

R3273A Innstidalur

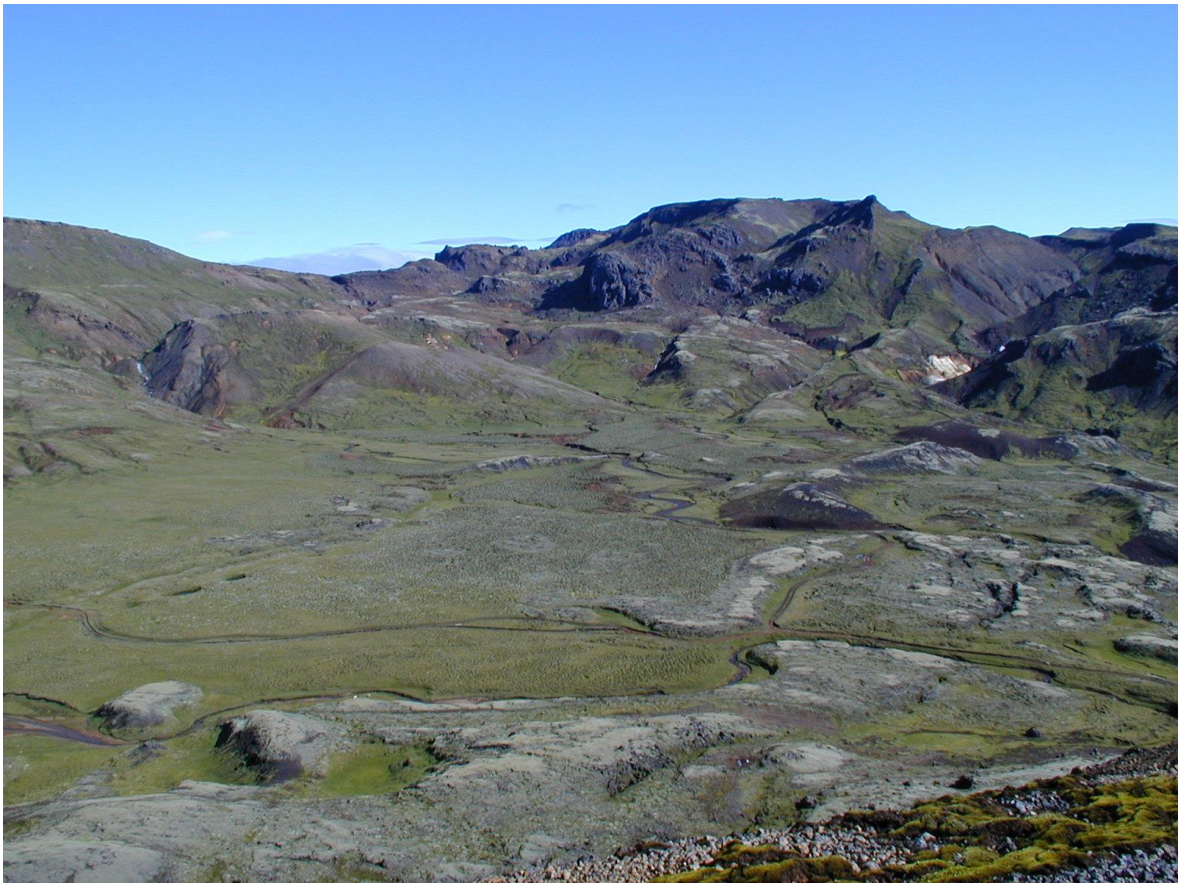
Viðauki 71 af 92 við skýrslu Orkustofnunar OS-2015/04

Virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar

R3273A Innstidalur

Virkjunarkostir til umfjöllunar í verndar- og
orkunýtingaráætlun 3

Orkuveita Reykjavíkur / Orka náttúrunnar



Útgefandi: Orkuveita Reykjavíkur
Kápu mynd: Einar Gunnlaugsson
Útgáfudagur: Janúar 2015
Umsjón og ábyrgð: EG

