

Um sjálfbæra vinnslu jarðhita. Umfjöllun
málstofu Orkustofnunar

**Guðni Axelsson, Ásgrímur Guðmundsson,
Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Pálmason,
Halldór Ármannsson, Helga Tulinius,
Ólafur G. Fóvenz, Sveinbjörn Björnsson,
Valgarður Stefánsson**

Um sjálfbæra vinnslu jarðhita

Umfjöllun málstofu Orkustofnunar

1. Inngangur

Vorið 2000 var sett á fót málstofa á Orkustofnun, sem hafði tvíþætt verkefni:

- 1) Að skilgreina hugtakið sjálfbær nýting jarðhita og
- 2) fjalla um endurnýjanleika jarðhitans ásamt því að ákvarða hvernig endurnýjanleikinn tengist sjálfbærri nýtingu hans.

Í málstofunni sitja Guðni Axelsson eðlisfræðingur, Ásgrímur Guðmundsson jarðfræðingur, Benedikt Steingrímsson eðlisfræðingur, Guðmundur Pálmason jarðeðlisfræðingur, Halldór Ármannsson efnifræðingur, Helga Tulinius jarðeðlisfræðingur, Ólafur G. Flóvenz jarðeðlisfræðingur, Sveinbjörn Björnsson eðlisfræðingur og Valgarður Stefánsson eðlisfræðingur. Málstofan hélt átta fundi frá því í mars 2000 og fram í janúar 2001 þar sem mismunandi sjónarmið voru rædd. Í þessari greinargerð er fjallað um niðurstöðu málstofunnar um fyrra verkefnið, þ.e. skilgreininguna á sjálfbærri nýtingu. Niðurstaða seinna verkefnisins bíður annarrar greinargerðar.

Fundi málstofunnar má líta á sem upphaf mun stærra verkefnis, sem hefur það lokamarkmið að endurnýja jarðvarmamat Orkustofnunar fyrir Ísland frá 1995 og svara um leið spurningunni hve mikla jarðhitaorku er unnt að vinna á sjálfbæran hátt á Íslandi? Í framhaldi núverandi vinnu mun málstofan m.a. leggja drög að þeim aðferðum sem beitt verður við þetta stóra verkefni.

Hugtakið sjálfbær þróun kom fyrst fram á sjónarsviðið við útgáfu Brundtland-skýrslunnar árið 1987, og hefur það mjög verið í tísku síðan. Þar er sjálfbær þróun skilgreind þannig að þörfum okkar á líðandi stund sé fullnægt á þann hátt að ekki verði gengið á möguleika komandi kynslóða til að fullnægja þörfum sínum. Þessi skilgreining er í eðli sínu loðin og er algengt að menn leggi mjög mismunandi merkingu í hugtakið. Einkum hefur það vafist fyrir mönnum hvern skilning eigi að leggja í “þarfir komandi kynslóða”. Hvernig getum við vitað hverjar verða þarfir komandi kynslóða frekar en þeir Ingólfur Arnarson og Snorri Sturluson gátu gert sér í hugarlund þarfir kynslóðanna á tuttugustu og fyrstu öldinni?

Eitt veigamesta atriðið í umræðunni um sjálfbæra þróun er auðlindanýting. Hvernig getum við nýtt auðlindir jarðarinnar án þess að takmarka möguleika niðja okkar til afnota af heimsins gæðum? Í umræðunni um auðlindanýtingu er heppilegt að skilgreina hugtakið sjálfbær nýting auðlindar. Slík skilgreining þarf að vera nægilega nákvæm, og almenn samstaða um merkingu hugtaka, til þess að umræða og samanburður fari fram á sömu nótum. Ekki hefur farið mikið fyrir umfjöllun um sjálfbæra nýtingu jarðhita á þeim 13 árum sem liðin eru síðan Brundtland-skýrslan kom út, þó að endingartími jarðhitavinnslu hafi lengi verið í brennidepli meðal nýtenda jarðhita. Nákvæm skilgreining hefur t.d. ekki verið sett fram. Nokkuð er þó af skrifum, sem nýta þetta hugtak í umfjöllun um jarðhita, en án nákvæmra skilgreininga, eða þá fyrst og fremst vegna þess að hugtakið er í tísku.

Þetta kom í ljós á Alþjóðlegu jarðhitaráðstefnunni í Japan árið 2000 (WGC 2000), en þar voru ekki gerðar neinar tillögur um skýrar skilgreiningar og nokkur hugtakaruglingur kom þar fram. Þó er rétt að benda á skrif Valgarðs Stefánssonar (2000a, 2000b) og Wright (1999).

Á níunda áratugnum voru gerðar tvær tilraunir til þess að gera einhvers konar stærðarmat á jarðhita Íslands. Annars vegar mat Gunnars Böðvarssonar frá 1982, sem var endurskoðun á eldra mati hans (Gunnar Böðvarson; 1954, 1982), og hins vegar mat Orkustofnunar frá 1985 (Guðmundur Pálmason o.fl., 1985). Í hvorugu tilfellinu er talað um sjálfbæra nýtingu, enda hugtakið ekki komið í tísku. Reyndar voru áherslur mismunandi í þessum tveimur tilfellum því Gunnar metur heildarorkustrauminn í gegnum landið en í Orkustofnunar skýrslunni er stuðst við svokallaða rúmmálsaðferð (“volumetric-method”) til þess að meta orkuforðann í jarðskorpunni niður á ákveðið dýpi. Til einföldunar má segja að í fyrra tilfellinu sé lítið á jarðhitann sem æstæðan orkustraum, en í því seinna sem orkuforða (eða námu). Munurinn felst þó í áherslum á mismunandi eðlisþætti jarðhitans (í öðrum skrifum leggur Gunnar áherslu á mikilvægi orkuforðans og í Orkustofnunar skýrslunni er jafnframt lagt mat á varmastrauminn).

Hér á eftir verður fjallað aðeins um reynsluna af vinnslu jarðhita og birtar nokkrar dæmisögur þar að lútandi. Þá er birtur kjarninn í umfjöllun málstofunnar og tillaga hennar að einfaldri skilgreiningu á hugtakinu sjálfbær nýting jarðhita. Í viðauka A eru birtar íslenskar skilgreiningar á nokkrum hugtökum tengdum umræðum hópsins. Þá eru í viðauka B birtar fundargerðir hópsins fyrir þá átta fundi á árunum 2000 og 2001 sem tileinkaðir voru endurnýjanleikanum. Í viðauka C eru svo tekin saman eitthvað af skrifum málstofumeðlima tengd umfjöllunarefninu.

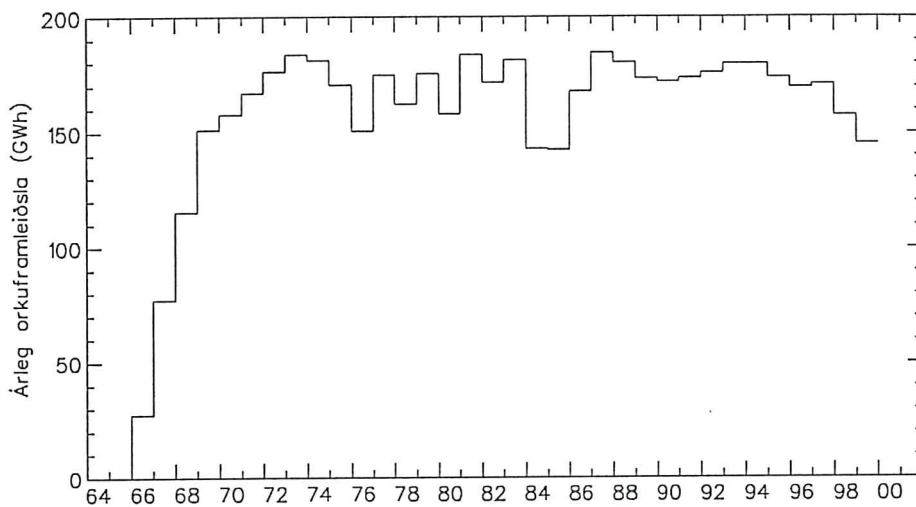
Til gamans má benda á eftirfarandi klausu í Innansveitarkróniku Halldórs Laxnes (1970, bls. 166), en í þeirri bók kemur jarðhiti töluvert við sögu: “Jarðhiti er að því leyti ólíkur kolanámu að náman eyðist eftir því sem tekin eru meiri kol uns hún fer á hausinn, en sjóðandi hverir hafa óbreytt vatnsmagn í miljón ár, hvort sem tekið er mikið eða lítið vatn.”

2. Um vinnslu jarðhita

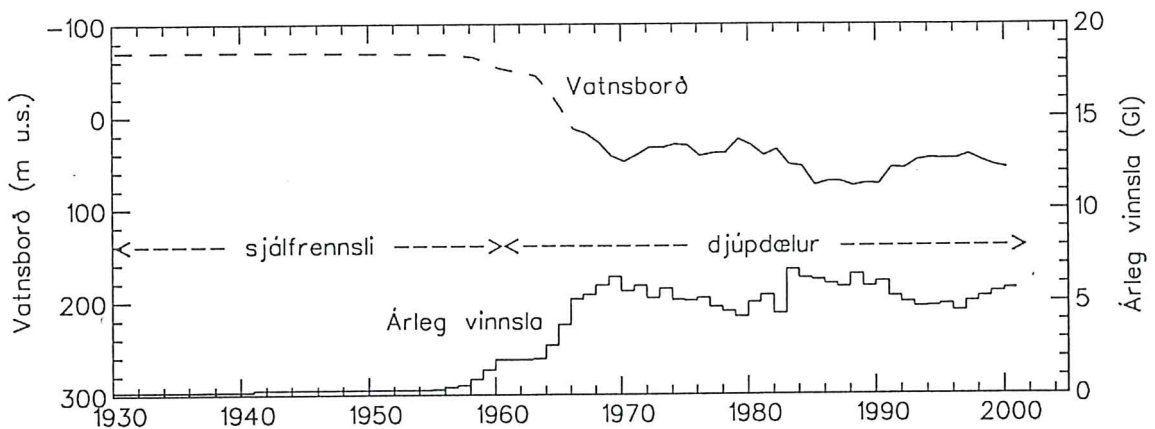
Jarðhiti er unninn sem heitt vatn og/eða gufa úr jarðhitakerfum í iðrum jarðar og koma áhrif vinnslunnar aðallega fram sem lækkun vatnsþrýstings í kerfunum. Jarðhitakerfin eru þess eðlis að “lítil” vinnsla hefur svo litla truflun í för með sér að hægt er að halda vinnslunni óbreyttri í mjög langan tíma (hundruð ára), en áhrif “mikillar” vinnslu eru svo mikil að ekki er hægt að viðhalda henni til lengdar. Það fer svo eftir eðli og eiginleikum hvers jarðhitakerfis hvað telst “lítil” og hvað telst “mikil” vinnsla. Mikil vinnsla tæmir reyndar ekki jarðhitakerfi (auðlindina) heldur kemur það til með að jafna sig eftir vissan tíma ef vinnslan er minnkuð eða henni hætt.

