

**Samantektarskýrslur og greinar um
Elliðársvæðið**

Jens Tómasson

Greinargerð JT-94-03

SAMANTEKTARSKÝRSLUR OG GREINAR UM ELLIÐAÁRSVÆÐIÐ

Ég hef tekið þátt í rannsóknum á Elliðaársvæðinu frá upphafi borunar vinnsluholna á svæðinu 1967 og var lengst af verkefnisstjóri þessara rannsókna.

Árið 1977 kom út skýrsla sem hét Höfuðborgarsvæðið, Jarðhitarannsóknir 1965-1973 (Jens Tómasson o.fl., 1977). Þessi skýrsla var samantektarskýrsla um jarðhitarannsóknir sem náðu langt út fyrir Elliðaársvæðið. Yfir mest svæði ná rannsóknir eins og jarðfræðikortlagning, viðnámsmælingar og hitastigulskort. Í þessari skýrslu voru birt flest gögn sem til voru um svæðið og reynt að túlka eðli svæðisins út frá þeim gögnum sem þá voru tiltæk og þeirri þekkingu sem höfundar höfðu um eðli jarðhitans á þeim tíma. Á árunum 1980-1984 voru boraðar fjórar vinnsluholur á Elliðaársvæðinu og voru rannsóknir á þessum holum í borun og eftir borun birtar í skýrslum um hverja holu.

Fylgst hefur verið með vinnslu svæðisins frá upphafi vinnslu 1968 af HR og JHD. Nú eru öll vinnslugögn geymd í gagnagrunni HR. Fyrsta skýrsla um vatnafræði var birt 1970 (Þorsteinn Thorsteinsson, 1970). Einnig var kafli um vatnafræði svæðisins í Höfuðborgarskýrslunni eftir Þorstein. Á árunum 1982 til 1983 komu út þrjár skýrslur á vegum HR um vatnafræði og vinnslu á Elliðaársvæðinu. Auk vatnafræðilegrar úttekta á svæðinu var gerð grein fyrir breytingum á hita og efnasamsetningu vatnsins sem dælt var úr svæðinu (Verkfræðistofan Vatnaskil hf., 1982 og 1983; Einar Gunnlaugsson, 1982). Elliðaársvæðið er eitt best rannsakaða lághitasvæðið á landinu og er mikið til af gögnum um svæðið í gagnagrunnum JHD og HR.

Árið 1988 kom út skýrsla um Elliðaársvæðið (Jens Tómasson, 1988). Þessi skýrsla var yfirlitskýrsla um allar rannsóknir sem gerðar hafa verið og auk þess hugmyndir höfundar um gerð og eðli þessa lághitasvæðis og skýrskotun um eðli lághitans almennt. Við ritun skýrslunnar var nær eingöngu stuðst við gögn sem þegar voru fyrir hendi, ekki reynt að safna nýjum gögnum. Þó var ein undantekning á því sú, að kortlagðar voru volgrur á Grafarvogssvæði, mældur hiti og áætlað rennsli í hverri volgru.

Helstu niðurstöður í þessari skýrslu var gerð nýs hugmyndalíkans af svæðinu um gerð og eðli svæðisins. Eldra líkan er birt í Höfuðborgarskýrslunni. Þar var jarðlögum skipt í 8 myndanir, en í Elliðaárskýrslunni var jarðlögum skipt í þrennt, efra og neðra basalt og móbergsmýndun á milli þeirra. Vatnsleiðurunum var einnig skipt í þrennt A-, B- og C-leiðara og tengt skiptingu jarðlaganna. Einnig var svæðinu skipt upp í undirsvæði með mismunandi eiginleika, eitt af þessum svæðum er vinnslusvæðið sem er með viðsnúin hitaferil og munar allt að 25°C á hámarkshita og hitanum fyrir neðan hitatoppinn.

