



ÍSOR
ÍLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Söguleg meðalafköst íslenskra háhitaholna og þörf á viðhaldsborunum

Grímur Björnsson

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

Greinargerð

ÍSOR-05201

Verknr.: 8 630 020

24. 11. 2005

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

INNGANGUR

Eftirfarandi greinargerð lýsir athugun á hve mikil raforka fæst úr þegar boruðum íslenskum háhitaholum, metið út frá uppsettu aflí jarðgufuvirkjana á anna veginn, en út frá fjölda borholna á hinn veginn. Jafnframt er skoðað hvort borholur hafa hnignað í aflí með tímanum og metið, með hjálp reiknilíkans, hver þörfin verður á viðbótarborunum á Hellisheiði. Greinargerðin er unnin að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur og er hugsuð sem framlag í umhverfismatsskýrslu um stækkun Hellisheiðarvirkjunar í allt að 240 MW rafmagns. Blaðað var í gagnagrunnum Orkugarðs um hvenær vinnsluholur voru boraðar og um stærð og gangsetningu nýrra aflvéla í jarðgufuvirkjunum á þremur háhitasvæðum. Úttektin er sérstök fyrir að unnið með vel afmarkaðar stærðir á yfirborði jarðar sem erfitt er að þrætta um, þ.e. fjölda holutoppa og uppsett afl véla í virkjunum. Ætti hún þannig að gagnast við skoðun á umhverfisáhrifum jarðgufuvirkjana.

GÖGNIN

Sú úrvinnsla sem hér er lýst byggir á skrá in í Unix möppunni /i/grb/hellisheiði/umhverfismat/mw.a.holu. Úrvinnslan hófst með mati á umfangi borframkvæmda sem afla gufu fyrir jarðgufuvirkjanir. Þar var gerð eftirfarandi fyrirspurn inn í Oracle gangagrunn Orkugarðs sem skilar til baka fjölda vinnsluholna á þremur íslenskum borsvæðum:

```
sqlpp -t -q -F ' ' "select stadur, fra, dypi, borverk from bhm.borverk where stadur between 16901 and 16921 and tilgangurborunar like 'G' and tegundborunar in ('B', 'S') order by stadur" | sed 's/ 00:00:00.000//g' > svart.dat
```

```
sqlpp -t -q -F ' ' "select stadur, fra, dypi, borverk from bhm.borverk where stadur between 58001 and 58034 and tilgangurborunar like 'G' and tegundborunar in ('B', 'S') order by stadur" | sed 's/ 00:00:00.000//g' > krafla.dat
```

```
sqlpp -t -q -F ' ' "select stadur, fra, dypi, borverk from bhm.borverk where stadur between 95001 and 95025 and tilgangurborunar like 'G' and tegundborunar in ('B', 'S') order by stadur" | sed 's/ 00:00:00.000//g' > nesja.dat
```

Glöggir lesendur á sql grunna Orkugarðs sjá að hér eru sóttar holur boraðar í Svartsengi, á Nesjavöllum og í Kröflu. Leitað er í númerasýrþum vinnsluholna á þessum svæðum, en skilyrt að holunum sé lýst sem gufuholum (tilgangurborunar like 'G') og að verið sé að bora þær fyrsta sinni (tegundborunar in ('B', 'S')). Með þessum leitar-skilyrðum á að vera tryggt að fyrirspurnin skili einvörðungu fjölda holutoppa sem borframkvæmdir hafa skilið eftir á yfirborði jarðar.

Í öðru lagi var skoðað hvaða ár aflvélar jarðgufuvirkjana í Svartsengi, á Nesjavöllum og í Kröflu voru gangsettar fyrsta sinni. Upplýsingarnar eru fengnar hjá Þorgils Jónassyni á Orkustofnun. Tafla 1 sýnir það:

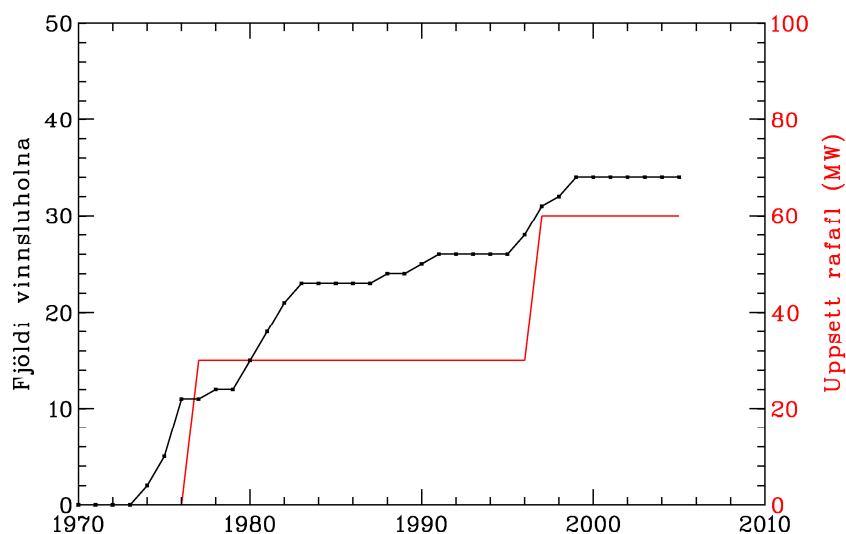
Tafla 1: Stærð og gangsetningarár nýrra aflvéla í íslenskum jarðgufuvirkjunum

Kröfluvirkjun		Nesjavallavirkjun		Orkuverið í Svartsengi	
Ár	Stærð (MW)	Ár	Stærð (MW)	Ár	Stærð (MW)
1977	30	1998	60	1977	2
1997	30	2001	30	1980	6
		2005	30	1989	3.6
				1993	4.8
				1999	30

FJÖLDI HOLNA OG UPPSETT AFL

Að fengnum upplýsingum um aflvélar og holufjölda lá næst fyrir að skoða gegnum tímann fjölda boraðra vinnsluholna og uppsett afl jarðgufuvirkjana á Íslandi. Myndir 1 til 3 sýna þetta.

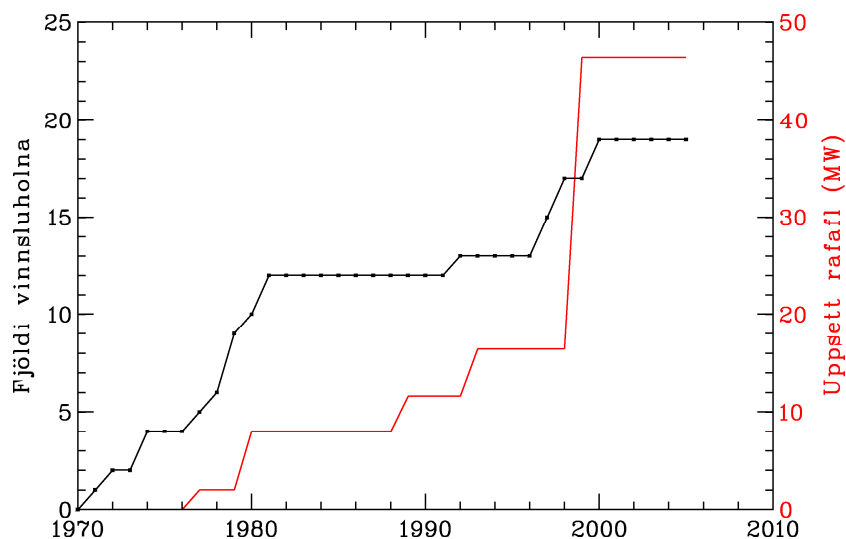
Ef sagan í Kröflu er fyrst skoðuð (mynd 1) einkennist hún af upphafsvandræðum, sem að stórum hluta stöfuðu af eldsumbrotum. Væntanlega er einnig ákveðin þróunarsaga í bland. Hvað um það, boranir halda áfram eftir að fyrri 30 MW vél virkjunarinnar er ræst árið 1976. Olli gufuskortur. Má segja að vélin hafi ekki skilað fullu afli fyrr en eftir árið 1990. Síðan líða 4-5 ár að markaður opnast fyrir meira rafmagn í landinu og boranir eru settar af stað fyrir seinni 30 MW vélin. Fer hún í gang og nær fullum afköstum 10 holum síðar, borið saman við að fyrri vélin náðist í full afköst eftir 24 holur.



