefðbundin lengdarmæling og sýnir hún enga svörun yfir vatsrásinni.

Túlkun viðnámsmælinga er tvíþætt. Fyrst er gert viðnámslíkan af mæli-
svæðinu sem er í samræmi við niðurstöður mælinganna. Viðnámslíkanið
segir t.d. til um hvar viðnámið sé lægst og hvar sé líklegast að
vatnsleiðandi sprungur sé að finna. Síðan er lagt jarðhitafræðilegt
mat á líkanið, m.a. með því að tengja það öðrum athugunum á viðkomandi
jarðhitasvæði. Lagt er mat á hitastig í jörðu, vatnsinnihald jarðlaga
og fleira sem máli skiptir fyrir vinnslu jarðhitans. Til túlkunar-
innar þarf umfangsmikla tölvuvinnu. Forritin, sem notuð eru, eru
ýmist samin á Orkustofnun eða fengin erlendis frá og löguð að aðstæðum
hér. Yfirleitt hefur reynst farsælla að nota heimasíðuð forrit, enda
eru þau sérhönnuð fyrir þau vandamál, sem við er að glíma á Íslandi.

Sérhæfð mælitæki þarf til viðnámsmælinga. Þau eru straumsendir, sem
getur sent allt að 1000 volta spennu og straum allt að 1 amper ut í
jörðina, og spennuóttakari, sem er samhæfur við sendinn. Næmni
spennuóttakarans er um 10 míkróvolt. Fyrir um áratug var ekki hægt að
kaupa á almennum markaði tæki, sem hentuðu íslenskum aðstæðum. Þá var
ráðist í að smíða þau á Orkustofnun. Á þessum tæpa áratug hafa verið
smíðaðar nokkrar kynslóðir af jarðviðnáms mælitækjum. Sú síðasta var
smíðuð í samvinnu við Örtölvutækni s/f. Með því að hanna og smíða
tækin hér er hægt að aðlaga þau að nýjum og endurbættum mæliaðferðum
og viðhald þeirra verður auðveldara. Á þessum árum hafa tækin tekið
miklum breytingum. Tekist hefur að losna við allflesta truflanavalda í
mælingum og nýjar aðferðir hafa verið teknar upp í forvinnslu mælinga
á mælistað. Mælingar eru nú öruggar og þægilegar í framkvæmd.

Árangur viðnámsmælinganna má finna um allt land. Öflugustu borholur
Hitaveitu Reykjavíkur eru í Helgadal í Mosfellssveit en þar var borað
eftir tilsögn viðnámsmælinga. Við Urriðavatn hjá Egilsstöðum tóks með
viðnámsmælingum að kortleggja aðfærsluæðar jarðhitakerfisins svo að
unnt var að staðsetja borholu sem hitti bei.t í þær á fyrirfram
ákveðnu dýpi. Viðnámsmælingar hafa gengt lykilhlutverki í heitavatns-
leit fyrir Akureyri og fjölmarga staði aðra sem nú njóta jarðhita.

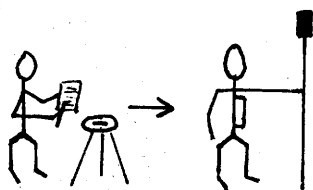
10.2 Þróun segulmælinga - stafræn bylting (LG-EHH-KG)

Mæliaðferð: Þegar bergkvika storknar segulmagnast hún í stefnu og í hlutfalli við ríkjandi jarðsegulsvið. Berggerðin ræður styrk segulmögnunarinnar. Segulmælingar má nota til að kortleggja þann hluta segulsviðs jarðar sem stafar af breytilegri segulmögnun berggrunnisins og fá þannig upplýsingar um jarðlagagerð.

Viðfangsefni og markmið: Á lág hitasvæðum Íslands koma hverir og laugar gjarnan upp við bergganga eða brot. Reynslan hefur sýnt að við borun heitavatnshola er vænlegast til árangurs að skera þessa vatnsleiðara á nokkru dýpi, en það krefst nákvæmrar vitneskju um legu þeirra og halla. Berggrunnurinn er víða hulinn lausum jarðlögum og segulmælingar hafa reynst vera hentugasta og ódýrasta mæliaðferðin til að kortleggja misfellur í berggrunninum undir lausu jarðlögum. Segulmælingar hafa einnig verið notaðar á há hitasvæðum. Víða á há hitasvæðum koma fram segulfrávik sem vitna um veika segulmögnun bergs. Falla þau saman við virkasta hluta jarð hitasvæðanna. Sums staðar eru þessi svæði hulin nýlegum torfærum hraunum. Þar hafa flugsegulmælingar gefið upplýsingar um útbreiðslu jarðhitans sem ekki fást auðveldlega á annan hátt.

