

Varmarafali fyrir rannsóknatæki í óbyggðum

Lokaskýrsla til Orkusjóðs
Nóvember 2003

Verkefnið hófst í ágúst 2002 og hefur það markmið að þróa rafala sem nothæfur er við erfiðar veðurfarsaðstæður, t.d. ísingi, einkum með þarfir jarðvísindamanna og veðurfræðinga í huga og gera þeim þannig kleift að þetta mælinet sitt.

Helstu framkvæmdir og niðurstöður verkefnisins eru:

- Hannaður hefur verið varmarafali sem er loftkældur og byggist á því að honum berist heitt vatn eða gufa. Þessi rafali er nú orðin fullþróuð vara. Afköst rafalans eru því meiri sem kaldara er í veðri og af hans fer eftir lengd. Afl rafalans er 3-20 W á hverjum lengdarmetra.
- Skoðuð hefur verið aflþörf ýmissa mælitækja og er ljóst að með því aflí sem varmarafalinn gefur er þörfum vel flestra slíkra tækja fullnægt auk fjarskiptabúnaðar sem kæmi niðurstöðum til byggða.
- Rafallinn hefur verið settur upp við holutoppa bæði á Nesjavöllum og Hellisheiði. Tækið hefur bæði verið prófað á vatni og gufu. Aðstæður við aðra holutoppa hafa verið skoðaðar.
- Þróuð hefur verið lausn þar sem varmarafali sækir varma í opinn hver eða laug með "thermosyphon" kerfi. Þetta kerfi byggir á lokaðri hringrás þar sem varmi flyst með suðu og þéttingu á vökkva.
- Varmarafali hefur verið settur upp á Grímsfjalli í Vatnajökli. Þessi rafali nýtir varma úr borholu á fjallinu með "thermosyphon" kerfi.
- Kostir Methanol efnarafala hafa verið athugaðir með það að markmiði að hann geti gagnast sem afgjafi fyrir mælitæki.

Starfsmenn sem starfað hafa við verkefnið eru:

Þorleifur M. Magnússon, Rannsóknasviði Orkustofnunar
Árni Geirsson vélaverkfræðingur, Varmarafi
Bjarni Þór Hafsteinsson, vélaverkfræðingur, Varmarafi
Jóhann Kjartansson, vélvirki, Varmarafi.

Verkefnisstjóri,
Bjarni Hafsteinsson.

Hjálögð Fylgiskjöl:

1. Varmarafali, Thermator A Tæknilýsing.
- 2: Smart Fuel Cell A25, Tæknilýsing
3. Álit sérfræðings Íslenskra Orkurannsókna (ÍSOR) á Varmarafalatækninni og árangri verkefnis.

Varmarafali fyrir rannsóknatæki í óbyggðum

1. Þróun Loftkælds rafala

Myndin sýnir loftkældan rafala sem bróaður hefur verið. Þessi rafali hefur hlutið nafnið Thermator A er nú orðinn markaðsvara. Auk þess notkunarsviðs að framleiða rafmagn fyrir rannsóknartæki þá hefur rafallinn nýst sumarhúsaeigendum, og hefur Varmaraf nú þegar selt nokkra rafala til slíkra nota. Rafalinn er hannaður með það í huga að hann geti á einfaldan hátt hlaðið 12 Volta rafgeymi með hámarksafli, en aflið er 3-20 W eftir veðuraðstæðum.

Gegnum miðju rafalans liggur rennslisrás fyrir heitt vatn eða gufu. Varmi berst frá rásinni gegnum varmarafmagnseiningar til loftkælirifja. Í þeirri gerð sem sýnd er á mynd 1 eru 20 varmarafmagnseiningar.



Mynd 1. Thermator A varmarafali

Þar sem rafalinn notar hitastigsmismun milli hitaveituvatns/gufu og andrúmsloftsins til rafmagnsframleiðslu verður afleiðingin sú að framleiðslan er mjög háð veðri og útihitastigi. Eftir því sem hitastig varmagjafans hækkar framleiðir tækið meira rafmagn. Að auki skiptir kælingin miklu máli. Lægra hitastig, aukinn vindhraði og úrkoma eru allt þættir sem auka rafmagnsframleiðsluna. Til að gefa hugmynd um afl tækisins er hér sýnd tafla sem sýnir rafafl miðað við mismunandi hitastig vatns. Gert er ráð fyrir 3 l/min rennsli á vatninu. Miðað er við að útihitastigið sé 4 °C og um sé að ræða logn. Tafla 1 sýnir rafmagnsframleiðslu tækisins.