Mynd 1: Fjöldi vinnsluholna og uppsett afl Kröfluvirkjunar með tímanum

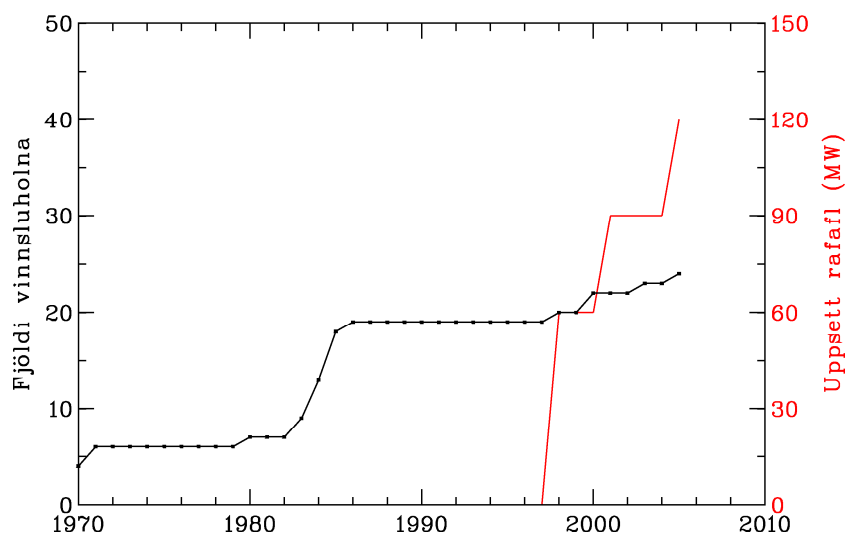
Erfitt er að fullyrða hvort boraðar hafi verið viðbótarholur í Kröflu, til að mæta aflhnignun eldri holna þann tíma sem aðeins 1 vél var í gangi. En hins vegar er skýrt að síðustu 5 árin hefur ekki komið til viðbótarborana fyrir 60 MW Kröfluvirkjun.

Mynd 2 sýnir borholufjölda og uppsett rafafli Orkuversins í Svartsengi. Þar þróast rafmagnshluti orkuversins seinna en varmastöðin, og einkennist af tiltölulega litlum einingum fram til 1999. Er engin viðbótarhola boruð milli 1980 og 1992, að könnunarboranir hefjast sem snerust að stækkunarhugmyndum. Sú 30 MW stækkun verður svo haustið 1999. Áður og um sama leyti er bætt við 6 nýjum vinnsluholum. Inn í þeim holufjölda er reyndar ein niðurrennslishola. Því má ljóst vera að holufjöldi í Svartsengi er metinn virkjuninni dálítið í óhag í þessari greinargerð.



Mynd 2: Fjöldi vinnsluholna og uppsett afl orkuversins í Svartsengi

Mynd 3 sýnir loks borholufjölda og uppsett afl Nesjavallavirkjunar. Sama þróun varð þar og í Svartsengi, virkjunin er upphaflega reist til framleiðslu á hitaveituvatni, en með stækkandi rafmagnsmarkaði er bætt við 60 MW vél árið 1998. Aðeins þurfti að auka við einni holu fyrir þá stækkun og tveimur til viðbótar við stækkunina upp í 90 MW árið 2001. Má segja að aflmínkun vinnsluholna allt tímabilið sé óveruleg og að enn hafi ekki komið til borunar á viðhaldsholum. Loks fjölgar vinnsluholum um tvær í viðbót við að stöðin stækkar í núverandi 120 MW.



