

Staðsetning rannsóknarholu við Þeistareyki

**Bjarni Gautason, Halldór Ármannsson, Knútur Árnason,
Kristján Sæmundsson, Ólafur G. Flóvenz, Sverrir Þórhallsson**

Greinargerð BG-HÁ-KÁ-KS-ÓGF-SP-2000/03

Staðsetning rannsóknarholu við Þeistareyki

1. INNGANGUR

Að beiðni Orkuveitu Húsavíkur er í þessari greinargerð farið yfir bestu kostina í áframhaldandi rannsóknum á háhitasvæðinu við Þeistareyki. Fyrst er farið yfir stöðu rannsókna með áherslu á þær niðurstöður sem fengist hafa á undanförunum 3 til 4 árum, en eins og kunnugt er lauk fyrsta þætti yfirborðsrannsókna með útkomu skýrslunnar "Þeistareykir: Yfirborðsrannsóknir á háhitasvæðinu" eftir Gest Gíslason o.fl. árið 1984. Síðan er dregin upp mynd af ferlinu frá fyrstu rannsóknum á háhitasvæði til endanlegrar virkjunar og nýtingar og núverandi átak staðsett á þessu ferli. Þá er gerð væntanlegrar holu lýst ýtarlega og að lokum er farið yfir kostina í staðsetningu hennar.

2. YFIRBORÐSRANNSÓKNIR VIÐ ÞEISTAREYKI

Á árunum 1981 og 1982 fóru fram viðamiklar yfirborðsrannsóknir á háhitasvæðinu við Þeistareyki. Fjallað er um þær og niðurstöður þeirra í ýtarlegri skýrslu Orkustofnunar frá 1984 (Gestur Gíslason o.fl. 1984). Eftir útkomu þeirrar skýrslu hefur verið fylgst með reglulega breytingum í samsetningu gass í gufuaugum (sjá 2.1). Einnig hefur verið fylgst með smáskjálftavirkni á Þeistareykjasvæðinu og er það þáttur í stærra verkefni sem miðar að uppsetningu jarðskjálftamælanets í gosbeltinu á norðausturland (Kristín Vogfjörð 2000).

2.1 BREYTINGAR Í GASHITA

Við yfirborðsrannsóknir á háhitasvæðinu á Þeistareykjum 1981 – 1982 var safnað gassýnum úr 34 gufuaugum, þar af bæði árin á 4 stöðum. Fullkomin sýni til mats á gashita fengust á 29 stöðum. Meðaltalsgildi fyrir fimm gerðir gashita (CO_2 -hita, H_2S -hita, H_2 -hita, CO_2 - H_2 -hita og H_2S - H_2 -hita, Arnórsson and Gunnlaugsson 1985) reyndist á bilinu 232°C til 315°C , en gashlutfallahiti D' Amore and Panichi (1980) gaf hærri gildi eða 261°C - 375°C og voru þau ekki talin raunhæf. (Gestur Gíslason o.fl. 1984). Fyrsta túlkun benti til hámarkshita á tveimur stöðum, þ.e. undir Ketilfjalli og við Tjarnarás. Samtúlkun með gögnum um stöðugar samsætur sem síðar var gerð benti til þess að gufa við Tjarnarás þéttist að e-u marki á leið sinni til yfirborðs og að gashitamælar gætu sýnt þar of háan hita. Hins vegar var komist að þeirri niðurstöðu að bæði á Þeistareykjagrundum í nágrenni skálans og undir Ketilfjalli gæti verið a.m.k. 280°C vökvi og engin þétting í uppstreymisrásum (Darling and Ármannsson 1989). Árið 1991 var ákveðið að fylgjast með hugsanlegum breytingum á svæðinu vegna verkefnisins "Eðlis háhitasvæða" og síðar athugana á óvirkjuðum svæðum vegna verkefnis um "Umhverfisáhrif jarðhitanytingar", var svæðinu skipt niður í 5 undirsvæði, A-E. (Halldór Ármannsson 1991). Eins og fram kemur í töflu 1 eru svæði þau, sem að framan eru talin, svæði A, C og D og voru þau frá upphafi efnilegust. Var ákveðið að safna einu sýni til efnagreininga úr einu auga á hverju þessara svæða í hvert skipti sem eftirlitsferð væri farin. Athuganir á yfirborðsjarðhita hafa bent til að hann hafi minnkað á svæði D og í töflu 1 kemur og fram að gashiti hefur lækkað í gufuanga því sem safnað var úr á því undirsvæði.