Vatnið í heita toppnum kemur upp í norðaustri frá svæðinu og myndar heita tungu sem kólnar til suðvesturs. Þetta líkan lá fyrir í Höfuðborgarskýrslunni, hins vegar er nýja líkanið miklu betur útfært, teiknað hitasnið bæði lóðrétt og lárétt. Kemur þá fram í líkaninu hvar vatnið í heitu tungunni kemur upp og hvernig hitinn breytist til suðvesturs. Einnig er þetta tengt jarðfræðilegri byggingu svæðisins og kemur þá í ljós að heita tungan er að mestu bundin við móbergsmýndunina (B-leiðara). Einnig voru gerð nokkur þversnið þvert á Norðaustur-suðvestur

sniðið og eitt þeirra náði frá Laugarnessvæðinu gegnum Elliðaársvæðið og í 350 m djúpa holu um 2 km suðaustur frá Elliðaársvæðinu. Í þessu sniði kemur fram að kalt vatn er í efstu jarðlögnum suðaustur af Elliðaársvæðinu og nær það a.m.k. niður á um 350 m um 2 km frá svæðinu. Einnig kemur fram að hitinn fyrir 1200 m (neðan við hitatoppinn) hækkar til norðvesturs um 70°C frá austustu holunni á Elliðaársvæðinu til Laugarnessvæðisins, þar af um 30°C þegar farið er í gegnum Elliðaársvæðið.

Í Elliðaárskýrslunni var komist að þeirri niðurstöðu að á Elliðaár- og Laugarnessvæðinu væri varmanám. Með því að bera saman framlengdan hitaferil frá djúpu holunni á Akranesi við hitaferla frá Laugarnesi og Elliðaársvæðinu sést að hitinn í efri hluta holnanna á jarðhitasvæðinu er hærri en í Akranesholunni, en aftur á móti er hitinn í neðri hluta holnanna mun minni en í Akranes hitaferlinum. Vex þessi munur með vaxandi dýpi. Einnig er þessi munur meiri í austurholunni á Elliðaársvæðinu en á Laugarnessvæðinu. Þetta er það sama og kemur fram í hitaþversniðum frá norðvestri til suðausturs, þ.e. hitinn lækkar til suðausturs, þ.e. varmanám vex í sömu átt. Í Elliðaárskýrslunni var sett fram aðferð, hvernig mætti reikna út hlutfallslega kólnun og hitnun miðað við einhvern gefinn viðmiðunar hitastigul (conductive gradient). Þetta kallaði ég ΔT og er pósitívt ef hitinn í viðkomandi holu er hærri en viðmiðunar hitastigull en negatívt ef hitinn í holu er lægri. Þetta var reiknað úr fyrir tvo hitaferla og fjóra viðmiðunar hitastigla. Kólnunin verður þeim mun meiri eftir því sem hærri viðmiðunar hitastigull er valinn, einnig kemur það sama fram eins og áður var sagt um samanburð hitaferlanna frá Laugarnesi og Elliðaársvæðinu við framlengdan hitaferil frá Akranesi.

Reynt var að skýra það hvers vegna varmanámið eykst til suðausturs frá Laugarnessvæðinu til suðaustustu holna á Elliðaársvæðinu. Skýringin var sú að því lengri leið sem vatnið hefði farið því minna varmanám yrði inni í jarðhitasvæðinu vegna þess að vatnið væri því heitara því lengri leið sem það hefði farið áður en það kæmi inn á jarðhitasvæðið og samkvæmt ísótópum hefur vatnið á Laugarnessvæðinu farið lengst. Einnig var reynt að gera sér grein fyrir því hvort jarðhitasvæðin hafi alltaf verið kaldari en viðmiðunar hitastigull eða hvort það hafi kólnað. Ummyndun á jarðhitasvæðunum sýnir að þau hafa einhvern tíma verið mun heitari en sá hiti sem nú mælist eða um eða yfir 250°C. Ekki er hægt að segja hvenær jarðhitasvæðin hafi kólnað, en líklegast er að þessi kólnun sé bundin landrekinu. Því gæti kólnunin verið 1-2 miljón ára gömul.

Annar aðalþáttur skýrslunnar var að gera grein fyrir viðbrögðum svæðisins við vinnslu. Áður hafði verið gerð grein fyrir vatnafræði svæðisins (Þorsteinn Thorsteinsson 1970; Jens Tómasson o.fl. 1987; Verkfræðistofan Vatnaskil hf 1982 og 1983). Í skýrslum Vatnaskila kom fram, að það hafði orðið mikil kólnun á vatninu sem dælt var úr svæðinu frá upphafi vinnslu. Í skýrslu Vatnaskila var gerð grein fyrir hvernig vatnið í hverri holu kólnaði með tíma og gert ráð fyrir því að kólnun stafaði af írennsli af kaldara vatni og þá einkum frá kaldara vatni í efsta hluta svæðisins sem síðist niður í jarðhitageyminn við aukinn niðurdrátt á svæðinu. Þessi hugmynd um írennsli af kaldara vatni passaði vel við vatnafræðilega hegðun svæðisins, einnig sýndi Einar Gunnlaugsson (1982) fram á að efnabreytingar sem orðið hefðu á svæðinu gætu stafað af írennsli kaldara vatns inn á svæðið.