Nú er komin nokkurra áratuga reynsla á vinnslu jarðhita úr fjölmörgum jarðhitakerfum bæði hér á Íslandi og víðar á jarðarkringlunni, auk þess sem reiknilíkön hafa verið sett upp fyrir fjölda þeirra. Reynslan frá mörgum þessara svæða, eða þá líkanreikningar, hafa sýnt að með því að halda vinnslu innan ákveðinna marka er hægt að halda jarðhitakerfinu nokkurn veginn í jafnvægi í mjög langan tíma. Nefna má ýmsa hvergi og laugar, eins og hinn vatnsmikla Deildartunguhver í Borgarfirði, sem dæmi um jarðhitavinnslu sem lítið hefur breyst í mjög langan tíma. Þá eru Laugarnessvæðið í Reykjavík og Matsukawa í Japan dæmi um jarðhitavinnslusvæði þar sem vinnslan hefur lítið breyst í áratugi. Mynd 1 sýnir 35 ára vinnslusögu í Matsukawa, en fjallað verður nánar um Laugarnes-svæðið hér á eftir.

Gott dæmi um jarðhitavinnslu, sem náð hefur nokkurn veginn jafnvægi, er vinnslan á Laugarnessvæðinu í Reykjavík. Mynd 2 sýnir að þrýstingur í jarðhitageyminum var óbreyttur fyrstu 30 árin þegar vinnsla takmarkaðist við sjálfrennsli úr borholum. Á sjöunda tug síðustu aldar var farið að nota djúpdælur í Laugarnesi og á þann hátt var vinnsla tífölduð, eins og fram kemur á myndinni. Við þessa breytingu á vinnslutilhöggun lækkaði vatnsborð (þrýstingur) í jarðhitageyminum um eina 120 m. Síðastliðin 30 ár hafa þrýstingur og meðalvinnsla hins vegar haldist nokkuð stöðug. Þetta dæmi sýnir að jarðhitakerfið hefur fundið sér nýtt jafnvægi þó að vinnslan úr kerfinu hafi verið aukin tífalt frá því sem var lengst af. Þetta þýðir einnig að aðstreymi inn í jarðhitageyminn er nú u.þ.b. tíu sinnum meira en í upphaflegu ástandi. Jarðhitakerfið í Laugarnesi virðist vera í nokkurn veginn jafnvægi, þrátt fyrir þessa aukningu í vinnslu, og allt bendir til að hægt sé að viðhalda vinnslunni 5-6 GJ á ári í mjög langan tíma.

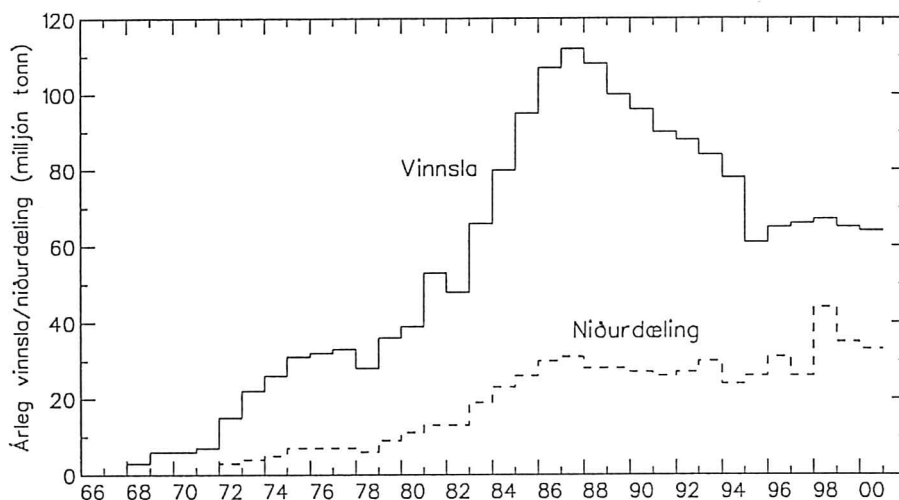


Mynd 1. Vinnslusaga jarðhitakerfisins í Matsukawa í Japan.



Mynd 2. Vinnslusaga jarðhitakerfisins í Laugarnesi í Reykjavík.

Ekki er vitað hve miklu meira er hægt að draga niður í jarðhitakerfinu í Laugarnesi án þess að kerfið beri skaða af, en auðsjáanlega er fyrir hendi eins konar jafnvægisástand við mun meiri vinnslu en samsvarar náttúrulegu afrennsli. Á hinn bóginn eru til dæmi þess að vinnsla úr jarðhitakerfum hafi verið svo mikil að jafnvægi hafi ekki náðst og þrýstingur í viðkomandi jarðhitageymi hafi lækkað stöðugt með tímanum. Þannig aðstæður hafa t.d. komið upp á Geysers svæðinu í Kaliforníu. Þar voru á sínum tíma settar upp 20 jarðhitavirkjanir, sem gátu framleitt samtals um 2000 MW af raforku. Hins vegar varð niðurdráttur í jarðhitakerfinu til þess að ekki var hægt að vinna eins mikla gufu og þurfti fyrir allar virkjanirnar og vinnslan minnkaði jafnt og þétt fram til ársins 1995, eins og kemur fram á mynd 3. Aðstreymi til jarðhitageymisins á Geysers svæðinu takmarkar þá vinnslu sem hægt er að viðhalda til langs tíma. Nú hefur verið lagt í mikla fjárfestingu til að auka niðurdælingu í jarðhitageyminn (mynd 3) og er vonast til að hún, ásamt minni vinnslu, muni stuðla að því að viðhalda u.þ.b. 1000 MW vinnslu um nokkurt skeið.



Mynd 3. Vinnslusaga Geysers-jarðhitakerfisins í Kaliforníu

3. Skilgreining á sjálfbærri vinnslu jarðhita

Umfjöllunin um vinnslu jarðhita hér að framan sýnir að fyrir sérhvert jarðhitakerfi ætti að vera til einskonar vinnsluþröskuldur þess eðlis að ef vinnslan er undir þessum þröskuldi þá er hægt að halda henni stöðugri í mjög langan tíma. Hins vegar eru takmörk fyrir því hve mikinn jarðhita er hægt að vinna úr hverju jarðhitakerfi ef jafnvægi á nokkurn veginn að haldast. Fyrir hvert jarðhitakerfi eru þannig til mörk sem skilja á milli þeirrar vinnslu sem hægt er að viðhalda óbreyttri í mjög langan tíma og vinnslu sem hefur svo mikil áhrif á jarðhitakerfið að hún muni óhjákvæmilega minnka með tíma.

Einfaldast er að líta á sjálfbæra nýtingu auðlindar sem sömu nýtingu í langan tíma, en spurningin er hve langan tíma ber að miða við. Í sumum tilfellum hefur verið stuðst við afskriftartíma jarðhitavirkjana (30 ár) sem viðeigandi tímakvarða. Þá hefur jarðhitavinnslu stundum verið líkt við námuvinnslu, sem ásamt þessum stutta tímakvarða hefur sáð efasemdum um að hægt sé að nýta jarðhita á sjálfbæran hátt inn í umræðuna. Á hinn bóginn má hugsa sér tímakvarða með jarðsögulega tilvísun, t.d. tímamann frá lokum síðustu ísaldar (10.000 ár). Segja má að það sé einnig óraunhæfur tímakvarði, borinn saman við

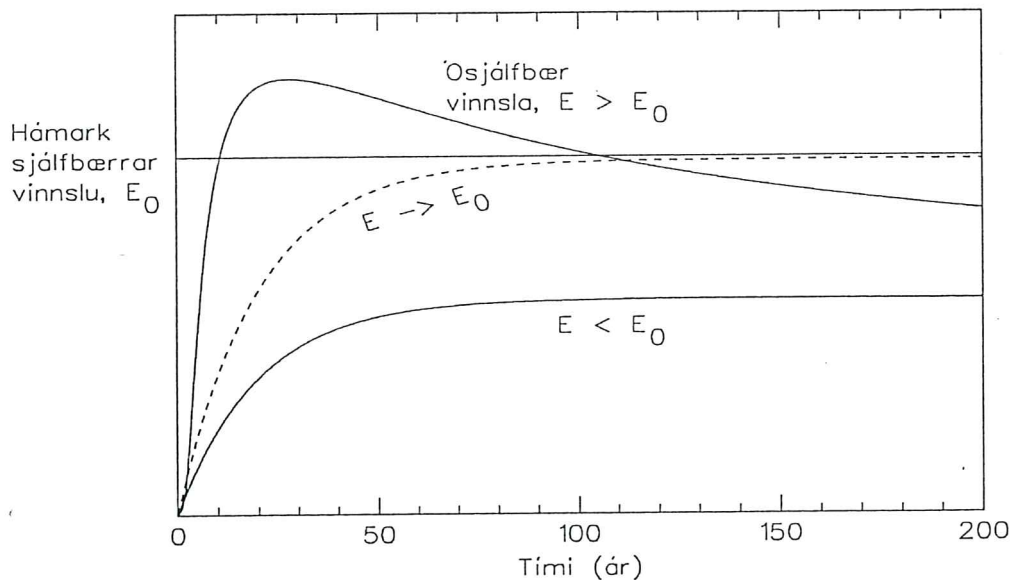
tímakvarða mannlegra athafna. Viðeigandi tímakvarði liggur því einhver staðar þarna á milli.

Höfundar þessarar greinar leggja til eftirfarandi skilgreiningu á hugtakinu “sjálfbær vinnsla jarðhita á einu jarðhitasvæði.” Skilgreining þessi tekur hvorki til hagrænna atriða, umhverfismálefna né tækniþróunar, en búast má við að slíkir þættir sveiflist mikið í tímans rás.