Tafla 1. Skipting Þeistareykja í undirsvæði og meðaltalsgashiti í eftirlitsaugum

Undirsvæði	A	B	C	D	E
Staðsetning	Ketilfjall	Bóndhóls- skarð	Þeistareykja- grundir	Tjarnarás	Þeistareykja- hraun, vestast á svæði
Gufuauga nr.	G-3		G-1	G-6	
Meðalgashiti 1981-1982	272		271	309	
Meðalgashiti 1991-1995	288		278	271	

Í upphaflegu skýrslunni (Gestur Gíslason o.fl. 1984) var rannsóknarholu valinn staður á sunnanverðum Tjarnarási (svæði D) en í ljósi framangreindra síðari upplýsinga er ekki víst að það sé heppilegasta staðsetningin. Mætti bæði staðsetja holu á Þeistareykjagrundum (svæði C), nálægt skálanum eða undir Ketilfjalli (svæði A), í 700 til 100 m fjarlægð í NV til VNV frá skálanum.

2.2 VIÐNÁMSMÆLINGAR

Á árunum 1972, 1973, 1982 og 1983 voru gerðar alls 53 Schlumberger viðnámsmælingar á jarðhitasvæðinu við Þeistareyki. Niðurstöður mælinganna, sem birtar voru í skýrslu árið 1984 (Gestur Gíslason o.fl., 1984), sýndu allvíðáttumikið viðnámsfrávik með lágu viðnámi og hækkandi viðnám neðan lágviðnáms. Grynnt er á lágt viðnám norðan Bæjarfjalls, á svæði sem takmarkast í grófum dráttum af hugsaðri línu úr NA-verðu Bæjarfjalli, norður austan við Ketilfjall, vestur í Þeistareykjahraun við Stóra hver og þaðan til SA í SV-vert Bæjarfjall. Þegar dýpra kemur, stækkar lágviðnámssvæðið til NV, allt að Mælifelli í vestri og jafnframt kemur fram herra viðnám undir lágviðnámi norðan Bæjarfjalls.

Á þeim árum sem ofanefnd skýrsla kom út, var mönnum ekki ljóst hvað hækkandi viðnám neðan lágviðnáms þýddi. Seinna var sýnt fram á að lágviðnám kemur fram þar sem smektíf er ráðandi ummyndunarsteind og að eðlisviðnám hækkar verulega aftur þar sem klórít tekur við af smektíti. Sé ummyndun í jafnvægi við ríkjandi hitastig, svarar lágviðnámið til hitastigs á bilinu 50-240°C og herra viðnám neðan lágviðnáms svara til þess að hitastig sé orðið herra en 240°C.

Efnahitamælur benda til þess að djúphiti undir Ketilfjalli og norðan Bæjarfjalls sé vel yfir 250°C. Ekki er því ástæða til að ætla annað en að sú ummyndun sem viðnámsmælingarnar endurspegla sé í jafnvægi við núverandi hitastig. Samkvæmt því benda viðnámsmælingarnar til þess að grynnt sé á hitastig herra en 240°C undir Norðanverðu Bæjarfjalli, Þeistareykjagrundum og austur undir sunnanvert Ketilfjall.