Greinargerð nr. 2015-006	Útgáfudagur Janúar 2015	Útgáfustaður Reykjavík
Heiti greinargerðar Innstidalur Virkjunarkostir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3		
Upplag pdf	Fjöldi síðna 13	Dreifing Opið
Höfundur/ar Einar Gunnlaugsson		Verknúmer
Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur og Orku náttúrunnar		Samvinnuaðilar
Útdráttur Tekið er saman stutt yfirlit um Innstadal á Hengilssvæðinu fyrir verndar- og orkunýtingaráætlun 3.		
Efnisorð Hengill, virkjunarkostir, rammaáætlun 3, Innstidalur		Yfirfarið EG

Efnisyfirlit

1.	INNGANGUR	7
2.	HELSTU KENNISTÆRÐIR.....	8
3.	STAÐHÆTTIR	8
4.	JARÐVARMÍ.....	9
5.	NÝTING.....	12
6.	LOSUN AFFALLSVATNS	13
7.	TILVITNANIR.....	13

Töflur

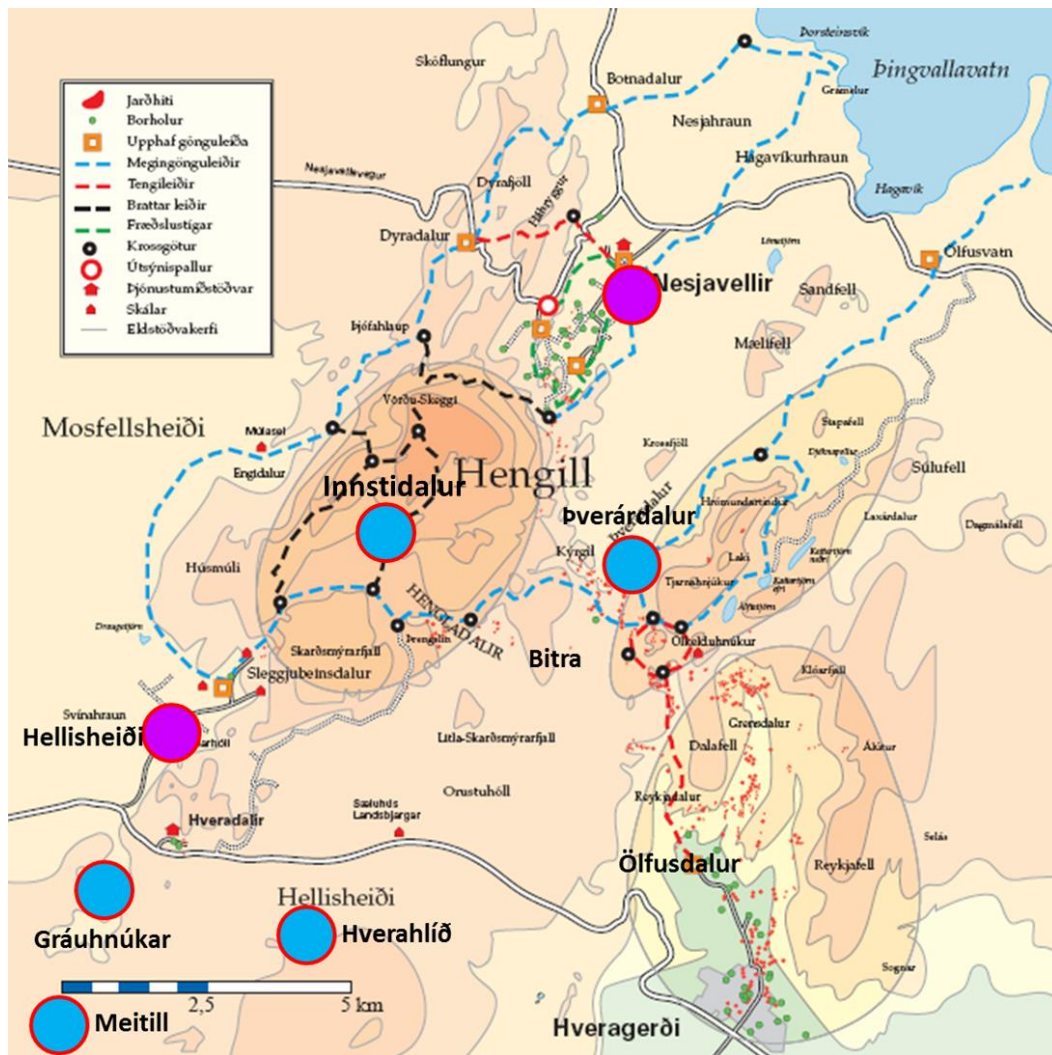
TAFLA 1. HELSTU KENNISTÆRÐIR FYRIR INNSTADAL	8
--	---

