

# Kerlingarfjöll

## TEM-mælingar 2004–2005



Ragna Karlsdóttir  
Arnar Már Vilhjálmsson

Unnið fyrir Orkustofnun

ÍSOR-2007/014

ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Reykjavík: Orkugarður, Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1699  
Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Ak. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1599  
isor@isor.is – www.isor.is

Ragna Karlsdóttir  
Arnar Már Vilhjálmsson

# Kerlingarfjöll

TEM- mælingar 2004–2005

Unnið fyrir Orkustofnun

ÍSOR-2007/014

Mars 2007

ISBN 978-9979-780-59-5



|  |                                      |   |
|--|--------------------------------------|---|
| Skýrsla nr.<br>ÍSOR-2007/014   | Dags.<br>Mars 2007                   | Dreifing<br><input checked="" type="checkbox"/> Opín <input type="checkbox"/> Lokuð til |
| Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill<br>Kerlingarfjöll<br>TEM-mælingar 2004–2005   | Upplag<br>25                         | Fjöldi síðna<br>59  |
| Höfundar<br>Ragna Karlsdóttir<br>Arnar Már Vilhjálmsson  | Verkefnisstjóri<br>Ragna Karlsdóttir |   |
| Gerð skýrslu / Verkstig<br>Jarðeðlisfræðileg könnun jarðhitasvæðis   | Verknúmer<br>540-116                 |   |
| Unnið fyrir<br>Orkustofnun<br>Samvinnuaðilar   |                                      |   |
| Útdráttur<br><p>Gerð er grein fyrir rannsóknum á viðnámi í jörðu í Kerlingarfjöllum með TEM-viðnámsmælingum sumarið 2004 og veturinn 2005. Viðnámsmælingum er beitt til þess að afmarka stærð háhitakerfa í efstu 1000 metrum undir yfirborði. Niðurstöður mælinganna eru birtar sem viðnámsnið og viðnámskort. Rannsóknin sýnir afmarkaðan norður- og vesturjaðar jarðhitakerfis í Kerlingarfjöllum og einkennandi viðnámsmynd af háhitakerfi. Lágviðnámskápa nær upp undir yfirborð í mælingunum sem næstar eru yfirborðsjarðhitunum í Neðri Hveradölum og Hverabotnum. Þar er hún í 800–900 metra hæð yfir sjó. Þrjár mælingar norðan í Fannborg gætu markað hátopp jarðhitakerfisins. Jarðhitasvæðið er hins vegar galopið til suðurs og austurs hvað varðar upplýsingar um viðnám. Engin leið er að giska á hversu stórt það er þar sem þessar mælingar sem hér er fjallað um ná aðeins inn í svæðið. Engar mælingar eru í nálægð yfirborðshitans í Efri Hveradölum né heldur við jarðhitaummyndunina í Kisubotnagljúfrum. Lagt er til að verkinu verði haldið áfram og suðurhluti Kerlingarfjalla og nágrennis mældur með TEM-mælingum. Þegar TEM-mælingum er lokið er hægt að sjá hvort æskilegt sé að kanna enn fremur viðnámsbyggingu Kerlingarfjalla með viðnámsmælingum sem skynja dýpra (MT-mælingum) til að fá betri vitneskju um jarðhitakerfið.</p> |                                      |   |
| Lykilorð<br>Kerlingarfjöll, jarðhitasvæði, háhitakerfi, TEM-viðnámsmælingar, viðnámsnið, viðnámskort, mæliferlar   | ISBN-númer<br>978-9979-780-59-5      | Undirskrift verkefnisstjóra   |
|  | Yfirfarið af<br>ÓGF                  |   |



## Efnisyfirlit

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Inngangur .....                             | 7  |
| 2   | Jarðhitinn í Kerlingarfjöllum .....         | 8  |
| 3   | Viðnám í bergi.....                         | 11 |
| 4   | TEM Mælingar 2004 og 2005 .....             | 11 |
| 5   | Niðurstöður mælinga .....                   | 13 |
| 5.1 | Viðnámssnið .....                           | 14 |
| 5.3 | Jafnviðnámskort .....                       | 22 |
| 6   | Samandregnar niðurstöður .....              | 37 |
| 7   | Heimildir .....                             | 40 |
|     | Viðauki 1: Mæliferlar og túlkun þeirra..... | 41 |

## Myndir

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Mynd 1.  | <i>Jarðhiti í Neðri Hveradölum.</i> (Ljós. Magnús Ólafsson) .....            | 7  |
| Mynd 2.  | <i>Efri Hveradalir.</i> (Ljós. Magnús Ólafsson) .....                        | 8  |
| Mynd 3.  | <i>Hverabotn. Höttur í baksýn.</i> (Ljós. Magnús Ólafsson).....              | 9  |
| Mynd 4.  | <i>Yfirlitskort og helstu jarðhitastaðir.</i> .....                          | 10 |
| Mynd 5.  | <i>Staðsetning TEM-viðnámsmælinga í Kerlingarfjöllum 2004 og 2005.</i> ..... | 12 |
| Mynd 6.  | <i>Lega viðnámssniða.</i> .....  | 13 |
| Mynd 7.  | <i>Mælingamenn að störfum í Kerlingarfjöllum veturinn 2005.</i> .....        | 15 |
| Mynd 8.  | <i>Viðnámssnið NS576.</i> .....  | 15 |
| Mynd 9.  | <i>Viðnámssnið NS579.</i> .....  | 15 |
| Mynd 10. | <i>Viðnámssnið NS580.</i> .....  | 16 |
| Mynd 11. | <i>Viðnámssnið NS581.</i> .....  | 16 |
| Mynd 12. | <i>Viðnámssnið NS582.</i> .....  | 17 |
| Mynd 13. | <i>Viðnámssnið NS583.</i> .....  | 17 |
| Mynd 14. | <i>Viðnámssnið NS584.</i> .....  | 18 |
| Mynd 15. | <i>Viðnámssnið AV690.</i> .....  | 19 |
| Mynd 16. | <i>Viðnámssnið AV710.</i> .....  | 20 |
| Mynd 17. | <i>Viðnámssnið AV720.</i> .....  | 20 |
| Mynd 18. | <i>Viðnámssnið AV740.</i> .....  | 21 |
| Mynd 19. | <i>Viðnámssnið AV750.</i> .....  | 21 |
| Mynd 20. | <i>Viðnám á 650 m y.s.</i> .....   | 23 |
| Mynd 21. | <i>Viðnám á 600 m y.s.</i> .....   | 24 |
| Mynd 22. | <i>Viðnám á 550 m y.s.</i> .....   | 25 |
| Mynd 23. | <i>Viðnám á 500 m y.s.</i> .....   | 26 |

|   |    |
|---|----|
| Mynd 24. Viðnám á 450 m y.s. ....   | 27 |
| Mynd 25. Viðnám á 400 m y.s. ....   | 28 |
| Mynd 26. Viðnám á 350 m y.s. ....   | 29 |
| Mynd 27. Viðnám á 300 m y.s. ....   | 30 |
| Mynd 28. Viðnám á 200 m y.s. ....   | 31 |
| Mynd 29. Viðnám á 100 m y.s. ....   | 32 |
| Mynd 30. Viðnám á 0 m y.s. ....   | 33 |
| Mynd 31. Viðnám á 100 m u.s. ....   | 34 |
| Mynd 32. Viðnám á 200 m u.s. ....   | 35 |
| Mynd 33. Viðnám á 300 m u.s. ....   | 36 |
| Mynd 34. Kerlingarfjöll. Háviðnámskjarninn markar útmörk jarðhitakerfisins á 300 m u.s. . | 37 |
| Mynd 35. Hitamæling úr borholu KF03 við Ásgarðsá. ....                                    | 38 |



# 1 Inngangur

Sumarið 2004 hófst rannsókn á viðnámi í jörðu í Kerlingarfjöllum og var haldið áfram veturinn 2005. Viðnámsmælingum er beitt til þess að afmarka stærð háhitakerfa í efstu 1000 metrum undir yfirborði. Rannsóknin var gerð að tilhlutan Orkustofnunar og er fyrsta skref í jarðeðlisfræðilegri könnun jarðhitakerfisins. Jarðfræðileg könnun og kortlagning jarðhitasvæðisins var einnig gerð fyrir Orkustofnun sumarið 2004, svo og athugun á efnainnihaldi vatnsins. Niðurstöður þeirra rannsókna eru birtar í skýrslu ÍSOR (Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson; 2005). Myndin á forsíðunni er tekin veturinn 2005. (Ljós. Hjalmar Eysteinnsson).



**Mynd 1.** Jarðhiti í Neðri Hveradölum. (Ljós. Magnús Ólafsson).

## 2 Jarðhitinn í Kerlingarfjöllum

Í ofangreindri skýrslu ÍSOR frá 2005 er ágæt samantekt um fyrri rannsóknir í Kerlingarfjöllum. Þar segir einnig að samkvæmt hefð sé yfirborðsjarðhita skipt í þrjú svæði: Neðri Hveradali, Efri Hveradali og Hverabotn. Þar að auki er vitað um allstórt svæði suð-austantil í Kerlingarfjöllum, kennt við Kisubotna og Bríkargil þar sem mikið er um jarðhitaummyndun.



**Mynd 2.** *Efri Hveradalir.* (Ljós. Magnús Ólafsson).

**Neðri Hveradalir** greinast í Vesturdali, Miðdali (Fannardal) og Austurdali. Svæðið er allt sundurskorið af djúpum giljum (dölum). Gufu- og leirhverir eru áberandi með litlu sem engu frárennsli vatns. Hverirnir eru í 900–1040 metra hæð y.s.

**Efri Hveradalir** skilja sig frá þeim neðri með dálitlum líparíthálsi, sem gengur suður úr Hverahnúk. Svæðið er suður af Snækolli. Hverirnir eru í 1020–1150 metra hæð y.s. og eru þarna þeir hverir er hæst liggja í Kerlingarfjöllum.

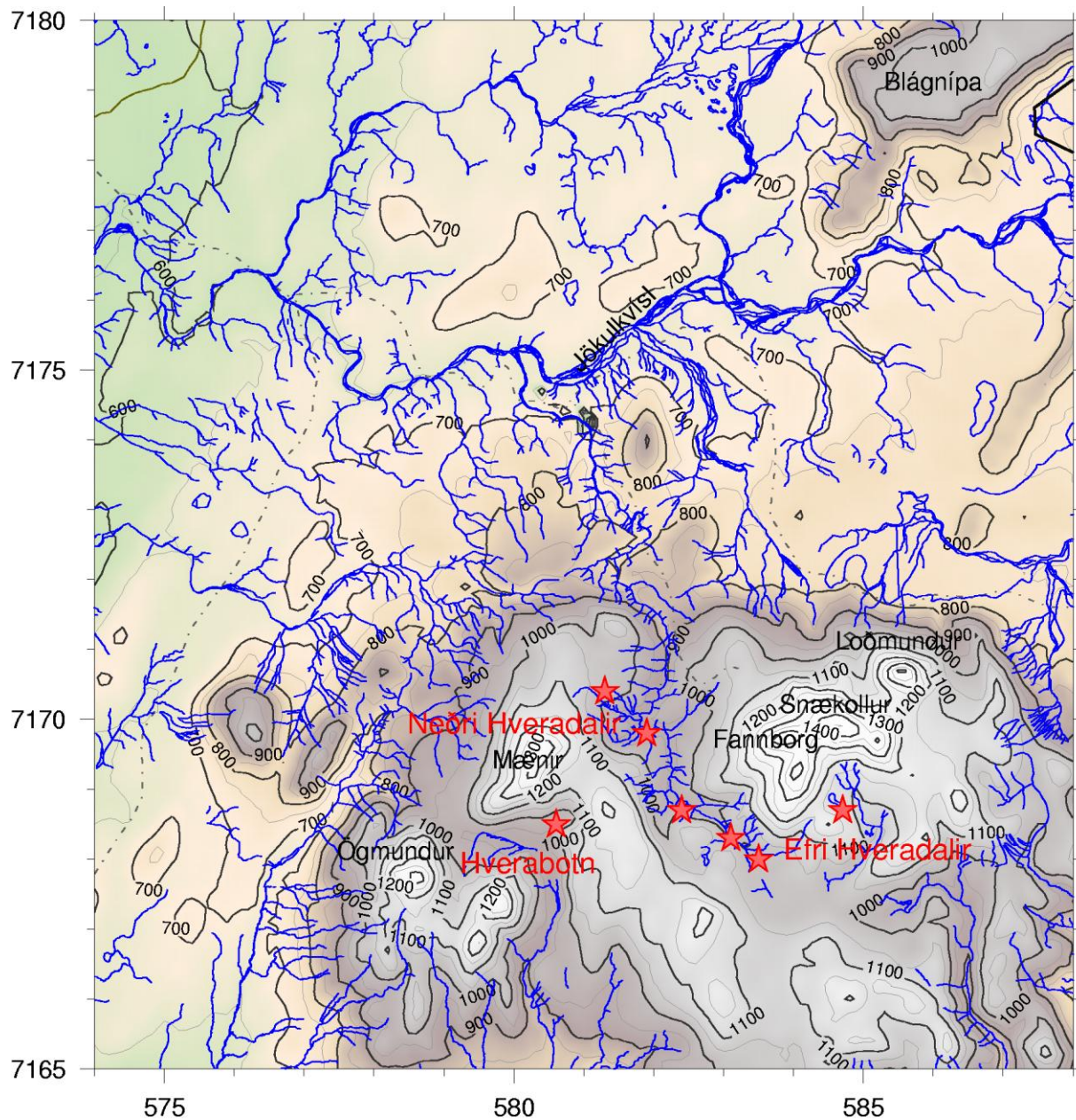
**Hverabotn** er lítið svæði suð-austan í Mæni við öskjubrotið. Þarna eru margir og mjög kraftmiklir hverir og liggja þeir í 950–1000 metra hæð y.s.

Svæðin í suðausturhluta Kerlingarfjalla sem kennd eru við Kisubotna og Bríkargil hafa ekki verið könnuð (Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson; 2005).



**Mynd 3.** *Hverabotn. Höttur í baksýn.* (Ljós. Magnús Ólafsson).

Á mynd 4 er sýnt yfirlitskort af svæðinu og helstu jarðhitastaðir.



Mynd 4. Yfirlitskort og helstu jarðhitastaðir.

### 3 Viðnám í bergi

Helstu áhrifavaldar í viðnámi bergs eru vökvainnihald bergsins, selta og hiti vökvans, svo og ummyndun bergsins. Í stuttu máli er því háttað þannig að vatnsmettað berg leiðir rafstraum betur en þurrt berg og rafleiðnin eykst með hækkandi hita. Heit vatnskerfi skera sig úr umhverfinu vegna þess að rafleiðni (viðnám) tiltekinna leirsteinda (lagsilikata, eins og smektíts) á sprunguflötum bergsins er mjög hitaháð. Rafleiðni bergsins er óverulega háð seltu vökvans í berginu nema hún sé mjög há og nálgist seltu sjávar (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 2005).

TEM-viðnámsmælingar sýna vel ummyndun bergs í háhitakerfum, einkum í ferskvatnskerfum. Hefðbundin viðnámsmynd af háhitakerfi sýnir lágviðnámskápu umlykja háviðnámskjarna í miðju jarðhitakerfisins. Viðnámsmælingarnar endurspeglar ummyndun bergsins við hita. Við hitastig frá um það bil 500°C að 200°C eru zeólítar og smektít ráðandi steindir. Smektít er leirsteind, sem hefur þann eiginleika að leiða rafmagn vel og leiðnin vex hratt með hita. Þetta er ástæða góðrar leiðni og þar með lágs viðnáms í lágviðnámskápunni. Þegar hitastig hækkar upp fyrir 200°C hverfur smektít og klórít verður ráðandi þegar komið er upp fyrir 230°C. Klórít er hins vegar ekki jafnvel leiðandi og smektítið og veldur því að viðnámið hækkar fyrir ofan 240°C (Knútur Árnason o.fl., 2000).

Viðnámið segir til um hvaða hitastig ríkti í jarðhitakerfinu þegar ummyndun bergsins varð. Hvort jafnvægi sé enn á milli hita og ummyndunar er ekki hægt að segja. Slíkt er einungis ákvarðað með borunum.