2.3 JARÐSKJÁLFTAVIRKNI VIÐ ÞEISTAREYKI

Í september 1999 var sett upp net með sex færnalegum skjálftamælum til að kanna skjálftavirkni á þeistareykjasvæðinu (Kristín S. Vogfjörð, 2000). Mælarnir skráðu í rúlega 10 daga. Auk fjarlægari skjálfta, skráðu þeir um 25 smáskjálfta með upptök undir Þeistareykjasvæðinu. Stærstur hluti þessara skjálfta reyndist raða sér á NS-stefnu undir norðanverðu Bæjarfjalli. Þetta bendir eingregið til þess að þar sé höggun á sprungum og brotum sem viðhaldi rennislisleiðum jarðhitavökva í berginu. Skjálftarnir hafa hins vegar ekki verið staðsettir afstætt og ekki er á þessu stigi hægt að tengja þá beint einu ákveðnu misgengi fremur en öðru.

3. NÆSTU SKREF OG STAÐSETNING RANNSÓKNARHOLU

Borun 1200 m djúprar rannsóknarholu við Þeistareyki er góður valkostur í áframhaldandi rannsóknum á þessu jarðhitasvæði. Áður en háhita-borun getur hafist þarf að hins vegar tryggja nægilegt skolvatn. Á árinu 1999 voru boraðar 3 kaldavatnsholur (ÞR-1, ÞR-2 og ÞR-3) á svæðinu í

kringum Þeistareyki, fjórða holan (ÞR-4) var svo boruð í sumar (Þórólfur H. Hafstað, 2000): Hóla ÞR-4 lofar góðu m.t.t. kaldavatnsöflunar en hún gaf rúma 7 l/s í loftdælingu þrátt fyrir að mikið vatn tapaðist út í lek jarðlög neðan fóðringar. Talið er víst að hún geti gefið miklum mun meira í dælingu en hve mikið hún gefur verður að fá úr skorið með dæluþrófun.

1. tryggja nægilegt skolvatn
2. borun rannsóknarholu
3. mælingar og prófanir

3.1 KALDAVATNSÖFLUN

Á undanförunum misserum hefur verið borað eftir köldu vatni í nágrenni Þeistareykja (Þórólfur H. Hafstað, 2000) til að tryggja nægt kalt vatn fyrir væntanlega háhitaholu. Hóla

Talið er líklegt að hún gefi um 35 l/s í dælingu en ekki hefur reynst unnt að prófa hana.

Rúmtak tjarnarinnar hefur verið áætlað á bilinu 100 til 130 m³. Tjörnin er grunn en hefur mikið flatarmál

Hér er lagt til að holan verði staðsett um xxx m suðsuðvestur af Sæluhúsinu á Þeistareykjum í daldragi sem þar er.

1. Háhitammyndun á yfirborði (brennisteinsútfellingar).
2. Gashiti er hár og hefur haldist nokkuð stöðugur síðan rannsóknir hófust.
3. Tiltölulega grunnt er á háviðnámskjarna undir lágviðnámi.
4. Smáskjálftar í norðanverðu Bæjarfjalli benda til að þar undir séu lekar sprungur.
5. Flugsegulkort.

Jarðskjálftavirkni sem líklega tengist misgengjum í norðanverðu Bæjarfjalli styðja enn frekar að borað sé undir norðurhlíðum þess.

4. FÓÐRINGAR OG DÝPI

Fóðringar í holunni eru sömu gerðar og áður hafa verið notaðar við háhitaboranir hér á landi í holum af "grenni" gerð. Teikning af holunni, fóðringarprógrammið, er sýnd á mynd 3 og yfirlit yfir fóðringar í töflu 2. Forsendur fyrir dýpi og fjölda fóðringa sem þörf er á ræðst af öryggiskröfum. Nokkuð langt mál er að fara út í þær hér en látið nægja að sýna tvær myndir. Önnur sýnir almennt hvert lágmarksdýpi fóðringa þarf að vera fyrir borun í 2000 m dýpi miðað við borstað í ca. 170 m.y.s. hæð og þrýsting eins og hann hefur verið áætlaður í jarðhitasvæðinu miðað við nærliggjandi jarðhitakerfi (mynd 4). Miðað er við að þrýstingur og hiti fylgi suðmarksferli með dýpi, þ.e. hámarkshiti, svipað ástand og ríkir í neðra kerfinu í Kröflu. Holutoppurinn er hannaður miðað við ANSI 900 þrýstiklassa.