Fyrir sérhvert jarðhitasvæði, og sérhverja vinnsluáðferð, er til ákveðið hámarksvinnslustig, E_0 , sem er þannig háttað að með lægra vinnslustigi en E_0 er unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu frá kerfinu yfir mjög langt tímabil (100-300 ár). Sé vinnsluálag meira en E_0 , er ekki unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu svo lengi. Jarðvarmavinnsla minni en eða jöfn E_0 er skilgreind sem *sjálfbær vinnsla* en vinnsla umfram E_0 er ekki sjálfbær.

Skilgreining þessi tekur til allrar vinnanlegrar orku, og er því í raun háð eðli kerfis þess sem um er fjallað, en ekki álagsþáttum eða nýtni. Hún er og háð vinnsluáðferð sem getur falið í sér sjálfrennsli, dælingu, niðurdælingu eða vinnslu með hléum. Gildi E_0 er óþekkt fyrirfram en það má meta út frá þekktum gögnum, þ.e. með líkanreikningum. Mynd 4 sýnir megindrættina í ofangreindri skilgreiningu.

Hér má nefna að aðferð Gunnars Böðvarssonar (1982) við mat á orkustraumi jarðhita fyrir Ísland gefi e.k. lágmarksmat á því hve mikla jarðhitaorku er unnt að vinna á sjálfbæran hátt á landinu öllu, ef hægt er að meta hve stóran hluta orkustraumsins er hægt að nýta. háttað.



Mynd 4. Skýringarmynd fyrir hugtakið sjálfbær vinnsla jarðhita.

Heimildir

Guðmundur Pálmason, Gunnar V. Johnsen, Helgi Torfason, Kristján Sæmundsson, Karl Ragnars, Guðmundur I. Haraldsson og Gísli K. Halldórsson, 1985: Mat á jarðvarma Íslands. Orkustofnun, OS-85076/JHD-10, 134 s.

Gunnar Böðvarsson, 1954: Terrestrial heat balance in Iceland. *Tímarit Verkfræðingafélags Íslands*, **36**, 1-49.

Gunnar Böðvarsson, 1982: Terrestrial energy currents and transfer in Iceland. Í Guðmundur Pálmason (ritstj.): *Continental and oceanic rifts, Geodynamic Series*, **8**, Am. Geophys. Union, 271-282.

Halldór Laxnes, 1970: *Innansveitarkrónika*. Helgafell, Reykjavík, 182 s.

Philip Michael Wright, 1999: The sustainability of production from geothermal resources. Fyrirlestur við Jarðhitaskóla Sameinuðu þjóðanna, Reykjavík, september 1999, 42 s.

Valgarður Stefánsson, 2000a: The renewability of geothermal energy. *Proceedings of the World Geothermal Congress 2000*, Kyushu-Tohoku, Japan, maí - júní 2000, 6 s.

Valgarður Stefánsson, 2000b: Endurnýjanleiki jarðhita og sjálfbær nýting (ágrip). Staða jarðhita á Íslandi, ráðstefna Jarðhitafélags Íslands, Reykjavík, nóvember 2000. *Rit Jarðhitafélags Íslands 2000-1*, 29-32.

Viðauki A: Orðalisti/skilgreiningar.

Nokkur grundvallarhugtök tengd jarðhita og jarðhitanytingu

Enska	Íslenska	Skýring
Geothermal activity	Jarðhiti	
Geothermal energy	Jarðhiti, jarðvarmi, jarðhitaorka	
Geothermal system	Jarðhitakerfi	Kerfið í heild sinni
Geothermal area	Jarðhitasvæði	Eingöngu tengt yfirborði
Geothermal field	Vinnslusvæði (jarðhita)	— „ —
Geothermal region	Jarðhitahérað	— „ —
Geothermal reservoir	Jarðhitageymir	Heiti og vatnsgæfi hluti jarðhita-kerfis, sem hægt er að nýta til orkuframleiðslu (geta verið fleiri en einn geymir í sama kerfi)
Aquifer	Vatnsleiðari	
Feed-zone	Vatnsæð (í borholu)	Þrengsta merkingin, e.t.v. margar vatnsæðar í einum vatnsleiðara.
Temperature	Hiti	

Viðauki B: Fundargerðir málstofunnar mars 2000 – janúar 2001.

FUNDUR UM SJÁLFBÆRA NÝTINGU JARÐHITA 22/3 2000

Vinnuhópur um sjálfbæra nýtingu jarðhita hélt sinn fyrsta fund 22. mars 2000. Í hópnum eru: Guðni Axelsson stýrimaður, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Pálmason, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz, Sveinbjörn Björnsson og Valgarður Stefánsson. Öll sóttu fundinn.

Guðni reifaði markmið og leiðir. Lokamarkmið vinnu hópsins sagði hann tvíþætt:

- 1) Að endurnýja jarðvarmamat frá 1985.
- 2) Að svara um leið spurningunni: Hve mikla jarðhitaorku er unnt að vinna á sjálfbæran hátt á Íslandi?

Fyrsti áfangi verkefnisins verði unninn á formi málstofu og verði verkefni hennar tvíþætt:

- 1) Að skilgreina hugtakið sjálfbær nýting jarðhita.
- 2) Að tengja sjálfbærni endurnýjanleika jarðhita.

Valgarður fór yfir fyrri hugmyndir og hvernig vinnanleiki jarðhitasvæða væri metinn. Litið væri á hvert svæði sem lokaðan tank sem vinna mætti x MW úr á y árum. Oft væri miðað við 30 ára afskriftartíma, og hefði sá misskilningur læðst að mönnum að auðlindina þryti eftir 30 ár. Minnti hann á stöðugan varmastraum og orku í honum sem Gunnar Böðvarsson hefði metið sem 30 GW en í jarðvarmamatinu frá 1985 væri hún metin á 24 GW á Íslandi. Verkefnið sem fyrir lægi væri að meta hve mikinn hluta þeirrar orku væri unnt að nýta á sjálfbæran hátt. Minnti hann á að hugtakið “sjálfbær þróun” hefði fyrst náð eyrum fólks við útkomu Brundtland-skýrslu 1987. Skilgreining þess hugtaks væri loðin og pólitísk, en í henni lægi að ekki yrði gengið á möguleika komandi kynslóða. Í framhaldi af henni mætti skilgreina sjálfbæra nýtingu sem sömu nýtingu í langan tíma. Í ljósi þess stutta tíma, sem komið hefði verið að hjá mönnum að jarðhitasvæði entust, væri virkjun þeirra líkt við námavinnslu og því ætti að geyma virkjun þeirra þar til vatnsorka hefði verið virkjuð að fullu. Að vísu hefði þetta sjónarmið eingöngu verið sett fram varðandi raforkuvinnslu; ekki hefðu enn komið fram raddir um að leggja niður hitaveitur landsins og nýta eingöngu vatnsaflsknúna raforku til húshitunar.

Guðmundur gerði athugasemdir við framsetningu Valgarðs á lokaða tankinum þar sem varmastreymi frá hliðum var sýnt auk varmainnstreymis að neðan. Í jarðvarmamatinu var allt landið tekið með í dæmið og því ekki um neinn varmastraum frá hliðum að ræða. Í jarðvarmamatinu var varmaforði eingöngu metinn niður á ákveðið dýpi, þ.e. 3 km, en á þeim tíma var ekki talið hagkvæmt að bora dýpra. Meta þarf áhrif varmastraums að neðan til lengri og skemmri tíma. Valgarður vill taka fram að við framsetningu hans á lokaðum tanki hefði eingöngu verið til meðferðar streymi inn í tankinn og út úr honum aftur, en ekki hvort streymi kæmi inn í hann að neðan eða frá hlið.

Sveinbjörn vildi afmarka umfjöllunarefni og benti á 3 atriði í því sambandi:

- 1) Heiti sem eru á reiki, t.d. jarðhitakerfi.
- 2) Eðlisfræði, einkum hvort um er að ræða varmaflutning með leiðni eða burði (“convection”).
- 3) Pólitík. Hann kvað of þröngt að fjalla um virkjanleika með orkuna eina sem útgangspunkt og taldi að umhverfismál yrðu til að takmarka virkjun jarðhitasvæða. Benti hann á að í tengslum við starf sitt að Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma hefði hann orðið þess var að gert væri ráð fyrir að um helmingur allra háhitasfvæða landsins yrði friðaður.

Ásgrímur taldi raunverulegt mat á virkjanleika mjög stutt á veg komið og benti á að tvennt þyrfti til að svæði yrði virkjanlegt, þ.e. varmastraum og vatnsgengd.

Guðni játaði að hann bæri í brjósti nokkra sektarkennd vegna áróðurs sem hann og félagar hans hefðu haft uppi við hitaveitur, þegar verið var að koma á reglulegu eftirliti með vinnslu, en þá hefði verið lögð áhersla á að jarðhiti væri takmörkuð auðlind og bæri að líta á nýtingu hans sem námavinnslu.

Benedikt spurði hvar mörkin lægju, hvað væri endurnýjanlegt. Olía væri væntanlega ekki endurnýjanleg þar sem endurnýjun væri mun hægari en vinnsla. Hvað um vinnslu varma úr heitu, þurru bergi? Í framhaldi af því fjallaði Ólafur um tímabáttinn. Varmi myndi alltaf tapast jafnvel þó að hann væri yfirþyrmandi og hvort sem væri vegna notkunar eður ei. Því væri raunhæft að nota hann meðan hann væri tiltækur. Þannig væri tímaskali miðaður t.d. við lok ísaldar, þ.e. 10.000 ár algerlega óraunhæfur sem viðmiðun um endingu í langan tíma. Einnig benti hann á að jarðhitaorka gæti víða verið til staðar þar sem ekki sjást ummerki á yfirborði, þ.e. utan þekktra jarðhitasvæða, og neðan e-s dýpis, t.d. 1 km gæti leynst gnótt háhita, e.t.v. undir öllu gosbeltinu. Til slíks gæti þurft að taka tillit.

Sveinbjörn benti á að jarðhitasvæði gætu orðið vinnanleg aftur nokkru eftir að vinnslu er hætt. Helsti vandinn væri að lektarbreytingu væri oft ekki hægt að snúa við. Taldi hann að kanna yrði raunveruleg dæmi um svæði sem hætt hefði verið að vinna.

Guðni sagði að lokum að ráðgert væri að störfum málstofu lyki í sumar, gert væri ráð fyrir að hópurinn hittist hálfsmánaðarlega þangað til og næsti fundur yrði fimmtudaginn 6. apríl kl. 09:00. Þá benti hann á möppu með greinum og greinargerðum um umfjöllunarefni hópsins, sem hann hefði undir höndum og nefndarmenn gætu nálgast.

