



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Guðmundur Pálmason
Gunnar V. Johnsen
Helgi Torfason
Kristján Sæmundsson
Karl Ragnars
Guðmundur Ingi Haraldsson
Gísli Karel Halldórsson

MAT Á JARÐVARMA ÍSLANDS

OS-85076/JHD-10
Reykjavík, september 1985



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer : 590-020

Guðmundur Pálmason
Gunnar V. Johnsen
Helgi Torfason
Kristján Sæmundsson
Karl Ragnars
Guðmundur Ingi Haraldsson
Gísli Karel Halldórsson

MAT Á JARÐVARMA ÍSLANDS

OS-85076/JHD-10
Reykjavík, september 1985

ÁGRIP

Nú um nokkurt skeið hefur verið unnið að mati á jarðvarma á Íslandi. Þetta mat er heildarmat, landsmat, á jarðvarma, sem þýðir að gengið hefur verið út frá afar einföldum forsendum og alhæfingum við alla útreikninga, sem matið byggir á.

Í þessu mati er landinu skipt í tvö aðalsvæði, landssvæði innan gosbeltis og landssvæði utan þess, og þessum svæðum er síðan skipt í undirsvæði. Á hverju þessara svæða er varminn metinn með rúmmálsaðferð, þ.e.a.s. gengið er út frá einföldum forsendum um eðlisvarma og hita bergs og margfaldað með rúmmáli svæðisins. Ekki er gert ráð fyrir neinni endurnýjun orkuforðans í svæðin við vinnslu.

Heildarmagn jarðvarma, jarðvarmaforði berggrunnsins, frá yfirborði og niður á 10 km dýpi er $1,2 \cdot 10^{24}$ J. Sá hluti þessa jarðvarma sem er ofan við 3ja km dýpi, aðgengilegur jarðvarmaforði berggrunnsins, er um $0,1 \cdot 10^{24}$ J. Af öllum þessum jarðvarma er talið að ná megi um $3,5 \cdot 10^{21}$ J upp um borholur. Þessi jarðvarmi er nefndur tæknilega vinnanlegur jarðvarmi.

Nokkrir viðaukar eru með skýrslunni og eru þeir að uppbyggingu tvenns konar. Annars vegar er fjallað nánar um forsendur, svo sem hitaástand undir landinu, mat á afköstum jarðhitasvæða og sýnt nánar hvernig reiknað er út afl svæða til raforkuvinnslu, og hins vegar er allitarleg tafla um alla þekktu lághitastaði á landinu og fjallað er í stuttu máli um öll þekkt og hugsanleg háhitasvæði.

EFNISYFIRLIT

	bls.
ÁGRIP	2
EFNISYFIRLIT	3
MYNDASKRÁ	4
TÖFLUSKRÁ	5
1 INNGANGUR	7
2 AÐFERÐIR VIÐ JARÐVARMAMAT	9
3 FORSENDUR JARÐVARMAMATSINS	13
3.1 Varmaútreikningar	13
3.2 Svæðaskipting landsins	14
3.3 Eðlisvarmi bergs	16
3.4 Hiti berggrunnisins	17
3.5 Storknunarvarmi	20
3.6 Aðgengileiki	21
3.7 Varmaheimtustuðull	21
3.8 Nýtni jarðvarma	22
3.8.1 Nýtni jarðvarma til almennra nota	22
3.8.2 Nýtni jarðvarma til raforkuvinnslu	22
4 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA	24
4.1 Jarðvarmaforði berggrunnisins	24
4.2 Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi	25
4.3 Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi - Nýting í virkjun	25
4.4 Stöðugt náttúrlegt varmaflæði	27
ENGLISH SUMMARY	35
VIÐAUKI 1 Hitaástand berggrunnisins	37
VIÐAUKI 2 Mat á afköstum jarðhitasvæða	43
VIÐAUKI 3 Nýtni jarðvarma til raforkuvinnslu	53
VIÐAUKI 4 Lághitasvæði	59
VIÐAUKI 5 Háhitasvæði	97

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Uppbygging jarðvarmamatsins	10
2 McKelvey línurit	11
3 Svæðaskipting landsins	14
4 Háhitasvæði á Íslandi	15
5 Áætlaðir hitaferlar undir Íslandi	17
6 Suðumarksferill	19
7 Líkan af hitaástandi undir gosbelti	19
8 Samandregnar niðurstöður jarðvarmamatsins	27
V.1-1 Samantekt gagna um hitaástand undir Norð-Austurlandi.....	40
V.2-1 Rennsli um sprungu í jarðhitakerfi	45
V.2-2 Varmavinnsla úr bergi á 50 árum.....	47
V.2-3 Rennsli gegnum gropið berg	48
V.2-4 Gufuvinnsla úr holum í bergi.....	49
V.3-1 Ferill orkunnar í raforkuvinnslu	56
V.3-2 Fræðileg nýtni jarðvarma til raforkuvinnslu	56
V.4-1 Náttúrlegt rennsli lághitasvæða eftir hita	61
V.4-2 Varmaafli lághitasvæða, yfir 15 ⁰ C	63
V.4-3 Varmaafli lághitasvæða, yfir 40 ⁰ C	63
V.5-1 Háhitasvæði á Íslandi.....	100
V.5-2 Staða rannsókna á háhitasvæðum á Íslandi í maí 1985...	101

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1 Heildarnýtni, η_w , varmaforða til raforkuvinnslu við ákveðna varmahefntu, R, og nýtni varmans úr borholu til raforkuvinnslu	23
2 Varmaflæði með leiðni	28
3 Jarðvarmaforði berggrunnsins	29
4 Aðgengilegur jarðvarmaforði berggrunnsins, 0-3 km, sundurliðaður eftir hita	30
5 Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi við holutopp	31
6 Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi, nýting í virkjun	32
V.2-1 Afköst jarðhitasvæðis við vatnsvinnslu úr sprungnu bergi	47
V.2-2 Afköst jarðhitasvæðis við vatnsvinnslu úr gropnu bergi	49
V.2-3 Afköst jarðhitasvæðis við gufuvinnslu úr holum í bergi	51
V.3-1 Heildarnýtni varmaforða háhitasvæða til raforkuvinnslu miðað við kosti A og B	57
V.4-1 Rennsli og varmaafli hitalinda á lághitasvæðum	64
V.4-2 Skrá yfir lágghita á Íslandi	65
V.5-1 Skrá yfir borholur á Reykjanesi	103
V.5-2 Skrá yfir borholur í Svartsengi og Eldvörpum	104
V.5-3 Skrá yfir borholur í Krísuvík	106
V.5-4 Skrá yfir borholur á Henglssvæðinu	109
V.5-5 Skrá yfir borholur í Námafjalli	118
V.5-6 Skrá yfir borholur í Kröflu	120

1 INNGANGUR

Jarðhitinn er önnur meginorkulind okkar Íslendinga, og leggur nú til um 1/3 af þeirri orku, sem þjóðin notar. Þrátt fyrir augljóst mikilvægi jarðhitans í orkubúskap þjóðarinnar verður að játa að þekking okkar á stærð þessarar orkulindar er enn harla ófullkomin. Veldur þar mestu um sú staðreynd, að orkulindin er neðanjarðar og því ekki eins aðgengileg til mælinga og t.d. fallvötnin. Sitthvað hefur þó áunnist í þekkingaröflun á liðnum árum í tengslum við vaxandi nýtingu jarðhitans, og er því tímabært orðið að reyna að bæta fyrri áætlanir á þessu sviði.

Fyrstu tilraun til að meta orkugetu jarðhitasvæðanna hér á landi gerði Gunnar Böðvarsson fyrir tæpum 30 árum (Gunnar Böðvarsson, 1956). Á þeim tíma voru dýpstu borholur landsins aðeins 7-800 m og til muna grynri á háhitasvæðunum. Mælt hafði 230°C hiti á 220 m dýpi á háhitasvæði, en lítið var vitað um rennsliseiginleika bergsins eða hversu djúpt vatnshringrás náði. Gunnar gerði sér ljósa grein fyrir mikilvægi varmaforðans í heitu bergi undir háhitasvæðunum. Hann áætlaði, að á níu af tólf háhitasvæðum landsins, eins og fjöldi þeirra var þá áætlaður, væri vinnanleg raforka um 17000 MWár og hið stöðuga náttúrlega varmaafli svaraði til um 300 MW rafafli. Ekki liggja ljósar fyrir allar forsendur þessa mats, en svo virðist sem reiknað sé með nýtingu á varmainnihaldi bergsins niður á um 2 km dýpi. Í síðari greinum (Gunnar Böðvarsson, 1962, 1970) áætla Gunnar að á háhitasvæði megi vinna raforku sem svarar til um 100 MWár/km², eða 1 MW/km² í 100 ár, og er þá gert ráð fyrir að nýta megi varma bergsins niður á um 2 km dýpi.

Á síðari árum hefur talsvert verið gert af því að reyna að meta (áætla) orku jarðhitasvæða einkum í löndum þar sem jarðhitanýting á sér orðið allanga sögu eins og á Ítalíu og í Bandaríkjunum. Hefur þá gjarnan verið stuðst við aðferðir og hugtök sem um langan aldur hafa verið notuð í námaíðnaðinum og olíuíðnaðinum til að meta magn verðmætra jarðefna í berggrunninum á ýmsum svæðum. Nauðsynlegt er þó að taka tillit til þess að jarðhitinn hefur sín sérkenni og aðlaga þarf aðferðir námaíðnaðarins þeim.

Í því mati, sem hér er sett fram, er gerð tilraun til að meta varma, ekki einungis háhitasvæða, heldur undir öllu landinu, frá yfirborði og niður á 10 km dýpi. Sú aðferð, sem notuð er, byggist í fyrsta lagi á því að áætla þann varma sem fyrir hendi er í jarðhitasvæði út frá rúmmáli og hita. Í öðru lagi er þessum varma skipt í tvennt, með því að gera ráð fyrir að hægt sé að ná upp á yfirborð varma úr öðrum hlutanum, en ekki hinum. Í þriðja lagi er áætlað hversu stórum hluta varmans megi ná upp á yfirborð með vatni gegnum borholur. Aðferðin er afar einföld miðað við þær forsendur sem gefnar eru. Sá galli fylgir þó aðferð þessari að hún segir ekkert til um afl svæðanna, þ.e. hversu hratt megi vinna varma úr svæðunum, þar sem fyrst og fremst er lítið á jarðhitasvæðin sem varmageyma (námu) sem endurnýjast ekki.

Vert er að hafa í huga, þegar mat á jarðvarma er skoðað, að jarðhitafræði er fremur ný grein. Það er fyrst á síðustu árum sem verulegur skriður fer að komast á jarðhitarannsóknir. Þessi stórauðni áhugi stafar einkum af því, að olíuforði heimsins er ekki ótakmarkaður og

auk þess fer fjarri að þeim olíuförðum sem fyrir hendi er sé jafnt dreift. Verð á olíuvörum hefur margfaldast á síðustu árum og á það verulegan þátt í því að rannsóknir á öðrum orkugjöfum, sem áður voru taldir óhagkvæmir, verða hugsanlega hagkvæmir fljótlega.

2 AÐFERÐIR VIÐ JARÐVARMAMAT

Þrátt fyrir augljóst mikilvægi jarðvarma í orkubúskað þjóðarinnar er mat á stærð hans ýmsum erfiðleikum undirorpið. Veldur hér mestu um, að orkulindin er neðanjarðar og því ekki eins auðvelt að koma við beinum mælingum, eins og t.d. í tengslum við fallvötnin.

Margir þættir hafa áhrif á mat á magni jarðvarma og hugsanlegum nýtingarmöguleikum hans. Má þar nefna:

- 1) Jarð-, eðlis-, efna- og jarðeðlisfræðilegir þættir: Til þessa flokks teljast meðal annars gerð bergs, lagskipting, sprungur og gangar, dreifing hita og eðlisvarmi bergs, varmaleiðni, groppa (poruhluti, holurými), lekt, streymi og fasi (gufa eða vatn) í jarðhitageymi, dýpi niður á jarðhitakerfið og afmörkun þess o.fl.
- 2) Tæknilegir þættir: T.d. bortækni, vinnsla varma úr jarðhitavökva, varmaheimta úr varmageymi, nýtni í virkjunum, tegund virkjunar, niðurdæling í jarðhitakerfi.
- 3) Almennir þættir: T.d. lagaákvæði um notkun, vinnslu og eignarrétt, möguleikar á þróun annarrar tækni, orkustefna stjórnvalda, umhverfisleg takmörkun o.fl.

Margir þessara þátta eru þess eðlis að erfitt eða ógjörlegt er að meta þá nema með mjög víðtækum rannsóknum, borunum og jafnvel margra ára prófunum. Það er því nokkuð ljóst að flokka má mat á jarðvarma í mismunandi gerðir eftir eðli þeirra athugana eða rannsókna sem það byggir á.

Þannig má gera greinarmun á svæðisbundnu eða staðbundnu mati annars vegar (Hengill, Svartsengi) og landsmati hins vegar (mati á stóru landsvæði). Svæðis- eða staðbundið mat þarf að þjóna sem undirstaða ákvörðunar um fjárfestingu og skipulagningu. Slíkt mat þarf að gefa nákvæmar upplýsingar um viðkomandi svæði og aðstæður í viðkomandi jarðhitakerfi.

Í landsmati hins vegar er verið að meta jarðvarma á stóru landssvæði. Vegna mjög takmarkaðra upplýsinga um stóra hluta landssvæðisins er gripið til þess ráðs að alhæfa og einfalda mjög allar forsendur. Það mat sem hér er sett framer dæmi um landsmat.

Þar til fyrir fáeinum árum byggðist mat á afli jarðhitasvæða sem voru á rannsóknastigi yfirleitt á samanburði við önnur nýtt svæði sem þóttu svipuð. Slíkt mat gat passað sæmilega ef svæðin voru jarðfræðilega svipuð að uppbyggingu en gat jafnframt gefið alranga mynd ef svo var ekki. Á síðustu 10 árum hafa þróast aðferðir til að meta jarðvarma á áreiðanlegri hátt en hægt var með samanburði við önnur svæði. Helstu aðferðir sem notaðar eru við mat á jarðvarma eru:

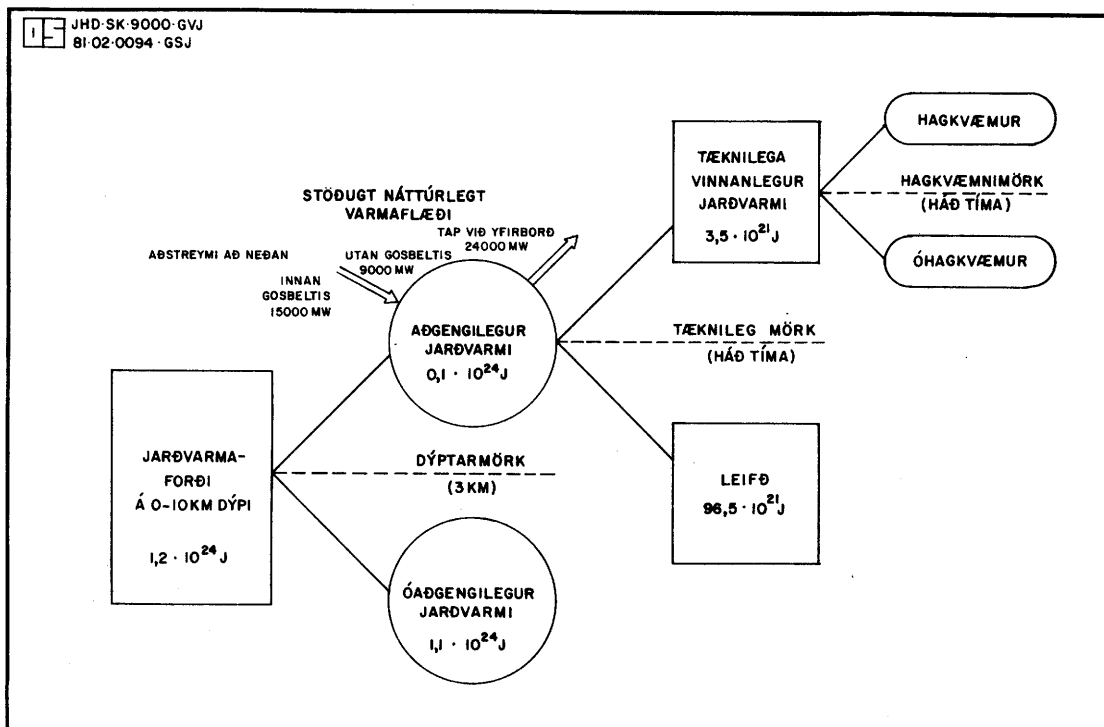
1. Athugunanir á varmaflæði til yfirborðs jarðar
2. Rúmmálsaðferðir
3. Athugun á streymi milli sprunguflata
4. Athugun á kólnun kvikuinnskota.

Af þessum aðferðum eru rúmmálsaðferðirnar yfirleitt taldar einfaldastar og auðveldastar í framkvæmd. Um varmaflæði til yfirborðs og kólnun kvikuinnskota er lítillega fjallað í grein 4.4 og um streymi milli sprunguflata í viðauka 2.

Í júní 1975 tók til starfa samstarfsnefnd Itala og Bandaríkjamanna (ENEL/ERDA) um jarðhitamál. Eitt af markmiðum nefndarinnar var að reyna að samræma þær aðferðir og þá framsetningu sem hafa mætti við mat á jarðvarma. Þetta var meðal annars gert til þess að mat á jarðvarma í ýmsum löndum verði sambærilegt. Árangur þessa samstarfs hefur verið birtur í grein eftir Muffler og Cataldi (P. Muffler og R. Cataldi, 1977, 1978). Við gerð þess mats á jarðvarma, sem hér er sett fram hefur verið höfð hliðsjón af árangri þeirra.

Aðferðin, sem notuð er í þessu jarðvarmamati, er ein af rúmmálsaðferðunum. Hún byggist á því að áætla, út frá rúmmáli og hita, það varmamagn sem fyrir hendi er undir ákveðnu landssvæði (jarðhitasvæði) og síðan hversu miklum hluta þess mætti ná upp til notkunar.

Megindrættir þessarar framsetningar eru sýndir í mynd 1. Heildarmagn þess varmaforða sem í berginu er niður á dýpi, sem valið hefur verið 10 km, er nefndur jarðvarmaforði berggrunnsins. Hugtakið jarðvarmaforði (geothermal resource base) höfðar til hinnar almennu skilgreiningar, sem þekkt er úr námaíðnaðinum, þ.e. allt magn ákveðins efnis í jörðu, hvort sem dreifing þess er þekkt eður ei og án tillits til kostnaðar við vinnslu þess. Jarðvarmaforði berggrunnsins telst þannig öll varmaorka yfir meðalárshita yfirborðs undir tilteknu svæði og niður á 10 km dýpi.



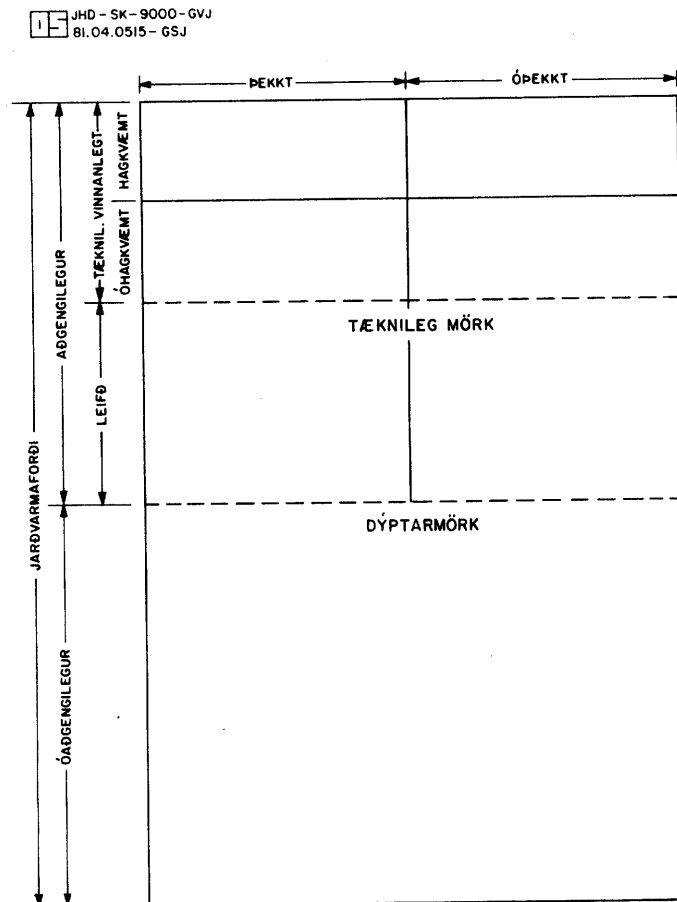
MYND 1 Uppbygging jarðvarmamatsins

Aðeins hluti jarðvarmaforðans er talinn aðgengilegur til vinnslu, t.d. vegna dýpis og vatnsgengni berglaga. Jarðvarmaforðanum er því skipt í aðgengilegan hluta og óaðgengilegan hluta. Mörkin milli þessara hluta eru sett við 3 km dýpi.

Aðgengilegum jarðvarma er skipt í tæknilega vinnanlegan hluta og leifð. Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi er sá hluti jarðvarmans sem talið er að hægt sé að nýta við aðstæður sem kunna að verða fyrir hendi á einhverjum tilteknum tíma í framtíðinni. Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi er fenginn með því að margfalda aðgengilegan jarðvarma með tveimur stuðlum, varmaheimtu (sjá 3.7) og aðgengileika (sjá 3.6).

Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi skiptist síðan í hagkvæman og óhagkvæman hluta. Hagkvæmur jarðvarmi er samkeppnisfær við aðrar orkulindir á hverjum tíma. Ekki er fjallað nánar um hagkvæmni jarðvarma, þótt í sumum forsendum séu hagkvæmnissjónarmið óbeint innifalin.

Auk þessarar skiptingar er aðgengilegum jarðvarma oft skipt í þekktan hluta og óþekktan. Með þekktum hluta er þá átt við að búið sé að sanna tilvist jarðhita með borunum eða eftir öðrum leiðum. Slíka skiptingu jarðhitans má þá sýna með McKelvey mynd (McKelvey, 1972; U.S. Geol. Survey, 1976), mynd 2. Á henni sýnir lóðrétti ásinn eins konar hagkvæmni en lárétti ásinn stöðu þekkingar.



MYND 2 McKelvey línurit

Astæða er til að leggja ríka áherslu á það að þetta er landsmat á jarðvarma, sem eins og fram hefur komið þýðir, að gerðar eru alhæfingar og einfaldanir um forsendur matsins. Aðferðin sjálf er þess eðlis, að jarðvarminn er metinn sem endanlegur orkuforði (náma), sem eyðist þegar af er tekið. Ekki er gert ráð fyrir neinni endurnýjun orkuforðans. Þessi aðferð segir því ekkert til um afl svæða, en það verður í raun fyrst fundið með borunum og rennslisprófunum á hverju svæði.

3 FORSENDUR JARÐVARMAMATSINS

3.1 Varmaútreikningar

Þeir útreikningar sem hér eru settir fram byggjast á einu af mörgum afbrigðum áður nefndrar "rúmmálsaðferðar", en þar er rúmmál bergsins, eðlisvarmi og hitaástand þess lagt til grundvallar. Við útreikninga á jarðvarmaforða berggrunnsins er notuð líkingin:

$$Q = \sum A_j \int_0^{z_0} c (T - T_0) dz$$

þar sem:

- A_j: flatarmál svæðis "j"
- c : eðlisvarmi á rúmmálseiningu
- T : hiti
- T₀: meðalhití við yfirborð
- z : dýpi
- z₀: neðri dýptarmörk varmageymis

Líkingin gefur varmaforða berggrunnsins niður á dýpi z₀. Auk þessa varma er gert ráð fyrir því að í dýpstu jarðlögum á heitustu svæðunum sé berg bráðið eða hlutbráðið og kemur því storknunarvarmi, Q_s, til viðbótar, þ.e.a.s.

$$Q_{\text{alls}} = Q + Q_s$$

Við mat á varmaforða berggrunnsins er landinu skipt niður í tvö aðal-svæði og þeim aftur í minni svæði (sjá 3.2). Á hverju þessara svæða er gert ráð fyrir að eðlisvarmi og hiti breytist með dýpi þ.e.a.s. c = c(z) og T = T(z).

Niðurstaða þessa jarðvarmamats er magn tæknilega vinnanlegs jarðvarma Q_{TV}, sem er fengin með því að margfalda varmaforða berggrunnsins innan 3ja km dýpis með tveimur stuðlum. Þessir stuðlar eru aðgengileiki, A, sem er hlutfallið milli aðgengilegs flatarmáls og heildarflatarmáls svæðis og varmaheimtustuðull, V, hlutfallið milli þess varma sem hægt er að ná upp um borholur og heildarvarma jarðhitageymisins, þ.e.a.s.

$$Q_{TV} = A V Q_{\text{alls}}$$

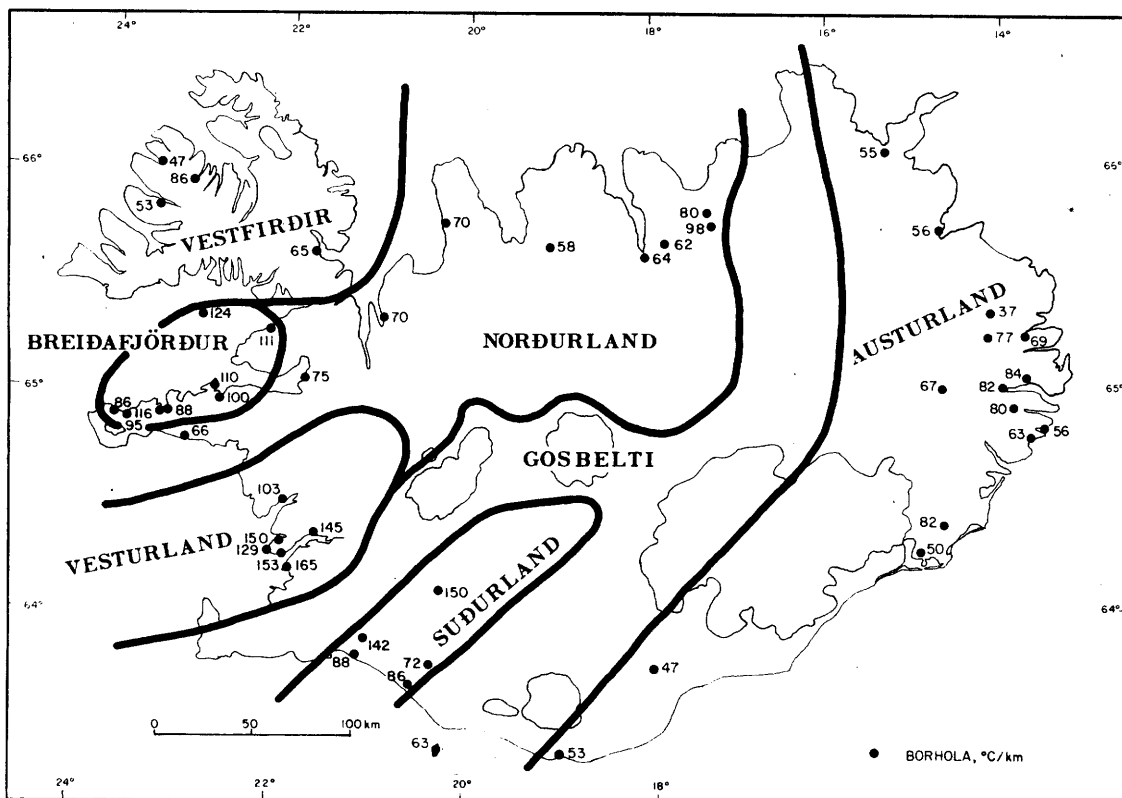
Að lokum er gerð tilraun til að meta hvernig nota megji þennan varma með því að skipta honum í flokka eftir hita og innleiða nýtnistuðla, η, sem margfaldast við varma við holutopp. Eiginlegur nýttur varmi, Q_N, í hverjum hitaflokki, er þannig:

$$Q_N = \eta Q_{TV}$$

Þær breytistærðir, sem hér er notast við eru ekki eða illa þekktar víðast hvar á landinu, þannig að grípa verður til mjög víðtækra afhæfinga um þær. Til að gera sér grein fyrir takmörkunum þessara breytistærða er rétt að líta á hverja fyrir sig.

3.2 Svæðaskipting landsins

Við mat á jarðvarma undir Íslandi hefur landinu verið skipt í tvö aðalsvæði, landsvæði innan gosbeltisins annars vegar og utan gosbeltis hins vegar. Svæðinu utan gosbeltisins er aftur skipt í nokkur svæði, sjá mynd 3.



JHD-SK-9000-Me To
BI 05-0537-EP

MYND 3 Svæðaskipting landsins

GOSBELTIÐ

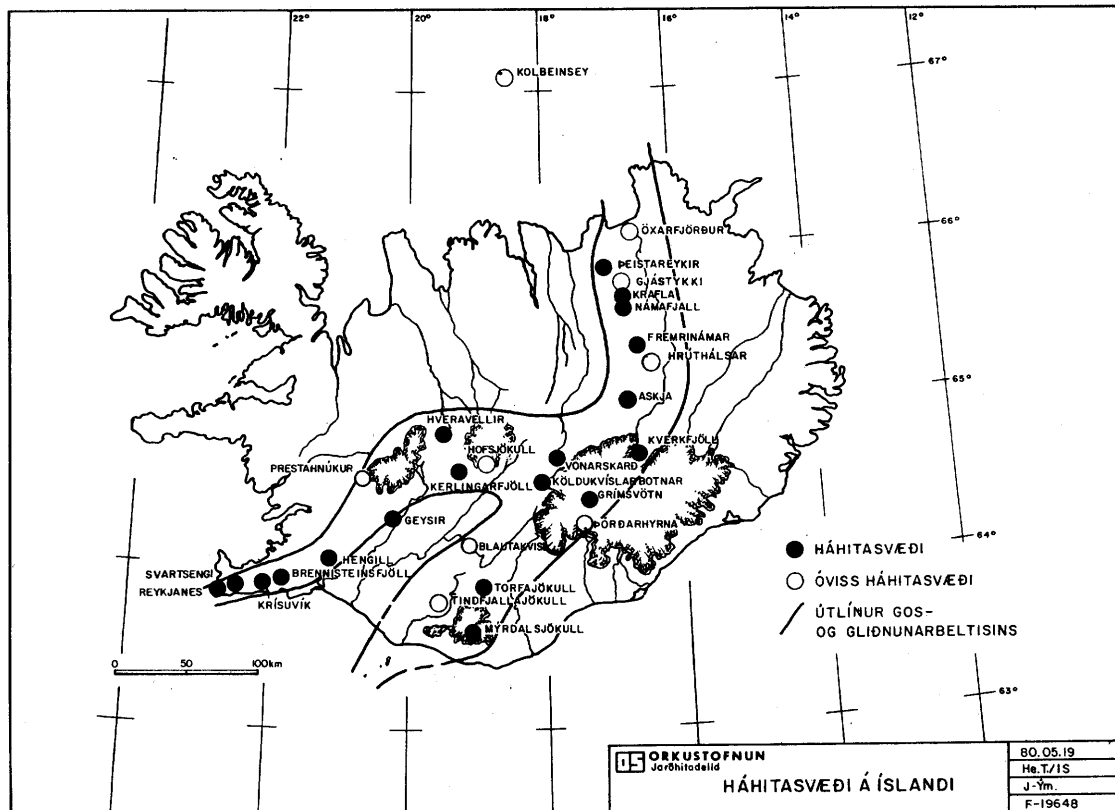
Gosbelti er það landsvæði, þar sem einhver eldvirkni og skorpuhreyfingar hafa verið á nútíma, þ.e. eftir síðustu ísöld eða u.þ.b. síðustu 10.000 árin. Þegar rætt er um gosbelti í þessari skýrslu er einungis átt við gos- og gliðunarbelti landsins, þ.e.a.s. eystra og vestra gosbeltið en ekki Snæfellsnesgosbeltið. Eldvirkni og skorpuhreyfingar á Snæfellsnesi eru með öðru sniði en í gliðunarbeltunum, enda eru þar engin háhitasvæði. Heildarflatarmál gosbeltisins er áætlað um 32.000 km² og er því skipt í virk svæði og óvirk svæði.

Virk svæði: Gosbeltið einkennist af virkum sprungusveimum og verða eldgos og jarðhræringar tíðum innan þeirra. Talið er að gliðnun landsins sé nálægt 1 cm á ári til hvorrar áttar út frá gosbeltinu. Sumir þessara sprungusveima eru virkari en aðrir í þeim skilningi að hiti á tiltölulega litlu dýpi er hærri en á landssvæðum umhverfis. Á vissum svæðum innan virku svæðanna á vatn greiðan aðgang niður um bergið og nær að komast í samband við hraunkviku. Við það hitnar

vatnið og leitar upp. Á slíkum svæðum, háhitasvæðum, kemur jarðhiti yfirleitt fram á yfirborði jarðar. Annars staðar á gosbeltunum (utan háhitasvæðanna) er gert ráð fyrir því að hiti sé fremur lágur í efsta km jarðskorpunnar.

Sú skoðun á vaxandi fylgi að fagna að sum háhitasvæðanna geti á einn eða annan hátt verið samtengd. Slík samtenging gæti átt sér stað gegnum sprungu- og gliðnunarsveimana en háhitasvæðin eru nær öll í sprungusveimum. Samtenging háhitasvæða virðist einna líklegust á Reykjanesi en þar er þekkt jarðskjálftabelti sem nær frá Reykjanes-háhitasvæðinu (Talvani o.fl., 1971; Klein o.fl., 1973, 1977) og austur í Krísuvík. Virku svæðin má því líta á sem samtengingu milli háhitasvæðanna, þ.e. raunverulega aukningu flatarmáls þeirra á 2-4 km dýpi. Stærð virka hluta gosbeltisins er áætluð hér sem 5 km breitt belti eftir endilöngum gosbeltunum (heildarlengd um 550 km) og er flatarmál þess því um 2750 km².

Háhitasvæði: Með háhitasvæði er átt við jarðhitasvæði þar sem 200°C hiti finnst ofan 1000 m dýpis. Á sex svæðum hefur slíkur hiti verið mældur í borholum. Auk þess eru hátt á 3ja tug svæða, sem ætla má að séu háhitasvæði, en úr því verður ekki endanlega skorið nema með borunum, þótt efnafræði gufu og vatns á mörgum þessara staða bendi sterklega til háhita. Mynd 4 sýnir legu þessara svæða. Í töflu 3 eru nafngreind 28 svæði sem af ýmsum ástæðum, jarðfræðilegum og/eða jarðeðlisfræðilegum, eru talin geta verið háhitasvæði. Fremur lítið er þó vitað um síðustu 9 svæðin (óviss háhitasvæði). Áætluð stærð háhitasvæðanna er einnig sýnd í töflu 3, heildarflatarmál þeirra er um 600 km².



MYND 4 Háhitavæði á Íslandi

Óvirk svæði: Meginhluti gosbeltisins er utan hinna virku svæða eins og þau eru skilgreind hér að framan. Þessi jaðarsvæði eru hér nefnd óvirk svæði og er flatarmál þeirra um 29250 km² (32000-2750 km²).

LANDSVÆÐI UTAN GOSBELTIS

Landinu utan gosbeltisins er skipt í 6 svæði, sjá mynd 3. Þessi svæðaskipting byggir á mældum hitastigli í borholum víða um land. Á þessum svæðum eru öll þekkt lághitasvæði, en þau eru öll jarðhitasvæði, sem ekki falla undir háhitasvæði. Heildarflatarmál landssvæða utan gosbeltisins er um 71000 km², sem sundurliðast þannig:

Vesturland: Svæðið nær að mestu yfir miðhluta Vesturlands og afmarkast að austan og sunnan af vestara gosbeltinu. Til norðurs nær svæðið yfir innsveitir Borgarfjarðar. Áætluð stærð svæðisins er um 5300 km². Áætlaður meðalhitastigull svæðisins er 140°C/km.

Suðurland: Suðurland nær yfir landsvæðið milli vestra og eystra gosbeltisins. Áætlaður meðalhitastigull svæðisins er 110°C/km, og flatarmál þessa svæðis er einnig um 5300 km².

Breiðafjörður: Við Breiðafjörð er hitastigull hærri en á nærliggjandi landsvæðum. Talið er að meginhluti svæðisins sé undir sjó, en á landi er flatarmál þess áætlað 1400 km². Meðalhitastigull svæðisins er 100°C/km

Norðurland: Þetta svæði nær yfir miðhluta og vesturhluta Norðurlands, vestan og norðan gosbeltisins. Áætluð stærð svæðisins er um 22000 km² og meðalhitastigull er áætlaður 70°C/km.

Austurland og Vestfirðir: Stærð þessara svæða er áætlað samtals 37000 km² og meðalhitastigull 60°C/km. Lítil jarðhiti er á yfirborði á Austfjarðasvæðinu en nokkru meiri á Vestfjörðum.

3.3 Eðlisvarmi bergs

Eðlisvarma á rúmmálseiningu má skrifa sem:

$$c = \sum_j s_j \alpha_j \rho_j$$

hér er

$$\begin{aligned} s_j &: \text{eðlisvarmi efnis } j \\ \alpha_j &: \text{rúmmálshlutfall efnis } j \\ \rho_j &: \text{eðlismassi efnis } j \end{aligned}$$

og við gerum ráð fyrir:

1. að engin eiginleg lagskipting eigi sér stað. Þar sem meta á annars vegar varma á 0-3 km dýpi og hins vegar á 3-10 km dýpi þykir eðlilegt að gera greinarmun á þessum dýptarbilum. Það er m.a. gert með því að gera ráð fyrir vökva í bergi allt niður í 3 ja km dýpi en þurru bergi þar fyrir neðan.
2. að basalt sé meginuppistaða í bergi undir landinu og að eðlisvarmi (s) og eðlismassi (ρ) þess sé:

$$\begin{aligned} s &= 0,88 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}_3 \\ \rho &= 3,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

3. að meðalgröppa bergs á 0-3 km dýpi sé 10% en 0% þar fyrir neðan og að vatn hafi eðlisvarma $s = 4,19 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$ og eðlismassa $= 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Með þessum nálgunum er eðlisvarmi á rúmmálseiningu, c , orðinn að fasta á hvoru dýptarbilinu fyrir sig. Þessi fasti verður:

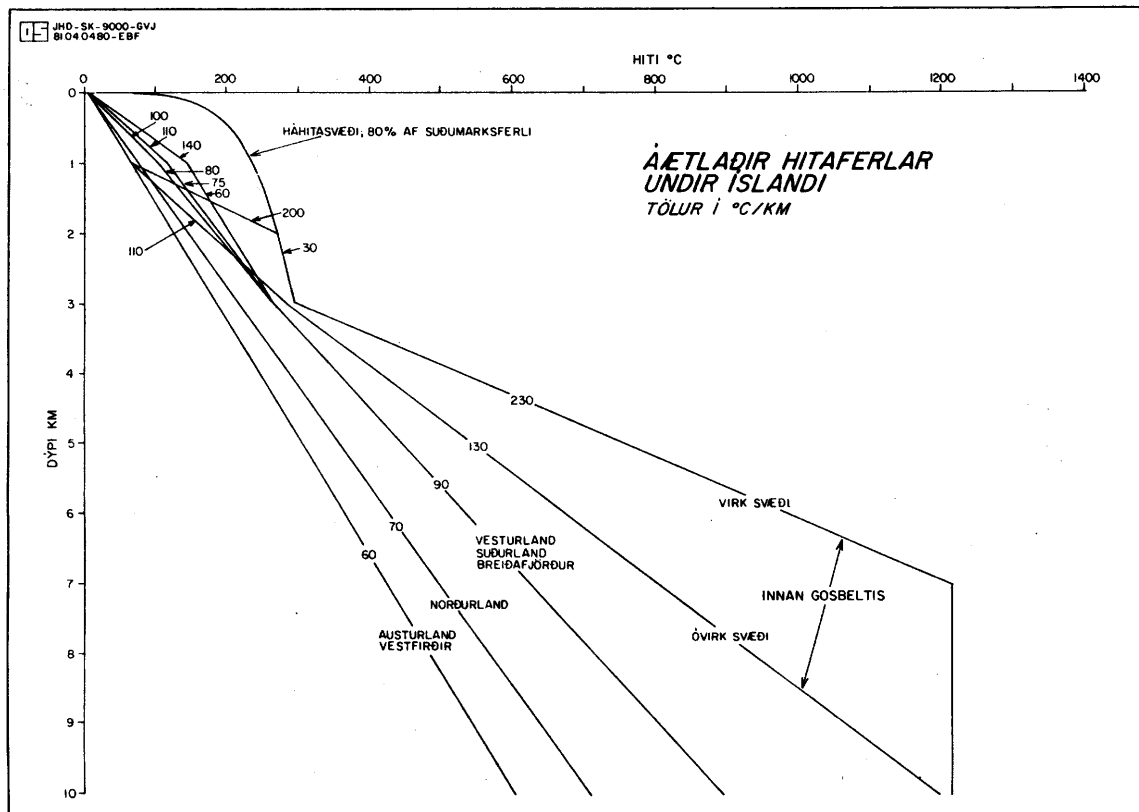
$$c_{0-3\text{km}} = (0,88 \cdot 0,9 \cdot 3,0 \cdot 10^3 + 4,19 \cdot 0,1 \cdot 10^3) \text{kJ/m}^3\text{C} = 2,8 \cdot 10^{15} \text{ J/km}^3\text{C}$$

$$c_{3-10\text{km}} = (0,88 \cdot 1 \cdot 3,0 \cdot 10^3) \text{kJ/m}^3\text{C} = 2,6 \cdot 10^{15} \text{ J/km}^3\text{C}$$

Þekking okkar á þeim breytistærðum sem notaðar eru við útreikninga á eðlisvarma á rúmmálseiningu er ekki það góð að hún gefi tilefni til að nota annað í varmaútreikningum en fyrrgreind meðalgildi fyrir allt landið.

3.4 Hiti berggrunnins

Þegar meta á hitaástand undir landinu, þ.e. hita sem fall dýpis, frá yfirborði og niður á 10 km dýpi er vert að hafa í huga að dýpstu borholur á landinu eru einungis um 3 km djúpar. Á víðáttumiklum landsvæðum, t.d. á Austurlandi, miðhálandinu og Suðausturlandi, hefur lítið sem ekkert verið borað annað en fáeinar tiltölullega grunnar holur. Það er því augljóst að einnig hér verður að grípa til nokkurra alhæfinga um hitaástand undir landinu. Áætlaðir hitaferlar, sem stuðst er við í þessu jarðvarmamati, eru sýndir á mynd 5.



MYND 5 Áætlaðir hitaferlar undir Íslandi

Eins og áður er getið hefur landinu verið skipt í tvö meginsvæði, landsvæði innan gosbeltisins og landsvæði utan gosbeltisins. Á landsvæðum innan gosbeltisins er gert ráð fyrir því að heitast sé á háhitasvæðum. Lögun hitaferla frá hitamælingum í borholum á nokkrum háhitasvæðum gefur tilefni til að ætla að hitaferlar háhitasvæða hafi svipaða lögun og suðumarksferill niður á 3 km dýpi, en suðumarksferill er hitaferill er sýnir breytingu á suðumarki með þrýstingi (dýpi). Gert er ráð fyrir því að hiti háhitasvæða sé ákveðið hlutfall af suðumarksferli, $T_s(z)$.

Eins og áður segir hefur einungis verið borað á nokkrum háhitasvæðum, nánar tilgreint 6 af þeim 28, sem talið er líklegt að séu í gosbeltinu. Á þremur þessara svæða, Kröflu, Námafjalli og Reykjanesi, sýna mældir hitaferlar í borholum að hiti þessara svæða fellur nærri suðumarksferli. Hér verður gert ráð fyrir að hiti þessara svæða fylgi ferli sem er 90% af suðumarksferli í $^{\circ}\text{C}$, þ.e. hitinn er 90% af þeim hita sem hann ætti að vera samkvæmt suðumarksferli. Í Svartsengi er þetta hlutfall 80% og eins á Hengilssvæðinu, en innan þess svæðis hefur verið borað á tveimur aðskildum vinnslusvæðum: á Nesjavöllum (90%) og Hveragerði (70%). Í Krísuvík er gert ráð fyrir að þetta hlutfall sé 70%. Gert er ráð fyrir að á meðalháhitasvæði sé hiti 80% af suðumarksferli og er sú tala einnig notuð við öll önnur þekkt og hugsanleg háhitasvæði er talin voru upp hér á undan. Við útreikninga á varmaforða háhitasvæða er stuðst við líkinguna:

$$T = X T_s(z) = X 69,56 z^{0,2085}$$

hér er:

X: hlutfall af suðumarksferli
z: dýpi í m

og

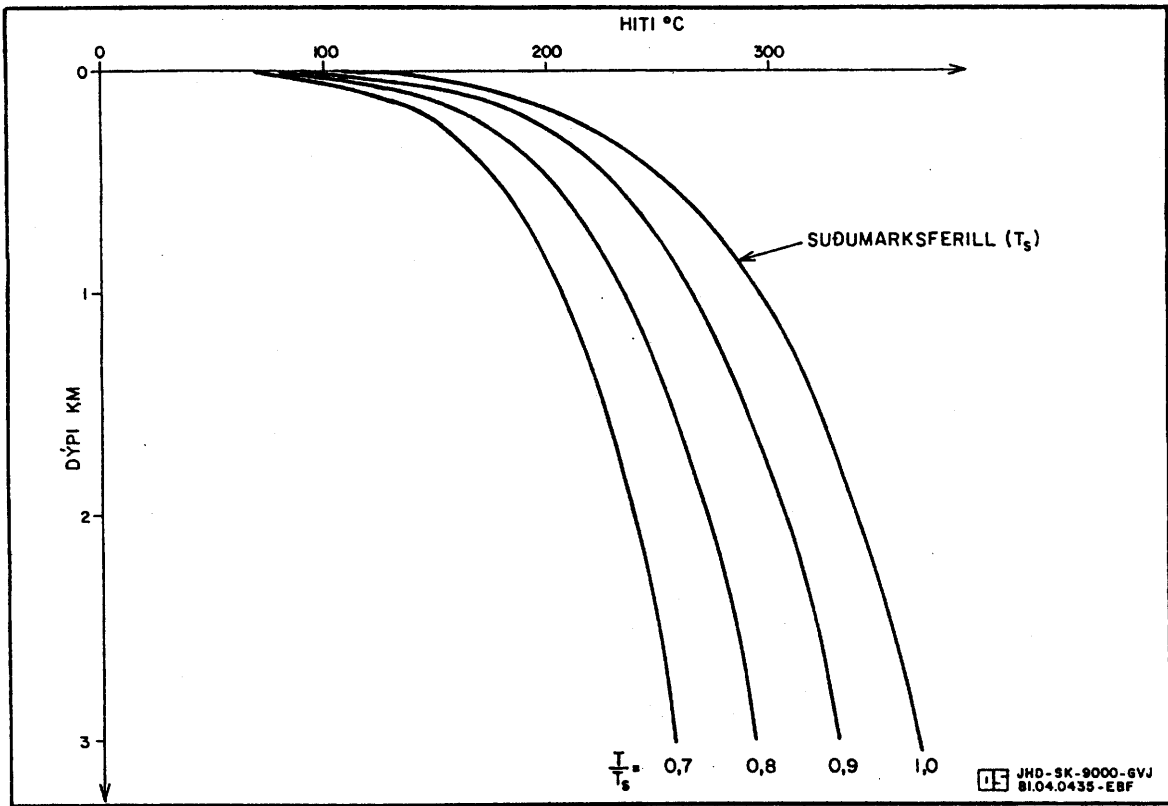
$T_s(z)$ verður þá hiti í $^{\circ}\text{C}$.

Líkingin fyrir $T_s(z)$ er nálgun kennd við Russel James (1970), sjá mynd 6, sem gildir fyrir dýpi frá 30 m og niður í 3050 m.