### 4 TEM Mælingar 2004 og 2005

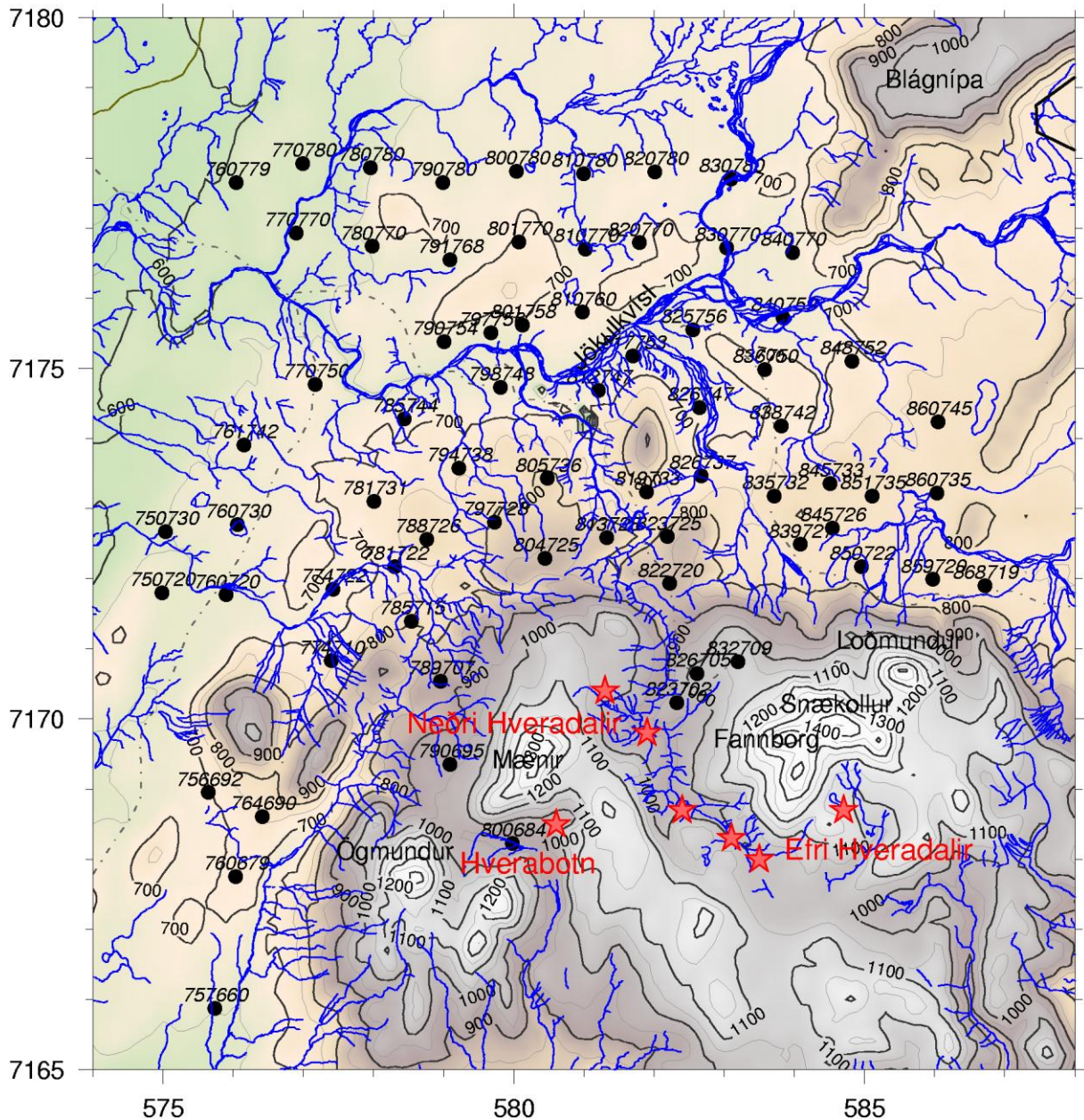
Sumarið 2004 hófst rannsókn á viðnámi á jarðhitasvæðinu í Kerlingarfjöllum. Mælingarnar voru fyrsta skref í slíkri rannsókn og er þá mælingum dreift í grófu neti yfir svæðið. Þeir sem komu að mælingunum í Kerlingarfjöllum sumarið 2004 eru Gunnar S. Hilmarsson, Þorbjörn Guðmundsson, Jónas Ketilsson, Sæmundur Ari Halldórsson og Viktor Blær Birgisson, allt háskólanemar og sumarstarfsmenn á ÍSOR. Veturinn eftir var farinn leiðangur undir stjórn Hjálmars Eysteinsonar, jarðeðlisfræðings á ÍSOR og mælt á þeim stöðum sem aðgengilegri eru á snjó. Með Hjálmari tóku þátt í mælingunum Sæmundur Ari Halldórsson og Ari Hjálmarsson.

Mælt var við og í nágrenni Hveradala eins og við var komið, svo og svæðið norður af Kerlingarfjöllum. Kerlingarfjöllin sjálf eru mjög erfitt svæði til mælinga þar sem þau eru sundurskorin af djúpum giljum og dölum, ekki síst vegna jarðhitans. Ógerlegt er að komast að mörgum áhugaverðum stöðum, jafnvel á snjósleða og verður vart mælt nema með hjálp þyrilu. Alls urðu mælingar 71, sem hér verða skoðaðar saman.

Mælingarnar eru túlkaðar og settar fram með forritum sem eru hönnuð af sérfræðingum ÍSOR, Knúti Árnasyni og Hjálmari Eysteinsyni. Hver viðnámsmæling er túlkuð einvitt með marglaga líkani (occam inversion) þar sem forritið gerir ráð fyrir

mörgum (20–40) láréttum lögum undir mælistað og velur viðnám í þau til að svara mæliferli. Mælingarnar eru síðan bornar saman og settar fram sem heildstæð mynd. Niðurstöður eru sýndar í viðnámssniðum í gegnum mælisvæðið svo og jafnvíðnámskortum sem sýna viðnám í láréttum fleti með 100 metra millibili allt niður á 800–1000 metra dýpi.

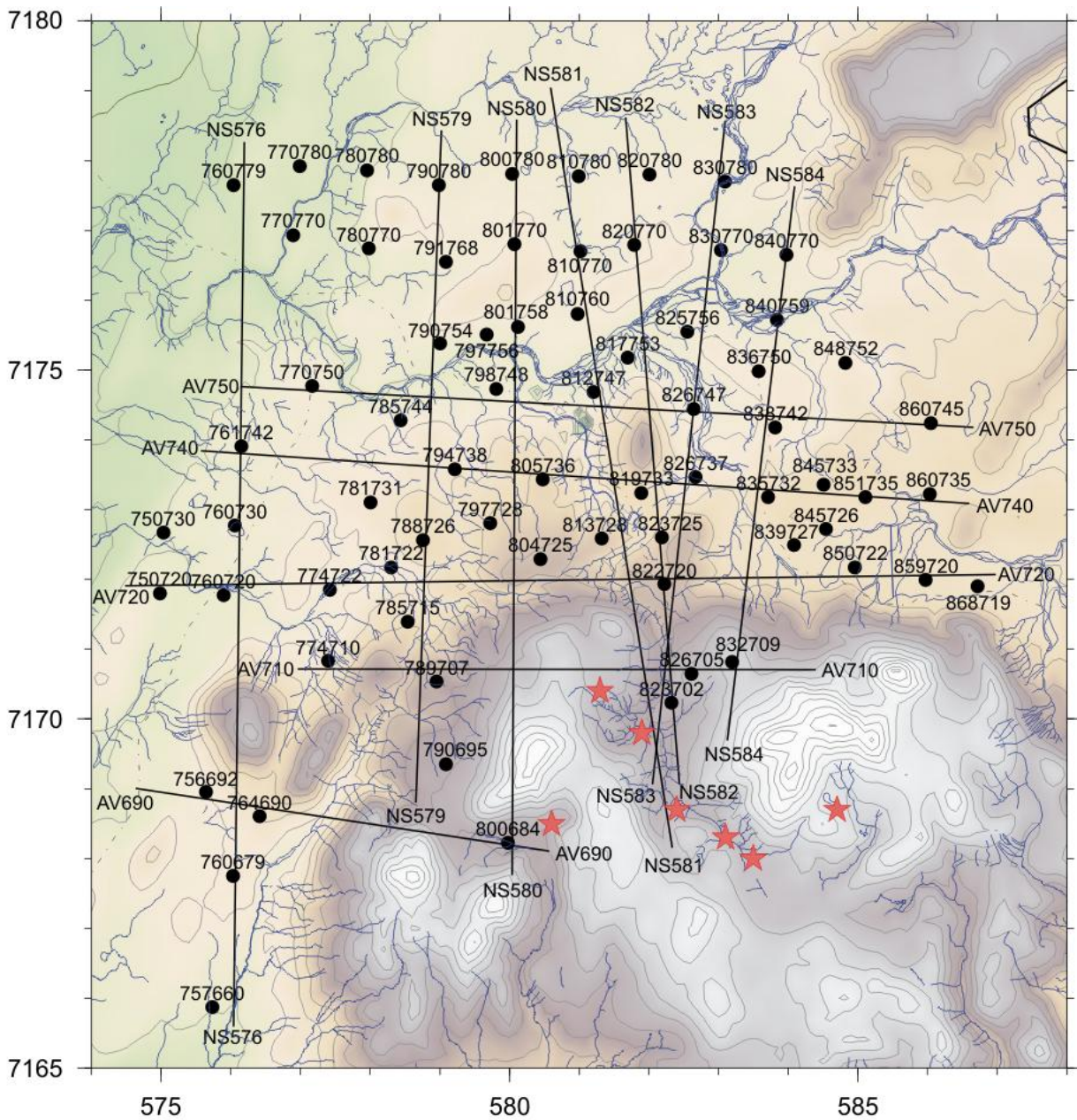
Staðsetning mælinganna er sýnd á mynd 5.



**Mynd 5.** Staðsetning TEM-viðnámsmælinga í Kerlingarfjöllum 2004 og 2005. Hnitakerfið er UTM-wgs84.

## 5 Niðurstöður mælinga

Venja er að setja niðurstöður viðnámsmælinganna fram annars vegar sem viðnámsnið og hins vegar viðnámskort. Viðnámsniðin sýna þversnið af viðnáminu niður á um 1 km dýpi. Mynd 6 sýnir legu viðnámsniðanna.



Mynd 6. Lega viðnámsniða.

## 5.1 Viðnámsnið

Hér að neðan er gerð grein fyrir hverju viðnámsniði fyrir sig. Mynd 7 sýnir mælingamenn að störfum úti í mörkinni.

**Snið NS576** (Mynd 8) liggur norður-suður vestan við hin eiginlegu Kerlingarfjöll. Sniðið sker vesturhlíðar Skeljafells. Sniðið sýnir viðnám niður á um 900 metra dýpi undir yfirborði. Það sýnir lækkandi viðnám með dýpi og neðst sér í lágviðnám 10–15 Ωm sem bendir til þess að lágviðnámskápan sé ekki langt undan.

**Snið NS579** (Mynd 9) liggur norður-suður allt frá svæðinu austan við Hnappöldu nyrst í sniðinu og suður að Ögmundi í Kerlingarfjöllum. Sniðið sker lágviðnámskápuna á 300 metra dýpi undi sjávarmáli (600 m y.s.) syðst í sniðinu en það dýpkar svo á hana til norðurs. Ekki sést í háviðnámskjarna í þessu sniði og virðist það skera lágviðnámskápuna þar sem hún hvelfist niður til vesturs frá háhitakerfinu austar.

**Snið NS580** (Mynd 10) liggur um 1 km austar og sker fjallið Mæni syðst í sniðinu. Mælingin 800684, sem er syðsta mælingin, er staðsett nærri jarðhitnum í Hverabotnum. Þarna er lágviðnámskápa á um það bil 250 metra dýpi undir yfirborði. Hún virðist vera um 300 metra þykk með háviðnámskjarna undir. Það dýpkar á lágviðnámskápuna til norðurs og í mælingu 797728 er lágviðnámskápan á 800–900 metra dýpi. Í þessu sniði er athyglisvert að sjá tungu með lágu viðnámi teygja sig til norðurs frá lágviðnámskápunni á 300–500 metra dýpi. Þetta er ekki eins lágt viðnám og er í lágviðnámskápunni en það sést marka fyrir því í sniðinu norður eftir. Þetta sést enn betur í næstu sniðum og er þá skýrt hvað hér er á ferðinni.

**Snið NS581** (Mynd 11) liggur með NNV-SSA-læga stefnu og liggur austan við Neðri Hveradali. Syðsta mælingin 823702 er eins sunnarlega og vegurinn nær sem liggur upp í fjöllin og þjónaði skíðasvæðinu í Fannborg hér áður fyrr. Hún er um það bil 1 km austan við Neðri Hveradali og um 1,5 km norður af Efri Hveradölum. Á þessum slóðum er lágviðnámskápan upp undir yfirborði en í næstu mælingu, 813728, sem er 2,5 kílómetrum norðar sést norðurjaðar lágviðnámskápunnar þar sem hún steypist bratt niður til norðurs. Greinilegur háviðnámskjarni er undir syðsta hluta sniðsins. Í þessu sniði sést einnig lágviðnámstungan sem teygir sig til norðurs á 300–500 metra dýpi út frá lágviðnámskápunni. Líklegasta skýringin á þessu lágviðnámi er að þarna sé heit afrennslistunga til norðurs frá háhitakerfinu. Holurnar sem boraðar hafa verið við Ásgarðsána fá vatn úr þessum heitavatnstæmi.

**Snið NS582** (Mynd 12) liggur samsíða NS581 og um 1 km austar. Syðstu mælingarnar tvær, 823702 og 826705, sýna lágviðnámskápuna rétt undir yfirborði. Hátt viðnám er undir og er túlkað sem háviðnámskjarni. Neðar í báðum mælingum lækkar viðnám á ný sem ekki er hægt að segja til um hvað þýðir. Það sést ekki í mælingunni 832709, sem er 1 km austar. Þessar þrjár mælingar eru „efst uppi í fjöllunum“ eins langt og hægt er að komast eftir vegi. Þær eru líka einangraðar frá öðrum mælingum vegna landslagsins og þyrfti fleiri mælingar á milli til að tengja niðurstöðurnar. Þessar mælingar eru einnig syðst í mælinganetinu og við blasir að ekkert er vitað um mörk jarðhitakerfisins sunnan þeirra.



Þar sem þessar mælingar standa svo stakt er ekki hægt að segja með vissu hvað þetta neðra lágviðnám þýðir. Er það raunverulegt eða er það til staðar vegna þrívíddaráhrifa frá lóðréttum lágviðnámsfleti? Er þetta toppur háhitakerfisins og er hann mjög skarpur? Þessum spurningum verður ekki svarað nema með niðurstöðum frá þéttari mælineti svo og fleiri mælingum á suðursvæði Kerlingarfjalla.

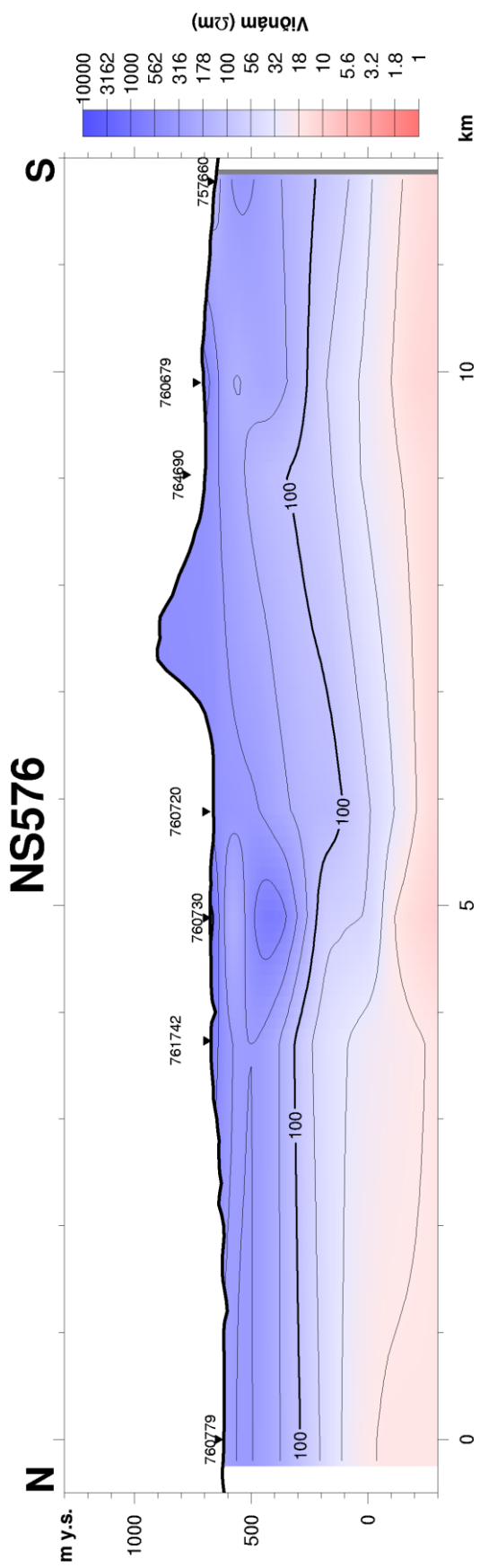
Niðurstöður í sniði NS582 eru því skýrðar eftirfarandi. Lágviðnámskápan í yfirborði syðst í sniðinu tengist lágviðnáminu í mælingum 822720, 823725 og 819733, en þar sést lágviðnámskápan hvelfast niður fyrir það dýpi sem við sjáum. Krossaða svæðið sýnir háviðnámskjarnann eins og hann er ákvarðaður út frá þeim fáu mælingum sem eru til staðar á þessu svæði. Lágviðnámsbunga sést síðan teygja sig í norður í mælingu 817753 og er það afrennslið sem minnst er á áður.