Tafla 2. Grönn vinnsluhola: Yfirlit yfir fóðringar

Heiti fóðringar	Þvermál (")	Þungi fóðurrörs	Stáltegund API	Gengjur	Heildarlengd
Yfirborðsfóðring	API 18 5/8"	87,5 lb/ft	H-40	soðin	70 m
Öryggisfóðring	API 13 3/8"	68 lb/ft	K-55	Antares	300 m
Vinnslufóðring	API 9 5/8"	47 lb/ft	K-55 eða L-80	Butress	750 m
Gataður leiðari	API 7"	26 lb/ft	K-55	Butress	1300 m

Áður en fóðringar með gengjum eru settar í holurnar eru þær hreinsaðar og endursmurðar með háhitafeiti (Jet Lube, Kopr-Kote, geothermal eða thermal grade). Gengjulím er sett á botnskó og flotkolla og tvær fóðringar milli þeirra (Baker-Lock, tvíþátta lím).

5. LÝSING Á BORVERKINU

Verklýsingin nær ekki til allra verkþátta, heldur er henni ætlað að lýsa gerð holunnar og þeim atriðum er geta stuðlað að öruggu og góðu verki.

Borverkið hefst með að grafið er fyrir leiðiröri og kjallara. Á yfirborði er móbergsklöpp. Leiðirörið er 22 ½" eða 24" og er sett niður á 3-4 m dýpi. Steypt er að enda leiðrörs og síðan fyllt að og borplan gert fyrir borinn sem forborar holuna og setur yfirborðsfóðringuna.

5.1 ÁFANGI A, YFIRBORÐSFÓÐRING (70 M)

YFIRBORÐSFÓÐRING nær niður á 70 m dýpi. Óæskilegt er að halli holunnar fari yfir 1° Holan verður fóðruð með 18 5/8" fódurröri. Yfirborðsfóðringin verður soðin saman og lok sett á með 2" kranastút til ádælingar af steypueðju. Við steypinguna þarf að festa fóðringuna til að fyrirbyggja að hún gangi upp vegna flots sem verður í eftirdælingu. Þegar yfirborðsfóðringin hefur verið steypt er hægt að grafa fyrir kjallara og setja rör fyrir "rottu- og músarholu" í planið. Gengið verður fá borplani í samræmi við uppdrátt og kröfur verktaka, enda fer að eftir því bortæki sem valið er til verksins.

5.2 ÁFANGI B, ÖRYGGISFÓRÐING (300 M)

ÖRYGGISFÓRÐING er áætluð niður í 300 m dýpi. Engu er hægt að spá fyrir um lekastaði í berginu en komi fram mikill leki (meiri en 10-15 l/s) má reikna með að borun verði stöðvuð 20-50 m neðar og steypt í lekann, en minni töp verða þétt með þéttiefnum (mica flögun, sagi eða spónum). Áfanga B má skipta í eftirfarandi þætti:

a. Borað í planið í tilskilið dýpi fyrir "músar- og rottuholu" sem geyma borstöng og drifstöng.

b. Holuflans (21 1/4" x API 2000) er soðinn á yfirborðsfóðringuna, 0,75 m ofan við kjallarabrún og tveir stútar fyrir loka (4 1/16" x API 3000) soðnir á fóðringuna. Lokarnir eru kæfingarstútar/útbásturs en nýtast einnig til að láta steypu streyma út um. Öryggislokar eru síðan settir á holuna (mynd 3).

c. Öryggislokarnir eru reyndir hver í sínu lagi með því að loka að stöng og síðan er þrýstiprófað áður en steypa er boruð út. Holan er fyllt af vatni og 10 bar þrýstingur látinn standa á holunni í 15 mínútur. Lokunartími öryggislokans er skráður og þrýstingur á holunni í upphafi og lok þrýstiprófunar.