6. apríl 2000

Halldór Ármannsson

Viðstaddir: Guðni Axelsson, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Pálmason, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius og Valgarður Stefánsson.

Beðið var um athugasemdir við fundargerð síðustu fundar og vildi Valgarður taka fram að við framsetningu hans á lokuðum tanki hefði eingöngu verið til meðferðar streymi inn í tankinn og út úr honum aftur, en ekki hvort streymi kæmi inn í hann að neðan eða frá hlið. Var fundargerðin samþykkt með þessari athugasemd. Þá hafði og verið lagður fram pistill um störf hópsins er birtast skyldi í Ossa og var hann samþykktur athugasemdalaust.

Næst voru til umfjöllunar heimildir um sjálfbærni. Valgarður benti á Brundtland skýrslu þar sem hægt væri að fá orðréttar skilgreiningar. Guðni skýrði frá heimildaleit með stikkorðunum “sustainable” og “sustainability” á veflista GRC og komu upp um 30 titlar. Nokkur ljósrit voru látin ganga. Ekki var að finna nákvæmar skilgreiningar í þessum heimildum. Valgarður benti á umfjöllun um fiskveiðistefnu og þá einkum greinar eftir Ragnar Árnason og Gunnar Stefánsson og taldi að þeirra skilgreiningar mætti hafa til hliðsjónar. Guðmundur taldi að Jakob Björnsson ætti í fórum sínum fleiri minnisblöð um þetta efni en hópurinn hefði fengið.

Þá var horfið að atriðum sem fram ættu að koma í skilgriningu. Guðni reifaði þau og nefndi tíma, nýtingu einstakra svæða, nýtingu á landsvísu, nýtingu hvers svæðis á eftir öðru, tegund orkunýtingar á mismunandi tímum, greiningu á milli raforku og varmaorku, við hvaða mörk/skilyrði hætta skuli nýtingu svæðis, orkunýtni, t.d. einangrun húsa. Valgarður taldi að stysti tími sem mögulegt væri að miða við um sjálfbærni væri 100 ár. Talan 300 ár hefði oft verið nefnd, t.d. hefði P.M. Wright notað hana í fyrirlestrum sínum í jarðhitaskóla SP 1999. Á slíkum tíma verða miklar breytingar á mannlegu samfélagi og reiknuðu hagfræðingar fjárhagslegt gildi nýtingar miðað við núvirði. Slíkir reikningar gefa að núvirði verði á bilinu 10^{-6} til 10^{-12} eftir 300 ár og taldi hann það ekki raunhæft og vildi fara milliveg milli 100 ára lágmarksins og þessara 300 ára og miða við 200 ár. Ekki var hann viss um að nema fáir mundu kaupa núvirðisreikninga en taldi sjálfsagt að þeir væru nefndir í umræðu. Guðmundur spurði hvort fjallað væri um núvirði í Brundtland-skýrslu og hélt Valgarður að svo væri ekki enda texti hennar pólitískur og eina viðmiðunin að takmarka ekki möguleika komandi kynsóða. T.d. væri þar ekki útilokuð gernýting orkulinda, t.d. væri viðunandi að Norðmenn ynnu alla þá olíu sem þeir næðu úr Norðursjó strax ef þeir legðu nægilega mikið af ágóðanum fyrir til þess að innistæðan nýttist afkomendum jafn vel og olía geymd í lindum.

Þessi umræða leiddi til umræðu um mismunandi verðmæti orkulindar á mismunandi tíma. Guðni benti á að hver orkulind ætti sinn líftíma, t.d. kol, olía og kjarnorka. Helga nefndi tré, mó og tað sem nýtt hefðu verið til upphitunar á Íslandi í 1000 ár. Halldór rifjaði upp umræðu um kjarnorku með bræðingu (“fusion”) í kringum 1970 og hvernig sú stefna var tekin að flýta vatnsaflsvirkjunum meðan þær væru enn samkeppnishæfar. Guðmundur minnti á að á 19. öld hefði ekki verið unnt að nýta jarðhita og rafmagn til húshitunar þar sem tækni til að leiða hefði ekki verið fyrir hendi. Spurði hann hvort viðstaddir sæju fyrir sér nokkra aðra tækni en þá sem nú er notuð til að leysa hana af hólmi. Halldór nefndi þann ólíklega möguleika að nægilegt náttúrulegt gas gæti fundist, en Ásgrímur gerði vindorkuver að umtalsefni og hvort uppsetning sklíkra vera væri ekki stórt umhverfisvandana.

Guðmundur sagði að skipta þyrfti umræðunni eftir því hvort fjallað væri um háhita eða lágghita, en Valgarður vildi að fjallað yrði um sjálfbærni sem almennt hugtak sem tæki t.d. til fiskstofna líka. Guðni og Helga spurðu hvort um eilífan stofn gæti verið að ræða. Guðmundur benti á að fiskur endurnýjaði sig sjálfur en spurði hvort jarðhiti gerði það. Helga taldi að um vissa hliðstæðu væri að ræða ef annaðhvort væri ofnýtt. Benedikt benti að í báðum tilvikum væri um dýnamísk kerfi að ræða. Guðmundur sagði endurnýjun fiskstofna annars eðlis en endurnýjun jarðhita. Guðni benti á að kvikuflutningar og varmaleiðni sæju um endurnýjun jarðhitasvæða og Ásgrímur og Guðni komust að þeirri niðurstöðu að þess vegna næðist ekki að eyðileggja jarðhitasvæði. Benedikt taldi þó að um rányrkju gæti orðið að ræða. Valgarður og Helga nefndu tvö dæmi, þ.e. nýtingu Geysissvæðisins í Kaliforníu og hrun síldarstofnsins á Íslandi. Valgarður taldi umræðuna hafa teygst sig fram úr markmiðum sínum með umfjöllun um endurnýjanleika. Hliðstæða væri vissulega fyrir hendi varðandi fiskstofna en enn væri ekki ljóst hver hún væri. Helga benti á

að skilgreiningar yrðu að vera einfaldar þannig að almenningur og stjórnámálmenn skilji. Benedikt tók til umræðu afrakstursgetu og minnti á að hún er oft háð nýtingu annarrar tegundar og Guðmundur spurði hvernig aflahámark væri metið af Hafró og sagði Valgarður gengið út frá % af stofni.

Valgarður lagði til að miða við 200 ár og meta svæði í litlum einingum og leggja síðan saman orku þeirra. Síðan mætti gera mat fyrir landið í heild og gera samanburð. Taka þyrfti til athugunar raf- og varmaorku og afl. Taka þyrfti tillit til niðurdælingar en framfarir í orkunýtni væru utan þess sem hópurinn gæti metið. Kvaðst hann efast um að unnt væri að nota skilgreiningu úr Brundtland-skýrslunni þar eð hún tæki aðeins til hugtaksins “sjálfbærrar þróunar” en hér þyrfti að skilgreina nýtt hugtak “sjálfbæra nýtingu”. Benedikt tók dæmi af nýtingu á Nesjavöllum þar sem nú væri að fara í hönd blómaskeið raforkuvinnslu, en síðar tæki við blómaskeið til upphitunar, vegna lækkandi vermis. Ofkeyrsla í nokkurn tíma fylgt eftir með hvíld gæti verið réttlæt看leg til að nýta slík skeið. Vissulega þyrfti alltaf að taka tillit til hugsanlegrar samnýtingar svæða innan kerfis. Valgarður sagði hana teljast til rekstrarlegrar útfærslu, en til væru takmörk og mætti halda rekstri föstum innan þeirra.

Guðni sagði rétt að miða að því að fara yfir og samræma skilgreiningar á helstu hugtökum á næsta fundi og halda sér síðan við þær. Nokkrar frekari umræður spunnust um tímabáttinn og reikninga á niðurdrætti. Þá var samþykkt að Helga tæki að sér að lesa yfir fyrirlestur P.M. Wright frá jarðhitaskóla S.Þ. og skýra fundarmönnum frá efni hans á næsta fundi. Guðmundur benti á grein eftir Hanano sem æskilegt væri að lesa. Nefndarlimir höfðu merkt við rit á lista og voru beðnir að merkja við þau sem bæst hefðu við. Þá var ákveðið að Halldór sæji um að ljósrita þau gögn sem menn höfðu bætt á heimildalista ásamt nokkrum greinum, sem Guðni hafði prentað af Internetinu og leyft mönnum að skoða.

3. maí 2000

Halldór Ármannsson

ÞRIÐJI FUNDUR VINNUHÓPS UM SJÁLFBÆRA NÝTINGU JARÐHITA 4. MAÍ 2000

Viðstaddir: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Stengrímsson, Guðmundur Pálmason,
Guðni Axelsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz, Sveinbjörn
Björnsson og Valgarður Stefánsson.

Fundurinn hófst kl. 09:00. Í upphafi var fundargerð síðasta fundar samþykkt með smávægilegum lagfæringum. Ákveðið var að númer fundar skildi framvegis koma fram í fundargerð.

Næsta mál á dagskrá var umfjöllun um skilgreiningar á nokkrum hugtökum tengdum jarðhita og jarðhitanýtingu. Var það gert að tillögu Sveinbjörns, en sum þessara hugtaka hafa verið á nokkru reiki. Guðni lagði fram uppkast að lista með enskum heitum helstu hugtakanna og íslenskri útgáfu þeirra. Mest af fundartímanum fór í umfjöllun um þennan lista og skilgreiningar á hugtökunum. Ekki verður fjallað ítarlega um þær umræður hér, en niðurstöður hópsins munu birtast í endanlegum lista síðar. Þó má nefna að fundarmenn voru sammála um að *jarðhitakerfi* (geothermal system) ætti að nota yfir allt vatnskerfið og hitagjafann, frá köldu innstreymi til útstreymis (hverir og laugar). Þrengri skilgreining fælist í *jarðhitageymi* (geothermal reservoir), sem nær yfir heita og vatnsgæfa hluta jarðhitakerfis, sem gætu verið aðskildir og því fleiri en einn (sbr. efri og neðri geymi jarðhitakerfisins í Kröflu). Innan hvers geymis geta svo verið einn eða fleiri *vatnsleiðarar* (aquifers), en *vatnsæðar* (feed-zones) eru þar sem borholur skera vatnsleiðarana. Bent var á að orðaskrá byggingarverkfræðinga gæti orðið til gagns, en hún mun vera orðin mjög ítarleg. Sveinbjörn benti á það að umræddur listi gæti orðið til gagns við umhverfismat vegna jarðhitanýtingar, en á þeim vettvangi virðast ýmis hugtök nokkuð vera á reiki.

