



**ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið**

# **Segulmælingar á sjó vegna Sundabrautar**

**Karl Gunnarsson**

**Unnið fyrir Verkefnisstjórn Sundabrautar**

**1997**

**OS-97057**





**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 620 004

**Karl Gunnarsson**

## **Segulmælingar á sjó vegna Sundabrautar**

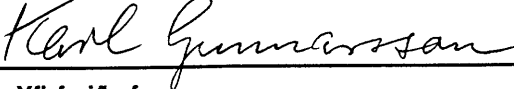
**Unnið fyrir Verkefnisstjórn Sundabrautar**

**OS-97057**

**Nóvember 1997**

ORKUSTOFNUN: Kennitala 500269-5379 - Sími 569 6000 - Fax 5688896  
Netfang os@os.is - Heimasíða <http://www.os.is>



<b>Skýrsla nr.:</b> OS-97057	<b>Dags.:</b> Nóvember 1997	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Opin</b> <input type="checkbox"/> <b>Lokuð til</b>
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> SEGULMÆLINGAR Á SJÓ VEGNA SUNDABRAUTAR	<b>Upplag:</b> 40	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 12	
<b>Höfundar:</b> Karl Gunnarsson	<b>Verkefnisstjóri:</b> Karl Gunnarsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Mælinganiðurstöður	<b>Verknúmer:</b> 620 004	
<b>Unnið fyrir:</b> Verkefnisstjórn Sundahafnar		
<b>Samvinnuaðilar:</b> Línuhönnun hf		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er gerð grein fyrir segulmælingum á hluta fyrirhugaðs vegstæðis svonefndrar Sundabrautar í Kleppavík og í sundinu milli Geldinganes og Gunnunes á Álfsnesi. Mælingarnar voru gerðar í gerðar í framhaldi af bylgjubrotsmælingum á sömu svæðum sl. sumar til að kanna þykkt lausra setlaga ofan á berggrunni eða klöpp. Niðurstöður bylgjubrotsmælinganna sýndu mjög vel berggrunninn á mæilínunum, og eins og búist var við sýndu segulmælingarnar sterkar sveiflur í segulsviðinu sem gáfu til kynna mismunandi berggerðir. Þær gefa þannig góðar upplýsingar um gerð berggrunns, dýpi á segulmagnað berg og útbreiðslu jarðmyndana. Gögnin, bæði mæligildi frá segulmæli og staðsetning frá GPS-tæki, voru skráð í tölvu á tölraenu formi. Segulmælingarnar hafa almennt styrkt niðurstöður bylgjubrotsmælinganna, sérstaklega hafa þær auðveldað tengsl milli lína og gert mögulegt að rekja jarðlagaeiningar um víðara svæði. Dýpi á segulmagnaða klöpp virðist almennt koma heim og saman við dýpi samkvæmt bylgjubrotsmælingum. Niðurstöður frá Kleppsvík koma nokkuð á óvart því segulsviðið bendir ekki til mikilla innskota á suðurhluta línanna þar sem hæsti hraði mældist.		
<b>Lykilorð:</b> Reykjavík, jarðtækni, vegstæði, segulmælingar, hljóðhraði, berggrunnur, setlög, þykkt	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 	
	<b>Yfirfarið af:</b> KÁ, PI	

## **EFNISYFIRLIT**

1. INNGANGUR	3
2. FRAMKVÆMD MÆLINGA	3
3. FRUMÚRVINNSLA OG KORTAGERÐ	3
4. NIÐURSTÖÐUR VIÐ GELDINGANES	4
5. NIÐURSTÖÐUR ÚR KLEPPSVÍK	5
6. LOKAORÐ	6
7. HEIMILDIR	6

## **MYNDIR**

Mynd 1. Segulsviðskort af sundinu milli Geldingness og Gunnuness	7
Mynd 2. Túlkun á berggrunnsgerð norðan Geldingness, samvæmt segulsviðinu	8
Mynd 3. Segulsviðskort af Kleppsvík. Lægðir í sviðinu eru skyggðar	9
Mynd 4. Túlkun á berggrunnsgerð í Kleppsvík, samvæmt segulsviðinu	10
Mynd 5. Segulprófilar eftir bylgjubrotsmælilínum G97-1, 2 og 3 norðan Geldingness	11

## 1. INNGANGUR

Hér er greint frá niðurstöðum segulmælinga sem gerðar voru haustið 1997 á vegstæði fyrirhugaðrar Sundabrautar. Þessar mælingar koma í kjölfar bylgjubrotsmælinga Rannsóknasviðs Orkustofnunar um sumarið, og ná til sömu svæða á sjó. Þau eru tvö: Kleppsvík á bilinu frá Gelgjutanga út fyrir Gufuneshöfða og sunnið milli Geldinganes og Gunnuness. Eins og bylgjubrotsmælingarnar eru segulmælingarnar gerðar fyrir verkefnisstjórn fyrirhugaðrar Sundabrautar.