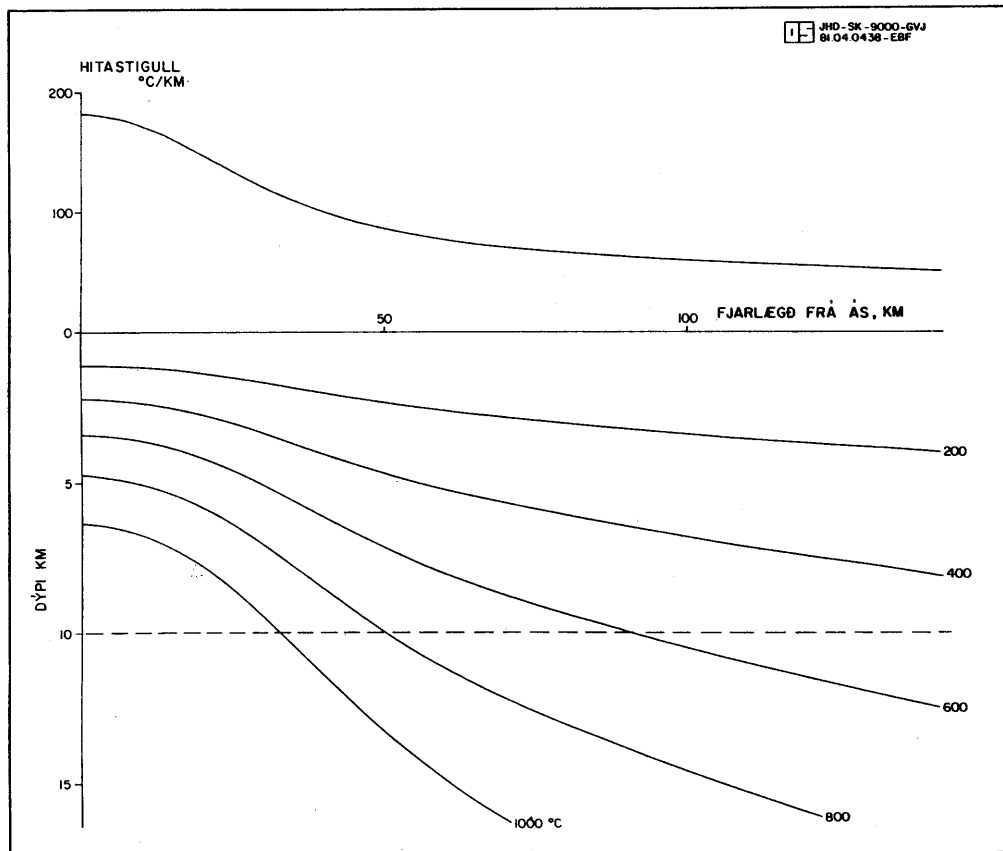
Á öðrum svæðum innan gosbeltisins (þ.e. utan háhitasvæðanna) er gert ráð fyrir því að efsti km jarðskorpunnar sé fremur kaldur. Þetta stafar einkum af því að þessi svæði eru jarðfræðilega ung, tiltölulega mikið sprungin og yfirleitt lítið holufyllt. Þessi svæði eru því gropin og gera má ráð fyrir að grunnvatn eigi greiðan aðgang um þau öll. Við gerum ráð fyrir því að hitastigull þessara svæða sé $60^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Neðan 1 km dýpis eru virk og óvirk svæði gosbeltisins meðhöndluð sérstaklega.

Á virkum svæðum (utan háhitasvæðanna) er gert ráð fyrir að þegar verulegra áhrifa grunnvatns hætti að gæta á dýpi sem hér er sett 1 km, vaxi hiti mjög ört og verði svipaður og á háhitasvæðum á 2 km dýpi og þar fyrir neðan. Hitastigull verður þannig $200^{\circ}\text{C}/\text{km}$ milli 1 og 2 km dýpis en $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$ milli 2 og 3 km dýpis (sjá mynd 5).

Á óvirkum svæðum gosbeltisins er á svipaðan hátt gert ráð fyrir því að hiti vaxi ört er áhrifa grunnvatns hættir að gæta. Við gerum ráð fyrir því að hiti vaxi línulega milli 1 og 3 km dýpis, þannig að hiti á 3 km dýpi sé heldur minni en á háhitasvæðum. Hitastigull á þessu dýptarbili er áætlaður $110^{\circ}\text{C}/\text{km}$.



MYND 6 Suðumarksferill



MYND 7 Líkan af hitaástandi undir gosbelti

Þekking á hitaástandi frá 3 km og niður á 10 km dýpi er fremur óljós. Með hliðsjón af gosbeltislíkani Guðmundar Pálmasonar (Guðmundur Pálmason, 1981) og rafleiðnimælingum (Beblo og Axel Björnsson, 1978, 1980), sjá mynd 7, er þó gert ráð fyrir því að hiti vaxi mjög ört á virkum svæðum og nái um 1200°C á 7 km dýpi (hitastigull $230^{\circ}\text{C}/\text{km}$) og hækkir ekki úr því, en á óvirkum svæðum er gert ráð fyrir að um það bil sami hiti sé á 10 km dýpi (hitastigull $130^{\circ}\text{C}/\text{km}$).

Vissulega lenda þessar alhæfingar um hitaástand í gosbeltinu í andstöðu við betri þekkingu á mjög takmörkuðum svæðum; t.d. er kvíkuhólf talið vera á 3-7 km dýpi undir Kröfluöskju (Páll Einarsson 1978). Slíkt staðbundið ástand verður hinsvegar ekki heimfært á gosbeltið í heild.

Á landsvæðum utan gosbeltisins er hitaástandi efsta kílómetra jarðskorpunnar lýst með meðalhitastigli fyrir hvert svæði fyrir sig. Þessi meðalhitastigull er meðaltal af mældum hitastigli í borholum víða um land. Fáar borholur eru dýpri en 1 km þannig að í dýpri jarðlögum og allt niður á 10 km dýpi er raunveruleg þekking á hitaástandinu næsta lítil. Við mat á efri mörkum hita á þessum landsvæðum og á þessu dýptarbili er stuðst við fyrrgreint gosbeltislíkan og rafleiðnimælingar. Áætlaðir hitaferlar á hinum ýmsu svæðum verða þá:

Austurland og Vestfirðir: Áætlaður meðalhitastigull þessara svæða er $60^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Þessi hitastigull er látinn haldast óbreyttur niður á 10 km dýpi.

Norðurland: Áætlaður meðalhitastigull á Norðurlandi er $70^{\circ}\text{C}/\text{km}$ og er hann einnig látinn haldast óbreyttur niður á 10 km dýpi.

Við Breiðafjörð er þessi áætlaði meðalhitastigull $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$, $110^{\circ}\text{C}/\text{km}$ á Suðurlandi og $140^{\circ}\text{C}/\text{km}$ á Vesturlandi allt frá yfirborði og niður á 1 km dýpi. Þekking á hitaástandi í dýpri jarðlögum er tæpast það mikil að hægt sé að sundurgreina þessi svæði hvað hita varðar. Milli 1-3 km dýpis er hitastigull þessara svæða valinn þannig að öll hafi þau náð sama hita á 3 km dýpi (u.p.b. 265°C). Þessi hiti er heldur minni en á hinum óvirka hluta gosbeltisins (285°C). Gert er ráð fyrir því að á 10 km dýpi hafi öll þessi svæði náð um 900°C hita. Hitastigull er því um $90^{\circ}\text{C}/\text{km}$ frá 3 km og niður á 10 km dýpi. Áætlaðir hitaferlar á hinum ýmsu svæðum landsins eru sýndir á mynd 5.

Varmaútreikningar eru miðaðir við meðalhita umhverfisins. Samkvæmt skýrslum Veðurstofu Íslands (Hagstofa Íslands 1974) er meðalhiti 1930-60 breytilegur eftir landshlutum, t.d. er hann $5,0^{\circ}\text{C}$ í Reykjavík og $3,9^{\circ}\text{C}$ á Akureyri. Breytileiki meðalhitans er lítil og skiptir ekki máli í því sambandi sem hér um ræðir. Sú einföldun er því gerð að meðalhiti á landinu öllu sé $+5,0^{\circ}\text{C}$.

3.5 Storknunarvarmi

Í dýpstu jarðlögum á heitustu landsvæðunum er hiti slíkur að gera verður ráð fyrir að berg sé bráðið að hluta til eða að fullu. Varma-taka úr slíku bergi myndi leiða til storknunar og við það losnar varmi, storknunarvarminn. Í útreikningum er til einföldunar gert ráð fyrir að storknunarvarmi vegna bráðins bergs reiknist einungis þar sem

hiti er hærri en 800°C . Sé eins og áður gert ráð fyrir því að basalt sé meginuppistaðan í berggrunni landsins má ætla að storknunarvarmi sé $0,3 \text{ MJ/kg}$. Sé eins og áður gert ráð fyrir því að eðlismassi basalts sé $3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ má umreikna þetta í $0,9 \cdot 10^{18} \text{ J/km}^3$ og er sú tala notuð í varmaútreikningum.

3.6 Aðgengileiki

Aðgengileiki (accessibility) er margföldunarstuðull er lýsir tæknilegri takmörkun á nýtingu jarðvarma vegna landfræðilegra aðstæðna (jöklar, vötn, ár, háir fjallgarðar, brattar hlíðar o.p.h.). Stuðullinn er hlutfall þess flatarmáls sem er aðgengilegt af heildarflatarmáli svæðisins.

Samkvæmt tölum úr Tölfræðihandbók (Hagstofa Íslands, 1974) þekja jöklar um 11,6% landsins en vötn um 2,7%. Samkvæmt sömu heimild eru um 58,2% landsins yfir 400 m hæð. Í því mati á aðgengileika sem hér er stuðst við var miðað við 200-400 m hæðarlínu utan gosbeltisins, þannig að yfirleitt voru landsvæði er liggja hærra en 400 m talin óaðgengileg. Gosbeltið var metið sér því aðrar aðstæður eru við vinnslu varmans á háhitasvæðum. Meðalaðgengileiki á landinu í heild var metinn um 55% eftir framansögðum leiðum. Innan gosbeltisins er meðalaðgengileiki talinn vera um 70% utan háhitasvæða, en um 60% innan þeirra. Utan gosbeltisins er aðgengileiki hæstur á Suðurlandi, 80%, en 70% á Vesturlandi og Breiðafirði. Á Norðurlandi er aðgengileiki um 50% og einungis 40% á Austurlandi og Vestfjörðum.

3.7 Varmaheimtustuðull

Við alla jarðefnavinnslu er ætíð gerður greinarmunur á heildarmagni þeirrar auðlindar sem nýta skal og þeim hluta hennar sem hægt er að vinna úr jörðu á hagkvæman hátt með þeirri tækni sem er fyrir hendi og fyrirsjáanleg er í náninni framtíð. Þetta á að sjálfsögðu einnig við um jarðvarma. Varmaheimtustuðullinn (geothermal recovery factor) er skilgreindur sem hlutfallið milli þess varma sem hægt er að ná upp um borholur og heildarvarma jarðhitageymisins.

Varmaheimta er í flestum tilfellum mjög illa þekkt, en sé reiknað með algengum gildum á groppu og lekt, er hún álitin geta orðið allt að 25% við bestu aðstæður. Í flestum venjulegum jarðhitakerfum er varmaheimtan mun minni og nálgast 0% í heilu og ógegndræpu bergi.

Innan gosbeltisins er gert ráð fyrir að varmaheimta sé 20% á virkum svæðum en 10% á óvirkum svæðum. Utan gosbeltisins er varmaheimtan áætluð 5% á Vesturlandi, Suðurlandi og við Breiðafjörð en 2% á Norðurlandi og 1% á Austurlandi og Vestfjörðum. Erfitt er að færa haldgóð rök fyrir þessum tölum, en þó er vert að hafa í huga að virki hluti gosbeltisins er yngstur og lekt þar mest, en utan gosbeltisins er bergið þéttara.

3.8 Nýtni jarðvarma

Flokka má notkun jarðvarma í tvennt, þ.e. annarsvegar til almennra nota s.s. til hitunar, þurrkunar og eimingar og hinsvegar til raforkuvinnslu og er þá einvörðungu miðað við varma með hita yfir 130°C . Hér á eftir verður fjallað um þessa tvo aðalkosti hvað varðar nýtingu og nýtnistuðla.

3.8.1 Nýtni jarðvarma til almennra nota

Sá jarðvarmi sem ná má úr borholu, þ.e. tæknilega vinnanlegur jarðvarmi, er í þessu mati sundurliðaður í 3 hitaflokka, $5-40^{\circ}\text{C}$, $40-130^{\circ}\text{C}$ og yfir 130°C . Þessi sundurliðun byggir á mismunandi nýtingarmöguleikum jarðvarmans eftir hita.

$5-40^{\circ}\text{C}$: Jarðvarma í þessum flokki má nýta á margvíslegan hátt t.d. í sundlaugar, fiskeldi, upphitun gangstétta og gatna, jarðvegshitun og ræktun.

$40-130^{\circ}\text{C}$: Langalgengasta notkun varma í þessum flokki er til húshitunar og almennra þarfa (t.d. kranavatn). Ylrækt er önnur algengasta notkunin. Margir aðrir notkunarmöguleikar eru á nýtingu varma í þessum flokki. Má þar nefna t.d. heilsuþöð, notkun í kæli-tækni, þurrkun og eimingu.

yfir 130°C : Notkun varma í þessum flokki er einkum bundin við iðnað, t.d. efnavinnslu, þurrkun, eimingu, kælingu með ígleypnisaðferð (absorption) o.fl. eða þá óbein notkun í hitaveitu (Hitaveita Suðurnesja, Hveragerðis og Reykjahlíðar).

Varmi til almennra nota nýtist mismunandi vel eftir eðli notkunar. Til einföldunar er gert ráð fyrir að 75% af varmanum við holutopp nýtist í lægri flokkunum, þ.e. $5-40^{\circ}\text{C}$ og $40-130^{\circ}\text{C}$. Vegna annarra eiginleika jarðhitavökvans (gufu) í heitasta flokknum, yfir 130°C , er gert ráð fyrir því að nýtnistuðullinn sé 50%. Þetta stafar meðal annars af því, að magn uppleystra efna vex með hita, þannig að oft þarf að nýta varmann óbeint, þ.e. nota varmaskipta til að koma í veg fyrir útfellingavandamál.

Rétt er að hafa í huga að sú skipting jarðvarmans í flokka, sem hér er sett fram á sér ekki síður sögulegar rætur en tæknilegar. Nýtnistuðlarnir eru mjög breytilegir eftir eðli notkunar, en í flestum tilfellum má bæta nýtnina verulega með keðjunotkun. Ofangreind gildi eru hér talin líkleg meðaltöl fyrir hvern flokk.

3.8.2 Nýtni jarðvarma til raforkuvinnslu

Varmaorkan, sem fólgin er í jarðhitageyminum og unnin er úr borholum, er einungis að hluta breytanleg í raforku. Til einföldunar er hér aðeins fundin fræðileg nýtni og gert ráð fyrir að ástandsþreyingar séu "ísentalpiskar" í farvegi djúpvatnsins úr jarðhitageyminum að túrbínu en "ísentropiskar" í túrbínunni. Þessi nálgun á vel við fyrir hin svokölluðu blautu jarðhitasvæði en á þurr-gufusvæðum eða þar sem blanda af gufu og vatni er til staðar í jarðhitageyminum yrði nýtnin betri heldur en ofangreindar forsendur gefa fyrir blaut svæði.

Ef reiknað er með að "mekanísk" nýtni túrbínu sé 75% verður heildarnýtni, η_w , til raforkuvinnslu úr djúpvatni við hita T:

$$\eta_w = 0,183 (1 - h'_{130}/h'_T)$$

h_T : entalpia djúpvatns við $T^\circ\text{C}$

Við útreikninga á heildarnýtni er notast við hitaferla úr grein 3.4.

Við vinnslu á raforku með jarðhita er eins og áður segir reiknað með varma úr svæðinu, sem er með hærri hita en 130°C , og ennfremur er reiknað með að einungis hluti varmaforðans ofan við 130°C náist upp úr borholum til vinnslunnar. eru hér notaðir varmaheimtustuðlarnir frá $R = 1\%$ og upp í $R = 20\%$.

Ekki er ljóst, hvernig svæði kólna við vinnsluna en gera má ráð fyrir, að hitaferillinn lækki óreglulega bæði með dýpi og tíma. Er reiknað með því að hitaferillinn hliðrist við vinnsluna þannig að í beltinu milli upphafs- og lokahitaferils séu fólgin $R\%$ af varmaforðanum og náist þau upp úr borholum til raforkuvinnslu.

Í viðauka 3 eru sýndir útreikningar fyrir nýtni háhitasvæða til raforkuvinnslu og hafa samskonar útreikningar verið gerðir fyrir jarðhita bæði innan og utan gosbeltisins.

Niðurstöður þessara útreikninga eru í eftirfarandi töflu:

TAFLA 1 Heildarnýtni, η_w , varmaforða til raforkuvinnslu við ákveðna varmaheimtu R og nýtni varmans úr borholu til raforkuvinnslu.

	η_w %	Varmaheimtu- stuðull R%	Nýtni í virkjun %
Innan gosbeltis			
meðalháhitasvæði	1,6	20	8
önnur virk svæði	1,6	20	8
óvirk svæði	0,6	10	6
Utan gosbeltis			
Vesturland	0,3	5	6
Suðurland	0,3	5	6
Breiðafjörður	0,3	5	6
Norðurland	0,08	5	4
Austurland og Vestf.	0,08	1	2

4 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

Í síðasta kafla var gerð grein fyrir því hvernig helstu breytistærðir í jarðvarmamatinu eru fengnar. Í þessum kafla verður gerð grein fyrir útreiknuðu magni jarðvarma, lið fyrir lið, samkvæmt þeirri svæðaskiptingu sem sett var fram í 2. kafla og sýnd er á mynd 3.

Meginniðurstöður jarðvarmamatsins eru settar fram í 4 töflum, sem hver um sig er tvískipt. Í efri hluta taflanna eru háhitasvæðin sundurliðuð og getið er um stærð hvers svæðis, auk annarra upplýsinga. Í neðri hluta taflanna er allt landið tekið fyrir. Þar er landinu skipt í tvö meginsvæði, innan gosbeltis og utan gosbeltis. Hverju meginsvæði er skipt í undirsvæði og getið er um stærð þess auk annarra upplýsinga. Öll háhitasvæðin (efri hlutinn) eru dregin saman í eitt þessara undirsvæða, í neðri hluta taflanna.

4.1 Jarðvarmafordi berggrunnsins

Heildarmagn jarðvarma undir landinu, frá yfirborði og niður á 10 km dýpi er nefnt jarðvarmafordi berggrunnsins. Sá hluti jarðvarmans sem er yfir 3 km dýpi er talinn aðgengilegur. Í töflu 3 eru niðurstöður útreikninga á jarðvarmaforda berggrunnsins sýndar. Í töflunni er sýnt hvernig jarðvarmafordi berggrunnsins sundurliðast í varma frá yfirborði jarðar og niður á 3 km, frá 3 km og niður á 10 km og í varma-
auka vegna stroknunar bergs.

Jarðvarmafordi berggrunnsins undir landinu öllu frá yfirborði og niður á 10 km dýpi er um $1,2 \cdot 10^{24}$ J, en aðgengilegur jarðvarmafordi berggrunnsins, þ.e. frá yfirborði jarðar og niður á 3 km dýpi er um $0,1 \cdot 10^{24}$ J, eða um 8% af heildinni.

Þegar tafla 3 er skoðuð nánar kemur í ljós að jarðvarmafordi 5 stærstu háhitasvæðanna, Torfajökuls, Hengils, Grímsvatna, Krísvíkur og Kröflu (í röð eftir stærð) er um 70% forða háhitasvæðanna.

Þegar litið er á þann hluta töflu 3 sem fjallar um allt landið sést að varmapéttleiki í efstu 10 km jarðskorpunnar er mestur innan gosbeltisins og þá sérstaklega virka hluta hans. Ef einungis er litið á efstu 3 km eru það aðallega háhitasvæðin sem skera sig úr. Varmapéttleiki annarra hluta gosbeltisins er mjög sambærilegur við Vesturland, Suðurland og Breiðafjörð. Norðurland, Austurland og Vestfirðir reka síðan lestina með varmapéttleika sem er einungis um þriðjungur af því sem er á háhitasvæðum.

Í töflu 4 er aðgengilegur jarðvarmafordi berggrunnsins sundurliðaður í 3 flokka eftir hita. Þessi skipting byggir einkum á því að nýta má jarðvarma á mismunandi hátt eftir hita. Þannig er kaldasti flokkurinn, 5-40°C, of kaldur til að nota beint til húshitunar, miðflokkurinn, 40-130°C, er mest nýttur til húshitunar og þegar varminn er kominn yfir 130°C má fara að framleiða raforku.

Sé litið á þann hluta töflunnar sem fjallar um allt landið kemur í ljós að varmapéttleiki á hitabilinu 5-40°C er mjög svipaður um allt land. Á hitabilinu 40-130°C er varmapéttleikinn áberandi mestur á há-

hitasvæðum en svipaður annarsstaðar. Þegar komið er í heitasta flokkinn er greinilegt að varmapéttleikinn er mestur á virka hluta gosbeltisins og þá einkum á háhitasvæðum, þar sem varmi yfir 130°C er um helmingur af öllum aðgengilegum jarðvarma svæðisins. Minnstur er varmapéttleikinn svo á Austurlandi og Vestfjörðum þar sem einungis um tíundi hluti aðgengilegs jarðvarma á þeim svæðum er í þessum flokki.

Sé litið á lokatölur um varmainnihald á öllu landinu kemur í ljós að um 30% varmans er á hitabilinu 5-40°C, um helmingur varmans er á hitabilinu 40-130°C en einungis um 20% varmans er yfir 130°C.

4.2 Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi

Næsta þrep í jarðvarmamatinu er nefnt tæknilega vinnanlegur jarðvarmi, sjá töflu 5, en það er sá hluti jarðvarmaforða berggrunnins, 0-3 km, sem talið er að hægt sé að vinna með þeirri tækni sem fyrirsjáanleg er, en án tillits til hagkvæmni og miðast við að varminn sé kominn á holutopp.

Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi er fenginn með því að margfalda jarðvarmaforða á 0-3 km dýpi með tveimur margföldunarstuðlum, aðgengileika og varmaheimtu. Aðgengileiki er stuðull er lýsir landfræðilegri takmörkun á vinnslu jarðvarma á yfirborði vegna t.d. jökla, vatna og fjallgarða, en varmaheimtan er hlutfallið milli þess varma sem hægt er að ná upp um borholur og heildarvarma jarðhitageymisins. Þessir stuðlar eru sýndir í töflu 5 ásamt niðurstöðunni, þ.e.a.s. tæknilega vinnanlegum jarðvarma við holutopp.

Aðgengileiki er mjög breytilegur á hinum ýmsu svæðum allt frá 1,0 (100%) á Reykjanesi og í Svartsengi og niður í 0 (0%, óaðgengilegt með öllu) t.d. í Grímsvötnum. Vatnafræðilegir eiginleikar hinna ýmsu háhitasvæða, þ.e. lekt, groppa o.fl. eru illa þekktar stærðir á flestum svæðanna. Varmaheimta virkra svæða er áætluð 0,2 (20%). Gert er ráð fyrir, að varmaheimtan sé minni annarsstaðar og allt niður í 0,01 (1%) á Austurlandi og Vestfjörðum.

Sé litið á þann hluta töflu 5 sem fjallar um allt landið kemur strax í ljós að mikinn hluta eða um 75% hins tæknilega vinnanlega jarðvarma er að finna á landsvæðum innan gosbeltisins. Þar af er 1/4 á virkum svæðum en 3/4 á óvirkum svæðum. Þá má og sjá að hlutfallslegt mikilvægi hinna stóru "köldu" landsvæða Norðurlands, Austurlands og Vestfjarða hefur minnkað allverulega frá töflu 4, einkum vegna áætlaðrar mun minni varmaheimtu en á öðrum landsvæðum, en einnig er aðgengileiki þessara landsvæða heldur minni en annarra.

Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi á landinu öllu er um $3,5 \cdot 10^{21}$ J.

4.3 Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi - Nýting í virkjun

Í töflu 6 er nýting jarðvarma sundurliðuð eftir hitaflokkum. Í töflunni eru gefnir tveir möguleikar á nýtingu varma yfir 130°C annars vegar til almennra nota varmans og hinsvegar til raforkuframleiðslu. Við nýtingu jarðvarma til almennra nota er gert ráð fyrir því að nýta megi 75% hins tæknilega vinnanlega jarðvarma á hitabilinu 5-130°C en

einungis 50% varmans þegar hitinn er kominn yfir 130°C . Nýtni til raforkuframleiðslu er enn minni og auk þess breytileg eftir hitaástandi hvers svæðis, allt frá 9% á heitustu háhitasvæðum og niður í 2% á Austurlandi og Vestfjörðum.

Þegar meta á afl svæða er nauðsynlegt að gera sér grein fyrir því hversu hratt megi nýta varmann. Í framsetningu okkar gerum við ráð fyrir því að nýtingin standi yfir í 50 ár og að engin endurnýjun jarðvarma eigi sér stað. Miðað við þessar forsendur er í töflu 6 gefið upp afl svæða, að vísu einungis fyrir raforkuvinnslu í MW_{50 ár}, þ.e. mega-wött í 50 ár. Ástæða er til að leggja áherslu á að hér er verið að meta orku svæða en ekki afl.

Sé litið á þann hluta töflunnar sem fjallar um háhitasvæði sést að Torfajökulssvæðið er stærst og talið standa undir tæplega 1000 MW_{50 ár} virkjun til raforku og Hengilssvæðið um 700 MW_{50 ár}, en önnur svæði mun minna. Röð stærstu svæða hefur nú, þegar að nýtingu er komið, breyst nokkuð frá því sem var þegar einungis var litið á flatarmál svæðanna. Torfajökuls- og Hengilssvæðin eru langstærst en síðan koma Krafla, Krísuvík og Þeistareykir.

Sé litið á þann hluta töflu 6 sem fjallar um allt landið kemur í ljós að milli 70 og 80% af varma frá virkjun er af landsvæðum innan gosbeltisins, þar af eru milli 15 og 25% frá virkum svæðum. Utan gosbeltisins er magn jarðvarma frá virkjun hlutfallslega álíka mikið á Vesturlandi, Suðurlandi og Breiðafirði en mun minna á Norðurlandi og enn minna á Austurlandi og Vestfjörðum.

Í töflu 6 er gert ráð fyrir því að varma yfir 130°C megi nýta annaðhvort til almennra nota (nýtni 0,5) eða þá til raforkuframleiðslu (breytileg nýtni eftir hita). Heildarmagn raforku sem vinna má á landinu er áætlað um $68,2 \cdot 10^{18}$ J og er um 83% þess af landsvæðum innan gosbeltisins. Sé eins og áður reiknað með að fullnýta megi allan tæknilega vinnanlegan jarðvarma á 50 árum mætti vinna um 43200 MW_{50 ár}. Sé litið á aflþéttleikann, þ.e.a.s. MW_{50 ár}/km² (aðgengi-leiki innifalinn), sést að vinna má um 10 MW_{50 ár}/km² á háhitasvæðum, tæplega 6 MW_{50 ár}/km² á öðrum virkum svæðum en mun minna á öllum öðrum landsvæðum. Þessar tölur sýna að raforkuframleiðsla kemur fyrst og fremst til álita á háhitasvæðum en gæti hugsanlega einnig verið möguleg á öðrum virkum svæðum (með dýpri borunum). Af háhitasvæðum einum ætti því að vera mögulegt að framleiða um 3500 MW_{50 ár} af raforku og 8400 MW_{50 ár} af öðrum virkum svæðum, en vegna lítils aflþéttleika verður tæplega reiknað með raforkuframleiðslu á öðrum landsvæðum. Með þessum forsendum má því búast við að framleiða megi 3000-12000 MW af raforku í 50 ár á landinu öllu. Heildartölur um skiptingu jarðvarma Íslands eru sýndar á mynd 8.

Leggja ber á það ríka áherslu að þessar tölur um nýtingu jarðvarma með framangreindum takmörkunum, gera ekki ráð fyrir neinni endurnýjun inn á það svæði sem nýtt er. Slík endurnýjun á sér hins vegar stað með ýmsu móti, t.d. varmaleiðni, vatnsrennsli og einnig með innskotamyndun á virkum svæðum.

Að auki er rétt að minna aftur á og leggja á það ríka áherslu, að þetta jarðvarmamat er einskonar heildarmat eða landsmat á jarðvarma en ekki afmarkað jarðvarmamat á ákveðnu svæði eða jarðhitakerfi.

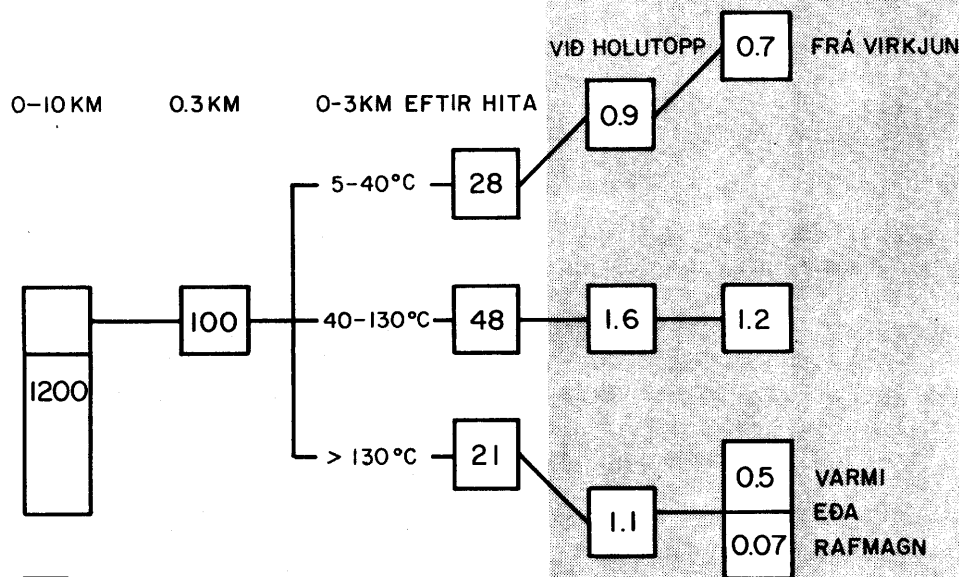
Munurinn á þessu tvennu er í aðalatriðum fólgin í því, að í landsmati er stuðst við einfaldara líkan af hverju svæði en gert er í staðbundnu mati. Auk þess eru gerðar viðtækar afhæfingar um flestar þær breytingar sem notaðar eru, en í staðbundnu mati er reynt að nýta alla þá þekkingu sem til er um viðkomandi svæði.

JARÐVARMÍ ÍSLANDS

ALLAR TÖLUR Í 10^{21} J

JARÐVARMAFORÐI BERGGRUNNS

TÆKNILEGA VINNANLEGUR JARÐVARMÍ



JHD-SK-9000-GV.J.
82-05-0697 EK.

MYND 8 Samandregnar niðurstöður jarðvarmamatsins

4.4 Stöðugt náttúrlegt varmaflæði

Við nýtingu jarðvarma hefur afl svæða verið reiknað út miðað við 50 ára nýtingartíma og jafnframt var gert ráð fyrir, að engin endurnýjun ætti sér stað. Til samanburðar við þá nýtingu sem rakin er hér á undan er rétt að reyna að gera sér grein fyrir því, hve mikið stöðugt náttúrlegt varmaflæði er til yfirborðs. Með stöðugu náttúrlegu varmaflæði er hér átt við meðal-varmaflæði til yfirborðs í langan tíma.

Gert er ráð fyrir, að stöðugt náttúrlegt varmaflæði til yfirborðs eigi sér stað með þrennu móti, með varmaleiðni, með vatns- og gufustreymi til yfirborðs og með rennsli hraunkviku til yfirborðs.

Varmaflæði vegna varmaleiðni til yfirborðs fæst úr margfeldi varmaleiðnistuðuls, hitastiguls og flatarmáls. Sé gert ráð fyrir að varmaleiðnistuðull sé $1,7 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$ (Guðmundur Pálmason og Kristján Sæmundsson, 1979) og hitastigull og flatarmál samkvæmt 3. kafla (sjá 3.2 og 3.4) verður varmaflæði með leiðni um 12000 MW á öllu landinu, en þar af eru um 9000 MW á landssvæðum utan gosbeltisins. Þetta er sundurliðað í eftirfarandi töflu.

TAFLA 2 Varmaflæði með leiðni

	Flatarmál km ²	Hitastigull °C/km	Varmaflæði MW
Gosbeltið	32000	60	3264
Vesturland	5300	140	1261
Suðurland	5300	110	991
Breiðafjörður	1400	100	238
Norðurland	22000	70	2618
Austurl. og Vestfirðir	37000	60	3774
Alls	103000		12146

Náttúrlegt varmaflæði með vatns- og gufustreymi á sér stað á bæði lághita- og háhitasvæðum. Í viðauka 4 er fjallað um varmaflutning á lághitasvæðum. Þar er að finna ítarlega töflu um náttúrlegt vatnsstreymi í hverri sýslu landsins. Meginniðurstaðan er sú að sjálfrennsli úr hverum og laugum sé um 1800 l/s áður en nokkuð var borað. Þetta rennsli jafngildir um 500 MW afli (yfir 15°C). Með borunum hefur vatnstaka verið aukin verulega, og er nú um 4700 l/s, sem jafngildir um 1400 MW afli (Jón Steinar Guðmundsson o.fl. 1980).

Ekki eru til nákvæmar tölur um náttúrlegt varmatap háhitasvæða á Íslandi, en áætlað hefur verið að það sé á bilinu 3-80 W/m² (Ward, P.L. og Sveinbjörn Björnsson, 1971). Í Grímsvötnum, þar sem aðstaður eru mjög góðar til athugana (þ.e. afrennsli í hlaupum), hefur varminn sem streymir frá jarðhitasvæðinu verið áætlaður 5000 MW. Stærð svæðisins er talin um 65 km² og varmaflæðið er því um 80 W/m² (Helgi Björnsson, 1974; Helgi Björnsson o.fl., 1980). Ýmislegt bendir til, að virkni Grímsvatna sé minnkandi (Sigurjón Rist, 1982). Náttúrlegt varmatap frá jarðhitasvæðinu í Kverkfjöllum hefur verið áætlað 1200-2100 MW eða meira (Friedman, J.D. o.fl., 1972). Þar sem stærð svæðisins er áætluð 25 km², er varmaflæðið 48-84 W/m² eða meira. Varmaflæði allra annarra háhitasvæða er áætlað 20 W/m² og heildarflatarmál um 510 km². Varmaflæði af öllum háhitasvæðum er þá um 17000 MW.

Varmaflæði með vatns- og gufustreymi á landinu öllu er þá um 17500 MW með þessum forsendum. Telja má fullvíst að innskotamyndun vegna gliðnunar landsins sé aflgjafi þessa varmaflutnings. Sé svo má áætla efri mörk þessa varmaflæðis út frá gliðnuninni, en hún er talin nema um 1 cm/ári í hvora átt. Sé auk þess gert ráð fyrir 500 km löngu gliðnarbeldi sem ná niður á 10 km dýpi verður þetta varmaflæði um 13000 MW.

Auk innskotamyndunar í jarðskorpunni verður einnig nýmyndun á yfirborði jarðar (hraunrennsli). Varmaflæði vegna nýmyndunar hefur verið áætlað um 6000 MW (Guðmundur Pálmason, 1973). Forsenda þess er að um 4,5 km² af gosefnum berist upp á yfirborð í eldgosum á öld að meðaltali (Sveinn P. Jakobsson, 1972).

TAFLA 3 Jarðvarmaforði berggrunnnsins

HÁHITASVEÐI	km ²	Sundurliðun í 10 ¹⁸ J/km ² í				Jarðvarmaforði berggrunnns, 10 ¹⁸ J	
		0-3 km	3-10 km	Q _{st} *	ALLS	0-10 km	0-3 km
1 Reykjanes	2	2,27	17,65	4,43	24,35	48,7	4,5
2 Svartsengi **	11	2,01	17,24	4,30	23,55	259,1	22,1
3 Krísuvík ***	60	1,75	16,82	4,22	22,79	1367,4	105,0
4 Brennisteinsfjöll	2	2,01	17,24	4,30	23,55	47,1	4,0
5 Hengill ****	100	"	"	"	"	2355,0	201,0
6 Geysir	3	"	"	"	"	70,7	6,0
7 Kerlingarfjöll	11	"	"	"	"	259,1	22,1
8 Hveravellir	1	"	"	"	"	23,6	2,0
9 Mýrdalsjökull	?	?	?	?	?	?	?
10 Torfajökull	140	2,01	17,24	4,30	23,55	3297,0	281,4
11 Grímsvötn	65	"	"	"	"	1530,8	130,7
12 Köldukvíslarbotnar	8	"	"	"	"	188,4	16,1
13 Vonarskaró	11	"	"	"	"	259,1	22,1
14 Kverkfjöll	25	"	"	"	"	588,8	50,3
15 Askja	25	"	"	"	"	588,8	50,3
16 Fremrinámar	4	"	"	"	"	94,2	8,0
17 Námafjall	7	2,27	17,65	4,43	24,35	170,5	15,9
18 Krafla	30	2,27	17,65	4,43	24,35	730,5	68,1
19 Þeistareykir	19	2,01	17,24	4,30	23,55	447,5	38,2

20 Prestahnúkur	1	"	"	"	"	23,6	2,0
21 Hofsjökull	?	?	?	?	?	?	?
22 Tindfjallajökull	1	2,01	17,24	4,30	23,55	23,6	2,0
23 Blautakvísl	7	"	"	"	"	164,9	14,1
24 Þóróarhryna	?	?	?	?	?	?	?
25 Hnúthálsar	7	2,01	17,24	4,30	23,55	164,9	14,1
26 Gjástykki	7	"	"	"	"	164,9	14,1
27 Axarfjörður	30	"	"	"	"	706,5	60,3
28 Kolbeinsey	?	?	?	?	?	?	?

ALLT LANDIÐ	km ²	Sundurliðun í 10 ¹⁸ J/km ² í				Jarðvarmaforði berggrunnns, 10 ²¹ J	
		0-3 km	3-10 km	Q _{st} *	ALLS	0-10 km	0-3 km
<u>Innan gosbeltis: 32000 km²</u>							
Háhitasvæði	600	2,01	17,24	4,30	23,55	14,1	1,2
Önnur virk svæði	2150	1,30	17,24	4,32	22,86	49,1	2,8
Óvirk svæði	29250	1,04	13,38	2,74	17,16	501,9	30,4
<u>Utan gosbeltis: 71000 km²</u>							
Vesturland	5300	1,32	10,47	0,95	12,74	67,5	7,0
Suðurland	5300	1,19	10,47	0,95	12,61	66,8	6,3
Breiðafjörður	1400	1,15	10,47	0,95	12,57	17,6	1,6
Norðurland	22000	0,88	8,28	0	9,16	201,5	19,4
Austurland og Vestfirðir	37000	0,76	7,10	0	7,86	290,8	28,1
Allt landið	103000					1209,3	96,8

- * Q_{st} er varmauki vegna storknunar bergs
- ** Nær yfir Svartsengi og Eldvörp
- *** Nær yfir Krísuvík, Trölladyngju og Sandfell
- **** Nær yfir Hengil, Nesjavelli og Hveragerði.

TAFLA 4 Aðgengilegur jarðvarmaforði berggrunnisins,
0-3 km, sundurliðaður eftir hita

HÁHITASVÆÐI	km ²	5-40°C		40-130°C		>130°C	
		10 ¹⁸ J/km ²	10 ¹⁸ J	10 ¹⁸ J/km ²	10 ¹⁸ J	10 ¹⁸ J/km ²	10 ¹⁸ J
1 Reykjanes	2	0,30	0,6	0,75	1,5	1,22	2,4
2 Svartsengi*	11	0,29	3,2	"	8,3	0,97	10,7
3 Krísuvík**	60	"	17,4	"	45,0	0,71	42,6
4 Brennisteinsfjöll	2	"	0,6	"	1,5	0,97	1,9
5 Hengill***	100	"	29,0	"	75,0	"	97,0
6 Geysir	3	"	0,9	"	2,3	"	2,9
7 Kerlingarfjöll	11	"	3,2	"	8,3	"	10,7
8 Hveravellir	1	"	0,3	"	0,8	"	1,0
9 Mýrdalsjökull	?	?	?	?	?	?	?
10 Torfajökull	140	0,29	40,6	0,75	105,0	0,97	135,8
11 Grímsvötn	65	"	18,9	"	48,8	"	63,1
12 Köldukvíslarbotnar	8	"	2,3	"	6,0	"	7,8
13 Vonarskaró	11	"	3,2	"	8,3	"	10,7
14 Kverkfjöll	25	"	7,3	"	18,8	"	24,3
15 Askja	25	"	7,3	"	18,8	"	24,3
16 Fremrinámar	4	"	1,2	"	3,0	"	3,9
17 Námafjall	7	0,30	2,1	"	5,3	1,22	8,5
18 Krafla	30	0,30	9,0	"	22,5	1,22	36,6
19 Deistareykir	19	0,29	5,5	"	14,3	0,97	18,4

20 Prestahnúkur	1	0,29	0,3	0,75	0,8	0,97	1,0
21 Hofsjökull	?	?	?	?	?	?	?
22 Tindfjallajökull	1	0,29	0,3	0,75	0,8	0,97	1,0
23 Blautakvísl	7	"	2,0	"	5,3	"	6,8
24 Þóróarhyrna	?	?	?	?	?	?	?
25 Hrúthálsar	7	0,29	2,0	0,75	5,3	0,97	6,8
26 Gjástykkí	7	"	2,0	"	5,3	"	6,8
27 Axarfjörður	30	"	8,7	"	22,5	"	29,1
28 Kolbeinsey	?	?	?	?	?	?	?

ALLT LANDIÐ	km ²	5-40°C		40-130°C		>130°C	
		10 ¹⁸ J/km ²	10 ²¹ J	10 ¹⁸ J/km ²	10 ¹⁸ J	10 ¹⁸ J/km ²	10 ²¹ J
Innan gosbeltis: 32000 km ²							
Háhitasvæði	600	0,29	0,2	0,75	0,5	0,97	0,6
Önnur virk svæði	2150	0,26	0,6	0,49	1,1	0,55	1,2
Óvirk svæði	29250	0,27	7,9	0,46	13,5	0,31	9,1
Utan gosbeltis: 71000 km ²							
Vesturland	5300	0,29	1,5	0,61	3,2	0,42	2,2
Suðurland	5300	0,28	1,5	0,57	3,0	0,34	1,8
Breiðafjörður	1400	0,28	0,4	0,55	0,8	0,32	0,4
Norðurland	22000	0,27	5,9	0,47	10,3	0,14	3,1
Austurland og Vestfirðir	37000	0,27	10,0	0,42	15,5	0,07	2,6
Allt landið	103000		28,0		47,9		21,0

* Nær yfir Svartsengi og Eldvörp

** Nær yfir Krísuvík, Trölladyngju og Sandfell

*** Nær yfir Hengil, Nesjavelli og Hveragerði.

TAFLA 5 Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi við holutopp

HÁHITASVÆÐI	km ²	aðgengi- leiki	varma- heimta	Varmi í 10 ¹⁸ J			ALLS 10 ²¹ J
				5-40°C	40-130°C	>130°C	
1 Reykjanes	2	1,0	0,2	0,1	0,3	0,5	0,9
2 Svartsengi*	11	1,0	"	0,6	1,7	2,1	4,4
3 Krísvík**	60	0,8	"	2,8	7,2	6,8	16,8
4 Brennisteinsfjöll	2	0,6	"	0,1	0,2	0,2	0,5
5 Hengill***	100	0,7	"	4,1	10,5	13,6	28,2
6 Geysir	3	0,9	"	0,2	0,4	0,5	1,1
7 Kerlingarfjöll	11	0,7	"	0,4	1,2	1,5	3,1
8 Hveravellir	1	0,9	"	0,1	0,1	0,2	0,4
9 Mýrdalsjökull	?	0	"	0	0	0	0
10 Torfajökull	140	0,7	"	5,7	14,7	19,0	39,4
11 Grímsvötn	65	0	"	0	0	0	0
12 Köldukvíslarbotnar	8	0,8	"	0,4	1,0	1,2	2,6
13 Vonarskaró	11	0,6	"	0,4	1,0	1,3	2,7
14 Kverkfjöll	25	0,2	"	0,3	0,8	1,0	2,1
15 Askja	25	0,3	"	0,4	1,1	1,5	3,0
16 Fremrinámar	4	0,9	"	0,2	0,5	0,7	1,4
17 Námafjall	7	0,9	"	0,4	0,9	1,5	2,8
18 Krafla	30	0,9	"	1,6	4,1	6,6	12,3
19 Þeistareykir	19	0,8	"	0,9	2,3	2,9	6,1

20 Prestahnúkur	1	0,5	"	<0,1	0,1	0,1	0,2
21 Hofsjökull	2	0	"	0	0	0	0
22 Tindfjallajökull	1	0,1	"	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
23 Blautakvísl	7	0,7	"	0,3	0,7	1,0	2,0
24 Þóróarhyrna	?	0	"	0	0	0	0
25 Hróthálsar	7	0,9	"	0,4	0,9	1,2	2,5
26 Gjástykki	7	1,0	"	0,4	1,1	1,4	2,9
27 Axarfjörður	30	0,9	"	1,6	4,1	5,2	10,9
28 Kolbeinsey	?	0	"	0	0	0	0

ALLT LANDIÐ	km ²	aðgengi- leiki	varma- heimta	5-40°C	40-130°C	>130°C	ALLS 10 ²¹ J

<u>Innan gosbeltis: 32000 km²</u>							
Háhitavæði	600	0,6	0,2	20,9	54,0	69,8	0,1
Önnur virk svæði	2150	0,7	0,2	78,3	147,5	165,6	0,4
Óvirk svæði	29250	0,7	0,1	552,8	941,9	634,7	2,1
<u>Utan gosbeltis: 71000 km²</u>							
Vesturland	5300	0,7	0,05	53,8	113,2	77,9	0,2
Suðurland	5300	0,8	0,05	59,4	120,8	72,1	0,3
Breiðafjörður	1400	0,7	0,05	13,7	27,0	15,7	0,1
Norðurland	22000	0,5	0,02	59,4	103,4	30,8	0,2
Austurland og Vestfirðir	37000	0,4	0,01	40,0	62,2	10,4	0,1
Allt landið	103000			878,3	1570,0	1077,0	3,5

* Nær yfir Svartsengi og Eldvörp

** Nær yfir Krísvík, Trölladyngju og Sandfell

*** Nær yfir Hengil, Nesjavelli og Hveragerði.

TAFLA 6 Tæknilega vinnanlegur jarðvarmi, nýting í virkjun

HÁHITASVÆÐI	km ²	Varmi frá virkjun, 10 ¹⁸ J			Nýtni í virkjun	eða rafmagn frá virkjun		
		5-40°C	40-130°C	>130°C		10 ¹⁵ J	MW ₅₀ ár	
		áætluð nýtni				>130°C		
		0,75	0,75	0,5				
1 Reykjanes	2	0,1	0,2	0,2	9%	43,9	28	
2 Svartsengi*	11	0,5	1,2	1,1	8%	170,7	108	
3 Krísuvík**	60	2,1	5,4	3,4	7%	477,1	302	
4 Brennisteinsfjöll	2	0,1	0,1	0,1	8%	18,6	12	
5 Hengill***	100	3,0	7,9	6,8	"	1086,4	689	
6 Geysir	3	0,1	0,3	0,3	"	41,9	27	
7 Kerlingarfjöll	11	0,3	0,9	0,7	"	119,5	76	
8 Hveravellir	1	<0,1	0,1	0,1	"	14,0	9	
9 Mýrdalsjökull	?	0	0	0	"	0	0	
10 Torfajökull	140	4,3	11,0	9,5	"	1521,0	964	
11 Grímsvötn	65	0	0	0	"	00	0	
12 Köldukvísjarbotnar	8	0,3	0,7	0,6	"	99,3	63	
13 Vonarskaró	11	0,3	0,7	0,6	"	102,4	65	
14 Kverkfjöll	25	0,2	0,6	0,5	"	77,0	49	
15 Askja	25	0,3	0,8	0,7	"	116,6	74	
16 Fremrinámar	4	0,2	0,4	0,3	"	55,9	35	
17 Námafjall	7	0,3	0,7	0,8	9%	138,3	88	
18 Krafla	30	1,2	3,0	3,3	9%	592,9	376	
19 Deistareykir	19	0,7	1,7	1,5	8%	235,9	150	

20 Prestahnúkur	1	<0,1	0,1	<0,1	"	7,8	5	
21 Hofsjökull	?	0	0	0	"	0	0	
22 Tindfjallajökull	1	<0,1	<0,1	<0,1	"	1,6	1	
23 Blautakvísl	7	0,2	0,6	0,5	"	76,0	48	
24 Þórðarhryna	?	0	0	0	"	0	0	
25 Hróthálsar	7	0,3	0,7	0,6	"	97,8	62	
26 Gjástykki	7	0,3	0,8	0,7	"	108,6	69	
27 Axarfjörður	30	1,2	3,0	2,6	"	419,0	266	
28 Kolbeinsey	?	0	0	0	"	0	0	

ALLT LANDIÐ	km ²	Varmi frá virkjun, 10 ¹⁸ J			Nýtni í virkjun	eða rafmagn frá virkjun		
		5-40°C	40-130°C	>130°C		>130°C		
		áætluð nýtni						
		0,75	0,75	0,5		10 ¹⁸ J	MW ₅₀ ár	MW ₅₀ /km ² ****

Innan gosbeltis:	32000 km²							
Háhitasvæði	600	15,7	40,5	34,9	8%	5,6	3500	9,8
Önnur virk svæði	2150	58,7	110,6	82,8	8%	13,2	8400	5,6
Óvirk svæði	29250	414,6	706,4	317,4	6%	38,1	24100	1,2

Utan gosbeltis:	71000 km²							
Vesturland	5300	40,3	84,9	39,0	6%	4,7	3000	0,8
Suðurland	5300	44,5	90,6	36,0	6%	4,3	2700	0,6
Breiðafjörður	1400	10,3	20,2	7,8	6%	0,9	600	0,6
Norðurland	22000	44,6	77,6	15,4	4%	1,2	800	0,1
Austurland og Vestf.	37000	30,0	46,6	5,2	2%	0,2	100	<0,1
Allt landið	103000	658,7	1177,4	538,5		68,2	43200	

* Nær yfir Svartsengi og Eldvörp

** Nær yfir Krísuvík, Trölladyngju og Sandfell

*** Nær yfir Hengil, Nesjavelli og Hveragerói

**** Tillit er tekið til aðgengileika.

HEIMILDASKRÁ

- Beblo, M. og Axel Björnsson, 1978: Magnetotelluric investigation of the lower crust and upper mantle beneath Iceland. *J. Geophys.*, 45: 1-16.
- Beblo, M. og Axel Björnsson 1980: A model of electrical resistivity beneath NE-Iceland, correlation with temperature. *J. Geophys.*, 47: 184-190.
- Friedman, J.D., Williams, R.S., Sigurður Þórarinnsson, og Guðmundur Pálmason 1972: Infrared emission from Kverkfjöll subglacial volcanic and geothermal area, Iceland. *Jökull*, 22: 27-43.
- Guðmundur Pálmason 1973: Kinematics and heat flow in a volcanic rift zone with application to Iceland. *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 33: 451-481.
- Guðmundur Pálmason og Kristján Sæmundsson 1979: Summary of conduction heat flow in Iceland. Í: Cermák, V. and Rybach, L. (ritstj.). *Terrestrial heat flow in Europe*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: 218-220.
- Guðmundur Pálmason 1981: Crustal rifting and related thermo-mechanical processes in the lithosphere beneath Iceland. *Geol. Rundschau*, 70, 1: 244-260.
- Gunnar Böðvarsson 1956: Natural heat in Iceland. 5th World Power Conference, Paper 197 K/8, Wien.
- Gunnar Böðvarsson 1962: An appraisal of the potentialities of the geothermal resources in Iceland. Sixth World Power Conference, Paper 206 III., 6/3, Melbourne. (Prentað í *Tímariti Verkfræðingafélags Íslands* 1963): 65-71.
- Gunnar Böðvarsson 1970: An estimate of the natural heat resources in a thermal area in Iceland. *Geothermics, Spec. Issue* 2, 2: 1289-1293.
- Hagstofa Íslands 1974: *Tölfræðihandbók*.
- Helgi Björnsson 1974: Explanation of jökulhlaup from Grímsvötn, Vatnajökull, Iceland. *Jökull*, 24: 1-26.
- Helgi Björnsson, Sveinbjörn Björnsson og Þorbörn Sigurgeirsson 1980: Geothermal effects of water penetrating into hot rock boundaries of magma bodies. *Geothermal Resources Council, Transaction*, 4.
- James, R. 1970: Factors controlling borehole performance. *Geothermics*, 2, 2: 1502-1515.
- Jón Steinar Guðmundsson, María J. Gunnarsdóttir, Rútur Halldórsson, Kristján Sæmundsson og Hjörleifur T. Jakobsson 1980: Low-Temperature Geothermal Energy in Iceland. *Orkustofnun, Note JSG-MJG-RH-KS-HThj-80/10*.