**Snið NS583** (Mynd 13) sýnir samskonar niðurstöður og sniðið á undan, enda er sniðið dregið í suðurenda frá sömu mælingum og NS582. Norður hlutinn sýnir afrennslið í norður.

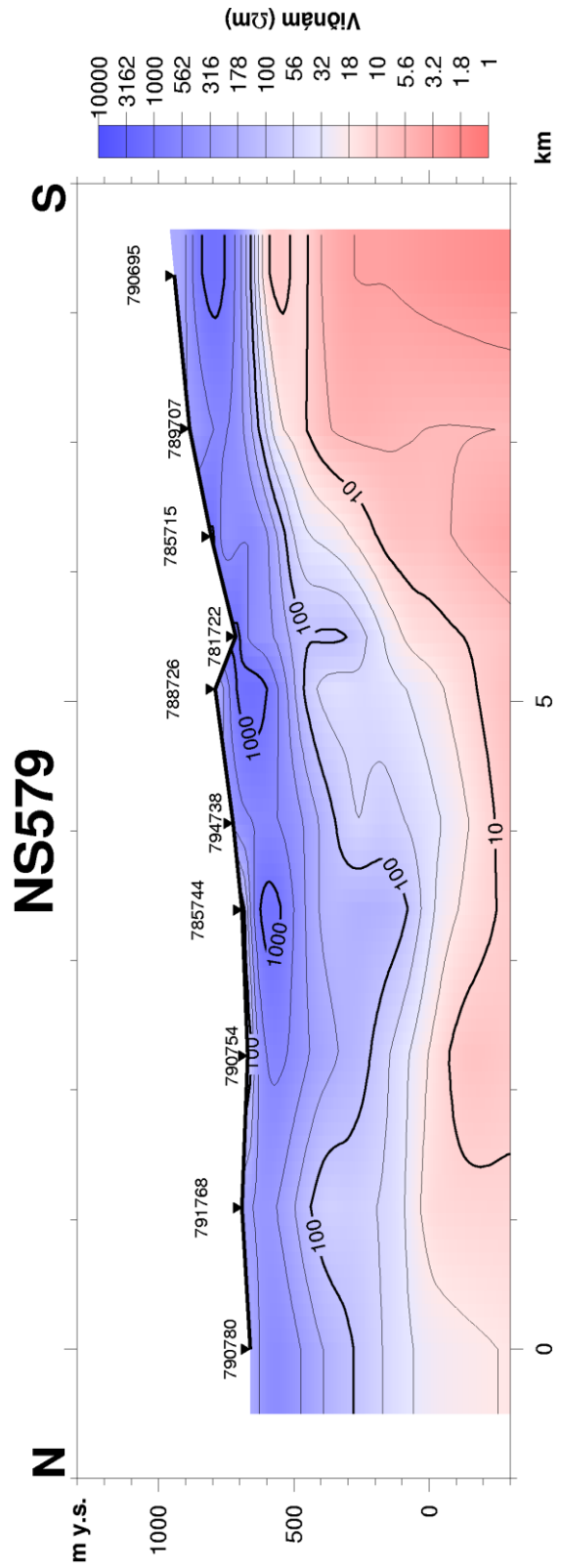
**Snið NS584** (Mynd 14) sker háviðnámskjarnann syðst og sést hvernig hann steypist niður til norðurs. Sniðið sker austurjaðar lágviðnámskápunnar norðan til í sniðinu.



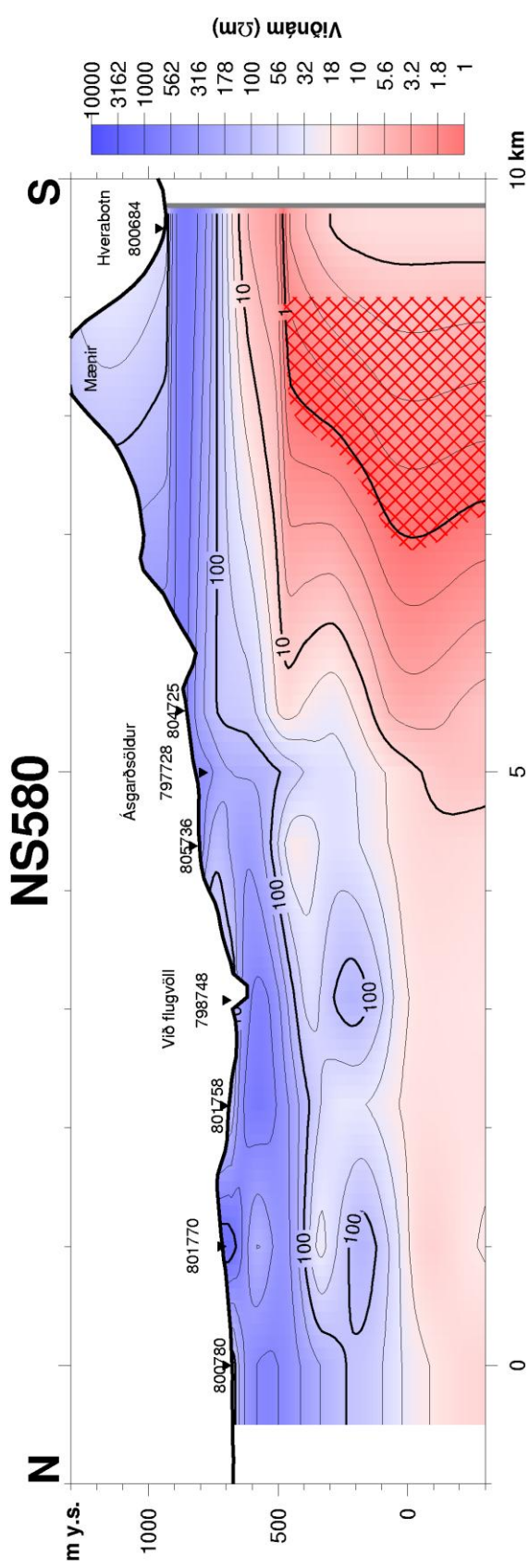
**Mynd 7.** Mælingamenn að störfum í Kerlingarfjöllum veturinn 2005.



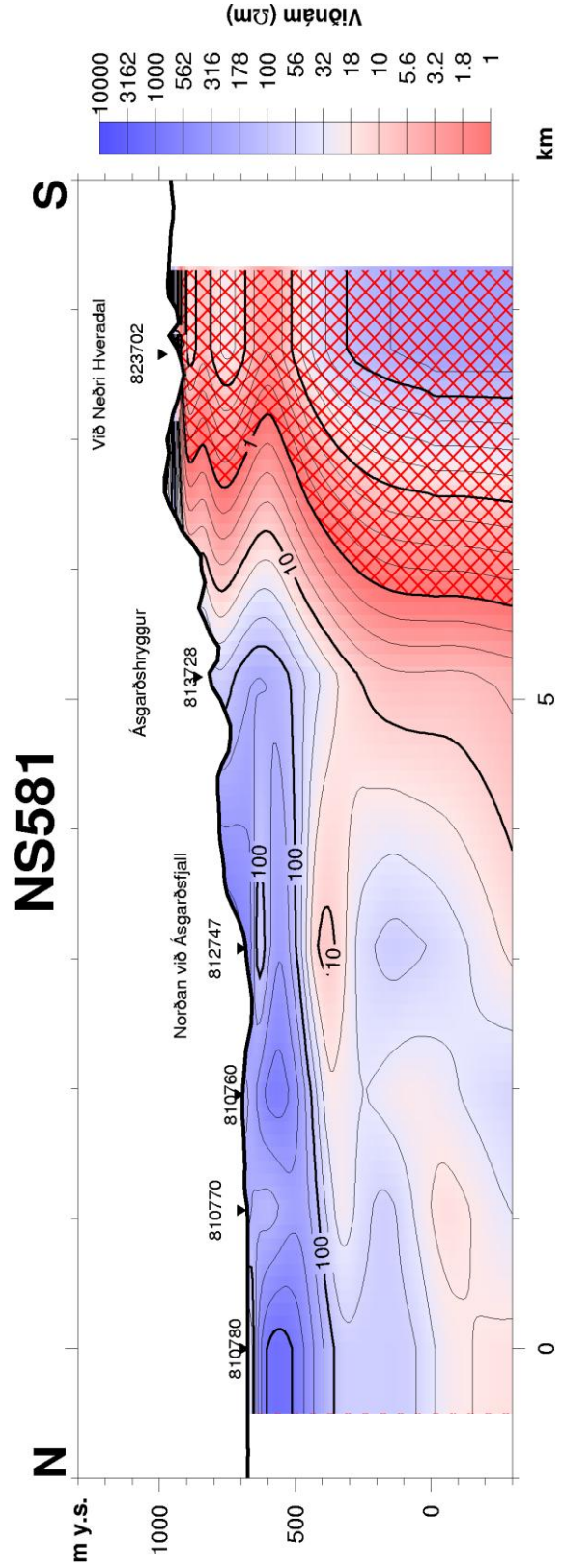
Mynd 8. Viðnámsnið NS576.



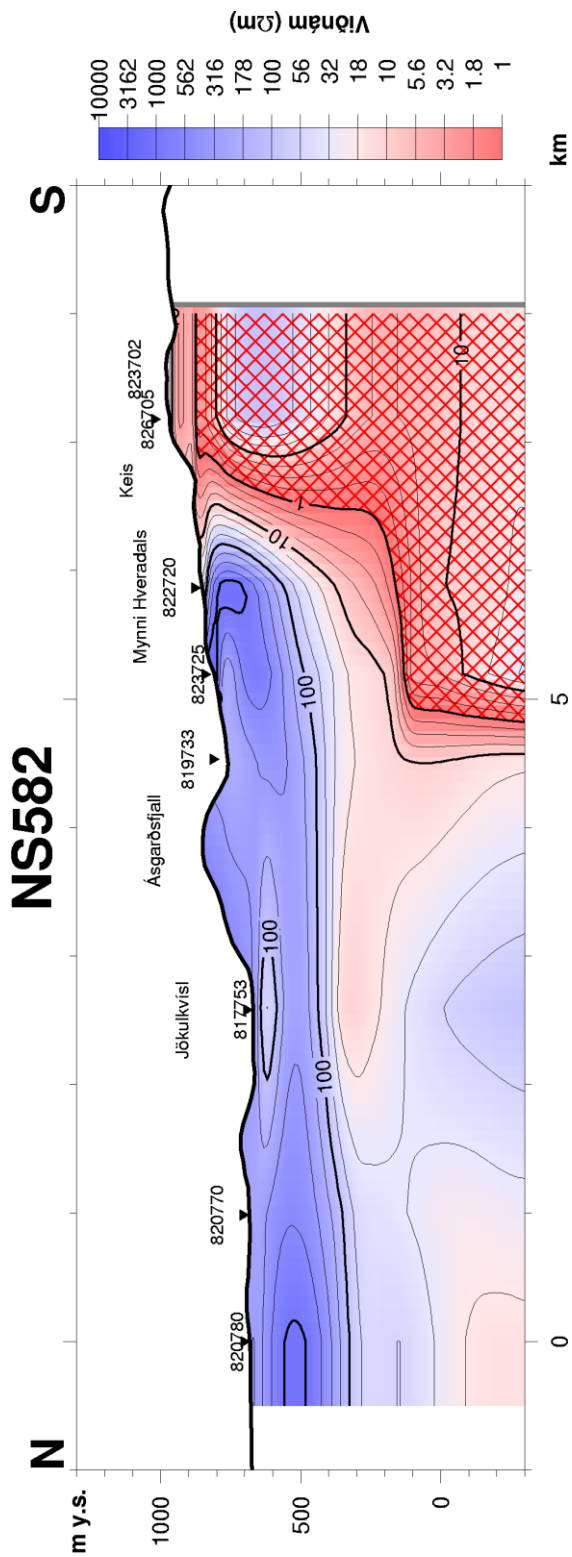
Mynd 9. Viðnámsnið NS579.



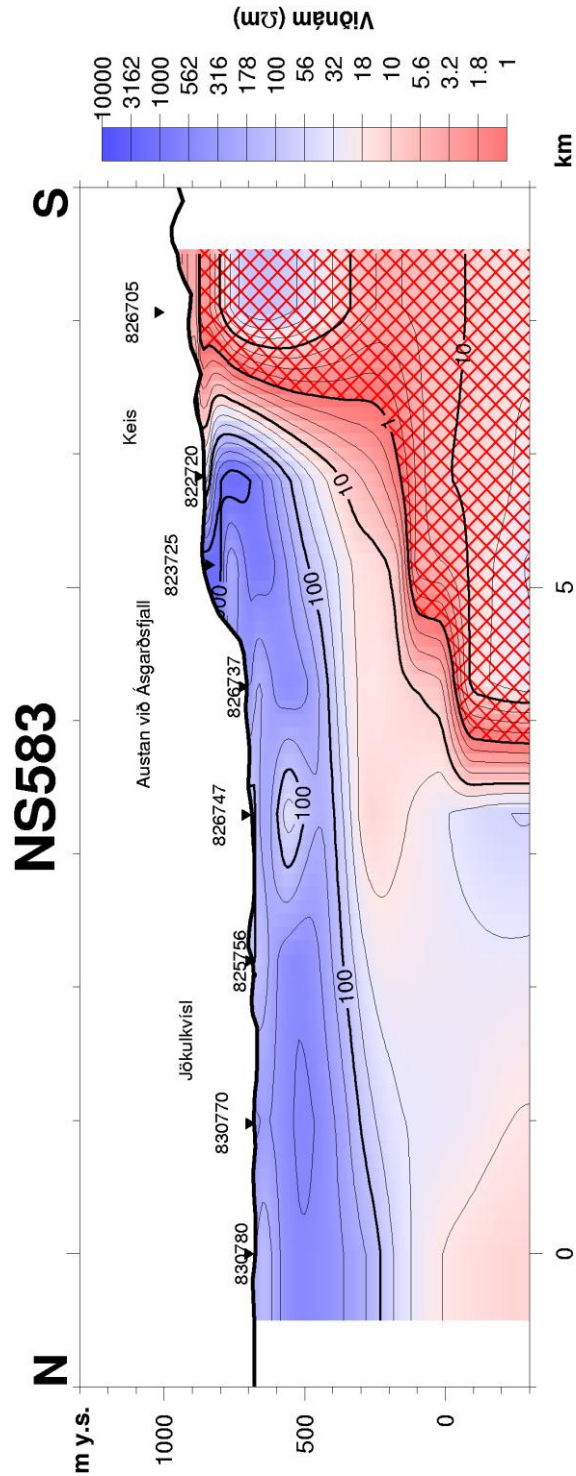
Mynd 10. Viðnámssnið NS580.



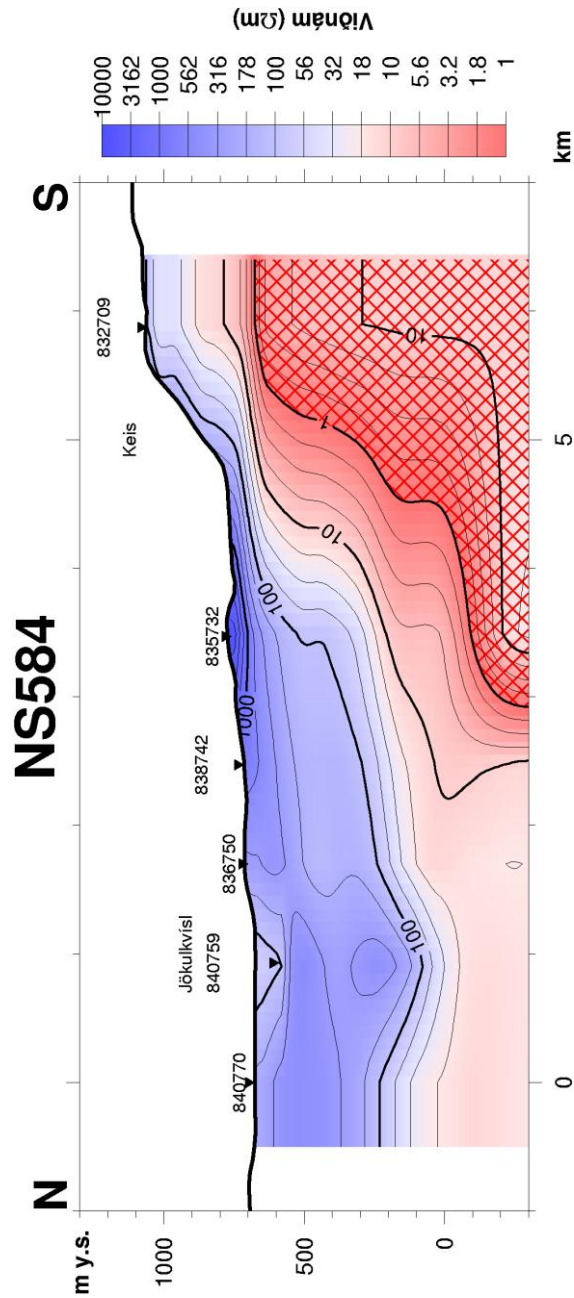
Mynd 11. Viðnámssnið NS581.