Niðurstöður bylgjubrotsmælinganna (seismic refraction) voru næsta afgerandi og öruggar (Karl Gunnarsson, 1997a). Með þeim mátti greina breytingar í setlagabykkt og hljóðhraða berggrunnins sem samfelld fall eftir mæilínunum. Lagt var til að gera einnig segulmælingar vegna þess að fyrri úrvinnsla segulmælinga á svæðinu sýndi að búast mætti við sterkum sveiflum í segulsviðinu sem tengjast mismunandi berggerð. Einkum virðast sterk-segulmögnum basaltinnskot með öfugri segulstefnu skera sig úr þar sem þau hafa gengið inn í svo til ósegulmagnað móbergstúff. Búast má við því að þessi sömu innskot skeri sig einnig úr með háum hljóðhraða. Með segulmælingunum má þannig fá frekari upplýsingar eða staðfestingu um gerð berggrunnins, meta einnig dýpið á segulmagnað berg og rekja útbreiðslu jarðmyndana á milli og umhverfis mæilínur bylgjubrotsmælinganna.

## 2. FRAMKVÆMD MÆLINGA

Mælingin var gerð á gúmbáti með segulmæli af gerðinni Geometrics G-866. Neminn var hafður í eftirbáti, þar sem hann varð að vera í vissri fjarlægð frá mælibátinum. Síðar (7 okt.) var neminn settur á bugspjót fram úr bátinum, en einungis var mælt þannig yst í Kleppsvík. Oftast var mælt á hraða nærri 10 km/klst, mæling var tekin með 2,2 s millibili, sem svarar til um 6 m bils eftir mæilínu. Mæilínur voru settar með 30 m bili. Stefna þeirra er austur-vestur í Kleppsvíkinni, en norðaustur-suðvestur við Geldinganes.

Gögnin voru skráð í tölvu á tölraenu formi, bæði mæligildi frá segulmæli og staðsetning frá GPS-tæki með um 2 s millibili. Með GPS-tækinu var haft móttökutæki fyrir mismuna-leiðréttingu, sem gefur um 5 m nákvæmni ef allt er með felldu. GPS-tækið var stillt á Hjörseyjarviðmiðun, og skráning er á formi breiddar og lengdar með um 2 s millibili. Staðsetningartækið var einnig notað til að stýra eftir áætluðum línunum, og reyndist gerlegt að halda þokkalega jöfnu línubili með þessu móti. Með fullkomnari tækjum væri líklega hægt að gera enn betur. Mestu erfiðleikar við mælingarnar fólust reyndar í truflunum á móttöku leiðréttingamerkisins, sem tafði iðulega verkið.

## 3. FRUMÚRVINNSLA OG KORTAGERÐ

Þessi þáttur úrvinnslunnar er tæknilegs eðlis og verður ekki rakinn hér nema að nefna helstu þættir frumvinnslunnar:

- Tímaröð staðsetninga- og segulmælinga er fastsett, svo brúa megi staðsetningu fyrir hvern segulmælingapunkt. Sem viðmiðun er hafður GMT-tími GPS-kerfis.
- Staðsetningafærslur eru teknar út og kannaðar með teikningu og hraðareikningum. Spilltar staðsetningar eru teknar út.

- Staðsetningar segulmælingapunkta eru reiknaðar með brúun milli staðsetningapunkta.
- Leiðrétt er fyrir segultruflunum frá himinhvolfinu með því að nota samfellda skráningu á segulsviði frá segulmælingastöðinni í Leirvogi, sem Þorsteinn Sæmundsson Raunvísindastofnun H.Í. lét í té. Frávik frá meðalgildi septembermánaðar '97 er dregið frá mæligildum siglingarinnar. Sveiflur geta skipt hundruðum nT. Leiðrétt mæligildi fást eftir þessa aðgerð.
- Þá er mæligildum hliðrað aftur eftir línu sem svarar fjarlægð nema frá staðsetningatæki, og staðsetningar þannig leiðréttar. Þessi fjarlægð var 9 m, en notaðir voru 11 m vegna þess að segulmælingin tekur nokkurn tíma og tekur því í raun yfir nokkurt fjarlægðarbil. Þessi leiðrétting var ekki gerð fyrir gögn frá þeim tíma þegar nemi var hafður á bugspjóti.

Eftir þessa vinnslu eru gögnin að fullu leiðrétt á forminu: breidd, lengd, segulsviðsgildi (auk tíma). Sjá má að leiðréttingaferlið virkar vel, þar sem áberandi hnökrar eru á kortum sem byggja á óleiðréttum gögnum. Víðast eru mæligildi á um 6 m bili eftir mælingalínunum. Gögnin eru síðan notuð til að gefa gildi á reglulega grind með 5 m möskvastærð sem notuð er við teikningu á kortum. Hér á kortunum er segulsviðið sýnt með jafnsviðslínum og lægstu gildin skyggð. Á myndirnar eru einnig teiknaðar bylgjubrotslagnirnar frá sumrinu. Mynd 1 sýnir segulkort af sundinu milli Geldinganes og Gunnuness, en mynd 3 af Kleppsvík. Töluverðar truflanir eru af völdum stálþilja og skipa við hafnarmannvirkin í Kleppsvík, en þau belti eru að mestu skorin af í kortinu.