d. Borkrónu 17 ½" slakað niður að steypu og hún boruð út með vatni.

e. Borað er með 17 ½" krónu niður á ca. 300 m dýpi. Borleðja verður notuð við borun í bergi, eftir að steypa hefur verið boruð út með vatni. Holan hallamæld á 100 m fresti og leitast við að halda hallanum innan 3°. Tveir einstefnulokar eru hafðir í borstrengnum ofan við borkrónu.

f. Ákvörðun um fóðrunardýpi öryggisfóðringarinnar er tekin af staðarjarðfræðingi út frá gerð jarðlaga, við ca. 300 m dýpi.

g. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamæling gerð til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar.

h. Holan hita- og víddarmæld eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp.

i. Mikilvægt er að vatn sé látið renna á holuna samfelld, helst þannig að holan haldist full. Þetta er gert til að viðhalda yfirþrýstingi í holunni og fyrirbyggja innrennsli á heitu vatni meðan á mælingum og fódur stendur.

j. Fóðrað er með 13 3/8" fódurrörum. Tveir miðjustillar á neðsta röri og síðan á þriðja hverju röri. Efsta fódurrörið er haft efnismeira (mynd 5). Öryggisfóðringin er síðan steypd samkvæmt lýsingu í kafla 8.

k. Öryggislokarnir eru teknir af yfirborðsfóðringunni. Síðan er öryggisfóðringin skorin í sundur þannig að efri brún á flangsi hennar verði í réttri hæð. Mikilvægt er að flansinn sé láréttur og snúi rétt í kjallaranum því þetta verður aðalflans holunnar til frambúðar.

5.3 ÁFANGI C, VINNSLUFÓÐRING (750M)

Borun fyrir VINNSLUFÓÐRINGU má skipta í eftirfarandi þætti:

a. Holutopps- og öryggislokabúnaði borsins er komið fyrir á holunni (mynd 3).

b. Áður en steypan, flotkollinn og flotskórinn eru boruð út eru öryggislokarnir þrýstiprófaðir. Lokað er að stöng og þrýstiprófað þannig að hver loki fyrir sig er reyndur sér. Holan er fyllt af vatni og 30 bar þrýstingur látinn standa á holunni í 15 mínútur. Athugað er hvort leki kemur fram og einnig er opunar- og lokunartími lokanna skráður ásamt þrýstingi í holu við upphaf og lok þrýstiprófunar. Stál liða-leiðsla eða borbarki skal tengd kæfingarloka holunnar frá dælu borsins. Einnig er rör tengt 4" krana (4 1/16" x 3000 API) á millistykki sem úthlaup.

c. Holan er boruð með 12 1/4" borkrónu. Einstefnuloki er hafður við krónuna. Vatn er notað sem skolvökvi við borun þessa áfanga. Engu er hægt að spá fyrir um lekastaði í berginu en komi fram mikill leki (meiri en 10-15 l/s) má reikna með að borun verði stöðvuð 20-50 m neðar og steypd í lekann, en minni töp verða þétt með þéttiefnum (mica flögun, sagi eða spónum).

d. Engu er hægt að spá fyrir um lekastaði í berginu en komi fram mikill leki (meiri en 10-15 l/s) verður borun stöðvuð 20-30 m neðar og steypd í lekann, en minni töp verða þétt með þéttiefnum (mica flögun, sagi eða spónum).

e. Ákvörðun um fódrunardýpi vinnslufóðringar verður tekin á staðnum, samkvæmt tillögu staðarjarðfræðings.

f. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamælingar gerðar til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar.

g. Holan er hita-, víddar- og jarðlagamæld (viðnám, nifteindir, gamma) eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp.

h. Mikilvægt er að vatn sé látið renna samfelld á holuna, þannig að hún nái ekki að hitna upp á meðan á mælingum og fódur stendur.

i. Vinnslufóðringin 9 5/8" er sett í holuna. Tveir miðjustillar á neðsta röri og síðan á a.m.k. þriðja hverju röri. Staðsetning þeirra og fjöldi fer eftir víddarmælingu og halla holunnar. Eftir að fóðringin er komin í lokastöðu eru stilliskrúfur á millistykki hertar jafnt að fóðringunni til að miðjustilla. Þetta skiptir miklu máli fyrir þenslustykkið sem sett er á holuna og ber aðallokann. Fóðringin er steypd með tækjum borsins (sjá kafla 8).

j. Öryggislokarnir eru teknir af holunni.