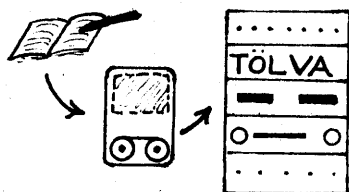
Mælingar: Tækni við segulmælingar og túlkun þeirra er aðfengin, en mælitækni og úrvinnslu aðlöguð að okkar séríslensku aðstæðum. Hefur sú þróun fyrst og fremst farið fram á Jarðhitadeild Orkustofnunar.

Mælitæki: Fyrstu segulmælingar í jarðhitaleit hér á landi voru gerðar fyrir um 25 árum með seinvirkum segulmælum. Með tilkomu handhægra og fljót-virkra prótónusegulumæla upp úr 1970 varð bylting á þessu sviði og eru svipaðir mælar notaðir enn í dag.



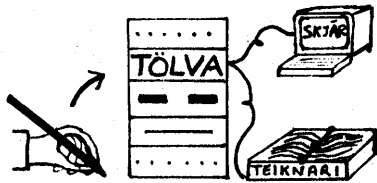
Söfnun og skráning gagna: Með tilkomu hraðvirkra mæla varð gagnasöfnunin þrengsti flöskuhálsinn. Mikil framför varð er farið var að nota létt vasa-segulbandstæki árið 1976 til að skrá mæligögnin í stað gömlu góðu dagbókarinnar. Mælihraði tvö- til þrefaldaðist.

Í framhaldi af því var farið að mæla mun meira og þéttar og í reglulegu landmældu staðsetningarneti, í stað einstakra mæli lína. Þar með fengust bæði meiri og nákvæmari upplýsingar um jarð hitasvæðin, sem leiddi aftur til betra líkans af svæðinu og loks betri borárangurs. Síðasta stigið í þessari þróun er gagnasöfnunartækið sem smíðað var á Rafeindastofu JED veturinn 1982-1983.



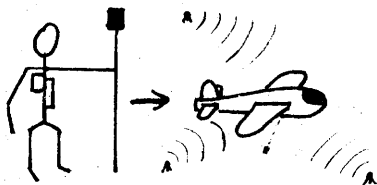
Það skráir mæligildin sjálfvirkt í innra minni um leið og mælt er. Lengst af hafa öll mæligögn verið skrifuð og teiknuð upp að kvöldi til að geta metið niðurstöður og tekið ákvörðun um framhaldið. Nýja tækið hefur haft í för með sér mikinn tímasparnað og betri nýtingu á mæliferðum. Mælingar dagsins eru færðar úr minni tækisins inn á segulband til geymslu á stafrænu formi, en einnig prentaðar út til athugunar á staðnum. Segulbandið er tengt tölvu Orkustofnunar þegar að úrvinnslu kemur, og sparast þá öll innsláttarvinna.

Framsetning og túlkun: Til skamms tíma voru öll gögn, t.d. jafnsegulkort og mæliferlakort, unnin í höndunum og túlkuð eftir auganu. Tölvuvinnslan



gefur nú möguleika á mun sveigjanlegri, fljótvirkari og nákvæmari vinnubrögðum. Niðurstöður má kalla fram á tölvuskjá eða teiknara. Túlkun gagna, þ.e. gerð jarðlagalíkans sem skýrir niðurstöður mælinga, byggir þó enn sem fyrr á auga og reynslu túlkara. Vissulega hefur nokkuð miðað við að innleiða tölvuvæddar reikniaðferðir sem gefa magnlægar niðurstöður en margt er þó ógert á því sviði. Það aukna magn nákvæmra gagna, sem þróun mælitækni og gagnasöfnunar hefur skilað, kallar nú á sambærilegt átak í þróun tölrænnar úrvinnslu.

Framtíðarhorfur: Þróun og viðgangur segulmælinga á Orkustofnun er kom-



in undir nytsemi þeirra við jarðhitaleit og fjárhagslegum ávinningi sem hægt er að ná með frekari þróun. Fyrirsjáanlegt er að gildi segulmælinga í jarðhitaleit mun ekki minnka í næstu framtíð, hvorki við kortlagningu berggrunns á lághitasvæðum né jarðhitaummyndunar á háhitasvæðum. Þróun mælitækni mun einkum verða á sviði bættra og sjálfvirkra staðsetningaaðferða. Nærtækara verkefni er þó á sviði tölrænnar úrvinnslu sem reyndar er þegar í gangi.