#### 4. NIÐURSTÖÐUR VIÐ GELDINGANES

Á kortinu á 1. mynd er áberandi segullægð í sundinu, nokkuð aflöng og teygist til norðurs og norðvesturs. Hún virðist ganga undir Réttarnes, sem er norð-austasti tangi Geldinganesins. Frávikid er allt að 3000 nT og verður að teljast verulegt. Vestur-jaðarinn er mjög skarpur, og er auðsætt að þar eru skörp lóðrétt (eða brattthallandi) jarðlagaskil. Svo vill til að bylgjubrotsmælingarnar liggja yfir þessi mót á tveimur línum (G97-1 og 2), og í báðum tilfellum sýna þær að hljóðhraði eykst snöggt við mótin. Hraðinn er um 3 km/s vestan við en allt að 5 km/s þar sem segullægðin er. Lægri hraðinn er túlkaður sem móberg en hái hraðinn samsvarar þéttum innskotum úr basalti eða dóleríti (basískt djúpberg). Hliðstæða niðurstöðu má fá út úr segulmælingunni, þar sem reynsla af þessum svæðum sýnir að segullægðir stafa gjarnan af sterksegulmögnum innskotsbergi sem hefur gengið inn í lítt segulmagnað móberg (Karl Gunnarsson, 1997b).

Vegna þessa samræmis má skipta svæðinu niður eftir gerð berggrunns. og hefur hér verið valið að skipta því í þrjú meginsvæði. Undir strönd Geldinganes er móberg, að miklu leyti túff. Þannig berg má einmitt sjá sunnan í nesinu við Eiðið, og í Gufunesi. Þá eru skörp skil sem liggja í megindrattum norður-suður, og þar austan við tekur við mjög þétt innskotsberg. Þessi skil ganga reyndar undir Réttarnesið, og ef þurfa þykir væru þar tók á að kanna bergið með borunum beggja vegna mótanna. Af bæði segul- og bylgjubrotsmælingum að dæma virðist innskotin vera mest á allt að 300 m belti, og vera einna þéttust næst vesturjaðrinum, sýnt sem heildregin útlína á kortinu á 2. mynd þar sem útbreiðsla jarðmyndana er gefin til kynna á mynd 2 með útlínum og skyggingu í segullægðir. Norðaustan við þetta svæði hefur bergið heldur minni hljóðhraða og segulmögnun, en er þó ekki eins og móbergið vestan við. Hugsanlega er hér um að ræða innskotaflækju með minni þéttleika, og gæti bergið verið allbreytilegt með skæklum af umhverfisberginu inn á meðal. Þykir mér það allfíklegt. Annar möguleiki væri hraunlagastafli, og mætti þá giska á að misgengi hefði hann gagnstætt móberginu vestanvið, og innskotin hlaupið þar á milli.

Á mynd 5 eru sýndir segulprófilar eftir línunum bylgjubrotsmælinganna, og er staðsetnig lagnanna einnig merkt inn. Dýpi á segulmagnaðan berggrunn hefur verið metið lauslega á prófilunum samkvæmt "straight-slope" aðferð, og því svipar mjög til dýpis á klöpp samkvæmt bylgjubrotsmælingunum.

## 5. NÐURSTÖÐUR ÚR KLEPPSVÍK

Á segulsviðskortinu eru mest áberandi krappar neikvæðar lægðir við Gufuneshöfða, og ætla má að þær stafi frá innskotum og séu í útjaðri á stærra innskotasvæði sem virðist liggja mest undir höfðanum, af flugsegulmælingum að dæma (Karl Gunnarsson, 1997b). Einnig má sjá í svipuð fyrirbæri vestan í vikinni, utan við Holtabakka. Þar er suðurendi á ætluðu innskotasvæði samkvæmt flugsegulmælingum.

Á óbirtu jarðfræðikorti Orkustofnunar má sjá að móbergið í Gufunesi nær suður að Gufuneshöfða, þar sem það hverfur undir grágrýtið. Eðlilegt er að ætla að innskotin séu fyrst og fremst í þessu móbergi og því eru líkur á að það nái undir höfðann, sem er gerður úr miklu yngri grágrýtiðshelli sem liggur mislægt á roffleti í hinum eldra berggrunni.

Segulsviðið tekur ekki stórfelldum breytingum þar sem línur bylgjubrotsmælinga liggja í Kleppsvík (3. mynd). Á línu K97-1 er það hátt á syðstu lögninni, lækkar um mótin við næstu lögn og helst svipað norðureftir. Hljóðhraði í berggrunni mældist víðast heldur hár, en á norðurenda línunnar, sem nálgast strekustu segulfrávikin, snöggglækkar hraðinn í gildi sem svarar til móbergstúffs eða setlaga. Má vera að þar sé komið í túff sem svari til Gufunesmóbergisins, og að innskotin hafi hreiðrað um sig í þessu linara bergi.