Mynd 3: Fjöldi vinnsluholna og uppsett afl Nesjavallavirkjunar með tímanum

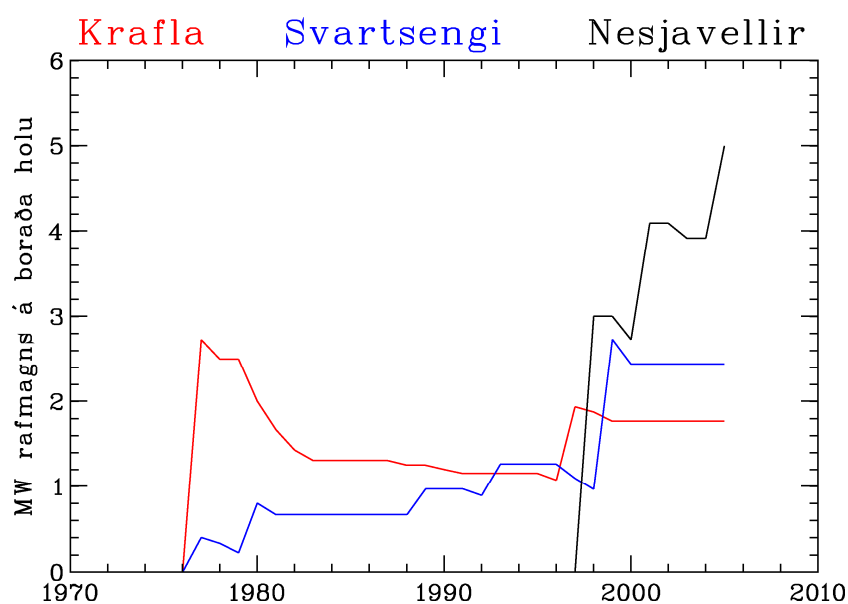
Að samanlögðu sýna myndir 1 til 3 að ekki er samband milli holufjölda og uppsetts afls í rafmagnsvélum jarðgufuvirkjana á Íslandi. Þarf miklu færri holur fyrir seinni en fyrri áfanga virkjananna þriggja.

Minna má á að lítil urðu fagnaðarlæti á íslenskum rafmagnsmarkaði við undirbúning og gangsetningu fyrstu rafmagnsvéllanna í Svartsengi og e.t.v. einnig á Nesjavöllum. Einkum reyndist snúið að sannfæra opinberar eftirlits- og leyfisveitingarstofnanir um ágæti rafmagnsframleiðslu með jarðgufu. Kann það að skýra hve seint er farið að framleiða rafmagn á þessu tveimur svæðum þó svo að kjöraðstæður væru fyrir hendi.

MEÐALFRAMLEIÐSLA HOLU

Þessari greinargerð er ætlað að gefa innsýn í hve mikla raforku má fá, tölfræðilega, úr meðalholu á íslenskum háhitasvæðum. Eins og svo oft áður má velja sér sjónarhorn. Eitt er að láta nýja holu blása út á hljóðdeyfi og þannig mæla afl hennar beint. Slíkar mælingar voru sem dæmi til umfjöllunar í grein Valgarðs Stefánssonar árið 1992. Þar fékk hann út að meðalrafafli holna á 29 háhitasvæðum vítt og breitt um heiminn hafi verið á þeim tíma 1,9 MW/holu og að í Kröflu væri meðaltalið 1,3 MW/holu. Jafnframt bendir Valgarður á að meðalaflið segi ekki allt. Þannig taki oft 5-10 holar að læra á jarðhitageyminn sem til stendur að virkja. Að loknum lærdómstímanum komi síðan önnur og hærri meðalafköst á holu. Þannig mat hann meðalholuna í Bjarnarflagi 4,8 MW, í Kröflu 3 MW, á Nesjavöllum 5,5 MW, á Reykjanesi 4,0 MW og í Svartsengi fengust meðalafköst upp á 8 MW/holu.

Hitt sjónarhornið er að meta holuafköst eingöngu út frá uppsettu afli í gufutúrbínunum og deila í það með fjölda holna sem skilgreindar eru í upphafi framkvæmdar sem vinnsluholur. Þessi aðferð er ágæt frá sjónarhóli umhverfismats, þar eð holutoppur og borplön eru ágætlega sýnileg fyrirbæri á yfirborði auk sjálfra virkjananna. Mynd 4 sýnir þetta út-reiknaða meðalafli. eru sömu gögn að baki og í myndum 1 til 3.



Mynd 4: Meðalafli vinnsluholna á íslenskum háhitasvæðum. Heildarfjöldi boraðra holna, án tillits til árangurs, er deilt í uppsett afl rafmagnsvéla.