Það er ljóst að afköst við segulmælingar á fæti verða ekki aukin verulega, en þau eru nú um 4 km/manndag miðað við 5 m milli mælipunkta á mællínu og þökkalegar aðstæður. Ef þörf verður á umfangsmeiri segulmælingum, t.d. við kortlagningu stórra svæða eða rannsókn háhitasvæða, er eðlilegast að grípa til flugsegulmælinga. Nú er útbúnaður til þess ekki til í landinu en á Orkustofnun er tæknikunnátta til að koma upp slíkum tækjum. Einnig mætti íhuga að stunda mælingar með fjarstýrðri móðelflugu, sem gætu e.t.v. sameinað nákvæmni mælinga á jörðu og yfirsýn og hraða flugsegulmælinga.

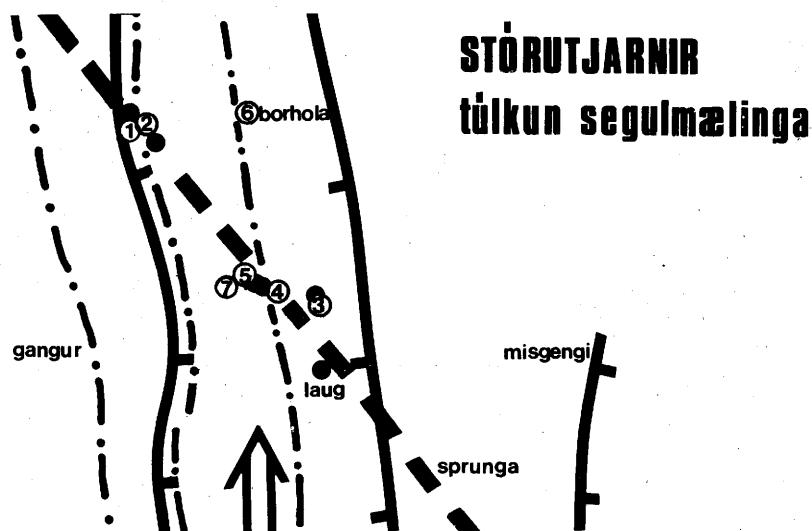
1. Dæmi: Stórutjarnir í Ljósavatnsskarði.

Laugar komu upp í brekkurótum skammt sunnan við skólann á Stórutjörnum. Segulmælingar á Stórutjörnum eru gott dæmi um hvernig þróun mæliaðferðar skilar sér í betri upplýsingum um eðli jarðhitans og markvissari staðsetningu borholu.

1964: Fyrst var segulmælt þar sumarið 1964. Fjórar mælihnur sýndu að þvert yfir skarðið lágu meiriháttar misgengi. Mælingarnar voru ekki gerðar til að rannsaka jarðhitann sérstaklega, en talið var líklegt að hann kæmi upp á þessum misgengjum.

1975: Uppbygging grunnskólans hófst um 1970 og þörf varð á meira vatni. Í ársbyrjun 1975 var segulmælt við laugarnar á 7 samsíða línunum. Þessar mælingar voru líklega þær bestu, sem gerðar höfðu verið á nokkru lághitasvæði fram að þeim tíma. Þær leiddu í ljós að tvö stór misgengi lágu rétt við laugasvæðið og var jarðhitinn álitinn tengdur því vestara. Samkvæmt því var ný borhola staðsett með það í huga að skera misgengið á um 400 m dýpi. Holan, sem var boruð 1975 í um 600 m dýpi, skar misgengið á 400-500 m dýpi en gaf ekkert vatn.

1977: Haustið 1977 var enn segulmælt á Stórutjörnum enda hafði þróunin verið hröð árin á undan. Nú var mælt í þéttu neti. Jarðhita- og segulkort af svæðinu leiddi í ljós nýja mynd. Jarðhitinn reyndist koma upp á mótum bergganga og sprungu. Gangarnir leiða líklega heita vatnið inn á svæðið en sprungan veitir því upp til yfirborðs (sjá mynd 7). Í samræmi við það var borhola staðsett með það að markmiði að skera álitlegri ganginn á um 300 m dýpi. Borun tókst vel og fengust úr holunni um 5 l/s af um 70 C heitu vatni sem komu aðallega úr æð á um 250 m dýpi. Þetta hefur reynst meira en nóg vatn fyrir skólann.



Mynd 7 Túlkun segulmælinganna á Stórutjörnum í Ljósavatnsskarði.