Í skýrslunni um bylgjubrotsmælingarnar var giskað á að móbergsmyndun væri undir mæliálfunum öllum, og var þá stuðst við jarðfræðigögn á landi. Jafnframt var bent á það að jaðar á suðausturhallandi hraunastafla ætti að vera í nánd, en þessi stafli leggst ofan á móbergið norðan Gufuneshöfða. Til að skýra háan hraða í berggrunninum var bent á innskot. Nú má sjá af segulkortinu að ekki fara saman hár hraði og segulfrávik af því tagi sem virðast fylgja innskotunum. Á suðurenda línu K97-1 er t.d. einna hæstur hraði, en þar er segulsviðið bæði hátt og slétt. Ólíklegt er að þar séu innskotahnyklar í túffgrunni. Hér verður að draga þá ályktun að annaðhvort sé efnid í móbergsmynduninni afar þétt (basalt) og einleitt hvað varðar segulmögnum, eða að hraunlagastafi myndi berggrunninn þarna. Það mælir á móti fyrra möguleikanum að basaltríkt móberg, sem kannað var á Kjalarnesi, er sterk-segulmagnað og virðist vera heldur misleitt efni.

Syðri hluti bylgjubrotslínu K97-2 er hliðstæður suðurenda K97-1 hvað varðar hljóðhraða og segulsvið. Á nyrðri helmingi bylgjubrotslínu K97-2 er hins vegar nokkur segullægð sem viðist vera hluti að segulsviðsdrögum sem ganga suðvestur frá Gufuneshöfðanum. Freistandi er að túlka þessar lægðir sem innskotaskækla frá kjarnanum undir höfðanum, og hljóðhraðinn á línunni mælir ekki á móti því. Hann er vel hár en nokkuð breytilegur. Suðvestlæga stefnan sem þarna kemur fram er nærri stríkstefnu jarðlaga, og ekki má alveg útiloka að bríkur á lagskiptum hraunlagastafla valdi þessum frávikum.

Samkvæmt ofangreindum bollaleggingum hafa verið dregin mörk milli berggerða á mynd 4, sem er hliðstæð 2. mynd. Útlínur innskotasvæðis undan Gufuneshöfða eru nokkuð óvissar, og gætu svo sem innifalið norðurenda línu K97-1. Mörkin milli líklegs móbergs á norðurenda línunnar og efnis með hærri hljóðhraða koma ekki fram í segulsviðinu, og er hér nokkur óvissa á ferðinni.



## 6. LOKAORÐ

Segulmælingarnar hafa almennt styrkt niðurstöður bylgjubrotsmælinganna, auðveldað túlkun þeirra og bætt nýjum upplýsingum við. Sérstaklega hafa mælingarnar auðveldað tengsl milli lína, og gert mögulegt að rekja jarðlagaeiningar um víðara svæði. Segulmælingar hafa ekki tíðkast mikið við jarðtæknilega vinnu, en þessi tilraun bendir til þess að þær eigi rétt á sér ef búast má við greinilegum andstæðum í segulmögnun sem tengjast mismunandi jarðlagaeiningum, og einkum ef fyrirbrigði eins og misgengi og innskot eru til staðar.

Dýpi á segulmagnaða klöpp virðist almennt koma heim og saman við dýpi úr bylgjubrotsmælingunum, en minni upplausn er í segulmælingum og meiri óvissa fylgir mati á dýpi samkvæmt þeim. Þar sem öruggar mælingar fengust úr bylgjubrotsmælingunum, og umfang þessa verks er takmarkað, hefur hér ekki verið gerð nákvæm greining á dýpi með aðferðum á borð við "Werner-deconvolution". Ef þurfa þætti myndu gögnin gefa möguleika á því að meta dýpið betur eða víðar á svæðinu, auk þess að líkanareikningar gætu gefið nánari upplýsingar um segulskrokka og jarðlagaskil.

Mælingarnar norðan Geldinganes styðja niðurstöður bylgjubrotsmælinganna, þar sem skörp og brött skil finnast milli lítt segulmagnaðs móbergstúffs við strönd Geldinganes og sterkt og öfugt segulmagnaðara innskota austar og norðar. Þau hafa háan hljóðhraða og eru áreiðanlega úr þéttu og hörðu bergi. Segulsviðið hækkar næst Gunnunesi, en hljóðhraðinn nær ekki hinu lága gildi sem sést í móberginu handan sundsins. Á þessum slóðum gætu innskot verið gisnari, efni móbergsmýndunarinnar fastara og jafnvel hraunlög til staðar.

Í Kleppsvík kemur nokkuð á óvart að segulsviðið bendir ekki til mikilla innskota á suðurhluta bylgjubrotslínanna þar sem hæsti hraðinn mælist. Þar gætu jafnvel verið til staðar jákvætt segulmögnum hraunlög. Innskotakraðak í móbergsmassa má hins vegar greina af kröppum segullægðum við Gufuneshöfða, og nær sú eining að líkindum nokkuð inn undir norðurenda bylgjubrotslínanna.