Í lok fundar var tæpt á nokkrum atriðum til viðbótar. Stuttlega var rætt um grein Hanano *et al.* (Geothermics, 1990), sem lá frammi á fundinum. Endursögn Helgu á grein Mike Wright frestast til næsta fundar. Auk þess sagði Valgarður frá svari, sem honum hafði borist frá Sjávarútvegsráðuneytinu (frá Guðrúnu nokkurri Eyjólfsdóttur) við fyrirspurn um hvernig sjálfbærni væri skilgreind í sjávarútvegi. Hann átti þó von á frekari upplýsingum af þeim vettvangi og bíður því frekari umfjöllun næsta fundar. Að lokum spurði Guðni hvort ekki væri orðið tímabært að setja drög að skilgreiningu á „sjálfbærri nýtingu jarðhita“ á blað sem grundvöll frekari umræðu. Fundarmenn voru sammála um að það gæti orðið til bóta.

Fleira ekki tekið fyrir og fundi slitið kl 10:30.

Guðni Axelsson

4. FUNDUR UM SJÁLFBÆRA NÝTINGU JARÐHITA 15/9 2000

Viðstaddir: Ásgrímur Guðmundsson, Guðmundur Pálmason, Guðni Axelsson, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz, Sveinbjörn Björnsson og Valgarður Stefánsson.

Vinnuhópurinn hittist eftir hlé frá í byrjun maí. Guðmundur skýrði frá því að hann hefði fest hugleiðingar sínar um sjálfbæra nýtingu jarðhita á blað 15. maí 2000 og dreifði eintaki af blaðinu. Sú spurning er hann velti aðallega fyrir sér er: “Hve mikla jarðhitaorku er unnt að vinna á sjálfbæran hátt á Íslandi?” Helstu vandkvæði við að svara þeirri spurningu taldi hann að ekki væri til skilgreining á hugtakinu “komandi kynslóðir”. Hann skýrði síðan frá því að hann væri að fara af landi brott og kæmi ekki aftur fyrir en í desember. Helga las úr fyrirlesturum P.M. Wright fyrir Jarðhitaskóla S.Þ., og kom það af stað umræðum um hvernig ætti að skilgreina landsvæði sem nýta skyldi á sjálfbæran hátt, t.d. einstök jarðhitasvæði, t.d. Nesjavelli, eða allt Ísland.

Í framhaldi taldi Guðmundur að markaður myndi ráða hvort nýting yrði sjálfbær, en raforkunýting væri hreyfanlegri en húshitun. Helga benti á að eftir 300 ár mætti reikna með stórbættri tækni við nýtingu og þar með aukinni endingu auðlinda. Valgarður taldi að við ættum að vera fjáls í hugsun og ekki of bundin af orðalagi, t.d. Brundtland-skýrslu. Halldór benti á langa nýtingu Larderello-svæðisins og töldu menn áhrif þeirrar nýtingar hljóta að vera vel skráð og geymd. Sveinbjörn spurði : “Að hve miklu leyti teljum við jarðhita endurnýjanlegan?” og benti á að varmaleiðni er of hægt ferli til að virkjendur geti sætt sig við hana sem viðmiðun. Varmaburður hentar þeim betur. Þá benti hann á að víða væri hætt að greina á milli hugtakanna endurnýjanlegur og sjálfbær. Þó hlyti “sjálfbær” alltaf að vera pólitískt hugtak. Sagði hann af reynslu sinni í samskiptum við sænska umhverfisfræðinema sem sögðu Svía hætta að flokka vatnsorku sem endurnýjanlega vegna óafturkræfra áhrifa á umhverfi sem virkjun hennar hefði í för með sér. Ólafur benti á samanburð við stofnstærð tegunda í sjó. Eru þorskveiðar umhverfisvænar? Helga ítrekaði í lok yfirferðar á fyrirlesturum P.M. Wright að helsta niðurstaðan væri að með bættri tækni breyttust hugmyndir. Í samantekt taldi Guðni að þær hugmyndir sem þar kæmu fram væru að tímamörk á sjálfbæra nýtingu væru 300 ár, hún ætti að miðast við takmörkuð svæði en taka þyrfti mið af hagfræði og tækni.

Ólafur benti á samanburð við beitingu lands, þar sem gras væri endurnýjanlegt en nýting þess ekki sjálfbær. Á 17. öld hefði verið ofbeitt en nú fengist betri afrakstur vegna breyttrar tækni. Helga benti á að nýting á “heitu, þurru bergi” gæti verið hliðstæða ef það yrði nýtt á hagkvæman hátt eftir 300 ár. Ásgrímur benti á annars konar nýtingu, t.d. með hjálp hitakærra örvera. Valgarður vildi að greint væri á milli nýtingar og auðlindar, þar sem nýting gæti verið sjálfbær en aðeins auðlindin endurnýjanleg. Ólafur ræddi efnahagslegar forsendur nýtingar og samkeppni frá öðrum orkulindum. Guðmundur taldi að hugtak eins og sjálfbæra nýtingu skyldi ræða á hagfræðilegum forsendum og aðskilja þætti á borð við umhverfismál að sem allra mestu leyti.

Guðni minnti á alþjóðlegu jarðhitaráðstefnuna í Japan sem margir sóttu s.l. vor og spurði á hvaða stigi mönnum hefði virst umræða um sjálfbæra nýtingu jarðhita vera. Voru menn sammála að hún hefði verið heldur ruglingsleg og skammt á veg komin.

Ákveðið var að þeir Guðni og Valgarður kæmu saman og settu niðurstöður umræðna hópsins á blað og sendu síðan öðrum meðlimum til breytinga og viðbóta. Helga minnti á Orkuþing 2001 sem gæti orðið heppilegur vettvangur til að koma þeim niðurstöðum á framfæri. Ólafur velti því fyrir sér hvort slík framsetning ætti að vera lokaniðurstaða hópsins, en Helga taldi að grein í virt tímarit ætti að fylgja.

Guðni skýrði frá að hann væri á leið til Grikklands og var ákveðið að hópurinn hittist aftur þegar hann kæmi til baka seint í október. Fleira ekki rætt.

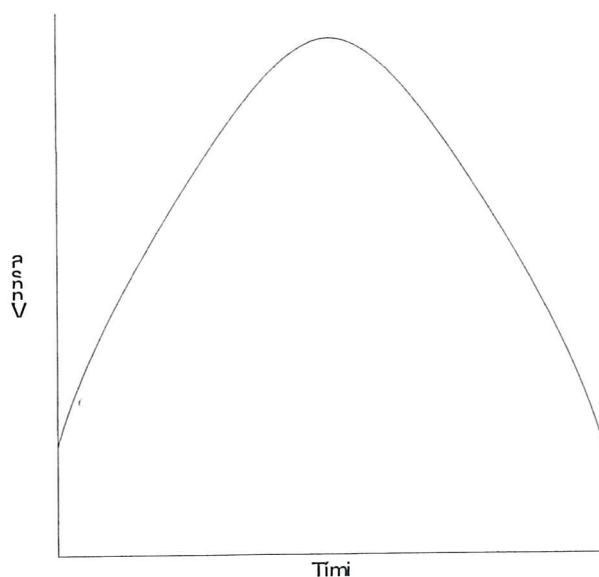
7. desember 2000

Halldór Ármannsson

5. FUNDUR UM SJÁLFBÆRA NÝTINGU JARÐHITA 2/11 2000

Viðstaddir: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðni Axelsson, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz, og Valgarður Stefánsson.

Halldór lagði fram fundargerð fyrir síðasta fund og fékk nokkrar leiðréttingar sem gengið verður frá. Guðni skýrði frá að hann hefði útbúið beinagrind að greinargerð um störf hópsins sem hann lýsti sem almennu röfli ásamt kjarna. Hann kvað Valgarð hafa komið með skilgreiningu á sjálfbærri nýtingu stuttu eftir síðasta fund, en enn væri ekki ljóst hvort ræða ætti sjálfbæra nýtingu einstaks svæðis eða t.d. alls landsins. Þá sagði Guðni að leggja þurfi fram greinargerð til Valgarðs til að ROS geti fengið borgað fyrir vinnu sinna manna og dreifði síðan beinagrindinni. Ásgrímur fjallaði um hugtökin “endurnýjanlegur” og “sjálfbær” og tók sem dæmi Kárahnúkavirkjun, sem hann taldi endurnýjanlega þó að lónstæðið fyllist á 200 árum og með vissum aðgerðum mætti gera hana sjálfbæra. Þá minnti hann á fyrirlestra Trevors Hunt um ástand umhverfismála jarðhita á Nýja Sjálandi og hvernig vaknað hefðu spurningar um “rányrkju” og “ofnýtingu”. Valgarður tók væntanlega greinargerð til umræðu og sagði að þar þyrfti að koma fram 1) stutt umfjöllun er tæki á kjarna málsins og 2) tíundun á því sem hópurinn hefði fjallað um og fyrir hana fengist borgun. Þá gagnrýndi hann grein Stefáns Arnórssonar og Sigurðar R. Gíslasonar í nýútkomnu hefti Náttúrufræðingsins einkum umfjöllun um skipulag rannsókna á háhitasvæðum landsins er miðaði við úreltar forsendur. Tók Halldór undir þá gagnrýni og fannst umhverfismálum jarðhita hafa verið gerð ófullkomin skil. Valgarður dreifði síðan ágripi að erindi sem hann ætlaði að flytja á væntanlegri ráðstefnu Jarðhitafélags Íslands og fjallaði í því sambandi um frekari leiðir til að koma hugmyndum hópsins á framfæri. Taldi hann birtingu greinar í Náttúrufræðingnum of langt ferli, t.d. hefðu liðið 4 ár frá því þeir Stefán og Sigurður hófu vinnu við sína grein þar til hún birtist. Nefndi hann grein í Morgunblaðinu sem hugsanlega lausn.



