



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

REYKIR VIÐ REYKJABRAUT
Vinnslusaga og vatnsborðsspár

Grímur Björnsson

Unnið fyrir Hitaveitu Blönduóss

OS-92016/JHD-05 B

Maí 1992



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 613561

REYKIR VIÐ REYKJABRAUT
Vinnslusaga og vatnsborðsspár

Grímur Björnsson

Unnið fyrir Hitaveitu Blönduóss

OS-92016/JHD-05 B

Maí 1992

EFNISYFIRLIT

EFNISYFIRLIT	2
MYNDASKRÁ	2
TÖFLUSKRÁ	2
1. INNGANGUR	3
2. VINNSLUSAGA	4
2.1 Tímabil sjálfrennslis	4
2.2 Tímabil vatnsborðsskráningar	6
2.3 Tímabil vinnslu- og vatnsborðsskráningar	9
2.4 Tímabil vinnsluskráningar	9
2.5 Tímabil reglulegrar vinnsluskráningar	9
3. ÞJAPPAÐ GEYMISLÍKAN FYRIR REYKJASVÆÐIÐ	10
4. VATNSBORÐSSPÁR	12
5. NIÐURSTÖÐUR	14
HEIMILDIR	15

MYNDASKRÁ

1. Afstöðumynd af borholum á Reykjasvæði	3
2. Mælt sjálfrennslis og áætlað heildarrennslis jarðhitasvæðisins á Reykjum árin 1976-1979	5
3. Áætlað vatnsborð holu 5 árin 1976-1979	5
4. Samband minnst 14 daga meðaltala vinnslu á Reykjum og útihita á Barkarstöðum í Miðfirði	6
5. Áætluð vinnsla á Reykjasvæði árin 1978-1990 út frá veðurgögnum og mæld vinnsla	7
6. Mælt vatnsborð, jafnaðarvatnsborð og vatnsborð leiðrétt fyrir iðustreymistapi í holu 5 árin 1980-1986	8
7. Þjappað geymislíkan af jarðhitakerfinu á Reykjum	10
8. Reiknað og mælt vatnsborð á Reykjum	11
9. Spár um framtíðarvatnsborð á Reykjasvæði við mismikla meðalvinnslu	12
10. Spár um framtíðarvatnsborð í holu 5	13

TÖFLUSKRÁ

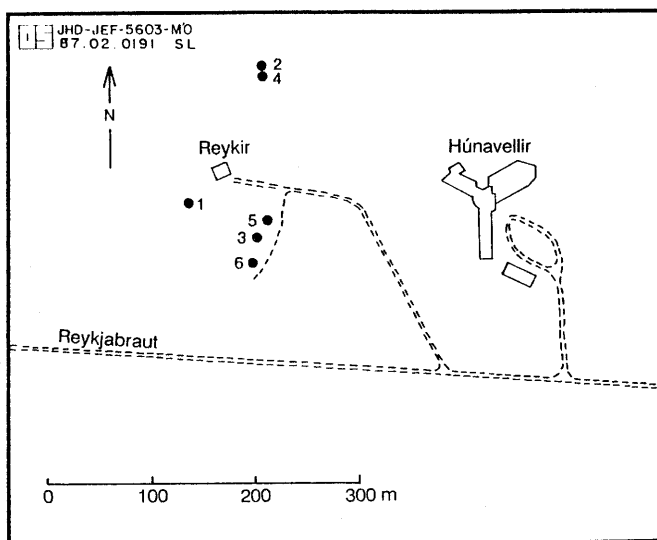
1. Áætluð og mæld ársnotkun Hitaveitu Blönduóss árin 1978-1990	7
2. Áætlað jafnaðarvatnsborð og meðalvinnsla úr Reykjasvæði árin 1980-1986	8
3. Geymisstuðlar þjappaðs líkans af Reykjasvæði	11

1. INNGANGUR

Nú eru liðin rúm 15 ár frá því Hitaveita Blönduóss hóf vatnsvinnslu úr borholum á Reykjum við Reykjabraut. Voru boraðar 6 holur á árunum 1967-1979 og eru þrjár þeirra nýttar í dag með djúpdælum (mynd 1). Borholur á Reykjasvæði gáfu upphaflega umtalsvert sjálfrennsli og fóru það hæst í 50-60 l/s árið 1976. Þjartsýni ríkti því um vatnsvinnslu á svæðinu og var ráðist í uppbyggingu Hitaveitu Blönduóss. Strax á fyrsta starfsári hennar kom í ljós að sjálfrennsli hafði minnkað úr borholunum á Reykjum. Reynt var að auka það með borun holu 6, en án verulegs árangurs. Endurteknar mælingar á rennsli úr holum á svæðinu bentu jafnframt til þess að sjálfrennsli myndi halda áfram að minnka. Því var afraðið að setja djúpdælur í þrjár holur um áramótin 1979-1980. Eftir að þær komust í notkun var orkuþörf hitaveitunnar tryggð næstu árin.

Eftirlitsmælingar í borholum sýndu samt að vatnsborð lækkaði stöðugt á Reykjasvæðinu. Var svo komið árið 1987 að vatnsborð borholna var komið að þeim mörkum sem dælur réðu við. Óskaði hitaveitan þá eftir samstarfi við Orkustofnun um aðgerðir til að tryggja áframhaldandi rekstur. Má segja að þær hafi einkum falist í tvennu. Annars vegar var sölufyrirkomulagi hitaveitunnar breytt úr hemlakerfi yfir í mælakerfi og fylgdi þeirri breytingu 15-20 % minnkun í vatnsnotkun vegna bættrar nýtingar vatnsins. Hins vegar var ráðist í að safna saman gögnum um vinnslu og vatnsborð á Reykjasvæðinu. Markmið samantektarinnar var að fá sem gleggsta mynd af vinnsluviðbrögðum jarðhitakerfisins og opna þar með möguleika til reikninga á framtíðarstöðu vatnsborðs á Reykjum. Þessi samantekt hefur þegar verið unnin (Helga Tulinius og Magnús Ólafsson, 1990; Helga Tulinius o.fl., 1991).

Í þessari skýrslu eru fyrirliggjandi gögn um vinnslu á Reykjasvæðinu dregin saman í heilstæða vinnslusögu, þar sem fram kemur heildarvinnsla og vatnsborð í jarðhitakerfinu allt frá borun holu 4 á vormánuðum 1976 og fram í apríl 1992. Lýsir annar kafli skýrslunnar hvernig sú saga er dregin út úr gloppóttum vinnslugögnum borholna. Að því búnu er vinnslusagan hermd með þjöppuðu geymsliskani (kafli 3). Þegar eiginleikar geymsliskansins liggja fyrir eru að lokum gerðar spár um það hvernig vatnsborð kann að breytast í jarðhitakerfinu við mismikila vinnslu næstu 10 árin.