Hitastig hitaveitu (°C)	Rafafl (W)
45	2,4
55	4,2
60	5,0
75	6,5
80	8,0

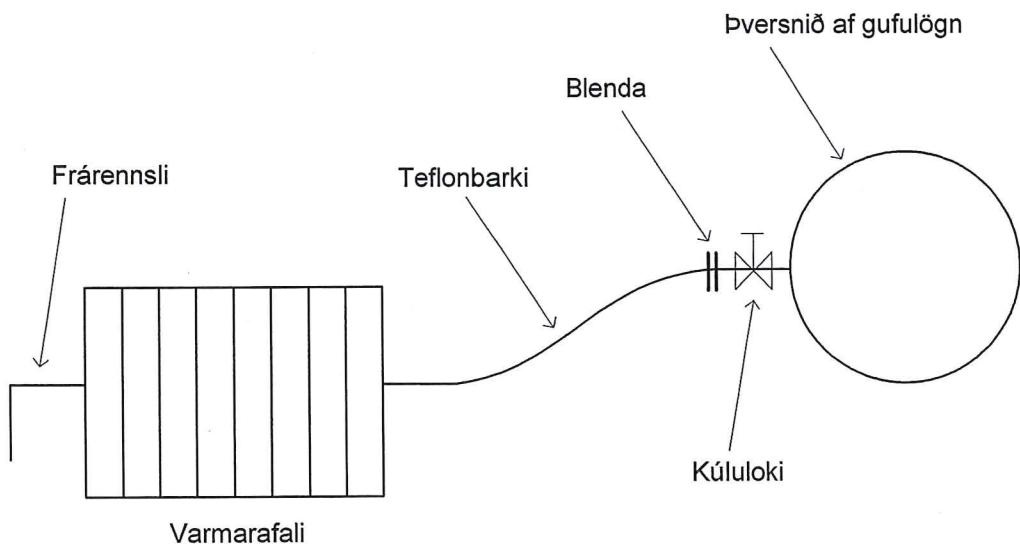
Tafla 1. Rafafl tækis. Útihitastig 4°C og logn

Ýtarlega tæknilýsingu á rafalanum er að finna í fylgiskjali 1.

2. Notkunarsvið

2.1 Holutoppar

Á Nesjavöllum hefur varmarafalinn verið settur upp við Holu Nr. 16. Í þessu tilfelli streymir gufa við c.a 1 bar þrýsting gegnum tækið. Samráð hefur verið haft við sérfræðinga VGK um frágang gufulagna að rafalanum. Mynd 2 sýnir lauslega fyrirkomulag lagna að rafalanum.



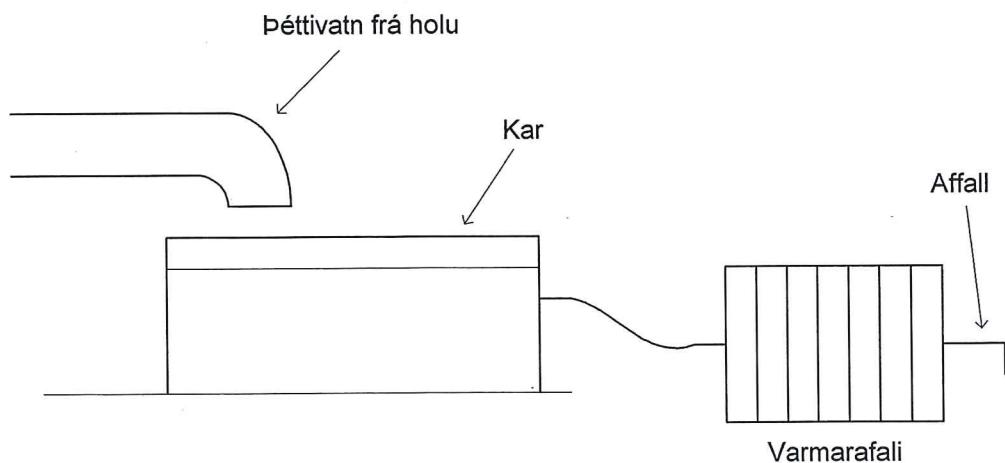
Mynd 2. Fyrirkomulag á varmarafala við Holutopp. Gufustreymi gegnum tækið.