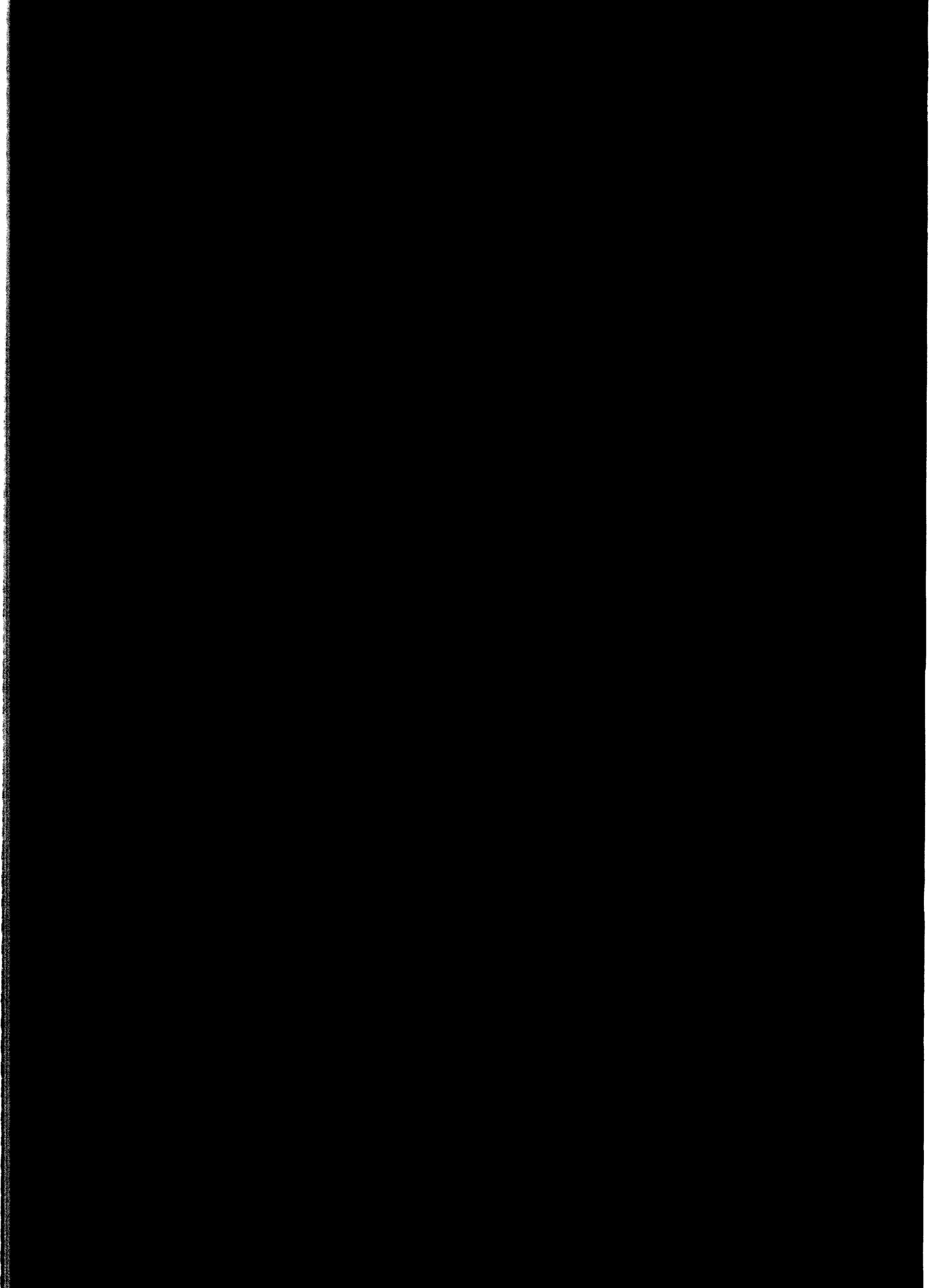
- Klein, F.W., Páll Einarsson og Wyss, M. 1973: Microearthquakes on the Mid-Atlantic Plate boundary on the Reykjanes Peninsula in Iceland. *J. Geophys. Res.*, 78: 5084-5099.
- Klein, F.W., Páll Einarsson og Wyss, M. 1977: The Reykjanes Peninsula, Iceland, earthquake swarm of September 1972 and its tectonic significance. *J. Geophys. Res.*, 82: 865-888.
- McKelvey, V.E. 1972: Mineral resource estimates and public policy. *American Scientist*, 60: 32-40.
- Muffler, P. og Cataldi, R. 1977: Methods for regional assessment of geothermal resources. Paper presented at the "Lardello Workshop on geothermal resource assessment and reservoir engineering" - September 12-16.
- Muffler, P. og Cataldi, R. 1978: Methods for regional assessment of geothermal resources. *Geothermics*, 7: 53-89.
- Páll Einarsson 1978: S-wave shadows in the Krafla caldera in NE-Iceland. evidence for a magma chamber in the crust. *Bull. Volcanol.*, 41:
- Sigurjón Rist 1982: Flóð og flóðahætta. Í: "Eldur er í norðri". Afmælisrit helgað Sigurði Þórarinssyni sjötugum. Sögufélagið.
- Sveinn P. Jakobsson 1972: Chemistry and distribution pattern of recent basaltic rocks in Iceland. *Lithos*, 5: 365-386.
- Talwani, M., Windish, C.C. og Langseth, M.G. Jr. 1971: Reykjanes ridge crest: A detailed geophysical study. *J. Geophys. Res.*, 76: 473-517.
- U.S. Geological Survey 1976: Principles of the mineral resource classification system of the U.S. Bureau of Mines and U.S. Geological Survey, *Geol. Survey Bull.*, 1450-A, 5 s.
- Ward, P.L. og Sveinbjörn Björnsson 1971: Microearthquakes, swarms and the geothermal areas of Iceland. *J. Geophys.*, 76: 3953-3982.

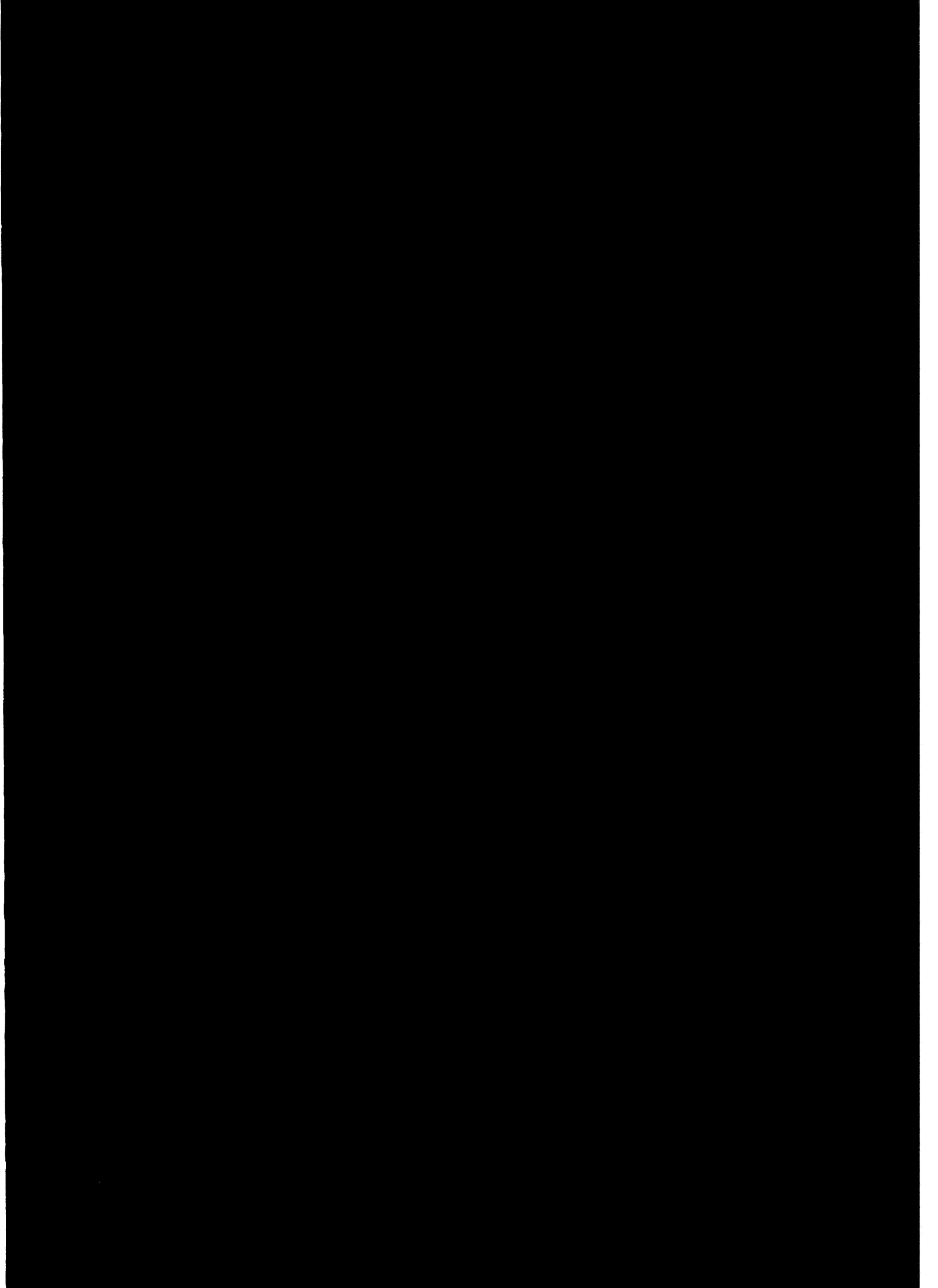
ENGLISH SUMMARY

The economic role of geothermal energy in Iceland is quite evident when considered that over 80% of all space heating requirements are met with geothermal energy. A working group within the Geothermal Division of the National Energy Authority of Iceland has recently released an updated version of an assessment of geothermal resources in Iceland.

This assessment is in several ways similar to other recent assessments from Tuscany in Italy and USA. It is based on stored heat evaluations and does therefore not make any predictions on the rate at which the energy may be harnessed.

This assessment is national in scope thus providing a framework for longterm energy policy and strategy dicisions by government and industry, but should not be used for short-term investment or marketing decisions. The total amount of geothermal energy from the surface down to a depth of 10 km, the GEOTHERMAL RESOURCE BASE, is estimated at $1.2 \cdot 10^{24}$ J. That part of the geothermal energy which is above a depth of 3 km, the ACCESSIBLE GEOTHERMAL RESOURCE BASE, amounts to $0.1 \cdot 10^{24}$ J. Of all this geothermal energy only a small fraction may be recovered through wells. This fraction is called the TECHNICALLY HARNESSABLE GEOTHERMAL ENERGY and is derived from the above by taking into account some generalized recovery and accessibility factors. This energy amounts to some $3.5 \cdot 10^{21}$ J.





VIÐAUKI 1 Hitaástand berggrunnnsins

Í þessu mati á jarðvarma Íslands er hiti áætlaður og varmi reiknaður niður á 10 km dýpi. Ljóst má vera að þekking okkar á hita í dýpri jarðlögum er mjög takmörkuð. Ástæða þykir því til að gera í stuttu máli nánari grein fyrir þeim forsendum sem við höfum gefið okkur um hitaástand undir landinu.

Gögn um hitastigul eða varmaflæði með leiðni eru til frá mörgum grunnum og djúpum borholum utan gosbeltisins (Guðmundur Pálmason og Kristján Sæmundsson, 1979, Guðmundur Pálmason o.fl. 1979). Þessi gögn sýna almenna en þó ekki reglulega lækkun hitastiguls með fjarlægð frá gosbeltinu og benda til kólnandi jarðskorpu með vaxandi fjarlægð. Innan gosbeltisins er erfiðara að segja til um hitaástandið. Bergið er mjög brotið og vel vatnsgengt, og vatnsrennsli hefur því mjög mikil áhrif á hitaástandið, a.m.k. í efsta hluta jarðskorpunnar. Á háhitasvæðum, sem öll eru í gosbeltinu, á sér stað mikil upphitun bergs vegna uppstreymis vatns, en víða annars staðar á sér stað kæling vegna streymis kalds yfirborðsvatns. Lítið er vitað um, hve djúpt hringrás vatnsins nær, en boranir hafa á vissum svæðum sýnt fram á vatnsæðar á 2-3 km dýpi.

Meðalhitastigull eins og hann er mældur á einstökum landsvæðum er látinn ráða hitaástandi utan gosbeltisins en innan þess er gert ráð fyrir að hitastigull sé lágur í efsta kílómetra jarðskorpunnar nema á háhitasvæðum þar sem stuðst er við niðurstöður hitamælinga í borholum.

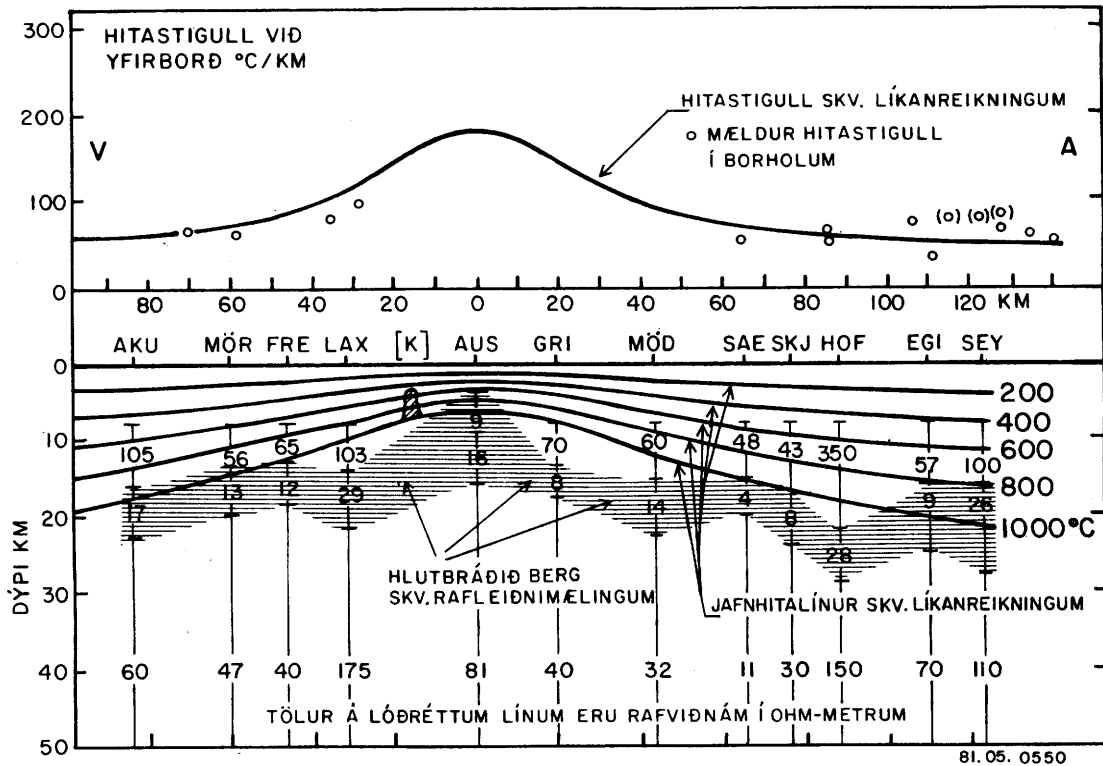
Þegar dýpra er haldið er stuðst við jarðeðlisfræðilegar mælingar og líkanreikninga um gliðnun lands. Með mælingum á rafstraumum í jörðinni hefur verið hægt að fá upplýsingar um rafleiðni og þar með hita í bergi á miklu dýpi undir gosbeltunum (Hermance og Grillot, 1970, 1974; Beblo og Axel Björnsson, 1978, 1980). Þessar mælingar gefa til kynna að lag með lágu viðnámi sé að finna á minna en 10 km dýpi innan gosbeltisins og meira en 20 km dýpi utan þess á þeim svæðum sem lengst eru frá því. Tengsl viðnáms við hita benda til þess að þetta lag sé 1000-1100°C heitt. Upptök jarðskjálfta gefa einnig mikilvægar upplýsingar. Innan gosbeltisins eru upptök skjálfta yfirleitt á innan við 6 km dýpi (Ward og Sveinbjörn Björnsson, 1971; Sveinbjörn Björnsson og Páll Einarsson, 1974) en utan gosbeltisins geta upptökin verið á 20-30 km dýpi eins og sést á skjálftum samfara gosinu á Heimaey 1973.

Einnig má styðjast við reiknilíkan af jarðskorpumyndun í gliðunar- og gosbelti til að áætla hitaástand í jarðskorpunni á 5-10 km dýpi (Guðmundur Pálmason, 1973, 1980, 1981). Hraun og kvikuinnskot neðan úr möttli bæta jarðskorpunni jafnóðum upp þá gliðnun sem verður í gosbeltinu, við landrekið. Kvikuinnskotin eru meginvarmagjafi jarðskorpunnar í gosbeltinu. Út frá ýmsum stærðum sem mæla má eða áætla, svo sem rekhraða, hraunaframleiðslu, breidd innskotabeltis o.fl., má reikningslega áætla hitaástand jarðskorpunnar í gosbeltinu, og reyndar utan þess líka. Slíkir reikningar benda til þess að á um 6 km dýpi undir gosbeltisásnun sé hiti orðinn um 1000°C og því sé ekki langt í kviku. Ekki er í þessum reikningum gert ráð fyrir kólnun yfirborðslaga af völdum vatnshringrásar, en slík kólnun gæti aukið dýpi niður á 1000°C hita um 1-2 km.

Hitaástand jarðskorpunnar skv. ofangreindu reiknilíkani er sýnt á mynd 7. Þar er einnig sýndur yfirborðshitastigull miðað við að vatns-hringrás trufli ekki hitaástandið.

Mynd V.1-1 sýnir samantekt gagna er varða hitaástand jarðskorpunnar umhverfis gosbeltið á Norðausturlandi. Lágviðnámslagið frá rafleiðnimælingum, sem talið er að sé milli 1000 og 1100°C heitt, er dekk á myndinni. Jafnhitalínur frá gosbeltislíkaninu (úr mynd 7) eru dregnar þannig að miðja gosbeltisins fellur saman við grynstu lægð í rafleiðnimælingum (í mælistöð AUS = Austari brekka). Í efri hluta myndarinnar er mældur hitastigull úr borholum á Norðaustur- og Austurlandi (hringir) ásamt reiknuðum hitastigli úr gosbeltislíkaninu (heil-dregin lína).

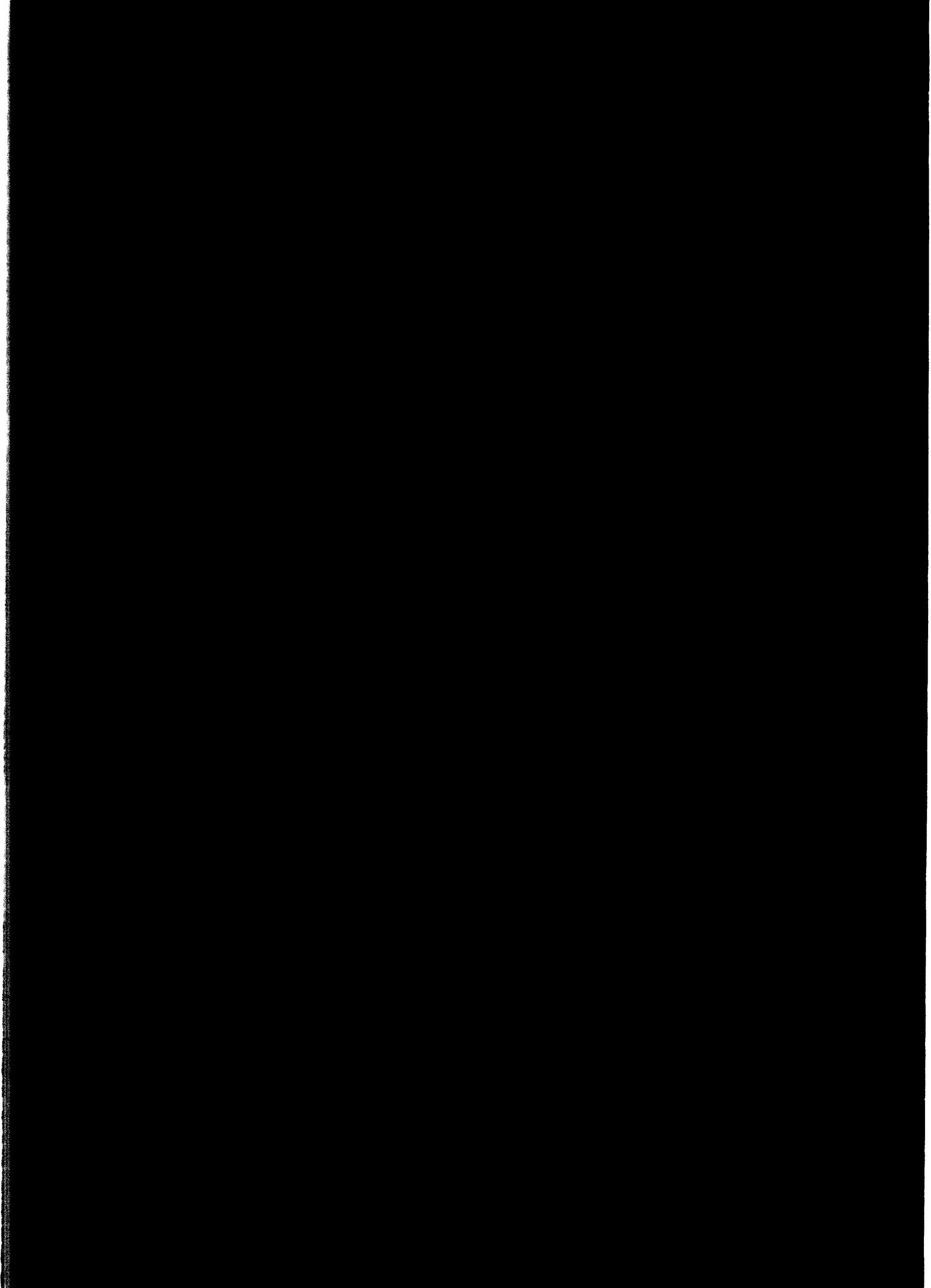
Í stórum dráttum virðist vera gott samræmi milli þessara þriggja aðferða við mat á hitaástandi undir landinu og gefur það vissa vís-bendingu um áreiðanleika þeirra forsendna varðandi hitaástandið, sem hér er byggt á.

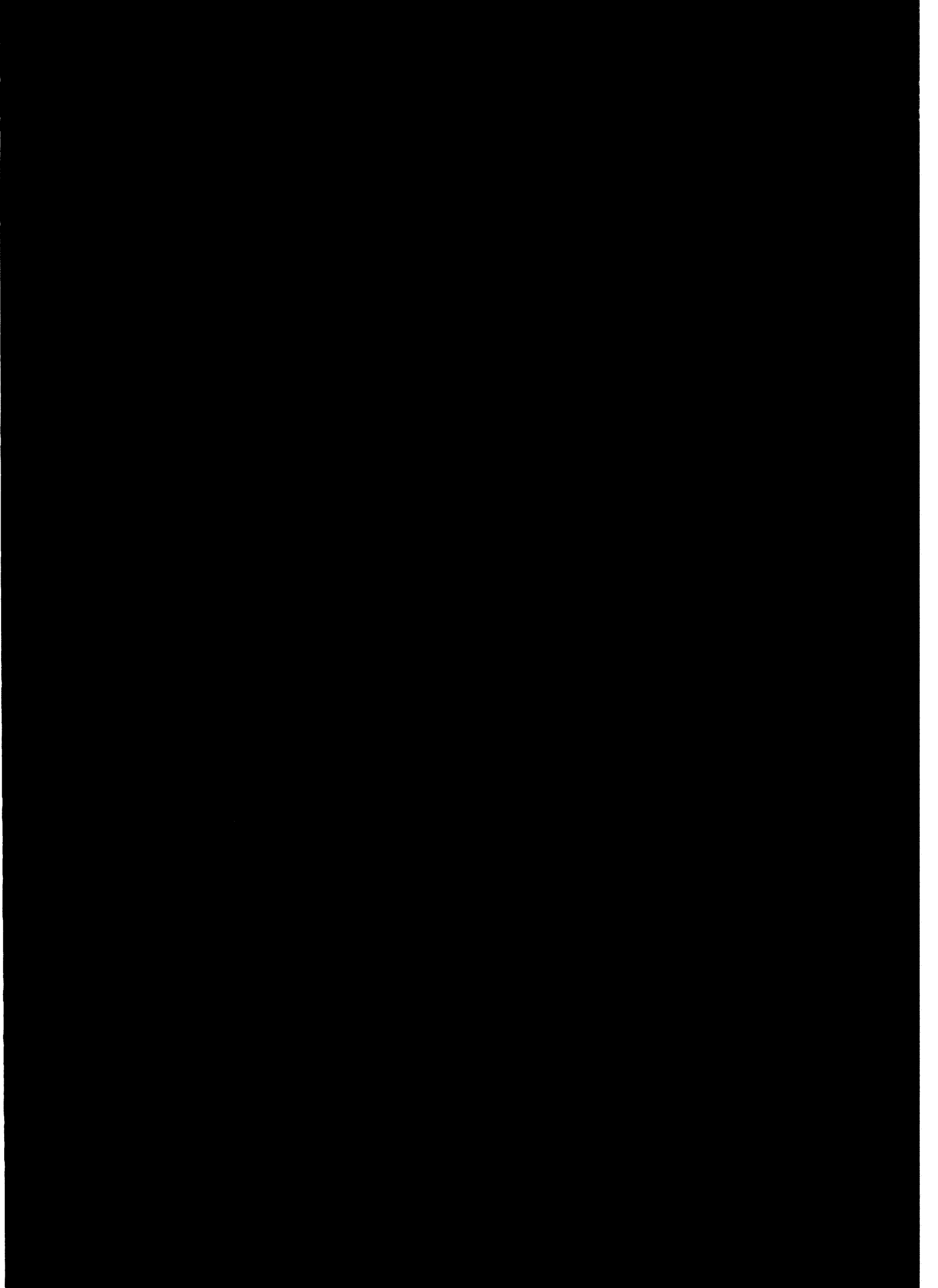


MYND V.1-1 Samantekt gagna um hitaástand undir Norð-Austurlandi

HEIMILDASKRÁ

- Beblo, M. og Björnsson, 1978: Magnetotelluric investigation of the lower crust and upper mantle beneath Iceland. *J. Geophys.*, 45: 1-16.
- Beblo, M og Axel Björnsson, 1980: A model of electrical resistivity beneath NE-Iceland, correlation with temperature. *J. Geophys.*, 47: 184-190.
- Guðmundur Pálmason, Stefán Arnórsson, Ingvar B. Friðleifsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Kristján Sæmundsson, Valgarður Stefánsson, Benedikt Steingrímsson, Jens Tómasson og Leó Kristjánsson 1979: The Iceland Crust: Evidence from drillhole data on structure and processes. Í: Talwani, M., Harrison, C.G.A., Hayes, D.E. (ritstj.). *Deep drilling results in the Atlantic ocean: Ocean Crust*. Maurice Ewing Series, 2: 43-65, Am. Geophys. Union.
- Guðmundur Pálmason 1973: Kinematics and heat flow in a volcanic rift zone with application to Iceland. *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 33: 451-481.
- Guðmundur Pálmason og Kristján Sæmundsson 1979: Summary of conduction heat flow in Iceland. Í: Cermák, V. and Rybach, L. (ritstj.). *Terrestrial heat flow in Europe*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 218-220.
- Guðmundur Pálmason 1980: A continuous model of crustal generation in Iceland: Kinematic aspects. *J. Geophys.* 47: 7-18.
- Guðmundur Pálmason, 1981: Crustal rifting and related thermo-mechanical processes in the lithosphere beneath Iceland. *Geol. Rundschau* 70, 1: 244-260.
- Hermance, J.F. og Grillo, L.R. 1970: Correlation of magnetotelluric, seismic and temperature data from southwest Iceland. *J. Geophys. Res.* 75: 6582-6591.
- Hermance, J.F. og Grillo, L.R. 1974: Constraint on temperatures beneath Iceland from magnetotelluric data. *Phys. Earth Planet. Int.*, 8: 1-12.
- Sveinbjörn Björnsson og Páll Einarsson 1974: Seismicity of Iceland. Í: Kristjánsson, L. (ritstj.). *Geodynamics of Iceland and the North Atlantic Area*. Dordrecht Dreidel Publ. Co.: 225-239.
- Ward, P.L. og Sveinbjörn Björnsson 1971: Microearthquakes, swarms and the geothermal areas of Iceland. *J. Geophys. Res.* 76, 3953-3982.





VIÐAUKI 2 Mat á afköstum jarðhitasvæða

Í útreikningum á mati á jarðvarma hefur verið stuðst við "rúmmáls- aðferð", en þar er rúmmál bergsins, eðlisvarmi og hitaástand þess lagt til grundvallar. Við nýtingu varmans er gert ráð fyrir 50 ára endingartíma og engri endurnýjun inn á svæðið. Með þessari aðferð er á einfaldan hátt hægt að fá hugmynd um þá varmaorku sem fólgin er í berginu, en nýting einstakra svæða fer fyrst og fremst eftir því hversu vel vatnsleiðandi bergið er.

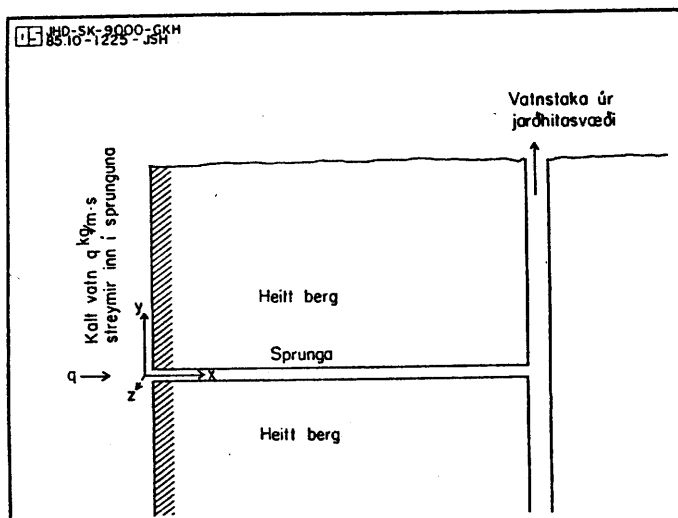
Gunnar Böðvarsson hefur gert nokkur fræðileg líkön til þess að meta afköst jarðhitasvæða (Gunnar Böðvarsson, 1974). Þessi líkön eru:

- Líkan I. Rennsli eftir sprungum eða skilflötum
- Líkan II. Rennsli gegnum gropið berg (porous rock)
- Líkan III. Gufuvinnsla úr holum í bergi

Sé rennsli vatns á jarðhitasvæðum eftir sprungum (I), þá er varminn sem upp er tekinn ekki einungis háður vatnsmagni heldur og vinnslutíma. Varma bergsins þarf að leiða eftir berginu og að sprungunni, þar sem vatnið flytur varmann upp á yfirborðið. Varmaleiðni bergsins takmarkar því vinnsluhraðann (afköstin). Sé hins vegar um að ræða rennsli gegnum gropið berg (II) eða gufuvinnslu úr holum í bergi (III) er varminn, sem upp er tekinn, eingöngu háður heildarvatnsmagni sem tekið er úr svæðinu.

Líkan I. Rennsli eftir sprungu

Þetta líkan er notað þegar jarðhitasvæðið er úr þéttu bergi, en vatnsrennslið er allt um sprungur sem liggja í gegnum bergskrokkinn. Mynd V.2-1 sýnir lóðréttan skurð í gegnum bergskrokkinn. Bergið hefur eðlismassann ρ_b , eðlisvarmann c , varmaleiðnina K , og "thermal diffusivity", sem skrifa má sem $a = K/(\rho_b c)$. Í upphafi ($t=0$) er sami hiti um allan bergskrokkinn T_0 . Gert er ráð fyrir að eðliseiginleikar bergs og vatns séu ekki háðir hita. Í upphafi ($t=0$) byrjar vatn að streyma inn í sprunguna í punktinum $(x,y)=(0,0)$ á mynd V.2-1. Streymið inn í sprunguna er q á hverja lengdareiningu í z - stefnu, þ.e. út úr mynd V.2-1.



MYND V.2-1 Rennsli um sprungu í jarðhitakerfi

Í upphafi er vökvinn kaldur ($T=0$), og hann hefur eðlisvarmann σ . Vökvinn streymir eingöngu eftir sprungunni í X-stefnu. Vökvinn hitnar af berginu, og bergið kólnar. Hiti vatns og bergs er háður $T(x,y,t)$ og má vísa til Carslaw, Jaeger 1959 og Gunnar Böövarsson 1969 sem sýna lausn á fallinu $T(x,y,t)$.

$$T(x,y,t) = T_0 \operatorname{erf} \left[\frac{\alpha x + |y|}{2\sqrt{\alpha t}} \right], \quad x \geq 0, \quad t \geq 0 \quad (1)$$

þar sem

$$\alpha = \frac{2K}{\sigma q} \quad (2)$$

og

$$\operatorname{erf}(u) = \frac{2}{\pi} \int_0^u e^{-x^2} dx \quad (3)$$

Af líkingunni má sjá hita vökvans ($y=0$)

$$T_f = T(x,0,t) = T_0 \operatorname{erf} \left(\frac{Kx}{\sigma q \sqrt{\alpha t}} \right) \quad (4)$$

Lítum nánar á stað í fjarlægðinni x frá innstreymisstað. Á tíma-
bilinu $t=0$ til t hefur massastreymi verið $q \cdot t$ á hverja lengdareiningu
í z-stefnu. Þessi massi hefur hitnað vegna snertingar við bergið,
og $\Delta = q \cdot t/x$, er heildarmassinn sem er hitaður upp á hverja flatar-
málseiningu. Jöfnu 4 má skrifa þannig:

$$r(t) = \frac{T(x,0,t)}{T_0} = \operatorname{erf} \left(\frac{\beta \sqrt{t}}{\Delta} \right) \quad (5)$$

Þar sem $r(t)$ er hlutfallslegur hiti vatnsins af upprunalegum hita
bergsins.

$$\beta = \frac{K}{\sigma \sqrt{\alpha}} \quad (6)$$

Meðalhiti vatnsins er þá

$$T_m(t) = \frac{T_0}{t} \int_0^t r(\tau) d\tau = \frac{T_0}{t} \int_0^t \operatorname{erf} \left(\frac{\beta x}{q \sqrt{\tau}} \right) d\tau \quad (7)$$

sem má skrifa þannig

$$T_m(t) = T_0 A \left(\frac{\beta \sqrt{t}}{\Delta} \right) \quad (8)$$

þar sem fallið $A(u)$ er

$$A(u) = 2u^2 \int_u^\infty \frac{1}{x^3} \operatorname{erf}(x) dx \quad (9)$$

$A(u)$ má skrifa þannig

$$A(u) = -2u^2 + \operatorname{erf}(u) + \frac{2u}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} + 2u^2 \operatorname{erf}(u) \quad (10)$$

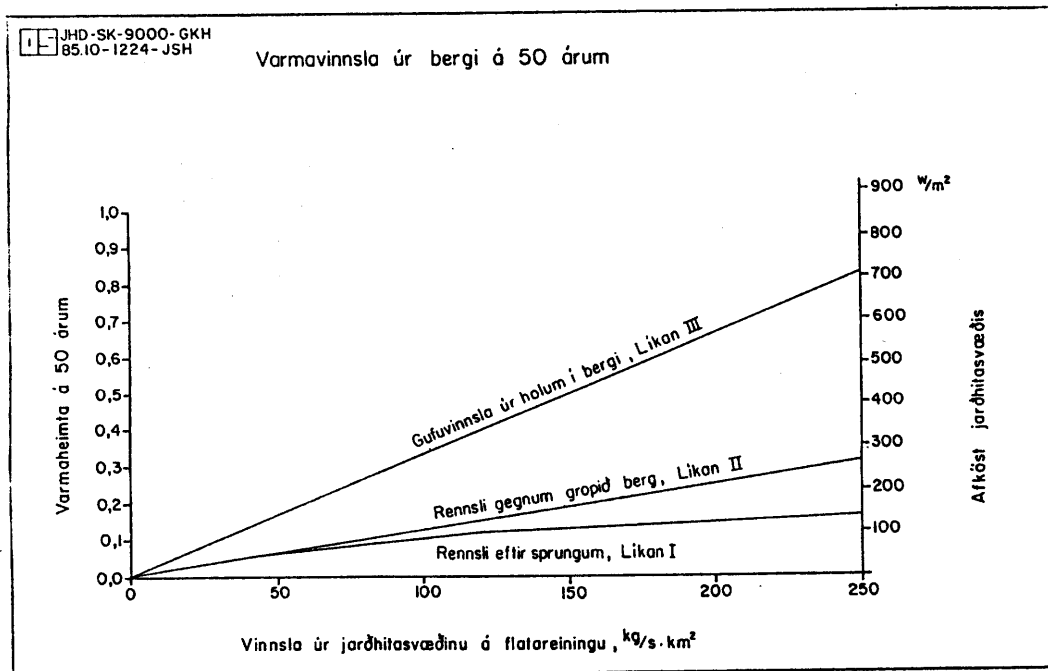
Tafla V.2-1 sýnir hvernig afköst sprungins jarðhitasvæðis og varmaheimta á 50 árum er háð því vatnsrennsli sem er tekið úr svæðinu. Forsendurnar fyrir reikningunum eru eftirfarandi:

Kalt vatn streymir inn í sprungurnar í stað þess vatns sem tekið er upp, og kalda vatnið hitnar af berginu.

Upphafshiti bergs = 250°C ,
 Flatarmál jarðhitasvæðis = 4 km^2 ,
 Eðlismassi bergs = $\rho = 3000 \text{ kg/m}^3$.
 Eðlisvarmi bergs = $c = 900 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$.
 Varmaleiðni bergs = $K = 1,7 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.
 Þykkt jarðhitasvæðis = 2 km .

Á hverjum 1000 m eru þrjár láréttar sprungur.

Afköst jarðhitasvæðis sem fall af vinnslu úr því eru einnig sýndar á mynd V.2-2 sem líkan I.



MYND V.2-2 Vatnsvinnsla úr bergi á 50 árum

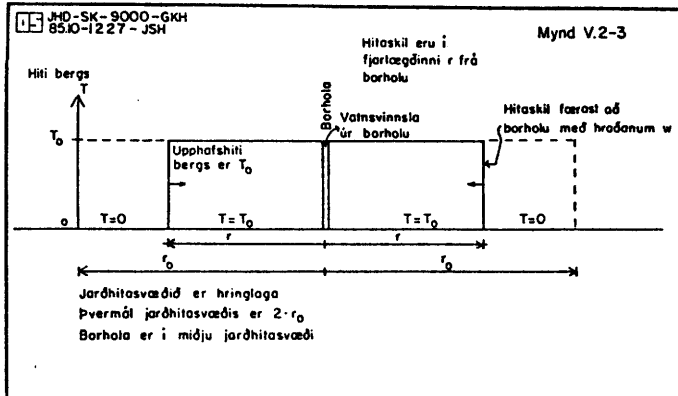
Tafla V.2-1: Afköst jarðhitasvæðis við vatnsvinnslu úr sprungnu bergi

Vatnsmagn úr hverri sprungu kg/s	Meðalhiti vatns sem dælt er upp $^{\circ}\text{C}$	Vatnsmagn alls tekið úr svæðinu kg/s	Varmi tekinn úr svæðinu 10^{17} J	Varmaheimta* W/m^2	Afköst jarðhitasvæðis W/m^2
5	250	30	0,5	0,01	8
10	250	60	1	0,02	16
20	250	120	2	0,04	32
40	243	240	3,9	0,07	62
80	205	480	6,6	0,12	105
160	135	960	8,4	0,16	133

* mældast við 50 ár

Líkan II. Rennsli gegnum gropið berg

Þegar vatn rennur gegnum gropið berg, hefur vatnið mjög stóran snertiflöt við bergið. Vatnið fær því strax sama hita og bergið.



MYND V.2-3 Rennsli gegn um gropið berg

Mynd V.2-3 á að sýna hita bergs í þverskurði jörðhitasvæðis. Jörðhitasvæðið er hringlaga og hefur gropið berg. Á miðju svæðinu er borhola sem dælt er upp úr. Inn um jaðra jörðhitasvæðisins rennur kalt vatn ($T=0$). Vatnið hitnar vegna snertingar við bergið og fær hitann T_0 . Jörðhitasvæðið kólnar við jaðrana, og fær þar hitann ($T=0$). Í fjarlægðinni r frá borholunni eru hitaskil, þar sem hiti bergsins vex úr $T=0$ í $T=T_0$. Þessi hitaskil færast með hraðanum w að holunni.

Stilla má upp jöfnu fyrir varmajafnvægi.

$$\text{Varmi upp úr borholu} = Q \sigma T_0 \quad (11)$$

Q : Rennsli upp úr borholunni kg/s
 σ : Eðlisvarmi vatns, $4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
 T_0 : Upphafshiti bergs

$$\text{Varmi tekinn úr bergi} = 2 \pi r D w \rho_b c T_0 \quad (12)$$

r : Fjarlægð í hitaskil
 D : Þykkt jörðhitasvæðisins
 w : Hraði hitaskila = $-\delta r / \delta t$
 ρ_b : Eðlismassi bergs, 3000 kg/m^3
 c : Eðlisvarmi bergs, $900 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

Jafnan fyrir varmajafnvægi verður þannig:

$$Q \sigma T_0 = -2 \pi r D \frac{\delta r}{\delta t} \rho_b c T_0 \quad (13)$$

$$\int_0^t \delta t = -\frac{2 \pi D \rho_b c}{Q \sigma} \int_{r_0}^r r \delta r \quad (14)$$

$$t = \frac{\pi D \rho_b c}{Q \sigma} (r_0^2 - r^2) \quad (15)$$

$$r = \sqrt{\frac{\pi D \rho_b c}{Q \sigma} \cdot r_0^2 - t} \quad (16)$$

Í því líkani sem hér hefur verið sett upp, af vatnsrennsli gegnum heitt gropið berg, þá er gert ráð fyrir að taka megi allan varmann úr berginu aðeins ef nægjanlegt vatn er tekið upp úr borholunni í miðju svæðinu. Eftirfarandi tafla, tafla V.2-2, sýnir hvernig varmaheimta er háð því vatnsmagni sem dælt er úr jarðhitasvæðinu á 50 árum. Forsendur fyrir útreikningunum eru:

Stærð svæðis 4 km²

Þykkt svæðis 2 km

Upphafshiti $T_0 = 250^{\circ}\text{C}$

Dælt er úr svæðinu í 50 ár.

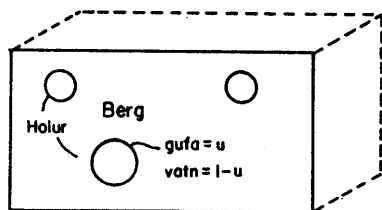
Afköst jarðhitasvæðis og varmaheimta er einnig sýnd á mynd V.2-2, sem líkan III.

Tafla V.2-2: Afköst jarðhitasvæðis við vatnsvinnslu úr gropnu bergi.