Mynd 1: Afstöðumynd af borholum á Reykjasvæði (Helga Tulinius og Magnús Ólafsson, 1990).

2. VINNSLUSAGA

Forsenda þess að hægt sé að gera þjappað geymslúkan af jarðhitakerfi, er að fyrir liggi samfelldar upplýsingar um heildarvinnslu og meðalvatnsborð í jarðhitakerfinu. Slíkt heimtar reglubundna skráningu á vinnslu og vatnsborði í holum. Nokkuð vantar á að slík samfella sé í mælingum á Reykjasvæðinu. Til dæmis eru tímabil þar sem aðeins vatnsborð er mælt í holum en ekki vatns-takan, og einnig koma áralöng tímabil þar sem þessu er öfugt farið. Til að ná markmiðiðinu um samfellda sögu heildarvinnslu og vatnsborðs þurfti því að beita ýmsum nálgunum og ágiskunum svo fylla mætti í eyðurnar.

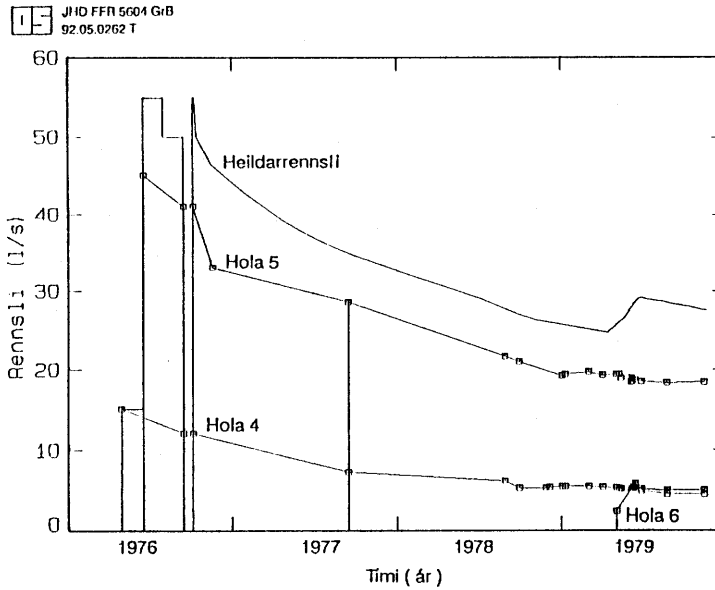
Eftir töluverðar vangaveltur um hvernig best væri að áætla sögu vinnslu og vatnsborðs, varð úr að sérstaklega voru skoðuð fimm tímabil. Þau eru:

1. *Tímabil sjálfrennslis:* Holur á Reykjasvæði sjálfrunnu allt frá því að hola 1 var boruð 1964 og fram til þess að djúpdælur voru settar í holur um áramótin 1979-1980.
2. *Tímabil vatnsborðsskráningar:* Þegar djúpdælur fóru í holur fylgdu þeim loftrör til vatnsborðsskráningu. Vatnsborð var síðan skráð af og til í holunum.
3. *Tímabil vinnslu- og vatnsborðsskráningar:* Í ágúst 1986 voru settir rennslismælur við holur 4, 5 og 6 á Reykjum. Þá var og komið upp magnmæli á aðveituæð hitaveitunnar við Dýhól, sem mælir heildarnotkun Blönduóss. Eftir það fékkst samfelld skráning vinnslu og vatnsborðs allt fram að miðju ári 1989 að loftrörin með djúpdælunum ryðguðu í sundur.
4. *Tímabil vinnsluskráningar:* Eftir að loftrör djúpdælna gáfu sig, fór einungis fram skráning á heildarvinnslu og vinnslu holna 4, 5 og 6.
5. *Tímabil vinnsluskráningar og vatnsborðsmælinga í holu 3:* Þegar hitaveitan tók að leggja aukna áherslu á vinnsluskráningu, hefur komist á það vinnulag á Reykjasvæði að vikulega er skráð heildarrennslis um alla rennslismæla, vinnsluhiti holna og vatnsborð í holu 3. Þetta tímabil hefur einungis varað frá áramótunum 1991/1992 og nýtast gögn þess því einungis að litlu leyti í þeirri úrvinnslu sem hér mun fara fram.

Hér á eftir fer lýsing þess hvernig samfelld saga vatnsborð og vinnslu er skilgreind á ofanefndum tímabilum.

2.1 Tímabil sjálfrennslis

Mynd 2 sýnir hvernig sjálfrennslis holna 4, 5 og 6 dalaði frá því hola 4 var boruð vorið 1976 fram til áramóta 1979-1980 að djúpdælur voru settar í holurnar. Jafnframt er færður inn á myndina ferill sem sýnir áætlað heildarrennslis úr holunum þremur. Er þá búið að fella mjúka línu með tölvuforriti gegnum þær örfáu mælingar sem gerðar voru framan til á sjálfrennslislistámanum. Ekki er tekið tillit til rennslisins úr holum 1-3 í þessari úrvinnslu, en það var sáralítið, e.t.v. 1-2 l/s. Þá er ekki tekið tillit til vinnslunnar úr holu 1 frá því hún var boruð 1964. Hún nam að jafnaði um 3-4 l/s fram til þess að hola 4 var boruð.

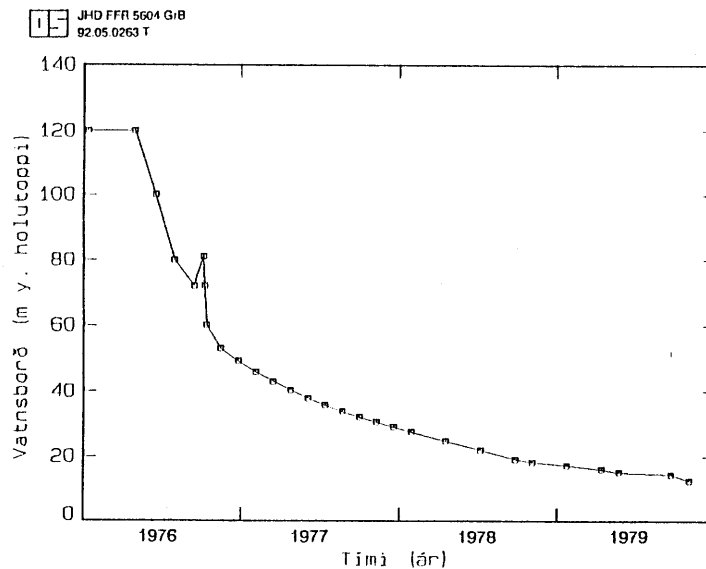


Mynd 2: Mælt sjálfrennsli og áætlað heildarrennsli jarðhitasvæðisins á Reykjum árin 1976-1979. Mælt rennsli er sýnt með kössum.