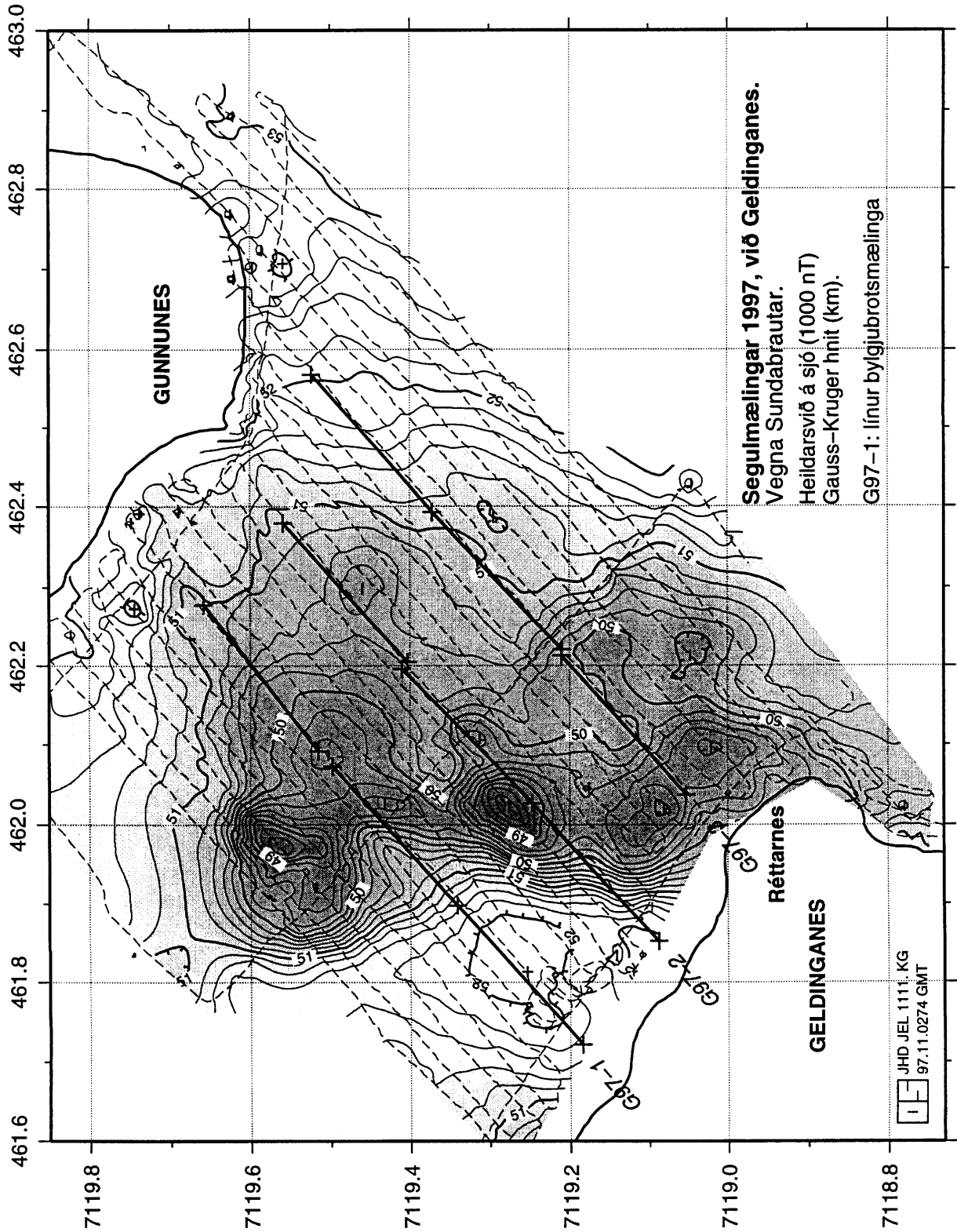
## 7. HEIMILDIR

Karl Gunnarsson, 1997a. Bylgjubrotsmælingar á leið Sundabrautar 1997. OS-97038.