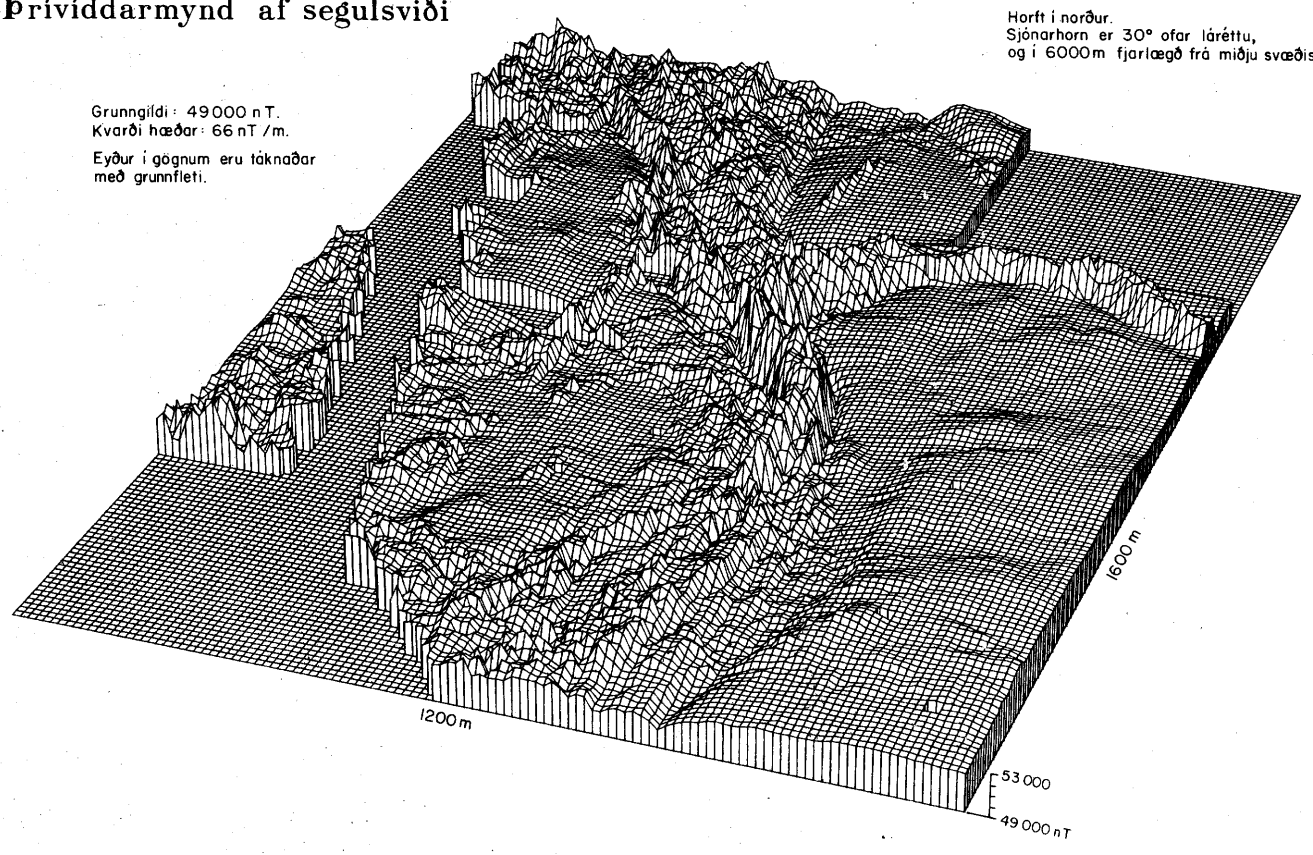
2. Dæmi: Hvíthóll á Kröflusvæði.

Á síðastliðnu sumri voru gerðar umfangsmiklar segulmælingar við Hvíthól. Túlkun þessara mælinga er enn ekki fullunnin en framsetningu gagna er að mestu lokið. Eftirfarandi mynd er gott dæmi um þá möguleika í framsetningu sem opnast hafa með tilkomu tölvutækra gagna. Mælt var í neti með 10 m möskvastærð og sýnir myndin mældu gildin í þrívídd án síunar eða útjöfnunar.

JHD-JED-6607 KG
84.03.0419 T

KRAFLA-HVÍTHÓLAKLIF

Þrívíddarmynd af segulsviði



Mynd 8 Þrívíddarmynd af segulsviði við Hvíthól á Kröflusvæði.

10.3 Tækjasmíð á rafeindastofu - smíði þrýstiskynjara

A Rafeindastofu JED hafa verið smíðaðar tvær gerðir tækja fyrir bor-holumælingadeild JHD. Annað tækið er til þess að mæla þrýsting á holutoppi en hitt til þess að mæla þrýsting í holum. Tæki þessi voru ekki fáanleg á almennum markaði útfærð á þann hátt að OS gæti notað þau beint. Svipuð tæki, en mun einfaldari eru til erlendis og kosta um 430.000 kr , en mjög fullkomin tæki kosta margfalt það verð. Afla þurfti 4-5 tækja og er endingartíminn áætlaður 3 ár á hvert þannig að um verulegar fjárhæðir er að ræða. Þær kröfur, sem gerðar voru til tækjanna koma fram í töflunum hér að neðan. Kostnaður við smíði tækjanna á rafeindastofu JED kemur einnig fram í meðfylgjandi töflum. Af samanburði þessara talna og verði á aðkeyptum tækjum sést glögggt að sparnaður við að smíða þessi tæki á rafeindastofu JED verður um ein milljón króna á næstu tveimur árum.