Þegar áætlun á heildarvinnslu liggur fyrir, þarf næst að meta meðalvatnsborð í Reykjasvæðinu á þessu tímabili. Til þess er stuðst við sjálfrennsli hól 5. Meðan hólán sjálfrann var athugað hve mikið iðustreymistap er í henni (Þorsteinn Thorsteinsson, 1978). Iðustreymistapi er áætlað að lýsa því viðbótarþrýstifalli sem verður næst vinnsluhólu við það að rennsli hættir að vera lagstreymt. Iðustreymisstuðull hólunnar er áætlaður $0,043 \text{ m}/(\text{l/s})^2$. Þá gildir að vatnsborð, leiðrétt fyrir iðustreymi er:

$$0.043 * q^2 + h_0$$

þar sem q er sjálfrennsli hól 5 í l/s og h_0 er toppþrýstingur. Hólán rann yfirleitt við um 0,5 kg mótþrýsting sem jafngildir 5 m vatnssúlu. Mynd 3 sýnir svo áætlað vatnsborð hól 5 árin 1976-1979 í metrum yfir toppi hól 5.



Mynd 3: Áætlað vatnsborð hól 5 árin 1976-1979.

2.2 Tímabil vatnsborðsskráningar

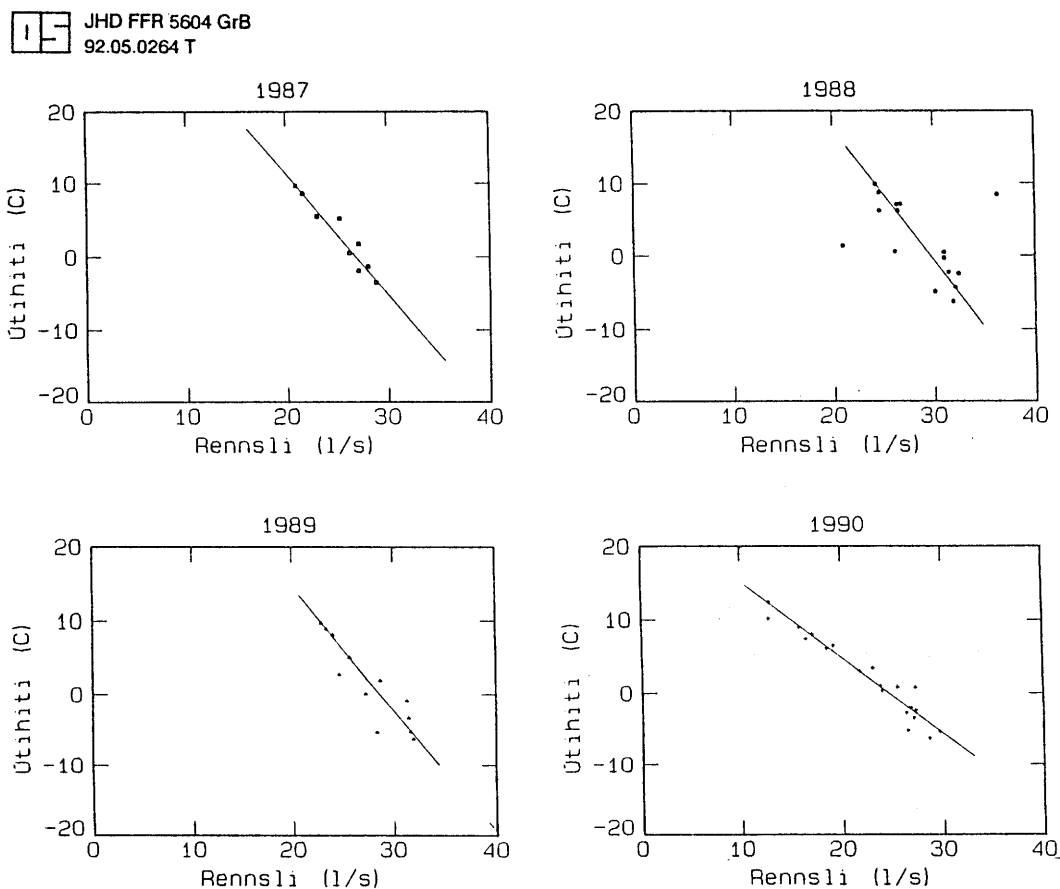
Eftir að djúpdælur voru settar í holur 4-6, þvarr sjálfrennsli úr holu 1 og jafnframt hurfu laugar á jarðhitasvæðinu. Vatnsborð holna var skráð oftsinnis eftir það. Vinnslan var hins vegar ekki skráð, svo hana þarf að áætla. Hér er gripið til þess ráðs að kanna tengsl útihita og vinnslu um rennismælinn á Dýhóli. Á Orkustofnun eru geymd veðurgögn sem safnað hefur verið á bænum Barkarstöðum í Miðfirði. Ekki voru tiltæk gögn frá Blönduósi fyrir sama tímabil, en gera má ráð fyrir að hitastig sé svipað á báðum stöðunum. Til að kanna tengs hita og vinnslu, voru teiknuð 14 daga meðaltöl útihita á móti 14 daga meðalrennsli á Dýhóli árin 1987-1990. Mynd 4 sýnir niðurstöðurnar. Þar sést að tengsl rennslis og hita eru nánast línuleg, en vinnslan breytist töluvert árið 1990, þegar skipt er úr hemla- í mælakerfi hjá hitaveitunni. Má tengja vinnslu og 14 daga hitameðaltöl frá því vatn var selt um hemla með jöfnunni:

$$q = 29,0 - 0,575 * T_{\text{meðal}}$$

og samband hita og vinnslu eftir að mælalata hófst er áætluð með jöfnunni:

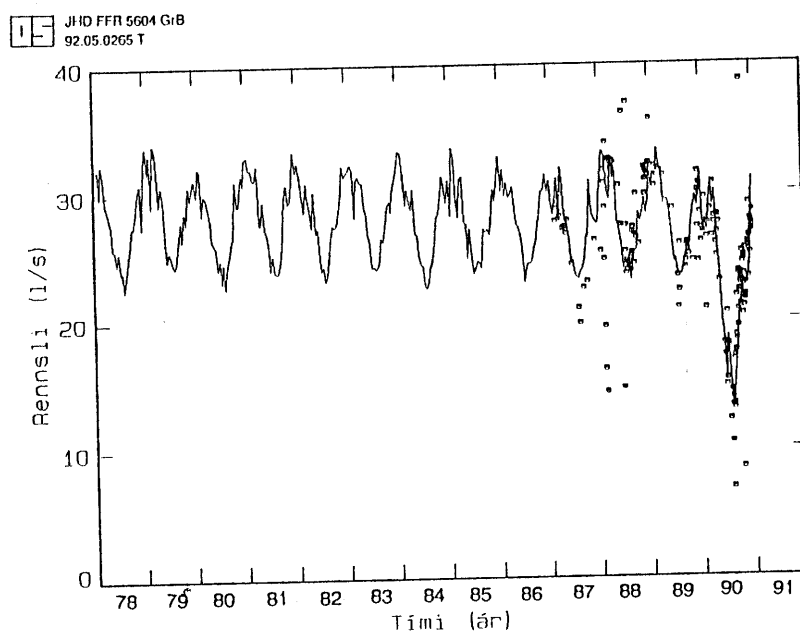
$$q = 24,7 - 0,958 * T_{\text{meðal}}$$

Í báðum tilvikum q heildarvinnslan í l/s og $T_{\text{meðal}}$ er 14 daga meðaltal útihita á Barkarstöðum. Þess ber að geta að stundum var heildarrennslið um mælinn á Dýhóli mælt mun sjaldnar en á 14 daga fresti og lengjast meðaltölin þá fram að næsta mælidegi.



Mynd 4: Samband minnst 14 daga langra meðaltala vinnslu á Reykjum og útihita á Barkarstöðum í Miðfirði. Skoðuð eru árin 1987-1990.

Mynd 5 sýnir hvernig 14 daga meðalrennsli til Blönduóss reiknast út frá ofanefndum tveimur jöfnum og daglegum hitamælingum á Barkarstöðum árin 1978-1990. Eins er fært inn á myndina meðalrennsli um Dýhól, miðað við aflestra á magnmæli. Ef árið 1990 er fyrst skoðað, sést að til-
tölulega gott samræmi er á milli reiknaða rennslisferilsins og þess mælda. Undantekningar eru örfá gildi í litlu sumarrennsli, en slík tímabil vara aðeins í nokkra daga og sléttast út í 14 daga meðaltölum. Samsvörun mælds og reiknaðs rennslis er einnig þokkalegt árið 1989 en verra árin 1987 og 1988. Því veldur 14 daga jöfnun hitameðaltala. Slík jöfnun nær ekki að sýna áhrif t.d. skarpra umhleyppinga. Missir reiknaði ferillinn því af tímabilum þar sem rennsli er mjög lítið eða mjög mikið. Eins kemur hér inn í að léleg stýring á vatnsnotkun kemur af stað ósamræmi vinnslu og útihita.



Mynd 5: Áætluð vinnsla á Reykjasmvæði árin 1978-1990 út frá veðurgögnum (heildregin lína) og mæld vinnsla (kassar).

Tafla 1 sýnir að lokum niðurstöður reikninga á ársvatnsnotkun Blönduóssbæjar, byggðar á úti-
hitamælingum. Einnig er sýnd til samanburðar mæld ársnotkun þau ár sem hún er tiltæk.

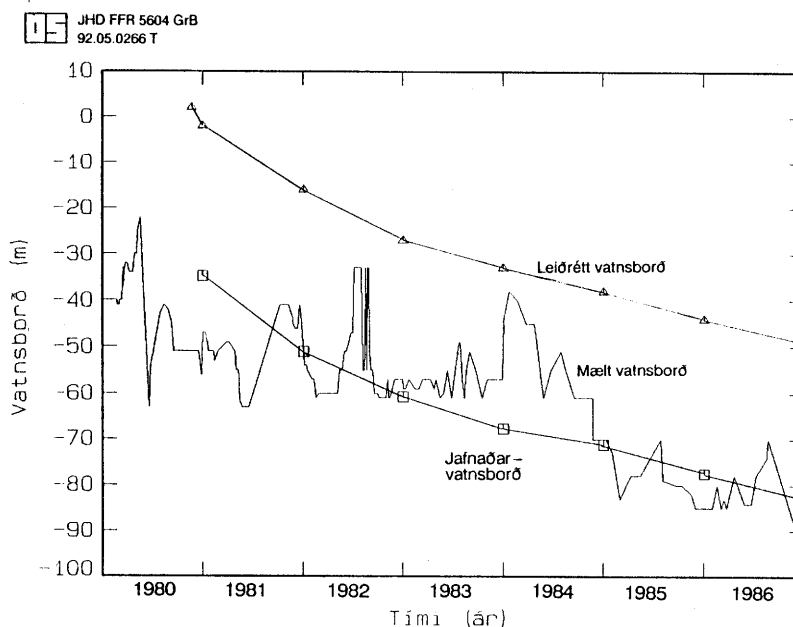
TAFLA 1: Áætluð og mæld ársnotkun Hitaveitu Blönduóss árin 1978-1990.

Ár	Reiknuð ársnotkun m ³	Ár	Reiknuð ársnotkun m ³	Mæld ársnotkun m ³	% munur (mælt-reiknað)
1978	873.000	1985	879.300		
1979	907.300	1986	880.500		
1980	874.000	1987	853.600	886.600	1.5
1981	898.500	1988	886.800	899.000	1.3
1982	884.400	1989	879.700	861.400	-2.1
1983	895.000	1990	713.100	710.400	-0.4
1984	875.900				

Mynd 6 sýnir mælt vatnsborð í holu 5 á Reykjum. Inn á myndina er færður ferill sem er kallaður áætlað jafnaðarvatnsborð svæðisins. Þetta jafnaðarvatnsborð er sjónmat skýrsluhöfundar. Við gerð ferilsins er reynt að taka tillit til mælióreglu sem er greinileg í gögnunum, svo og til vatnsborðssveiflu sem verður milli sumars og vetrar. Reyndar sést árssveiflan einungis stundum og vitnar það um áreiðanleika vatnsborðsgagnanna. Jafnaðarvatnsborð í árslok er síðan tengt meðalvatnstökunni eins og hún er áætluð fyrir árin 1980-1986. Að því loknu er vatnsborðið leiðrétt fyrir iðustreymistapi, út frá ársvinnslunni og við það fæst áframhald vatnsborðsferilsins sem skilgreindur var á mynd 3. Tafla 2 sýnir mæligildin sem liggja til grundvallar ferlinum. Til viðbótar þessum gögnum er einnig tekið tillit til þess að hola 6 fór í sjálfrennsli við vinnslustöðvun í október 1980. Þá hefur meðalvatnsborð svæðisins verið við yfirborð.