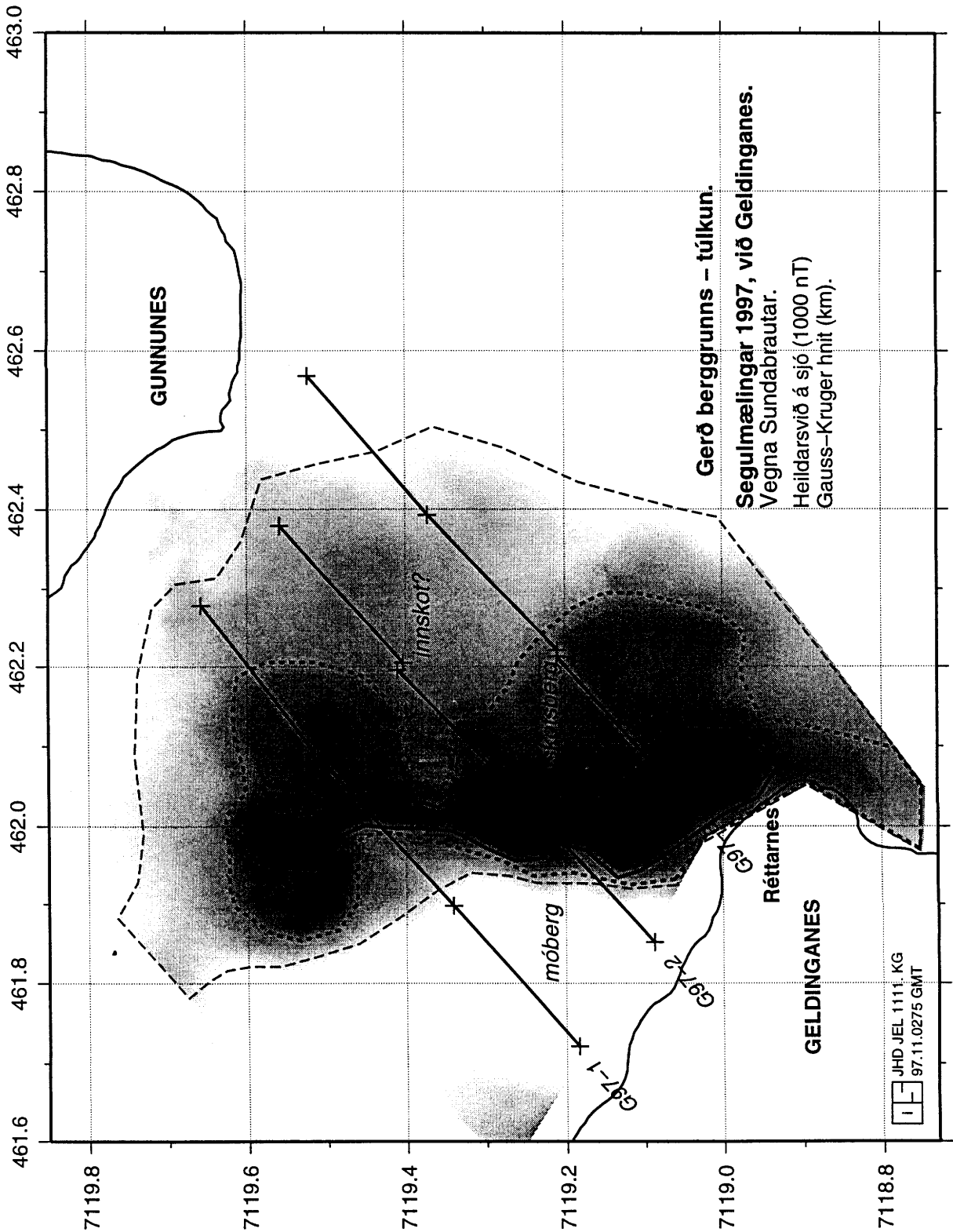
Karl Gunnarsson, 1997b. Um þyngdar og segulmælingar í Reykjavík. OS-97033.

Árni Hjartarson, 1992. *Kleppur-Gufunes. Þrjú jarðlagasnið og kort.*

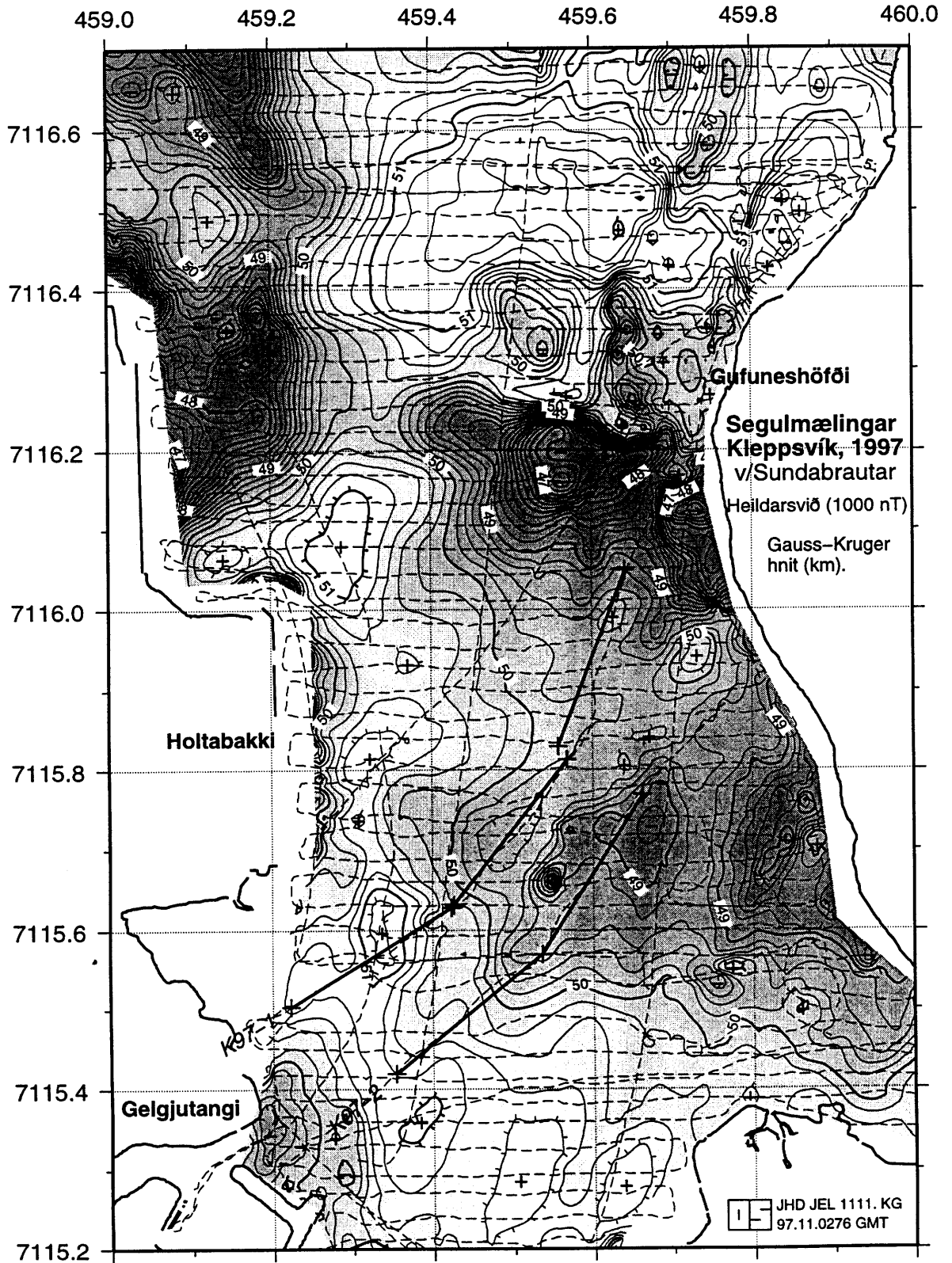
Berggrunnskort (óbirt uppkast), Viðey 1613 III NV-B, 1:25000, Orkustofnun.