Dæling úr svæðinu	Heildar- vatnsmagn tekið úr svæðinu	Varmi tekinn úr svæðinu	Upphafsvarmi svæðisins	Varma heimta	Afköst jarðhita- svæðis
kg/s	10 ¹¹ kg	10 ¹⁷ J	10 ¹⁸ J		W/m ²
10	0,16	0,17	5,4	0,003	2,7
20	0,32	0,33	-	0,006	5,4
60	0,95	1,0	-	0,019	16
120	1,9	2,0	-	0,037	32
240	3,8	4	-	0,074	64
480	7,6	8	-	0,148	128
960	16	16	-	0,30	256

Líkan III. Gufuvinnsla úr holum í bergi

Í þessu líkani er gert ráð fyrir að jarðhitasvæðið sé umlukid þéttum veggjum, og ekkert vatn renni inn í svæðið í stað þess sem tekið er upp úr svæðinu. Allar holur í berginu eru fullar af vatni. Varmavinnslan fer þannig fram að gufa er tekin upp úr borholum. Gufan myndast vegna suðu vatns úr holum í berginu. Við suðuna tekur vatnið varma úr berginu og breytist í gufu, sjá mynd V.2-4.



Mynd V.2-4

Hlutfallslegt rúmmál vatns
og gufa í holum

JHD-SK-9000-GKH
85.10-1228-JSH

MYND V.2-4 Gufuvinnsla úr holum í bergi.

$$\text{Rúmmál gufu í holum} / \text{Rúmmál hola} = u \quad (17)$$

$$\text{Rúmmál vatns í holum} / \text{Rúmmál hola} = 1-u \quad (18)$$

Stilla má upp jöfnu fyrir varðveislu orkunnar þannig:

$$\rho_b c dT + (1-u)\psi\rho_f\sigma dT = -\psi\rho_f h \frac{\delta u}{\delta T} dT \quad (19)$$

Orkubreyting á rúmmálseiningu bergs	+	Orkubreyting í vatni í holum í berginu	=	Orka sem þarf til að vatnshlutfallið u í holunni gufi upp
---	---	---	---	--

ρ_f : Eðlismassi vatns

h : Uppgufunarvarmi vatns

ψ : Groppan í berginu

Uppgufunarvarminn h er háður hita.

Jöfnu (19) verður því að leysa númerískt.

Lítum nánar á jöfnu (19). Gerum þá nálgun að uppgufunarvarminn, h , sé ekki háður hita. Þá má leysa jöfnu (19) analytískt og lausnin er:

$$u = \left(1 + \frac{\rho_b C}{\psi\rho_f\sigma}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{\sigma(T-T_0)}{h}\right)\right] \quad (20)$$

Allt vatnið hefur gufað upp þegar $u = 1$. Jafnan fyrir lokahita bergsins T_L , er þá þannig:

$$T_L = T_0 + \frac{h}{\sigma} \ln \frac{B}{1+B} \quad (21)$$

$$B = \frac{\rho_b C}{\psi\rho_f\sigma} \quad (22)$$

Tökum sem dæmi sama jarðhitasvæði og áður:

Forsendur: Stærð 4 km²

þykkt 2 km

Upphafshiti 250°C

Vinnsla úr jarðhitasvæðinu í 50 ár

$\rho_b = 3000 \text{ kg/m}^3$

$C = 900 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

$\rho_f = 830 \text{ kg/m}^3$

$\sigma = 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

$h = 1,8 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$, uppgufunarvarmi vatns.

Niðurstaðan er sett upp í töflu V.2-3 og sýnd á mynd V.2-2, líkan III.

TAFLA V.2-3 Afköst jarðhitasvæðis við gufuvinnslu úr holum í bergi

Blástur úr svæðinu kg/s	Gufa tekin úr svæðinu 10 ¹¹ kg	Groppa	Lokahiti bergs T, °C	Varmi* tekinn úr bergi 10 ¹⁸ J	Varma-* heimta	Afköst jarðhita- svæðis W/m ²
42	0,07	0,01	244	0,18	0,03	28
84	0,13	0,02	239	0,36	0,07	57
208	0,33	0,05	223	0,92	0,17	146
416	0,66	0,10	198	1,8	0,33	285
624	0,99	0,15	174	2,8	0,52	444
832	0,13	0,20	151	3,6	0,67	571
1068	0,17	0,25	130	4,8	0,89	761

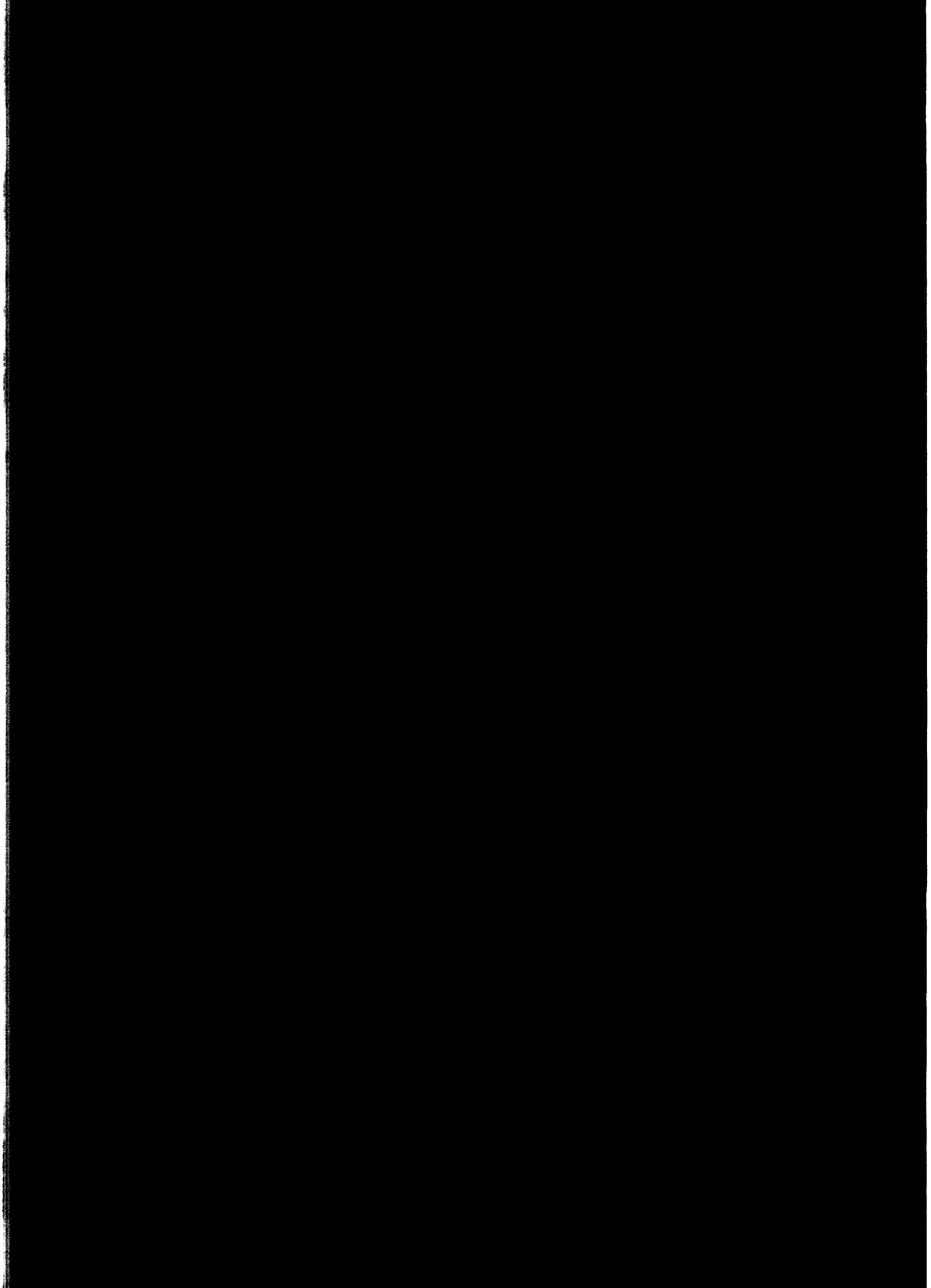
*miðast við 50 ár

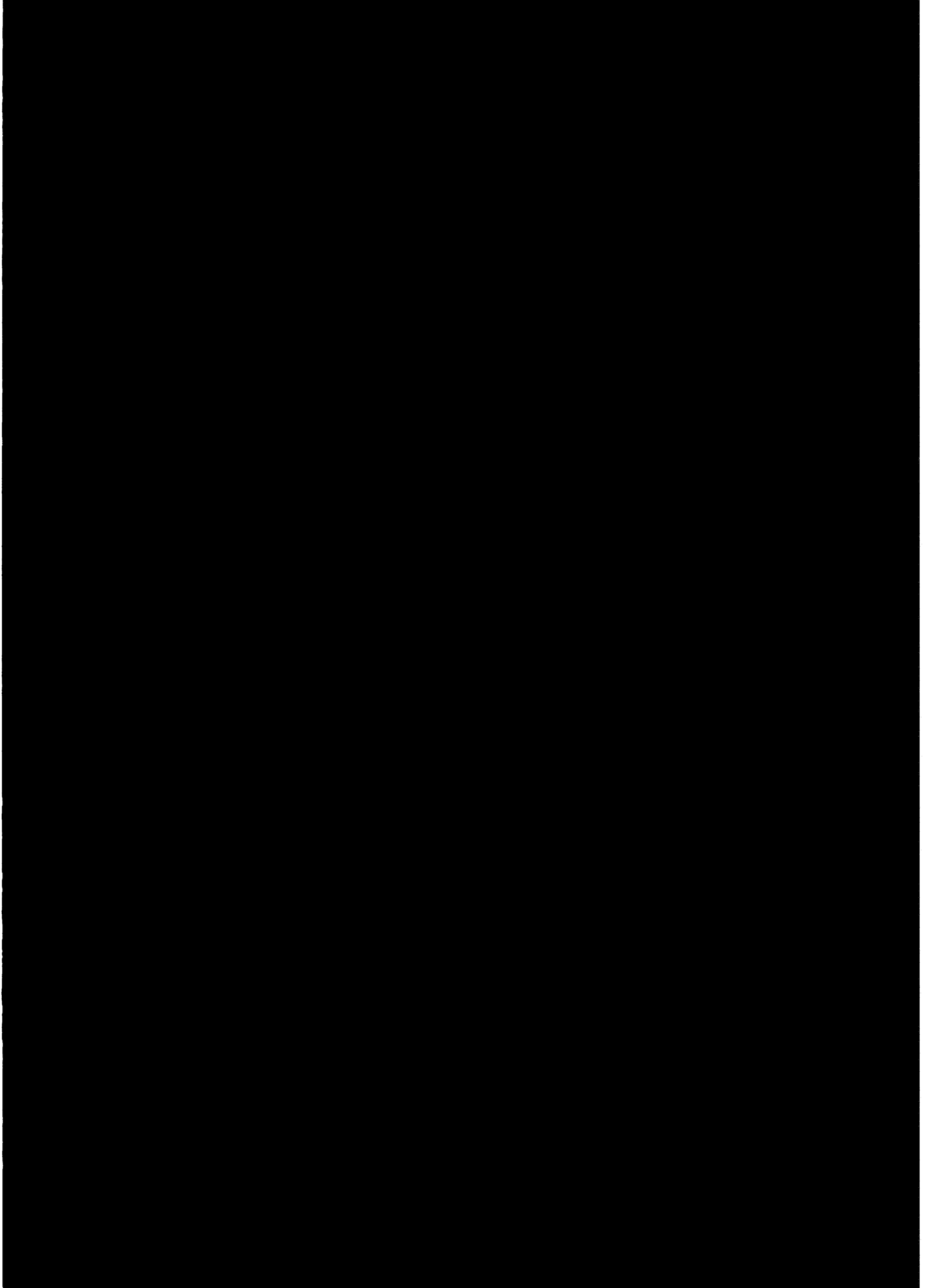
HEIMILDASKRÁ

Carshaw, H.W. Jaeger, J.C., 1959: Conduction og heat in solids. 2nd. Edition. Oxford, Clarendon Press, 496 pp.

Gunnar Böðvarsson, 1969: On the temperature of water flowing through fractures. J. Geophys. Res., 74: 1987.

Gunnar Böðvarsson, 1974: Geothermal resource energetics, Geothermics, 3:3.





VIDAUKI 3 Nýtni jarðvarma til raforkuvinnslu

Hitaorkan, sem fólgin er í jarðhitageyminum og unnin er úr borholum er einungis að hluta breytanleg í raforku. Töp verða vegna kælingar í farvegi gufunnar og mekanísk töp í túrbínu. Til einföldunar er hér aðeins fundin fræðileg nýtni og gert er ráð fyrir að ástandsþreitingar séu "ísentalpískar" í farveginum en "ísentropískar" í túrbínunni. Ennfremur er "mekanísk" nýtni túrbínunnar áætluð 75% en öðrum töpum sleppt. Til skýringar er ferill orkunnar dreginn upp á mynd V.3-1.

Nýtni raforkuvinnslu úr djúpvatni við hita T, miðað við ferilinn á mynd V.3-2.

$$\eta_w = 0,183 \left(1 - \frac{h'_{130}}{h'_T}\right)$$

Sjá skýringar á mynd V.3-1.

Nýtnin er þannig háð entalpiu djúpvatnsins og til hægðarauka er fundin þriðju gráðu líking, sem fall af djúphita(T), sem nálgast ofangreinda líkingu.

$$\eta_w(T) = -0,2797 + 3,2023 \cdot 10^{-3}T - 9,4001 \cdot 10^{-6}T^2 + 1,0112 \cdot 10^{-8}T^3$$

og gildir þessi líking fyrir hita milli 130 og 374°C með um eða innan 5% nákvæmni, sjá mynd V.3-2.

Nú er háhitasvæði með breytilegum hita og er reiknað með því hér að hitinn sem fall af dýpi fylgi suðumarksferlinum eða margfeldi af honum en nálgunarlíking hans er, sbr. gr. 3.4:

$$T_s = 69,56 z^{0,2085}$$

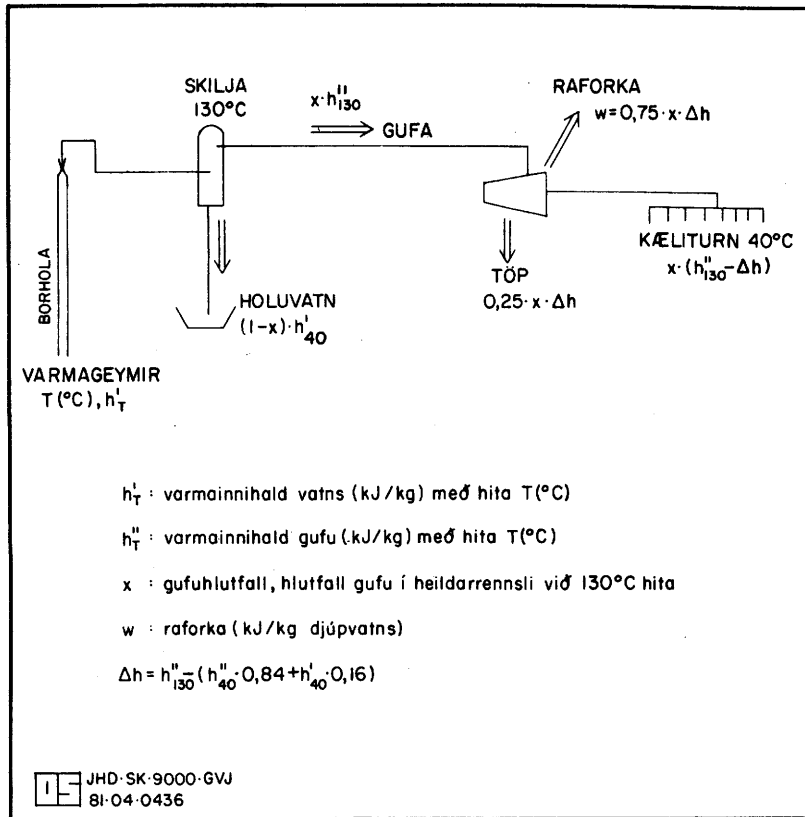
Við vinnslu raforku með jarðvarma er eins og áður greinir einungis reiknað með þeim hluta varmans í svæðinu, sem er með hærri hita en 130°C. Ennfremur er reiknað með að ákveðinn hluti varmaforðans ofan við 130°C náist upp úr borholum til vinnslunnar. Eru hér notaðir hundradshlutarnir R = 10%, 20% og 30%.

Nú er ekki ljóst, hvernig svæðið kólnar við vinnsluna, en gera má ráð fyrir að hitaferillinn lækki óreglulega bæði með dýpi og tíma. Hér er valið að reikna tvo kosti, A og B, sem gætu verið rammi um kólnunina í svæðinu, þ.e.a.s. að raunveruleg kólnun svæðanna sé innan marka þessara tveggja kosta.

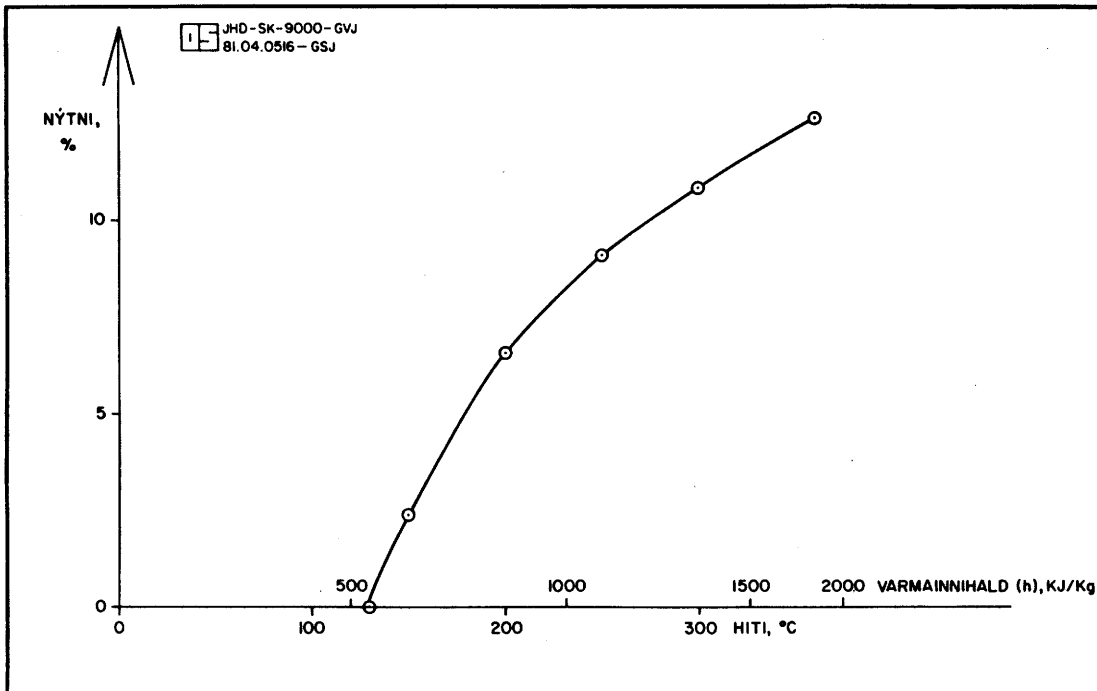
A: Reiknað er með að svæðið kólni niður í 130°C. Við þessa kólnun nást R % af varmaforðanum upp úr borholum til raforkuvinnslu.

B: Reiknað er með að svæðið kólni á þann hátt að hitaferillinn hliðrist við vinnsluna um k °C þannig að í beltinu milli upphafs- og lokahitaferils séu fólgin R % af varmaforðanum og náist þau upp úr borholum til raforkuvinnslu.

Sú raforka sem vinna má úr hitaorku með hita T er



MYND V.3-1 Ferill orkunnar í raforkuvinnslu



MYND V.3-2 Fræðileg nýtni jarðvarma til raforkuvinnslu

$$dw = \eta_w(T) c dT$$

Meðalnýtnin til raforkuvinnslu yfir kólnunina eins og hún er gefin í kostum A og B fæst úr eftirfarandi líkingum:

Nýtnin miðað við kost A er:

$$\eta_A = \frac{R \int_{z_{130}}^{3000} \int_{130}^T \eta_w(T) c dT dz}{\int_{z_{130}}^{3000} c(T-130) dz}$$

Nýtnin miðað við kost B er:

$$\eta_B = \frac{\int_{z_{130}}^{3000} \int_{130}^T \eta_w(T) c dT dz - \int_{z_{130+k}}^{3000} \int_{130}^{T+k} \eta_w(T) c dT dz}{\int_{z_{130}}^{3000} c(T-130) dz}$$

þar sem k fæst úr:

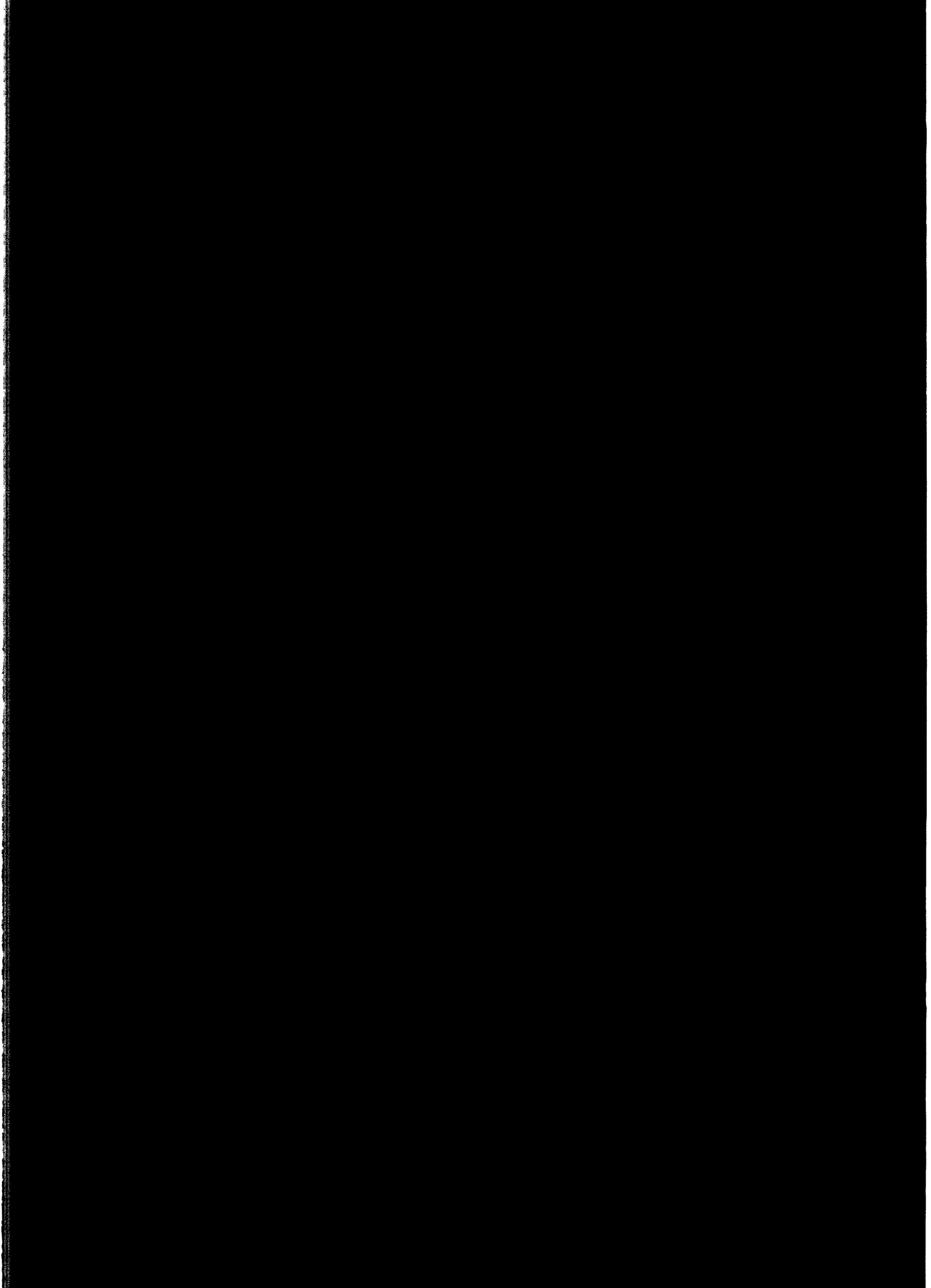
$$(1-R) \int_{z_{130}}^{3000} c(T-130) dz = \int_{z_{130+k}}^{3000} c(T-130+k) dz$$

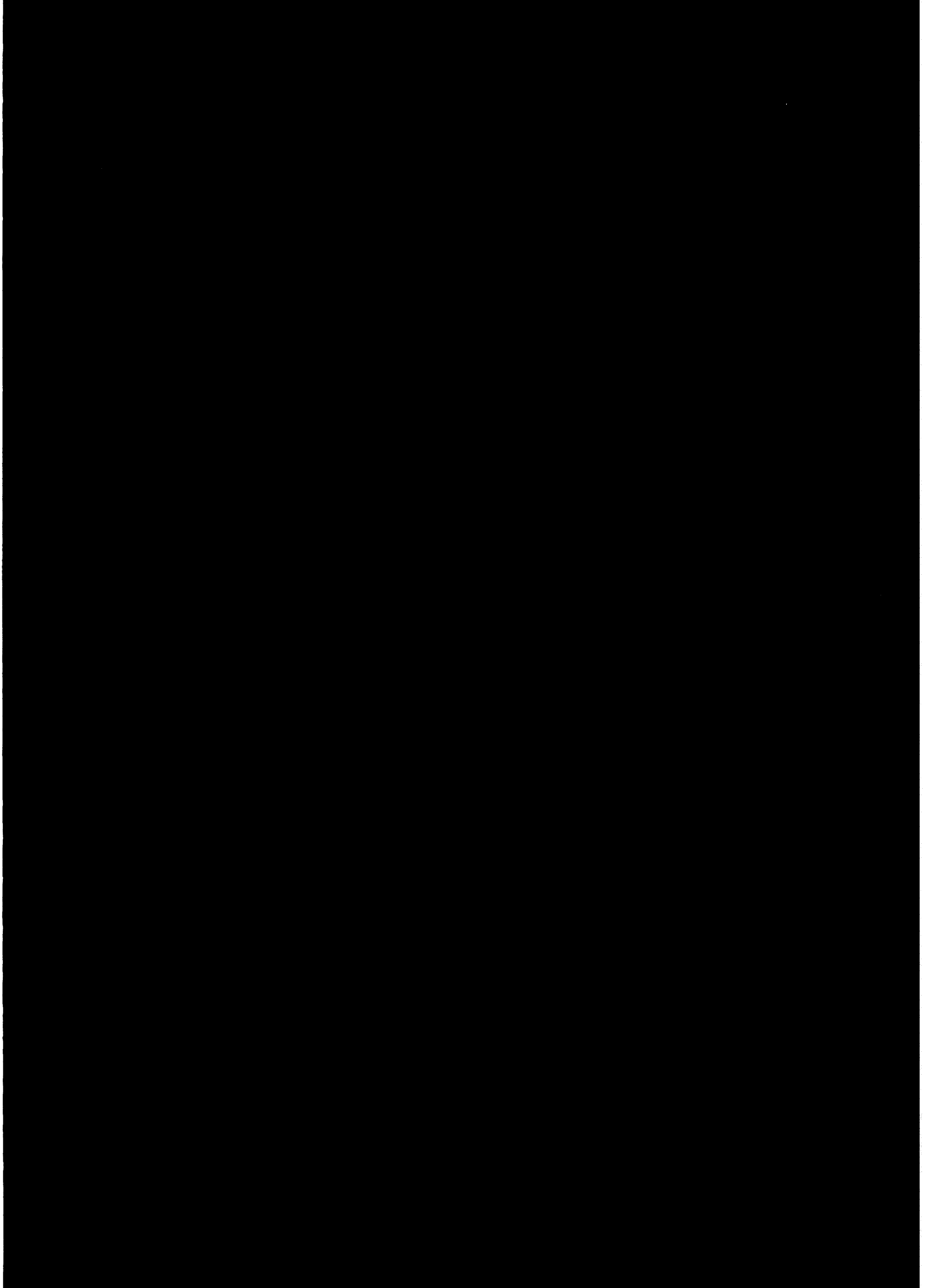
TAFLA V.3-1. Heildarnýtni varmaforða háhitasvæða til raforkuvinnslu miðað við kosti A og B.

X	R=10%	R=20%	R=30%
0,9	0,65 - 0,96%	1,29 - 1,84%	1,94 - 2,67%
0,8	0,57 - 0,84%	1,13 - 1,62%	1,70 - 2,35%
0,7	0,47 - 0,71%	0,94 - 1,36%	1,41 - 1,96%

Af töflu V.3-1 sést að nýtni varmaforðans (yfir 130°C) í háhitasvæði til raforkuvinnslu er frá 0,47% (X = 0,7, R = 10%, kostur A) til 2,67% (X = 0,9, R = 30%, kostur B).

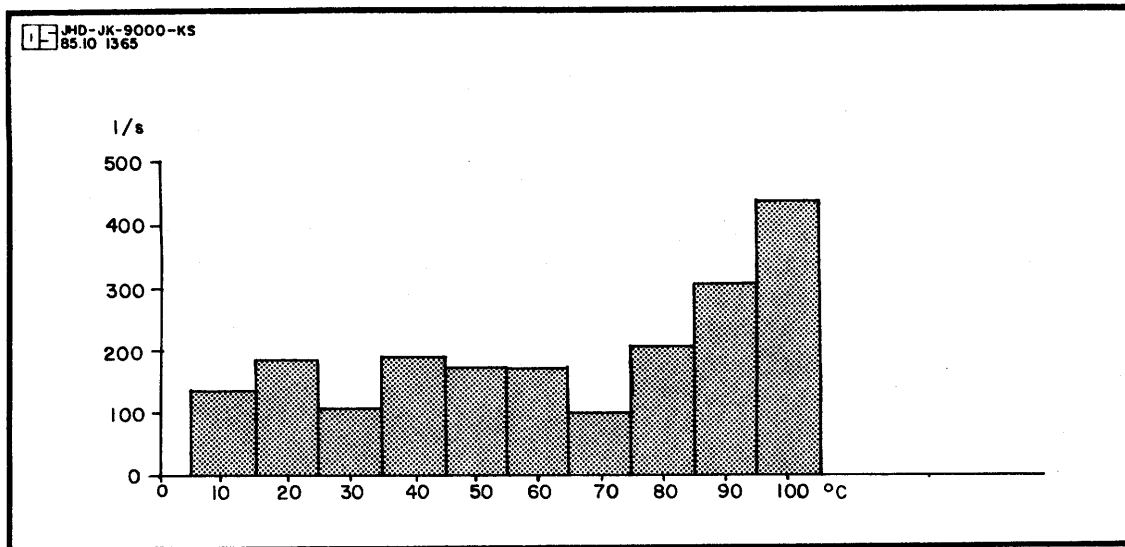
Eins og áður greinir er kólnun svæðanna í vinnslu samkvæmt kostum A og B ætlað að vera rammi um kólnunina eins og hún verður raunverulega og má þá álykta að raunveruleg nýtni heildarvarmaforðans í háhitasvæði til raforkuvinnslu sé innan markanna 0,47% til 2,67%. Hér er valið að nota meðalnýtnina = 1,6%, sem miðast við 20% varmaheimtu og kost B. Miðað við 20% varmaheimtu verður nýtni varmans úr borholu til raforkuvinnslu 8%.





VIÐAUKI 4 Lág hitasvæði

Fyrsta ágiskun um heildarrensli úr hitalindum á lág hitasvæðum er 1200 l/s (Þorkell Þorkelsson 1929). Þessi tala hefur farið hækkandi síðan eftir því sem rennslismælingar komu til á fleiri stöðum. Gunnar Böðvarsson (1956) giskaði á 1500 l/s. Sú tala var byggð aðallega á skýrslu Rannsóknaráðs ríkisins (1944) um athuganir á alkalískum jarðhitasvæðum (þ.e. lág hitasvæðum). Kristján Sæmundsson og Ingvar Birgir Friðleifsson (1980) giskuðu á samtals 1800 l/s. Nýjustu úttekt á þessu er að finna í töflu V.4-1. Þar er niðurstöðutalan um samanlagt afrennsli lág hitasvæðanna (15-100°C) fyrir boranir um 2000 l/s. Þar er eingöngu miðað við mælt og áætlað rennsli, en hinu sleppt sem engar upplýsingar eru til um. Þessi tala á því eftir að hækka. Í töfluna vantar allan jarðhita, sem er undir 15°C. Upplýsingar um volgrur á hitabilinu 6-14°C eru afar naumar, og lítið hefur verið sinnt um að safna þeim kerfisbundið. Á mynd V.4-1 er sýnt hvernig náttúrlegt rennsli skiptist eftir hita.



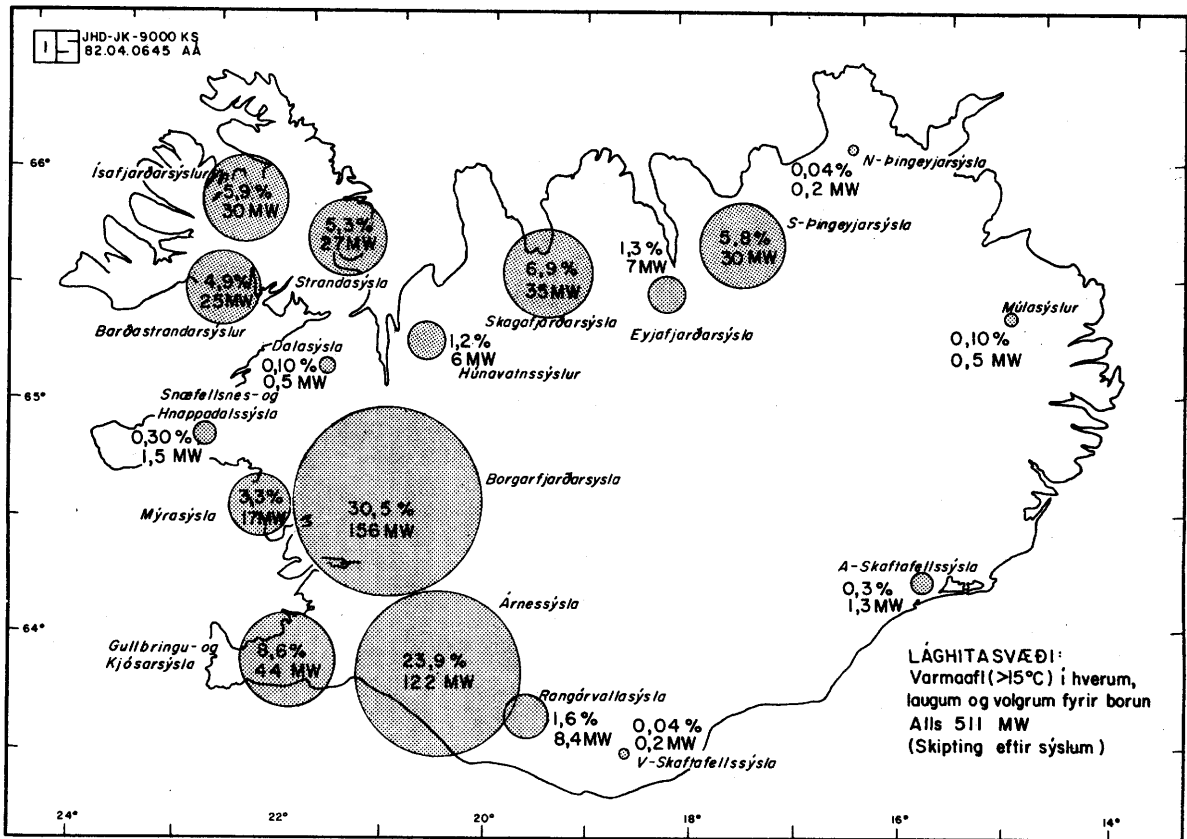
MYND V.4-1 Náttúrlegt rennsli lág hitasvæða eftir hita

Varmaorku lág hitasvæðanna mat Gunnar Böðvarson (1956) $4 \cdot 10^8$ kcal/h (eða 10^8 cal/s, sami höf. 1961). Niðurstaðan eftir þeim gögnum sem nú liggja fyrir um lág hita á Íslandi er að finna í sérstakri skrá (tafla V.4-2) í lok viðaukans. Líta má á þessar tölur sem lágmarksafl lág hitasvæðanna við náttúrleg skilyrði. Auk þess geyma þau ákveðinn varmaforða (orku). Lítið er vitað um varmaforða einstakra lág hita-kerfa, eða hversu mikill hluti hans er vinnanlegur. Reynslan af borunum sýnir að ganga má á varmaforðann og auka þannig afl svæðanna tímabundið oft, 10-20 falt í nokkra áratugi a.m.k., miðað við náttúrlega aflað.

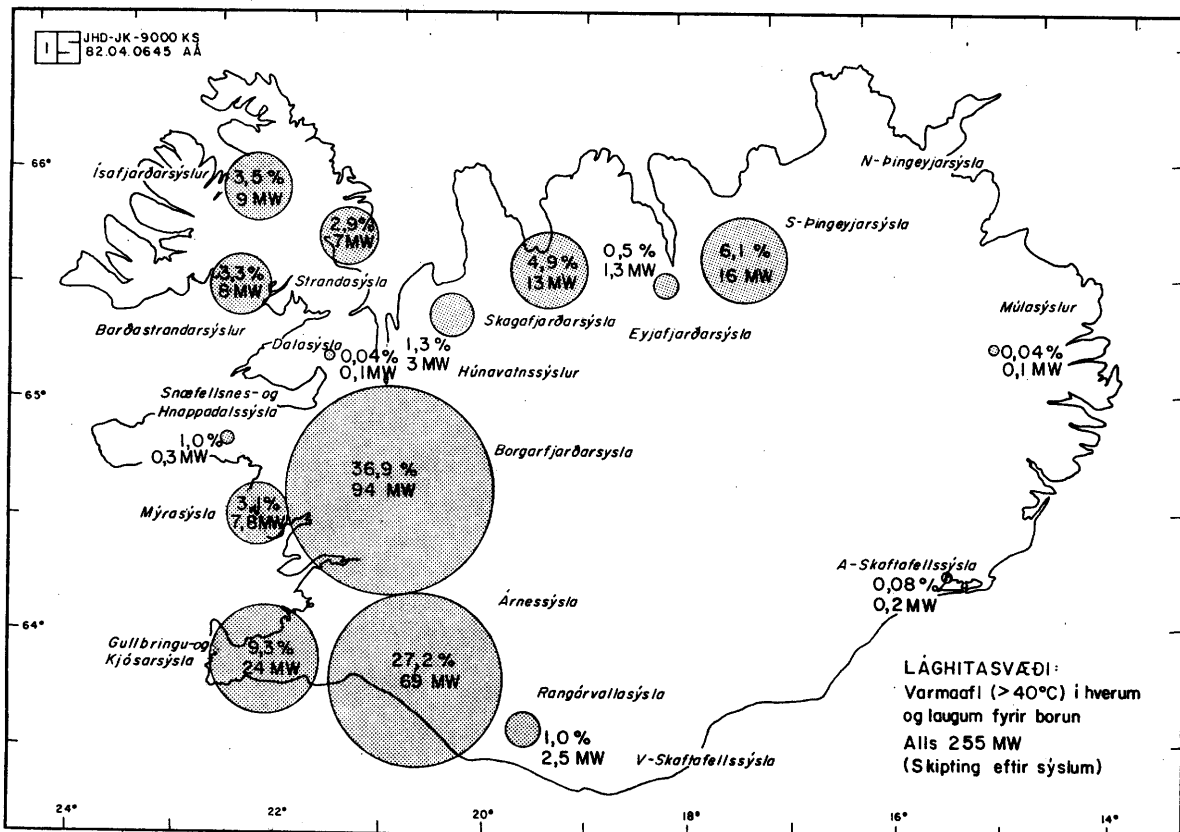
Á tveimur kortum (myndir V.-4.2 og 3) er varmaafli lághitasvæða skipt eftir landshlutum (sýslum). Athygli vekur lítil jarðhiti á austurhluta landsins. Mikill jarðhiti í Borgarfirði, Arnessýslu og Gullbringu- og Kjósarsýslum er sennilega afleiðing af háu varmastreymi og ungum brotahreyfingum sem halda opnum rásum fyrir rennsli heits vatns í berggrunni. Sama gildir líklega í Suður-Þingeyjarsýslu. Annars staðar á norðvestanverðu landinu er varmastreymi álíka hátt og á Austurlandi, en ungrar höggunar gætir þar meira en austanlands.

Á lághitasvæðum er oft erfitt að skilja á milli einstakra jarðhitasvæða. Einna helst er lítið á landfræðilegar aðstæður og þá jafnframt miðað við, að líkt hagaði til um uppstreymisskilyrði, hita og efnainnihald í vatninu. Í slíkri skilgreiningu er látið liggja á milli hluta hvort um eitt eða fleiri jarðhitakerfi geti verið að ræða. Gunnar Böðvarsson (1960 og 1961) taldi lághitasvæðin vera kringum 250 með um 600 aðalhverum og laugum. Síðari talan hefur ekki breyst og ástæðulaust að hrófla við þeirri fyrri, nema ákveðnar skilgreiningar liggja fyrir.

Vatnsleiðarar á lághitasvæðum eru einkum berggangar og sprungur og jarðhitageymirinn nánast tvívíður. Flest slík jarðhitakerfi eru fremur afllítil, og leyfa vatnstöku sem nemur í fáum tilfellum yfir 100 l/s en oftast einungis nokkrum tugum l/s. Jarðhitasvæðin kringum Reykjavík eru meðal fárra lághitasvæða með greiðum samgangi milli borhola þvert á stefnu ganga, misgengja og berglaga og samkvæmt því þrívíðum jarðhitageymi. Um dýpi vatnshringrásar í lághitakerfum er ekki vitað, en dýpstu vatnsleiðarar hafa fundist á 2-3 km dýpi. Í úthafsskorpu nær vatnshringrás niður í gegnum alla skorpuna og er virkust á sjálfum plötuskilunum en smádvínar út frá þeim (Gregory og Taylor, 1981). Lághitakerfin á Íslandi eru sama eðlis. Flest þau öflugustu á Suðurlandi, í Kjósarsýslu, og í Suður-Þingeyjarsýslu eru næst plötuskilum, en þau aflminni fjær. Aflmesta lághitasvæðið í Borgarfirði er þó fjærri eiginlegum brotaskilum, en virkt brota- og líklega innskotabelti liggur þar norður af. Dýpi og umfang vatnshringrásar minnkar sennilega ört eftir því sem fjær dregur plötuskilum og virkum brotabeltum.