Mynd 12. Viðnámssnið NS582.



Mynd 13. Viðnámssnið NS583.



Mynd 14. Viðnámssnið NS584.

Til frekari glöggvunar eru sýnd nokkur austur-vestur snið í gegnum mælisvæðið.

**Snið AV690** (Mynd 15) liggur um Hverabotn og í vestur. Mælingin í Hverabotnum sýnir lágviðnámskápu og háviðnámskjarna undir, sem dýpkar á til vesturs.

**Snið AV710** (Mynd 16) sker Neðri Hveradali og austustu mælingarnar eru neðst í hlíðum Fannborgar. Háviðnámskjarninn og lágviðnámskápan utan á honum ná upp í yfirborð við Hveradal og dýpkar á til vesturs.

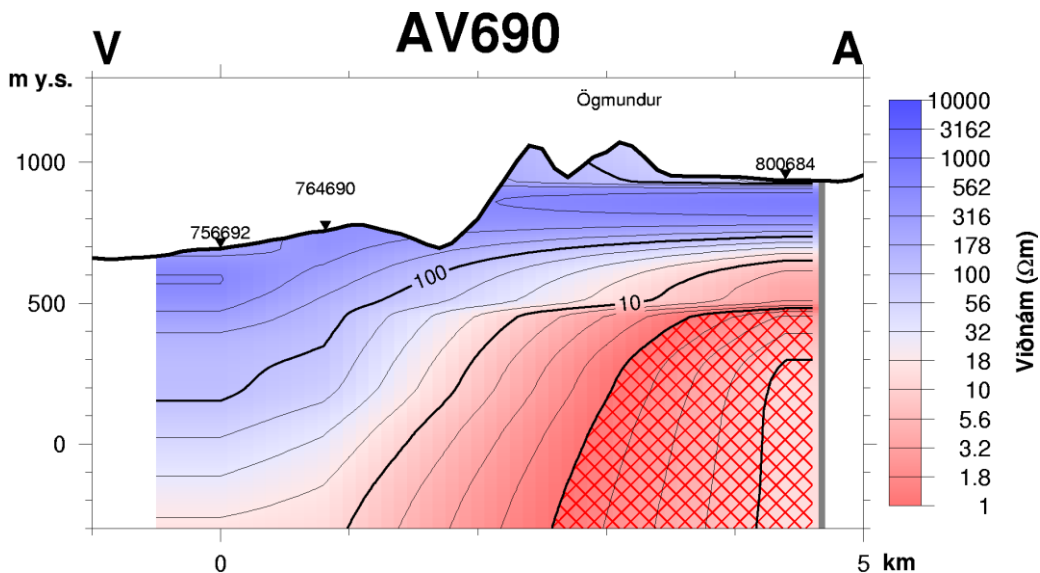
**Snið AV720** (Mynd 17) liggur austur-vestur um 1 km norðan við Loðmund og um 500 metrum norðan við Keis og Hveradalahnjúk. Það sýnir vel lágviðnámskápuna þar sem hún er á niðurleið til norðurs, en hún er hér hæst á 300–400 metra dýpi. Þar undir sést einnig háviðnámskjarninn á um 700 metra dýpi á niðurleið til norðurs.

Tvær austustu mælingarnar, 859720 og 868719, eru á sléttunni norðaustan við Kerlingarfjöll og þar sér í lágviðnám, sem er jafn lágt og í lágviðnámskápunni svo og háviðnámskjarna undir. Næsta mæling vestan við 850722 sýnir þykka lágviðnámskápu en ekki hátt viðnám undir. Engin leið er að vita hvað þetta þýðir. Sýna þessar tvær austustu mælingar áframhald jarðhitakerfisins í austur eða er þetta afrennslistaumur í austur með svona lágu viðnámi rétt við jarðhitakerfið? Þetta verður ekki skýrt nema með því að bæta við mælingum til að rekja útlínur jarðhitakerfisins.

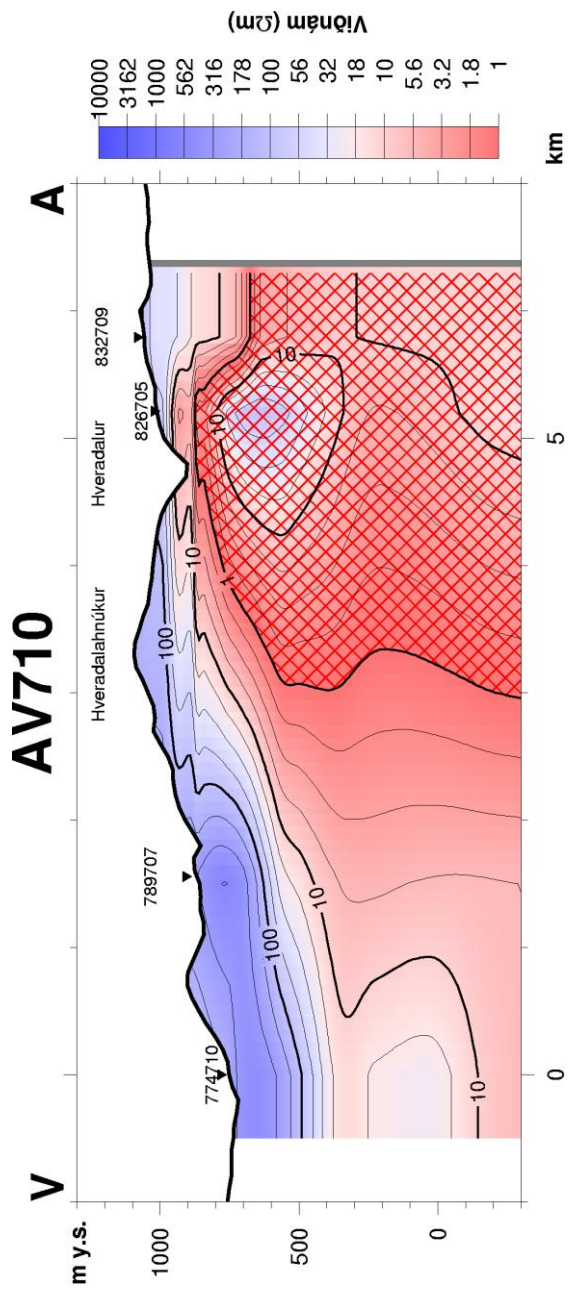
Sniðið sýnir hins vegar glögg hvornig dýpkar á lágviðnámskápuna til vesturs, en hún er komin á um 900 metra dýpi undir yfirborði vestan við Kerlingarfjöll. Um miðbik sniðsins sér í afrennsli.

**Snið AV740** (Mynd 18) liggur um 2 km norðar og er með aðeins norðvestlæga stefnu. Það liggur um suðurenda Ásgarðsfjalls. Hér er lágviðnámskápan komin á meira dýpi eða á 700 metra dýpi þar sem hún er hæst og glyttir í nyrsta hluta háviðnámskjarnans á 800–900 metra dýpi undir svæðinu austan ásgarðafjalls. Sniðið sker einnig afrennislæununa sem liggur til norðurs frá jarðhitakerfinu.

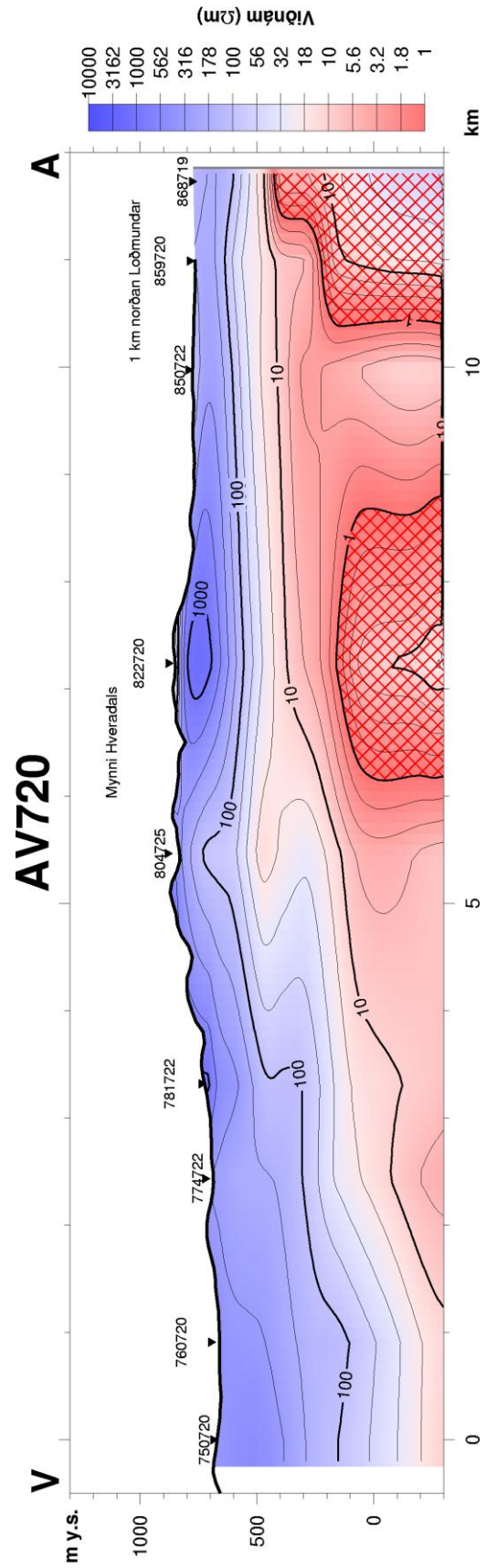
**Snið AV750** (Mynd 19) sýnir glytta í lágviðnámskápuna neðst í sniðinu en sýnir skemmtilega afrennislæurnar til norðurs.



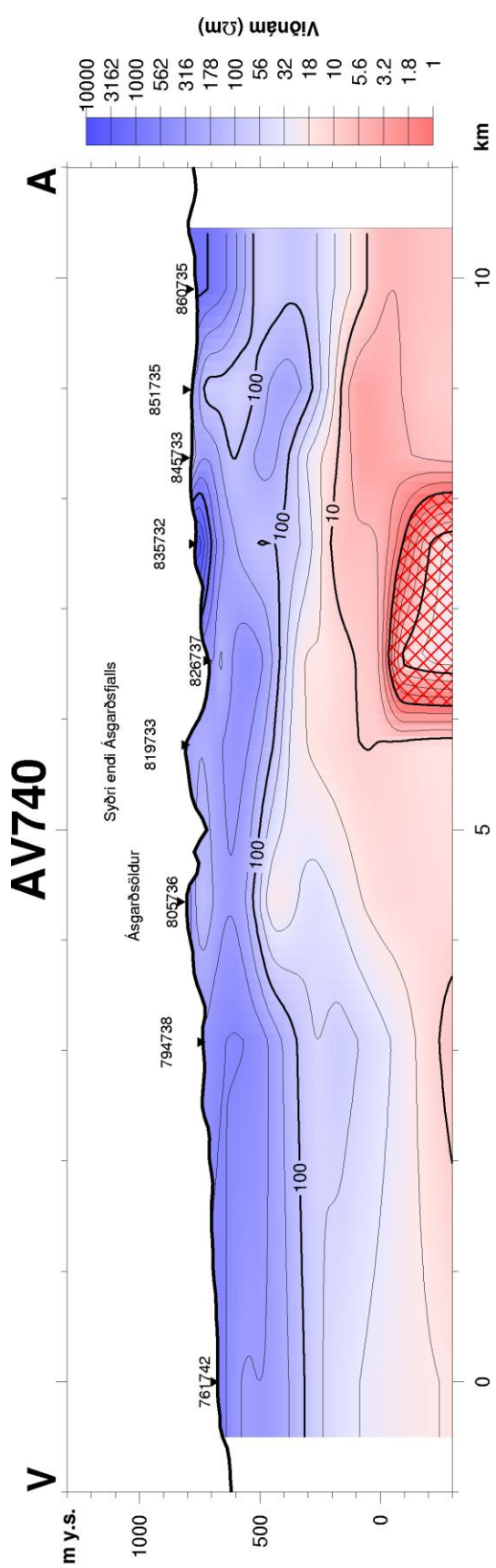
**Mynd 15.** Viðnámsnið AV690.



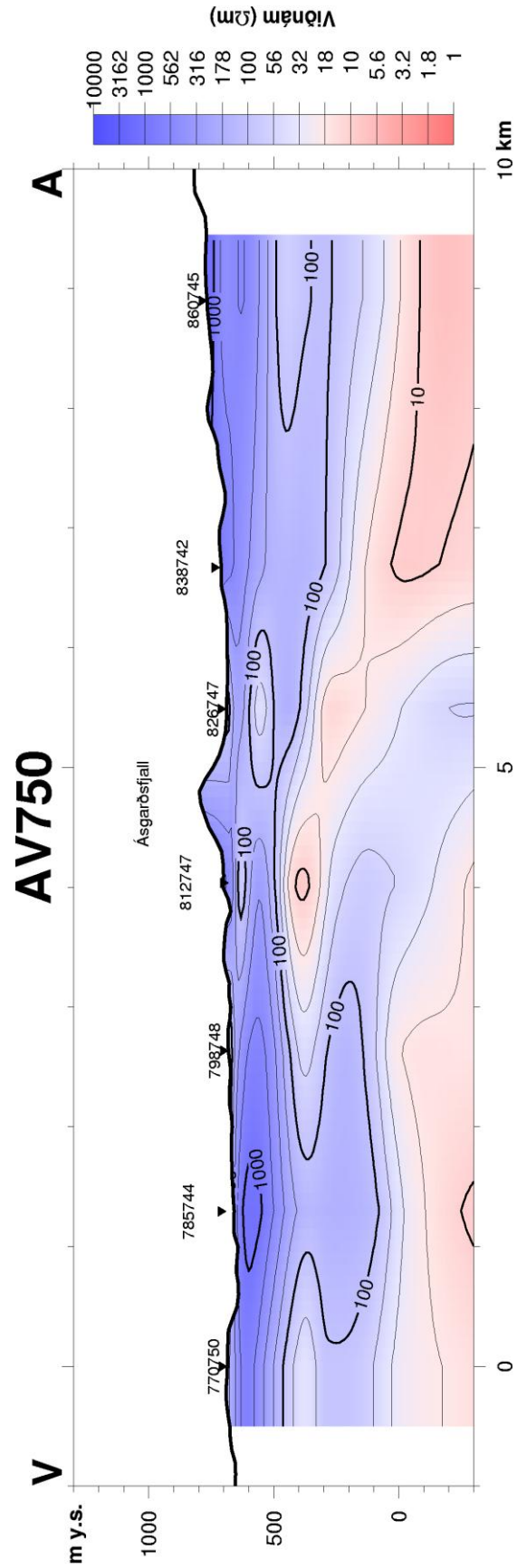
Mynd 16. Viðnámssnið AV710.



Mynd 17. Viðnámssnið AV720.



Mynd 18. Viðnámssnið AV740.



Mynd 19. Viðnámssnið AV750.



### 5.3 Jafnviðnámskort

Viðnámskortin sýna viðnámið á láréttum fleti og eru kortin sýnd með 50 metra dýptarbili niður á 300 m y.s. og á 100 metra bili þar fyrir neðan. Til þess að jarðhita-kerfið komi sem skýrast fram myndrænt er háviðnámskjarninn skilgreindur í meðföllum teikniforrítsins og skyggður á kortunum. Sú skilgreining gerir ráð fyrir lágviðnámskápu utan á háviðnámskjarnanum og tengir þannig lágviðnámskápuna, sem er upp undir yfirborði í suðaustustu mælingunum (823702, 826705, 832709) neðst í hlíðum Fannborgar, við lágviðnámskápuna þar sem farið er að dýpka á hana til norðurs. Þannig tengist lágviðnámskápan yfir svæðin þar sem sárlega vantar mælingar inn í mælinetið. Í austustu vafamælingunum tveimur (859720, 868719) er gert ráð fyrir að háa viðnámið sé háviðnámskjarni, sem þarf þó ekki endilega að vara tilfellið.

**Viðnám á 650 m y.s.** (Mynd 20) sýnir hátt viðnám rétt undir yfirborði í öllum mælingum nema í þeim mælingum sem næstar eru jarðhitinum á yfirborði í Neðri Hveradölum og Hverabotni. Þar sést lágviðnámskápan og það sér í háviðnámskjarnann í mælingunum þremur efst uppi í Fjöllunum, 823702, 826705, 832709, norðvestan í Fannborg.