Myndir

MYND 1. HENGILSSVÆÐIÐ OG ELDSTÖÐVAKERFIN	7
MYND 2. KORT AF MIÐHLUTA HENGILSSVÆÐISINS	9
MYND 3. INNSTÍDALUR MYND TEKIN AF SKARÐSMÝRARFJALLI	9
MYND 4. DREIFING GASHITA Á HENGILSSVÆÐI (GRETAR ÍVARSSON, 1998).....	10
MYND 5. DREIFING LÁGVÍÐNÁMS OG HÁVÍÐNÁMSKJARNA Á HENGILSSVÆÐI (GUNNAR GUNNARSSON ÓBIRT KORT)	11
MYND 6. DREIFING LÁGVÍÐNÁMS OG HÁVÍÐNÁMSKJARNA Á SKARÐSMÝRARFJALLI, INNSTADAL OG HENGLI (GUNNAR GUNNARSSON ÓBIRT KORT).....	12

1. Inngangur

Í þessari greinargerð er fjallað um Innstadal á Hengilssvæðið vegna virkjunarkosta sem sem Orkuveita Reykjavíkur/Orka náttúrunnar óskar eftir að tekin verði til umfjöllunar í þriðja áfanga rammaáætlunar. Staðurinn er sýndur á mynd 1.



Mynd 1. Hengilssvæðið og eldstöðvakerfin

Virkjanir á svæðinu eru sýndar með fjólubláum hringjum en svæði sem óskað er eftir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3 eru sýnd með bláum hringjum.

2. Helstu kennistærðir

Hugsanlegt er að hægt sé að nýta svæðið í Innstadal fyrir virkjun jarðvarma. Yfirborðsrannsóknir hafa farið þar fram samhliða rannsóknum á öðrum hlutum Hengilsins. Engar boranir hafa farið fram á þessu svæði og eru því upplýsingar takmarkaðar. Um stærðir og orkuvinnslugetu er miðað við stærðir á afmörkuðu svæði sem sýnt verður á kortum.