MYND V.4-2 Varmaafli lághitasvæða, yfir 15°C



MYND V.4-3 Varmaafli lághitasvæða, yfir 40°C

TAFLA V.4-1. RENNSLI OG VARMAAFL HITALINDA Á LÁGHITASVÆÐUM Á ÍSLANDI

	RENNSLI (l/s)		VARMAAFL (MW)	
	yfir 15 ⁰ C	yfir 15 ⁰ C	yfir 15 ⁰ C	yfir 40 ⁰ C
GULLBRINGU- OG KJÓSARSÝSLA	141	44	24	
BORGARFJARÐARSÝSLA	454	156	94	
MÝRASÝSLA	75	17	7,8	
HNAPPADALSSÝSLA	10	1,1	0,3	
SNÆFELLSNESSÝSLA	1,3	0,4	0,3	
DALASÝSLA	2,6	0,5	0,1	
V-BARÐASTRANDARSÝSLA	30	7,7	0,2	
A-BARÐASTRANDARSÝSLA	137	17,3	7,8	
V-ÍSAFJARÐARSÝSLA	2	0,5	0,2	
N-ÍSAFJARÐARSÝSLA	155	29,5	8,8	
STRANDASÝSLA	125	27	7,0	
V-HÚNAVATNSSÝSLA	19	5,5	2,5	
A-HÚNAVATNSSÝSLA	2	0,5	0,5	
SKAGAFJARÐARSÝSLA	185	35	13	
EYJAFJARÐARSÝSLA	50	7	1,3	
S-ÞINGEYJARSÝSLA	106	30	16	
N-ÞINGEYJARSÝSLA	2	0,2	0	
N-MÚLASÝSLA	13	0,5	0,1	
S-MÚLASÝSLA	0	0	0	
A-SKAFTAFELLSSÝSLA	7	1,3	0,2	
V-SKAFTAFELLSSÝSLA	3	0,2	0	
RANGÁRVALLASÝSLA	56	8,4	2,5	
ÁRNESSÝSLA	388	122	69	
	-----	-----	-----	
SAMTALS	1991,3	511	255	

TAFLA V.4-2 SKRÁ YFIR LÁGHITA Á ÍSLANDI

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
GULLBR. OG KJÓSARSÝSLA				
Bessastaðahreppur				
Hlið	67	?	Kemur upp á stórstraumsfjöru	GIH, JBen
Reykjavík				
Laugarnes	75-88	11	Rennsli mælt	TVFÍ 1926
Rauðará	30	?		ÞÞ 1928
Örfirisey	?	?	Rauk úr sprungu á háfjöru	Þórb.Þ.1930
Breiðholt, næst bæ	36-40	?	1200 m lína	ÞÞ 1928, JJ
Gröf (Grafarholt)	20-25	0,2		ÞÞ 1928, Bragi '76
Mosfellshreppur				
Blikastaðir	18-22	?		JJ, IBF
Suðurreykir	mest 83	110	Rennsli mælt	ÞÞ 1928, Sig. Ól'32
Norðurreykir	mest 83	7,4	Lágmarksrennsli	ÞÞ 1928, Matsg. '47
Álfsnes	24	1-2		
Bringur	35	?	Norðan í Grímmansfelli	JJ
Úlfarsá	21	?		GIH, GG
Kjalarneshreppur				
Esjuberg	26	?		IBF
Kollafjörður	mest 56	1		ÞÞ 1928, RR 1944
Stardalur, Laugarhóll	24	0,6		IBF, GIH
Kjósarhreppur				
Fremriháls	22	0,5		IBF
Þrándarstaðir	18-22	> 3	Breytilegt	KS
Ingunnarst., Selflatir	17,2	0,8		KS
" Hrísakot	31,2	0,5	Uppi á hálsi	KS
" Hrísakot	15	?	Vestan v. túnið	KS

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
BORGARFJARÐARSÝSLA				
Strandarhreppur				
Stóriðbotn rétt vestan við Hvalskarðsá	26	?	Í 300 m hæð	JJ 1962a
" vestan við vegarslóða	31,7	?	Í 250 m hæð	KS
" Botnsá	15	?	Framan v.gljúfrið	JJ 1962a
Leirár- og Melahreppur				
Leirá	35-55	0,3	Kalkhrúður	RR 1944
Andakílhreppur				
Hellur	48-95	1,9	Lágmarksrennsli	OSJHD 7627
Bær	41-81	1,4	Allt á sömu jarðhitalínu	OS81014/JHD09
Jaðar, Laugarholt/Langholt	(44)-82,5	4,4		OS811014/JHD09
Skorradalshreppur				
Efrihreppur	34-53	10		OSJHD 7555, OSJHD 7606
Háafell	44	0,1		OSJHD 7555, EG
Fitjar, Hvítimelur	19	?		HJ
Sarpur	15-22	≈ 1	"	OSJHD 7555
Bakkakot, Laugarhóll	22	≈ 3	Uppi í fjalli	OSJHD 7555
Vatnshorn	16-19	≈ 0,8		OSJHD 7555
" utar og hærra í hlíð	15	>1		KS
Hagi Hvítatablettseyri			Ekki athugað	
Efstibær, við Fitjaá			Ekki athugað	
Fitjar í Botnsheiði			Ekki athugað	
Eiríksfell við Suðurá			Ekki athugað	
Vakir í Eiríkuvatni			Ekki athugað	
Lundarreykjadalshreppur				
Snartarstaðir/Hóll	19-60	?	Hitasvæði milli fjalls og árinnar	KS
Gullberastaðir	25			KS
Lundur	11-15	≈ 1		KS
Brautartunga	94,5-96,1	2	Rennsli mælt	GIH, UNU Report 1981-4
Reykir, Krosslaug	45	≈ 1		KS
" ofan Reykjafoss	86-89	0,6	"	GIH
" neðan Reykjafoss	(20)-61	?	"	KS

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Reykir, Laugamýri	24-42	?		KS, GIH
" Flókamýri	19-39	?		KS, GIH
" Reykjahver	76	0,66	Rennsli mælt	GIH
" Heimahverir	43-64,5	0,3	"	GIH
" Volgudý	20-46,5	?		KS
England, hverir	(25)-93,3	6,8	Rennsli mælt	GIH
" hlið ofan				
við hverri	19-43,5	> 0,1		GIH
Þverfell, Kvíagil	21	1		KS
" niður undan				
Kaldárgili	20	?		KS
" sunnan v.fjallið	23	2-3		KS
Gilstreymi nál.bæ	17-23	1-2		KS
" Tunguá A af				
Lágafelli	20	líftið		KS
" Tunguá				
móti Vörðufelli	14-15	≈ 5		KS
Gullberastaðasel	20-21,5	?	Í afrétti	KS
Sunnan Grímsár				
neðan Selfoss	40	≈ 2	"	KS
Við Grímsá 500 m				
neðan Kaldár	15	≈ 2	"	KS
Neðan við Lambárfoss	15	≈ 1	"	KS
1,5-2 km innan v.				
Lambárfoss	19-31	> 1	"	KS
2-3 km innan v.				
Lambárfoss	21-55	> 10	"	KS
Skotmannstjarnir				
norðurendi	22,5	≈ 2	"	KS
Skotmannstjarnir				
souðurendi	32	?	"	KS
Við Engjadalsá SA			Í afrétti	
frá Skotmannstjörn			Ekki athugað	
Reykholtsdalshreppur				
Klettur	48-68,5	0,34	Rennsli Sama	OSJHD 7856
Runnar, vesturlínan	32,5-71	1,3	mælt — hveralína	OSJHD 7856
" miðlínan	37-92	2,5	"	OSJHD 7856
" austurlínan	35-82,5	1,7	"	OSJHD 7856
Stórikroppur,				
Skjálftagrund	22	?		OSJHD 7856
Lambhagi	19	3		OSJHD 7555

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Ásgarður norðan v. bæ	26	lítið		KS
" austan v. bæ	16	>1		KS
Hamrar, ofan v. Ásgarð	76,5	≈ 1		KS, LSG
Hurðarbak	100	48	Rennsli mælt	S. Rist
" við Hvítá	(20)-66	> 2		LSG, GIH
Kleppjárnsreykir	(68)-100	71	" - sama	OSJHD 7856
Deildartunga	(53)-100	182	" - hveralína	OSJHD 7856
Sturlureykir	(58)-100	6	Rennsli mælt	GIH
Laugavellir	(22)-99	1,5	" - sama	GIH
Vellir (Árhver)	100	20	" - hvera-	GIH
Snældubeinsstaðir	58-100	2,7	" - lína	GIH
Kjalvararstaðir, Hagahús	25-86	0,33	"	GIH
Kópareykir	96,5-100	1,55	"	GIH
Reykholt	(38)-98	8-9		RR 1944, OSJHD7555
Hægindi	80-100	3,5	Rennsli mælt	GIH
Steindórsstaðir	35	1		RR 1944, OSJHD7555
Vilmundarstaðir, við Geirsá			EKKI athugað	
Skáney, Sudda	50-78	≈ 1		GIH
Hálsahreppur				
Úlfsstaðir	30-40	0,1		RR 1944, OSJHD7555
Norðurreykir	50-100	26,5	Rennsli mælt	GIH
Rauðsgil	10-21	≈ 0,1		OSJHD 7555
Hellubær	15			OSJHD 7555
Kolslækur	26	≈ 0,1		OSJHD 7555
Augastaðir	16-17	1		KS
Giljar	14-28	≈ 2		OSJHD7555, LSG
Stóriás, Áslaugar	73-77	14,5	Rennsli mælt	GIH
" melur vestan v. bæ	23	0,1		KS
" mýri austan v. bæ	29,8	?		GIH
" Steinkudý	41	≈ 1		KS
" Sótholt gegnt Giljum	44	≈ 1		KS
" móts við afleggjara að Giljum	18	≈ 0,2		KS
Húsafell, Hringsgil	39-40,5	0,8	Rennsli mælt	GIH-LSG-81/02
" Svörtubrúnir	23-33,5	3,3	"	GIH-LSG-81/02
" Krummalækjardý	21-29	3,8	"	GIH-LSG-81/02
" Hveragil og Laugabrekkur	24-47	6,2	"	GIH-LSG-81/02
" Selgil	22	0,4	"	GIH-LSG-81/02
" Teitsgil	43,5-61,5	4,8	"	GIH-LSG-81/02

	Hiti °C	Rennslí l/s	Athugasemdir	Heimild
MÝRASÝSLA				
Hvítársíðuhreppur				
Síðumúli	(64)-85	0,42	Rennslí mælt	LSG
Börgautsstaðir	15-20,6	0,6	"	GIH
Háafell	100	?	Í Hvítá í lfnu við Norðurreykjahverí	GIH
Kirkjuból	27,5	0,1		OSJHD 7555
Úlfsvatn á Arnarvatnsheiði	16	3		LSG
Álftakrókur á Arnarvatnsheiði			EKKI athugað	
Dverárhlíðarhreppur				
Högnastaðir	20,5	1		OSJHD 7555
Karlsbrekka	21	2-3		OSJHD 7555
Helgavatn	66-70	10		OSJHD 7555
Norðtungusel	19	0,2		KS
Breiðavatn á Tvíðagru	20	10-20		HJ
Króksvatn á Tvíðagru			EKKI athugað	
Stafholtstungnahreppur				
Einifell, Laugar	64	?		LSG
" Einifellshver	71	11	Rennslí mælt	GIH
Varmaland	(27)-96,5	≈ 5		OS79011/JHD05
Ásar, Lundahver	(33)-84,5	9,6		OSJHD7555,LSG
Brúarreykir	68-80	13		OSJHD 7555
Guðnabakki	43-63	3,5		OSJHD 7555
Ásbjarnarstaðir	15-35	0,2-0,3		GIH
Norðurárdalshreppur				
Fornihvammur	17-18	?		HJ
Gíslavatn			EKKI athugað	
Gíslavatnslækur	30-40	?		HJ
Hellisá innan við Gíslavatnslæk			EKKI athugað	
Hellisá utan við Gíslavatnslæk	30-40	?		HJ
Sæluhúskofi í Drögum			EKKI athugað	
Hraunhreppur				
Akrar	68	?	Í sjávarleiru	OSJHD 7555

	Hiti °C	Rennslí l/s	Athugasemdir	Heimild
HNAPPADALSSÝSLA				
Kolbeinsstaðahreppur				
Snorrastaðir	42-45	?	í hraungjótu	JBen, HJ
Landbrot	58	> 2		HJ, RR 1944
Haffjarðará	25	?		JBen, HJ
Ytri-Rauðamelur	33	≈ 0,1		JBen, HJ
Syðri-Rauðamelur	55	2-3	Kalkhrúður	HJ
Ófærugil	19	1-3		JBen
Eyjahreppur				
Kolviðarnes/Hrútsholt	60	2,5	Tveir staðir	RR 1944, HJ
SNÆFELLSNESSÝSLA				
Eyrarsveit				
Berserkseyri	53	≈ 0,1	í skeri	HeTo, GIH
Staðarsveit				
Lýsuhóll	32-57	< 1	Kalkhrúður	HJ
Bergsholt	22	≈ 0,2		JBen
DALASÝSLA				
Hvammshreppur				
Laugar í Sælingsdal	52-59	1,7		RR 1944
Míddalahreppur				
Gröf	52,3	0,48	Rennslí mælt	GIH-JBen-HeTo-81/03
Hörðudalahreppur				
Seljaland, Laugardalur	37	0,3-0,5		JBen
BARÐASTRANDARSÝSLUR				
GEIRDALSHREPPUR				
Klettur	18	?		KS
Reykhólahreppur				
Reykhólar	42-100	23		OS82030/JHD04, OS7830
Grund	22-53	≈ 1	— Sama	OS82030/JHD04
Höllustaðir	44-60	≈ 0,6	— hitasvæði	OS82030/JHD04
Laugaland	64-68	≈ 5,5		OS82030/JHD04
" Varmavík	35-41,5	≈ 0,5	Mælt, að hluta í sjó	OS82030/JHD04

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Gufudalshreppur				
Djúpidalur,				
Laugahjalli	29	≈ 0,01		OS82030/JHD04
Múli, Laugasker	48	< 0,5		OS82030/JHD04
Flateyjarhreppur				
Oddbjarnarsker	73	0,1-0,2		OS82030/JHD04
Drápsker	65-96	7-12		OS82030/JHD04
Diskæðarsker	?	?	í sjó	Breiðf.
Sandey í				
Hergilseyjarlöndum	64	> 0,5		JJ, OS82030/JHD04
Reykey	41	0,01	Sama	OS82030/JHD04
" Urðarhólmur	64-88	> 3	hitasvæði	JJ, OS82030/JHD04
Hver í Brandssundi við Skáleyjar	61	?	Kemur upp á stórstraumsfjöru	OS82030/JHD04
Barðastrandarhreppur				
Auðshaugur, Kjálkafjarðarár-gljúfur 180-190 m y.s.	24,6	9	Rennsli mælt	OS82030/JHD04
" Kjálkafjarðarár-gljúfur 110 m y.s.	9-15	≈ 0,5	Sytrur á 50-100 m kafla	OS82030/JHD04
" Auðnir	11-18	1-2		OS82030/JHD04
Vatnsfjörður				
Smíðjukleifar	19	0,6	Rennsli mælt	OS82030/JHD04
" norður af Smíðjukleifum	≈ 20	< 0,5		OS82030/JHD04
" farvegur Þingmannaár	19	?		KS, OS82030/JHD04
Hella	15-31	≈ 0,1		OS82030/JHD04
Flókalundur, Penna	18-24	2-3		KS, OS82030/JHD04
" , Partur	16,5	≈ 0,1		KS
Þverá	18-21,2	3-4		OS82030/JHD04 ,
Rauðsdalur	23,4-25	0,5-1		JJ 1959/OS82030/JHD04
Vaðall, Stekkur	36,0	≈ 1		OS82030/JHD04
" innst í Vaðalsdal	≈ 30	töluvert	Ekki athugað	OS82030/JHD04
" Stórabrekka	21,2	≈ 0,1		OS82030/JHD04
" Laugamýrar-hryggslaug	34,2	0,1-0,2		OS82030/JHD04
Kross, Krosslaug	31	0,4		OS82030/JHD04
" Laugatungur	20-41,5	5-10	í Mórudal	OS82030/JHD04
" Hagagarður	17,2-22,4	0,2-0,3	"	OS82030/JHD04
Tungumúli, norðan v.				
Þjóðveg	11-18,8	7-14	Nokkrar laugar	OS82030/JHD04
Hagi, Breiðihjalli	18-21,8	1-1,5	Nokkrar laugar	OS82030/JHD04

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Tálknafjarðarhreppur				
Hjallatún, v. Hádegisgil	13-14,8	14-15		KS, OS82030/JHD04
" Botnsgil	20-29,8	≈ 10		KS, OS82030/JHD04
" Reykjagil	17-21,6	> 6		KS, OS82030/JHD04
Eysteineyri	13-15	≈ 10		KS, OS82030/JHD04
Sveineyri	26-27	≈ 17		RR'44, OS82030/JHD04
Litli-Laugardalur,				
Gvendarlaugar	20-45,5	≈ 20	—	OS82030/JHD04
" Garðslaug	24,3	0,1		OS82030/JHD04
" við Laugardalsá	24-47	vætl	Sama	JSól, OS82030/JHD04
Stóri-Laugardalur				
við Laugardalsá	37-53,5	4-6	— hitasvæði	JSól, OS82030/JHD04
" Háanes	26-42	> 1		JSól, OS82030/JHD04
Kvígindisfell	25-31,6	0,3-0,5		JSól, OS82030/JHD04
Suðurfjarðahreppur				
Dufansdalur Bæjargil				
150 m y.s	15,2	0,2-0,4		OS82030/JHD04
" Laugarholt	39-46	≈ 1		OS82030/JHD04
" Leitismýri (12)	-22	≈ 0,2		OS82030/JHD04
Foss - Þernudals-				
hvammur	20-22	0,3	Rennsli mælt	OS82030/JHD04
" Tungur	15-27,7	10	Víða um Tungurnar	OS82030/JHD04
Reykjarfjörður,				
Vöðslur	15-31,9	10-15	Nokkrir lækir	OS82030/JHD04
" við íbúðarhús og sundlaug	51-54,5	≈ 4	Rennsli mælt	OS82030/JHD04
" innst í firðinum	?	?	Á sjávarbotni	OS82030/JHD04
" Skipadalsá	41,8	0,1		OS82030/JHD04
" ofan við Skeleyri	32-38,3	1-1,5	3-4 lækir	OS82030/JHD04
ÍSAFJARÐARSÝSLUR				
Auðkúluhreppur				
Laugaból	34-43,4	1,14	Rennsli mælt	OS79028/JHD12
Dynjandi	27	0,1-0,15		OS79028/JHD12
Suðureyrarhreppur				
Laugar	39	0,1-0,2		J.Sól
Selárdalur, Lásvík	20-30	≈ 0,1		OS79028/JHD12

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Bolungarvík				
Gil	27	0,15-0,3		J.Sól
Ögurhreppur				
Hestfjarðarbotn	30	< 0,5		J.Sól, OS79028/JHD12
Hvítanes	20-29,2	≈ 5	Flæðir víða yfir	OS79028/JHD12
Kálfavík, Fossahlíð	17,6	4	Rennsli mælt	OS79028/JHD12
Vigur	21	Seytl	Flæðir yfir	OS79028/JHD12
Ögur, Ögurnes	17-30	0,6		OS79028/JHD12
Laugaból heima				
við bæ	34-44	6-7		OS79028/JHD12
" Reykjaseslaugar	48-53	≈ 5		OS79028/JHD12
Reykjarfjarðarhreppur				
Látur v.sæsímastreng	10-14,5	≈ 0,2		OS79028/JHD
" " Laugagil	29-35	0,6-0,7		OS79028/JHD12
Heydalur	20-35,4	1-1,6	Sama	OS79028/JHD12
Galtarhryggur	40,2-46,6	0,3-0,5	hitasvæði	OS79028/JHD12
Mýfluguvatn í				
430 m h.y. sjó	21,7	< 1		OSROD-7636
Botn norður og				
upp frá bæ	30-50,7	2,2-2,4	Mælt að hluta	OS79028/JHD12
" í Húsadal	30-40	0,3		OS79028/JHD12
" í Bessárdal	30-40	lítið		OS79028/JHD12
" Kleifarkot	30-34	0,3-0,5		OS79028/JHD12
Hörgshlíð, Laugahlíð	45-47	1-1,2	200-300 m laugalína	OS79028/JHD12
" Hörgshlíðar-				
laugar	33,4-45,7	2,2-2,4	Mælt að hluta	OS79028/JHD12
" Hörgshlíðar-				
fjall	< 30	lítið	Víða laugar	OS79028/JHD12
Kelda	(18)-46	1,5-2	200 m laugalína	RR 1944, GIH
Skálavík	(15)-37	0,5-0,9	700 m laugalína	J.Sól.GIH
Reykjanes	allt að 96	16	Gömul rennslismæl.	OS79028/JHD12
Bjarnastaðir	46-47,4	≈ 3	Sama	OS79028/JHD12
Eyri utan v.bæ	18-31,2	3-4,5	laugapýrping	OS79028/JHD12
" innan v.bæ	18-54	6-7		OS79028/JHD12
Nauteyrarhreppur				
Gjörfidalur við tún	37-43	1-1,3		OS79028/JHD12
" Sauðhússnes	33	0,2-0,3		OS79028/JHD12
Múli	22-30	< 1		OS79028/JHD12
Laugaból	33-37,7	1-1,2		OS79028/JHD12

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Arngerðareyri	21,5-32	≈ 5		OS79028/JHD12
Neðribakki	30-32,5	≈ 1,5		OS79028/JHD12
Tunga	18	0,1		OS79028/JHD12
Rauðamýri ofan v.bæ	30-31	0,5-1,0		OS79028/JHD12
" í Hvannadal	56-63,7	≈ 5	Mælt að hluta	OS79028/JHD12
" innst í "	36-51	≈ 3,5		OS79028/JHD12
" Laugaengi	49,5	1,5		OS79028/JHD12
Nauteyri, Baðlaug (25)-44		2,3	Rennsli mælt	OS79028/JHD12-GIH
" 600m sunnan Baðl.(18)-30		8-9		OSJHD/7848, OS79028/JHD12
" v.Hafnardalsá	34,5	0,1-0,2		OSJHD/7848
Laugaland	50	26	Óstaðfest rennslismæl.	OS79028/JHD12
Hraundalur	16-23,4	≈ 0,3		OS79028/JHD12
Snæfjallahreppur				
Unaðsdalur	19,2	≈ 3	Mælt að hluta	OS79028/JHD12
Reykjafjörður, Laugatún	51,8	≈ 3	Mælt að hluta	OS79028/JHD12
" Hestvallalaug	53-56,7	≈ 10		OS79028/JHD12
" Kirkjuból	45-63,5	15-20		OS79028/JHD12
" Fossadalsá	18	lítið		OS79028/JHD12
STRANDASÝSLA				
Árneshreppur				
Bjarnarfjörður Þróskuldur og Fjarðarbotn	11-14,9	3-3,5		OS81017/JHD11
Fornasel í Bjarnar- firði nyrðri	16,3	0,25		OS81017/JHD11
Meyjarárdalur	17-21,7	3		OS79028/JHD
Drangar	20-44,7	1-2	500 m lína	OS79028/JHD12
Ófeigsfjörður, " Hitalaug	25-28	0,4	Tveir staðir Rennsli mælt	OS81017/JHD11,OBS
" Hvalárhólmi	18-22	0,4	Rennsli mælt	OS81017/JHD11,OBS
" Náttmálafell	≈18	≈ 0,1	Tveir staðir	OS81017/JHD11,OBS
" Krossá	17-25	0,5-1	Tveir staðir	OS81017/JHD11,OBS
Krossnes	57-64	3,3	Rennsli mælt	OS81017/JHD11,OBS

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Gjögur/Reykjarnes,				
" Laugarvík	58-73	≈ 3	Mælt 2,4+0,6 áætlað	OS81017/JHD11,OBS
" Akurvík	70-75,6	1-2	Sama hitasvæði	OS81017/JHD11,OBS
" Hákarlavogssog	53-69	≈ 1,5	Mælt 1 + 0,5 áætlað	OS81017/JHD11,OBS
" við kartöflug.	72	0,1-0,2		OS81017/JHD11
Kambur	30-37,4	0,2-0,3		OS81017/JHD11
Kaldrananeshreppur				
Kaldbaksdalur yst	31-33	2,1	Rennsli mælt	OBS
" Hveratunga	39-42	0,2	"	OBS
" "	71-75	≈ 4	Mælt 3 + 1 áætl.	OBS
" neðan Hverat.	36,5	0,2	Rennsli mælt	OBS
Asparvík, Sveinanes	18-19	2-3		OBS
Reykjarvík ofan vegar	12-15	≈ 5		OBS
" við sjó	12-18	≈ 2		OBS
Ásmundarnes	32	1-2		OBS
Klúka, Laugalækur	36-44	10		OBS
" Grundin	28-41	1,0		OBS
" Klapparholtin	40-46	2,4		OBS
" Rústin	27-35	1,8		OBS
Oddi	22-27	0,3		OBS
Svanshóll,				
Svörtuklettur	31-39	1,4		OBS
" ofan v húsin	40-42	8,4		OBS
" - " -	28-35	0,4		OBS
" Kílar	40-44	2,5		OBS
Sunnadalur	27-29	2,9		OBS
Goðdalur, austan ár	54-57	18-20	Mælt 15,8+2-4 áætl.	OBS
" Hólsengi	36-42	0,4	" 0,3 + 0,1 "	OBS
" Laugarengi	48-54	11-12	" 9 + ca 3 áætl.	OBS
" "	19-34	2	Rennsli mælt	OBS
" Kartöflugarður	57	9	"	OBS
" sunnan bæjar	20-30	1,0	"	OBS
" " "	15-32	0,1	"	OBS
Hvammur	33	0,2	"	OBS
Kaldrananes(Kross)	30-41	≈ 0,5		OBS
" (Hörsey)	24,3	≈ 0,1		OBS
" (Urriðaá)	25	0,6	Rennsli mælt	OBS
Bakki, í túninu	30-35	1,0	"	OBS
Einbúi	20-30			
" vestan Einbúa				
sunnan v.veg	17-20	4,5	"	OBS
Hafnarhólmur	73-79	5-6	Mælt 4+1,5-2 áætl.	OBS

	Hiti °C	Rennslí l/s	Athugasemdir	Heimild
Fellshreppur				
Litla-Fjarðarhorn	29-40	≈ 0,8	Rennslí mælt	OS81017/JHD11
Ljúfustaðir	32-47,7	0,25	"	OS81017/JHD11
Óspakseyrarhreppur				
Bambárvellir	15-28	0,15-0,25		OS81017/JHD11
Bæjarhreppur				
Borðeyri	32,5	0,1		J.Sól., OS7401
HÚNAVATNSSÝSLA				
Staðarhreppur				
Reykir	(56)-100	4	Rennslí mælt	SE-RK-GIH-81/01
Eyjanes/ Tannstaðabakki	31	0,4	"	DE-HK-SE-80/01
Sléttafellshverir	68-85	>10	Í afrétti	JJ, HJ
Ytri Torfustaðahreppur				
Reykir	85-88	0,64	Rennslí mælt	TE 1942
Kirkjuhvamshreppur				
Skarð	74	2,5	Lágmarkstölur	J.Sól.
Bverárhreppur				
Sigríðarstaðir	>50	1,0-1,5	Í sandi.	HJ
Torfalækjarhreppur				
Sauðanes	40,5	0,8		KS-PH 1974
Reykir	65-72	1,1		JJ
Áshreppur				
Grímstungusel í Grímstunguheiði Skútabær Grímstunguh.			Í afrétti Ekki athugað "	
SKAGAFJARÐARSÝSLA				
Siglufjörður				
Skútudalur	20-45	2		OSJHD 7603
Vatnsendi í Héðinsfirði	18-25	0,5		RR 1944

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Holtshreppur				
Lambanesreykir	39-51,6	1,2		RR 1944, JJ
Stórabrekka	30	0,75		OSJHD 7738
Reykjarhóll	53-61,4	1		JJ
Hólar	22-36	0,25		RR 1944, OSJHD 7738
Hólakot	20-47,5	1		OSJHD 7738
Gil(nyrðri laugar)	47-60,5	2		RR 1944, OSJHD 7738
" (syðri laugar)	31-34	?		OSJHD 7738
Haganeshreppur				
Reykjarhóll	(30)-76	3,2	Rennsli mælt	RK-KS-81/03
" í sjó beint út af ?		?	heitt grjót í trolli	KS
Laugaland	45-52,8	0,9		RR 1944, JJ
Dæli	45-64,5	0,15		RR 1944
Akrar	33-60	0,7		RR 1944
Barð	54-65	1,45		RR 1944
Stórureykir	44-56	> 1		RR 1944
Hólahreppur				
Reykir	(14)-50	4-5		OSJHD 7653
" uppi í hlíð ofan við bæinn	16-22	≈ 0,5		OSJHD 7653
Akrahreppur				
Réttarholt	22	?		RK, HJ
Litlidalur	15	4-5		RK, HJ
Miðhús	20	lítið		RK, HJ
Þorleifsstaðir	13-23	2-3		RK, HJ
Hrólfstaðir	15-18	≈ 5		RK, HJ
Víðivellir	14-26,5	≈ 10		RK, HJ
Miðsitja	mest 18	?		RK, HJ
Sólheimar	18	?		RK, HJ
Uppsálar	15	lítið		RK, HJ
Egilsá, NV af bæ	18-26	0,25		RK, HJ
Flatatunga			Ekki athugað	
Stekkjjarflatir	36	talsvert		RK, HJ
Lýtingsstaðahreppur				
Kriðhóll	24-42,5	0,6	- Sama hitasvæði	RK, GIH
Laufás	20	0,64	- Rennsli mælt	RK, GIH
Saurbær v/Svartá	40-48	2,26	"	RK, GIH
" uppi í hlíð	23-35	0,22	"	RK, GIH

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Daufá	20-41	0,35	— Rennsli mælt	RR 1944 RK,GIH
Reykjavellir			Sama hitasvæði	
Reykjavallalaug	27-47	0,45	— Rennsli mælt	RK,GIH
" við Svartá	30-66	0,22	— "	RK,GIH
" ofan við bæ	15	?		RK,GIH
Vindheimar	32-58	5,12		RK,GIH
Skíðastaðir,				
Varmilækur	43-67,6	8,3	— " "	RK,GIH
Reykir	40-65,8	15,8	— Sama hitasvæði	RK,GIH
Steinsstaðir	40-63	15,3	— Rennsli mælt	RK,GIH
Hvammskot	19,8	0,06	— "	RK,GIH
Ytri-Mælifellsá	30-31,5	≈ 1		RK,GIH
Mælifell	24	0,84	— Rennsli mælt	RK,GIH
Hamarsgerði,				
Hvíteyrar	16,6-18	1,4	— "	RK,GIH
Merkigardur	18-22	0,6	— "	RK,GIH
Starrastaðir	48	?		RK,GIH
Hafgrímsstaðir	29-48	4,82	— "	RK,GIH
Héraðsdalur	22	0,23	— "	RK,GIH
Laugardalur	40-44	0,2		RR 1944
Litlidalur	30	0,6	— "	RK,GIH
Þorsteinsstaðir	14-21	0,6		JJ 1959,RR 1944
Sveinsstaðir,				
Stekkjárholt	20-23	0,2		JJ 1959
Breið	18,5-23,4	0,3		RK,GIH
Írafell	21,8	?		RK,GIH
Tunguháls	26-34,5	6,3	— Rennsli mælt	RK,GIH
Hverhólar	64,5	20	— Sama	RK,GIH
Bakkakot	65,4	35	— hitasvæði	RK,GIH
Litlahlíð	18-20,5	0,1-0,2	— Sama	JJ 1959,RR 1944
Vesturhlíð/Hofsvellir	25-74,4	1,2	— hitasvæði	RK,GIH
Seyluhreppur				
Reykjarhóll/ Varmahlíð	70-89	3-4		RR 1944
Syðra-Vallholt	16-18	0,32	— Rennsli mælt	RK,GIH
Ytra-Vallholt	36-58,8	2,5	— "	RK,GIH
Staðarhreppur				
Varmaland	23-30	> 1		KS

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Skarðshreppur				
Sjávarborg, Áshildarholtsvatn	42	?	í stöðuvatni	RR 1944
Reykir	45-63	2		RR 1944
í afrétti austan við Stakkfell	18,2	1		KS
í afrétti vestan við Stakkfell	mest 25	4-5		KS
Sauðárkrókur				
Sauðárkrókur	26	0,1-0,2	í gili Sauðár	GIH
Skefilsstaðahreppur				
Skiðastaðir í Laxárdal	33,2	>1		KS
EYJAFJARÐARSÝSLA				
Ólafsfjörður				
Kleifar	34	≈ 0,3		KS
Ólafsfjarðarvatn	24			OSJHD7803
Ósbrekka	30	≈ 0,3		KS
Skeggjabrekkudalur	50	12		OSJHD 7803
Kvíabekkur	19	?		OSJHD 7803
Vermundarstaðir	22	1		OSJHD 7803
Bakki	31	1-2		OSJHD 7803
Reykir	52	2-3		OSJHD 7803
Karlsstaðir, Grímá	27	1-2		OSJHD 7803
Hóll	22	1		OSJHD 7803
Kálfsá	19	1-2		OSJHD 7803
Vatnsendi	mest 40	2-3		KS
Dalvík				
Bæjarfjall	17	?		JH
Svarfaðardalshreppur				
Laugahlíð	27-30	3-5		RR 1944
Hamar	39,5	0,2		
Hálshöfði	14-17	seyti	í sjávarklettum	KS 1970
Hríseyjarhreppur				
Ystibær, Laugarkambur	65	0,4		RR 1944
Sýðstibær	51	?	í sjó, vatt á fjöru	RR 1944

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Árskógshreppur				
Stóru-Hámundarstaðir, Merkisvík	14-34	0,1	í sjávarhömrum	KS,HD, JJ
Glæsibæjarhreppur				
Laugaland	45	0,3		RR 1944
Skriðuhreppur				
Flögusel, Laugareyri	22	?	Um 2 km innan við Flögusel	HK
Akureyri				
Glerárgil	allt að 51	2,5		OSJHD7827
Hrafnagilshreppur				
Ytragil	48,4	0,45		OS81030/JHD18
Kristnes, Kristneslaug	61	≈ 0,7		SE-pTh-AB-KS-81/02
Kristnes, volgrur ofar í hlíð	16,8	>0,1		OS81026/JHD 15
Reykhús efri laugar	50-74,7	3,0		SE-pTh-AB-KS-81/02
" neðri laugar	36-55	≈ 1		OS81026/JHD 15
Grísará	43	>0,3	Dælt úr 10 m holu	SE-pTh-AB-KS-81/02
Hrafnagil, skóli	57	>1,0	Mælt í borrholum í mölinni	OSJHD7827
" Botnslaug	24-57,1	>0,8		SE-pTh-AB-KS-81/02
Stokkahlaðir	22,6-23,2	0,2		SE-pTh-AB-KS-81/02
Syðra Laugaland	54	2,0	"	OSJHD7827
Öngulsstaðahreppur				
Garðsá	18-20,5	0,23	Rennsli mælt	OS81030/JHD18
Björk/Ytri Tjarnir	27,5	0,5-1,5	Þorrið	OSJHD7827
Hóll	52	1,0		
Brúnalaug efri laugar	66,2	1,35	"	OSJHD7827
" neðri laugar	57	?		OSJHD7827
Grýta	31,5	1		OSJHD7827
Mjaðmárdalur	33	0,2-0,3		OS81030/JHD18
Saurbæjarhreppur				
Hleiðargarður	17,4	0,15-0,2	Rennsli mælt	SE
Strjúgsá, ytri laugin	15,7	0,25	"	SE
" fremri laugin	21,3	1,0	"	SE
Stóridalur	17,6	0,5	"	SE
Hólsgerði-Torfufell	20-46	1,7	"	SE

	Hiti °C	Rennslí l/s	Athugasemdir	Heimild
SUÐUR-ÞINGEYJARSÝSLA				
Grýtubakkahreppur				
Grýtubakki	26	2		RR 1944
Laufás, sunnan v. bæ	15	≈ 1,5		RR 1944
" gegnt Skarði í Dalsmynni	15-22,4	≈ 1,5		KS, GIH
Svalbarðsstrandarhreppur				
Svalbarð	33	0,1		OS80007/JHD03
Meðalheimur	31,5	0,5		OS80007/JHD03
Tunga	20	?		JJ
Ystavík (í sjó)	?	?	Sést á dýptarmælum	OSJHD7557
Hálshreppur				
Reykir	60-90	5		RR 1944
Draflastaðir	mest 46,5	1,5		OS80009/JHD05 OSJHD7421, GIH
Ljósavatnshreppur				
Stórutjarnir	53	1,0		OSJHD7557
Aðaldælahreppur				
Hafralækur	43	lítið		OSJHD7717
Klömbur	20-30	?		RR 1944
Presthvammur (í Laxárdal)	43	tæpl. 2		OSJHD7717
Brúar (í Þegjandadal)	34	lítið		OSJHD7717
" (í Laxárgljúfri)	21	lítið		OSJHD7717
Reykjahreppur				
Reykir, Bláhvammur, Hveravellir í Reykjahverfi	100	55-60	Rennslí mælt	OS82088/JHD12
Húsavík				
Laugardalsnef	41-63	>0,5	í fjörunni	RR 1944
Laugarhella	34	≈ 3	Við höfnina	RR 1944

	Hití °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Reykðalahreppur				
Ásgeirsstaðir	21-53	1,8		RR 1944
Kasthvammur	24	2,8		OSJHD7717
Brettingsstaðir	23	?		JJ
Öndólfstaðir	27-30	≈ 0,4	-	RR 1944
Stórulaugar	38-56	≈ 7,5	- Sama	RR 1944
Laugaskóli	44-57	4,9	jarðhitasvæði	KS
Litlulaugar	58,5	0,7	-	KS
Laugaból	33-46	0,9	-	RR 1944
Hjalli	22-45	≈ 1,5		RR 1944
Hallbjarnarstaðir	20	lítið		RR 1944
Brún	30	0,35	-	RR 1944
Stafn v.Reykjadalsá	27	0,4	- Sama	RR 1944
Víðar - " -	31	0,2	- hitasvæði	RR 1944
" nærri bæ	20	?		RR 1944
Víðasel 1 km				
sunnan v. rústir			Ekki athugað	KS
Víðasel undir				
Víðafelli í ánni			Ekki athugað	KS
Laugasel norðan við				
tóttir			Ekki athugað	KS
Skútustaðahreppur				
Stöng við bæ	20-30	>1		OS79019/JHD08
" Volgulindir				
" NV frá bæ			Ekki athugað	
Hofsstaðir	20-23	>6		OS79019/JHD08
Gautlönd (vestan v.bæ)	21	lítið		OS79019/JHD08
" Fagradalsaugu	45	>1	í vatni	ÁJ
"syðst v. Arnarvatn	24-31	lítið		GIH-83/02
Arnarvatn (Arnarey)	30		Volgrusvæði 100x200 m	GIH-83/02
NORÐUR-ÞINGEYJARSÝSLA				
Öxarfjarðarhreppur				
Klifshagi	19	< 1	Víð Brunná	GG-JBen
Svalbarðshreppur				
Kollavík	22-27	≈ 0,2		GIH
Hvammur	29	≈ 1	í Hvammsheiði	KS

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
NORÐUR-MÚLASÝSLA				
Vopnafjarðarhreppur Hróaldsstaðir/Nýpur	45	1-2	Við Selá	KS, JJ 1964
Fellahreppur Urriðavatn	mest 59,5		í Urriðavatni	JJ 1964
Fljótsdalshreppur				
Egilsstaðir	16-20	?		OS
Eyrarsel	22-25	?		OS
Kleifar, Volgilækur	17,6	?		OS
Laugará, Laugarkofi	42-52	0,5		BA, OS
Hafursárflói	45	≈ 0,3		OS
Á Múla	mest 25	?	Víða volgrur	OS
Jökuldalshreppur				
Vaðbrekka, Sandur	17,7-32,8	lítill		BA
" Hitahnjúkur	31,5	?		BA
Þórisstaðir, hlíðin	16,2-20,1	1,5		BA
" Gambramýri	18,2-28,5	1		BA
Aðalból, Laugarhús	41	0,2		BA, JJ 1964
Glúmsstaðasel	33	2		BA
Múlakot	21,7	sytra		BA
Laugarvellir, heima	45-70	≈ 1	Kalkhrúður	BA
" 2 km utar	18,3	1		BA
Lindur við Jökulsá	34-35	1	Vestan í Hálsi	BA
Töðuhraukar við Sauðá	12,1-25,3	≈ 2-3	Margar volgrur	BA
Vesturdalslækur fellur í Sauðá	34,8	0,5		BA
Hlíðarhreppur				
Hrafnabjörg	25	?	í Mjóavatni	JJ 1964
SUÐUR-MÚLASÝSLA				
Egilsstaðahreppur				
Þuríðarstaðir í Eyvindarárdal	≈ 19	?	Volgran komin í ána	JJ 1964

Hiti °C Rennslí l/s Athugasemdir Heimild

AUSTUR-SKAFTAFELLSSÝSLA

Mýrahreppur

Vandræðatungur	59,9	1-1,5		OS81011/JHD007
Vatnsdalur (Hálfðánarlaug?)	49-52	≈ 1		OS81011/JHD07, JJ

Hofshreppur

Jökulfell í Öræfum	50-80	seyt1	Við Skeiðarárjökul	OS81011/JHD07
" "	35-50	> 5	í Vesturdal	OS81011/JHD07

VESTUR-SKAFTAFELLSSÝSLA

Hörgslandshreppur

Núpsstaður, í Beinadal	35	seyt1		OS81011/JHD07
" í Hvítárholtum	50-60	?	Tveir staðir	OS81011/JHD07
" í Rauðabergshólum	22	?		HJ, OS81011/JHD07
Kálfafell				
Heitulækir á Fossum	28,5-33	0,2		HJ, OS81011/JHD07
Seljaland, Smágil	?	?	Austan í Bratthálsi	JJ

Kirkjubæjarshreppur

Eintúnaháls, Drykkjarsteinn	14-15	≈ 1		OS81011/JHD07
--------------------------------	-------	-----	--	---------------

Skaftártunguhreppur

Hvammur, Laugagil	20	0,2		OS81011/JHD07
Snæbýli	22	1-1,5		OS81011/JHD07

Dyrhólahreppur

Hvítmaga vestan Sólheimajökuls	40	?		OS81011/JHD07
-----------------------------------	----	---	--	---------------

RANGÁRVALLASÝSLA

Austur-Eyjafjallahreppur

Prasalækur í Skógafjalli	28,5	2,5-3	Líkl. komið undir jökul nú	JJ
Kaldaklífgil	52-80	3-5	Tveir staðir	JJ, EG
Seljavellir	56-66	6,2	Rennslí mælt	GIH

	Hiti ⁰ C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Fljótshlíðarhreppur				
Volgra v. Þórólfsfell			Ekki athugað	JJ
Rangárvallahreppur				
Svínhagi	25-28	1,5		HeTo,GG
Landmannahreppur				
Hvammur	60	?	Í sprungu í hrauni	J.Sól.
Skarð	61	≈ 3	Í sprungu í hrauni	HeTo,GG
Stóri Klofi(Baðsheiði)	56,9	?	Grunnvatn í hrauni	KS
Vindás/Flagbjarnarholt	55,8	≈ 10		J.Sól
Lunansholt/ Lækjarbotnar	17,2-22,7	10	Mælt	HeTo-LSG-GG-81/01
Skarfanés	< 20	?	Í Síki NA frá Skarfan.	KS
Holtahreppur				
Kaldárholt vestan v. bæ	48-62	4-6		KS
" við Kaldárh.læk	28-49	≈ 3		KS
Guttormshagi	18-24	lítið	3 staðir	JHD
Stúfholt	mest 20	?		SI
Nefsholt	38-43	>1		JHD
Gata	20-29	0,25		LSG
Skammbeinsstaðir	52	>1		KS
Lækur (Lækjarey)	mest 56	1-2	2 staðir	JHD
Ásahreppur				
Hamrahóll	20	?		JSól
Húsar	15,5	?		HeTo
Lækjartún	15	0,1		JSól.
Hárlausstaðir	21-27	4,5	Rennsli mælt	JSól,LSG,HeTo
Þjórsártún	28-33	≈ 2		JSól,HeTo
Sumarliðabær	mest 40	?	Norður frá bæ	LSG
" heima	17	?	í skurði	LSG
Herríðarhóll	37-44	≈ 1,3		ÞÓ 1967,HeTo
ÁRNESSÝSLA				
Ölfushreppur				
Laugarbakkar	54	0,4	Rennsli mælt	GIH,KS
Árbær	20-38	?		ÞÓ 67,HeTo-SE-80/01
Þórustaðir	18	?		GIH

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Gljúfurárholt	18	?	Þorrið	TVFÍ 1951
Sandhóll	19	?	Sama	
Bakkárholt	15-20	?	hitasvæði	GIH
Vellir	30	?		GIH
Vorsabær (Opnur)	22-30	?		GIH
" (við Varmá)	20-32	≈ 10-12		GIH
Stóri-Saurbær	15-31	7	Rennsli mælt	GIH
Vötn, Vatnalaugar	20-60,5	≈ 5		MÓ,KS,GIH
" Forir	17-25	?	Sama	GIH
Núpar	15-21	?	hitasvæði	KS,GIH
Þurá	18,5	?	Þorrið	GIH,KS
Riftún	50	?	"	KS
Þóroddsstaðir	65-99	0,75	Rennsli mælt	GIH
Bakki	50-80	?	Þorrið	GIH,KS
Hjalli	15-44	10	Rennsli mælt	GIH
Þjarnastaðir	17-35	?	Sama	GIH,KS
Efri-Grímslækur	16-33,5	?	hitasvæði	GIH,KS
Grímsneshreppur				
Öndverðarnes	37-69	?		RR 1944
Suðurkot	50-60	?		RR 1944
Hæðarendi	18	?		GIH
Klausturhólar	15-50	0,6		RR 1944,GIH
Vaðnes	36	?		GIH
Kiðjåberg	16-21	0,55	Rennsli mælt	GIH
Eyvík	15-57,7	≈ 1		GIH
Vatnsnes	≈ 26	?	Á kafi í vatni	GIH
Ormsstaðir	25-48	>1		GIH
Sólheimar	89	12	Rennsli mælt	ÞÓ 1967
Hamrar	?	?	Í ármótum Hvítár og Brúarár	GIH
Reykjanes	57-90	18-23	Rennsli mælt	ÞÓ 1967
Kringla	14	0	Velgja í túni	KS/GIH
Hagi	28	?		GIH
Grafningshreppur				
Stórháls	23	≈ 1		KS
Laugardalshreppur				
Laugarvatn	70-100	30	Rennsli mælt	GIH
Útey	76-100	17	"	GIH
" Við afleggjara	22	?		MÓ
Hjálmsstaðir	44-76	?		KS

	Hiti °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Austurey	94	≈ 4	140 m sprunga	KS
Böðmóðsstaðir	86-100	1,5	Rennsli mælt	ÞÓ 1967
" Flakalaugar	46,5	?		MÓ
Biskupstungnahreppur				
Skálholt, íTungunni	61-97	20	"	GIH
" NV frá staðnum	19	?		KS
" SV " "	17	?		KS
Laugarás	70-100	90	Rennsli mælt	GIH
" í Hvítá	67,5	?		KS
" austan við ásinn	50	≈ 2		HeTo/GIH
Helgastaðir	18-25	?		GIH
Auðsholt, Laugaflóð	28-52,5	?		J.Sól.
" í Hvítá	?	?		HeTo
Spóastaðir	35-55	2		KS
Miklaholt	56	0,3	"	GIH
Syðrireykir	90-100	40		RR 1944
Efrireykir	69-92	0,5		RR1944, GIH
Torfastaðir	26	?		SA
" /Vegatunga	71,5-74,5	3,8	Rennsli mælt	GIH
Reykjavellir	53-84	≈ 3		RR1944, DSÞÞ
Litlafljót	30	?		GIH
Stórafljót, Reykholt	100	14	"	ÍJ 1960, ÞÓ 1967
Fell	26	?		GIH
Fellskot(Þverkelda)	mest 43	?		GIH
Vatnsleysa	31-32,5	0,8	"	GIH
Bergsstaðir(Ásakot)	19	0,3	"	GIH, SA
Einholt við bæ	18	seytl		J.Sól
" norður af bæ	28	0,5	"	GIH, SA
Kjarnholt				
við afleggjara	17	?		GIH
" Kjarnholtaás	28	?		SA
Kjóastaðir	16-19	?		GIH
Múli	55	1,6	"	GIH
Gýgjarhóll	18	?		GIH, SA
Gýgjarhólaskot	20-24	?		SA, GIH
Hrunamannahreppur				
Syðra-Langholt	14	?		J.Sól, KS
Miðfell/Gata	21	?		KS
Efra-Langholt	14-15	?	Við Götukeldu	KS
Sólheimar	38	4-6	Við Hyljalæk	J.Sól.

	Hití °C	Rennsli l/s	Athugasemdir	Heimild
Ás, Hrunalaug	38-43	12	Rennsli mælt	ÞÓ 1967
Hellisholt	67-96	2		KS
Flúðir	54-98	> 1	Sama	KS
Gröf	97	2		KS, J.Sól.
Grafarbakki	100	5-6	Jarðhitasvæði	J.Sól.
Hvammur	70-100	15		KS
Kópsvatn, Kirkjuskarð	20	?		KS
Kotlaugar	80-92	0,2-0,4		KS
Skipholt	21-27	0,2-0,3		KS, J.Sól.
Reykjaból	100	2	Rennsli mælt	ÞÓ 1967
Laugar	26-44	0,1		RR 1944
Hvítárholt	?	?	Í Hvítá	KS
Haukholt	30	?		KS
Jata	24-35	0,4		KS
Foss	16-22	0,3	Rennsli mælt	KS, GIH
Hlíð	21,7-26	0,3-0,5		KS, J.Sól, GIH
Jaðar/Tungufell	13-27	4-5	Við Dalsá	KS, GIH, MJG
Gullfossgljúfur	26	1-2		JJ
Kluftir	14-26	?		KS
Hörgsholt	67	0,1		KS
Laugar Hrunam. afrétt	29,5-50	?	Tveir staðir	JJ, GIH
Gnúpverjahreppur				
Þjórsárholt	58-62	?		OS80010/JHD06
Geldingaholt	24	0,1	Við Kálfá	OS80010/JHD06
Laxárdalur	59	<0,1		OS80010/JHD06
Þjórsárdalur	72	19	Rennsli mælt	OS80010/JHD06
Í Skúmstungum	17	?	Í afrétti	GIH
Skeiðahreppur				
Skeiðháholt	37	?	Í hrauni	RR 1944
Hlemmiskeið	60	?		RR 1944
Húsatóftir	60-70	0,6		RR 1944
Brautarholt	43	?		RR 1944
Fjall	?	?	Hití úti í Hvítá	KS, GIH
Reykir	59-68	0,2		RR 1944, OS79031/JHD14
Hraungerðishreppur				
Sölvholt	42	?		KS
Laugardælar	48	?		RR 1944
Þorleifskot	47	?		RR 1944, ÞÞ 1930
Stórureykir	35		Ylur í hrauni	OS79001/JHD01

	Hití °C	Rennslí l/s	Athugasemdir	Heimild
Laugar	51	1		OS79001/JHD01, ÞÓ1967
Langholt/ Oddgeirshólar	mest 50		Í hrauni	GG-83/04, HeTo-GIH-84/01
Selfoss				
Selfosslaug	54	?	Í grjóteyri sunnan Ölfusár	ÞÞ 1930
Við Ölfusárbrú	34-54	?	Í sandeyri norðan ár	JJ, ÞÞ 1930, JJ 1962
Við Fossheiði 2	40	?	Fannst er grafið var fyrir holræsi	GIH
Villingaholtshreppur				
Kolsholtshellir	25	1		KS, JJ
Breiðholt, Skagaás	17-40	0,5-1		KS
Önundarholt	35	4-7	Laugamýri	J.Sól, KS, JJ
Yrpholt	34	2-3		KS
Vatnsendi	> 15,5	> 1		KS
Hróarsholt - Voli	22	lítið		OS79001/JHD01
Miðhálandið				
Tjarnaralda	≈ 40	?	NV í Hofsjökli	KS
Laugafell	43	?		H.Jón
Laugafellshnjúkur	≈ 40	?	Suður af hnjúknum	H.Jón
Háöldur	40	?	Suður af öldunum	H.Jón
Stóraflæða	30-40	?		St.St.
Hitalaug Ytri	30-40	?		St.St.
" Syðri	35-37	?	(Marteinsflæða)	Db.GGB 1923
Vestan Þjórsár ofan				
Háumýrarkvíslar	mest 15,5	≈ 50		ÁH-81/03

HEIMILDASKRÁ

- Bragi 1976 = Bragi Arnason 1976: Groundwater systems in Iceland traced by deuterium. *Vísindafélag Íslendinga*, rit 42, 236 s.
- Breiðf. = E.P. 1964: Á Breiðafirði liggja þaraverðmæti fyrir tugi milljóna. *Breiðfirðingur* 22-23. ár, bls. 48-52.
- DbGGB = Dagbækur Guðmundar G. Bárðarsonar frá 1923.
- Dbbb = Dagbækur Þorkels Þorkelssonar, fyrrverandi veðurstofustjóra.
- GG-83/04 = Gestur Gíslason 1983: Umsögn um sýni frá Oddgeirshólum í Hraungerðishreppi. Orkustofnun, greinargerð GG-83/04, 1 s.
- GIH-LSG-81/02 = Guðmundur Ingi Haraldsson Lúðvík S. Georgsson 1981: Jarðhitakönnun við Húsafell í Borgarfirði. Orkustofnun, greinargerð GIH-LSG-81/02, 12 s.
- GIH-83/02 = Guðmundur Ingi Haraldsson: Jarðhitaathugun við Arnarvatn í Mývatnssveit í maí 1983. Orkustofnun, greinargerð GIH-83/02, 4 s.
- GIH-JBen-HeTo-81/03 = Guðmundur Ingi Haraldsson, Jón Benjamínsson Helgi Torfason 1981: Jarðhitaathugun við Grafarlaug í Reykjadal, Dalasýslu. Orkustofnun, greinargerð GIH-JBen-HeTo-81/03, 9 s.
- Gregory, R. T. og H.P Taylor 1981: An oxygen isotope profile in a section of Cretaceous oceanic crust, Samail Ophiolite, Oman: Evidence for $\delta^{18}\text{O}$ buffering of the oceans by deep (>5 km) seawater - hydrothermal circulation at mid-ocean ridge. *Journal Geophy. Res.*, 86: 2737-2755.
- Gunnar Böðvarsson: 1956. Natural heat in Iceland. Paper 197 K/8. Fünfte Weltkraftkonferenz, Wien 1956.
- Gunnar Böðvarsson 1960: Hot springs and the exploration of natural heat resources. Intern. Geol. Congr. Norder. Guide II Excursion No A2: 46-60.
- Gunnar Böðvarsson 1961: Physical characteristics of natural heat resources in Iceland. Paper E/Conf. 35/G/6. U.N. Conference on new sources of energy. Rome 1961.
- HeTo-GIH-84/01 = Helgi Torfason og Guðmundur Ingi Haraldsson 1984: Kortlagning yfirborðsjarðhita í Leirföllum í landi Oddgeirshóla, Hraungerðishreppi Árn. Orkustofnun, greinargerð HeTo-GIH-84/01, 8 s.
- HeTo-SE-80/01 = Helgi Torfason Sigmundur Einarsson 1980: Ölfus - Jarðhitaathugun í Árbæ og Dísarstöðum. Orkustofnun, greinargerð HeTo-SE-80/01, 6 s.
- HeTo-LSG-GG-81/01 = Helgi Torfason, Lúðvík S. Georgsson Gestur Gíslason 1981: Minnispunktar úr ferð að Skarði og Lækjarbotnum, Landssveit 2-9-1981. Orkustofnun, greinargerð HeTo-LSG-GG-81/01, 4 s.