5.4 ÁFANGI D, BORUN VINNSLUHLUTA (2000 M)

Borun vinnsluhluta holunnar og fyrir GÖTUÐUM LEIÐARA má skipta í eftirfarandi þætti:

a. Fyrst er þenslustykkið og endanlegur holuloki settur á og síðan öryggislokabúnaður borsins fyrir áfanga D komið fyrir (mynd 3).

b. Áður en steypan, flotkollinn og flotskórinn eru boruð út eru öryggislokarnir þrýstiprófaðir hvor í sínu lagi. Lokað er að stöng og holan fyllt af vatni. Þá er 30 bar þrýstingur settur á og látinn standa í 15 mínútur. Athugað er hvort leki kemur fram og einnig er opunar- og lokunartími lokanna skráður ásamt þrýstingi í holu við upphaf og lok þrýstiprófunar. Stál liða-leiðsla eða borbarki skal tengd kæfingarloka holunnar frá dælu borsins.

c. Holan er boruð með 8 ½" borkrónu með krónurýmara. Tveir einstefnulokar eru hafðir í borstreng ofan við krónuna. Vatn er notað sem skolvökvi við borunina.

d. Borun er stöðvuð og holan hallamæld með tækjum borsins á u.þ.b. 100 m fresti. Bora skal holuna sem næst lóðréttu og fari hallinn yfir 5° skal athuga aðgerðir til að rétta holuna af.

e. Ákvörðun um lokadýpi holunnar verður tekin á staðnum, samkvæmt tillögu staðarjarðfræðings.

f. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamælingar gerðar til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar.

g. Holan er hita-, víddar- og jarðlagamæld (viðnám, nifteindir, gamma) eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp.

h. Mikilvægt er að vatn sé látið renna samfellt á holuna, þannig að hún nái ekki að hitna upp á meðan á mælingum og fóðrun stendur.

i. Nú er raufaður eða gataður leiðari 7" settur í holuna. Neðst á leiðarann er settur stýriskór. Miðað er við að leiðarinn sé hengdur um 20 m frá botni holunnar og að hengistykkið sé um 30 m upp í vinnslufóðringunni. Efst á leiðaranum er hengistykki með 7" pinna og gripklossum fyrir 7" fóðringu. Þegar leiðarinn hefur verið hengdur, er sleppistykkið aftengt og tekið upp.

j. Áður en borinn er tekinn af holunni er holan þrepaðæld og er áætlað að það taki hálfan sólarhring.

5.5 ÖRYGGISKRÖFUR

Við borverkið verður að viðhafa ýtrustu varkárni, enda fyrsta djúpborunin á þessum stað. Krafa er gerð um notkun fjögurra öryggisloka þ.e. fyrir fulla lokun (holuloka eða R "ram" með blind), að stöngum (R "ram" fyrir borstöng), lokun um hvað sem er (A "annular") og loki sem snýst með borstöngum og loka að þeim (RH "rotating head"). Hér er um tvöfalt öryggi að ræða þ.e. bregðist einn loki er annar sem getur tekið við hlutverki hans. Kröfurnar eru við það miðaðar að hættuástand skapist ekki þótt holan taki óvænt upp á því að gjósa. Slanga þarf að vera fasttengd kæfingarloka á holutoppi og tilbúin til að opna fyrir ádælingu frá bordælu og einnig gagnstæð lögn fyrir aftöppun frá holunni út fyrir plan ("choke"). Þá skipta rétt viðbrögð boráhafnar höfuðmáli til að kæfa gosið og fást við önnur ófyrirséð atvik. Mikilvægasta öryggisatriðið til að fyrirbyggja skyndigos er að sífellt sé dælt í holuna, helst þannig að hún haldist full af vatni. Kynningarfundur verður haldinn með allri áhöfn borsins og þeim sem nærri borverkinu koma. Þar verði fyrirhuguðu borverki lýst og farið yfir