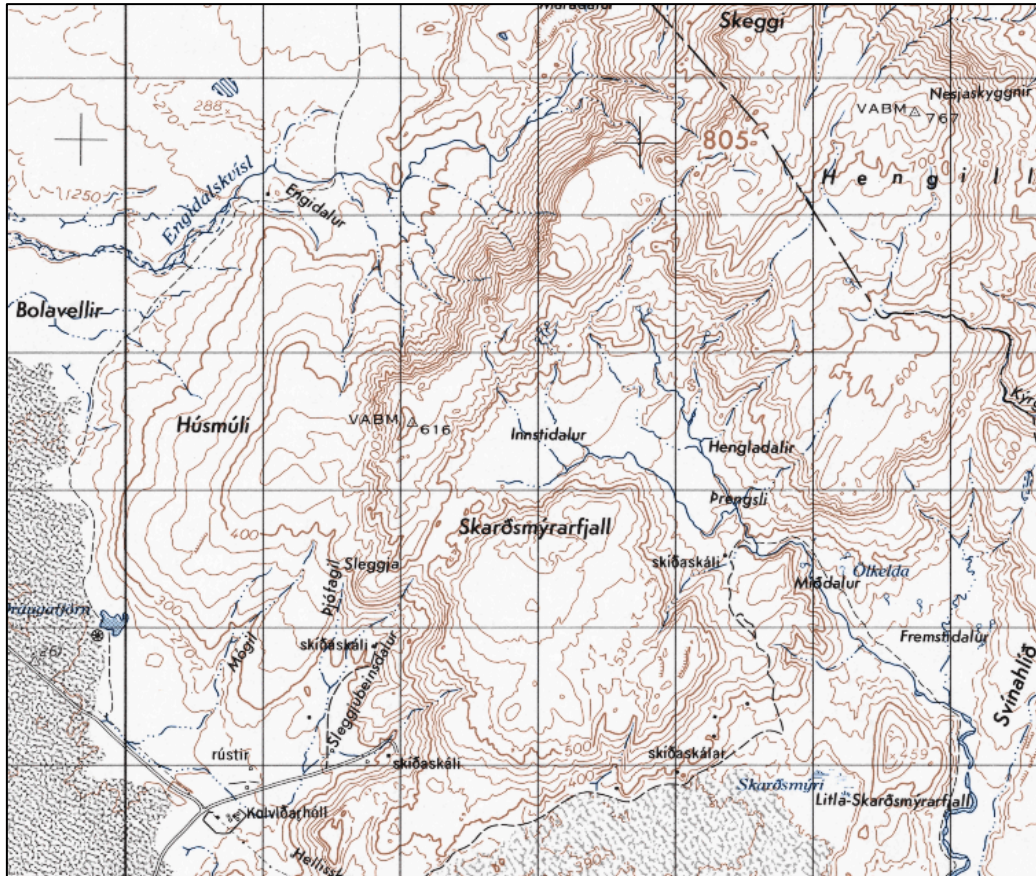
Tafla 1. Helstu kennistærðir fyrir Innstadal

Helstu kennistærðir		Eining
Uppsett rafafli	45	MW _e
Uppsett varmaafli	-	MW _{th}
Raforka	369	GWh/ári
Nýtingatími	8200	Klst./ári
Flatarmál lágviðnámskápu	3,3	km ²
Flatarmál háviðnámskjarna	2,8	km ²
Flatarmál nýtingarsvæðis	3,3	km ²
Flatarmál framkvæmdasvæðis	Ekki vitað	km ²

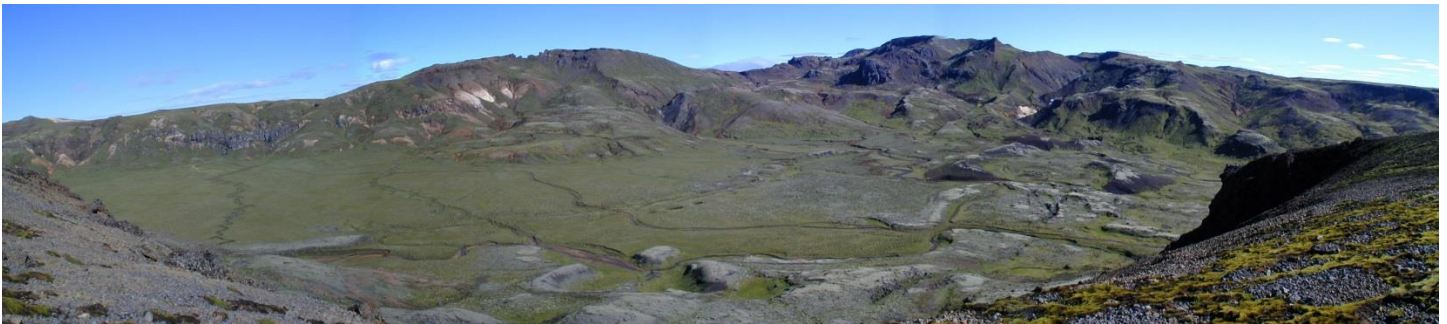
3. Staðhættir

Innstidalur er sunnan Hengils en norðan Skarðsmýrarfjalls og afmarkast af þessum fjöllum til norðurs og suðurs (mynd 2). Að vestan lokar Sleggjan og Húsmúlinn dalnum. Úr dalnum til suðvesturs er skarð, Sleggjubeinsskarð sem liggur niður að virkjunarsvæðinu við Hellisheiði. Til suðausturs er háls en um þann háls er ökuslóði frá Skarðsmýri um þrengsli ofan Miðdals og inn í Innstadal. Er þetta eina aðkomuleiðin í dalinn. Dalurinn er nokkuð gróinn en í botni hans er hraun og gígar sem eru um 5500 ára gömul. Mynd 3 er tekin af Skarðsmýrarfjalli og sér yfir Innstadal. Handan dalsins er Hengillinn og má sjá gufur og ummyndað berg. Í dalnum sést hraunið og leifar af gígum.