- H.Jón. = Hallgrímur Jónasson 1972: Árbók. Sprengisandur, ferðaleiðir og Umhverfi. Ferðafélag Íslands, Reykjavík, 200 s.
- fJ 1960 = Ísleifur Jónsson 1960: Skýrsla um mælingar á Reykholtshver í Biskupstungum. Raforkumálaskrifstofan, jarðhitadeild, 14 s.
- JHD = Spjaldskrá jarðhitadeildar um jarðhitastaði.
- J.J. 1959 = Jón Jónsson 1959: Skýrsla um Jarðhitaathuganir í Skagafirði. Raforkumálastjóri, 17 s.
- J.J. 1962 = Jón Jónsson 1962: Skýrsla um athuganir varðandi jarðhita við Ölfusárbrú. Raforkumálastjóri, 3 s.
- J.J. 1962 a = Jón Jónsson 1962: Skýrsla um jarðhitaathuganir að Stóra Botni í Hvalfirði, Raforkumálastjóri, 2 s.
- J.J. 1964 = Jón Jónsson 1964: Skýrsla um jarðhitaathuganir á Austurlandi 1963. Raforkumálastjóri, jarðhitadeild, 13 s.
- J.Sól = Jón Sólmundsson: Laugabók, dagbækur frá athugunum á jarðhita-stöðum sumrin 1959-62. Handrit varðveitt á Orkustofnun.
- Kristján Sæmundsson og Ingvar Birgir Friðleifsson 1980: Jarðhiti og jarðfræðirannsóknir. Náttúrufræðingurinn, 50. árg.: 157-188.
- KS 1970 = Kristján Sæmundsson 1970: Skýrsla um jarðhitarannsóknir á Dalvík í ágúst 1970. Orkustofnun, 16 s.
- KS-PH 1974 = Kristján Sæmundsson Þórólfur Hafstað 1974: Jarðhiti og boranir á Norðurlandi vestra og Ströndum. Orkustofnun, mars 1974, 19 s.
- Matsgerð 1947 = Matsgerð á andvirði jarðhitaréttinda jarðvarma Laugabóls, Reykjahlíðar, Norðurreykja, Æsustaða og Varmalands í Mosfellssveit. Unnin af Gizuri Bergsteinssyni, Benedikt Gröndal og Trausta Einarssyni í janúar 1947.
- OSJHD 7401 = Valgarður Stefánsson 1974: Greinargerð um jarðhitaleit við Borðeyri. Orkustofnun, OSJHD 7401, 8 s.
- OSJHD 7421 = Kristján Sæmundsson Karl Ragnars 1974: Jarðfræðileg umsögn um jarðhitasvæðin í Suður-Þingeyjarsýslu með tilliti til hitaveitu fyrir Akureyri. Orkustofnun, OSJHD 7421, 6 s.
- OSJHD 7555 = Kristján Sæmundsson 1975: Jarðhiti og boranir á Vesturlandi. Orkustofnun, OSJHD 7555, 15 s.
- OSJHD 7557 = Axel Björnsson Kristján Sæmundsson 1975: Jarðhiti í nágrenni Akureyrar. Orkustofnun, OSJHD 7557, 38 s.
- OSJHD 7603 = Axel Björnsson, Ragna Karlsdóttir, Kristján Sæmundsson Haukur Jóhannesson 1976: Jarðhitarannsóknir og boranir í Skútudal við Siglufjörð 1975. Orkustofnun, OSJHD 7603, 20 s.

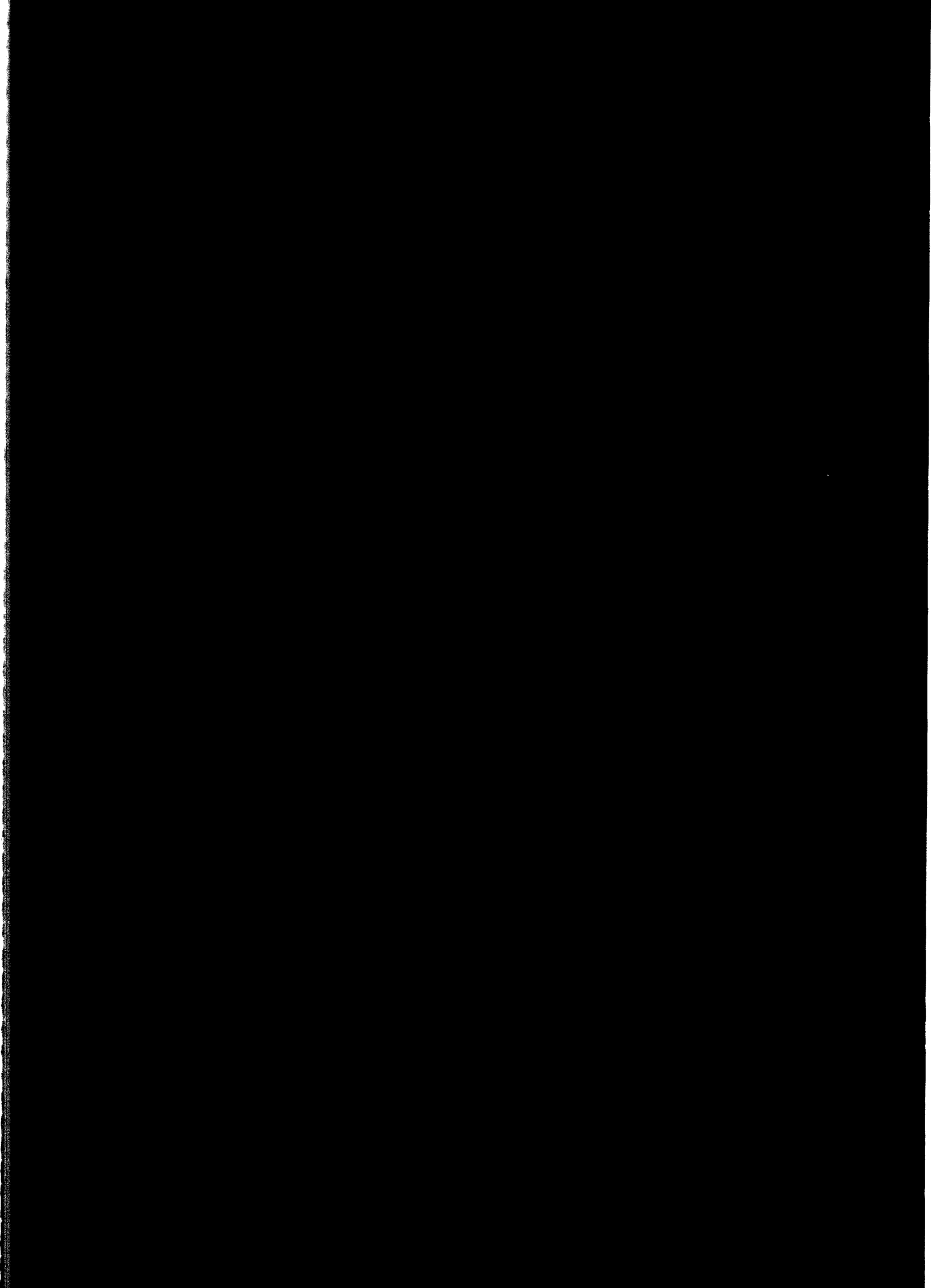
- OSJHD 7606 = Kristján Sæmundsson, Rúnar Sigfússon, Valgarður Stefánsson Stefán Arnórsson 1976: Skýrsla um jarðhitarannsóknir við Bæ og Efrihrepp í Andakílhreppi vegna hitaveitu til Borgarness. Orkustofnun, OSJHD 7606, 18 s.
- OSJHD 7627 = Haukur Jóhannesson 1976: Rennslismælingar í Bæ í Andakílhreppi. Orkustofnun, OSJHD 7627, 5 s.
- OSJHD 7633 = Ragna Karlsdóttir 1976: Jarðhitarannsókn í Skagafirði 1975. Orkustofnun, OSJHD 7633, 11 s.
- OSJHD 7653 = Haukur Jóhannesson Ragna Karlsdóttir 1976: Jarðhitakönnun í Hjaltadal sumarið 1976. Orkustofnun, OSJHD 7653, 10 s.
- OSJHD 7717 = Lúðvík S. Georgsson, Haukur Jóhannesson Gestur Gíslason 1977: Jarðhitakönnun í Aðaldælahreppi. Orkustofnun, OSJHD 7717, 38 s.
- OSJHD 7738 = Jóhann Helgason Stefán Arnórsson 1977: Úttekt á jarðhita á norðanverðum Tröllaskaga vegna Holtshrepps. Orkustofnun, OSJHD 7738, 20 s.
- OSJHD 7803 = Ragna Karlsdóttir Jóhann Helgason 1978: Jarðhitakönnun í Ólafsfirði 1977. Orkustofnun, OSJHD 7803, 29 s.
- OSJHD 7827 = Axel Björnsson, Kristján Sæmundsson, Sigmundur Einarsson, Freyr Þórarinsson, Stefán Arnórsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson Þorsteinn Thorsteinsson 1979: Hitaveita Akureyrar. Rannsókn á jarðhita í Eyjafirði. Áfangaskýrsla 1978. Orkustofnun, OSJHD 7827, 91 s.
- OSJHD 7830 = Sigmundur Einarsson 1978: Jarðhitasvæðið á Reykhólum. Náttúrlegur jarðhiti. Orkustofnun, OSJHD 7830, 51 s.
- OSJHD 7856 = Lúðvík S. Georgsson, Haukur Jóhannesson, Guðmundur Ingi Haraldsson Einar Gunnlaugsson 1978: Jarðhitakönnun í utanverðum Reykholtaldal. Deildartunga - Kleppjárnsreykir, Klettur - Runnar. Orkustofnun, OSJHD 7856, 89 s.
- OS79001/JHD01 = Haukur Jóhannesson, Einar Gunnlaugsson Lúðvík S. Georgsson 1979: Jarðhitaathugun í nágrenni Þingborgar og Hraungerðis í Hraungerðishreppi. Orkustofnun, OS79001/JHD01, 26 s.
- OS79011/JHD05 = Haukur Jóhannesson, Guðmundur Ingi Haraldsson, Lúðvík S. Georgsson Einar Gunnlaugsson 1979: Jarðhitakönnun við Varmaland/Laugaland í Stafholtstungum, Mýrasýslu. Orkustofnun, OS79011/JHD05, s.
- OS79019/JHD08 = Ragna Karlsdóttir, Kristján Sæmundsson Gestur Gíslason 1979: Jarðhitakönnun í Mývatnssveit 1976 og 1977. Orkustofnun, OS79019/JHD08, 51 s.

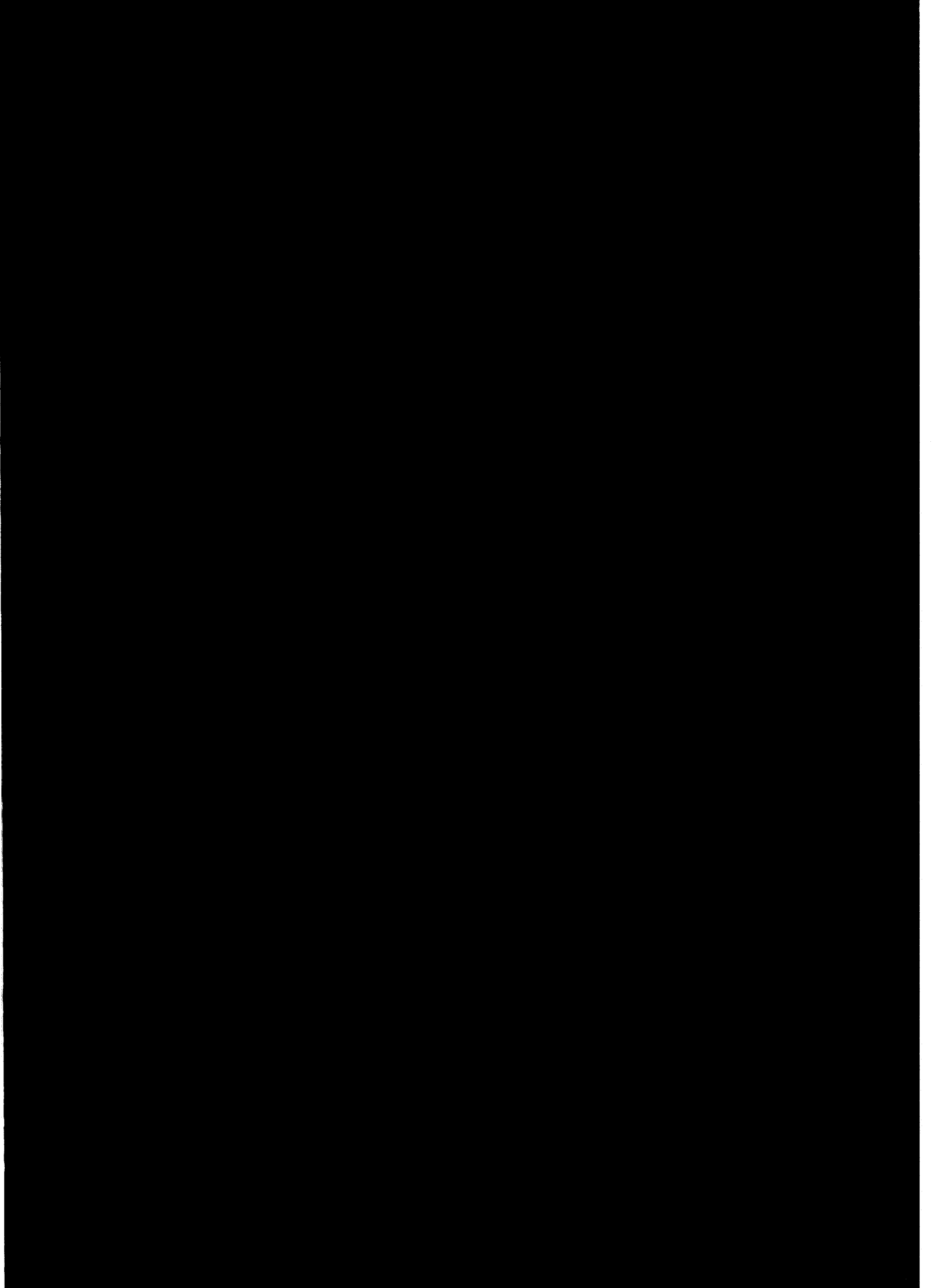
- OS79028/JHD12 = Jón Benjamínsson: Jarðhiti í Ísafjarðarsýslum og Árneshreppi norðan Dranga. Orkustofnun, OS79028/JHD12, 86 s.
- OS79031/JHD14 = Haukur Jóhannesson, Guðmundur Ingi Haraldsson Einar Gunnlaugsson 1979: Jarðhitaathugun við Reyki á Skeiðum. Orkustofnun, OS79031/JHD14, 16 s.
- OS80007/JHD03 = Axel Björnsson, Hrefna Kristmannsdóttir Sigmundur Einarsson 1980: Jarðhitarannsóknir við Svalbarðseyri 1977-1979. Orkustofnun, OS80007/JHD03, 40 s.
- OS80009/JHD05 = Ólafur G. Flóvenz 1980: Reykir í Fnjóskadal. Jarðeðlisfræðileg forathugun jarðhitasvæðisins. Áfangaskýrsla 1. Orkustofnun, OS80009/JHD05, 56 s.
- OS80010/JHD06 = Ingvar Birgir Friðleifsson, Guðmundur Ingi Haraldsson, Lúðvík S. Georgsson, Einar Gunnlaugsson Björn Jóhann Björnsson 1980: Jarðhiti í Gnúpverjahreppi. Heildarkönnun. Orkustofnun, OS80010/JHD06, 136 s.
- OS81011/JHD07 = Jón Jónsson 1981: Jarðhiti og ölkeldur í Skaftafellsþingi: Yfirlit. Orkustofnun, OS81011/JHD007, 27 s.
- OS81014/JHD09 = Lúðvík S. Georgsson, Haukur Jóhannesson, Einar Gunnlaugsson, Margrét Kjartansdóttir, Hilmar Sigvaldason, Þorsteinn Thorsteinsson Guðmundur Ingi Haraldsson 1981: Bær í Bæjarsveit. Jarðhitarannsóknir og boranir. Orkustofnun, OS81014/JHD09, 155 s.
- OS81017/JHD11 = Jón Benjamínsson 1981: Jarðhiti í Strandasýslu. Orkustofnun, OS81017/JHD11, 79 s.
- OS81026/JHD15 = Ólafur G. Flóvenz, Bára Björgvinsdóttir, Sigmundur Einarsson Hrefna Kristmannsdóttir 1981: Kristnes - Reykhús. Úttekt á hálftrar aldar árangurslítilli jarðhitalet. Orkustofnun, OS81027/JHD15, 55 s.
- OS81030/JHD18 = Ólafur G. Flóvenz, Sigmundur Einarsson Bára Björgvinsdóttir 1981: Jarðhitarannsóknir við Gilslaug, Garðsárlaug og Mjadmárdalslaug. OS81030/JHD18, 22 s.
- OS82030/JHD04 = Jón Benjamínsson Sigmundur Einarsson 1982: Jarðhiti í Barðastrandarsýslum. Orkustofnun, OS82030/JHD04, 118 s.
- OS82088/JHD12 = Lúðvík S. Georgsson, Ingvar Þór Magnússon Margrét Kjartansdóttir 1982: Hveravellir í Reykjahverfi. Jarðhitaönnun. Orkustofnun, OS82088/JHD12, 45 s.
- RK-KS-81/03 = Ragna Karlsdóttir Kristján Sæmundsson 1981: Varðar umsókn um lán úr Orkusjóði vegna borunar eftir heitu vatni á Reykjarhóli í Vestur-Fljótum. Orkustofnun, greinargerð RK-KS-81/03, 2 s.
- RR 1944 = Rannsóknaráð ríkisins 1944: Jarðhiti á Íslandi I, alkalísk jarðhitasvæði. Reykjavík. Rannsóknaráð ríkisins, 177 s.

- SE-RK-GIH-81/01 = Sigmundur Einarsson, Ragna Karlsdóttir Guðmundur Ingi Haraldsson 1981: Jarðhitaathugun fyrir Reykjaskóla í Hrútafirði. Orkustofnun, greinargerð SE-RK-GIH-81/01, 13 s.
- SE-PTH-AB-KS-81/02 = Sigmundur Einarsson, Þorsteinn Thorsteinsson, Axel Björnsson Kristján Sæmundsson 1981: Laugar og volgrur í Hrafnagilshreppi. Orkustofnun, greinargerð SE-PTH-AB-KS-81/02, 12 s.
- Sig.01. 1932 = Sigurður Ólafsson 1932: Mæling á heitu vatni á jörðunum Reykir og Reykjahvoll í Mosfellssveit. Rafmangsveita Reykjavíkur, 9 s.
- St.St. = Steindór Steindórsson 1972: Af Sólarfjalli. Bókaútgáfan Örn og Örlygur, Reykjavík, 162 s.
- TE 1942 = Trausti Einarsson 1942: Über das Wesen der heissen Quellen Islands. Vísindafélag Íslendinga, rit 26, 91 s.
- TVFÍ 1926 = Benedikt Gröndal 1926: Notkun Þvottalauganna í Reykjavík. Tímarit Verkfræðingafélags Íslands, 11: 44-47.
- TVFÍ 1951 = Trausti Einarsson, Þorbjörn Sigurgeirsson, Tómas Tryggvason, Sigurjón Rist, Baldur Líndal Helmuth Schwabe 1951: Skýrsla um rannsóknir á jarðhita í Hengli, Hveragerði og nágrenni, árin 1947-1949. Síðari hluti. Tímarit Verkfræðingafélags Íslands, 36: 49-82.
- UNU-Report 1981-4 = Roberto Maciel Flores 1981: Geological mapping in geothermal exploration with special reference to the prochronology and paleomagnetic techniques. UNU Geothermal Training Programme, Iceland. Report 1981-4, 78 s.
- ÞE-HK-SE-80/01 = Þorsteinn Einarsson, Hrefna Kristmannsdóttir Sigmundur Einarsson 1980: Hitaveita fyrir ystu bæi í Staðarhreppi, V-Hún. Orkustofnun, Greinargerð ÞE-HK-SE-80/01, 5 s.
- ÞÓ 1967 = Þorvaldur Ólafsson 1967: Rennslismælingar í Árnassýslu og Rangárvallasýslu í júní og júlí 1967. Orkustofnun, 29 s.
- Þorkell Þorkelsson 1982. Jarðhiti. Almanak hins ísl. Þjóðvinafélags, 54. árg.: 68-84.
- ÞÞ 1928 = Þorkell Þorkelsson 1928: On thermal activity in Reykjanes, Iceland. Vísindafélag Íslendinga, Rit 3: 1-52.
- ÞÞ 1930 = Þorkell Þorkelsson 1930: Some additional notes on thermal activity in Iceland. Vísindafélag Ísl., Greinar, V., 31 s.
- Þórb.Þ. = Þórbergur Þórðarson 1930: Lífnaðarhættir í Reykjavík. Landnám Ingólfs.

HEIMILDARMENN

ÁJ = Ásmundur Jónsson, Hofsstöðum, Skútustaðahr.
BA = Bessi Aðalsteinsson, Orkustofnun
GG = Gestur Gíslason, Orkustofnun
GIH = Guðmundur Ingi Haraldsson, Orkustofnun
HD = Haraldur Davíðsson, Stóru Hámunðarstöðum,
Árskógsströnd
HJ = Haukur Jóhannesson, Náttúrufræðistofnun
HK = Hrefna Kristmannsdóttir, Orkustofnun
HeTo = Helgi Torfason, Orkustofnun
IBF = Ingvar Birgir Friðleifsson, Orkustofnun
JBen = Jón Benjamínsson, Orkustofnun
JH = Jóhann Helgason, Orkustofnun
JJ = Jón Jónsson, Orkustofnun
KS = Kristján Sæmundsson, Orkustofnun
LSG = Lúðvík S. Georgsson, Orkustofnun
MJG = María Jóna Gunnarsdóttir, Orkustofnun
ÓBS = Ómar Bjarki Smáráson, Orkustofnun
OS = Oddur Sigurðsson, Orkustofnun
RK = Ragna Karlsdóttir, Orkustofnun
SE = Sigmundur Einarsson, Orkustofnun
SI = Sigurgeir Ingimundarson, Jarðborunum
S.Rist = Sigurjón Rist, Orkustofnun





VIÐAUKI 5 Háhitasvæði

Þegar jarðhitasvæðum er skipt í háhita- og lághitasvæði er miðað við hámarkshita í því vatnskerfi sem fjallað er um. Nú er miðað við að jarðhitasvæði teljist háhitasvæði ef 200°C hiti er á minna en 1 km dýpi (sjá t.d. Guðmundur Pálmason 1980). Aðeins hefur verið borað í 6 af þeim 26 svæðum sem talið er að gætu verið háhitasvæði. Hin háhitasvæðin eru því greind á yfirborðsummerkjum og með jarðeðlis- og jarðefnafræðilegum aðferðum.

Mat á stærð háhitasvæða byggist að miklu leyti, og oftast eingöngu, á yfirborðsummerkjum og ýmsum óbeinum mælingum. Í því mati sem hér er lagt fram er einkum farið eftir stærð viðnámslögðar og dreifingu jarðhita og ummyndunar á yfirborði.

Þegar fjallað er um nýtingu á orku íslenskra háhitasvæða, er fyrst reynt að meta stærð þeirra. Fyrsta mat af því tagi gerði Gunnar Böðvarsson (1956) og greindi hann 12 háhitasvæði, en þá var t.d. Geysissvæðið talið lághitasvæði. Frá þeim tíma hafa rannsóknir aukist nokkuð og nú er talið að a.m.k. 26 háhitasvæði séu á landinu.

Þótt töluverðar rannsóknir hafi verið gerðar á jarðhitinum sem orkulind síðastliðin 20 ár, hafa fremur fá háhitasvæði verið könnuð. Þannig er í mörgum tilvikum harla lítið til að styðjast við, þegar stærð háhitasvæða á landinu er metin.

Árið 1982 kom út skýrsla um áætlun um skipulegar rannsóknir á háhitasvæðum landsins (Valgarður Stefánsson og fl. 1982). Þar er að finna ýmsar upplýsingar um hin einstöku háhitasvæði, staðsetningu borhola og jarðhitaummerkja, landamerki og fl.

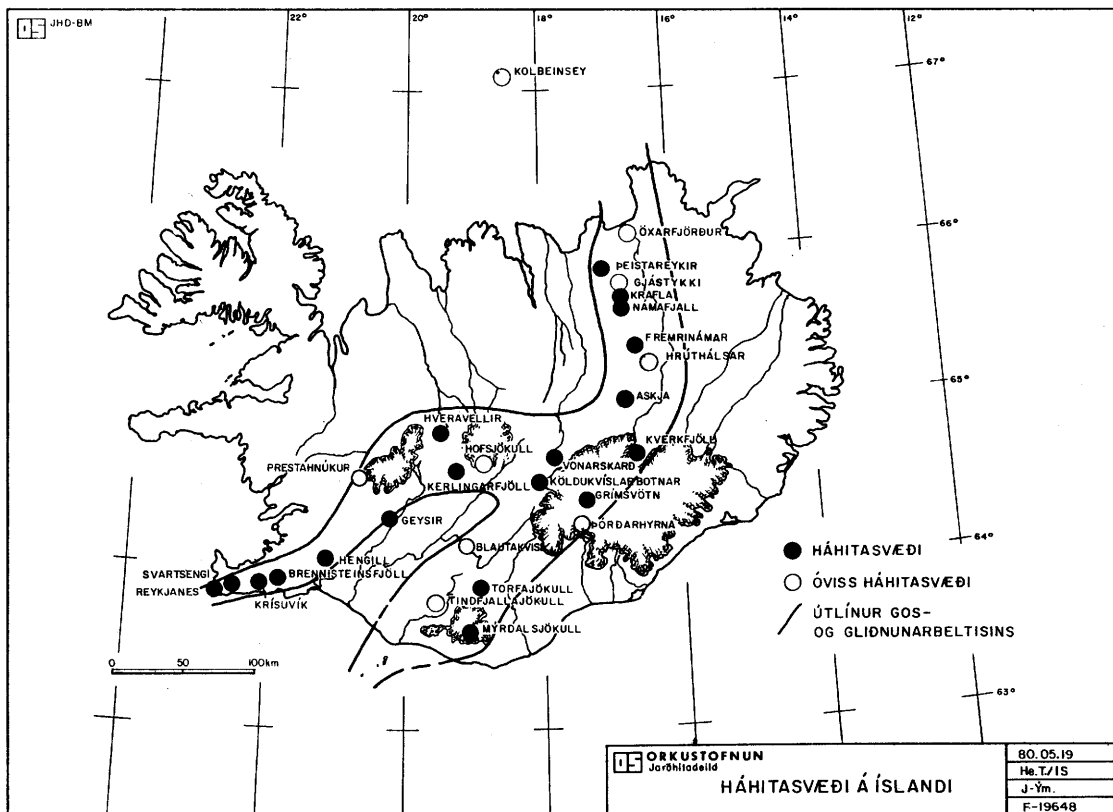
Það mat á stærð háhitasvæða sem notað er í þessari skýrslu er því mörgum annmörkum háð, og verður aðeins bætt með auknum rannsóknum. Gögn sem notast hefur verið við eru margs konar, t.d. skýrslur Orkustofnunar sem fyrir hendi eru en, auk þess fræðigreinar í tímaritum, ferðabækur, landlýsingar og persónulegar upplýsingar staðkunnugra manna. Í köflunum hér á eftir verður í stuttu máli fjallað um háhitasvæðin hvert um sig, en ekki reynt að gera þeim nein fullnaðarskil. Ekki er heldur reynt að telja upp allar tiltækar heimildir, aðeins þær helstu.

Staða rannsókna eins og hún var í maí 1985 er dregin upp á mynd V.5-2 og með því að líta á hana er greinilegt að mörg háhitasvæði landsins eru enn lítt rannsökuð, einkum þau er fjærst liggja byggð.

Háhitasvæðin eru öll á gliðnunarbeltum (mynd V.5-1); nánar tiltekið eru þau innan sprungu- og misgengjakerfa, þar sem eldvirkni er mest í svonefndum megineldstöðvum. Sumar megineldstöðvar eins og t.d. Hekla, Öræfajökull og Snæfellsjökull eru undantekningar að því leyti að ekki hefur orðið vart háhitasvæða í tengslum við þær, en það er ef til vill vegna þess að kvíkuhólf þeirra liggja dýpra en annarsstaðar, auk þess sem þær eru ekki í gliðnunarbeltum.

Frumrannsóknir á háhitasvæðum eru þrjúþættar: jarðfræði-, jarðeðlisfræði- og jarðefnafræðilegar. Yfirborðshiti gefur fyrstu vísbendingu um svæðið. Kaldar ummyndunarskellur gefa hugmynd um hvar jarðhiti hefur verið nýlega og yfirleitt er ekki ástæða til að ætla að hiti hafi horfið úr berggrunninum þar neðan við, þó dæmi megi finna um slíkt. Þar sem jarðhitasvæðin fara stækkandi með dýpt hefur þótt réttara að telja kaldar ummyndunarskellur með háhitasvæðum, jafnvel þótt viðnámsmælingar styðji það ekki alltaf. Í fáeinum tilvikum eru gamlar ummyndunarskellur þó undanskildar. Þótt yfirleitt sé tekið tillit til niðurstaðna úr viðnámsmælingum, þá nær yfirborðshiti og/eða ummyndun stundum út fyrir lágviðnámsvæðin og er þá ekki eingöngu miðað við niðurstöður óbeinna mælinga.

Afrennsli frá háhitasvæðum er gjarnan um gjár og sprungur og í kyrru veðri sjást oft gufur leggja upp frá þeim, t.d. er afrennsli frá Námafjallssvæðinu í Mývatn og sést oft greinilega, þegar gufur stíga upp úr hraununum. Afrennsli er ekki talið til háhitasvæðis við varmamat. Lítið er stuðst við flugsegulmælingar, þegar metin er stærð svæðanna. Þær gefa hinsvegar upplýsingar um byggingu berggrunns og stundum afrennsli.



MYND V.5-1 Dreifing háhitasvæða á Íslandi

Staða rannsókn á háhitasvæðum á Íslandi maí 1985

	Stærð í km ²	Aðgengi- leiki til vinnslu%	Virkjunarsvæði	Forathugun			Forhönnun			Verkhönnun			Útboða- gögn	Virkjun hafin	
				I	II	III	I	II	III	I	II	III			
1. Reykjanes	2	100													
2. Svartseugi	11	100	Eldvöra												
			Svartseugi												
3. Krísuvík	60	80	Sandfell												
			Trölladyngja												
			Svelluháls												
4. Brennisteinsfjöll	2	60													
5. Hengill	100	70	Hveragerði												
			Hengladalur												
			Nesjavellir												
6. Geysir	3	90													
7. Kerlingarfjöll	11	70													
8. Hveravellir	1	90													
9. Mýrdalsjökull	?	0													
10. Torfajökull	140	70	Reykjadalur												
			Landmannalaugar												
11. Grímsvötn	65(?)	0													
12. Köldukvíslarbotnar	8	80													
13. Vonarskarð	11	60													
14. Kverkfjöll	25	20													
15. Askja	25	30													
16. Fremrinámar	4	90													
17. Námafjall	7	90	Hverarönd												
			Bjarnarfag												
18. Krafla	30	90	Hveragil												
			Leirhnúkur/Suðurlh.												
19. Peistareykir	19	80													
20. Prestahnúkur	1	50													
21. Hofsjökull	?	0													
22. Tindfjallajökull	1	10													
23. Þórðarhyrna	?	0													
24. Hróthálsar	7	90													
25. Gjástykki	7	100													
26. Öxartjörður	30	90													

JHD - SK - 9000 - Heft.
81.04. - 0373 - Gyða

REYKJANES

Háhitasvæðið á Reykjanesi er í Gullbringusýslu (Hafnar- og Grindavíkurhreppi) og liggur í 10-40 m hæð og 18 km fjarlægð frá Keflavík. Svæðið er sléttlent og vel aðgengilegt með tilliti til samgangna, borana og vinnslu.

Heildarskýrsla um Reykjanessvæðið kom út 1971 (Sveinbjörn Björnsson o.fl. 1971) og er eftirfarandi lýsing samin með hliðsjón af henni og fræðigreinum um svæðið. Bergmyndanir á utanverðu Reykjanesi eru móberg frá seinni hluta ísaldar og yfir það leggjast nútímahraun og hylja þau hluta jarðhitasvæðisins. Berg er eingöngu basalt. Óvíst er um eldvirkni á sögulegum tíma. Hugsanlegt er að gosið hafi í gígaröðinni Stömpum á sögulegum tíma (Jón Jónsson 1978). Jarðskjálftar eru tíðir en yfirleitt fremur litlir, t.d. gekk jarðskjálftahrina yfir svæðið 30. september 1967 og voru sterkustu kippirnir þá um M:4,4, og teljast það harðir skjálftar á þessu svæði.

Virkur jarðhiti er á nálægt 0,5 km² svæði, en sé köld ummyndun talin með er svæðið 2 km². Aðallega er um gufuaugu að ræða, en nokkrir leirhverir eru einnig á svæðinu og fáeinir vatnshverir; sá er nefnist "1918" gýs litlum gosum á fáeinna mínútna fresti. Borhola H-8 er í norðausturjaðri þess svæðis þar sem ummyndun sést og er botnhiti hennar 292°C á 1700 m dýpi. Bendir það til þess að stærð svæðisins sé ekki ofmetin 2 km².

Árin 1966, 1968 og 1973 var flogið yfir jarðhitasvæðið með tækjum sem nema innrauða hitageislun. Úr þessum mælingum hefur aðeins verið unnið að litlum hluta (Guðmundur Pálmason o.fl. 1970).

Jarðhitasvæðið á Reykjanesi liggur það nærri strönd, að sjór á tiltölulega greiðan aðgang í jarðhitakerfið, einkum ofantil. Jarðhitavökvinn á Reykjanesi er það saltur, að yfirleitt er talað um "heitan jarðsjó" þegar fjallað er um svæðið. Selta (Cl) jarðsjávarins er mun meiri í grunnum holum (og hvernum "1918") en í sjónum við Reykjanes og dýpri holum. Þessi seltumunur er talinn stafa af suðu jarðsjávar og aðskilnaði gufu og vatns nálægt yfirborði (Trausti Hauksson 1981). Ferskvatn (regnvatn) blandast jarðsjó í yfirborðslögum rétt fyrir utan háhitasvæðið, en talið er að um 20 m þykk ferskvatnslinsa sé á utanverðu Reykjanesi (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978). Fylgst hefur verið með efnafræði jarðsjávarins í borholum (sjá Trausta Hauksson 1981).

Viðnámsmælingar voru gerðar árið 1969 og bentu þær til 1 km² uppstreymisrásar sem náði frá yfirborði og niður á 900 m dýpi, en flatarmál svæðisins fór þá fyrst stækkandi (Sveinbjörn Björnsson o.fl. 1971). Viðnámsmælingar voru síðan gerðar 1981-1982 á utanverðum Reykjanesskaga. Benda niðurstöður þeirra til þess að Reykjanessvæðið sé um 2-2,5 km² að flatarmáli á 600 m dýpi undir sjávarmáli, og er þá miðað við 2-4 ohmm jafnviðnámslínu (=200°C). Sé hinsvegar miðað við 10 ohmm jafnviðnámslínu er svæðið a.m.k. 10 km² (Lúðvík S. Georgsson og Helga Tulinius 1983; Lúðvík S. Georgsson 1984). Hér er miðað við að stærð svæðisins sé um 2 km² og er þá höfð hliðsjón af jarðhita á yfirborði.

Alls hafa verið boraðar 9 holur á Reykjanessvæðinu og eru tvær þeirra,

H-8 og H-9 nothæfar. Þær þjóna nú saltverksmiðju og tilraunir eru nú gerðar vegna fiskimjölsverksmiðju sem einnig nýtir varmann úr svæðinu. Hugmyndir eru um nýtingu á varma gufunnar við fiskirækt. Hóla H-9 er nú ein aflmesta hola á landinu.

Í töflu V.5-1 er að finna upplýsingar um borholur á Reykjanesi.

TAFLA V.5-1 Skrá yfir borholur á Reykjanesi.

Hola nr	Bortæki	Ár	Dýpi m	Fóðring m	Hámarks- hiti °C	Heildar- rennsli kg/s	Gufurensli v.6 ata kg/s	Athugasemd
1	Höggbor 3	1956	162	12	-	-	-	Hrunin
2	Ýmir	1968	300	43	225	26	1,7	
3	Dofri	1968	1166	242	-	-	-	Hrunin
4	Dofri	1968	1036	245	250	19	3,5	Biluð
5	Dofri	1969	112	41	-	-	-	Borun hætt
6	Ýmir	1969	572	222	-	-	-	Köld
7	Ýmir	1969	70	38	-	-	-	Köld
8	Dofri	1969	1754	297*	298	67	21	Tengd saltverksmiðju
9	Dofri	1983	1448	525*	295	180	54	Tengd saltverksmiðju og fiskimjölsverksm.

Forborað var með : Höggbor-3 í holur nr. 3, 4 og 5
Höggbor-5 í holu nr. 9.

* Raufaður leiðari í botn.

SVARTSENGI

Með "Svartsengi" er í þessari skýrslu átt við bæði Svartsengi og Eldvörp, því ýmis rök hníga að því að þau sameinist í eitt jarðhitakerfi, neðan 600 m. Svartsengi er í Grindavíkurbreppi í Gullbringusýslu og liggur svæðið að mestu í um 40 m hæð yfir sjó og er það vel aðgengi-legt til vinnslu. Góðir vegir eru að Svartsengi og að borholunni í Eldvörpum.

Berg á svæðinu er allt basalt, í fellunum er móberg frá því seint á ísöld en mest af svæðinu liggur undir nútímahraunum. Arnarseturshraun hefur runnið á sögulegum tíma, og eru gosstöðvarnar í 3 km fjarlægð frá jarðhitasvæðinu (Jón Jónsson 1978, 1983).

Jarðhiti og ummyndun ná yfir 4 km² í Svartsengi en fáein hundruð fermetra í Eldvörpum, sem er ung gígaröð. Í kyrru veðri má sjá gufur stíga upp úr hraunum suður af Svartsengi og brotum í þeim, en þar mun líklega vera afrennsli. Köld ummyndun nær hæst í Svartsengisfelli (Sýlingafelli) í 190 m, en hiti nær ekki svo hátt.

Jarðhitavökvinn í Svartsengi er að 2/3 hluta sjór (klóríðstyrkur er 65% af því sem er í sjó) og hefur jarðhitavökvinn í Eldvörpum sama hlutfall af sjó (Jón Örn Bjarnason 1984).

Viðnám á Reykjanesi er lágt vegna seltu í berggrunninum. Viðnámsmælingar sem gerðar voru 1981 og 1982 benda til þess að Svartsengi og Eldvörp tengist í eitt, er neðar dregur í berggrunninn, og mæla efna-rannsóknir ekki gegn því (Jón Örn Bjarnason 1984). Leidd hafa verið rök að því hvernig túlka megi viðnámsmælingar sem hita í berggrunni (Lúðvík S. Georgsson og Helga Tulinius 1983). Sé miðað við 600 m dýpi undir sjávarmáli virðast svæðin vera tengd með 150°C jafnhitalínu, en greinast í tvennt sé miðað við 200°C. Draga má 5 ohmm jafnviðnámslínu umhverfis svæðin, en sé 6 ohmm jafnviðnámslína látin ráða fellur einnig Reykjanes-svæðið samanvið. Hér er gert ráð fyrir að Svartsengi og Eldvörp séu eitt jarðhitasvæði 11 km² að flatarmáli. Miðað við 200°C jafnhitalínu á 600 m dýpi undir sjávarmáli er Svartsengi 6-7 km² en Eldvörp 1-2 km².

Boraðar hafa verið 12 holur á vinnslusvæðinu í Svartsengi og er gufan fyrst notuð til rafmagnsframleiðslu (uppsett afl 8 MW) og síðan með varmaskiptum til að framleiða hitaveituvatn fyrir Hitaveitu Suðurnesja (uppsett afl 125 MW). Í Eldvörpum var boruð rannsóknarhola árið 1983 EG-2 (E-1 er kaldavatnshola) og er hún 1265 m á dýpt og mestur hiti rúmar 260°C. Tafla V.5-2 er yfir borholur í Svartsengi og í Eldvörpum.

TAFLA V.5-2 Skrá yfir borholur í Svartsengi og Eldvörpum (E-1 og EG-2)

Hola nr	Bortæki	Ár	Dýpi m	Fóðring m	Hámarks- hiti °C	Heildar- rennsli kg/s	Gufurensli v.6 ata kg/s	Athugasemd
1	Glaumur	1971	262	17	-	-	-	Kaldavatnshola
2	Glaumur	1972	239	102**	198	-	-	
3	Glaumur	1972	402	143**	231	65	11	Nýtt af Hitav. Suðurn.
4	Dofri	1974	1713	394**	243	80	14	Biluð
5	Dofri	1974	1519	395**	242	66	11	Nýtt af Hitav. Suðrun.
6	Dofri	1978	1737	612	238	50	8,6	Nýtt af Hitav. Suðurn.
7	Dofri	1979	1438	600	239	56	9,6	Nýtt af Hitav. Suðurn.
8	Dofri	1980	1604	622**	240	189	32	Nýtt af Hitav. Suðurn.
9	Dofri	1980	994	220**	240	198	34	Nýtt af Hitav. Suðurn.
10	Dofri	1980	425	232**	231	190	33	Nýtt af Hitav. Suðurn.
11	Dofri	1980	1141	582**	240	132	23	Nýtt af Hitav. Suðurn.
12	Dofri	1982	1488	607	-	-	-	Niðurdælingarhola
13	Höggbor	1982	60	60	-	-	-	-
E-1	Höggbor	1983	63	-	-	-	-	Kaldavatnshola
EG-2	Dofri	1983	1265	528**	263	158	51*	Rannsóknarhola

Forborað var með : Höggbor-3 í holur nr. 4 og 5
 Höggbor-5 í holur nr. 6 og 10
 Höggbor-6 í holur nr. 7, 8, 9, 11, 12 og 13.

* Mælt 17/10 1983

** Raufaður leiðari í botn

KRÍSUVÍKURSVÆÐI

Krísuvíkursvæði má skipta í þrennt eftir dreifingu jarðhita og ummyndunar á yfirborði: Sveifluháls (að Austurengjahver), Trölladyngju og Sandfell. Jarðhitasvæðið er allt í Gullbringusýslu, en jörðin Krísuvík er í eigu Ríkissjóðs og Hafnarfjarðar (og telst til Hafnarfjarðar) en aðrir hlutar jarðhitasvæðisins eru í Grindavíkur- og Vatnsleysustrandarhreppi (Trölladyngja og Sandfell). Jarðhitasvæðið er að mestu í 150-200 m hæð og nær hæst í 400 m í móbergshálsunum. Það liggur vel við samgöngum, einkum Sveifluháls. Milli móbergshálsa eru nútímahraun. Jarðhitasvæðið liggur vel við vinnslu og er mestur hluti þess vel aðgengilegur, en Kleifarvatn nær yfir hluta þess.

Heildarskýrsla um jarðhitasvæðið í Krísuvík kom út 1975 (Stefán Arnórsson o.fl. 1975) og er eftirfarandi texti að nokkru leyti byggður á henni. Berg er eingöngu basalt og eru elstu jarðmyndanir grágrýtiðhraun, trúlega runnin fyrir síðasta jökulskeið en ofan á þeim liggja móbergshálsarnir Sveiflu- og Núpshlíðarháls (Jón Jónsson 1978). Milli móbergshálsanna eru hraunasléttur og hafa fáein gos orðið á sögulegum tíma í þessu sprungukerfi. Til dæmis er Ögmundarhraun talið hafa runnið um 1005 (Jón Jónsson 1982), Kapelluhraun um 1005 eða 1013-1040, Afstapahraun, líklega frá 1325(?) og Traðarfjallahraun frá um 1340 (Jón Jónsson 1978, 1983). Jarðskjálftar eru tíðir, en yfirleitt smáir eins og vestar á nesinu. Þó hafa komið þarna nokkuð harðir skjálftar \geq M:6. Virðist breyting verða á stærð skjálfta við Kleifarvatn og eru þeir stærri er austar dregur. Árið 1933 varð jarðskjálfti við Kleifarvatn M:6,0 (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971, Eysteinn Tryggvason 1973). Krísuvíkursprungubeltið liggur út í sjó til suðurs, en misgengi hafa verið virk á nútíma allt norður að Rauðavatni og jafnvel lengra.

Jarðhiti og ummyndun á yfirborði ná yfir um 56 km² svæði, ef Sandfellssvæðið er talið með (47 km² sé það undanskilið). Mestur yfirborðshiti er við Seltún og í Trölladyngju og er yfirborðshiti að mestu bundinn við móbergshálsana, en fremur lítið verður vart við hann á hraunasléttunum á milli. Hitamælingar í borholum sýna viðsnúna hitaferla, það er m.ö.o borað í gegnum hámark, og bendir það til láréttis rennslis í svæðinu. Ástæðan er annaðhvort staðbundnar uppstreymisrásir eða kólnandi hitagjafi, en úr því hefur ekki verið skorið enn.

Efnasamsetning jarðhitavökvans er mjög breytileg innan svæðisins, t.d. er klór 20-1100 ppm og hlutfall Cl/B vex til vesturs. Þrýstingur og hiti í borholum bendir til að uppstreymi á svæðinu sé við Trölladyngju og Austurengjahver, en að niðurstreymi sé á milli Sveifluháls og Núpshlíðarháls (Valgarður Stefánsson 1980a). Uppstreymisrásir hafa ekki ennþá fundist með borunum.

Viðnámsmælingar voru gerðar 1969-1972, en niðurstöður þeirra eru ekki auðtúlkaðar. Þrátt fyrir allmikið átak í rannsókn svæðisins 1970-1973 liggur ekki fyrir einhlít mynd af svæðinu. Nokkrar jafnviðnámslínur hafa verið dregnar og sé lítið á þær á 600 m dýpi (undir yfirborði), þá nær virkur jarðhiti vel út fyrir 10 ohmm jafnviðnámslínu og sums staðar út fyrir 30 ohmm jafnviðnámslínuna. 50 ohmm jafnviðnámslína umlykur nær alla ummyndun og hita á yfirborði og er hún því notuð hér til að afmarka jarðhitasvæðið (þótt yfirleitt sé miðað við lægra viðnám á háhitasvæðum) og er flatarmál þess skv. því 60-65 km².