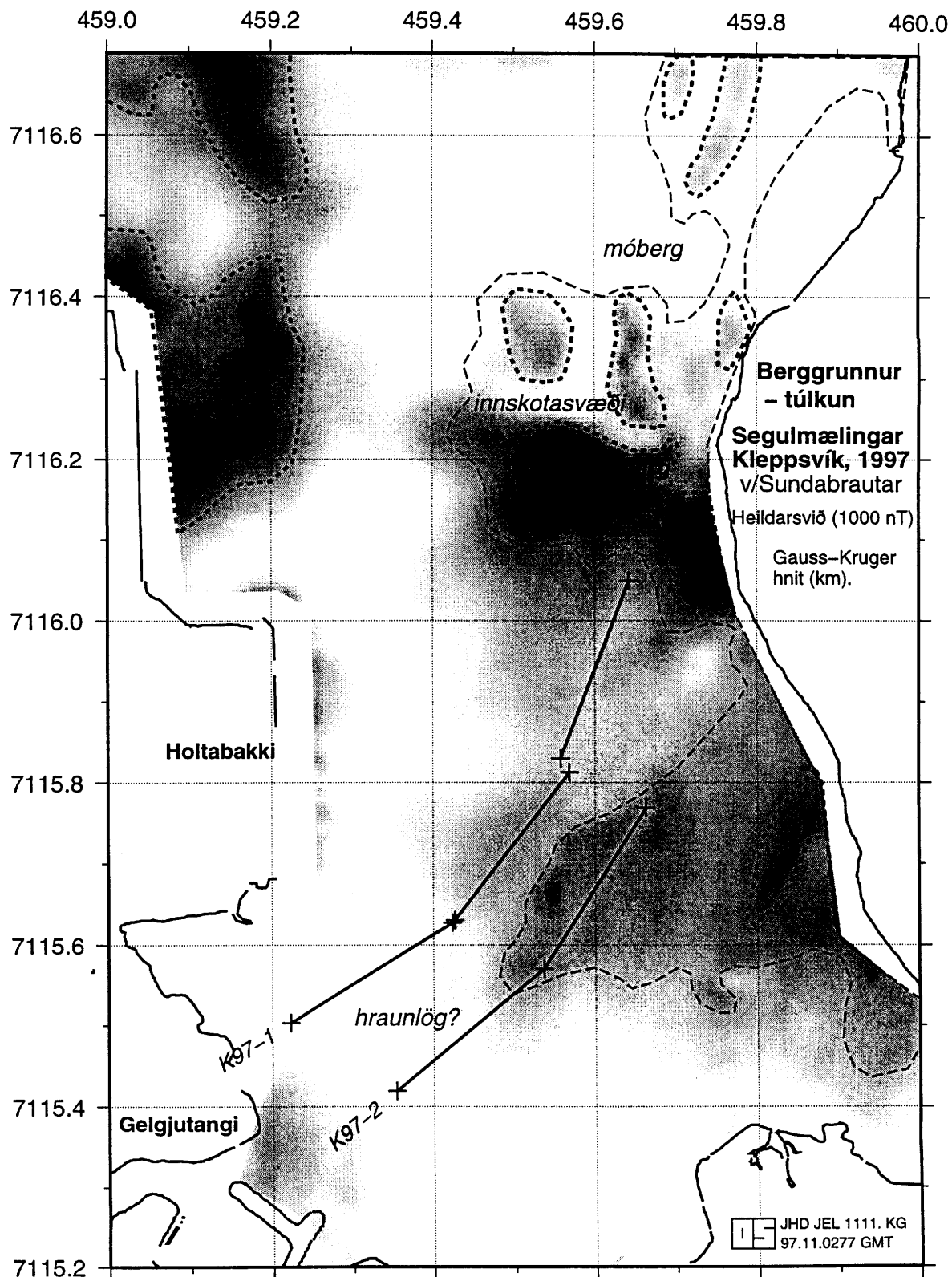
**Mynd 1.** Segulsviðskort af sundinu milli Geldinganes og Gunnunes. Lægðir í sviðinu eru skyggðar. Bylgjubrotslínur G97-1, 2 og 3 frá sumrinu 1997 eru merktar.