Svæðið sem um ræðir er Þjóðlenda.



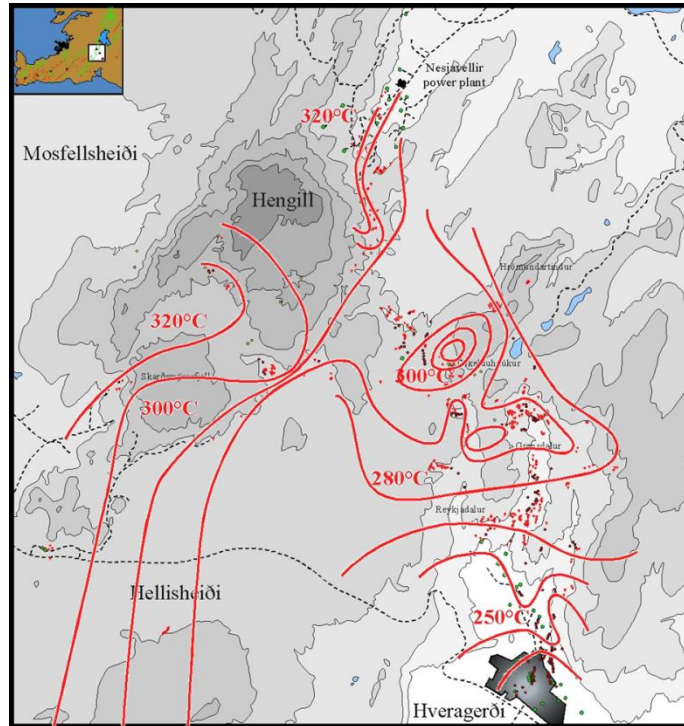
Mynd 2. Kort af miðhluta Hengilssvæðisins



Mynd 3. Innstidalur mynd tekin af Skarðsmýrarfjalli

4. Jarðvarmi

Innstidalur er á miðju Hengilssvæðinu. Yfirborðsrannsóknir sem gerðar hafa verið á Hengilssvæðinu ná því um allt þetta svæði. Jarðhita er að finna norðan til í dalnum í hlíðum og giljum. Efnainnihald gass í gufuaugum bendir til hás hita eins og sjá má á mynd 4 eða um eða yfir 320°C. Þetta er með hæsta gashita sem þekktist á Hengilssvæðinu.