Segulmælingar og þyngdarmælingar hjálpa lítið við mat á stærð svæðisins að öðru leyti en því, að í þyngdarmælingum koma fram skil rétt austan við Kleifarvatn, sem gætu bent til misfella í berggrunni sem takmarkar svæðið til austurs. Svipuð misfella með austur-vestur stefnu takmarkar svæðið trúlega til suðurs (Valgarður Stefánsson 1980a). Árin 1966, 1968 og 1973 var flogið yfir Krísuvíkarsvæðið með tækjum er nema innrauða hitageislun en ekki hefur verið unnið úr þeim gögnum enn.

Nýting jarðhitans er eingöngu upphitun á bönnum Krísuvík. Fyrir 1948 voru boraðar 15-20 grunnar holur (flestar innan við 100 m) í Krísuvík. Á árunum 1960-1972 voru boraðar 8 dýpri holur (300-1275 m) til rannsókna á svæðinu. Hæstur hiti, 262°C, mældist á 500 m dýpi í H-6 við Trölladyngju. Hola H-4 er nýtt til upphitunar, en aðrar holur eru ónothæfar. Yfirlit yfir borholur er í töflu V.5-3.

TAFLA V.5-3 Skrá yfir borholur í Krísuvík

Hola nr	Bortæki	Ár	Dýpi m	Fóðring m	Hámarks- hiti °C	Heildar- rennsli kg/s	Gufurennsl v.6 ata kg/s	Athugasemd
1	Dofri	1960	1275	308	221	-	-	Hrunin
2	Dofri	1960	1220	247	195	-	-	Hrunin
3	Dofri	1960	329	191	116	-	-	Hrunin
4	Ýmir	1964	299	101	180	4	-	Nýtt til upphitunar
5	Glaumur	1971	816	198	181	-	-	Steypt í vatnsaðar
6	Glaumur	1971	843	231	262	-	-	Steypt í vatnsaðar
7	Glaumur	1971	931	185	149	-	-	Steypt í vatnsaðar
8	Glaumur	1972	930	232	189	-	-	Steypt í vatnsaðar

Forborað var með Höggbor-3 í holur nr. 1, 2 og 3.

BRENNISTEINSFJÖLL

Háhitasvæðið í Brennisteinsfjöllum liggur í 420-450 m hæð og liggja engir vegir þangað. Svæðið er í Grindavíkurbreppi í Gullbringusýslu og ekki vel aðgengilegt. Lítið hefur verið unnið að rannsóknum á þessu svæði, og er stærð þess aðeins metin út frá yfirborðsummerkjum.

Jarðmyndanir eru móberg og grágrýti frá síðustu ísöld en ung hraun þekja þessar eldri myndanir. Brennisteinsfjöll eru í greinilegu sprungubelti og hefur gosið þar nokkrum sinnum á sögulegum tíma. Þó litlar heimildir séu til um eldgos í þessu beltum er talið skv. jarðfræðirannsóknum að Tvíbollahraun hafi runnið um 875, Breiðadalshraun um 910, Rjúpnadyngnahraun um 1150, Kóngsfellshraun um 1200 og Selvogshraun um 1340 (Jón Jónsson 1977, 1978 og 1983). Stórir jarðskjálftar hafa orðið á þessu svæði, t.d. 1929 M:6,3 og 1933 M:6,0 (Eysteinn Tryggvason 1973). Lítið er vitað um smáskjálfta.

Gufuaugu með allt að 78°C hita eru einu yfirborðsummerkin (Barth 1950) og eru á nál. 0,5 km² stóru svæði. Sé köld ummyndun talin með, og einnig ummyndunarskellur vestarlega í Grindarskörðum, má stækka

svæðið í 2 km² (Jón Jónsson 1978). Sú stærð er notuð hér. Eins og nafn svæðisins ber með sér er mikið um breinnistein þarna og önnur merki um háhita.

Engar efnagreiningar né jarðeðlisfræðilegar mælingar (utan flugsegulmælingar) eru tiltækar frá þessu svæði.

Nýting er engin á svæðinu. Enskt námafélag reyndi að nýta breinnistein þaðan um 1882, en það mistókst (Sigurður Skúlason 1933). Nafnið Brennisteinsfjöll er arfur þeirra framkvæmda.

HENGILL

Við Hengil er kenndur allur sá jarðhiti sem finnst í Henglafjöllum á Hellisheiði og ofan til Hveragerðis. Jarðhitasvæðið er í Árnessýslu (Grafningshreppi, Ölfushreppi og Hveragerði) í 30-600 m hæð. Það er talið eitt af stærstu háhitasvæðum landsins. Fjarlægð frá höfuðborgarsvæðinu er 30-40 km og samgöngur eru góðar um hluta svæðisins og liggur það mjög vel með tilliti til vinnslu þó landslag sé úfið. Mikill hluti svæðisins er í eigu sveitarfélaga eða ríkis, en nokkur hluti í einkaeign (sjá Valgarð Stefánsson o.fl. 1982).

Elstu berglög er að finna nálægt Hveragerði og tilheyra þau eldri megineldstöð en þeirri sem nú er virk í Henglafjöllum (Axel Björnsson o.fl. 1974). Berglög í kringum Hengil eru að meginhluta frá síðasta jökulskeiði (Kristján Sæmundsson 1967). Berggrunnur er að mestu leyti basalt, en andesít og líparít koma einnig fyrir bæði ofan við Hveragerði og í Hengli (Kristján Sæmundsson 1967). Nútímahraun eru mörg. Yngsta hraunið er um 2000 ára (Nesjahraun og yngsta Hellisheiðarhraunið). Sprungubeltið um Hengil er a.m.k. 45 km langt og 8 km breitt. Hreyfing á misgengjum nemur allt að 250 m. Jarðskjálftar eru algengir á svæðinu og mikið er um smáskjálfta (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971, Foulger og Páll Einarsson 1979, Foulger 1984).

Jarðhiti á yfirborði er mikill. Mest er jarðhitavirknin kringum Ölkelduháls, ofan við Nesjavelli og í Hengladölum og eru til góð kort af útbreiðslu jarðhitans (sjá t.d. Valgarður Stefánsson o.fl. 1982). Arið 1789 gekk öflug skjálftahrina yfir Hengilskerfið, allt frá Selvogi norður fyrir Þingvallavatn. Landsig varð í sprungubeltinu og landris til hliðanna. Nýir hverir komu upp á Hengilssvæðinu (Páll Þorláksson 1789). Ummyndun er mikil og víða eru kaldar ummyndunarskellur. Samkvæmt dreifingu hita og ummyndunar á yfirborði er stærð svæðisins um 112 km², og er heitasta svæðið um 75 km².

Þær efna- og ísótópagreiningar sem birtar hafa verið frá svæðinu (að mestu frá Nesjavöllum og Hveragerði) benda til að ekki sé sama vatnskerfið á öllu svæðinu. Vatnið á Nesjavallasvæðinu er talið upprunnið frá Langjökli en vatn í Hveragerði er afrennsli frá Hengli (Bragi Árnason o.fl. 1969). Hiti hefur alltaf verið talinn hár í jarðhita-kerfinu (280-290°C skv. Sveinbjörn Björnsson (1974)) en samkvæmt hitamælingum í borholum á Nesjavöllum er viss hluti svæðisins þar talinn vera í suðu og fer hiti vaxandi með dýpi, og eru líkur á að á um 1500 m dýpi sé hiti 300-325°C og fylgi suðumarksferli (Benedikt Steingrímsson og Valgarður Stefánsson 1979). Í Hveragerði eru hitaferlar viðsnúnir og benda hitamælingar í borholum til þess að hæstur hiti og

dýpi á hann vaxi til norðurs (Guðmundur Pálmason 1962, Karl Ragnars o.fl. 1979). Á vegum Hitaveitu Reykjavíkur, Orkustofnunar og Háskóla Íslands hefur verið unnið að efnagreiningum á vatni, gufu og gasi frá Hengilssvæðinu.

Töluverðar jarðeðlisfræðilegar mælingar hafa verið gerðar á Hengilssvæðinu og ber einna helst að nefna flugsegul- og viðnámsmælingar. Þyngdarmælingar hafa verið gerðar á öllu svæðinu. Viðnámsmælingar hafa verið notaðar til að ákvarða stærð svæðisins. Viðnámslögð undir Hengilssvæðinu bendir til jarðhitakerfis að flatarmáli um 105 km^2 á 200-400 m dýpi undir sjávarmáli (Gylfi Páll Hersir 1980). Árin 1966, 1968 og 1973 var mæld innrauð hitageislun. Með hliðsjón af dreifingu jarðhita og ummyndunar á yfirborði er flatarmál svæðisins metið um 100 km^2 .

Nýting jarðhitans er nær eingöngu í Hveragerði, til upphitunar gróðurhúsa, hitaveitu og í sundlaug. Einnig er skiðaskálinn í Hveradöllum hitaður með jarðhita. Í Hveragerði eru töluvert margar grunnar holur sem eru nýttar til upphitunar. Á árunum 1958-1961 voru boraðar 8 holur í Ölfusdal 300-1200 m og eru tvær þeirra tengdar Hitaveitu Hveragerðis. Á Nesjavöllum eru 16 holur. Við Kolviðarhól var boruð 97,5 m hola árið 1949 og önnur 1800 m 1985. Hiti í borholum er yfir 300°C á Nesjavöllum, um 280°C við Kolviðarhól en um $180\text{-}230^{\circ}\text{C}$ í Hveragerði og Ölfusdal.

TAFLA V.5-4 Skrá yfir borholur á Hengilssvæðinu

Hola nr	Bortæki	Ár	Dýpi m	Fóðring m	Hámarks- hiti °C	Heildar- rennsli kg/s	Gufurennslí v.6 ata kg/s	Athugasemd
	1 Dofri	1958	982	126	233	-	-	Borun hætt-ónýt
	2 Dofri	1958	692	196	181	93*	5,8	Tengd Hitav. Hverag.
	3 Dofri	1958	654	200	218	75*	9,3	EKKI NÝTT
(Ölfus- dalur)	4 Dofri	1958	692	199	184	38*	2,1	Tengd Hitav. Hverag.
	5 Dofri	1960	1206	193	198	-	-	EKKI MÆLD
	6 Dofri	1960	661	248	219	52**	7,4	EKKI NÝTT
	7 Dofri	1960	831	248	230	34**	3,2	EKKI NÝTT
	8 Dofri	1961	296	248	207	88***	11,2	EKKI NÝTT
	1 Höggbor	1957	311	-	178	15	-	Nýtt
	2 Höggbor	1959	130	-	181	15	-	Nýtt
	3 Högg I +							
Hvera- gerði	4 Ýmir	1963	245	-	184	10	-	Nýtt
	5 Ýmir	1967	620	-	-	-	-	Léleg, ekki nýtt
	6 Ýmir	1968	351	-	-	5	-	Nýtt
	6 Höggbor-5 + Glaumur	1981	1003	-	-	16	-	Nýtt
NLFÍ	I Ýmir	1967	661	-	-	-	-	Nýtt
	Glaumur	1972	884	-	170	-	-	Nýtt
	II Ýmir	1967	190	-	-	-	-	Nýtt
ASÍ	I Ýmir	1964	509	-	-	-	-	Þurr
	Ýmir	1970	644	-	-	-	-	-
	II Ýmir	1964	487	-	-	-	-	Nýtt
Nesja- vellir	1 Ýmir	1965	129	74	142	-	-	Nýtt til upphitunar
	2 Ýmir	1965	393	85	197	-	-	Hrunin í 85 m
	3 Ýmir	1965	601					
	Norðurbor	1966	836	93	258	-	-	Fyllt af steypu
	4 Dofri	1970	431	306	255	-	-	Fyllt af steypu
	5 Dofri	1972	1804	447	284	(12,5?****	5,0?)	Hrunin í 1010 m
	6 Dofri	1982	1145	633	295	26,7****	17,5	Nýtt í tilraunastöð
	7 Dofri	1983	2001	587	284	34,8****	11,0	-
	8 Dofri	1984	400	96	(240)	-	-	Fyllt af steypu
	9 Dofri	1984	1055	820	278	28,7****	20,0	EKKI NÝTT
	10 Dofri	1984	1798	693	255	50,2****	17,0	EKKI NÝTT
	11 Jötunn	1985	2265	565	>381	36,6	32,5	EKKI NÝTT
	12 Jötunn	1985	1856	782	295	57,0	17,6	EKKI NÝTT
	13 Jötunn	1985	1609	817	320	35,3	30,8	EKKI NÝTT
	14 Jötunn	1985	1304	770	280	28,3	9,0	EKKI NÝTT
	15 Jötunn	1985	1746	784	301	-	-	EKKI NÝTT
	16 Jötunn	1985	2025	790	325	25,0	20,7	EKKI NÝTT
Kol- viðar- hóll	1 Dofri	1985	1816	779	280	-	-	EKKI NÝTT

Á Nesjavöllum var forborað með : Höggbor-3 í holur nr. 4, 5, 7 og 11,
Höggbor-6 í holur nr. 6, 7, 8, 9, og 10.

- * mæld 1961
- ** mæld 1979
- *** mæld 1984
- **** mæld á fyrsta mánuði í blæstri
- hefur enn ekki blásið

GEYSIR

Án efa er Geysir frægastur hvera á Íslandi. Geysissvæðið liggur vel við vinnslu en hluti þess er friðlýstur. Svæðið er í Biskupstungnahreppi í Árnessýslu og liggur í 100-200 m hæð, samgöngur þangað eru ágætar og er svæðið vel aðgengilegt. Geysir er undir umsjón Geysisnefndar.

Svæðið er á jaðri virka gosbeltisins og eru engar nútíma gosminjar þar. Jarðlög eru að mestum hluta basalt, en líparít er í Laugarfjalli og á nokkrum fleiri stöðum. Jarðmyndanir bera þess merki að vera myndaðar undir jökli á seinni hluta ísaldar. Ókunnugt er um skjálftavirkni á Geysissvæðinu og virkar jarðskálftasprungur hafa ekki verið raktar þangað. Í sumum hinna stóru Suðurlandsskjálfta eflast hverirnir þarna mjög og er þeirra fyrst getið í tengslum við jarðskjálfta 1294, en jarðhitasvæðið sjálft er talið a.m.k. 8000 ára gamalt (Þorvaldur Thoroddsen 1899-1905; Sigurður Þórarinnsson 1949). Jarðhiti og ummyndun á yfirborði þekur um 3 km², en virkur jarðhiti er aðeins á hluta þess svæðis. Jarðhitinn er mest vatnshverir og eru Strokkur og Geysir frægastir goshveranna. Meðalvatnsrennsli svæðisins er nál. 20 l/s, þar af 2,5 l/s úr Geysi sjálfum (Trausti Einarsson 1964, Stefán Arnórsson 1969, 1985). Jarðhitavatnið hefur oft verið efnagreint. Efnarannsóknir benda til að hitinn í djúpkerfinu sé 230-250°C (Stefán Arnórsson 1969, 1985).

Flatarmál viðnámslögðar á 500 m dýpi (undir sjávarmáli) er um 7 km² (pers. uppl. Lúðvík S. Georgsson 1981). Fullnaðarúrvinnsla á viðnámsmælingum liggur ekki fyrir og er því ekki tekið tillit til þeirra til stækkunar svæðisins. Það flatarmál sem er notað í þessu mati er trúlega lágmark.

Vatn úr tveimur hverum er notað til að hita upp íbúðarhús, söluskála, gróðurhús og sundlaug.

KERLINGARFJÖLL

Kerlingarfjöll eru inni á miðhálandinu og tilheyra Árnessýslu. Jarðhitinn er í 900-1100 m hæð og liggur þangað sumarfarvegslóði. Svæðið er fjöllótt og fremur illa aðgengilegt eins og nú háttar. Mestur hluti jarðhitasvæðisins er í Hveradölum.

Nær allt bergið á svæðinu er til orðið við gos undir jökli og er basískt móberg þar hlutdrýgst, en mikið er einnig af líparíti (Karl Grönvold 1972). Nútímagosmyndanir eða eldstöðvar eru engar á svæðinu, næst er Illahraun í 6 km fjarlægð. Jarðskjálftar virðast ekki tíðir og 1968 mældust þarna engir smáskjálftar (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971). Jarðhiti er mikill á yfirborði, einkum gufuhverir. Ummyndun er einnig mjög mikil og er flatarmál hita og ummyndunar um 11 km². Þar sem engar viðnámsmælingar hafa farið fram á þessu svæði er eingöngu höfð hliðsjón af jarðhitaummerkjum á yfirborði.

Nýting er engin á þessu svæði og ekki hefur verið borað þar.

HVERAVELLIR

Jarðhitasvæðið á Hveravöllum liggur á miðhálandinu í 600 m hæð og tilheyrir Austur-Húnavatnssýslu. Kjalvegur liggur að svæðinu og þangað má komast á fólksbíl að sumarlagi (sunnan að) og jeppafært er að norðan og bílfært í þurrkatíð. Jarðhitasvæðið er sléttlent og er vel aðgengilegt til vinnslu. Hveravellir eru friðlýstir sem náttúruvætti.

Fremur lítið er vitað um jarðfræði þessa svæðis en megineldstöð er 5 km vestur af, í norðurhluta Langjökuls og í Þjófadafjöllum og er þar talsvert af súru bergi (Piper 1973). Kjalhraun er nútímahraun og liggur yfir suðurhluta svæðisins. Engin smáskjálftavirkni var þarna 1968 (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971), og virðist svæðið ekki tengt neinu sprungubelti og er því líkt Geysissvæðinu. Jarðhiti birtist aðallega í vatnshverum og er afrennslið 10-15 l/s (Stefán Arnórsson 1969). Þetta svæði hefur fremur lítið verið rannsakað en stærð þess skv. yfirborðshita og ummyndun er um 1 km². Engar viðnámsmælingar hafa verið gerðar á svæðinu og er stærð þess því metin eftir yfirborðsummerkjum. Hiti í jarðhitakerfinu er kringum 280°C samkvæmt efnahitamælum (Stefán Arnórsson 1985). Boranir eru engar og nýting aðeins í hlaðna sundlaug og til upphitunar í skála og veðurathugunarstöð.

MÝRDALSJÖKULL

Þetta háhitasvæði er allt jökli hulið og því ekki aðgengilegt. Mýrdalsjökull er í Rangárvalla- og Vestur Skaftafellssýslu og nær hæst í nál. 1450 m.

Elstu jarðmyndanir á yfirborði eru frá síðari hluta ísaldar. Mikil gosvirkni hefur verið í Kötlu, og gos hafa orðið a.m.k. 14 sinnum á sögulegum tíma, síðast 1918 og jafnvel einnig 1955, er mikið jökulhlaup kom frá jöklinum. Megnið af berginu er basískt, en líparít er í austurjaðri jökulsins og í sumum jökulskerjum. Lítið hefur verið unnið að jarðfræðirannsóknum á þessari megineldstöð. Þar sem ekkert sést til jarðhitasvæðisins er ekki reynt að geta í stærð þess, en þrjú vatnsföll hafa bæði fnyk og efnainnihald sem ótvírætt bendir til háhitasvæðis: Jökulsá á Sólheimasandi (Fúlilækur), Múlakvísl og Skálm. Smáskjálftavirkni er fremur mikil; árið 1968 mældust þar t.d. 2,4 skjálftar á dag að meðaltali (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971) auk þess sem stærri skjálftar eru ekki óalgengir.

Engar jarðeðlisfræðilegar mælingar hafa verið gerðar á svæðinu er gætu hjálpað til við mat á stærð þess. Yfir Mýrdalsjökli er 70-80 km² segullægð (Þorbjörn Sigurgeirsson 1980), sem er sennilega vegna öskju-sigs í eldstöðinni og er jarðhitasvæðið líklega innan sigsins.

Nýting er engin né boranir. Jarðfræðingar við Háskóla Íslands fylgjast með efnainnihaldi áнна með það fyrir augum að geta varað við Kötlugosi.

TORFAJÖKULSSVÆÐI

Torfajökulssvæðið er í Rangárvalla- og Vestur-Skaftafellssýslu og eru vegslóðar inn á svæðið, færir að sumarlagi. Svæðið er í 600-1100 m hæð og fremur óaðgengilegt til vinnslu. Landið er úfið og einhverra vegaframkvæmda er þörf áður en boranir geta hafist. Allt svæðið var friðlýst 1979 skv. náttúruverndarlögum, undir "Friðland að Fjallabaki" (Stjórnartíðindi B, nr. 354, 1979).

Torfajökulssvæðið er stærsta líparítssvæði á landinu og einnig stærsta jarðhitasvæðið að flatarmáli. Gosvirgni hefur verið mikil á síðasta jökulskeiði en hin fáu nútímahraun þar eru ýmist súr eða ísúr (Kristján Sæmundsson 1972). Samkvæmt öskulagarannsóknum á Veiðivatnasvæðinu hafa orðið þar a.m.k. tvö stórgos á sögulegum tíma, seint á 9. og 15. öld. Náðu gos þessi inn á Torfajökulssvæðið þar sem gaus basalti og í minna mæli líparíti (Guðrún Larsen 1982). Smáskjálftar eru tíðir á svæðinu (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971) og einnig koma þar stærri skjálftar.

Jarðhiti er mikill á yfirborði á Torfajökulssvæðinu og er ummyndun mjög víða. Yfirborðsummerki eru að mestu innan öskjusigs í eldstöðinni (Kristján Sæmundsson 1972) og ná yfir um 130 km². Jarðhitinn er að mestu í formi gufuhvera, en leir- og vatnshverir finnast einnig. Jarðfræði- og jarðhitarannsókn Torfajökulssvæðisins er fremur skammt á veg komin.

Á árunum 1973 og 1974 voru gerðar þar allmargar viðnámsmælingar. Þó að þær mælingar séu of fáar til þess að nokkur heilleg mynd fái af svæðinu, virðist það vera a.m.k. tvískipt (Lúðvík S. Georgsson, pers. uppl.). Á árunum 1968 og 1973 var mæld innrauð hitageislun frá svæðinu (Guðmundur Pálmason o.fl. 1970). Segullægð kemur fram yfir Torfajökulssvæðinu (Þorbjörn Sigurgeirsson 1980).

Nýting jarðhitans er engin ef frá er talinn baðpollur við Landmannalaugar og upphitun skálans þar. Engar boranir hafa verið gerðar á svæðinu.

GRÍMSVÖTN

Grímsvatnasvæðið er rúmlega 100 km² sigdæld í Vatnajökli sem hefur myndast við öskjusig og er að mestu hulið jökli. Svæðið er í nál. 1400 m hæð og telst til Vestur-Skaftafellssýslu. Það liggur um 30 km frá jökulröndinni og er óaðgengilegt til venjulegrar vinnslu.

Grímsvötnin sjálf eru talin vera um 30-40 km² og eru þau að mestu hulin ís. Það litla sem sér í berg er basískt móberg ásamt hraunlögum. Eldvirgni hefur verið mikil í Grímsvötnum og gegnum aldirnar er talið að þar hafi gosið með 9-12 ára millibili, síðast 1934 og 1983, en alls um 50 sinnum á sögulegum tíma (Sigurður Þórarinnsson 1974). Jarðskjálftar eru algengir en lítið er vitað um smáskjálfta. Jarðhiti er virkur á yfirborði og verður hans vart við Vatnshamar og í Svíaahnúkum á nokkrum stöðum og mælst hefur tæplega 100°C hiti þar. Eftir hlaupið 1954 sást mikill gufuhver við Svartabunka (Sigurður Þórarinnsson 1974). Lægðir og sig er myndast norðan- og austantil í

öskjunni benda og til jarðhita þar undir (Helgi Björnsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1984). Ekki er reiknað með að jarðhiti sé í allri 100 km² öskjunni, en með því að telja sigin norðan- og austantil sem jarðhita má áætla að flatarmál jarðhitasvæðisins sé nál. 65 km². Helgi Björnsson (1974, 1982) áætlar flatarmálið 100 km² og með athugunum á vatnsbúskap jökulsins og Grímsvatnahlaupum hefur hann reiknað út að afl svæðisins sé sem næst 5000 MW. Eysteinn Tryggvason (1982) áætlar það 5900 MW og nýjasta matið er 4700-4900 MW (Helgi Björnsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1984). Ef flatarmál svæðisins er 65 km² er orkan 80-90 W/m² sem er með því hæsta á landinu. Ýmis rök benda hins vegar til að aflíð sé óvenjulega mikið en fari dvínandi, t.d. hafa Skeiðarárhlaup farið minnkandi á síðustu áratugum (Sigurjón Rist 1982).

Efnagreiningar hafa verið gerðar á vatni úr Skeiðará, og í hlaupum sýna þær óeðlilega hátt magn uppleystra efna, en vatnið er komið af Grímsvatnasvæðinu (Guðmundur Sigvaldason 1965, Sigurður Steinþórsson og Niels Óskarsson 1983, Helgi Björnsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1984). Efnagreiningar á gasi frá Grímsfjalli gáfu ekki nothæfar niðurstöður (Helgi Björnsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1984).

Nokkuð hefur verið gert af jarðeðlisfræðilegum mælingum í Grímsvatnalægðinni og nágrenni hennar, bæði til að kanna þykkt jökulsins t.d. með þyngdarmælingum (Guðmundur Pálmason 1964) og landslagið undir honum. Segulkort Þorbjörns Sigurgeirssonar (1980) sýnir segullægð yfir Grímsvötnum en er ekki nægilega nákvæmt til að hafa gagn af í sambandi við jarðhitasvæðið. Boraðar voru 2 holur á Grímsfjalli (Eystri-Svíahnúk) árið 1983, 15 m og 27 m djúpar. Þær voru boraðar til þess að fá orku fyrir fjarskiptatæki og ýmis mælitæki.

KÖLDUKVÍSLARBOTNAR

Jarðhitasvæðið í Köldukvíslarbotnum er í Rangárvallasýslu og liggur í um 820 m hæð. Engir vegir eru inn á svæðið. Jarðhiti kemur upp á eyrum og á bökkum Köldukvíslar norðaustan við Syðri-Hágöngu, ekki langt frá upptökum árinna. Sléttlent er þarna en vatnsagi mikill, og svæðið því ekki vel aðgengilegt til vinnslu.

Litlar rannsóknir hafa verið gerðar á jarðhita á svæðinu. Bergið í Syðri- og Nyrðri Hágöngu er líparít og er trúlega myndað undir jökli á síðari hluta ísaldar. Móberg og líparít er í fjöllum milli Hágangna og þar norðan og sunnan við (Piper 1979). Eldvirkni hefur ekki verið á svæðinu eftir að ísöld lauk. Hraun hafa runnið inn á svæðið, t.d. Hágönguhraun að Syðri-Hágöngu úr austri, en upptök þess eru óviss: næstu nútímaeldstöðvar eru um 6 km austar (Guðmundur Kjartansson 1965). Engin gos hafa orðið á sögulegum tíma á þessu svæði. Piper (1979) getur þess að til suðurs frá Hágöngum, liggja belti þar sem ummyndun er mikil í móbergi, en líklega er þar ekki um háhitaummyndun að ræða.

Stærð jarðhitasvæðisins er eingöngu metin eftir jarðhita á yfirborði, en jarðhitaskellur stinga sér víða upp úr áraurum. Hiti mældist 95°C í skellum þessum 1984. Jarðhiti er á flöngu svæði með stefnu SSV-NNA, um það bil 1-1,5 km á breidd og rúmlega 7 km langt. Stærð þess er metin 8 km². Árið 1973 var mæld innrauð hitageislun frá svæðinu.

Engar tiltækar upplýsingar eru til um jarðefnafræði og engar jarðeðlisfræðilegar mælingar hafa verið gerðar á svæðinu. Nýting og boranir eru engar.

VONARSKARÐ

Háhitasvæðið sem kennt er við Vonarskarð liggur austan við Tungnafellsjökul. Upplýsingar um það eru mjög litlar. Svæðið er að mestum hluta í Rangárvallasýslu en teygir sig norður í Suður-Þingeyjarsýslu. Svæðið liggur í um 900-1000 m hæð og er fremur úfið. Síðsumars má aka á jeppa inn á svæðið. Sandar liggja yfir hluta þess og vestan þeirra rís lágur fjallakragi, 200-300 m yfir sandana, og er jarðhitinn aðallega í austurhlíðum hans. Svæðið er ekki vel aðgengilegt til vinnslu.

Jarðmyndanir eru frá Ísöld, aðallega móberg, en talsvert er af lípáriti. Engin nákvæm jarðfræðikort eru til af svæðinu en upplýsingar um yfirborðshita eru skv. jarðfræðikorti Guðmundar Kjartanssonar (1965) og athugunum á vegum Orkustofnunar. Á norðurhluta svæðisins eru laugar með um 65°C hita og merki um ummyndun í gili Rauðár. Á vesturhluta svæðisins á mótis við Jökuldal er háhitasvæðið greinilegt með leirhverum og gufuaugum. Einnig eru hverir í norðurhlíðum fjallsins Skrauta. Engar nútímaeldstöðvar eru inni á svæðinu, næst liggur gígaröðin Dvergar í rúmlega 10 km fjarlægð. Smáskjálftavirkni var á svæðinu 1968 en ekki mikil (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971). Eftir þeim takmörkuðu upplýsingum sem til eru um þetta svæði er stærð þess metin 11 km².

"Vonarskarð" hefur oft verið látið ná yfir jarðhitasvæðin í Vonarskarði og Köldukvíslarbotnum, en hér er þeim skipt í tvö svæði, því milli þeirra eru 12 km þar sem ekki verður vart jarðhita. Frekari rannsóknir kunna að leiða í ljós tengsl þarna á milli, en svæðin falla nánast á sömu línu (norðaustur - suðvestur).

Ekkert er vitað um efnafræði jarðhitavökvans og engar jarðeðlisfræðilegar mælingar hafa verið gerðar á svæðinu er hjálpa við mat á stærð þess. Nýting eða boranir eru engar.

KVERKFJÖLL

Kverkfjöll eru í norðurjaðri Vatnajökuls og tilheyra Norður-Múlasýslu. Samgöngur eru slæmar, aðeins er fært að sumarlagi á jeppa að Kverká, sem kemur undan Kverkjökli. Frá Möðruvöllum eru 108 km í Sigurðarskála og þaðan um 3 km að Kverká. Jarðhitasvæðið sjálft liggur í 1500-1900 m hæð og hylur jökull mestan hluta þess. Svæðið er mjög úfið og lítt aðgengilegt til vinnslu.

Kverkfjöll eru úr móbergi og hefur súrt berg ekki fundist þar. Eldvirkni á nútíma hefur verið mikil í þessu brotakerfi, en ekki er vitað með vissu um nein gos á sögulegum tíma. Þau mörgu jökulhlaup sem komið hafa í Jökulsá á Fjöllum hafa sum hver vafalaust orðið vegna goss undir jökli, að öllum líkindum undir Dyngjujökli, norðan við Kverkfjallahrygg eða sunnan Kverkfjalla (Sigurður Þórarinnsson 1950). Nokkur gos hafa orðið eftir Ísöld í Kverkfjöllum og eru hraun þaðan fremur lítil og þunn. Getur hafa verið leiddar að gosi sunnan

Kverkfjalla 1938 (Sigurður Þórarinnsson 1950). Talið er að tvö öskju-sig séu hulin undir jöklinum og er sjáanlegur jarðhiti í nyrðri öskjunni (Þórarinnsson o.fl. 1973). Töluverð smáskjálftavirkni er á Kverkfjallasvæðinu (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971) og stórir skjálftar (stærri en M:4) ekki óalgengir. Jarðhiti er mikill á yfirborði og er stærsta svæðið í Hveradal, en þar er jarðhiti á um 3 km löngu svæði með stefnuna NA-SV. Syðst á þessu svæði varð mikil hverasprenging 23. eða 24. maí 1968 (Sigurður Þórarinnsson 1968). Jarðhiti er einnig í austurtindum Kverkfjalla og 1953 fannst þar 84°C hiti (gufa) í 1880 m (Sigurður Þórarinnsson 1953) og 94°C hiti er í gufuaugum nyrst á svæðinu. Kverká kemur volg undan Kverkjökli og var rennsli hennar nál. 800 l/s og hitinn 26°C þann 5. júlí 1979 (en það jafngildir 87 MW, miðað við að bræða ísinn, sem er nálægt 0°C). Árin 1966 og 1968 var mæld innrauð hitageislun og sást dreifing yfirborðshitans nokkuð vel. Varmastreymið frá svæðinu hefur verið reiknað 1250-2250 MW, eða nál. 50-90 W/m² (Friedman og fl. 1972). Samkvæmt dræfingu yfirborðshita er flatarmál Kverkfjallasvæðisins áætlað 25 km².

Lítið er vitað um jarðefnafræði og engar jarðeðlisfræðilegar mælingar hafa verið gerðar er gætu hjálpað við mat á stærð þess. Nýting svæðisins er engin.

ASKJA

Askja er í Dyngjufjöllum í Suður-Þingeyjarsýslu. Þangað er fært að sumarlagi og er vegarendi í Öskju um 130 km frá Mývatni. Jarðhita-svæðið liggur í 1100-1300 m hæð og er hluti þess undir Öskjuvatni. Aðrir hlutar svæðisins eru utan í bröttum hlíðum fjallanna. Svæðið er því fremur illa aðgengilegt til vinnslu. Askja var friðlýst sem náttúruvætti 1978 og er undir umsjón Náttúruverndarráðs.

Jarðmyndanir í Dyngjufjöllum eru að mestum hluta móberg frá síðjökul-tíma, en nútíma gosmyndanir eru miklar að magni og hefur talsverð eld-virkni verið síðan sögur hófust. Líparít er í öskjurímanum að sunnan, og innan öskjunnar eru þykk basalt- og andesíthraun (Þorleifur Einars-son 1963, Guðmundur E. Sigvaldason 1964). Askjan sjálf er a.m.k. 55 km², en raunar eru þær a.m.k. þrjár og grípa hver inn í aðra og er Öskjuvatn yngst. Er það 12 km² myndað í gosinu 1875 (Ólafur Jónsson 1962, Kristján Sæmundsson 1982). Í Öskjugosinu 1875 voru gosefnin að mestu súr og talið er að þá hafi átt sér stað kvikuhlaup norður í Sveinagjá, þar sem gaus basalti sama ár. Þessir kvikuflutningar, ásamt gosinu í Öskju, hafa þá valdið Öskjuvatnssiginu (Haraldur Sigurðsson og Sparks 1978). Gosið hefur nokkrum sinnum í Öskju á þessari öld, síðast 1961, en vegna þess hve langt er til byggða er minna vitað um gosvirkni fyrri alda. Stórir jarðskjálftar verða öðru hvoru á Dyngjufjallasvæðinu, t.d. urðu þar 14 skjálftar stærri en M:4 á árunum 1954-1963 (Eysteinn Tryggvason 1973). Fremur lítil smá-skjálftavirkni virðist vera í Öskju (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971). Jarðhiti á yfirborði virðist einkum vera tengdur við bog-sprungur á jöðrum öskjunnar og er virknin mest sunnan og austan við Öskjuvatn. Einnig er jarðhiti úti í vatninu og norður við Öskjuop, en

ummyndun hefur ekki verið kortlögð. Samkvæmt yfirborðshita er jarðhitasvæðið í Öskju nálægt 25 km². Árin 1966 og 1968 var mæld innrauð hitageislun frá svæðinu en lítið hefur verið unnið úr þeim gögnum enn.

Nokkuð hefur verið unnið í jarðefnafræði á svæðinu, einkum með tilliti til Öskjuvatns og sögu þess. Jarðhitavökvinn er staðbundin úrkoma, og hátt efnainnihald Öskjuvatns stafar af efnaskiptum við hraun sem runnið hafa í vatnið og jarðhita á bökkum og botni þess (Jón Ólafsson 1980). Fylgst var með breytingum á efnainnihaldi jarðhitavökvans í sambandi við gosið 1961 (Guðmundur E. Sigvaldason 1964). Engar jarðeðlisfræðilegar mælingar hafa verið gerðar er koma til hjálpar við mat á stærð jarðhitasvæðisins. Nýting er engin.

FREMÍNÁMAR

Fremrinámar eru í Suður-Þingeyjarsýslu og er jeppafært þangað að sumarlagi. Frá Grænavatni er fjarlægðin 35-40 km. Svæðið er í 800-900 m hæð, efst í Ketildyngju, og er fremur slétt, að undanskildum dyngjugígnum. Svæðið er mjög vel aðgengilegt til vinnslu.

Jarðfræði svæðisins hefur verið athuguð lítillega og er hér mest stuðst við Johnstrup (1886) og athuganir á vegum Orkustofnunar. Elstu jarðmyndanir eru móbergskollar er stinga sér upp úr nútímahraunum. Einkum ber á Ketilhyrnunum sem eru norðan við Ketildyngju og er önnur úr móbergi en sú eystri úr líparíti. Frá Ketildyngju rann Laxáhraun eldra 82 km leið norður í Aðaldal, fyrir um 4000 árum (Sigurður Þórarinnsson 1951). Norðan við Ketildyngju er Skuggadyngja og að sunnan er Kerlingardyngja, báðar myndaðar á nútíma en eldri. Norðan í Ketildyngju er gígaröð sem liggur upp í austurhlíðar eystri Ketilhyrnnunnar. Engin gos hafa orðið á sögulegum tíma á svæðinu og er lítið sem ekkert vitað um skjálftavirkni.

Jarðhiti er á fremur takmörkuðu svæði í austanverðum dyngjugígnum, niður á botn hans og um 1 km til norðausturs. Ummyndun er ekki mikil, en nær yfir talsvert stærra svæði en yfirborðshiti, enda hraunið ungt. Gufuaugu og hverir eru á um 3,5 km² svæði og er mat á stærð þessa svæðis eingöngu byggt á dreifingu yfirborðsummerkja. Stærð svæðisins er áætluð 4 km², sem er vafalítið lágmarksstærð. Á síðustu öld athugaði Johnstrup (1886) Fremrinámasvæðið og teiknaði af því jarðhitakort. Johnstrup athugaði mest dreifingu brennisteins og áætlaði að 1200 staðir (gufuaugu) væru með einhverju magni af brennisteini. Athyglisvert er hve jarðhitasvæðið sjálft virðist lítið haggð af brotum og er það að þessu leyti undantekning meðal háhitasvæða. Hinsvegar liggur svæðið í greinilegu sprungubelti, sem nær nokkuð slitrótt allt norður á Sléttu, eða rúmlega 120 km leið.

Litlar jarðefnafræðilegar athuganir hafa verið gerðar í Fremrinámum og engar jarðeðlisfræðilegar athuganir er koma að gagni við mat á stærð þess. Strax á 13. öld og allt fram á 17. og 18. öld var brennisteinn numinn í Fremrinámum og fluttur á hestum til Húsavíkur, en engin not eru nú af svæðinu og boranir engar.

NÁMAFJALL

Jarðhitasvæðið við Námafjall er í Skútustaðahreppi í Suður-Þingeyjarsýslu og liggur í 300-400 m hæð. Samgöngur eru góðar; til Húsavíkur eru um 60 km. Svæðið er sléttlent og vel aðgengilegt til vinnslu. Svæðinu er hér skipt í tvo hluta, Bjarnarflag og Hverarönd.

Fjallið Námafjall er syðsti hluti 15 km langs móbergshryggjar og er Dal fjall áframhald hans til norðurs, hvortveggja myndað við gos undir jökli. Eldvirkni hefur verið mikil á nútíma í því sprungubelti sem Námafjall tilheyrir, en lengra til norðurs eru Kröflu-, Gjástykkis- og Öxarfjarðarsvæðin í sama sprungubelti. Þann 8. september 1977 gaus á svæðinu um borholu nr. 4 og um 3 tonn af gjósku komu þar upp (Axel Björnsson og Oddur Sigurðsson 1978; Guðrún Larsen o.fl. 1979). Súrt berg er ekki inni á jarðhitasvæðinu, en ísúrt nútímahraun (Íslandít) í Hraunbungu, norðan við Lúdent, tilheyrir þessari megineldstöð (Guðmundur Guðmundsson o.fl. 1971). Gossaga svæðisins er nokkuð vel þekkt og eru gosin í Lúdent (9000 ára), Hverfjalli (2800 ára), Þrengslaborgum, Laxárhrauni yngra (2500 ára), Svörtuborgum-Dalfjalli (2000 ára) þau helstu (Sigurður Þórarinnsson 1962; Guðmundur Guðmundsson o.fl. 1971, Guðrún Larsen og Sigurður Þórarinnsson 1977). Jarðskjálftar (stærri en M:4) eru ekki óalgengir á þessu beltum og eru í fersku minni umbrotin sem hófust á þessu svæði 1975, og standa enn. Smáskjálftavirkni er nokkur. Jarðhiti er mikill á svæðinu, bæði gufu- og leirhverir, en engir vatnshverir. Dreifing jarðhita og ummyndunar á yfirborði hefur verið kortlögð (Guðmundur Guðmundsson o.fl. 1971), en í umbrotunum er hófust 1975 varð talsverð breyting þar á (Kristján Sæmundsson og Ingvar B. Friðleifsson 1980). Afrennsli frá svæðinu er vestur til Mývatns og má sjá gufur leggja upp úr hraunum í kyrru veðri. Hiti og ummyndun á yfirborði er á nál. 11 km^2 svæði, en hluti þess er afrennsli og sé það undanskilið er svæðið 7 km^2 að stærð, skv. dreifingu jarðhita og ummyndunar. Virkur jarðhiti er á um 5 km^2 svæði.

Allmikið hefur verið gert af jarðeðlisfræðilegum mælingum á svæðinu, en mæliniðurstöður eru flestar frá um 1970. Samkvæmt viðnámsmælingum (Guðmundur Guðmundsson o.fl. 1971) er flatarmál 10 ohmm viðnámslögðar á 300 m dýpi nálægt 4 km^2 . Flugsegulkort hefur verið gert af Námafjalls- og Kröflusvæði (Guðmundur Guðmundsson o.fl. 1971). Kemur þar fram mjög greinileg segullögð yfir Námafjalli, og fellur hún vel að lágviðnámssvæðinu. Árin 1966, 1968 og 1973 var mæld innrauð hitageislun og hefur verið unnið úr gögnum frá 1966 (Chaturvedi og Pálmason 1967).

Jarðefnafræði svæðisins er vel þekkt og fylgst er með efnabreytingum í rennsli úr borholum. Samfara vinnslunni 1970-1976 varð þrýstifall í holunum og suða færðist út í bergið. T.d. hefur 40% lökkun orðið á kísli (SiO_2) og einnig hefur magn annarra efna minnkað töluvert (Stefán Árnórsson 1977). Hiti í jarðhitakerfinu fylgir suðumarksferli á núverandi vinnslusvæði og hefur mælst hæstur 320°C (í holu 11).

Í Bjarnarflagi var byrjað að nota jarðgufu árið 1967 til að þurrka kísilgúr (Kísiliðjan) og er þar einnig 3 MWe rafstöð (tekin í notkun

1969). Einnig er kalt vatn af svæðinu hitað upp með gufu og notað í hitaveitu fyrir þéttbýliskjarnann við Reynihlíð. Gufa er einnig notuð við að þurrka mátstein (Léttsteypan).

Fyrsta holan í Bjarnarflagi var boruð 1963 (342 m), en alls hafa verið boraðar þar 12 holur. Í umbrotum síðustu ára hafa margar þeirra eldri laskast eða eyðilagst. Upplýsingar um holur í Bjarnarflagi eru í töflu V.5-5. Á árunum 1951-52 voru boraðar fjórar höggborsholur í Hverarönd, 11-227 m, en engin þeirra er nýtt.

TAFLA V.5-5 Skrá yfir borholur í Námafjalli (Bjarnarflagi)

Hola nr	Bortæki	Ár	Dýpi m	Fóðring m	Hámarks- hiti °C	Heildar- rennsli kg/s*	Gufurensli v.6 ata kg/s*	Athugasemd
1	Norðurlandsbor	1963	265	-	-	-	-	-
	Ýmir	1965	324	107	228	16	2,4	Steypt í holuna
2	Norðurlandsbor	1963	431	-	-	-	-	-
	Ýmir	1965	491	207	246	35	3	EKKI notuð
3	Norðurbor	1966	683	596	265	12	2,9	Hrunin
4	Norðurbor	1968	1138	625	281	45	3**	Hrunin í 627 m en nýtt af Hitav.Rvk.
5	Norðurbor	1969	637	576	252	-	-	Hrunin í 601 m
6	Norðurbor	1969	1193	954	275	5	1,0	Hrunin í 512 m
7	Norðurbor	1969	1206	582	289	52	16	Hrunin í 400 m
8	Norðurbor	1970	1312	538	274	44	9,1	Hrunin í 223 m
9	Norðurbor	1970	1312	600	253	-	-	Hrunin í 850 m
10	Dofri	1975	1809	598***	296	90	18	Steypt í holuna
11	Jötunn	1979	1923	620***	320	29	24	Nýtt af Kísiliðju og Gufustöð
12	Jötunn	1980	1996	686***	310	22	18	Nýtt af Kísiliðju og Gufustöð

Forborað var með Höggbor-3 í holur nr. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 og 12.

* í upphafi blásturs

** Við 5 bar 24.6. 1984

*** Raufaður leiðari í botn.

KRAFLA

Jarðhitasvæðið sem kennt er við fjallið Kröflu er í Skútustaðahreppi í Suður-Þingeyjarsýslu og liggur í 400-600 m hæð. Samgöngur eru góðar. Til Húsavíkur eru 67 km og 13 km að Reykjahlíð við Mývatn. Meginhluti Kröflusvæðisins er sléttlendi og liggur vel við vinnslu. Núverandi vinnslusvæði liggur nokkuð hátt, t.d. er stöðvarhúsið í Kröflu í 470 m hæð.

Elstu jarðmyndanir eru hraunlög frá hlýskeiðum og móberg og líparít myndað undir jöklum á seinni hluta Ísaldar. Móbergið er að mestu í hryggjum er stefna N-S eins og brot frá nútíma, en líparítið er að mestu hraungúlar, t.d. Hlíðarfjall, Jörundur, Hrafninnuhryggur o.fl. Ísúrt gjóskuberg er talið vera tengt gosum í eða við jaðra Kröflu-

öskjunnar, og er það frá síðasta hlýskeiði (100.000 ára) og trúlega þá einnig myndun öskjunnar (Guðmundur Guðmundsson o.fl. 1971, Kristján Sæmundsson o.fl. 1975). Raunar eru líkur á að yngri askja liggi norðan við þessa og sé mynduð fyrir 12-20.000 árum (Kristján Sæmundsson 1982). Miklar brotahreyfingar hafa orðið á þessu sprungubelti eftir ísöld, en jarðhitasvæðið liggur í austurhluta þess. Eldvirkni er talsverð og kemur í hrinum á nokkurra alda fresti. Síðan jökla leysti hafa orðið um 10 sprungugos á Kröflusvæðinu, eða álíka mörg og á Námafjallssvæðinu (Kristján Sæmundsson o.fl. 1975). Mývatnseldar stóðu 1724-1729 og rann þá hraun frá gígum innan Kröfluöskjunnar og suður í Mývatn, eða um 12 km leið. Mikil jarðskjálftavirkni hefur verið öðru hvoru á þessu svæði eins og glöggst kemur fram í annálum (Þorvaldur Thoroddsen 1899-1905, Eysteinn Tryggvason 1973). Fjölmargar greinar hafa verið ritaðar um umbrotin er hófust 1975, en þau skrif verða ekki rakin hér (sjá t.d. Axel Björnsson 1976, Axel Björnsson o.fl. 1979). Smáskjálftar eru tíðir. Fylgst er náið með þeim, því greinilegt samband er milli fjölda skjálfta, landsigs og stundum eldgosa á svæðinu. Á um 3 km dýpi innan Kröfluöskjunnar, hefur deyfing á S-bylgjum verið túlkuð sem kvikuhólf (Páll Einarsson 1978). Jarðhiti og ummyndun eru á 30-35 km² svæði (Guðmundur Guðmundsson o.fl. 1971), en virkur yfirborðshiti er á talsvert minna svæði eða 16-18 km².

Talið er að minnst þrjú aðal-uppstreymissvæði (vinnslusvæði) séu þarna, Leirhnúkur, Hveragil og Suðurhlíðar Kröflu (og Hvíthólaklif?) (Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1980). Jarðhitakerfið er sumsstaðar tvískipt niðurávið og talað er um efra og neðra kerfi. Hiti í efra kerfinu er um 200°C, en í neðra kerfinu, þ.e. neðan við 1100-1500 m, er 300-350°C hiti og er það í suðu og fylgir hitinn suðumarksferli (sjá Valgarður Stefánsson 1980b og 1981).