Mynd. Hugsanleg nýting svæðis

Ásgrímur benti á að jarðhiti væri hliðarframleiðsla eldvirkni og þyrfti að meta sjálfbærni með hliðsjón af varmaleiðni og varmaburði. Valgarður tók undir það en taldi að með umræðu um eldvirkni væri farið að ræða hugtakið “endurnýjanleika”, sem hann vildi að yrði næsta stig í umræðunni: Hópurinn þyrfti fyrst að skilgreina “sjálfbæra nýtingu”. Þó að samband sé á milli sé ekki æskilegt að ræða bæði hugtökin í einu. Hann sagði að endurnýjanleg orkulind væri forsenda sjálfbærrar nýtingar, en hún væri sniðgengin af ásettu ráði. Taldi hann samanburð við fiskistofna veita bestan skilning á hugtökunum. Halldór velti því fyrir sér hver væri upphafspunktur sjálfbærrar nýtingar, er það dagurinn í dag, einhvern tíma í framtíð eða e.t.v. í fortíð? Hafi verið mikið tekið af auðlind í fortíð og hún þorrið að mestu en nú sé tekið af henni svo mikið að hún þverri ekki meir, er það sjálfbær nýting? Í þessu sambandi var bent á nýtingu Geysissvæðisins í Kaliforníu. Helga kvað þurfa að beita bestun, en miða ekki endilega við upphaf fyrstu nýtingar. Dregin var upp fræðileg mynd af hugsanlegri nýtingu svæðis (sjá Mynd). Miðað var við langtímaástand í þann tíma sem svæðið þolir ákveðna vinnslu og er það þá flatarmálið sem skiptir máli. Huga þarf að fjárhagslegri sjálfbærni orkufyrirtækja, t.d. geta skynditekjur borgað sig betur en langtímatekjur á ákveðnum tímum. Nefnd var talan 30 ár fyrir slíka sjálfbærni og vitnað til jarðhitaráðstefnunnar í Japan. Benedikt bar saman tveir leiðir til nýtingar Laugarnessvæðisins í Reykjavík, þ.e. með sjálfrennsli sem ber með sér endurnýjanleika eða með dælingu þar sem e.t.v. er gengið á forða en stöðugt ástand fæst. Hægt er að halda vatnsborði í jafnvægi við tífalda rennsli á við sjálfrennsli og má segja að endurnýjanleiki sé aukinn. Helga benti á að e.t.v. mætti vinna eitt svæði, t.d. Nesjavelli á sjálfbæran hátt en svo gæti farið að gengið yrði á næsta svæði. Hún mælti síðan með að grein Stefáns og Sigurðar yrði svarað í Morgunblaðinu. Ásgrímur taldi að slíkt svar ætti að vera óháð grein um niðurstöður hópsins sem rætt var um að birt yrði í Morgunblaðinu. Ólafur taldi að slíkt svar ætti að birtast sem einnar síðu athugasemd í Náttúrufræðingnum. Urðu síðan nokkrar umræður um birtingu svara og niðurstaðna. Guðni taldi að greinargerð um sjálfbæra nýtingu ætti að geta legið fyrir fljótlega.

6/12/2000

Halldór Ármannsson

6. FUNDUR UM SJÁLFBÆRA NÝTINGU JARÐHITA 7/12 2000

Viðstaddir: Guðni Axelsson, Guðmundur Pálmason, Halldór Ármannsson, Ólafur G. Flóvenz, Sveinbjörn Björnsson og Valgarður Stefánsson.

Halldór lagði fram fundargerð fyrir síðasta fund. Guðni skýrði betur frá beinagrind að greinargerð um störf hópsins sem fjallað var um á síðasta fundi. Byrjað er á einfaldri skilgreiningu á sjálfbærri nýtingu eins jarðhitasvæðis. Þegar fjallað er um stærri heildir þarf að taka tillit til fleiri þátta (sbr. 5. kafla í beinagrind). Skýrt var frá umræðum síðasta fundar um leiðir til að koma vinnu hópsins á framfæri.

Guðmundur vakti athygli á hugtakinu “sustainable management”, sem Nýsjálendingar nota, þ.e. í stað þess að vísa til orkulindar eða nýtingarferla er skilgreint hugtakið sjálfbær vinnslustýring jarðhita. Nokkrar umræður urðu um orðanotkun (sjálfbær vinnsla, sjálfbær stýring, sjálfbær stýring jarðhitavinnslu). Valgarður sagði að auðlind mætti vinna sjálfbært og stýra síðan vinnslunni. Ólafur benti á að t.d. mætti vinna úr Laugarnessvæðinu á ýmsa vegu en alltaf sjálfbært. Valgarður sagði það rétt en sjálfbær stýring er háð orkulind og mannlegum ákvörðunum og væri með þeirri umfjöllun komið til hliðar við upphaflegt markmið umræðu hópsins. Guðmundur sagði sjálfbæra nýtingu eins konar stýringu og kvað hana háða jarðhitasvæði, vinnslueiginleikum og e.t.v. vinnslutækni.

Sveinbjörn vildi að skrifaðar yrðu greinar um umfjöllun hópsins og eftir til umræðu um hana í íslensku jarðhitasamfélagi og nefndi til grein Stefáns Arnórssonar og Sigurðar R. Gíslasonar í Náttúrufræðingnum sem fjallað var um á síðasta fundi. Guðmundur taldi jarðhitafélagið eðlilegan vettvang og mættu virkjunaraðilar gjarna taka þátt í umræðunni. Guðni dreifði í framhaldi af því klausu frá Valgarði sem skrifuð var vegna umræðu á WGC-2000 í Japan um sjálfbærni. Stakk hann upp á að slík klausa yrði birt í IGA News. Leist mönnum betur á að nota orðið “production” en “use” eða “utilization”. Valgarður skýrði frá pallborðsumræðu á WGC-2000 þar sem 6 manns áttu að ræða “sustainable use”. Þar komu fram ýmis sjónarmið, t.d. að verkefni sem gengi upp “hagrænt” væri “sjálfbært” (“sustainable”), og hafi hugtökunum “sjálfbær” og “endurnýjanlegur” verið miskunnarlaust blandað saman og gerði fundarstjórinn Mike Wright ekki athugasemd við það en blandaði sjálfur saman hugtökunum. Helstu greinar um sjálfbærni á ráðstefnunni hefðu verið greinar Valgarðs og Ladzis Rybach, hins síðarnefnda um holuvarmaskipta sem væru sjálfbærir. Höfðu “HDR”-menn verið óánægðir með skilgreiningu Valgarðs en skv. henni er “HDR” ekki endurnýjanleg auðlind. Tók Guðni undir með Valgarði að lítið bitastætt hefði komið út úr þeirri umræðu.

Guðmundur vakti athygli á að hópurinn væri í miðju kafi við vinnu sína og ekki víst að tímabært væri að birta skilgreiningu nú, þar eð skoðanir gætu breyst við frekara starf. Guðni velti fyrir sér hvort hópurinn væri ekki kominn að lokaniðurstöðu. Sveinbjörn varpaði þá fram þeirri spurningu hvernig ákvarða skuli Q_0 . Guðni sagði að setja ætti upp líkan, leggja mat á nákvæmni. Fá þyrfti fram eiginleika jarðhitakerfis, dæluþýpi og áhrif niðurdælingar frá upphafspunkti. Valgarður taldi að Q_0 á hverjum tíma væri lágmarkstala fyrir hverja vinnsluaðferð þar til að því kæmi að kerfið þylði ekki meiri dælingu. Ólafur spurði hvort miða skyldi við Q_0 en ekki E_0 og hafði Valgarður ekki skoðun á því. Nokkur

umræða varð um einstök svæði sem héldu þrýstingi en kólnuðu eða öfugt. Ólafur sagði að þegar minnkun yrði á e-u með tíma yrði að skilgreina mörk, en Valgarður sá ekki ástæðu til að eltast við slíkt. Guðmundur taldi að hagkvæmnissjónarmið yrðu að vera með og Valgarður taldi það best gert á þann hátt að fram kæmi að afrakstri væri haldið með tíma. Sveinbjörn benti á að það einfaldaði skilgreiningu að taka ekki tillit til annarra þátta svo sem umhverfismála, hagkvæmni o.s.frv. Um framleiðslu skyldi upphaf skilgreint sem P_0 en ekki Q_0 eða E_0 þar sem framleiðsla væri fremur afl en orka. Valgarður sagði nógu flókið að skilgreina sjálfbærni fyrir jarðhitasvæðið sjálft þó að ekki væri verið að blanda í umræðuna öðrum þáttum, t.d. hagrænum eða umhverfislegum.

Ákveðið var að fínþússa klausu fyrir IGA News, og að lokum hnykkt á því að endurnýjanleiki þarf ekki að vera forsenda fyrir sjálfbærri framleiðslu. Ákveðið var að halda næsta fund 4. janúar 2001.

3. janúar 2001

Breytt 10. janúar 2001

Halldór Ármannsson

7. FUNDUR UM SJÁLFBÆRA NÝTINGU JARÐHITA 4/1 2001

Viðstaddir: Guðni Axelsson, Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Pálmason, Halldór Ármannsson, Helga Tuliníus, Ólafur G. Flóvenz, og Valgarður Stefánsson.

Halldór lagði fram fundargerð fyrir síðasta fund og voru gerðar nokkrar athugasemdir við orðalag. Nokkur umræða varð um Q_0 , hvort það mætti finna eða hvort það þyrfti að skilgreina. Valgarður kvað það fasta fyrir hverja vinnsluaðferð en Helga sagði eingöngu unnt að finna það ef ofnýting ætti sér stað. Guðmundur taldi að hugtakið vinnsluaðferð (mode of utilization) þyrfti umfjöllun. Hún væri nauðsynlegur undirbúningur undir skilgreiningu á sjálfbærri nýtingu. Ólafur benti á Laugaland á þelamörk sem dæmi. Þar hefði útkoma borunar nýrrar holu kallað á nýjar áætlanir um nýtingu. Í framhaldi af því var rætt um hvort atriði á borð við dýpt holu og dýpt á dælu væru sérstakar vinnsluaðferðir og komst Guðni að því að svo væri ekki. Geta kerfisins væri óháð dýpt holu og dýpt á dælu. Hins vegar gætu upplýsingar um upphaflegar grunnar holur leitt til vanmats á kerfi. Menn voru hins vegar sammála um að niðurdæling væri vinnsluaðferð sem gæti breytt eiginleikum kerfis. Helga og Guðni ræddu um notkun ofnýtingar til að meta upphaflega getu svæðis og var Geysissvæðið í Kaliforníu notað sem dæmi. Rætt var um áhrif nýrrar tækni, hitabreytinga o.s.frv. og komist að þeirri niðurstöðu að til slíkra þátta yrði að taka tillit ef líta ætti til 300 ára. Guðmundur velti því upp hvort nokkurt gagn væri í skilgreiningu á Q_0 , en vildi bæta við skilgreiningu á vinnsluaðferð (“mode of utilization”) þegar sjálfbær nýting væri skilgreind.