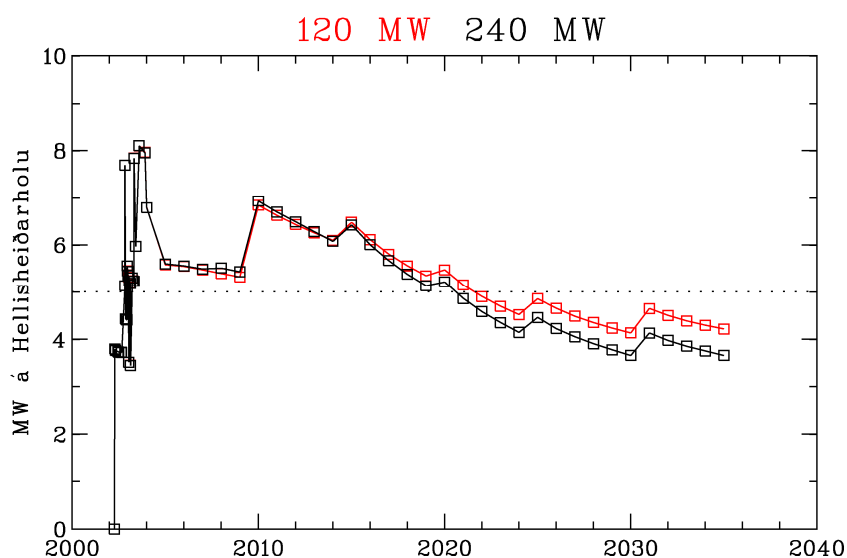
Mynd 4 sýnir að meðalrafafli holna í Kröflu og Svartsengi er nú nærri 2 MW alheimsmeðaltalinu. Nesjavallavirkjun er síðan í sérflokk með 5 MW á holu. Rétt er að ítreka að svona meðaltalsútreikningar eru grimm tölfræði og vanmeta borárangur síðustu ára gríðarlega. Kemur það vanmat fram á mynd 4 sem athyglisverð bæting í meðalafköstum holu eftir því sem orkuver eru stærri. Því má segja að ef meðalárangur af holu er eingöngu haft sem viðmið í mati á umhverfisáhrifum jarðgufuvirkjana, þá eru stærri virkjanir umhverfissvænni en þær minni.

Virkjanirnar sem nú rísa á Hellisheiði og á Reykjanesi eru ekki sýndar á mynd 4. En ef miðað er við að báðar framleiði um 100 MW, og að heildarfjöldi boraðra vinnsluholna við gangsetningu verði kringum 20 á hvorum stað, fæst að meðalholan í þessum stöðvum er einnig á sömu slóðum og á Nesjavöllum, skilar kringum 5 MW/holu.

VIÐHALDSBORANIR

Að því var vikið í myndum 1 til 3, að viðbótarholur á íslenskum háhitasvæðum, sem boraðar eru til að bæta upp aflminnkun eldri holna, eru vandfundnar og teljandi á fingrum annarar handar. Hins vegar er sú skoðun viðtekin að jarðgufuvirkjanir verði ekki reknar á fullum afköstum áratugum saman, nema með viðbótarborunum. eru þær t.d. nokkuð algengar erlendis nú á tímum. Nærtækasta skýring munarins sem er nú milli íslenskra og erlendra svæða, er væntanlega sú að þær íslensku hafa fram til þessa ekki gengið eins nærri vinnslupoli jarðhitakerfanna og tíðkast annars staðar.

Þó svo að íslensku jarðgufuvirkjanirnar hafi þannig, sagnfræðilega séð, nánast sloppið við að bora viðhaldsholur, er af og frá að ekki sé metin þörfin á þeim. Sérstaklega á það við á svæðum þar sem nákvæm reiknilíkön eru fyrir hendi. Gildir svo til að mynda um þá Hellisheiðarvirkjun sem nú er í byggingu. Mynd 5 sýnir spá um hvernig holum í reiknilíkani Hengils gangi að skila orku með tímanum, bæði við 120 og 240 MW rafmagnsframleiðslu á Hellisheiði (Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson, 2003; Grímur Björnsson, 2005). Hnignunin sem sést stafar af lækkuðum svæðisþrýstingi og lækkanði gufuhluta í jarðhitakerfinu. Stökk upp á við í ferlum verða þegar nýjar viðbótarholur koma inn, yfirleitt 2 til 3 í hvert sinn.