Verkefni 1 - Toppþrýstingsmælir

Tækið er notað við aflmælingar og til þess að fylgjast með hegðun hola yfir lengri tíma með sírita. Mæla skyldi eftirtaldir stærðir með meira en 1% nákvæmni af næmnissviði skynjara:

pc - krítiskur þrýstingur	svið: 0 - 10 bar(abs)
po - toppþrýstingur	svið: 0 - 100 bar
pv - vatnshæð í kari	svið: 0 - 1,75 bar(abs)

Verkefni 2 - þrýstimælir í mælingabíla

Smíða þarf bæði skynjara, sem fer í holu og tilheyrandi rafbúnað í mælibíla. Mælingarnar eru gerðar til þess að fylgjast með vatnsborði í geymisverkfræðilegum athugunum og við mælingar á hitastigi og þrýstingi sem fall af dýpi. Þrjá skynjara þarf, sem mæla eftirtalin svið með betri en 1% nákvæmni af næmnissviði.

fyrir þrýstiprófanir	svið: 0-20 bar
fyrir þrýstiprófanir	svið: 0-100 bar
fyrir þrýstiprófíl	svið: 0-250 bar

Verkefni 1 - Kostnaður

Fyrsta tæki:

Efni	3 skynjarar	60.000
	1 skrifari	90.000
	annað	15.000
Hönnun	14 dagar (14x8x327)	37.000
Samsetning	21 dagur (21x8x327)	55.000

		275 þús

Næstu tæki:

Efni		165.000
Samsetning, prófun 10 dagar (10x8x327)		26.000

		191 þús

Verkefni 2 - Kostnaður

Fyrsta tæki:

Efni		50.000
Hönnun	40 dagar (40x8x327)	105.000
Samsetning, prófun 20 d (20x8x327)		52.000
Vélavinna aðkeypt		30.000

		237 þús

Annað tæki:

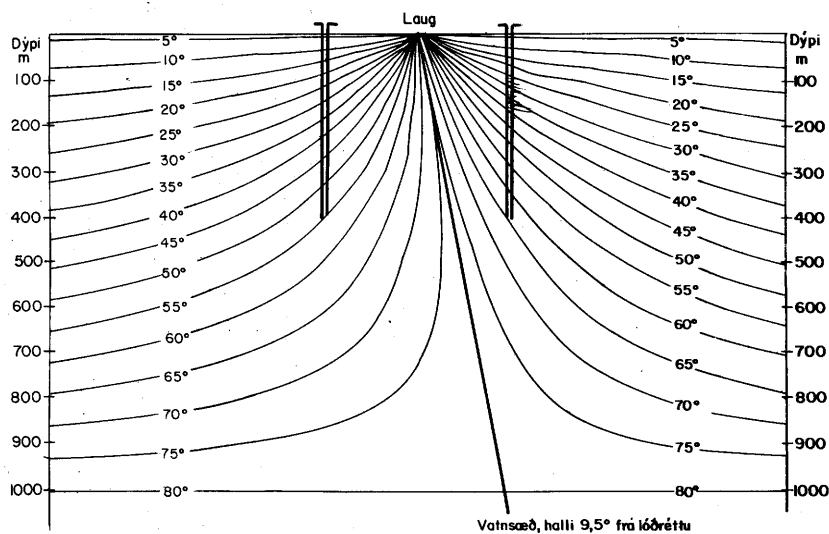
Efni		50.000
Vélavinna aðkeypt		30.000
Samsetning prófun 10 d (10x8x327)		26.000