TAFLA 2: Áætlað jafnaðarvatnsborð og meðalvinnsla úr Reykjasvæði árin 1980-1986.

Ár	Meðalvinnsla (l/s)	Vatnsborð í lok árs (m)	Iðustreymistap (m)	Leiðrétt vatnsborð (m)	Árslækkun vatnsborðs (m)
1980	27.7	35.0	33.0	-2	
1981	28.5	51.0	34.9	-16	14
1982	28.0	60.7	33.7	-27	11
1983	28.4	67.3	34.7	-33	-6
1984	27.8	70.6	33.2	-38	-5
1985	27.9	77.1	33.4	-44	-6
1986	27.9	82.2	33.4	-49	-5



Mynd 6: Mælt vatnsborð, jafnaðarvatnsborð og vatnsborð leiðrétt fyrir iðustreymistapi í holu 5 árin 1980-1986.

2.3 Tímabil vinnslu- og vatnsborðsskráningar

Haustið 1986 voru settir rennslismælar við holur 4, 5 og 6 og jafnframt á aðveituæð hitaveitunnar við Dýhól. Samfelld skráning vinnslu og vatnsborðs er því tiltæk frá ársbyrjun 1987 og fram á mitt ár 1989 að loftröin, sem notuð voru við vatnsborðsmælingarnar, ryðguðu í sundur. Á þessu tímabili er því engin þörf ágiskana eða vinnu við afleiddar stærðir til að skilgreina vinnslusöguna. Þessi gögn eru sýnd á mynd 7 í skýrslu Helgu Tulinius o.fl. (1991) ef lesendur vilja skoða þau nánar. Eins koma þau fram á myndum í næsta kafla.

2.4 Tímabil vinnsluskraningar

Engar vatnsborðsmælingar eru stöðan gerðar á Reykjasvæði frá því að loftrör vatnsborðsmæla ryðga í sundur um mitt ár 1989 og fram í desember 1991 að byrjað er að mæla vatnsborð í holu 3. Á þessu tímabili er því einungis hægt að styðjast við gögn um heildarvinnslu. Það þýðir jafnframt að ekki er hægt að nota þessar vinnslumælingar til að meta forðaeiginleika jarðhitakerfisins.

2.5 Tímabil reglulegrar vinnsluskraningar

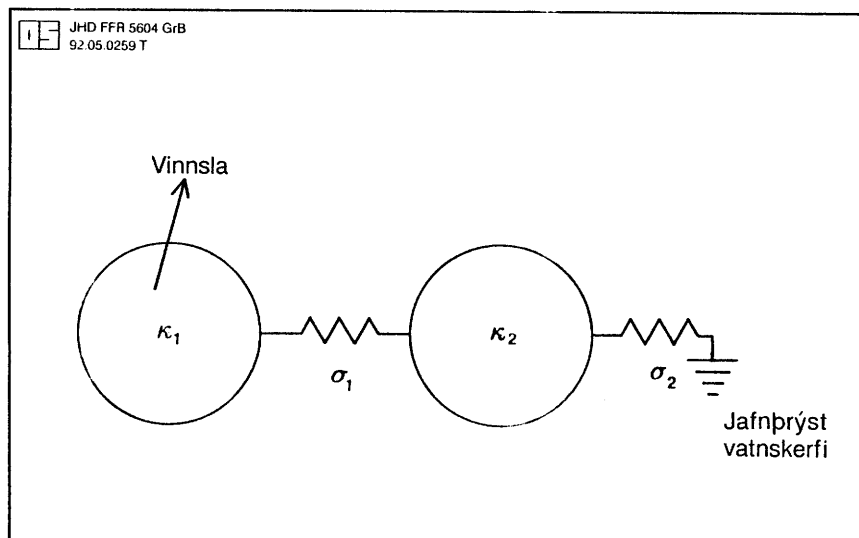
Undanfarna mánuði hefur Hitaveita Blönduóss lagt aukna áherslu á reglulegar mælingar vinnslu og vatnsborðs á Reykjasvæði. Reynt er að skrá stöðu allra rennslismæla vikulega og eins er mælt vatnsborð í holu 3. Þessi gögn ná enn sem komið er yfir of stutt tímabil í sögu svæðisins til að verulegt gagn megi hafa af þeim í hermireikningum. Þó má nota vatnsborðsmælingarnar í holu 3 til viðmiðunar þegar þjappað geymsliskan spáir vatnsborði Reykjasvæðisins eftir mitt ár 1989 (kafla 4).

3. ÞJAPPAÐ GEYMISLÍKAN FYRIR REYKJASVÆÐIÐ

Hin samfellda saga vatnsborðs og vinnslu á Reykjasvæði árin 1976-1989 er að lokum nýtt til að gera þjappað geymslíkan af jarðhitakerfinu. Hugtakið þjappað geymslíkan á við um einfalt geymslíkan sem hermir mæld vinnslugögn vatnskerfis með mjög fáum stærðum, sem þó innifela í sér flókin meðaltöl breytilegra eiginleika vatnskerfisins. Er þannig þjappað inn í fáar stærðir breytilegum eiginleikum vatnskerfis (Guðni Axelsson, 1989).

Þjöppuð geymslíkön eru byggð úr mismörgum geymum, sem hver um sig hefur rýmdareiginleikann κ . Hermir hver slíkur geymir ákveðinn hluta vatnskerfisins sem á að skoða. Geymarnir eru síðan tengdir saman með viðnámmum sem hafa vatnsleiðnina σ . Vinnsla úr einum geymi lækkr þrýsting í honum og við það tekur að renna til hans vatn úr næsta geymi. Rennslid er í hlutfalli við þrýstimun geymanna og leiðni tengingarinnar á milli þeirra.