Hlutverk blendunnar á mynd 2 er að fella gufuþrýsting úr c.a. 12 bar niður í 1 bar. (þrýstingurinn í pípunni frá holunni er c.a 12 bar) Þannig streymir c.a 100 °C heit gufa gegnum rafala og síðan út í andrúmsloftið. Streymið er það lítið að það hefur óveruleg áhrif á afkastagetu holunnar. Mælingar Varmarafs gefa til kynna að við þessar aðstæður geti varmaraffallinn framleitt c.a 20 W af rafmagni stöðugt. (meðaltal yfir 1 ár)



Mynd 3. Varmarafali uppsettur við holu nr. 16 á Nesjavöllum

Einnig hefur verið settur upp varmarafali á Hellisheiði við nýboraða holu þar. Þessi hola er í blæstri og rennur því þéttivatn frá henni í lípu yfir í yfirlífskar. (sjá mynd 4 og 5) . Í þessu tilfelli rennur vatn í gegnum rafalann. Mynd 4. sýnir skematiskt frágang á rafalanum.



Mynd 4. Fyrirkomulag á varmarafala við Holutopp. Vatnsstreymi gegnum tækið.

Í þessu tilfelli er sjálfreynslu gegnum rafalann, þar sem inntakið stendur hærra en affall rafalans. Mælingar hafa sýnt u.p.b 15 W meðal rafafl við þessar aðstæður.



Mynd 5. Varmarafali uppsettur við holu á Hellisheiði

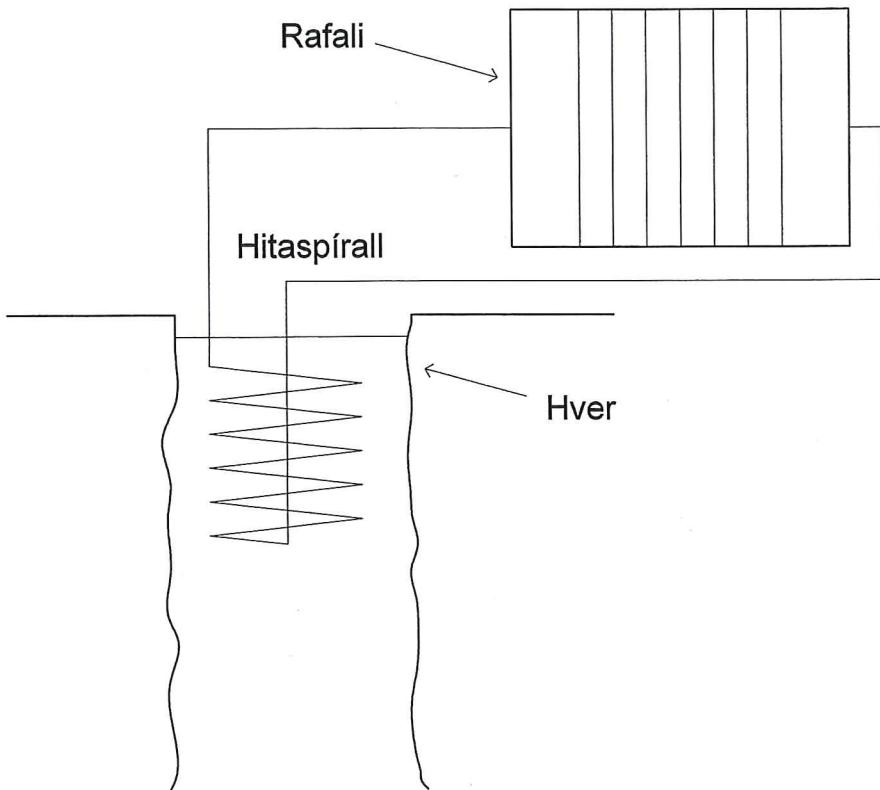
Samantekt

Komið hefur eftirfarandi í ljós við prófanir á holutoppum:

- Fyrir rannsóknir á nýboruðum holum getur varmarafallinn auðveldlega fullnægt aflþörf þeirra mælitækja sem notuð eru við holuprófanir. Þetta veldur því að minna álag verður á rafgeyma og ekki þarf að skipta þeim út né endurhlaða.
- Fyrir holur sem komnar eru í rekstur, þá er auðveldlega hægt að framleiða >20 W af rafmagni stöðugt við holutoppinn. Þetta rafmagn er síðan hægt að nýta til almennra þarfa, til lýsingar, knýja mælitæki eða hvað sem mönnum dettur í hug.

2.2 Hverarafalar

Thermator-A varmarafalinn hefur einnig verið útbúinn þannig að hann geti sótt varma í opinn hver, laug eða borholu og framleitt þannig rafmagn. Þetta er þannig gert að notuð er lokað hringrás með alkahóli. (sjá skýringarmynd nr. 6) Alkahólið sýður í spíralnum sem er umlukinn heitu vatni, gufan rís síðan eftir pípunni og inn í rafalann, þar þéttist hún og þéttivökvinn lekur til baka ofan í spíralinn. Með þéttingu og suðu vökvans í hringrásinni næst mjög virkur varmaflutningur frá hveravatninu til rafalans. Svona kerfi eru kölluð "Thermosyphon" lykkja.



Mynd 6. Varmarafali með Thermosyphon kerfi

Svona uppsetningu með Thermator-A varmarafala hefur nú verið komið fyrir á Grímsfjalli á Vatnajökli. Uppi á Grímsfjalli er borholu og í henni er að finna heitt vatn. Ofan í borholuna er síðan leiddur spírall svipað og sýnt er á myndinni hér að ofan. Varmarafalinn er síðan tengdur við spíralinn, þannig að varmi berst að honum. Rétt er að geta þess hér að á Grímsfjalli höfðu þegar verið gerðar tilraunir með varmarafala af Jöklarannsóknafélagi Íslands, en rafali Varmarafs hefur reynst sterkbyggðari og öruggari, enda hefur verið lögð mikil vinna í hönnun og útfærslu hans. Kerfið á Grímsfjalli framleiðir að meðaltali 10-12 Wött af rafmagni og er það nýtt til að knýja mælitæki Jöklarannsóknafélagsins og Veðurstofu Íslands. Mynd 7 sýnir rafalann á Grímsfjalli.



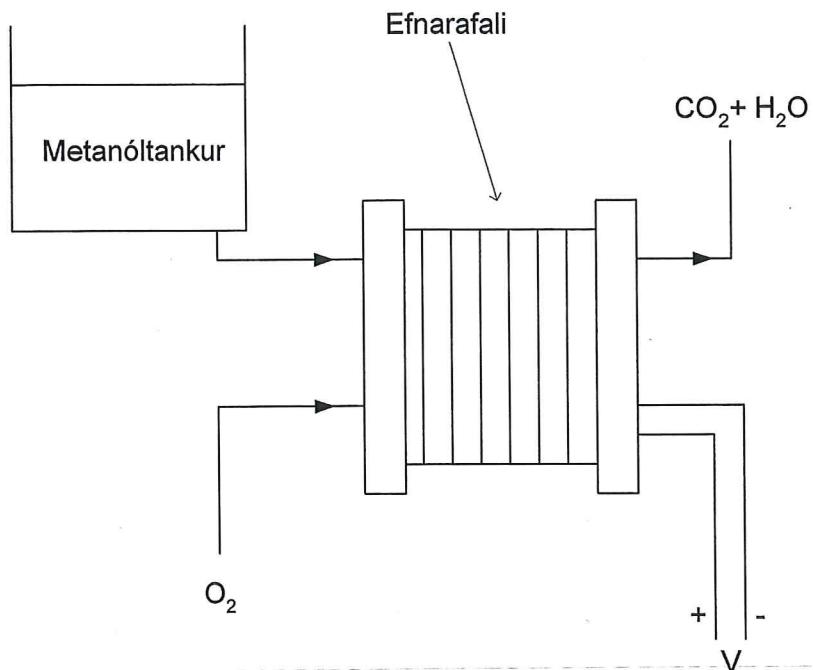
Mynd 7. Varmarafali uppá Grímsfjalli

Samantekt um gagnsemi Hverarrafala:

- Þar sem opnir hverir eða laugar eru fyrir hendi má framleiða rafmagn, 10-25 Wött per með Thermator-A varmarafala. (Per einingu)
- Hægt er að framleiða meira afl eftir aðstæðum með því að fjölgum einingum.
- Fyrirsjánlegt er að þessi tækni geti nýst t.d fyrir fjallaskála þar sem laugar eða hverir eru til staðar.