helstu viðbrögð við óvæntum atburðum og skyndigosum. Um aðrar öryggisráðstafanir og kröfur við borverkið er vísað í reglugerðir Öryggisefirlits ríkisins.

5.6 SKOLVÖKVI

Vatn er notað til skolunar að mestu og mun verktaki leggja til vatnslögn að bornum og annast rekstur vatnsveitunnar. Verði algert skoltap þarf 40 l/s af vatni að staðaldri á borinn, því annars geta komið til tafir meðan vatni er safnað í karið. Til að vatn berist bornum truflanalaust er ráðlagt að leggja tvö aðflutningsrör að bornum með óháðum tengingum inn á veituna.

Við borun á holum 17 ½" og víðari er gert ráð fyrir að borleðja verði notuð. Bentonít leir er þá blandaður í vatnið (um 5%) og er seigju leðjunnar haldið á bilinu 45-55 sek (trektartími). Leðjan er hreinsuð á hristi-sigti og í sandskiljum. Leðjunotkun fer fyrst og fremst eftir hve mikil töp verða í boruninni. Seigju leðjunnar skal skrá á tveggja stunda fresti ásamt notkun á bentonít og örðum leðjuefnum.

5.7 STEYPING FÓÐRINGA

Fóðringarnar skal steypa með sementsefju. Þurrefnið er portlandsement frá Sementsverksmiðju ríkisins, auk innflutts kísilsalla, perlusteins og bentoníts. Er þurrefninu blandað saman á borstað með tækjum borsins áður en til steypingar kemur. Blöndunarhlutföll þurrefnis eru sýnd í töflu 3.

Tafla 3. Blöndunarhlutföll þurrefnis í steypu

Portland sement frá SR	100 kg
Kísilsalli -325 mesh (SikronM-300 eða sambærilegur	40 kg
Perlusteinn (Harborlite 20x30)	2 kg
Bentonít (Wyoming)	2 kg
Tafefni (eftir þörfum, ca. 0,5%), vökvatapsheftir og hjálfiefni eru notuð eftir þörfum	

Framangreind efni eru sett á sementskúlu borsins og blásið í réttum hlutföllum í einn sementsgeymi sem tekur um 35 tonn. Efninu er síðan blásið milli tveggja geyma a.m.k. þrisvar sinnum (3) til að það nái að blandast. Verktakinn leggur til framangreind bætiefni í sementið auk tækja og mannskaps við að blanda þeim saman. Upplýsingum um efnisgæði og framleiðendur skal skila með fóðringarskýrslu (steypuskýrslu).

Framangreindu sementsefni er síðan blandað við vatn í blandara sem þarf að afkasta um 1 tonni af þurrefni á mínútu. Þar þískast saman við ofanefnt þurrefnismagn í töflunni (byggt á 100 kg af portland sementi) um 80 l af vatni og úr verða 139 l af sementsefju sem hefur eðlisþyngd 1,6.

Þegar steyp er skal eðlisþyngd efnunnar skráð á fimm mínútna fresti og henni haldið sem næst 1,60. Steyp skal þar til sement kemur upp utan með fóðringunni og skal liðlega tvöfalt sementsmagn (120% umfram reiknað magn út frá rúmmáli bils milli fóðringar og holu) vera til staðar þegar steypingin hefst.