**Viðnám á 600 m y.s.** (Mynd 21) sýnir lágviðnámskápuna á stærra svæði. Hún teygir sig nú vestur fyrir Mæni svo og lengra til norðurs. Ekki eru miklar breytingar á næsta korti **550 m.y.s.** (Mynd 22)

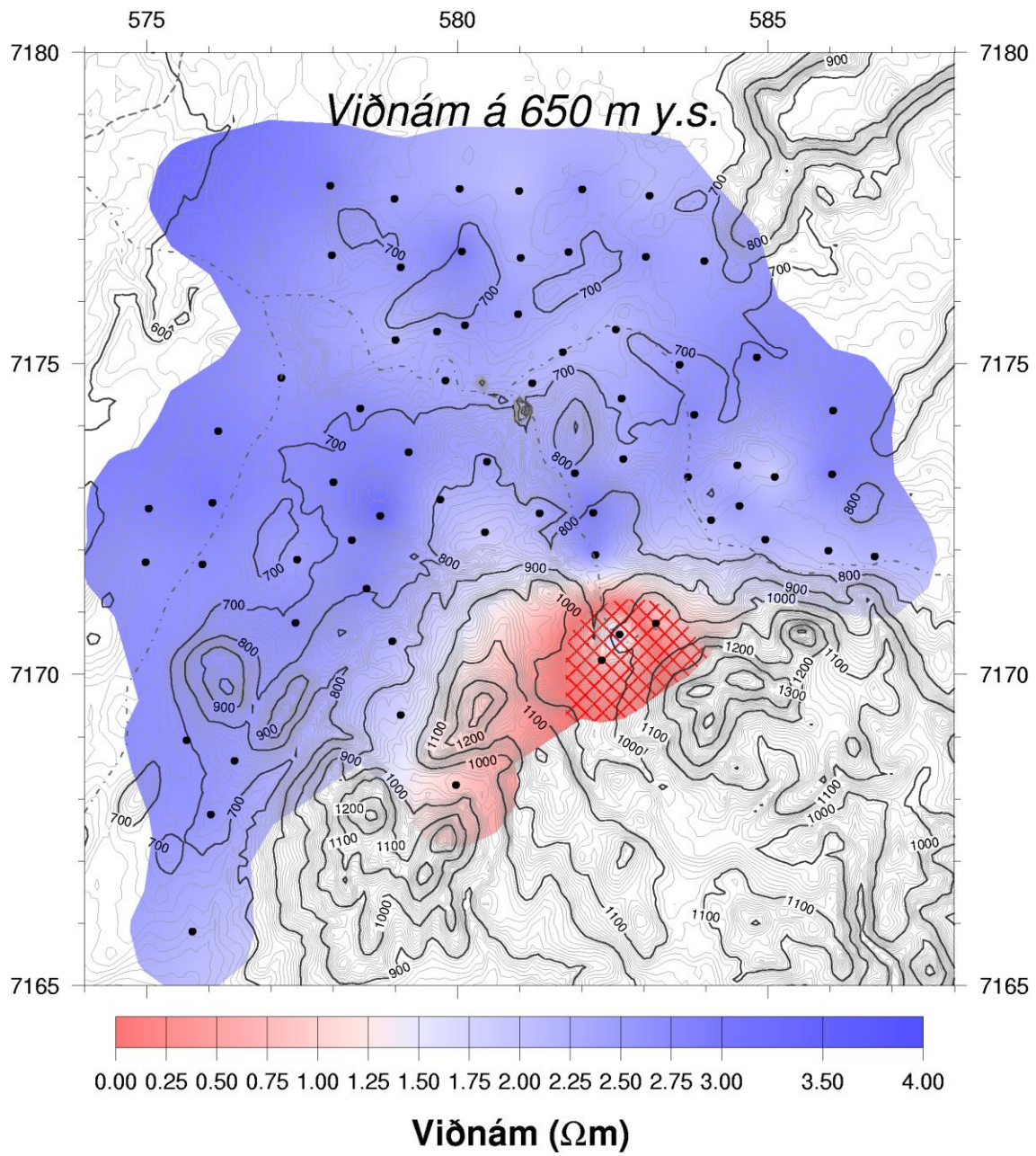
**Viðnám á 500 m y.s.** (Mynd 23) sýnir lágviðnámið teygja sig austur á bóginn, svo og lengra til norðurs. Háviðnámskjarninn sést í mælingunum þremur norðan í Fannborg og Snækolli.

Á næstu kortum sem sýna viðnám á **450 m y.s.** (Mynd 24), **400 m y.s.** (Mynd 25) og **350 m y.s.** (Mynd 26) sést hvernig lágt viðnám teygir sig til norðurs. Þetta er lágviðnámsstungan sem túlkuð er sem afrennsli í norður frá háhitakerfinu á c.a. 300–500 metra dýpi. Á þessum kortum sést einnig stækkun háviðnámskjarnans annars vegar í mælingunni í Hverabotnum svo og í austustu mælingunni norðaustan við Loðmund.

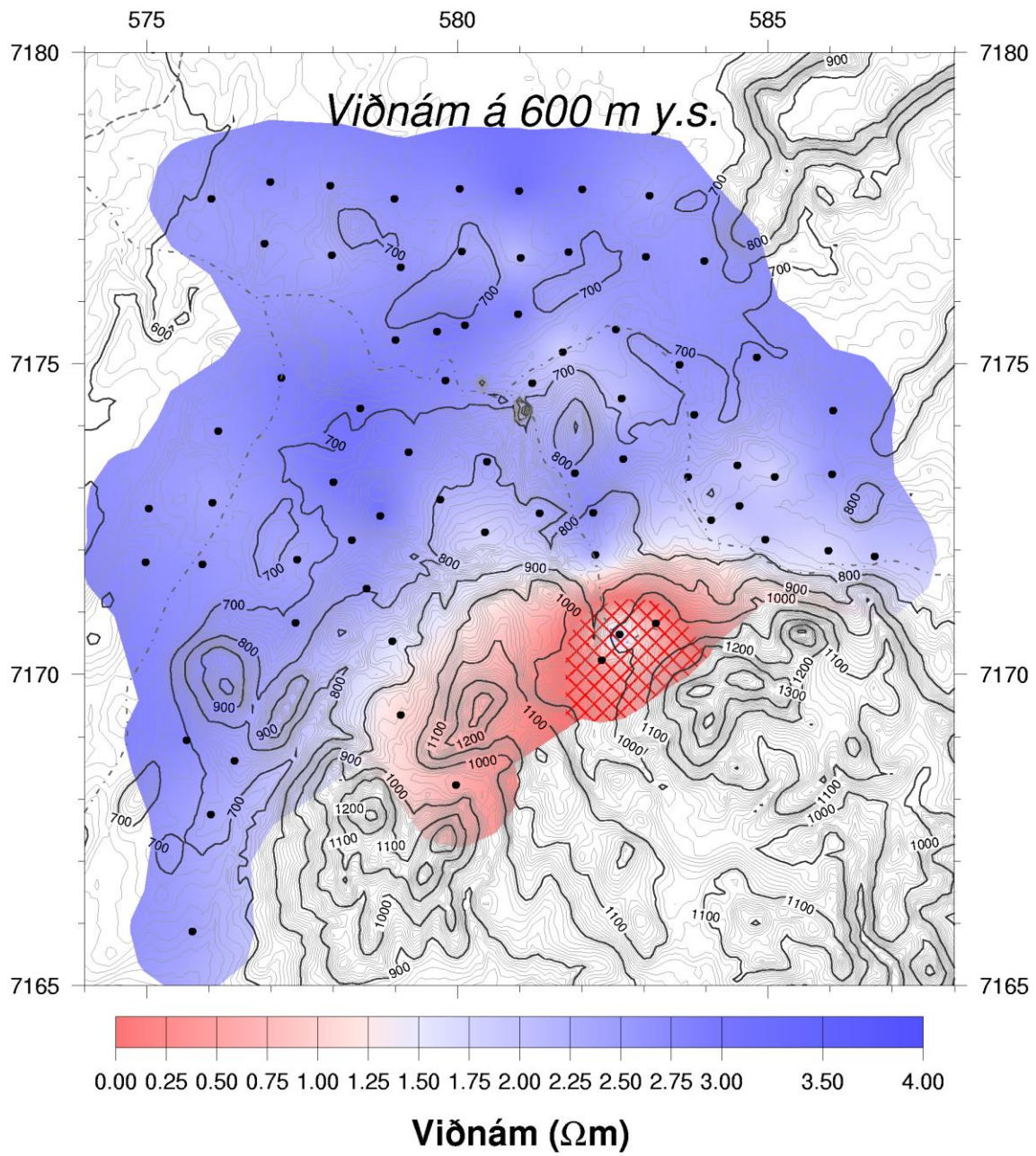
Á næstu kortum, **300 m y.s.** (Mynd 27), **200 m y.s.** (Mynd 28) og **100 m y.s.** (Mynd 29) sést hvernig háviðnámskjarninn breiðir sig til norðurs og norðausturs. Á sömu kortum er farið í gegnum afrennslið til norðurs.

**Viðnám við sjávarmál** (Mynd 30) sýnir mesta útbreiðslu háviðnámskjarnans og á næstu kortum **100 m u.s.**, (Mynd 31) **200 m u.s.** (Mynd 32) og **300 m u.s.** (Mynd 33) sér hvernig komið er niður í lágviðnámskápuna á öllu mælisvæðinu.

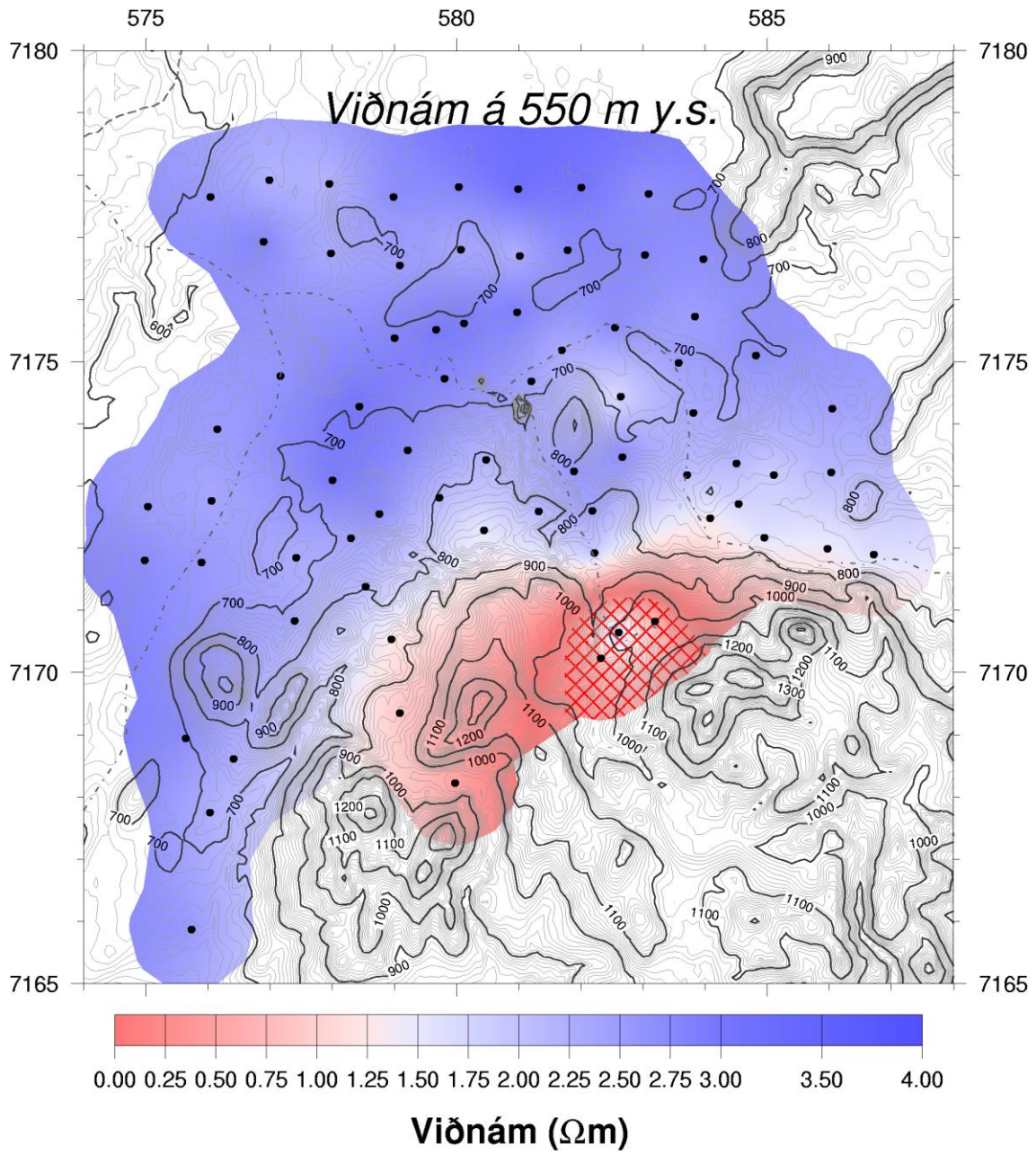
Í stuttu máli sýna jafnviðnámskortin norðurjaðar jarðhitakerfisins í Kerlingarfjöllum allt niður á 800–1000 metra dýpi.



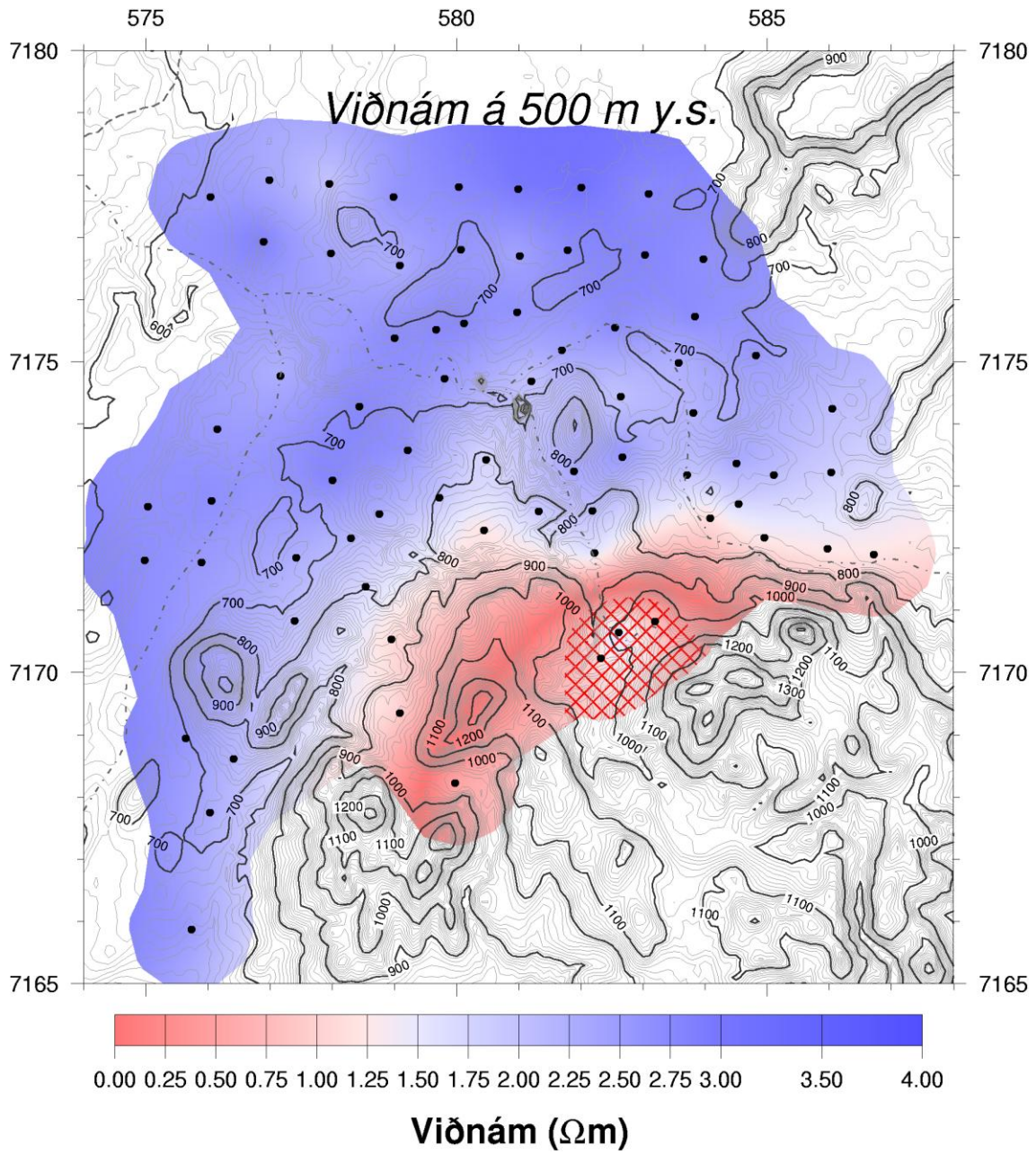
Mynd 20. Viðnám á 650 m y.s.