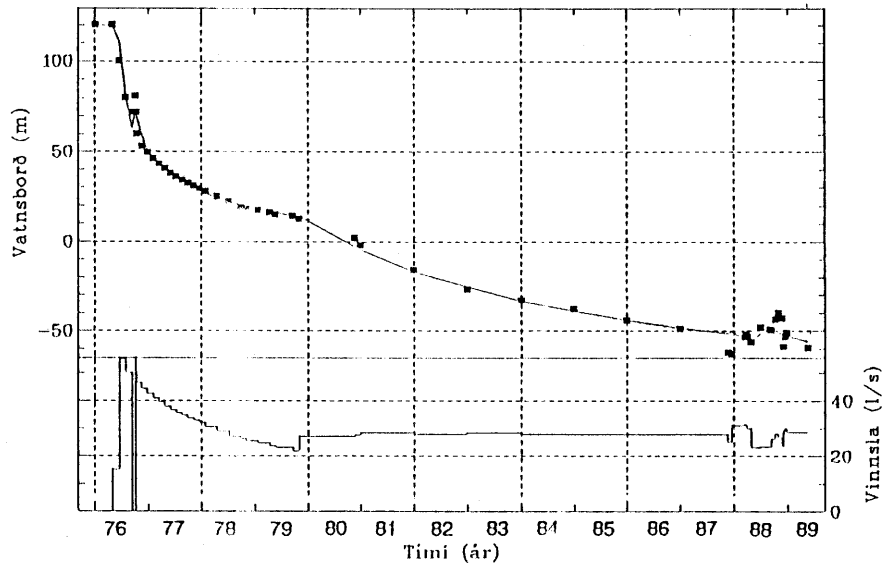
Það líkan sem best hermdi vinnsluögu Reykjasvæðisins, samanstandur af tveimur geymum. Sýnir mynd 7 hvernig líkanið er uppbyggt. Innsti geymirinn (númer 1) lýsir þeim hluta jarðhitakerfisins sem borholur vinna vatn úr. Er hann í raun nágrenni holna 5 og 6. Þessi geymir tengist við næsta geymi (númer 2) með viðnáminu σ_1 . Sá geymir hermir vatnskerfið utan við jarðhitakerfið og er mun stærri en geymir 1. Enn kemur tenging frá þeim geymi (σ_2), en nú við vatnskerfi sem er það stórt að þrýstingur í því breytist óverulega, þrátt fyrir vinnsluna úr hinum tveimur innri. Þetta jafnþrýsta vatnskerfi yst í líkaninu getur verið kalda grunnvatnið ofan jarðhitakerfisins og/eða jarðhitakerfi sem enn hefur ekki dalað í þrýstingi vegna vinnslunnar á Reykjum.



Mynd 7: Þjappað geymslíkan af jarðhitakerfinu á Reykjum.

Mynd 8 sýnir hvernig tókst að herma vatnsborð og vinnslu á Reykjasvæði tímabilið 1976-1989. Telst samræmi mældra og reiknaðra ferla gott. Þó vantar nokkuð á að snarpar vatnsborðssveiflur, sem t.d. koma við vinnslustöðvanir, hermist nægjanlega vel. Veldur þar að fáir mælipunktur lýsa slíkum viðburðum og tekur reiknilíkanið síður tillit til þeirra.

JHD FFR 5604 GrB
92.05.0267 T



Mynd 8: Reiknað og mælt vatnsborð á Reykjum. Reiknuðu gildin eru sýnd með heildregnum ferlien mælt vatnsborð með fylltum kössum.

Tafla 3 sýnir gildi κ og σ í þeirri gerð líkansins sem best hermdi vinnslusöguna. Einnig er sýnt í töflunni áætlað flatarmál hvors geymis. Er þá gengið út frá því að báðir geymarnir svari þrýsti-sveiflum eingöngu með samþjöppun/þenslu vatns og bergs. Þá gildir að $\kappa = V \rho c_t$ þar sem V er rúmmál geymisins, ρ er eðlisþyngd vatnsins í honum og c_t er heildarþjappanleiki geymisins. Gert er ráð fyrir að jarðhitakerfið sé 1 km á þykkt og að gildi c_t sé $5 \times 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$. Fæst þá að geymarnir séu sambærilegir við vatnskerfi sem er um 8 km á kant og 1 km á þykkt. Óvíst er hve stór hluti þessa rúmmáls er yfir 70 °C heitur.

TAFLA 3: Geymisstuðlar þjappaðs líkans af Reykjasvæði.

Geymir númer	κ (ms^2)	σ (ms)	Áætlað flatarmál (km^2)
1	506	$6,46 \times 10^{-3}$	10
2	2970	$1,95 \times 10^{-3}$	56

4. VATNSBORÐSSPÁR

Þegar eiginleikar þjappaða geymslufkansins liggja fyrir, má beita lfkkaninu til áframhaldandi reikninga fram í tímann (frá miðju ári 1989). Reikningar voru gerðir í tveimur skrefum:

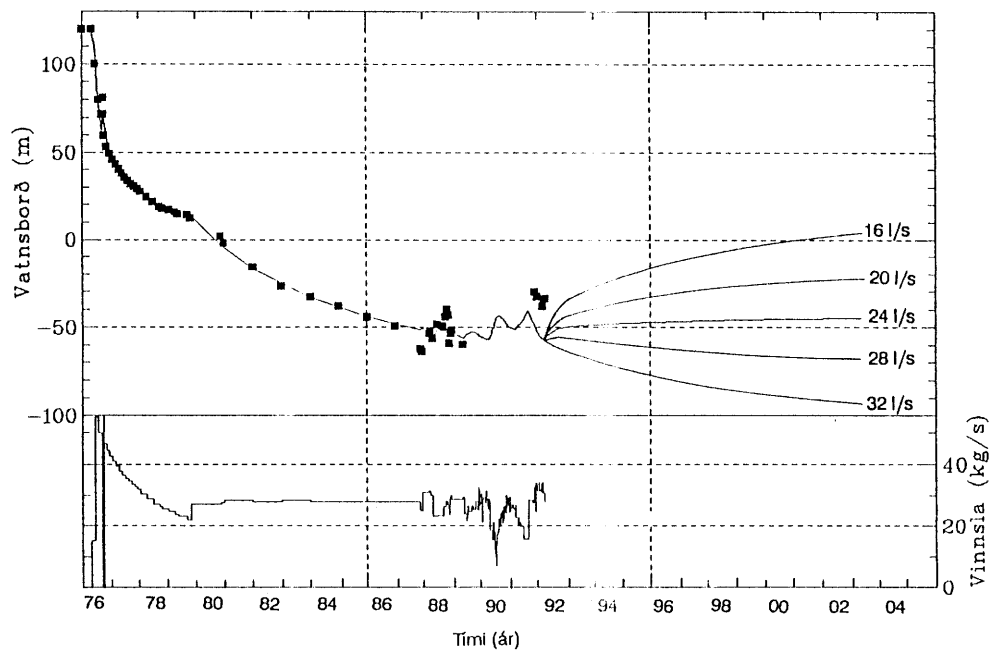
1. Reiknað var vatnsborð holu 5 með þjappaða geymslufkaninu frá miðju ári 1989 og fram í apríl 1992. Var þá miðað við mældu vinnsluna á þessu tímabili.
2. Þar á eftir var skoðað hvernig vatnsborðið breytist við mismikla, en fasta dælingu úr holu 5.