Guðni dró enn fram beinagrind sína en hafði bætt nokkru kjöti á beinin. Urðu nokkrar umræður um kjötið og vildi Guðmundur að fram kæmi hvort fjallað yrði um hagræn sjónarmið o.s.frv. Ólafur benti á að hagkvæmni væri breytileg með tíma og verkefni sem ekki fæli í sér sjálfbæra nýtingu gæti verið hagkvæmt. Benedikt tók til umræðu áhrif þess að nota stöðugan orkustraum, og benti á að tímabundnar stöðvanir gætu lengt nýtingartíma. Tók hann sem dæmi áhrif þess að hvíla Hvíthólasvæðið í Kröflu 2 mánuði á ári. Valgarður benti á breytingar á kerfum við vinnslu svo sem aukið aðstreymi vegna aukins niðurdráttar. Menn voru sammála um að Q_0 þyrfti að skilgreina og ákváðu að hittast aftur eftir viku. Ætluðu þáttakendur í vinnuhópnum þá að vera búnir að betrubæta pistil Guðna.

10. janúar 2001

Halldór Ármannsson

8. FUNDUR UM SJÁLFBÆRA NÝTINGU JARÐHITA 11/1 2001

Viðstaddir: Guðni Axelsson, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Pálmason, Halldór Ármannsson, Helga Tuliníus, Ólafur G. Flóvenz, Sveinbjörn Björnsson og Valgarður Stefánsson.

Halldór lagði fram fundargerð fyrir síðasta fund og leiðrétt fundargerð fyrir 6. fund sem haldinn var 7/12/2000. Voru ekki gerðar athugasemdir. Sveinbjörn lagði fram tillögur um breytingar á plaggi með skilgreiningu en Guðni lagði fram nýtt plagg sem breytt hafði verið með tilliti til athugasemda annarra. Var samþykkt að nota “sustainable production” í stað “sustainable utilization.” Guðmundur vakti athygli á að E_0 er ekki þekkt “a priori” og taldi orðið “oscillate” ekki eiga við í skilgreiningu og var samþykkt að nota frekar “fluctuate.” Nokkrar frekari umræður urðu um orðalag. Sveinbjörn lagði fram skýringarmynd af mismunandi nýtingu jarðhitasvæðis og var samþykkt að hún gæti komið að góðum notum við framsetningu. Nokkrar umræður urðu um hagræna og umhverfislega þætti og deilt um hvort þeir ættu heima í skilgreiningunni. Hins vegar var hallast að því að fjalla þyrfti um endurnýjanleika. Ákveðið var að leggja skilgreiningarplaggið fram sem Ágrip til Orkuþings 2001 og Halldóri falið að þýða það á íslensku. Ákveðið var að hópurinn hittist aftur að hálfum mánuði liðnum.

24. janúar 2001

Halldór Ármannsson

Viðauki C: Ýmis önnur skrif.

Nokkrar hugleiðingar um sjálfbæra nýtingu jarðhita.

15. maí 2000 / GP

Á fyrsta fundi vinnuhóps um sjálfbæra nýtingu jarðhita var annað markmið starfsins að svara spurningunni: Hve mikla jarðhitaorku er unnt að vinna á sjálfbæran hátt á Íslandi? Til að svara þessari spurningu þarf fyrst að skilgreina hugtakið sjálfbær nýting jarðhita sem enn hefur ekki verið gert.

Með sjálfbærri nýtingu á orkulind er eðlilegt að átt sé við nýtingu þar sem orkulindin helst nánast óbreytt fyrir komandi kynslóðir til að nýta á sama hátt og við getum gert í dag. Eftir er að skilgreina hugtakið "komandi kynslóðir" betur áður en þetta verður nothæf skilgreining. Í víðasta skilningi getur þetta átt við allar komandi kynslóðir án tímatakmarkana. Þannig mun upphafleg skilgreining á sjálfbærri þróun hafa verið hugsað. Ekki eru margar orkulindir sem uppfylla þetta skilyrði, en þó verður að telja að vatnsorkan og vindorkan komist býsna nálægt því. Þar er um að ræða nýtingu á samfelldum en nokkuð breytilegum orkustraumi í náttúrunni sem á rætur sínar að rekja til sólarinnar. Ef orkan er ekki nýtt á ákveðnum tíma er hún horfin á braut fyrir fullt og allt. Nýtingin hefur engin áhrif á orkustrauminn en henni eru takmörk sett af stærð orkustraumsins. Þessar orkulindir eru því endurnýjanlegar jafnóðum og þær eru nýttar og sjálfbærar að því marki sem stærð þeirra leyfir. Þótt svo að t.d. vatnsorka geti að vissu marki safnast saman t.d. í jöklum og uppistöðulónum þá er hún engu að síður í meginatriðum stöðugur orkustraumur sem hægt er að nýta sem endurnýjanlega orkulind.

Eðlilegt er að gera ráð fyrir að komandi kynslóðir nái yfir endanlegan tíma, en vandinn er að skilgreina þann tíma. Hann gæti miðast við endingartíma mannvirkja eða æviskeið tiltölulega fárra kynslóða, t.d. 50-100 ár. En hann gæti líka miðast við Íslandssöguna, t.d. 1000 ár. Á þessu stigi verður ekki gerð hér tillaga um hve langan tíma ætti að miða við en vart verður hjá því komist að gera það á einhverju stigi málsins. Í upphafi er e.t.v. eðlilegt að halda þessari stærð opinni og hafa hana breytilega. Vilji menn taka hagræn sjónarmið og núvirðisreikninga inn í dæmið takmarkast tímalengdin nokkuð en sú aðferð er opin fyrir gagnrýni nú á dögum vaxandi vitundar um umhverfisþætti sem þá verður einnig að meta til peninga og e.t.v. á annan hátt en núvirðisreikningar gera..

Að sjálfbærri nýtingu eru tveir aðilar, annars vegar orkulindin með sín viðbrögð við álagi og hins vegar markaðurinn með sínar þarfir sem eru skilgreindar nánast óháð orkulindinni. Ekki virðist hægt að skilgreina sjálfbæra nýting öðruvísi en að taka bæði þessi hugtök inn í skilgreininguna. Ef markaðurinn er lítill miðað við orkulindina er nýtingin sjálfbær nánast af sjálfu sér. Þegar markaðurinn stækkar án þess að orkulindin vaxi kemur fyrr eða síðar að því að orkulindin getur ekki lengur annað þörfum markaðarins. Annaðhvort skeður þetta strax eða smám saman á löngum tíma. Þá er tvennt til, annars vegar að leitast við að stækka orkulindina (fleiri borholur eða önnur svæði) eða að leita nýrra orkulinda af öðru tagi til að koma til móts við þarfir markaðarins.

Viðbrögð orkulindarinnar við mismunandi markaðsálagi sýnist því vera það sem þarf að einbeita sér að að skoða. Þar er hægt að byggja á reynslu frá þeim jarðhitasvæðum sem hafa verið nýtt í áratugi, svo og á reiknilíkunum.

Spyrja má hvort við spurningunni í upphafi sé yfirleitt til nokkuð eitt svar eins og spurningin er sett fram. Tilfinning mín segir mér að svo sé ekki jafnvel þótt búið væri að skilgreina hugtakið sjálfbær nýting jarðhita. Fyrir það fyrsta er markaðurinn ekki skilgreindur. Segjum svo að hann sé raforkumarkaður. Þá takmarkast dæmið við háhitasvæðin, sem þrengir ramma orkulindarinnar talsvert. Núverandi reynsla af nýtingu háhitasvæða er gagnleg en sýnir jafnframt breytileikann í viðbrögðum jarðhitageyma við álagi. Takmarkaðar upplýsingar eru enn til um áhrif niðurdælingar á viðbrögð svæðanna. Sennilega þarf að skoða hvert háhitasvæði fyrir sig og gera ráð fyrir að einn markaður taki við öllu sem svæðið getur látið í té. Þá fæst væntanlega "sjálfbær aflgeta" svæðisins sem fall af lengd "komandi kynslóða". Minni nýting væri þá sjálfbær af sjálfu sér, þar sem álag á geyminn væri minna.

Markaðurinn gæti einnig verið hitunarmarkaður og þá víkkar umtalsvert ramminn um orkulindina með tilkomu lághitasvæðanna. Jafnframt takmarkast stærð markaðarins fyrir hvert svæði af því að ekki er hægt á hagkvæman hátt að flytja varmann eins langt og raforkuna. Staðsetning markaðarins er því bundin innan ákveðinnar fjarlægðar frá viðkomandi jarðhitasvæði. Eitt svæði getur því ekki komið í stað annars utan vissrar fjarlægðar til að þjóna sama markaði.

Mér sýnist í fljótu bragði að spurninguna í upphafi þurfi að umorða eitthvað á þessa leið: Hve mikla jarðhitaorku er unnt að vinna á sjálfbæran hátt á Íslandi, annars vegar fyrir raforkumarkað og hins vegar fyrir hitunarmarkað? Með hitunarmarkaði er hér átt við hvers konar beina nýtingu varmans til annars en raforkuframléiðslu. Svörin ætti að leggja fram sem ferla um sjálfbæra aflgetu svæðis eða svæða eftir atvikum sem fall af lengd "komandi kynslóða".

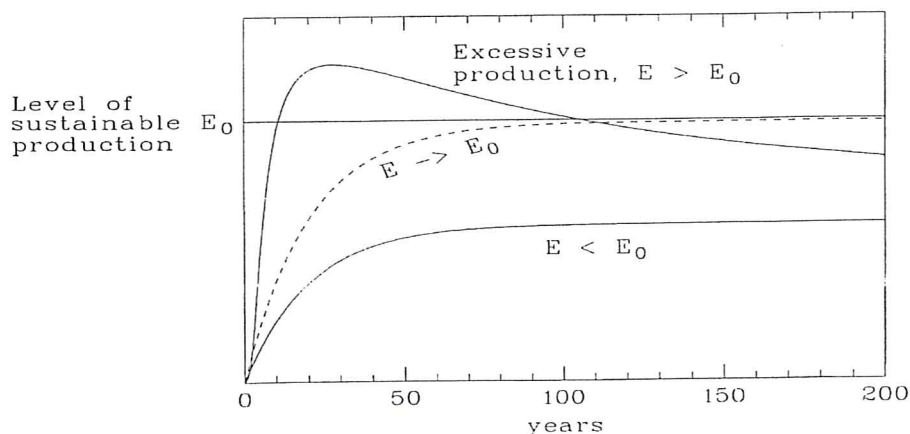
SUSTAINABLE PRODUCTION OF GEOTHERMAL ENERGY - SUGGESTED DEFINITION -

The term *sustainable development* became fashionable after the publication of the Brundtland report in 1987. *Sustainability* of geothermal energy production is a topic that has, however, received limited attention even though the longevity of geothermal production has long been the concern of geothermal operators. This was evident at WGC2000, where no clear definitions were suggested and some confusion concerning the terms involved seemed to prevail. The terms *renewable* and *sustainable* are often confused. The former concerns the nature of a resource while the latter applies to how a resource is utilized. A working group at Orkustofnun in Iceland has been analyzing this issue for some time and proposes the following definition for the term “*sustainable production of geothermal energy from an individual geothermal system*”. This definition does neither consider economical aspects, environmental issues nor technological advances, all of which may be expected to fluctuate with the times.