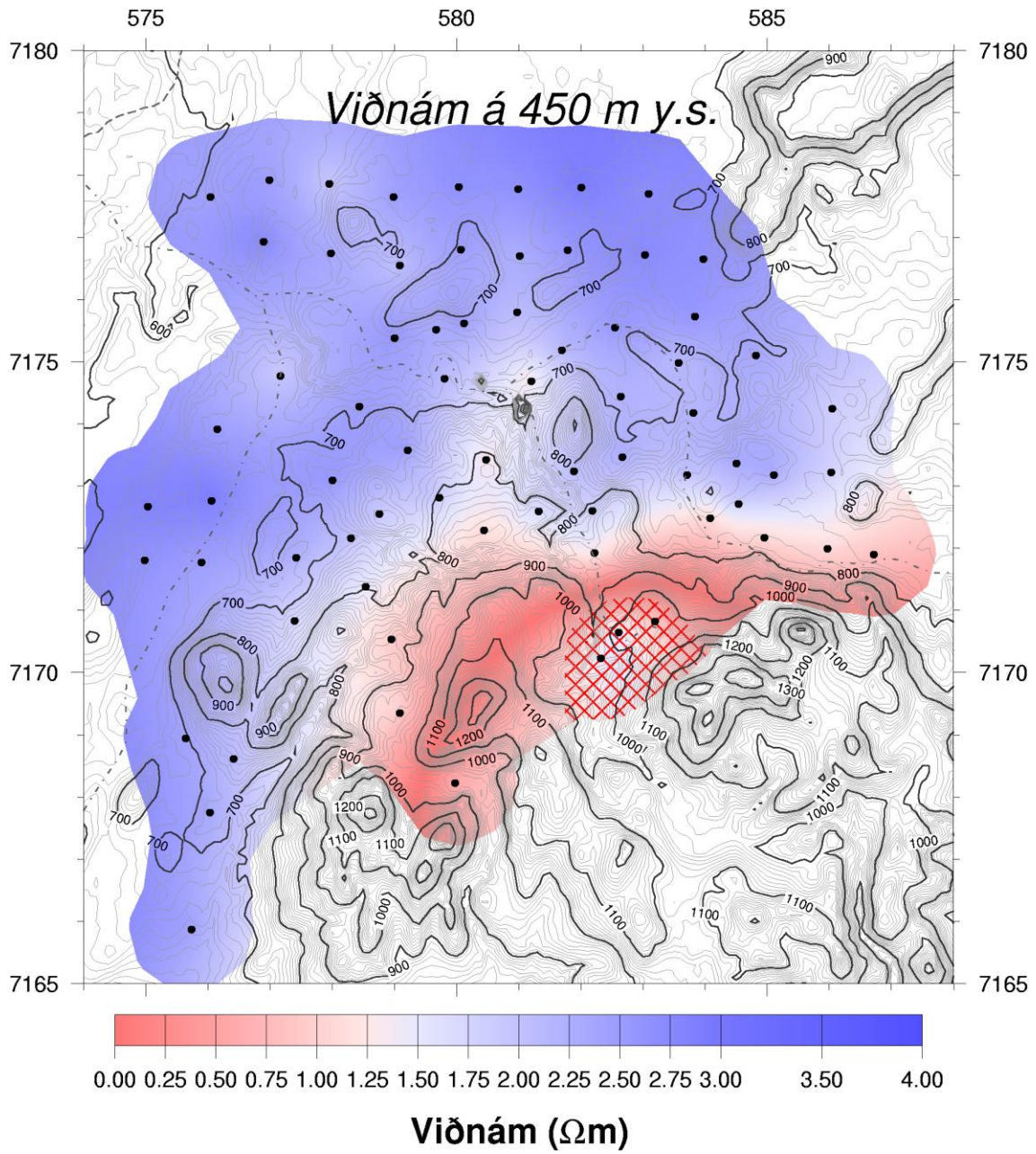
Mynd 21. Viðnám á 600 m y.s.



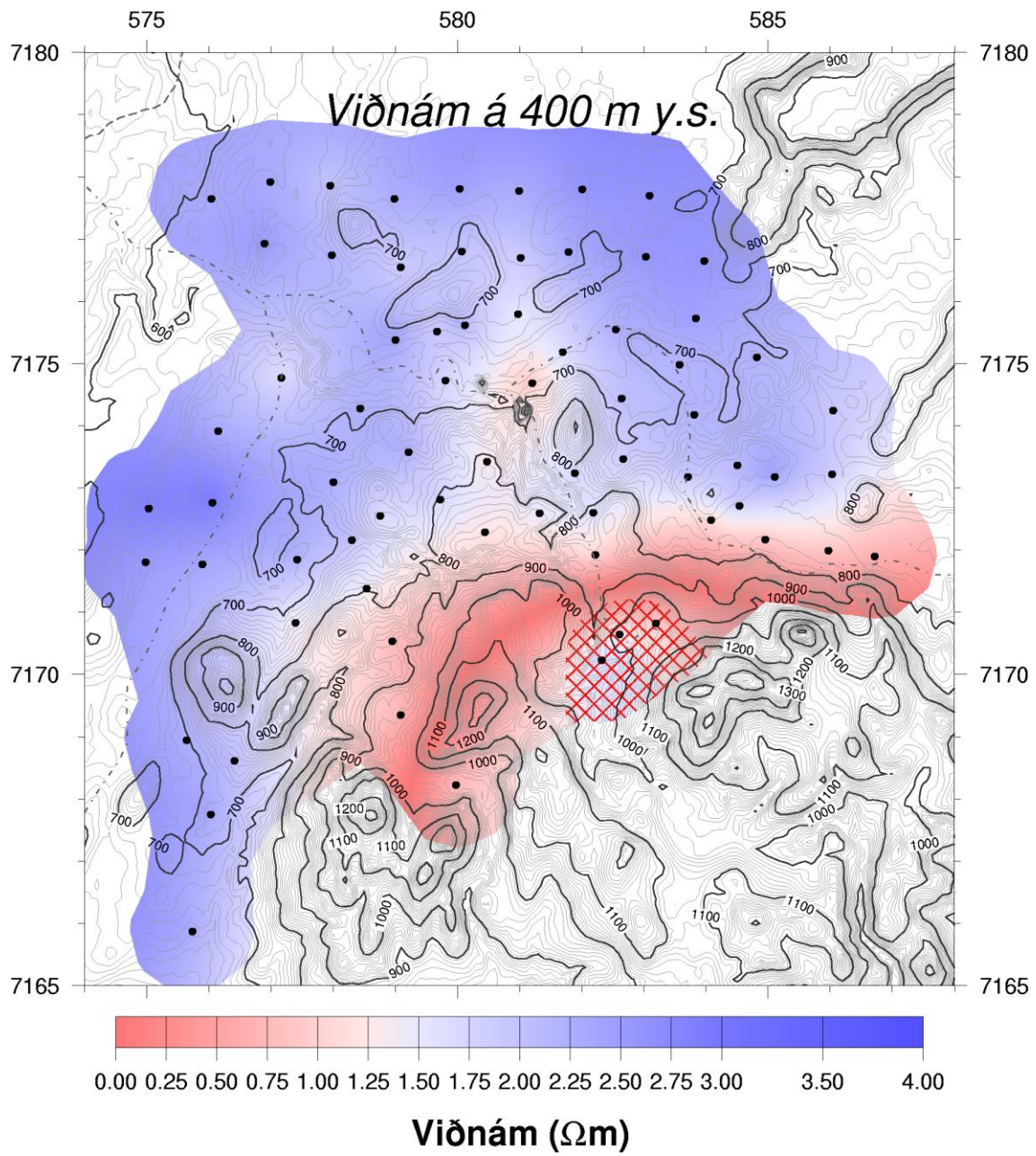
Mynd 22. Viðnám á 550 m y.s.



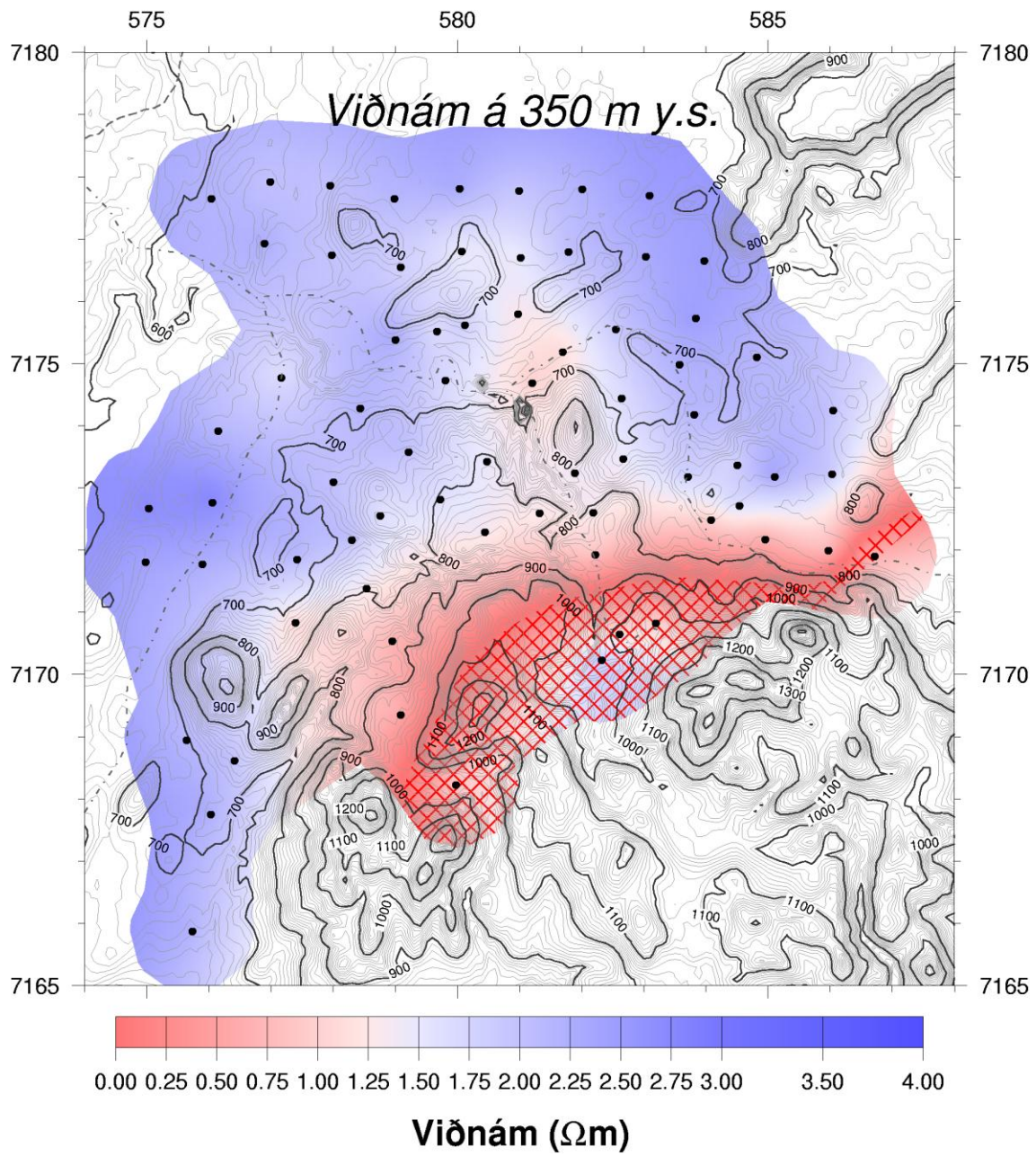
Mynd 23. Viðnám á 500 m y.s.



Mynd 24. Viðnám á 450 m y.s.

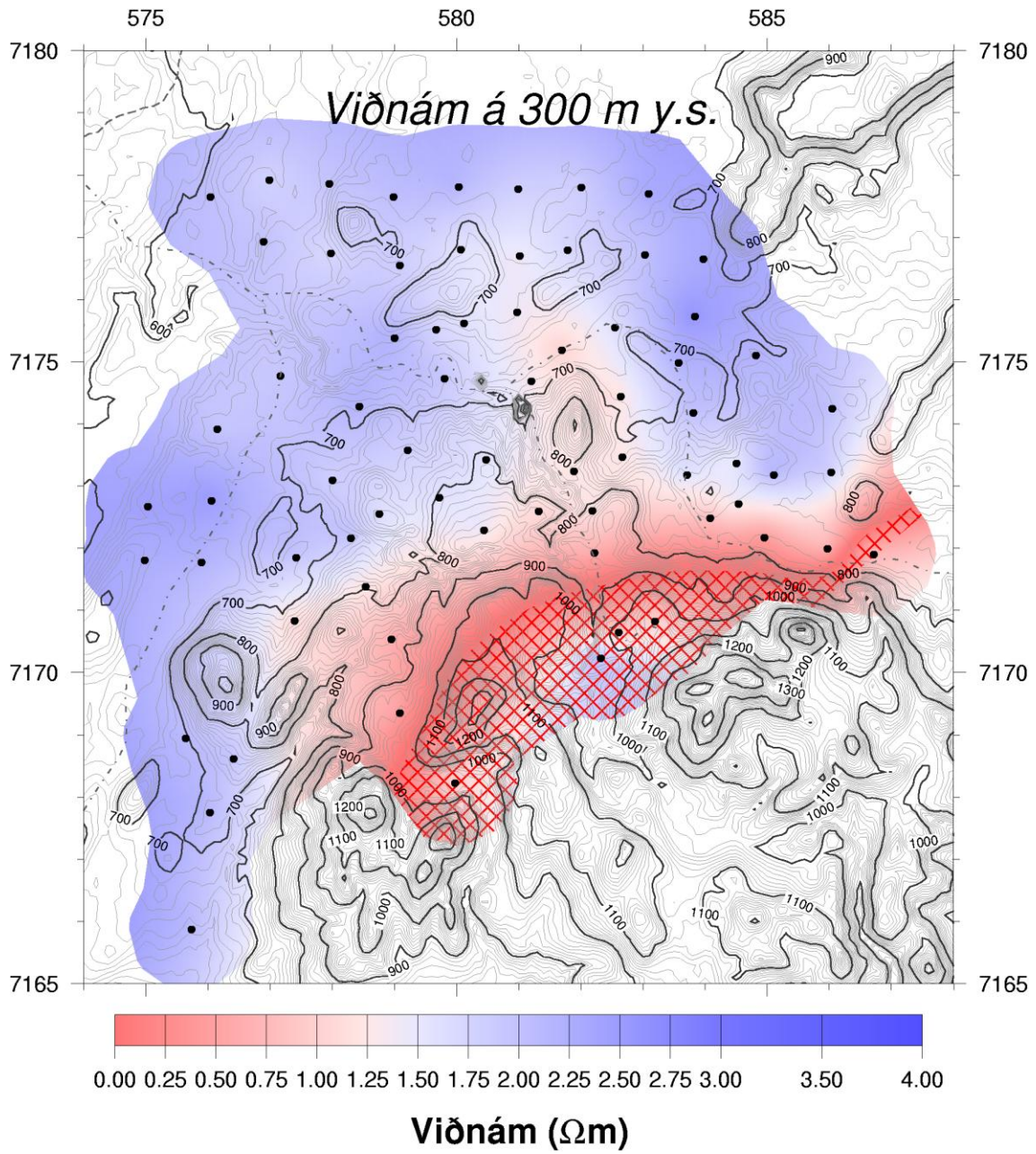


Mynd 25. Viðnám á 400 m y.s.

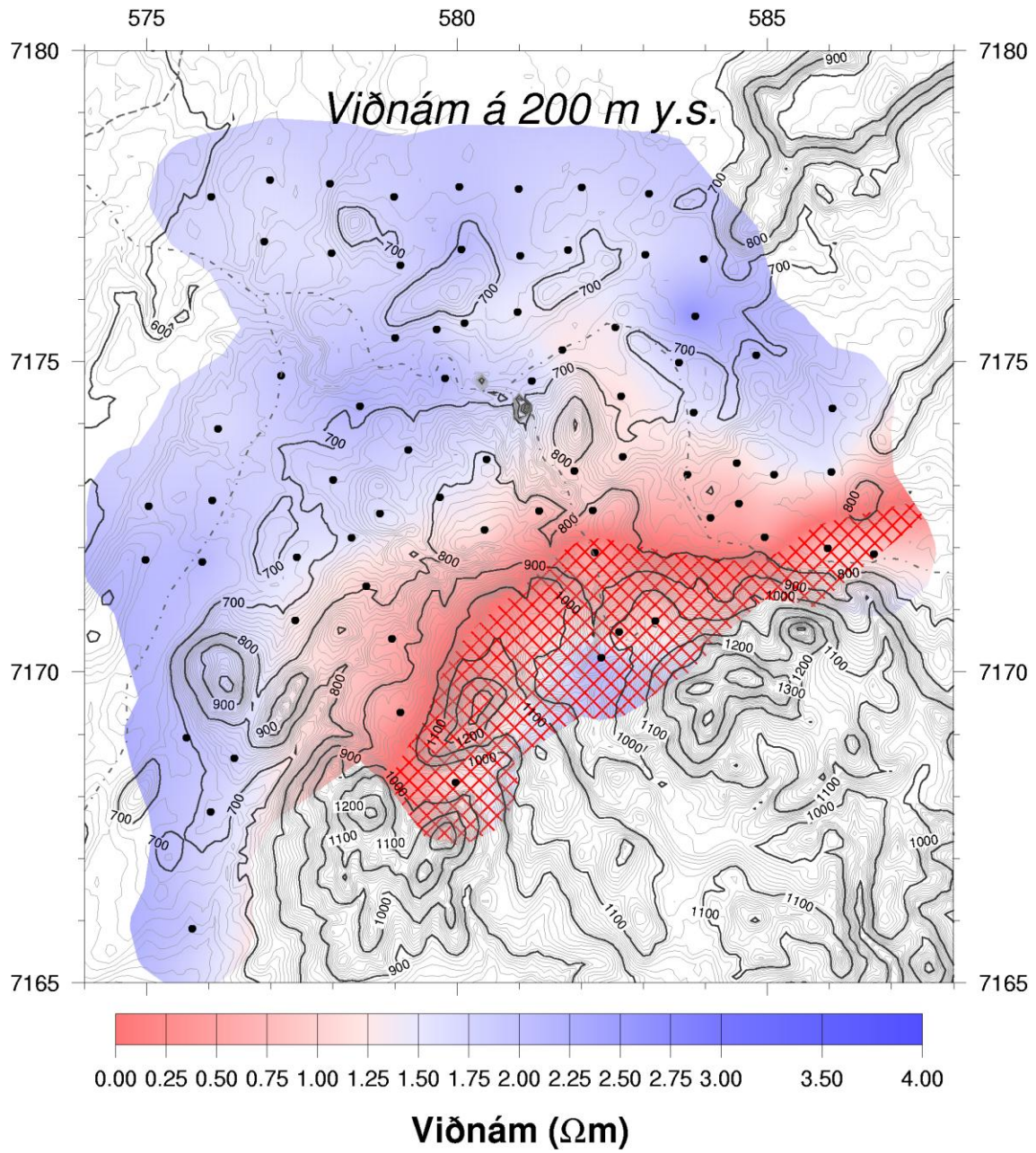


Mynd 26. Viðnám á 350 m y.s.