		106.000

10.4 Upphitun í borholum - stöðvum borinn í tíma (ÓF)

Þótt borun eftir heitu vatni sé oftast mjög ódýr orkuöflun, ef hún heppnast, kostar hver borhola drjúgan skilding. Oft er erfitt að ákveða hvenær hætta skuli borun tiltekinnar holu. Ef tiltækar væru upplýsingar um hitastig í berginu umhverfis holunna jafnóðum og hún er boruð, sæist oft hvort holan stefndi að vatnsæð eða ekki. Mætti því stundum komast hjá því að bora óþarflega djúpt án árangurs og spara talsverðar fjárhæðir. Erfitt er að mæla berghitastig í holu sem verið er að bora þar sem miklu magni af vatni er dælt ofan í holuna í borun. Holan er því mun kaldari en bergið sem hún sker og tæki hana margar vikur að fullhitna á ný. Svo lengi er að sjálfsögðu ekki hægt að bíða með ákvörðun um bordýpi. Þróuð hefur verið aðferð og smíðuð tæki til að finna ótruflað berghitastig meðan á borun stendur. Hitamæli, sem tengdur er gagnasöfnunartæki á yfirborði, er komið fyrir á botni holunnar í borhléum (um nætur og helgar) og skráir hann upphitun holunnar í borhléinu. Skrifuð voru forrit sem gera það kleift að reikna ótruflað hitastig á botni holunnar út frá upphitunarferlinum. Kostnaðurinn við prófun þessarar aðferðar héraendis, smíði tækja og gerð forrita nemur nokkrum tugum þúsunda en aðferðin hefur þegar leitt af sér sparnað sem nemur hundruðum þúsunda í borkostnaði.

Myndin 9 sýnir dæmigerðar aðstæður á lághitasvæði. Heitt vatn kemur upp eftir hallandi sprungu. Talsverður munur er á hitastigi sitt hvoru megin hennar. Ef hallinn er ekki þekktur er borholu venjulega valin staður þeim megin sem líklegra er talið að hún hitti í sprunguna. Með því að fá stöðugt upplýsingar um ótruflaðan berghita meðan á borun stendur má sjá snemma hvort holan stefnir að vatnsæð eða ekki.



Mynd 9 Hitastig í grennd við hallandi heitavatnsrás

11 VERKEFNALISTI JED 1983

Tölurnar eru unnir mánuðir og eru teknar upp úr ársyfirliti JHD.

(mán)

1. Rekstur	19,66
2. Fagverkefni	
2.1. Þróun aðferða og nýsmíði tækja	4,67
Viðnámsmælitæki - móttakarar	
Segulmælir - stafræn breyting	
Botnholuhitamælir	
MT-mælitæki	
Gagnasöfnunartæki	
2.2. Þróun úrvinnslutækni og forritagerð	16,55
Spennustökk fræðileg athugun	
Túlkunarforrit f. Slumb með spennustökkum	
Tvívítt túlkunarforrit f. Slumb og Kína	
Forritapakki fyrir MT	
Teikniforrit	
2.3. SP-mælingar fræðileg athugun	0,25
2.4. Eðlisviðnám bergs	6,23
2.5. Mælingaflokkar	0,47
	28,17
3. Deildarverkefni	
3.1. Höfuðborg	1,99
3.2. Eldvörp - Svartsengi	1,44
3.3. Trölladyngja	9,16
3.4. Borgarfjörður heildark.	3,16
3.5. Eyjafjörður jarðfræði	0,39
3.6. Krafla forranns.	3,94
3.7. Þeistareykir	2,66
3.8. Urriðavatn	1,10
3.9. Suðurland heildark.	0,13
3.10. Torfajökull	0,89
3.11. Hengill	7,47
3.12. Aætlun um ranns. háhitas.	0,18
3.13. H.S.Þ. Kennsla	4,37
3.14. Rafreiknir OS	0,05
3.15. Fyrir aðrar deildir	1,65
	38,55

4. Söluverk	
4.1. Hitaveita Rvk	0,03
4.2. Hitav. Rvk. V.Hengill	2,37
4.3. Hitav. Rvk. Nesjavellir	0,07
4.4. Hitav. Suðurn. Svartsengi	0,54
4.5. Hitaveita Suðurn. Eldvörp	1,07
4.6. Sjóefnavinnslan	0,20
4.7. Hitaveita Suðureyrar	0,04
4.8. Hitaveita Siglufjarðar	0,92
4.9. Hitaveita Akureyrar	10,99
4.10. Hitav. Svalbarðseyrar	4,85
4.11. Rarik - Krafla	3,27
4.12. Rarik - Hvíthóll	35,69
4.13. Reykjahverfi arðskrá	0,30
4.14. Hitav. Egilsstaða	0,80
4.15. Suðurland boranir	1,03
4.16. Hitav. Selfoss	0,12
4.17. Laugaland í Holtum	6,34
4.18. Ýmis þjónusta	4,16
	72,79