Við steypingu á fóðringum er steypa dæld um borstengur ("inner string cementing") um sérstök tengi ("float collar") sem eru sett í fóðringuna. Neðst á fóðringuna kemur fóðringarskór með einstefnuloka síðan tvö heil fóðurrör og þvínæst svonefndur flotkollí. Á fóðringuna eru settar grindur til miðjustillingar, tvær á neðsta rörið, og síðan ein á þriðja hvert rör. Endanleg staðsetning miðjustilla tekur mið af niðurstöðum víddarmælinga, þannig að þeir lendi ekki við skápa í holunni.

Miðjustillarnir eru látnir yfir röramúffurnar. Eftir að vinnslufóðringin er komin í lokadýpi, ca. 1,5 m frá botni og hangir í slifsunum eru borstöngunum með stungustykki fyrir steypingu slakað niður að flotkollanum. Því næst eru borstengurnar tengdar flotkollanum og vatni dælt til að kæla holuna fyrir steypingu og til að meta skoltap. Ef skoltap er meira en 5-10 l/s verður reynt að stífla það með því að skola sandi niður milli fóðringar og holuveggjar samtímis því að vatni er dælt hægt um borstrenginn. Eftir að fóðringin er komin á loka dýpi eru stilliskrúfur á millistykki hertar jafnt að vinnslufóðringunni. Þetta er gert til að miðjustilla fóðringuna fyrir steypingu. Mjög mikilvægt er að miðjustillingin sé sem nákvæmest.

Að steypingu lokinni er gengið úr skugga um að einstefnulokarnir á fóðringunni hafi lokast og þá er stungustykkið skrúfað laust frá flotkollanum og borstengurnar teknar upp. Ef sementsefjan hefur ekki náð upp til yfirborðs er steypugæðamælt (CBL) til að ákvarða hvar steypuborðið liggur. Einnig er dælt ofanfrá á bilið milli fóðringar og holu til að sjá hvar lekinn sé. Ákvörðun um hvernig staðið skuli að frekari steypuáðgerðum er tekin þegar þessar upplýsingar liggja fyrir. Þeim verður ekki lýst frekar í verklýsingunni, enda þarf að taka ákvörðun þar um á staðnum. Nauðsynlegt er að steypan fái a.m.k. 8 klst. hörðnunartíma. Í holum sem þarf að steypa tvisvar eða oftar skal steypugæðamæla (CBL) áður en borun næsta áfanga hefst til að ganga úr skugga um að steypan sé samfelld og styðji við fóðringuna.

HEIMILDIR

Arnórsson, S. and Gunnlaugsson, E. 1985: New gas geothermometers for geothermal exploration. Calibration and application. *Geochim. Cosmochim. Acta* **49**, 547-566.

D'Amore, F. and Panichi, C. 1980: Evaluation of deep temperatures of hydrothermal systems by a new gas geothermometer. *Geochim. Cosmochim. Acta* **44**, 549-556.

Darling, W.G. and Ármannsson, H. 1989: Stable isotopic aspects of fluid flow in the Krafla, Námafjall and Theistareykir geothermal systems of northeast Iceland. *Chem. Geol* **76**, 197-213.

Gestur Gíslason, Gunnar V. Johnsen, Halldór Ármannsson, Helgi Torfason og Knútur Árnason 1984: *Þeistareykir. Yfirborðsrannsóknir á háhitasvæðinu*. Orkustofnun **OS-84089/JHD-16**, 134 bls.+3 kort.

Halldór Ármannsson 1991: *Eðli háhitasvæða. Sýni til efnagreininga frá Þeistareykjum*. Orkustofnun, jarðhitadeild. **HÁ-91/01**, 5 bls.

Kristín S. Vogfjörð 1999: Forkönnun mælistaða fyrir skjálftamælanet í NA gosbeltinu. Orkustofnun, greinargerð, **KSV-99/11**, 12 bls.

Kristín S. Vogfjörð 2000: Smáskjálftavirkni við Þeistareyki og uppsetning jarðskjálftamælanets í norðaustur gosbelti, **OS-2000/037**, (Í prentun).

Þórólfur H. Hafstað 2000: Þeistareykir: Borun ferskvatnsholu. Orkustofnun, greinargerð, **ÞHH-00/14**, 6 bls.