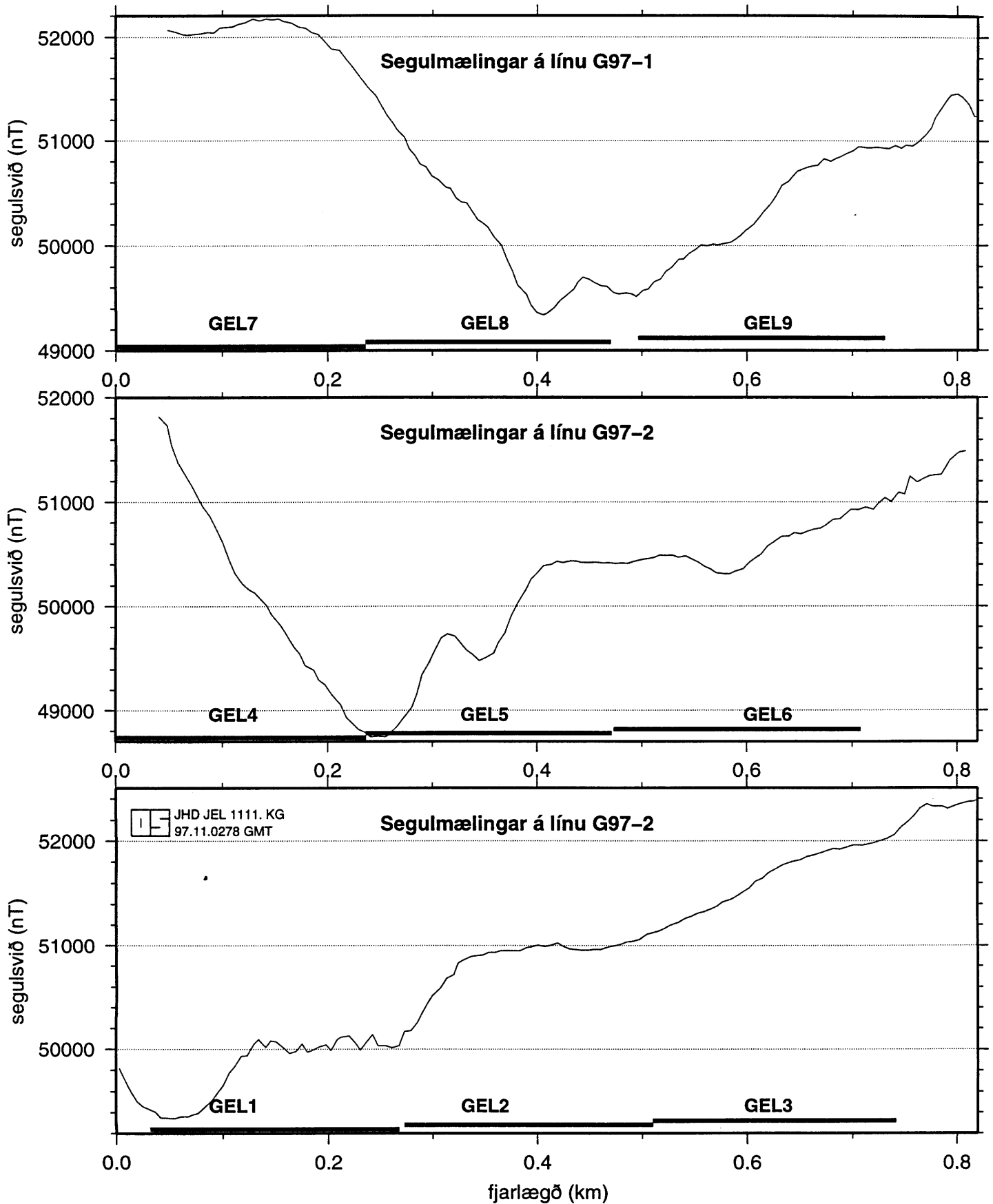
**Mynd 2.** Túlkun á berggrunnsgerð norðan Geldinganes, samvæmt segulsviðinu. Breið brotin lína sýnir ætlaðar útlínur mestu innskota, og heildregin lína er um kjarna þessa svæðis. Grennri brotin lína afmarka svæðið þar sem neikvætt segulmagnaðra innskota frávíka gætir að líkindum í nokkrum mæli.



**Mynd 3.** Segulsviðskort af Kleppsvík. Lægðir í sviðinu eru skyggðar. Bylgjubrotslínur K97-1 og 2 frá sumrinu 1997 eru merktar.



**Mynd 4.** Túlkun á berggrunnsgerð í Kleppsvík, samvæmt segulsviðinu. Grönn brotin lína sýnir líklega útlínu þess svæðis sem einkennist af innskotum, líklega í móbergsgrunni. Gildari línur afmarka séstök innskotafrávik.



**Mynd 5.** Segulprófilar eftir bylgjubrotsmælilínum G97-1, 2 og 3 norðan Geldingness. Höf bylgjubrotslagnanna eru merkt inn á sniðin.