12 RITVERK JED-MANNA

Skýrslur

- OS-83005/JHD-03 Febrúar 1983. JARÐHITASVÆÐIÐ Í URRÍÐAVATNI. JARÐFRÆÐI OG JARÐEÐLISFRÆÐIRANNSÓKNIR 1978-1982. Sigmundur Einarsson, Margrét Kjartansdóttir, Brynjólfur Eyjólfsson og Ólafur G. Flóvenz (Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaðahrepps og Fella)
- OS-83019/JHD-05 B Mars 1983. JARÐHITARANNSÓKNIR VIÐ SVALBARÐSEYRI 1981-82 OG TILLÖGUR UM FRAMHALDSRANNSÓKNIR. Knútur Árnason, Margrét Kjartansdóttir, Sigmundur Einarsson og Sæþór L. Jónsson
- OS-83024/JHD-05 Apríl 1983. JARÐHITARANNSÓKNIR VIÐ HRAFNAGIL. Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz og Hrefna Kristmannsdóttir (Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar)
- OS-83026/JHD-07 B Apríl 1983. VATNSVINNSLA ÚR HOLU LWN-4 AÐ LAUGALANDI Í HOLTUM DES. '82 - MARS '83 OG BILUN DJÚPDÆLU. Lúðvík S. Georgsson, Þorsteinn Thorsteinsson og Sverrir Þórhallson

- OS-83049/JHD-09 Júní 1983. VIÐNÁMSMÆLINGAR Á UTANVERÐUM REYKJANESSKAGA 1981 OG 1982. Lúðvík S. Georgsson og Helga Tulinius (Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja, Orkustofnun og Sjóefnavinnsluna hf.)
- OS-83083/JHD-15 Október 1983. ÞYNGDARMÆLINGAR Í NÁGRENNI SVARTS-ENGIS. Gunnar V. Johnsen
- OS-83096/JHD-34 B Nóvember 1983. JARÐEDLISFRÆÐILEG KÖNNUN VIÐ HVÍTHÓLAKLIF 1983. ÁFANGASKÝRSLA. Knútur Árnason, Brynjólfur Eyjólfsson og Axel Björnsson
- OS-83113/JHD-44 B Desember 1983. FORRITA- OG GAGNASAFN FYRIR HAFSBOTNSRANNSÓKNIR. STAÐA VERKS Í LOK ÁRS 1983. Tryggvi Edwald og Karl Gunnarsson
- OS-83117/JHD-21 Desember 1983. JARÐHITI OG MÖGULEIKAR Á HITAVEITU Í NORÐURÁRDAL, BORGARFIRÐI. María Jóna Gunnarsdóttir og Lúðvík S. Georgsson
- OS-83119/JHD-22 Desember 1983. VESTUR-HENGILL. YFIRBORÐSRANNSÓKN JARÐHITASVÆÐISINS. Helgi Torfason, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Gunnar V. Johnsen og Einar Gunnlaugsson (Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur)

Greinargerðir

- Axel Björnsson, Steinar Þór Guðlaugsson og Ómar Sigurðsson: BORUN HOLU 11 Í SKÚTUDAL FYRIR HITAVEITU SIGLUFJARÐAR. AB-SpG-ÓS-83/01
- Axel Björnsson, Benedikt Steingrímsson, Ólafur G. Flóvenz, Knútur Árnason: YFIRBORÐSRANNSÓKNIR VIÐ HVÍTHÓLAKLIF 1983 AB-BS-ÓGF-KÁ-83/01
- Knútur Árnason og Axel Björnsson: VATNSSTAÐA HITAVEITU SVALBARÐSEYRAR Í ÁGÚST 1983. KÁ-AB-83/01
- Knútur Árnason, Axel Björnsson, Brynjólfur Eyjólfsson: FRAMKVÆMD YFIRBORÐSRANNSÓKNA VIÐ HVÍTHÓLAKLIF SUMARIÐ 1983 KÁ-AB-BEY-83-02
- Lúðvík S. Georgsson: Rannsóknarboranir á Sumarliðabæ í Ásahreppi. LSG-83/01
- Lúðvík S. Georgsson: STAÐETNING BORHOLU VIÐ VARMALAND/LAUGALAND Í STAFHOLTSTUNGUM. LSG-83/02
- Lúðvík S. Georgsson, Þorsteinn Thorsteinsson og Sverrir Þórhallsson: VATNSVINNSLA ÚR HOLU LWN-4 AÐ LAUGALANI Í HOLTUM. LSG-ÞTh-Sp-83/04
- Lúðvík S. Georgsson og Þorsteinn Thorsteinsson: LAUGALAND Í HOLTUM: TILLÖGUR UM AÐGERÐIR Í HEITAVATNSÖFLUN. LSG-ÞTh-83/04
- Þorsteinn Thorsteinsson, Lúðvík S. Georgsson og Sverrir Þórhallsson: VATNSVINNSLA ÚR HOLU LWN-4 VIÐ LAUGALAND Í HOLTUM. ÞTh-LSG-Sp-83/02