For each geothermal system, and for each mode of production, there exists a certain level of maximum energy production, E_0 , below which it will be possible to maintain constant energy production from the system for a very long time (100-300 years). If the production rate is greater than E_0 it can not be maintained for this length of time. Geothermal energy production below, or equal to E_0 , is termed *sustainable production* while production greater than E_0 is termed *excessive production*.

This definition applies to the total extractable energy, and depends in principle on the nature of the system in question, but not on load-factors or utilization efficiency. It also depends on the mode of production, which may involve spontaneous discharge, pumping, injection or periodic production. The value of E_0 is not known a priori, but it may be estimated on the basis of available data, i.e. through modelling.

The working group will continue to analyze this issue, as well as the *renewability* of geothermal resources. The ultimate goal is to estimate how much geothermal energy may be produced in Iceland, in a *sustainable* manner. The members of the working group are G. Axelsson, H. Ármannsson, S. Björnsson, Ó. G. Flóvenz, Á. Gudmundsson, G. Pálmason, V. Stefánsson, B. Steingrímsson and H. Tulinius. The group welcomes comments and constructive criticism (e-mail: gax@os.is, h@os.is or vs@os.is).



Glærur vegna fyrirlestrar
á Orkuþingi í október 2001



VINNUHÓPINN SKIPA:

Guðni Axelsson, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Pálmason, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flovenz, Sveinbjörn Björnsson og Valgarður Stefánsson

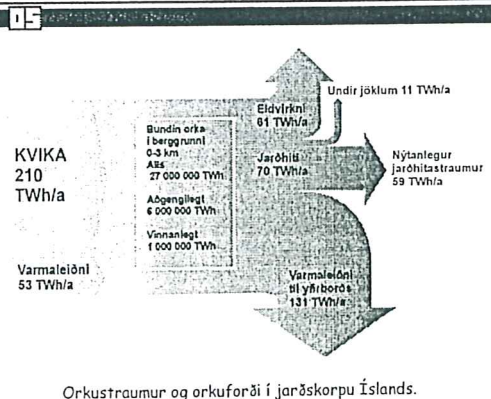
Orkustofnun, Reykjavík

SJÁLFBÆR PRÓUN:

- Fyrst fram á sjónarsviðið í Brundtlandskýrslu nni 1987.
- Skilgreining: Þörfum okkar á líðandi stund sé fullnægt á þann hátt að ekki sé gengið á möguleika komandi kynslóða til að fullnægja sínum þörfum.
- Loðin skilgreining, mismunandi merking lögð í hugtakið.
- Sjálfbær nýting auðlinda eitt veigamesta atriðið.
- Þörf á nákvæmri, en almennri skilgreiningu.
- Lítt verið fjallað markvisst um sjálfbæra nýtingu jarðhita, þó hugtakið hafi verið í tísku.
- Nokkuð borið á hugtakaruglingi.

STÆRÐ JARÐHITAORKULINDARINNAR:

- Reynt að meta tvisvar á síðustu öld áður en hugtakið "sjálfbærni" komst í tísku.
- Gunnar Böðvarsson (1954, 1982) lagði mat á heildarorkustrauðinn í gegnum Ísland.
- Orkustofnun (Guðmundur Pálmason o.fl., 1985) lagði mat á orkuforðann í jarðskorpunni.
- Áherslur á mismunandi eðlisþætti jarðhitans:
 1. Stöðugur orkustrauður (30 GW eða 260 TWh/ári).
 2. Gríðarlegur orkuforði (10^{23} J eða 28.000.000 TWh).



05

SJÁLFBÆRNI OG ENDURNÝJANLEIKI:

- Tillaga vinnuhóps að einfaldri skilgreiningu á hugtakinu sjálfbær vinnsla jarðhita birt hér á eftir. Einnig fjallað um endurnýjanleika jarðhitans.
- Lokatakmark að meta hve mikla jarðhitaorku er hægt að vinna á sjálfbæran hátt á Íslandi.
- "Jarðhiti er að því leyti ólíkur kolanámu að náman eyðist efur því sem tekin eru meiri kol uns hún fer á hausinn, en sjóðandi hveitir hafa óbreytt vatnsmagn í milljon ár, hvort sem tekið er mikið eða lítið vatn" (Halldór Laxnes: Innansveitar-krónika, 1970).



05

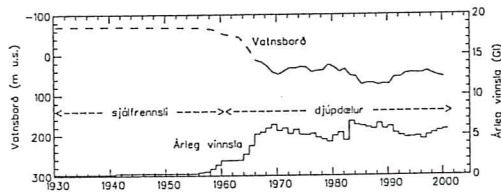
UM VINNSLU JARÐHITA:

- Áhrif vinnslu koma aðallega fram sem lækkun vatnsþrýstings.
- Halda má "lítilli" vinnslu óbreyttri í mjög langan tíma. Áhrif "mikillar" vinnslu svo mikil að ekki er hægt að viðhalda henni til lengdar.
- Áratuga reynsla og líkanreikningar sýna að ef vinnslu er haldið innan ákveðinna marka, sem þó eru mun stærri en náttúrulegt frárennsli, þá haldast jarðhitakerfi í jafnvægi í mjög langan tíma (áratugi eða aldir).



05

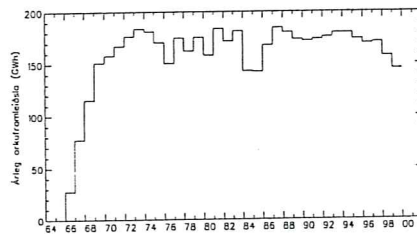
LAUGARNESSVÆÐIÐ Í REYKJAVÍK, VINNSLUSAGA:



- Sjötíu ára vinnslusaga.
- Vinnsla tífölduð með djúpdælu.
- Jarðhitakerfið samt nokkum veginn í jafnvægi.

05

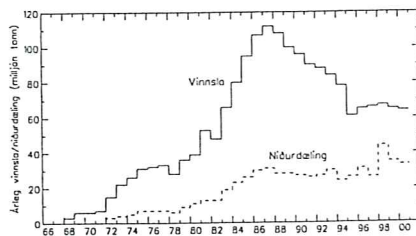
MATSUKAWA Í JAPAN, VINNSLUSAGA:



Hér hefur vinnslan haldið rakkurn veginn í jafnvægi í meira en 3 áratugi.

05

GEYSERS-SVÆÐIÐ Í KALIFORNÍU, VINNSLUSAGA:



Hér allir mikil vinnsla 1980-90 svo mikilli þrýstingslækkun að ekki var hægt að viðhalda vinnslunni. Væntanlega næst jafnvægi við helmingi minni vinnslu.

05

SJÁLFBÆR VINNSLA JARÐHITA:

- Grunnforsenda: Fyrir sérhvert jarðhitakerfi eru til eins konar *vinnslumörk* þannig að hægt er að halda vinnslunni nokkurn veginn í jafnvægi í langan tíma sé hún undir þeim.
- Hvað þýðir "langur tími" - 30 ár eða 10.000 ár?
- Þarf að hafa tímakvarða mannlegra athafna íhug a.
- Eftirfarandi skilgreining tekur hvorki til hagrænna atriða, umhverfismála né tækniþróunar (sveiflast mikið í tímans rás).

05

SJÁLFBÆR VINNSLA JARÐHITA TILLAGA VINNUHÓPS AÐ SKILGREININGU:

Fyrir sérhvert jarðhitasvæði, og sérhverja vinnslu- aðferð, er til ákveðið hámarksvinnslustig, E_0 , sem er þannig háttað að með lægra vinnslustigi er unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu frá kerfinu yfir mjög langt tímabil (100-300 ár). Sé vinnsluálag meira en E_0 , er ekki unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu svo lengi. Jarðvarmavinnsla minni en eða jöfn E_0 er skilgreind sem sjálfbær vinnsla en vinnsla umfram E_0 er ekki sjálfbær.

05

SJÁLFBÆR VINNSLA JARÐHITA:

Skýringarmynd fyrir hugtakið sjálfbær vinnsla jarðhita.

05

ENDURNÝJANLEIKI JARÐHITANS:

- Orkulindum heimsins er jafnan skipt í endanlegar og endurnýjanlegar orkulindir.
- Jarðhiti og vatnsorka að öllu jöfnu flokkaðar sem endurnýjanlegar orkulindir.
- Endurnýjanleiki lýsir eiginleikum orkulindar.
- Hugtakið sjálfbær lýsir því hvernig orkulindin er nýtt.
- Þessum hugtökum er oft ruglað saman.

05

ENDURNÝJANLEIKI JARÐHITANS, FRH:

- Jarðhitinn er íe ðli sínu tvíþættur:
 - A. Stöðugur orkustraumur (varmaburður og varmaleiðni), sem endurnýjast jafnóðum.
 - B. Varmaforði, sem endurnýjast tiltölulega hægt (varmaburður og varmaleiðni).
- Sá hluti forðans sem endurnýjast með varmaleiðni endurnýjast afar hægt, ætti e.t.v. að teljast endanlegur.
- Vægi þessara tveggja þátta í orkuvinnslu háð jarðhitakerfi og vinnsluálagi.

05

ENDURNÝJANLEIKI OG SJÁLFBÆRNI:

- ☉ Ef orkuvinnsla er innan sjálfbærna marka má reikna með að hægt sé gengið á orkuforðann.
- ☉ Endurnýjun í réttu hlutfalli við vinnsluna.
- ☉ Endurnýjun að einhverju leyti á kostnað orkuforða í ytri og dýpri hlutum jarðhitakerfis.
- ☉ Líkanreikningar nýtast til að meta sjálfbæra vinnslu og vægi orkustraums og varmaforða.