Mynd 9 sýnir niðurstöður þessara tveggja reikniskrefta. Ef fyrst er skoðað hvernig vatnsborði holu 5 (án iðustreymis) ber saman við vatnsborð holu 3, sést að reiknað vatnsborð holu 5 liggur að jafnaði um 20 m lægra en vatnsborð holu 3. Hægt er að áætla hve miklu lægra vatnsborð holu 5 á að standa, ef gert er ráð fyrir að þrýstingur jarðhitakerfisins kringum holu 5 sé nokkurn veginn í jafnvægi (Thiems lausn). Til þess eru notaðar mælingar á vatnsborði holna 1 og 3 frá því í árslok 1991. Mældist það á 20 m dýpi í holu 1 (vb_1) en á 33 m í holu 3 (vb_3). Hóla 3 er í um 15 m fjarlægð frá holu 5 (r_3) og hola 1 er í um 85 m frá holu 5 (r_1). Vatnsborð í 1 m fjarlægð frá holu 5 (vb_5 og r_5) finnst þá með jöfnunni:

$$\frac{vb_3 - vb_5}{vb_1 - vb_3} \approx \frac{\ln r_3 / r_5}{\ln r_1 / r_3} = 1,56$$

Þar sem vatnsborðsmunur holna 1 og 3 er 13 m, sýnir ofangreind jafna að vatnsborðsmunur holna 3 og 5 ætti að vera í nánunda við 20 m. Slíkt er í góðu samræmi við mynd 9 og styrkir niðurstöður þjappaða geymslufkansins. Ekki er samt hægt að ganga úr skugga um það nema með vatnsborðsmælingum í holu 5 í vinnslu.

JHD FFR 5604 GrB
92.05.0268 T



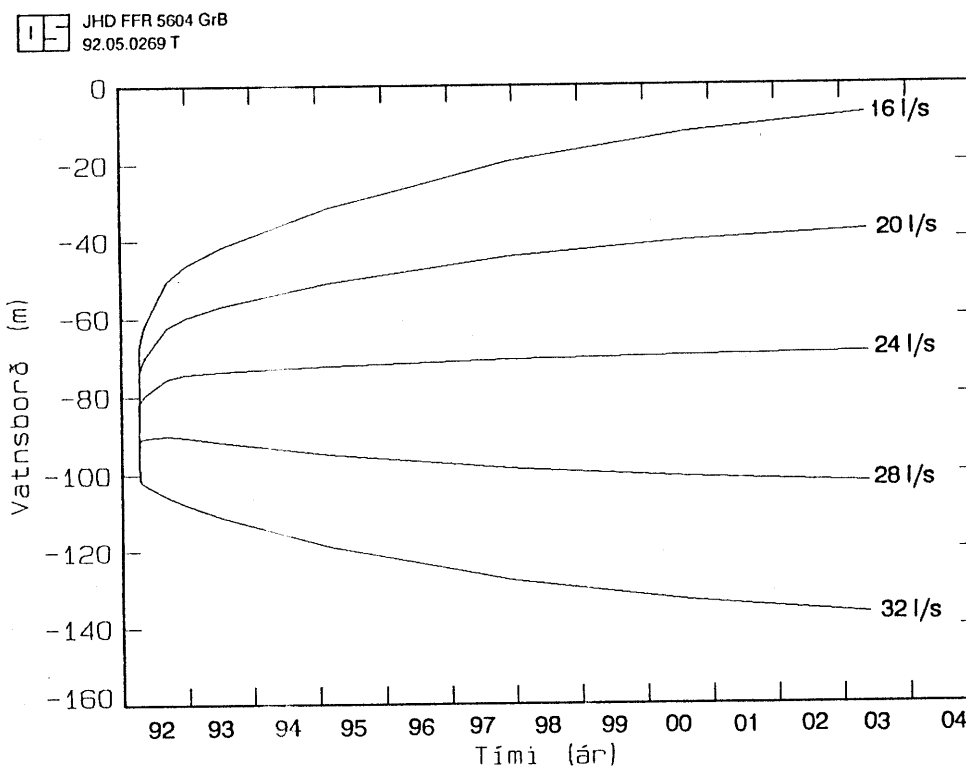
Mynd 9: Spár um framtíðarvatnsborð á Reykjasvæði við mismikla meðalvinnslu.

Mynd 9 sýnir að vatnsborð á Reykjasvæði virðist ná jafnvægi ef meðalársvinnslan fer ekki yfir 24 l/s. Meðalvinnsla áráanna 1990 og 1991 var 22,5 l/s. Því má búast við að vatnsborð sé nú í jafnvægi á Reykjasvæðinu. Það þýðir jafnframt að núverandi dælur munu anna vatnsþörf hitaveitunnar, komi ekki til kólnunar vatnsins. Ástæður þess að vatnsborð kemst í jafnvægi má rekja til áhrifa jafnþrýsta vatnskerfisins yst í þjappaða líkaninu, væntanlega vegna þess að það er mjög stórt eða vegna góðra tengsla þess við kalt grunnvatn.

Spáreikningar um vatnsborð á Reykjasvæði sýna því að núverandi vinnsla er nokkurn vegin í jafnvægi við aðstreymi í jarðhitakerfið, og að ekki er að vænta lækkunar vatnsborðs í næstu framtíð ef vinnsla helst um og undir 24 l/s að meðaltali.