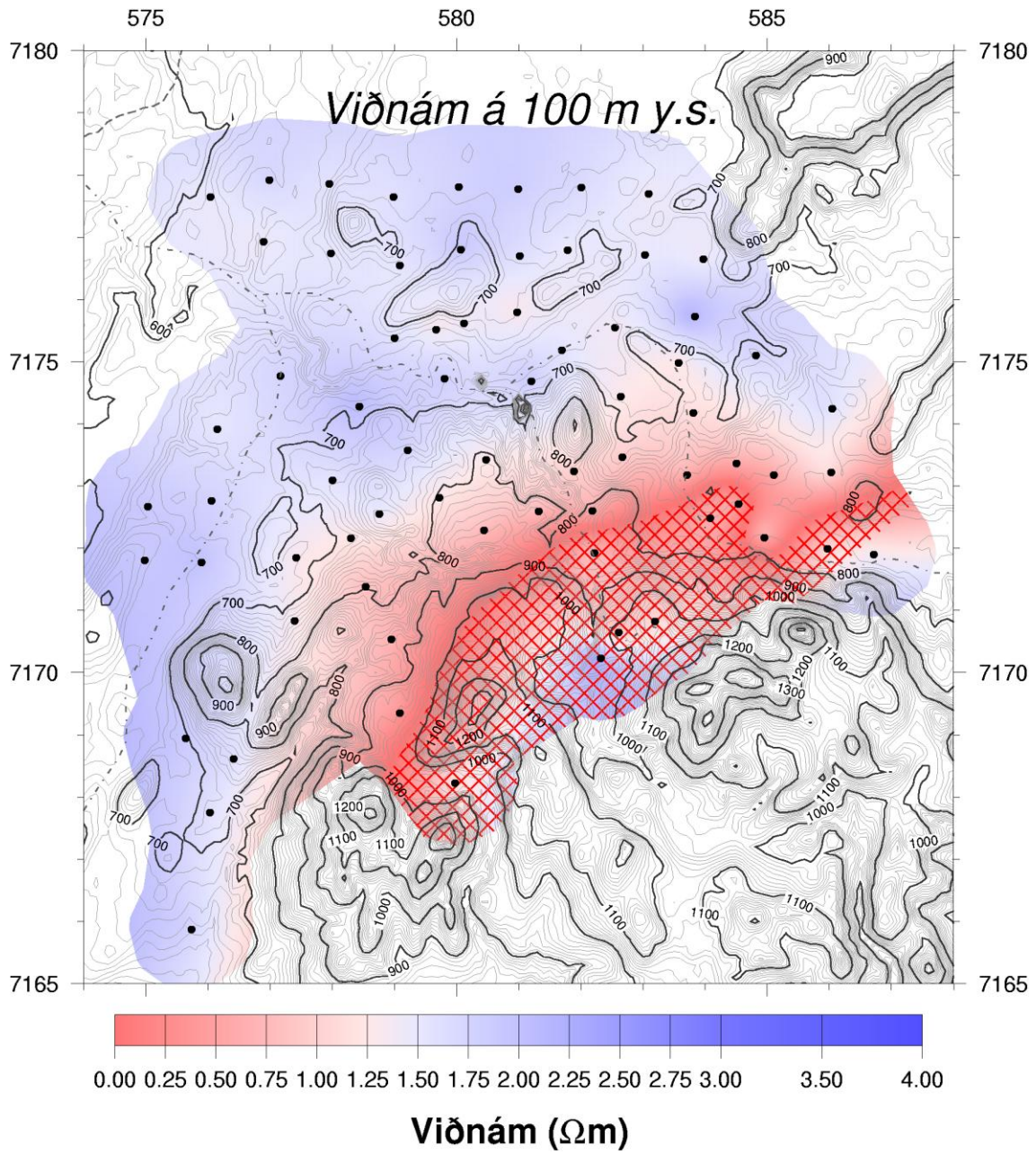




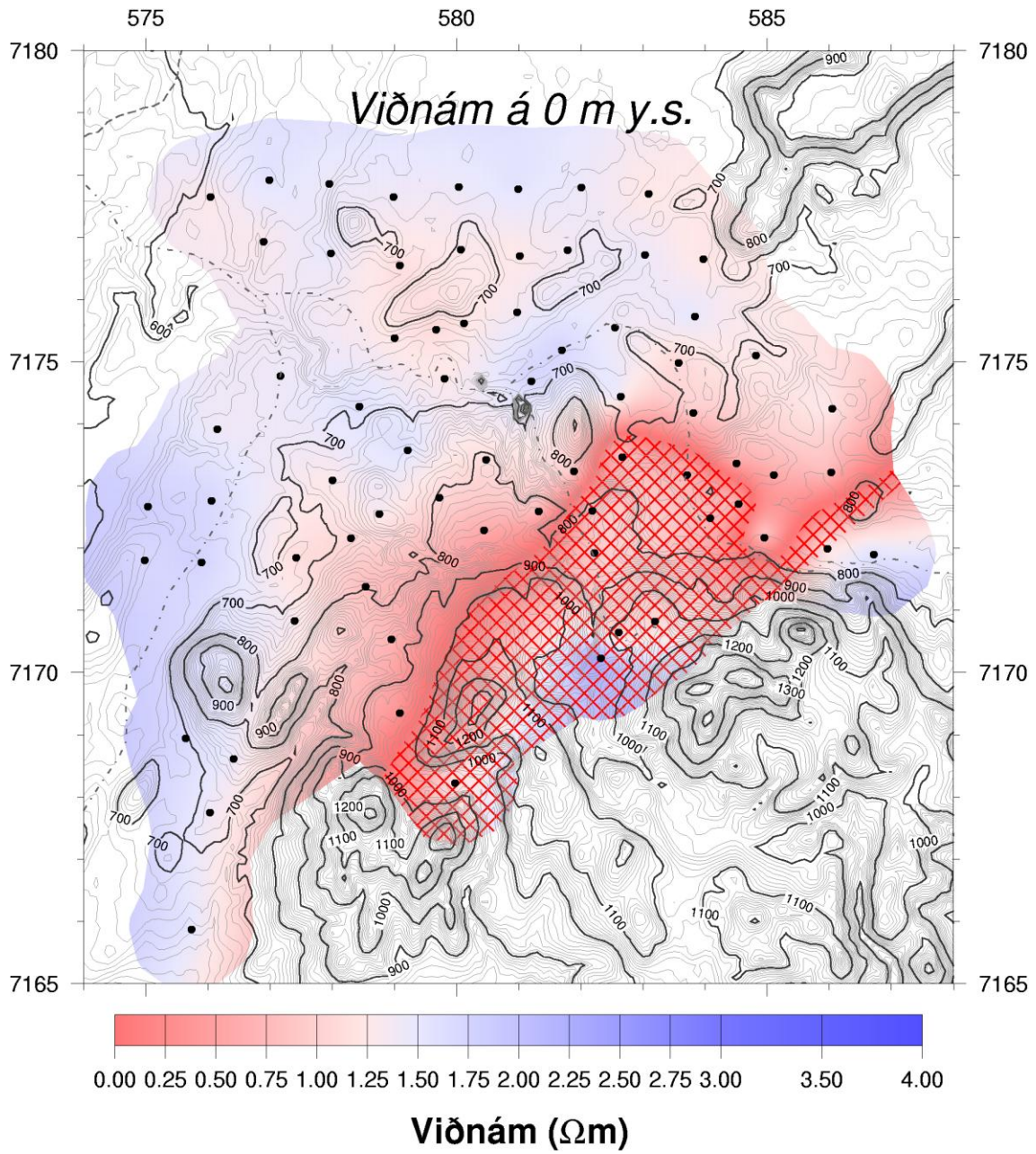
Mynd 27. Viðnám á 300 m y.s.



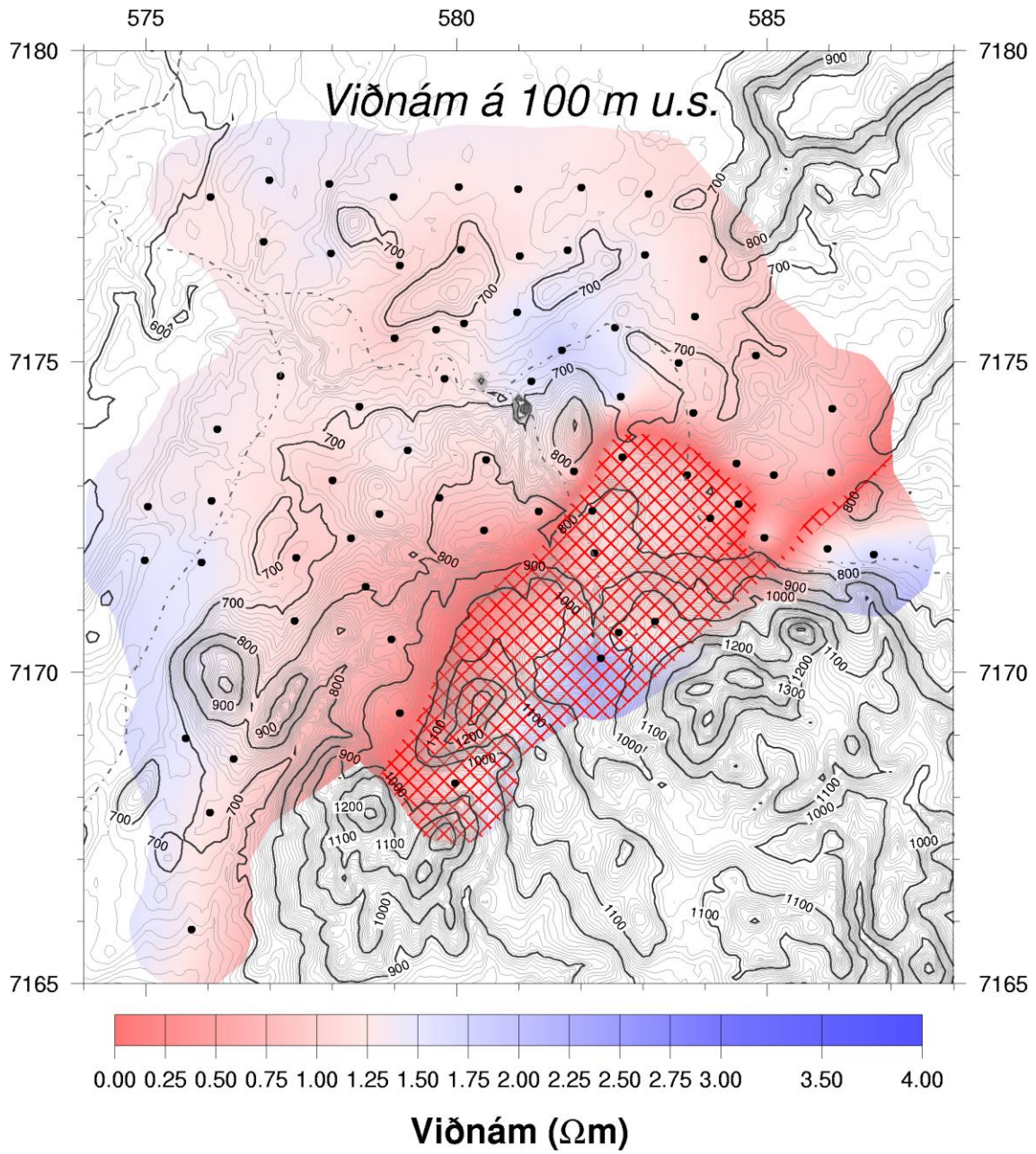
Mynd 28. Viðnám á 200 m y.s.



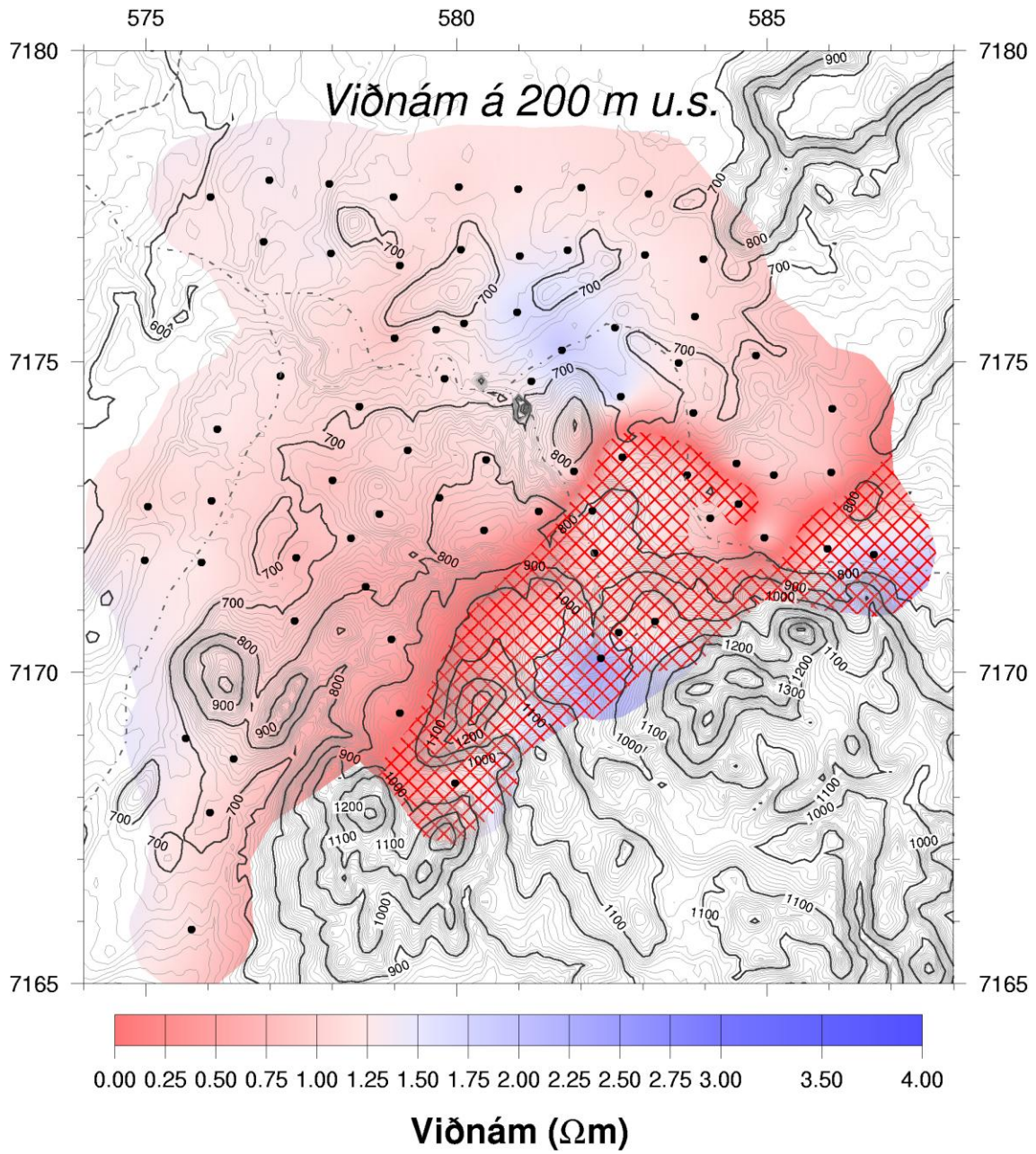
Mynd 29. Viðnám á 100 m y.s.