Þó að þetta líkan væri rétt og kælingin stafaði af írennsli kaldara vatns inn á svæðið, þá var til mjög mikið af gögnum sem gætu skýrt betur eðli og gang þessa írennslis en gert var í þessum skýrslum. Þessi gögn eru jarðfræðileg hitadreifing á svæðinu, t.d. jarðhitalíkanið sem skýrt hefur verið hér á undan. Einnig er til mikið magn af hitamælingum, sem geta skýrt gang og

eðli kólnunarinnar. Mikilvægasta skýringin á kólnuninni á svæðinu er sú, að á svæðinu eru tvö vatnskerfi, þ.e. jarðhitakerfið og kalt grunnvatnskerfi sem nær inn á jarðhitasvæðið í efstu jarðlagamynduninni, efra basaltinu, en er þar nokkurra tuga metra þykkt en þykkar síðan til suðausturs og í 6-8 km fjarlægð frá svæðinu er kalda vatnslinsan orðin um 1000 m þykk. Kalda grunnvatnskerfið er því óendanlega stórt í samanburði við jarðhitakerfið. Því verður þrýstihækkun í þeim vatnsleiðurum sem eru að kólna. Þessi þrýstihækkun á kólnandi vatnsleiðurum veldur niðurrennsli í holum frá kólnandi vatnsleiðara niður í leiðara sem ekki hafa orðið fyrir kólnun.

Niðurrennslið í holunum var nær engöngu frá efstu vatnsleiðurum (A-leiðararnir) sem eru í lítið ummynduðu bergi í efra basaltinu. Það er því mjög líklegt að það írennsli af vatni frá kólnandi A-leiðurum niður í neðri leiðara í gegnum bergið sé líkt og í holunum nema það er mörgum sinnum hægara en í holunum. Þetta er sams konar írennsli og Vatnaskil (1982) lögðu til að skýra kólnunina á svæðinu. Ef athugaðar eru hitamælingar sést að ekki verður öll kólnunin á svæðinu skýrð með þessu líkani. Í Elliðaárskýrslunni var gert ráð fyrir því að kólnunin ætti sér tvennar orsakir, þ.e. írennsli frá efri hluta jarðefnageymisins til neðri hluta geymisins eins og lýst var hér að ofan og kólnun sem stafaði af því að kaldara vatn kæmi inn frá hlið og jafnframt gæti verið um hitaútfjöfnun í heitu tungunni að ræða, einkum til að byrja með. Í rauninni var um eina orsök að ræða í báðum tilfellum, þ.e. írennsli af köldu vatni inn á jarðhitasvæðið í stað þess vatns sem dælt er upp úr því. Vatnið hitnar af heitu bergi sem það fer um, jafnframt sem það kælir bergið. Kalda vatnið sem kemur frá hlið er frá megin kalda grunnvatnskerfinu, sem er fyrir austan og sunnan jarðhitasvæðið.

Á árinu 1993 birtist í tímaritinu Geothermics grein (Jens Tómasson, 1993) Greinin er að mestu efnislega það sama og Elliðaárskýrslan, en ýmsu þurfti þó að breyta. Stytta þurfti verulega það sem skrifað var í Elliðaárskýrslunni og fella niður eitthvað af efni sem þar var. Þá var reynt að fella niður það efni sem hafði minnsta almenna skýrskotun um eðli jarðhitasvæða almennt.

Bætt var í greinina gögnum em hafði verið safnað um svæðið frá 1987 til 1992, þá einkum nýjum hitamælingum og gögnum um vinnsluna. Þar sem greinin var skrifuð á ensku fyrir erlenda lesendur þurfti að kynna lesendum staðsetningu svæðisins og var því bætt inn staðsetningu sem sýndi hvar á landinu svæðið væri og í hvers jarðfræðilegu umhverfi, t.d. teiknað inn lega Krýsuvíkur sprungusveimsins og gosbeltisins.