Mynd 10 var gerð til að gefa hugmynd um raunverulegt vatnsborð holu 5 við mismikla dælingu í framtíðinni. Er þá tekið tillit til þeirrar vatnsborðlækkunar sem skapast við iðustreymi í berginu næst holunni. Sést þar að núverandi vinnsla heldur vatnsborði í 70-80 m dýpi. Þó má gera ráð fyrir að vatnsborðið geti farið allt niður í 85-90 m dýpi ef vinnslan er aukin upp í 30 l/s í einhverja daga eða vikur. Aðra ferla á myndinni ber að skoða með sömu formerkjum, þ.e. að þeir sýna meðalvatnsborð sem síðan getur lækkað að auki um 25-60 m í mestu aftoppum þegar dæling fer 20-30 % upp fyrir meðaltalið.

Rétt er að ftreka að ferlarnir á mynd 10 byggja á gloppóttri og á margan hátt óvissri vinnslusögu jarðhitakerfis. Reiknilíkan sem byggir á slíkum gögnum verður aldrei betra en gögnin sjálf. Því ber að líta á mynd 10 sem frumstætt mat á vatnsborði kerfisins sem ekki verður endurbætt fyrr en fleiri ár ftarlegrar vinnslu- og vatnsborðsskráningar hafa bæst í safnið.



Mynd 10: Spár um framtíðarvatnsborð í holu 5 við mismikla meðalvinnslu. Gert er ráð fyrir iðustreymistapi næst holu.

5. NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður þessarar skýrslu eru eftirfarandi:

1. Hægt var að áætla heildarvinnslu og vatnsborð á Reykjasvæðinu þann tíma sem sjálfrann úr holum, með því að tengja mælt sjálfrennsli úr holu 5 og vatnsborð svæðisins um iðu-streymisstuðul holunnar.
2. Línulegt samband er á milli 14 daga langra meðaltala útihita og vatnsnotkunar, mældrar við Dýhól. Þetta samband breyttist talsvert við að hitaveitan hætti að selja vatn um hemla og tók að selja það um mæla. Er fylgni útihita og notkunar mun betri á eftir, sem endurspeglar bættu stýringu í hitakerfum húsa.
3. Áætlað samband útihita og rennslis var notað til að meta vinnslu úr Reykjasvæðinu frá því djúpdælur fóru í holur í ársbyrjun 1980 og þar til rennslismælar voru settir á holur seinni hluta árs 1986.
4. Hægt er að herma sögu vatnsborðs og vinnslu á Reykjum árin 1976-1989 með þjöppuðu geymslufkani. Í ljós kom að tveggja geyma líkan, sem síðan tengist jafnþrýstu vatnskerfi, hermdi vel vinnslusöguna. Óvíst er hvers eðlis þetta jafnþrýsta vatnskerfi er. Helst er talið koma til greina kalda grunnvatnskerfið við yfirborð og/eða annað jarðhitakerfi hliðlægt við núverandi vinnslusvæði.
5. Geymarnir tveir, sem herma jarðhitakerfið á Reykjum og aðlægt vatnskerfi, gætu samsvarað berggrúmmáli sem er 8 km á kant í yfirborði og 1 km á þykkt. Óvíst er hve stór hluti þessa rúmmáls er um og yfir 70 °C heitur.
6. Vinnsluspár benda til þess að vatnsborð lækki ekki frekar á Reykjum ef meðalvinnslan úr svæðinu helst um og undir 24 l/s. Það er nokkru meira en unnið er úr svæðinu í dag. Því má búast við að ekki þurfi að breyta dælum né óttast vatnsskort á Reykjum í næstu framtíð. Er þá gert ráð fyrir að ársvinnslan sé um og undir 24 l/s og að hiti vatnsins haldist óbreyttur.

Meginniðurstaða athugana á vinnslu á Reykjum er því að vatnsborð sé stöðugt við núverandi vinnslu. Því veldur að til jarðhitakerfisins streymir vatn frá öðru jafnþrýstu vatnskerfi í nokkurn vegin sama magni og fer upp um holurnar á Reykjum. Eðli og eiginleikar þessa jafnþrýsta vatnskerfis eru óþekktir, en gera má ráð fyrir að það sé kalda grunnvatnskerfið í yfirborði og/eða djúpra vatnskerfi sem gæti þá verið heitt. Besta leiðin til að skera úr um það er fólgin í langtímaeftirliti með efnainnihaldi vatnsins á Reykjum. Heit og köld vatnskerfi hafa mjög ólíka efnæiginleika. Ætti langvarnadi innstreymi frá öðru vatnskerfi því að sjást í breyttu efnainnihaldi vatnsins á Reykjum. Efnabreytingar vatns munu þá vara við hugsanlegum hitabreytingum. Hvað sem því líður, er ljóst að jarðhitakerfið á Reykjum er í jafnvægi eins og er og á því að fullnægja orkuþörf Hitaveitu Blönduóss næstu árin.

Rétt er að minna á að gæði vatnsborðsspánna sem hér eru sýndar, verða ekki betri en gæði vinnslusögunnar sem liggur til grundvallar. Ljóst ætti að vera af lestri skýrslunnar að þar eru víða gloppur. Brýnt er því að hitaveitan hviki í engu frá reglubundnu eftirliti með vinnslu og vatnsborði á Reykjum. Slík gagnasöfnun mun áreiðanlega auka gæði líkanreikninga, næst þegar ástæða þykir til að endurskoða þá. Eins má nefna að brýn þörf er á vatnsborðsmælingum í holu 5. Má hugsanlega þræða grannt plaströr niður ryðgaða lofurörið með djúpdælunni og hefja þannig vatnsborsmælingar á ný.

HEIMILDIR

Guðni Axelsson, 1989: *Forðafræði jarðhitans. Vinnslueftirlit, hermireikningar og vinnsluspár.* Erindi flutt á aðalfundi Sambands íslenskra hitaveitna, Egilsstöðum, júní 1989, 9 s.

Helga Tulinius og Magnús Ólafsson, 1990: *Hitaveita Blönduóss. Samantekt á gögnum um vatns-
vinnslu fram til 1990.* Orkustofnun, OS-90053/JHD-31 B, 17 s.

Helga Tulinius, Magnús Ólafsson, Ragna Karlsdóttir og Grímur Björnsson, 1991: *Reykir á
Reykjabraut. Yfirborðsmælingar og vinnslueftirlit 1974-1990.* Orkustofnun,
OS-91045/JHD-26 B, 21 s.

Þorsteinn Thorsteinsson, 1978: *Reykir við Reykjabraut. Rennslismælingar 1976 og 1977.* Orku-
stofnun, bréf til Verkfræðistofunnar Fjarhitunar, dagsett 78-03-09.