- Ólafur G. Flóvenz: RANNSÓKNIR FYRIR HITAVEITU AKUREYRAR 1983. STADA VERKEFNIS 16. SEPT. 1983. ÓGF-83/07
- Ólafur G. Flóvenz, Þorsteinn Þorsteinsson: HITAMÆLINGAR Í HOLU 8 VIÐ URRÍÐAVATN. ÓGF-bTh-83/08
- Kristján Sæmundsson, Ólafur G. Flóvenz, Axel Björnsson og Þorsteinn Þorsteinsson: ÖFLUN VIÐBÓTARVATNS FYRIR HITAVEITU SIGLUFJARÐAR. KS-ÓGF-AB-bTh-83/03
- Sigmundur Einarsson, Margrét Kjartansdóttir, Ólafur G. Flóvenz Þorsteinn Þorsteinsson, Guðjón Guðmundsson og Brynjólfur Eyjólfsson: RANNSÓKNARBORANIR VEGNA KJARNABORUNAR VIÐ URRÍÐAVATN VORIÐ 1983. SE-MK-ÓGF-bTh-GjG-BE-83/01
- Sigmundur Einarsson, Margrét Kjartansdóttir, Ólafur G. Flóvenz og Jón Benjamínsson: STAÐSETNING HOLU 8 VIÐ URRÍÐAVATN. SE-MK-ÓGF-JBen-83/05
- Ragna Karlsdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir og Guðmundur I. Haraldsson: JARÐHITAATHUGUN Í LANDI STEKKJARHOLTS Í LÝTINGSSTAÐAHREPPI. RK-HK-GIH-83/01
- Ragna Karlsdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir og Guðmundur I. Haraldsson: JARÐHITAATHUGUN Í HÉRAÐSDAL Í LÝTINGSSTAÐAHREPPI. RK-HK-GIH-83/02
- Ragna Karlsdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir og Guðmundur I. Haraldsson: JARÐHITAATHUGUN Í LANDI SAURBÆJAR Í LÝTINGSSTAÐAHREPPI. RK-HK-GIH-83/03
- Ragna Karlsdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir og Guðmundur I. Haraldsson: JARÐHITAATHUGUN Í LANDI SÖLVANESS OG KORNÁR Í LÝTINGSSTAÐAHREPPI. RK-HK-GIH-83/04
- Ragna Karlsdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir og Guðmundur I. Haraldsson: JARÐHITAATHUGUN Í LANDI TUNGUHÁLS Í LÝTINGSSTAÐAHREPPI. RK-HK-GIH-83/05
- Ragna Karlsdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir og Guðmundur I. Haraldsson: JARÐHITAATHUGUN Í LÝTINGSSTAÐAHREPPI - HELSTU NIÐURSTÖÐUR. RK-HK-GIH-83/06

Tímaritsgreinar o. fl.

- AXEL BJÖRNSSON: Kortlagning sprungna með jarðeðlisfræðilegum aðferðum. Erindi á: Hrafnaving um stöðu Kröfluvirkjunar 2. til 3. mars 1983. Rafmagnsveitur Ríkisins 1983.
- AXEL BJÖRNSSON: Partially Molten Basalt Layer below Iceland. EOS Vol 64 No 45: 888, 1983.
- M.BEBLO and AXEL BJÖRNSSON, KOLBEINN ÁRNASON, B.STEIN OG P.WOLFGRAM: Electrical Conductivity Beneath Iceland. - Constraints Imposed by Magnetotelluric Results on Temperature, Partial Melt, Crust and Mantel Structure. Journ. Geoph., Vol 53: 16-23, 1983.
- AXEL BJÖRNSSON: Dynamics of crustal rifting in Iceland. The 1975-1982 Krafla tectonic episode. IUGG-Interdisciplinary Symposia, Vol I:

- 117 (abstract), 1983.
- EWART, J., VOIGHT, B., AXEL BJÖRNSSON AND GUNNAR JOHNSEN: Analytical Model of Krafla Magma Reservoir, Iceland. IUGG-Interdisciplinary Symposia Vol-I: 127 (abstract), 1983.
- M. BEBLO and AXEL BJÖRNSSON: Magnetotellurics in North-East Iceland, Electrical, Conductivity, Crust and Mantel Structure. IUGG-Interdisciplinary symposia, Vol-I: 146 (abstract), 1983.
- HJÁLMAR EYSTEINSSON AND J.F. HERMANCE: Magnetotelluric Measurements across the Eastern Neovolcanic Zone in South Iceland. IUGG-Interdisciplinary Symposia, Vol. 3: 147 (abstract), 1983.
- ÓLAFUR G. FLÓVENZ AND LÚÐVÍK GEORGSSON: Resistivity structure of the upper crust in Iceland. IUGG Interdis. Symp. Vol I: 148 (abstract), 1983.
- ÓLAFUR G. FLÓVENZ: The use of Geothermal Gradient Wells in Iceland. IUGG Interdis. Symp., Vol I: 498 (abstract), 1983.