Efnarafali fyrir rannsóknatæki í óbyggðum

Í upphaflegri verkefnisáætlun var gert ráð fyrir að smíðað yrði kerfi sem nýtti varma frá bruna eldsneytis til rafmagnsframleiðslunar. Komið hefur í ljós við rannsóknir hjá Varmaraf að erfitt er að finna hentugan brennara sem getur gengt þessu hlutverki. Því var tekin sú ákvörðun í samstarfi við Orkusjóð að beina þróun á varmarafalanum frekar að þeim stöðum þar sem jarðvarma er að finna. Fyrir þá staði sem ekki er jarðvarmi var tekin sú ákvörðun að skoða frekar möguleika efnarafala (fuel cell) til rafmagnsframleiðslu. Miklar rannsóknir eru í gangi í dag við þróun efnarafalataekni. Fyrir þau notkunarsvið sem hér eru til athugunar þá er það niðurstaða verkefnisaðila að metanol-knúnir efnarafalar (Direct methanol fuel cell) henti einna best. Skýringarmynd af slíku kerfi sést á mynd 8.



Mynd 8.

Helstu kostir þessarar tækni telja verkefnisaðilar að séu:

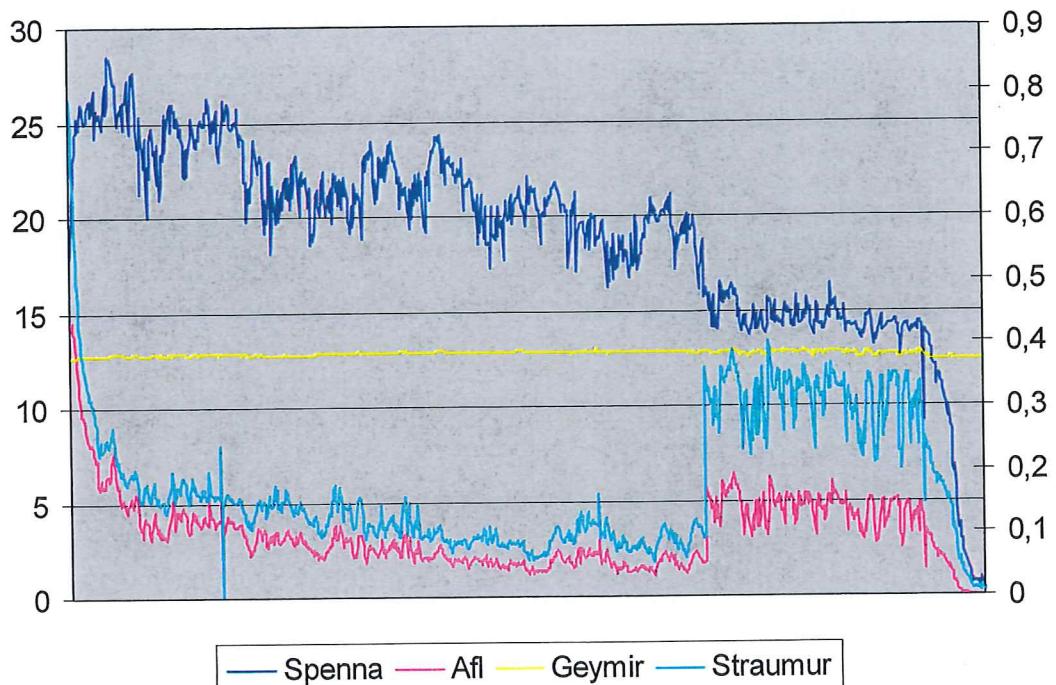
- Metanól er tiltölulega ódýrt og auðmeðhöndlánlegt eldsneyti
- Orkuþéttini metanóls er mjög há miðað við t.d rafgeyma (allar gerðir)
- Efnarafali hefur góða nýtni ($> 40\%$)
- Af fyrrgreindu leiðir að aflgjafinn getur gengið mjög lengi án þess að eldsneytisáfyllingar sé þörf.
- Efnarafali byggir á "solid state" tæki, þ.e.a.s í honum eru engir hreyfanlegir hlutir, (svipað og í varmarafalanum) þannig að allar líkur eru á því að áreiðanleiki þeirra geti orðið mikill.