Mikið hefur verið unnið í efnafræði á Kröflusvæðinu og mest í sambandi við gerð líkans af jarðhitakerfinu. Safnað hefur verið kerfisbundið úr gufuaugum á uppstreymissvæðunum og fylgst er með efnabreytingum á jarðhitavökva í gufuaugum og borholum (Gestur Gíslason og Stefán Arnórsson 1976, Gestur Gíslason o.fl. 1978, Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1980). Við upphaf núverandi umbrota mengaðist hluti af jarðhitakerfinu það mikið af kvikugasi (einkum koldíoxíði) að gufan varð illnýtánleg fyrir Kröfluvirkjun (Gestur Gíslason og Stefán Arnórsson 1976, Niels Óskarsson 1978). Vinnslusvæðið í suðurhlíðum Kröflu virðist hafa orðið fyrir minnstum áhrifum af völdum elds-umbrotanna (Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1980), og ekki virðast áhrif þeirra hafa náð suður í Hvíthólaklif.

Miklar jarðeðlisfræðilegar mælingar hafa verið gerðar í Kröflu og eru margar aðferðirnar nýjar af nálinni. Sé miðað við 10 Ohmm jafnvíðnámslínu á 600-800 m dýpi er flatarmál svæðisins 7 km² (Ragna Karlsdóttir o.fl. 1978, Freyr Þórarinnsson 1980). Lágviðnám (1-10 ohmm) er í efra kerfinu, en þar neðanvið er hátt viðnám. Lágviðnáms-svæðið í Kröflu er ílangt í stefnu NV-SA (120°A) og kemur sú stefna einnig fram í flugsegulmælingum, sjálfspennu- og þyngdarmælingum, en suðurmörkin eru skörp og hefur sú tilgáta komið fram að þar sé verulegt misgengi (öskjusig) er stjórni einnig vatnsrennsli á svæðinu (Freyr Þórarinnsson 1980). Þyngdarmælingar voru fyrst gerðar á Norðausturlandi 1938 (Niemczyk 1943) og eftir að umbrotin í sprungubeltinu hófust 1975 hefur verið hæðar- og þyngdarmælt þar oft á ári til þess

að fylgjast með hæðar- og massabreytingum (kvikuhlaupum) innan Kröflu-
öskjunnar (Gunnar V. Johnsen 1979, Gunnar V. Johnsen o.fl. 1980).

Jarðgufa er notuð til raforkuframleiðslu í Kröfluvirkjun sem hóf
starfsemi sína í lok ársins 1977. Í árslok 1984 var framleiðslan um
30 MW en virkjunin er hönnuð fyrir 60 MW. Önnur nýting er ekki
fyrirhuguð á þessu jarðhitasvæði ennþá. Boðanir hófust árið 1974 og er
yfirlit yfir þær í töflu 6.

TAFLA V.5-6 Skrá yfir borholur í Kröflu

Hola nr	Bortæki	Ár	Dýpi m	Fóðring m	Hámarks- hiti °C	Heildar- rennsli kg/s	Gufurensli** v.6 ata kg/s	Athugasemd
KW-1	Wabco	1974	1138	296*	298	6	4,2	Skemmd/Ranns.hola
KW-2	Wabco	1974	1204	298*	220	40	-	Stifluð/Ranns.hola
KG-3	Dofri	1975	1740	604*	320	65	13,0	Skemmd
KJ-3A	Jötunn	1983	985	0*	210	25	-	Tengd virkjun
KG-4	Dofri	1975	2002	594	314	-	-	Ónýt
KG-5	Dofri	1975	1299	643	312	19	-	Tengd virkjun
KJ-6	Jötunn	1976	2000	576*	344	7,0	5,0	Tengd virkjun
KJ-7	Jötunn	1976	2165	808*	344	7,7	7,5	Tengd virkjun
KG-8	Dofri	1976	1658	537*	304	25	-	Ekki tengd
KJ-9	Jötunn	1976	1101	0*	215	25	-	Ekki tengd
KJ-9	Jötunn	1977	1263	1074*	290	65	18,5	Tengd virkjun
KJ-9	Jötunn	1982	1280	1074*	260	36	5,0	Ekki tengd
KG-10	Dofri	1976	2082	805*	320	50	19,0	Stifluð
KJ-11	Jötunn	1976	2217	1250*	320	5,0	3,5	Tengd virkjun
KG-12	Dofri	1978	2222	985*	340	6,5	6,5	Tengd virkjun
KJ-13	Jötunn	1980	2050	1065*	340	5,5	5,5	Skáhola tengd virkjun
KJ-13	Jötunn	1983	1780	1065*	330	6,3	6,0	Tengd virkjun
KJ-14	Jötunn	1980	2107	705*	340	15,5	15,0	Tengd virkjun
KJ-15	Jötunn	1980	2097	1093*	340	4,0	3,8	Tengd virkjun
KJ-16	Jötunn	1981	1981	669*	280	5,0	3,2	Tengd virkjun
KJ-17	Jötunn	1981	2190	692*	290	11,0	4,0	Tengd virkjun
KJ-18	Jötunn	1981	2215	669	280	-	-	Ekki vinnsluhæf
KJ-19	Jötunn	1982	2150	649*	340	9,0	8,5	Tengd virkjun
KJ-20	Jötunn	1982	1823	646*	305	13,5	6,5	Skáhola tengd virkjun
KJ-21	Jötunn	1982	1200	273*	260	42	16,5	Tengd virkjun
KJ-22	Jötunn	1983	1877	565*	260	21	4,0	Skáhola tengd virkjun
KJ-23	Jötunn	1983	1968	536	250	-	-	Ekki vinnsluhæf

Forborað var með Höggbor-3 í öllum holum nema Höggbor-5 í holu nr. 18.

* Raufaður leiðari í botn.

** Malt á fyrsta mánuði í blæstri.

BEISTAREYKIR

Beistareykir eru í Aðaldælahreppi í Suður Þingeyjarsýslu, en eigendur beistareykjalands eru Aðaldæla- og Reykdælahreppar. Jarðhitasvæðið liggur í 320-560 m hæð og eru samgöngur samslegar. Frá beistareykjum eru 18 km að Kísilvegnum á Hólasandi og 11 km að gamla Reykjaheidarveginum milli Húsavíkur og Kelduhverfis. Svæðið er að meginhluta slétt hraun, helstu fjöll eru Bæjarfjall (561 m) og Ketilfjall (550 m). Svæðið er vel aðgengilegt til vinnslu.

Á vegum Orkustofnunar var unnið að rannsóknum á beistareykjum 1972-1974 en rannsóknir lágu alveg niðri til ársins 1981. Þá var þráðurinn tekinn upp að nýju og var yfirborðsrannsóknum haldið áfram 1982 og er svæðið tilbúið fyrir rannsóknarboranir (Gestur Gíslason og fl. 1984).

Beistareykjasvæðið er virk megineldstöð. Elstu jarðmyndanir á svæðinu eru frá seinni hluta Ísaldar. Lambafjöll marka vesturjaðar þess sprungubeltis er jarðhitasvæðið telst til, en jarðhitinn er að mestu í austurjaðri þess. Súrt berg er fremur lítið, en í Mælifelli og lágum hól þar norðanvið er líparít, líklega myndað á síðasta jökulskeiði. Gosvirkni hefur verið lítil á nútíma, og yngsta hraunið á svæðinu (Beistareykjahraun) er aðeins yngra en 2900 ára skv. öskulagarannsóknunum (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975, Gestur Gíslason o.fl. 1984). Alls hefur gosið um 14 sinnum í og við þetta sprungubelti eftir Ísöld. Árið 1968 voru engir smáskjálftar á svæðinu (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971). Stórir skjálftar eru tengdir s.k. Húsavíkurmisgengjum (lárétt og lódrétt færsla) sem liggja til NV frá sprungubeltinu í átt til Húsavíkur. Miklar hreyfingar urðu á Húsavíkurmisgengjunum árið 1872. Þá komu fram miklar sprungur norðan við Húsavík (Þorvaldur Thoroddsen 1899-1905, sjá einnig samantekt í Gestur Gíslason o.fl. 1984). Jarðhiti á yfirborði nær yfir 10 km², og ásamt ummyndun þekur hann 19 km². Þá er tekin með gömul ummyndunarskella vestur undir Lambafjöllum. Virkur jarðhiti er mest gufuaugu og leirhverir. Grunnvatnsborð er á um 30 m dýpi skv. viðnámsmælingum (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975), en yfirborðsvatn er lítið.

Viðnámsmælingar voru gerðar á stórum hluta svæðisins á árunum 1972 og 1973 og síðan bætt við þær 1981 og 1982. Samkvæmt niðurstöðum þeirra markar 10 ohmm jafnvíðnámslína við sjávarmál (300 m undir yfirborði), um 18 km² og teygist úr svæðinu til norðurs (Gestur Gíslason o.fl. 1984). Norðan undir Bæjarfjalli markar 15 ohmm jafnvíðnámslína 6-8 km² svæði og fellur segullægð (skv. flugsegulmælingum 1974) vel við það. Undir lágviðnámslaginu, á 400-600 m dýpi, kemur fram lag með herra viðnámi, 100-300 ohmm. Með samanburði við niðurstöður efna greininga virðist þetta háa við nám stafa af suðu í bergi (Gestur Gíslason o.fl. 1984). Samkvæmt þyngdarmælingum er lögð í þyngdar sviðinu í tengslum við sprungubeltið og önnur er tengd Húsavíkurmisgengjunum (Gestur Gíslason o.fl. 1984). Árin 1966, 1968 og 1973 var mæld innrauð hitageislun á svæðinu og voru þau gögn höfð til hlíðsjónar við vinnu þar 1981-1983.

Niðurstöður efnagreininga benda til tveggja uppstreymisstaða. Annað er norðan undir Bæjarfjalli og hitt minna vestan undir Ketilfjalli. Efnasamsetning gufu bendir til allt að 280-310°C hita og virðist vatnsleiðni bergs meiri vestan undir Ketilfjalli en norðan undir Bæjarfjalli (Gestur Gíslason o.fl. 1984).

Engin nýting er á jarðhita á svæðinu, en á 17. og 18. öld var unninn brennisteinn á Þeistareykjum og fluttur út. Borholur eru engar á svæðinu.

ÓVISS HÁHITASVÆÐI

Undir "óviss háhitasvæði" falla þau svæði þar sem grunur leikur á að háhita sé að finna. Hér á eftir verða þessi svæði talin upp og þær ástæður sem valda því að athyglin hefur beinst að þeim. Það er þessum svæðum flestum sameiginlegt að þau liggja afskekkt, yfirleitt hafa litlar rannsóknir farið þar fram og ekkert verið borað nema í Prestahnúki.

Lágviðnámsvæði á Reykjanesi

a) Stóra Sandvík (Hafnasandur) er í Hafnahreppi og er skammt frá byggð. Svæðið liggur í 0-30 m hæð og er vel aðgengilegt til vinnslu. Lágviðnámsvæði kemur fram í viðnámsmælingum á svæði sem er um 8 km suður af Höfnum á Reykjanesi. Þetta svæði kom fram í mælingum sem gerðar voru til könnunar á ferskvatnslínu er flýtur ofaná jarðsjó á Reykjanesi (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978, Lúðvík S. Georgsson og Helga Tulinius 1983). Lágt við nám kemur fram á um 10 km² svæði (miðað við 5 ohmm jafnviðnámslínu) og er reiknað með allt að 175°C hita þarna skv. viðnámsmælingum (Lúðvík S. Georgsson og Helga Tulinius 1983). Svæði þetta er í vesturjaðri Reykjanessprungubeltsins og hafa engar boranir verið gerðar þar. Ekkert heitt vatn er á yfirborði svo vitað sé.

b) Snorrastaðatjarnir eru um 7 km norður af jarðhitasvæðinu í Svart-sengi og tilheyra Vatnsleysustrandarhreppi. Svæðið liggur við veginn að Svartsengi og Grindavík í um 20 m hæð og er vel aðgengilegt. Lágvið nám kom fram í mælingum þarna (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978, Lúðvík S. Georgsson 1979), en í efnagreiningum af vatni á svæðinu varð ekki vart við áhrif jarðhita.

Þorvaldur Thoroddsen getur þess í Ferðabók sinni (1958) að hann hafi séð gufur stíga úr "hvernum fyrir ofan Vogastapa" en enginn hiti hefur fundist þarna í seinni tíð né önnur ummerki. Í viðnámsmælingum sem gerðar voru þarna 1981-1982 kom fram að lágt eðlisvið nám (5-8 ohmm) er í efstu 200-400 m á þessu svæði og mun herra neðar (Lúðvík S. Georgsson og Helga Tulinius 1983). Þarna er því ekki líklegt að leynt háhitasvæði.

c) Þórðarfell er einnig í sama sprungubelti og Reykjanessvæðið, en um 10 km norðaustar. Það tilheyrir Grindavíkurehreiði og er mjög aðgengilegt til vinnslu þótt vegasamband sé ekki sérlega gott. Þetta svæði kom einnig fram í viðnámsmælingum (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978, Lúðvík S. Georgsson 1979), en hvorki er hiti þar á yfirborði svo

vitað sé, né ummyndun. Svæðið liggur í 40-60 m hæð í austurjaðri sprungubeltisins og er að mestu undir nútímahraunum. Í viðnámsmælingum sem gerðar voru 1981-1982 kom í ljós að lágt viðnám er aðeins í efstu 200-400 m en fer hækkandi neðar (Lúðvík S. Georgsson og Helga Tulinius 1983). Þarna er því líklega ekki háhitasvæði.

d) Fagradalsfjall er um 7 km austan við Svartsengi og tilheyrir Grindavíkurhreppi. Svæðið er í um 100 m hæð og er fremur aðgengilegt til vinnslu. Slæmir jeppaslóðar liggja inn á svæðið. Þetta svæði kom fram í viðnámsmælingum (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978, Lúðvík S. Georgsson 1979) en ekki er þar hiti né ummyndun á yfirborði svo vitað sé. Í viðnámsmælingum sem gerðar voru 1981-1982 var staðfest að þarna er lágviðnámssvæði og hiti skv. viðnámsmælingum allt að 175°C á 1-2 km² svæði (Lúðvík S. Georgsson og Helga Tulinius 1983). Þetta svæði er í framhaldi af Eldvörpum-Svartsengi og því ekki ólíklegt að þarna sé jarðhiti, en þörf er rannsóknarborana til að staðfesta það. Svæðið liggur ekki í vel afmörkuðu sprungubelti, en er talsvert brotið. Stór hluti svæðisins liggur undir nútímahraunum.

Prestahnúkur

Prestahnúkur er í Borgarfjarðarsýslu. Engir vegir eru inn á svæðið en þangað má komast á jeppa. Suðvestan í Prestahnúk (1223 m) hefur fundist 94°C heit gufa í 940 m hæð (Ingvar B. Friðleifsson, munnl. uppl.). Prestahnúkur er úr líparíti (perlusteini), myndaður seint á ísöld, en umhverfið er að mestu leyti móberg. Engar nútíma gosmínjar eru á svæðinu. Sennilega er megineldstöð suðvestan í Langjökli og tilheyrir Prestahnúkur henni. Þetta landssvæði hefur lítið verið skoðað (um Prestahnúk sjá Gylfa Þ. Einarsson 1975).

Árið 1968 varð vart við smáskjálftavirkni á þessu svæði (Ward og Sveinbjörn Björnsson 1971) og var lengi vel engin skýring á henni en smáskjálftar eru að mestu bundnir við háhitasvæðin. Sé það rétt að undir suðvesturhluta Langjökuls sé háhitasvæði, skýrir það smáskjálftavirknina.

Engar jarðeðlisfræðilegar mælingar né efnafræðiathuganir hafa farið fram á svæðinu er varpað gætu frekara ljósi á tilveru þessa jarðhitasvæðis. Árið 1971 voru boraðar þrjár grunnar holur (20 m, 25 m og 50 m) vestan við Prestahnúk vegna athugana á perlusteini. Úr þeim komu tugir lítra af allt að 29°C heitu vatni.

Erfitt er að gefa upp stærð þessa svæðis vegna þess hve lítið er um það vitað, en 1 km² er talin vera lágmarksstærð. Um það bil helming þess má telja aðgengilegan til vinnslu.

Tindfjallajökull

Tindfjallajökull er í Rangárvallasýslu og liggur fremur afskekkt, en svæðið þar sem einhvern hita er að finna er í nál. 400 m hæð. Engir vegir eru inn á svæðið. Segja má að þetta svæði sé fremur illa aðgengilegt.

Stór megineldstöð er undir Tindfjallajökli og í tengslum við hana er mikið af súru bergi og greinilegt öskjusig. Þar sem háhitasvæði eru oft í tengslum við stórar megineldstöðvar hefur verið talið mögulegt

að háhitasvæði kunni að vera í Tindfjöllum. Hiti er suðaustan í Tindfjöllum, í svonefndu Hitagili, en er aðeins 40°C og ekki eru til góðar efnagreiningar á vatni þaðan. Jarðfræði svæðisins hefur verið nokkuð lýst af Kunský (1950), Kunský og Zdeněk (1940) og Larsen (1979), en engin jarðhitaleit hefur farið fram.

Hvorki efnafræðiathuganir né jarðeðlisfræðiathuganir hafa verið gerðar, sem varpa frekara ljósi á þetta svæði.

Hofsjökull

Hofsjökull skiptir þremur sýslum, Árnes-, A-Húnavatns- og Skagafjarðarsýslu. Hæst nær hann í 1765 m og er illfært að jökuljöðrum víðast hvar.

Hofsjökull er virk megineldstöð og á nútíma hefur gosið í norðurjaðri hans, en söguleg gos eru engin. Súrt berg hefur fundist í Arnarfelli hinu mikla og greinilegt öskjusig er í miðjum jöklinum (Kristján Sæmundsson 1982). Trúlega eru jarðlög flest mynduð við gos undir jökli og hefur fjallabáلكurinn hlaðist upp að mestu á seinni hluta ísaldar.

Það sem vekur grun um að Hofsjökull sé háhitasvæði er tvennt. Í fyrsta lagi er að þarna er virk megineldstöð og í öðru lagi eru heitar laugar (68°C) við Nauthaga, sunnan við jökulinn. Úr laugunum voru tekin vatnssýni árið 1975 og bendir efnasamsetning þeirra til þess að laugarnar við Nauthaga séu afrennsli frá háhitasvæði (Einar Gunnlaugsson, munnl. uppl.).

Engar jarðeðlisfræðilegar athuganir hafa verið gerðar er hjálpa til við mat á stærð svæðisins.

Blautakvísl

Blautakvísl rennur austan við Þóristind, í Tungná og er í Rangárvallasýslu. Svæðið sem um ræðir liggur í 520-580 m hæð og eru samgöngur slæmar.

Á vegum Vatnsorkudeildar Orkustofnunar hefur talsvert verið unnið að jarðfræðiathugunum á þessu svæði, en lítið hugað að jarðhita. Jarðfræðin einkennist af gömlum móbergshryggjum og fáein nútímahraun liggja að svæðinu. Söguleg gos hafa ekki orðið á þessu svæði svo vitað sé, en miklir vikrar eru þar. Það sem talið var benda til háhita voru mjög miklar breiður af hverahrúðri (Guðmundur Kjartansson 1962), sem benda til þess að einhverntíma á nútíma hefur mikil hveravirkni verið á þessu svæði. Stærð svæðisins er mörkuð af útbreiðslu hverahrúðursins og telur eina 7 km². Hverahrúðrið er ekki samfellt heldur er það á tveimur stöðum, austanundir Þóristindi og svo um 4 km austan við ármót Tungnár og Blautukvíslar, upp með Blautukvísl og Útkvísl. Þetta var athugað 1984 og reyndist um kalkhrúður að ræða engin ummyndun fannst og er þetta ekki talið líklegt háhitasvæði. Engar jarðeðlisfræðilegar né efnafræðilegar athuganir hafa farið fram á þessu svæði.

Þórðarhyrna

Þórðarhyrna (1659 m) er í Vestur-Skaftafellssýslu. Svæðið sem hér um ræðir er hulið jökli og því óaðgengilegt með öllu til vinnslu og fremur illfært yfirferðar.

Að því er best verður séð er Þórðarhyrna og umhverfi virk megineldstöð, t.d. er Þórðarhyrna úr líparíti. Gos var á þessum slóðum 1903. Um eldvirkni liðinna alda er minna vitað, en þar eð þetta svæði liggur afskekkt er ekki ólíklegt að gos þarna hafi verið eignuð Grímsvötnum. Lítið er vitað um skjálfta á þessu svæði. Kristján Sæmundsson og Haukur Jóhannesson (1980) minnst á að háhitasvæði sé trúlega undir jöklinum í grennd við Þórðarhyrnu og geta sér til að fúll lækur er rennur í Grænalón sé afrennsli þaðan. Úlkeldur og kaldhrúður austast í Grænafjalli telja þeir af sama toga.

Um efnafræði vatnsins er ekkert vitað og engar jarðeðlisfræðilegar athuganir hafa verið gerðar er koma til hjálpar við mat á stærð svæðisins. Nýting er engin og boranir engar í nágrenni við svæðið.

Jökulskálar vestan Grímsvatna

Á milli Grímsvatna og Hamarsins má sjá, t.d. á gervitunglamyndum, nokkuð greinilega röð af sigkötlum eða sigskálum í jöklinum (Sigurður Þórarinnsson o.fl. 1973). Eftir þessu hafði verið tekið í sambandi við jökulhlaup í Skaftá (Sigurður Þórarinnsson og Sigurjón Rist 1955). Þessar jökulskálar tilheyra Vestur Skaftafellssýslu og liggja í á að giska 1100-1500 m hæð, og er svæðið alveg óaðgengilegt til vinnslu.

Ekki fara sögur af eldvirkni þarna enda hafa öll gos á þessum stað í Vatnajökli verið heimfærð upp á Grímsvötn, þó svo vel geti verið að gosið hafi víðar.

Jökulskálarnar eru 100-150 m djúpar og virðast dýpka og stækka við hlaup í Skaftá. Getum hefur verið leitt að því að þarna kunni að vera jarðhitasvæði, en önnur rök en skálarnar sjálfar eru ekki fyrir hendi.

Hrúthálsar

Hrúthálsar eru í Suður Þingeyjarsýslu, 15 km norð-norðvestur af Herðubreið og 30 km norð-norðaustur af Öskju. Hrúthálsar ná í 1050 m hæð en svæði það sem hér um ræðir er í 1000-1100 m hæð. Engir vegir liggja þangað.

Hrúthálsar eru móbergsfjöll og við athuganir þar 1984 fannst súrt berg. Hraun mikil hafa runnið upp að fjöllunum og eru nútímaeldstöðvar á sjálfu svæðinu. Lítið er vitað um skjálftavirkni. Jarðhiti er enginn á yfirborði en Barth (1950) getur þess að þarna séu gufuaugu og brennisteinshverir. Á yfirborði eru miklar útfellingar af brennisteini og gífsi, en bergið er mikið ummyndað.

Gjástykkí

Gjástykkí er sigdalur í sprungubelti því sem kennt er við Kröflu og er svæðið að hálfu í Suður- og að hálfu í Norður-Þingeyjarsýslu. Svæðið er í 400-500 m hæð, undir sléttum hraunum og er vel aðgengilegt til vinnslu.

Allt svæðið er hulið nútímahraunum. Oft hefur gosið þar síðan umbrot hófust í sprungubeltinu 1975. Örnefni á svæðinu, svo sem Hrutafjalla-hitur, Hituhólar o.þ.h. benda til hita fyrr á öldum. Svæðið er mjög sprungið og er jarðhitinn (að mestu gufa) aðallega bundinn við ung brot. Útbreiðsla jarðhitans á yfirborði hefur verið kortlögð af Oddi Sigurðssyni (munnl. uppl. Oddur Sigurðsson 1981). Skjálftar eru algengir á svæðinu.

Litlar jarðeðlisfræðilegar athuganir hafa verið gerðar er koma að notum við mat þessa svæðis. Jarðefnafræðilegar rannsóknir eru nær engar, enda er það mest vatnsgufa sem upp stígur úr sprungunum. Nýting er engin og engar boranir.

Öxarfjörður

Það svæði sem um er að ræða í Öxarfirði liggur í Keldunes- og Öxarfjarðarhreppum í Norður-Þingeyjarsýslu. Hluti þess liggur undir sjó, en á landi nær það lítið hærra en í 40-50 m hæð. Sá hluti sem liggur á landi er sléttlendur og má segja að meiri hluti svæðisins sé vel aðgengilegur til vinnslu.

Þetta svæði er að litlum hluta hulið nútímahraunum en mestur hluti þess liggur undir vatnaseti sem komið hefur fram með hinum stóru ám á svæðinu, og að einhverju leyti er það sjávarset. Engar nútíma-eldstöðvar eru á svæðinu, þær næstu eru í 11 km fjarlægð. Svæðið er mikið brotið og urðu miklar hreyfingar á sprungum í Öxarfirði í upphafi umbrotahrinnunar er hófst í þessu sprungubelti árið 1975. Jarðskjálftar eru algengir á þessu svæði og getur þess ósjaldan á blöðum sögunnar að jarðhræringar trufla fólk í Öxarfirði. Til dæmis varð mikill skjálfti árið 1885 og sprakk jörð víða, hrundu hús og grunnvatn gaus 50-60 faðma á söndunum (Þorvaldur Thoroddsen 1899-1905). Jarðhiti er eingöngu sem vatnshverir og laugar og er hitastig allt að 90°C (Valgarður Stefánsson 1977). Svæðið er í sama sprungubelti og Krafla.

Viðnámsmælingar hafa verið gerðar á Öxarfjarðarsvæðinu (óbirt gögn Orkustofnunar). Í þessum mælingum kemur fram mjög lágt viðnám (1-2 ohm) á talsvert stóru svæði og hefur það verið túlkað sem mögulegt háhitasvæði. "Alkalihiti" vatns á svæðinu er 150-200°C (Valgarður Stefánsson 1977). Stærð þessa svæðis er 42 km² ef dæmt er eftir jarðhita á yfirborði en rúmfr. er 20 km², ef stuðst er við 10 ohm² jafnviðnámslínu á 600 m dýpi. Stærð þessa svæðis er því metin 30 km².

Niðurstöður jarðefnafræðilegra athugana eru í samræmi við niðurstöður viðnámsmælinga um að undir söndunum sé háhitasvæði. Líklegur hiti djúpvökva er um 200°C og er jarðhitavökvinn fremur saltur (>1000 ppm Cl). Heita vatnið er notað í hitaveitur fyrir einstaka bæi og í fiskeldi. Ekkert hefur verið borað á svæðinu.

Kolbeinsey

Kolbeinsey liggur rúmlega 100 km norður af Siglunesi og telst ekki til neinnar sýslu. Jarðhitasvæði hefur fundist þar og er réttvísandi mið í Kolbeinsey 3,6 sjómíllur og 11° . Upplýsingar um þetta svæði eru frá Jóni Ólafssyni á Hafrannsóknarstofnun.

Kolbeinsey liggur á Kolbeinseyjarhrygg, sem er virkur hluti af Mið-Atlantshafshryggnum. Bergið í Kolbeinsey er frekar óvenjulegt basalt (Haraldur Sigurðsson og Brown 1970), en ekki hefur verið getið um súrt berg á þessu svæði. Hiti sjávarins er eitthvað yfir meðallag sjávarhita á þessu hafsvæði. Hitasvæðið er a.m.k. nokkur hundruð metrar í þvermál og er dýptin á það 90 m þar sem grynnt er, en haf-dýpið umhverfis er 220 m. Sýni sem tekin voru úr sjónum árið 1979 og 1981 sýndu óvenju hátt magn af kísli, brennisteinssamböndum og málmum. Bestu sýnin er náðust voru af 60 m dýpi og gætir þar vafalaust mikillar blöndunar við sjóinn umhverfis. Mikið var af loftbólum í sjónum á svæðinu.

Þess eru mörg dæmi að jarðhitasvæði finnast á hafsvæðum og er Galapagos jarðhitasvæðið vafalaust þekktast, en í Atlantshafinu er t.d. getið um jarðhitasvæði á 26° N (Jenkins o.fl 1980). Það er því líklegt að fleiri jarðhitasvæði finnist á hafsbotnum í framtíðinni.

HEIMILDASKRÁ

- Axel Björnsson, Jens Tómasson og Kristján Sæmundsson 1974: Hengilssvæðið. Staða jarðhitarannsókna vorið 1974. Orkustofnun, OS-JHD-7415, 9 s.
- Axel Björnsson 1976: Jarðhræringar við Kröflu. Náttúrufræðingurinn, 46: 177-198.
- Axel Björnsson og Oddur Sigurðsson 1978: Hraungos úr borholu í Bjarnarflagi. Náttúrufræðingurinn, 78: 19-23.
- Axel Björnsson, Gunnar V. Johnsen, Sven Sigurðsson, Gunnar Þorbergsson og Eysteinn Tryggvason 1979: Rifting of the plate boundary in north Iceland 1975-1978. Journ. Geophys. Res., 84, B6: 3029-3038.
- Barth, T.W. 1950: Volcanic geology, hot springs and geysers of Iceland. Carnegie Inst. of Washington, Publ. 587, Washington: 174 s.
- Benedikt Steingrímsson og Valgarður Stefánsson 1979. Nesjavellir - Hitastig og þrýstingur í jarðhitasvæðinu. Orkustofnun OS79032/JHD15: 31 s.
- Bragi Árnason, Páll Theodórsson, Sveinbjörn Björnsson og Kristján Sæmundsson 1969: Hengill, a high temperature thermal area in Iceland. Bull. Volc. 33-1: 245-260.
- Chaturvedi, Lokesh og Guðmundur Pálmason 1967: Interpretation of an infrared imagery of Mývatn area. Orkustofnun, Jarðhitadeild: 16 s.
- Eysteinn Tryggvason 1973: Seismicity, earthquake swarms and plate boundaries in the Iceland region. Bull. Seismol. Soc. Am. 63, 4: 1327-1348.
- Eysteinn Tryggvason 1982: Nokkrar hugleiðingar um Grímsvötn, mesta jarðhitasvæði jarðar: Í "Eldur er í Norðri" afmælisrit helgað Sigurði Þórarínssyni sjötugum. Sögufélagið: 29-35. Reykjavík.
- Foulger G. R. og Páll Einarsson 1979. Recent earthquakes in the Hengill-Hellisheiði area in SW-Iceland. Raunvísindastofnun Hásk. RH-79-5: 17 s.
- Foulger G. R. 1984: The Hengill Geothermal Area: Seismological studies 1978-1984. RH-07-84, OS-84073/JHD-12, 196 s.
- Freyr Þórarínsson 1980: KRAFLA - Viðnámsmælingar með fjórþólsaðferð sumarið 1979. Orkustofnun, OS80013/JHD07: 54 s.
- Freysteinn Sigurðsson, Freyr Þórarínsson, Snorri P. Snorrason, Kristján Ágústsson og Guttormur Sigbjarnarson 1978: Intergrated hydrological survey of a freshwater lens. Orkustofnun OS-JKD-7806: 14 s.

- Friedman, J.D., Williams, R.S. jr., Sigurður Thorarínsson, og Guðmundur Pálmason, 1972: Infrared emission from Kverkfjöll subglacial volcanic and geothermal area, Iceland. *Jökull*, 22: 27-43.
- Gestur Gíslason og Stefán Arnórsson 1976: Framvinduskýrsla um breytingar á rennsli og efnainnihaldi í borholum 3 og 4 í Kröflu. Orkustofnun, OS-JHD-7640: 9 s.
- Gestur Gíslason, Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1978: Krafla - Hitaástand og gastegundir í jarðhitakerfinu. Orkustofnun, OS-JHD-7846: 45 s.
- Gestur Gíslason, Gunnar V. Johnsen, Halldór Ármannsson, Helgi Torfason og Knútur Árnason 1984: Þeistareykir - Yfirborðsrannsóknir á jarðhitasvæðinu. Orkustofnun OS-84089/JHD-16, 134 s.
- Guðmundur Guðmundsson, Guðmundur Pálmason, Karl Grönvold, Kristján Sæmundsson og Stefán Arnórsson 1971: Námafjall-Krafla. Áfangaskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðisins. Orkustofnun JHD, 81 s.
- Guðmundur Kjartansson 1962: Jarðfræðikort af Íslandi blað 6. - Mið-Suðurland. Menningarsjóður, Reykjavík.
- Guðmundur Kjartansson 1965: Jarðfræðikort af Íslandi, blað 5, - Mið-Ísland. Menningarsjóður, Reykjavík.
- Guðmundur Pálmason 1962: Hiti í borholum á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn*, 32: 102-112.
- Guðmundur Pálmason 1964: Gravity measurements in the Grímsvötn Area. *Jökull*, 14: 61-66.
- Guðmundur Pálmason 1980: Jarðhiti á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn*, 50: 145-156.
- Guðmundur Pálmason, J.D. Friedman, R.S. Williams jr., Jón Jónsson og Kristján Sæmundsson 1970: Aerial infrared surveys of Reykjanes and Torfajökull thermal areas, Iceland, with a section on cost of exploration surveys. *Geothermics* (1970) special Issue 2, 1: 399-412.
- Guðmundur E. Sigvaldason 1964: Some geochemical and hydrothermal aspects of the 1961 Askja eruption. *Beitr. zur Mineral. Petrogr.* 10: 263-274.
- Guðmundur E. Sigvaldason 1965: The Grímsvötn thermal area. Chemical analysis of Jökulhlaup water. *Jökull*, 15: 125-128.
- Guðrún Larsen 1982: Basaltiske spalte udbrud af explosiv karakter fra Torfajökull-Veiðivötn spalte sværmen i Syðisland. í: "Abstracts 15. Nordiske Geologiske Vintermöde", 5.-8. janúar 1982: 2-3. Reykjavík.

- Guðrún Larsen og Sigurður Þórarinnsson 1977: H_4 and other acid Hekla tephra layers. *Jökull*, 27: 28-41.
- Guðrún Larsen, Karl Grönvold og Sigurður Þórarinnsson 1979: Volcanic eruption through a geothermal borehole at Námafjall, Iceland. *Nature*, 278, 5706: 707-710.
- Gunnar Böðvarsson 1956: Natural Heat in Iceland. Paper 197 K/8, 5th World Power Conference in Vienna: 16 s.
- Gunnar V. Johnsen 1979: Hæðar- og þyngdarmælingar á Kröflu- og Námafjallssvæðinu. Orkustofnun OS79010/JHD04: 98 s.
- Gunnar V. Johnsen, Axel Björnsson og Sven Sigurðsson 1980: Gravity and elevation changes caused by magma movement beneath the Krafla caldera, Northeast Iceland. *Journ. Geophys*, 47: 132-140.
- Gylfi Þ. Einarsson 1975: Jarðfræði Prestahnúks. Prófrítgerð til BS prófs við Háskóla Íslands: 45 s.
- Gylfi Páll Hersir 1980: Electric and electromagnetic measurements across the Mid-Atlantic ridge in Southwest-Iceland, with special reference to the high temperature area of Hengill. Specialarbejde, Lab. For Geophysic Aarhus Universitet, Danmörk: 165 s.
- Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1980: Krafla - Samsetning gass í gufuaugum. Orkustofnun, OS80027/JHD16: 51 s.
- Haraldur Sigurðsson og Brown, G.M. 1979: An unusual enstatite-forsterite basalt from Kolbeinsey island, north of Iceland. *J. Petol.*, 11, 2: 205-220.
- Haraldur Sigurðsson og Sparks, R.S.J. 1978: Rifting episode in north Iceland 1874-1875 and the eruptions of Askja and Sveinagjá. *Bull. Volc.*, 41-3: 149-167.
- Helgi Björnsson 1974: Explanations of jökulhlaups from Grímsvötn, Vatnajökull, Iceland. *Jökull*, 24: 1-15.
- Helgi Björnsson 1982: Varmamælirinn í Grímsvötnum, eldvirkni, orsakir og eðli jarðhita. Í: "Eldur er í norðri" afmælisrit helgað Sigurði Þórarinssyni sjötugum. Sögufélagið: 139-144. Reykjavík.
- Helgi Björnsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1984: The Grímsvötn Geothermal Area, Vatnajökull, Iceland. *Jökull*, 34: 25-50.
- Jenkins, W.J., Rona, P.A. og Edmond, J.M. 1980: Excess ^3He in deep water over the Mid-Atlantic Ridge at 26°N : Evidence of hydrothermal activity. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 49: 39-44.
- Johnstrup, F. 1886: Om de vulkaniske udbrud og solfatarerne i den nordøstlige del af Island. *Naturhistorisk Foren. Festskr.*: 149-198.
- Jón Örn Bjarnason 1984: Eldvörp - Efnasamsetning jarðsjávar og gufu úr holu EG-2. Orkustofnun OS-84071/JHD-11, Reykjavík 20 s.

- Jón Jónsson 1977: Tví-Bollar og Tvíbollahraun. Náttúrufræðingurinn 47: 103-109.
- Jón Jónsson 1978: Jarðfræðikort af Reykjanesskaga. I. Skýringar við jarðfræðikort; II: Jarðfræðikort. Orkustofnun, OS-JHD-7831, Textahefti: 303 s, 12 m, 21 kortablað í sér kassa.
- Jón Jónsson 1982: Um Ögmundarhraun og aldur þess. Í "Eldur er í Norðri", afmælisrit helgað Sigurði Þórarinssyni sjötugum, Sögufélagið: 193-198. Reykjavík.
- Jón Jónsson 1983: Eldgos á sögulegum tíma á Reykjanesskaga. Náttúrufræðingurinn, 53, 1-4: 127-139.
- Jón Ólafsson 1980: Temperature structure and water chemistry of the caldera lake Öskjuvatn, Iceland. Limnol. Oceanogr., 25, 5: 779-788.
- Karl Grönvold 1972: Structural and geochemical studies in the Kerlingarfjöll region, central Iceland. Doktorsritgerð við Oxford Háskóla: 237 s.
- Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975: Þeistareykir - Áfangaskýrsla um yfirborðsrannsóknir jarðhitasvæðisins. Orkustofnun, JHD 7501, 26 s. 11 m.
- Karl Ragnars, Halldór Ármannsson og Benedikt Steingrímsson 1979: Ölfusdalur - Mælingar í borholum G-3, G-6 og G-7. Framvinduskýrsla. Orkustofnun, OS79053/JHD25: 51 s.
- Kristján Sæmundsson 1967: Vulkanismus und Tektonik des Hengill-gebietes in Sudwest-Island. Acta Nat. Isl. 2,7: 1-105.
- Kristján Sæmundsson 1972: Jarðfræðiglefsur um Torfajökulssvæðið. Náttúrufræðingurinn, 42: 81-99.
- Kristján Sæmundsson 1982: Öskjur á virkum eldfjallasvæðum. Í "Eldur er í norðri", afmælisrit helgað Sigurði Þórarinssyni sjötugum. Sögufélagið: 221-239. Reykjavík.
- Kristján Sæmundsson, Stefán Arnórsson, Karl Ragnars, Hrefna Kristmannsdóttir og Gestur Gíslason 1975: Krafla, skýrsla um niðurstöður rannsóknarborana 1974. Orkustofnun OS-JHD-7506: 32 s. auk mynda.
- Kristján Sæmundsson og Haukur Jóhannesson 1980: Jarðfræðirannsóknir á Fljótshverfis- og Síðumannaafréttum. Í "Dagskrá og ágríp", ráðstefna um jarðhita 7. nóv. 1980, Hótel Loftleiðum: 5-6. Reykjavík.
- Kristján Sæmundsson og Ingvar B. Friðleifsson 1980: Jarðhiti og jarðfræðirannsóknir. Náttúrufræðingurinn, 50: 157-188.
- Kristján Sæmundsson 1984: Gossaga Kröflu. Hverfjallsskeið. Í: Hrafnæping um stöðu Kröfluvirkjunar, 1.-2. nóv. 1984, 17 s.

- Kunsky, J. 1950: Tindfjallajökull. A geological and geographical study from the interior of Iceland. *Int. Acad. Tchèque des Sci.* 47: 187.
- Kunsky, J. og Zdeněk, R. 1940: "Tindfjallajökull. Geological and geographical studies of the interior of Iceland". (grein á tékknesku) *Ceská Akad. Tv. Roszravi*, 50, 14: 1-30.
- Larsen, J.G. 1979: Glass-bearing gabbro inclusions in hyaloclastites from Tindfjallajökull, Iceland. *Lithos*, 12: 289-302.
- Lúðvík S. Georgsson 1979: Svartsengi - Viðnámsmælingar á utanverðum Reykjaneskaga. Orkustofnun OS79042/JHD20: 100 s.
- Lúðvík S. Georgsson 1984: Resistivity and Temperature Distribution of the outer Reykjanes Peninsula, southwest Iceland. Extended Abstracts with Biographies, 54th Annual International SEG Meeting, Dec. 2-6, 1984, Atlanta, Georgia: 81-84.
- Lúðvík S. Georgsson og Helga Tulinius 1983: Viðnámsmælingar á utanverðum Reykjaneskaga 1981 og 1982. Orkustofnun OS83049/JHD-09, Reykjavík, 70 s.
- Niels Óskarsson 1978: Effect of magmatic activity on fumarole gas composition in the Námafjall-Krafla volcanic center, N-Iceland. *Nordic Volcanologic Institute (Norræna Eldfjallastöðin)*, 78-03: 20 s.
- Niemczyk, O. 1943: Spalten auf Island. Verlag von Konrad Wittwer Stuttgart.
- Oddur Sigurðsson 1981: Náttúruhamfarir í Þingeyjarþingi (III) 1978-81. Týli II.I:7-16.
- Ólafur Jónsson 1962: Dyngjufjöll og Askja. Bókaforlag Odds Björnssonar: 96 s. Akureyri.
- Páll Einarsson 1978: S-wave shadows in the Krafla caldera in NE-Iceland, evidence for a magma chamber in the crust. *Bull. Volcanol.*, 41-3: 187-195.
- Páll Þorláksson: Undirrétting um jarðskjálftana og þeirra verkanir í Þingvallasveit 1789. - Handrit í Þjóðskjalasafni.
- Piper, J.D.A. 1973: Volcanic history and tectonics of the north Langjökull region, central Iceland. *Can. Journ. Earth Sci.*, 10, 2: 164-179.
- Piper, J.D.A. 1979: Outline volcanic history of the region west of Vatnajökull, central Iceland. *Journ. Volcanol. and Geoth. Res.*, 5: 87-98.
- Ragna Karlsdóttir, Gunnar V. Johnsen, Axel Björnsson, Ómar Sigurðsson og Egill Hauksson 1978: Jarðhitasvæðið við Kröflu. Áfangaskýrsla um jarðeðlisfræðilegar rannsóknir 1976-1978. Orkustofnun, OS-JHD-7847: 37.

- Sigurður Skúlason 1933: **Saga Hafnarfjarðar**. Bls. 348-350. Bæjar-sjóður Hafnarfjarðar.
- Sigurður Steinþórsson og Niels Óskarsson 1983: Chemical monitoring of jökulhlaup water in Skeiðará and the geothermal system in Grímsvötn. *Jökull*, 33: 73-86.
- Sigurður Þórarinnsson 1949: Um aldur Geysis. *Náttúrufræðingurinn*, 19: 34-41.
- Sigurður Þórarinnsson 1950: Jökulhlaup og eldgos á jökulvatnasvæði Jökulsár á Fjöllum. *Náttúrufræðingurinn*, 20: 113-133.
- Sigurður Þórarinnsson 1951: Laxárgljúfur and Laxárhraun. *Geogr. Annaler*, 1-2: 1-89.
- Sigurður Þórarinnsson 1953: The Grímsvötn expedition, June-July 1953. *Jökull*, 13: 19-22.
- Sigurður Þórarinnsson 1962: Trjáför í Hverfjalls- og Hekluvíkri. *Náttúrufr.* 32: 124-131.
- Sigurður Þórarinnsson 1968: Vatnajökulsleiðangur 1968 1.-14. júní. *Jökull*, 18: 394-400.
- Sigurður Þórarinnsson 1974: **Vötnin stríð**. Menningarsjóður: 254 s. Reykjavík.
- Sigurður Þórarinnsson og Sigurjón Rist 1955: Athuganir á Skeiðarárhlaupi og mælingaleiðangurinn á Vatnajökul vorið 1955. *Jökull*, 5: 27-29.
- Sigurður Þórarinnsson, Kristján Sæmundsson og Williams, R.S. 1973: Erts-1 image of Vatnajökull: Analysis of glaciological, structural and volcanic features. *Jökull*, 23: 7-17.
- Sigurjón Rist 1982: Flóð og flóðahætta. Í "Eldur er í norðri", afmælisrit helgað Sigurði Þórarinnssyni sjötugum. Sögufélagið: 369-385. Reykjavík.
- Stefán Arnórsson 1969: **A Chemical study of selected elements in thermal waters of Iceland**. Doktorsritgerð við Imperial College, London: 353 s.
- Stefán Arnórsson 1977: Changes in the chemistry of waters and steam discharged from wells in the Námafjall geothermal field, Iceland, during the period 1970-1976. *Jökull*, 27: 47-59.
- Stefán Arnórsson 1985: The use of mixing models and chemical geothermometers for estimating underground temperatures in geothermal systems. *Journ. Volc. Geotherm. Res.* 23: 299-335.
- Stefán Arnórsson, Guðmundur Guðmundsson, Stefán G. Sigurmundsson, Axel Björnsson, Einar Gunnlaugsson, Gestur Gíslason, Jón Jónsson, Páll Einarsson og Sveinbjörn Björnsson 1975: **Krisuvíkursvæði. Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitans**. Orkustofnun OS-JHD 7554: 71 s. auk mynda.

- Stjórnartíðindi B, nr. 354, 1979: Friðland að Fjallabaki. Menntamála-
ráðuneytið, Reykjavík, 2 s.
- Sveinbjörn Björnsson 1974: Afl og ending Hengilssvæðisins. Orku-
stofnun OS-JHD 7514: 7 s.
- Sveinbjörn Björnsson, Birna Ólafsdóttir, Jens Tómasson, Jón Jónsson,
Stefán Arnórsson og Stefán G. Sigurmundsson 1971: Reykjanes.
Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðisins. Orkustofnun, JHD:
122 s.
- Trausti Einarsson 1964: Geysir í Haukadal. Geysisnefnd: 28 s.
Reykjavík.
- Trausti Hauksson 1981: Reykjanes, styrkur efna í jarðsjó. Orkustofnun
JHD OS81015/JHD10: 53 s.
- Valgarður Stefánsson 1977: Jarðhiti í Axarfirði (ágrip). Í "Dagskrá
og ágrip" frá ráðstefnu um íslenska jarðfræði, 24.-25. nóv.
1977. Jarðfræðafélag Íslands: 30. Reykjavík.
- Valgarður Stefánsson 1980 a: Jarðhitakerfið í Krísuvík. Í úrdráttum
erinda á ráðstefnu Jarðfræðafélags Íslands, 7. nóv. 1980 að Hótel
Loftl.: 41-43. Reykjavík.
- Valgarður Stefánsson 1980 b: Rannsóknir á háhitakerfinu í Kröflu.
Náttúrufræðingurinn, 3-4: 333-359.
- Valgarður Stefánsson 1981: The Krafla Geothermal field, Northeast
Iceland. In: L. Rybach and L.J.P Muffler (ritstj.) Geothermal
Systems, J. Wiley og Sons, NY: 273-294.
- Valgarður Stefánsson, Gestur Gíslason, Helgi Torfason, Lúðvík S.
Georgsson, Stefán G. Sigurmundsson og Sverrir Þórhallsson 1982:
Áætlun um skipulegar rannsóknir á háhitasvæðum landsins. Orku-
stofnun OS82093/JHD13, 176 s.
- Ward, P.L. og Sveinbjörn Björnsson 1971: Microearthquakes, swarms and
the geothermal areas of Iceland. J. Geophys. Res., 76:
3953-3982.
- Þorbjörn Sigurgeirsson 1980: Segulsvið á flugflinum, blað 6,
Miðsuðurland. Kort gefið út af Raunvísindastofnun Háskólans,
Reykjavík.
- Þorleifur Einarsson 1963: Askja-Ausbruch 1961 und Askja-Caldera in
Island. Naturwissensch. Rundschau, 16, 8: 302-306.
- Þorvaldur Thoroddsen 1899-1905: Landskjálftar á Íslandi. Hið íslenska
bókmenntafélag: 269 s. Kaupmannahöfn.
- Þorvaldur Thoroddsen 1958: Ferðabók, I. Snæbjörn Jónsson Co. h.f.:
391 s. Reykjavík.