Efnislega voru engar breytingar gerðar frá fyrri hluta skýrslunnar, þ.e. þegar fjallað er um gerð svæðisins, varmanám o.fl. til greinarinnar (Jens Tómasson, 1993) nema felldur var niður kaflinn um ΔT í endanlegu útgáfunni vegna þess að yfirlesarar töldu að það væri efni sem ætti að vera í sérstakri grein sem aðferðarfræði en ekki inni í yfirlitsgrein um Elliðaársvæðið. Þýðing Krýsuvíkur sprungusveimsins til skilnings á jarðhitalíkani Elliðaársvæðisins eitthvað aukinn, t.d. skilningur á gangi varmanámsins í Krýsuvíkur sprungusveimnum og var vitnað í grein okkar Hjálta Franzsonar (Jens Tómasson og Hjalti Franzson, 1992) um ummyndun í borholum í Krýsuvíkur sprungusveimnum.

Í kaflanum um breytingar sem orðið hafa á svæðinu við vinnslu urðu nokkrar breytingar, vegna nýrra gagna sem aflað var frá ritun Elliðaárskýrslunnar til ritunar greinarinnar 1993. Þó eru megin niðurstöðurnar þær sömu, að orsakir kólnunarinnar séu vegna þess að kalt vatn kemur inn á svæðið í stað jarðhitavatsins sem dælt er úr svæðinu. Nýjar hitamælingar leiddu í ljós að kælingin frá hlið fer sennilega í gegnum sprungu(r) sem er nærri hornrétt á ríkjandi

sprungustefnu norðvestur til suðausturs. Einnig sýndu hitamælingar og rennslismælingar í holu að það hafði orðir þrýstiaukning í vatnsleiðaranum sem hafði kólnað mest og valdið niðurrennsli í holunni og með því að bera saman nýjar mælingar var hægt að leiða líkur að því að þessi leiðari hefði verið í þrýstisambandi við kalda grunnvatnskerfið frá því að borun holunnar lauk. Það er því sama hvernig kalda vatnið kemur inn á svæðið, það veldur alltaf þrýstiaukningu í kólnandi vatnsæðum og því mun kalt vatn smám saman leita dýpra niður í jarðhitakerfið með tímanum hvort sem kalda vatnið kemur lóðrétt eða lárétt inn á svæðið. Þessar breytingar um þýðingu sprunguleiðni fyrir kælingunni og rök fyrir tilvist slíkrar sprungu hafa birst á Íslensku (Jens Tómasson 1992). Þessi grein var útdráttur úr ensku greininni eins og hún var þá. Einnig var þar staðsetningarkort með Krýsuvíkur sprungusveimnum. Það má því segja að allt meginefni og hugmyndir í greininni (Jens Tómasson, 1993) hafi verið birt á íslensku. Hins vegar er ekki búið að birta allt á ensku sem skrifað var í Elliðaárskýrslunni og sumt af því verður aldrei birt á ensku eins og ýmsar tillögur til Hitaveitu Reykjavíkur um frekari rannsóknir og boranir á Elliðaársvæðinu og næsta nágrenni.

HEIMILDASKRÁ

- Einar Gunnlaugsson, 1982. Efnagreiningar vatns á Elliðaársvæði. Greinargerð aftan við skýrslu Verkfræðistofunnar Vatnaskila hf, 1982, 22 s.
- Jens Tómasson. 1988. Elliðaársvæðið. Uppruni og eðli jarðhitans. Orkustofnun OS-88027/JHD-03, 67 s.
- Jens Tómasson, 1991. Elliðaársvæðið, eðli og viðbrögð svæðisins við vinnslu. Orkuþing '91. Erindi á Orkuþingi 1991, 14.-15. nóvember 1991, 613-622.
- Jens Tómasson, 1993. The nature of the Elliðaár geothermal area in SW-Iceland. Geothermics, Vol. 22, no.4, 329-348.
- Jens Tómasson, Þorsteinn Thorsteinsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Ingvar Birgir Friðleifsson, 1977. Höfuðborgarsvæðið, jarðhitarannsóknir 1965-1973. Orkustofnun, OS-JHD-7703, 109 s.
- Jens Tómasson og Hjalti Franzson, 1992. Alteration and temperature distribution within and at the margin of the volcanic zone on the Reykjanes peninsula, SW-Iceland. In Proceedings of the 7th International Water-rock Interaction Symposium, Park City, Utah, U.S.A., 1467-1469.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf., 1982. Elliðaársvæðið, Áhrif vinnslu á orkuforða, 65 s. Unnið fyrir HR.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf., 1983. Elliðaársvæðið. Úrvinnsla vatnsborðs- og hitamælinga, 55 s. Unnið fyrir HR
- Þorsteinn Thorsteinsson, 1970. Vatnsstöðumælingar í borholum við Elliðaár 1969-1970. Orkustofnun, JHD og Hitaveita Reykjavíkur.