Mynd 5: Spár um meðalframleiðslu holna í reiknilíkani Hellisheiðar, sýnt í MW rafmagns. Miðað er við eimsvavél sem nýtir 2 kg/s af háþrýstigufu við 10 bör til að framleiða eitt MW.

Minna ber á að meðalafköstin á mynd 5 byggja á spá sem er vonandi varfærin. Spárnar liggja yfir 1,9 MW heimsmeðaltalinu og nærri þeim 4-5 MW/holu sem nú tíðkast að loknum lærdómstíma á Íslandi. Nú hefur verið giskað á að 120 MW stækkun Hellisheiðarvirkjunar verði keyrð í upphafi með 5 MW meðalholum, boruðum uppi á Skarðsmýrarfjalli (alls 25 holur). Ef horft er til myndar 5 má áætla að sömu holur skili að meðaltali 3-4 MW að 30 árum liðnum. Einföld margliða segir þá að ef 120 MW virkjun er keyrð á fullu afli á þeim tíma, muni vinnsluholurnar samtals fara í 30 til 40 að tölu.

NIÐURSTAÐA

Þessar eru helstar niðurstöður af sagnfræði- og reiknilíkanagrúski um afköst og vinnsluþol íslenskra háhitaholna:

- Mun fleiri vinnsluholur eru að baki eldri en yngri áföngum íslenskra jarðgufuvirkjana. Veldur að tíma tekur að læra á jarðhitakerfi með borunum. Eru máttlitlar holur oft boraðar á þeim lærdómstíma, sem dregur niður meðaltalið.
- Ef fjölda boraðra vinnsluholna er deilt í uppsett MW rafmagns í jarðgufuvirkjunum, kemur í ljós að meðalafl vinnsluholna á íslenskum háhitasvæðum eykst eftir því sem uppsett afl virkjana eykst.
- Ef meta á umhverfisáhrif jarðgufuvirkjana eingöngu út frá fjölda boraðra vinnsluholna, fæst að stærra virkjanir eru umhverfisvænni en þær minni.
- Meðalafköst holna í Svartsengi og Kröflu, metin með hlutfalli uppsetts afls og holufjölda, eru kringum 2 MW meðan Nesjavallavirkjun stendur í 5 MW. Ný borsvæði Hellisheiðar- og Reykjanesvirkjana virðast ná svipuðum árangri og á Nesjavöllum.
- Talið er að sáralítið hafi verið borað af viðhaldsholum á íslenskum háhitasvæðum fram til þessa. Hugsanleg skýring er að vinnslan hefur til þessa ekki gengið eins nærri hámarksgetu svæðanna og tíðkast víða erlendis.
- Stækkun Hellisheiðarvirkjunar, úr 120 í 240 MW rafmagns, gæti þurft 25 nýjar holur á Skarðsmýrarfjalli við gangsetningu. Ef marka má spár gerðar með reiknilíkani, er gískað á að meðalholan á fjallinu rýrni úr 5 í 3-4 MW rafmagns eftir 30 ára rekstartíma við full afköst virkjunar. Hefur heildarfjölda vinnsluholna þá vaxið í 30 til 40 að þeim tíma liðnum.

Í lokin má minna á að þessi greinargerð vanrækir framleiðslu heits vatns til húshitunar í jarðgufuvirkjununum í Svartsengi og á Nesjavöllum. Mikill varmi er fólgin í þeirri framleiðslu. Ef honum er bætt inn í meðalafköst á svæðunum tveimur má vísast tvö- til þrefalda afl vinnsluholna frá því sem sýnt er á mynd 4.

HEIMILDASKRÁ

Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson, 2003: Reiknilíkan af jarðhitakerfum í Hengli og spár um framtíðarástand við allt að 120 MW rafmagnsframleiðslu á Hellisheiði og 120 MW á Nesjavöllum. Íslenskar orkurannsóknir ÍSOR-2003/009 150 s.

Grímur Björnsson, 2005 Hellisheiðarvirkjun - Skarðsmýrarfjall: spár um viðbrögð jarðhitakerfis við stækkun raforkuvers úr 120 í 240 MW. ÍSOR-2005/022 20 s.

Valgarður Stefánsson, 1992: Success in geothermal development. Geothermics. Vol. 21, No 5/6, pp. 823-834.