Um þessar mundir eru fyrstu efnarafalarnir af þessari gerð að verða fáanlegir á almennum markaði. Í fylgiskjali 2 má sjá tæknilysingu á 25 W methanol efnarafala sem gæti nýst hentugur sem aflgjafi við erfiðar aðstæður þar sem jarðvarmi er ekki fyrir hendi.

Prófanir á varmarafal við háhitaborholu.

Framkvæmd:

Í vor, nánar tiltekið 4. apríl 2003 var settur upp varmarafall við háhitaborholu á Hellisheiði. Holan er í eigu Orkuveitu Reykjavíkur, einkenni er HE-07. Holan var þá í blæstri þ.e. í afkastamælingu. Við holuna var tölvubúnaður frá Campbell til sískráningar á hegðun holunar. Skráningarbúnaður þessi fær venjulega orku frá rafgeymi, 12 V, 115 Ah. Oft er einnig notuð sólarrafhlæða við samkonar mælibúnað. Ætlunin var að kanna hvort nota mætti varmarafal í stað sólarrafhlöðu og nýta heitt affalsvatn og loftkælingu. Var rafallinn tengdur við sjálfrennandi vatn í mælikari, nærri 100 °C og loftkældur við nátturulegar aðstæður úti. Varmarafallinn var tengdur við sambyggðan aflbreyti / hleðslustýringu í safntölvunni. Inngangur í aflbreytinn er fyrir 16 - 28 V DC og gefur út annars vegar regluð 12 V og hins vegar 12-14 V til hleðslu á geymi. Fyrst í stað var ekkert annað álag haft á rafalnum en þann 28. maí var sett 64 Ohm viðnám til hliðar við aflbreytinn til að auka álagið á varmarafalinn. Það má segja að tilraun þessari hafi lokið 27. júní, en þá stíflast heitavatnsrörið að varmarafalnum vegna borsvarfs sem hrúgaðist upp í mælikarinu og festist eða "steypist" saman þannig að ekki var hægt að moka þessu í burtu. Þetta svarf þéttist síðan og lokaði fyrir innstreymi og spennan frá rafalnum féll niður fyrir 12 Volt. Þar sem Campbell tölvan er til þess gerð að safna gögnum, voru settar upp mælirásir fyrir straum og spennu frá varmarafalnum. Á línumurití hér að neðan sjást ferlar fyrir rafalsspennu, geymaspennu, rafalsstraum og reiknað afl.



Niðurstöður:

Auðvelt er að koma svona varmarafal fyrir og koma honum í gang. Eingöngu þarf rennandi heitt vatn, í þessu tilfelli sjálfrennandi úr kari sem var uppb. 50 cm hærra en rafallinn. Ekki þarf ræsibúnað, dælur né flókna stýringu (aðra en innbyggð er í umræddan tölvubúnað) til að koma þessu af stað og láta þetta ganga. Borsvarfið sem stöðvaði tilraunina er ekki venjulega til vandræða við svona aðstæður en hins vegar má alltaf búast við útfellingum í jarðhitavatni. Hegðun sú sem sést af fyrri hluta línumitsins, þegar aflið frá rafalnum er hægt að falla, tel ég að skýrist af hækkandi lofhita. Varmarafallinn nýtir muninn á heita vatninu og lofhita til að framleiða raforku og því eru logn og hlyindi ekki hentugar aðstæður. Segja má að prófandi hafi því skilað góðum niðurstöðum og varmarafallinn hafi skilað orku verulega umfram þarfir tækjana.

Þorleifur Magnús Magnússon
Íslenskar orkurannsóknir
(áður Rannsóknarsvið Orkustofnunar)
Grensásvegi 9
108 Reykjavík