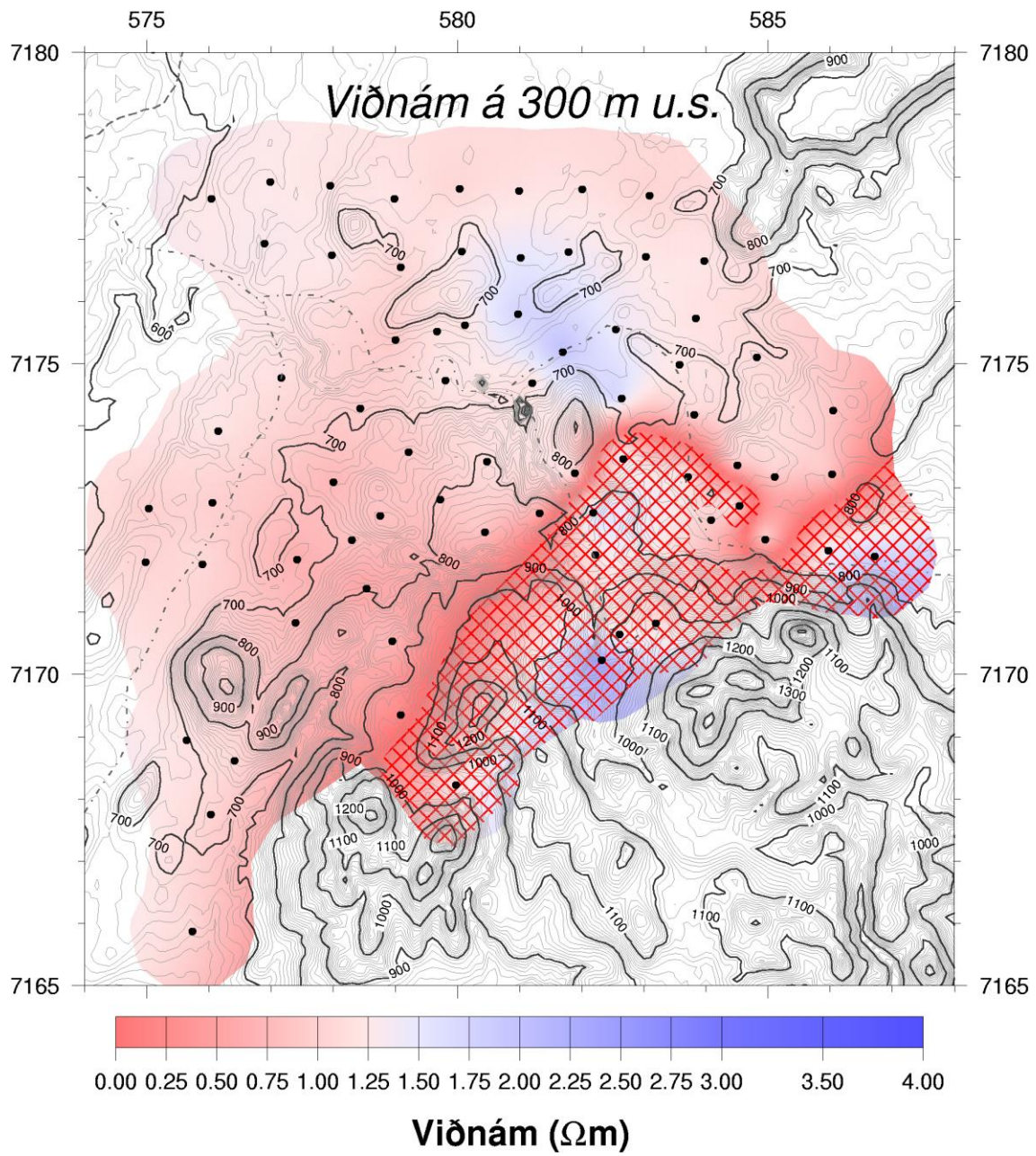
Mynd 30. Viðnám á 0 m y.s.



Mynd 31. Viðnám á 100 m u.s.



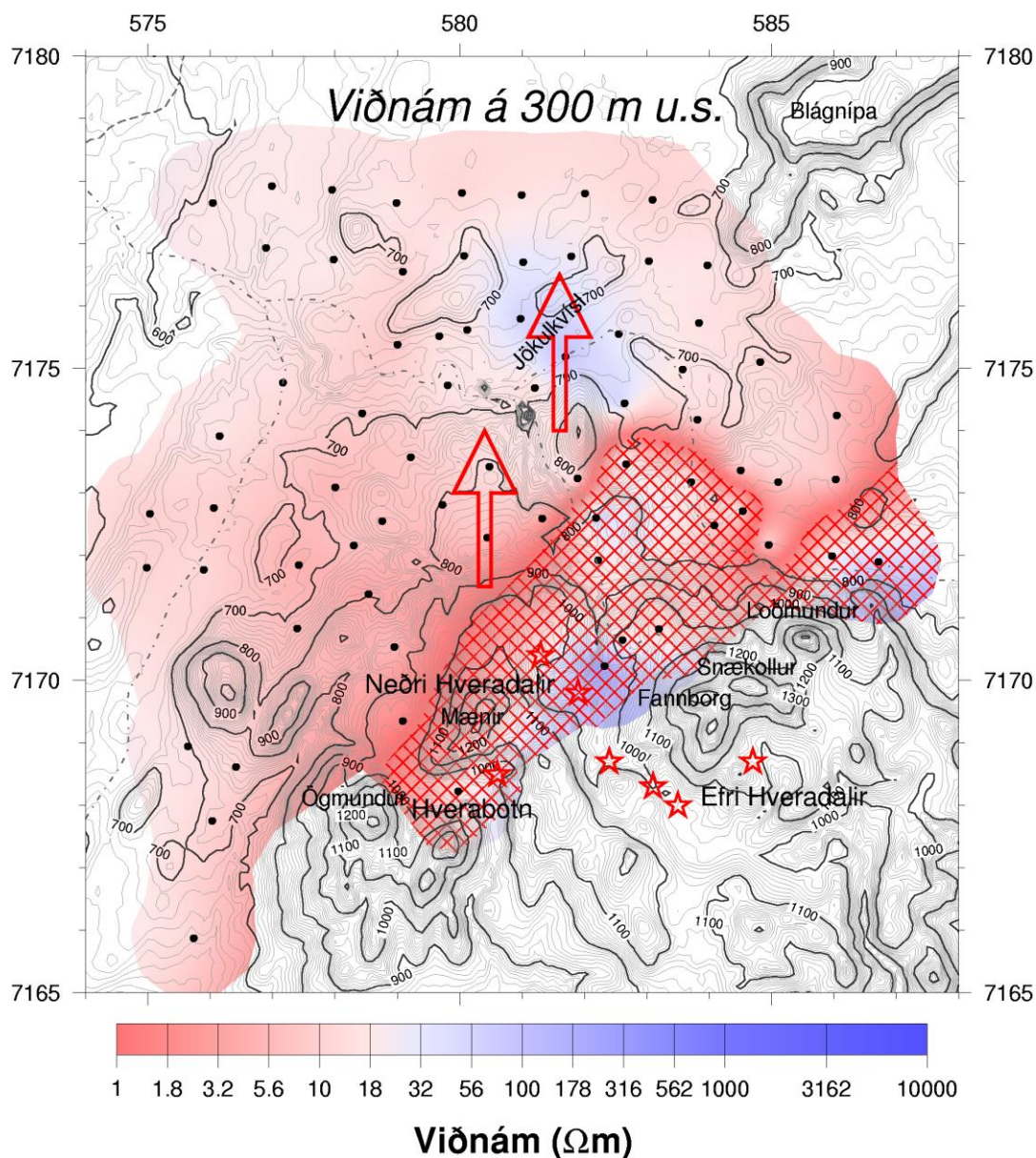
Mynd 32. Viðnám á 200 m u.s.



Mynd 33. Viðnám á 300 m u.s.

## 6 Samandregnar niðurstöður

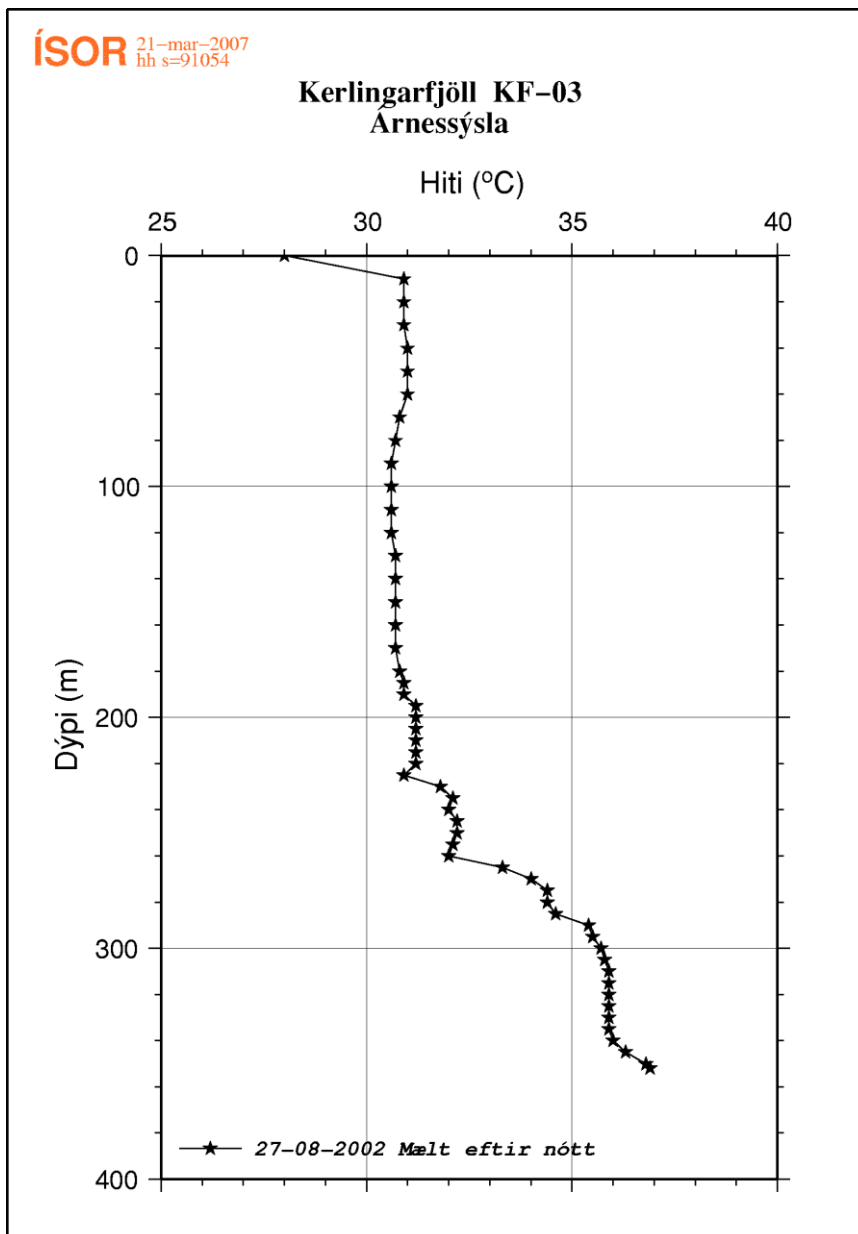
Ljóst er af túlkun viðnámsmælinganna að mælinetið nær aðeins yfir hluta jarðhitasvæðisins og afmarkar aðeins norður og vesturjaðar jarðhitakerfisins í Kerlingarfjöllum. Mælingarnar sjá einnig afrennsli til norðurs frá háhitakerfinu. Á mynd 34 sjást mörk háhitakerfisins (háviðnámskjarnans) í norður og vestur á 800–1000 metra dýpi svo og stefnu afrennslisins í norður. Jarðhitasvæðið er hins vegar galopið til suðurs og austurs. Það verður því ekki dvalið við miklar skýringar heldur sagt í stuttu máli frá helstu niðurstöðum og litið svo á að þetta sé aðeins byrjun á stærra verefni.



**Mynd 34.** Kerlingarfjöll. Háviðnámskjarninn markar útmörk jarðhitakerfisins á 300 m u.s. Örvonar sýna afrennslissvæðið til norðurs.



Borað var við Ásgarðsá skammt fyrir innan skíðaskálann árið 2002. Holurnar KF-03 og KF-04 eru hlið við hlið. Hitamæling er til úr KF-03 og fylgir með hér (mynd 35). Þar sést að holan fær vatn úr æðum á 220–340 metra dýpi. Ef þessi hitamæling er borin saman við niðurstöður viðnámsmælinganna sést að holan fær vatn úr lágviðnámslaginu sem túlkað hefur verið sem afrennslisflæði til norðurs frá fjöllunum. Hola KF-04 er vatnsgæfasta hola landsins í sjálfrennsli, en engin hitamæling er til úr henni.



Mynd 35. Hitamæling úr borholu KF03 við Ásgarðsá.

### Helstu niðurstöður eru:

- Rannsóknin sýnir afmarkaðan norður og vesturjaðar jarðhitakerfis í Kerlingarfjöllum og dæmigerð viðnámsmynd af háhitakerfi.
- Lágviðnámskápan nær upp undir yfirborð í mælingunum sem næstar eru yfirborðsjarðhitunum í Neðri Hveradölum og Hverabotnum og er hún þar í 800–900 metra hæð yfir sjó. Síðan dýpkar á hana til norðurs og vesturs. Dýpkun á lágviðnámskápuna er aflíðandi til vesturs og er hún á 200 m undir sjávarmáli vestan við Kerlingarfjöll. Til norðurs eru skilin skarpari, þar sem lágviðnámskápan hvelfist niður um það bil undir Keis og Hveradalahnjúki, en sést þó að þar fyrir norðan dýpkar rólegar á hana til norðurs.
- Mælingarnar þrjár norðan í Fannborg gætu markað hátopp jarðhitakerfisins, en að svo komnu máli er engin leið til að segja það með vissu.
- Háviðnámskjarninn sést í mælingunum uppi í Fjöllunum og teygir sig svo á nokkru dýpi til norðausturs.
- Á öllum viðnámskortum neðan 200 m y.s. sést í háviðnám sem hér er skilgreint er sem háviðnámskjarni í tveimur austustu mælingunum, á sléttunni norðaustan við Loðmund. Eins og minnst er á áður er ekki víst hvort jarðhitakerfið er opið í austur eða hvort þarna sér í afrennsli. Til þess að sjá það þarf fleiri mælingar.
- Lágviðnámslag á 300–500 metra dýpi teygir sig til norðurs frá jarðhitakerfinu. Hér er trúlega um heitt afrennslissvæði að ræða og er athyglisvert að sjá hversu vel það er afmarkað. Borhola við Ásgarðsá, sem er vatnsmesta hola landsins, fær vatn úr þessu afrennsli. Sjá mynd 35.
- Jarðhitasvæðið er galopið til suðurs og austurs hvað varðar upplýsingar um viðnám. Engin leið er að giska á hversu stórt jarðhitakerfið er þar sem þessar mælingar, sem hér er fjallað um sýna aðeins norður og vestur mörk þess. Engar mælingar eru í nálægð yfirborðshitans í Efri Hveradölum né heldur við jarðhitaummyndunina í Kisubotnagljúfrum. Lagt er til að verkinu verði haldið áfram og suðurhluti Kerlingarfjalla og nágrennis verði mældur með TEM-mælingum.
- Við frekari mælingar er hægt að nota sleða að vetri til að komast um svæðið sunnan og austan við Kerlingarfjöll. Þar sem Kerlingarfjöll eru mjög há og mjög skorin giljum, ekki síst vegna jarðhitans, er þó líklegt að nota þurfi þyrlu við sumar mælingar, þar sem við verður komið í Kerlingarfjöllum sjálfum.
- Þegar TEM-mælingum er lokið er hægt að sjá hvort æskilegt sé að kanna enn fremur viðnámsbyggingu Kerlingarfjalla með viðnámsmælingum sem skynja dýpra (MT-mælingum) til að fá betri vitneskju um jarðhitakerfið.

## 7 Heimildir

Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson, 2005. *Kerlingarfjöll. Könnun og kortlagning háhitasvæðisins*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2005/012. 60 s. + kort.

Knútur Árnason, Ragna Karlsdóttir, Hjálmar Eysteinnsson, Ólafur G. Flóvenz og Steinar Þór Guðlaugsson, 2000. *The resistivity structure of high-temperature geothermal systems in Iceland*. Erindi flutt á ráðstefnu IGA, World Geothermal Congress í Japan 2000. Birt í ráðstefnuriti.

Ólafur G. Flóvenz, Erik Spangenberg, Johannes Kulenkamff, Knútur Árnason, Ragna Karlsdóttir og Ernst Huenges, 2005. *The role of electrical interface conduction in geothermal exploration*. Erindi flutt á ráðstefnu IGA, World Geothermal Congress, í Tyrklandi 2005. Birt í ráðstefnuriti.

## **Viðauki 1: Mæliferlar og túlkun þeirra**