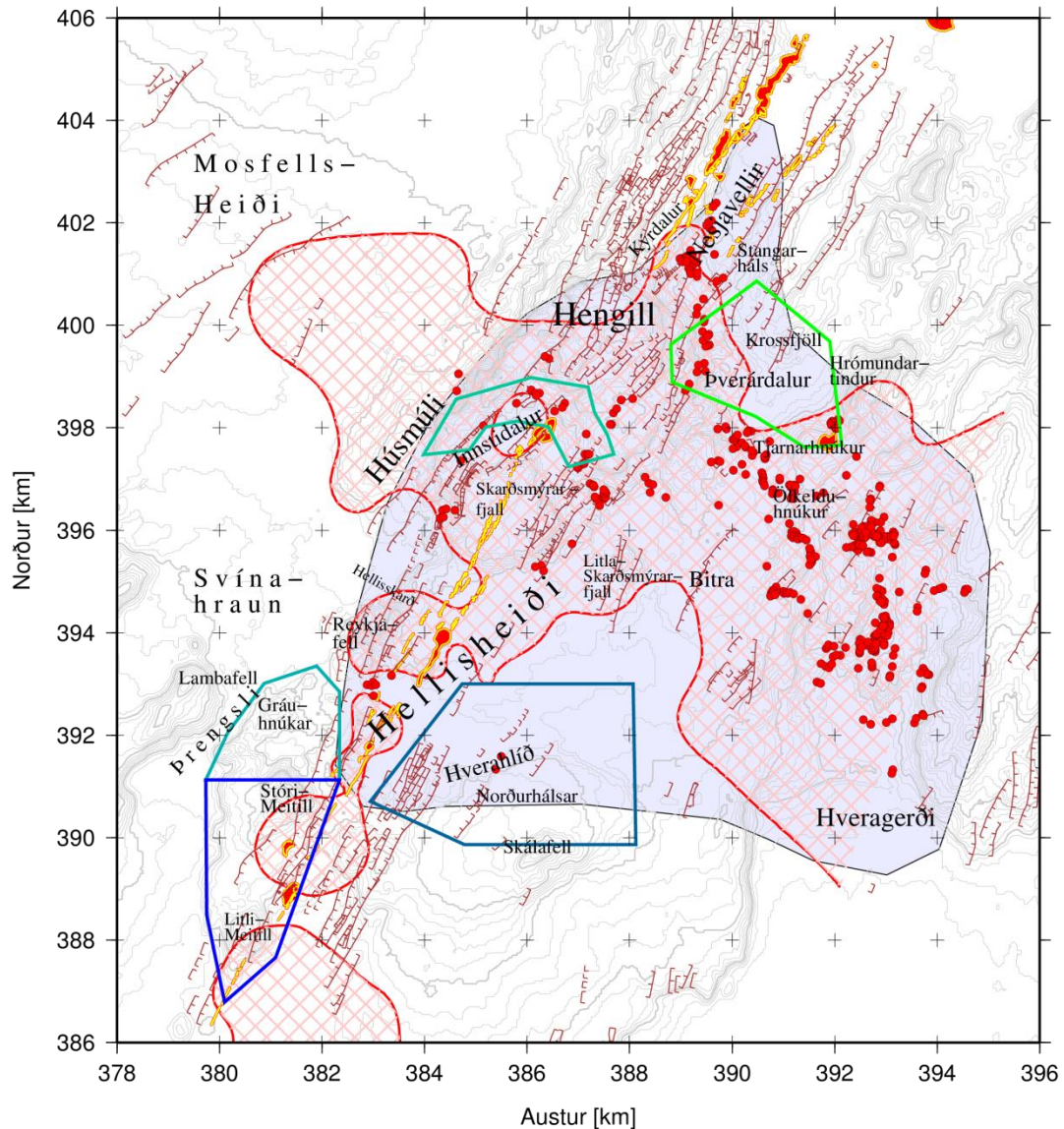


Mynd 4. Dreifing gashita á Hengilssvæði (Gretar Ívarsson, 1998)

Mynd 5 sýnir dreifingu viðnáms. Eins og sjá má er allt svæðið í Innstadal innan skilgreinds lághitasvæðis (lõnaðarráðuneyti, 1994) og stærsti hluti svæðisins er innan þess svæðis þar sem háviðnámskjarna er að finna. Í dalnum sjálfum kemur fram fram eyða í háviðnámskjarnann. Háviðnámskjarninn gefur til kynna svæði þar sem háhituummyndunarsteindir hafa myndast en segja ekki til um hvort sú ummyndun sé ný eða gömul.

Engar boranir hafa farið fram í Innstadal. Aftur á móti hafa verið boraðar holur frá norðurhluta Skarðsmýrarfjalls og inn undir Innstadal. Þær holur sem ná lengst til norðurs eru með botn nyrst í dalnum. Tvær af þessum holum hafa ekki nýst sem vinnsluholur en í botni er hitinn rétt um 275°C. Ekki er hægt að ná lengra í átt að Henglinum frá Skarðsmýrarfjalli. Þar sem útreiknaður hiti í gufuaugum norðan dalsins er hár og háan hita er að finna í botni þeirra hola sem boraðar hafa verið á Skarðsmýrarfjalli þá eru líkur til að vinnanlegan hita sé að finna ef borað yrði í norðurhluta Innstadals inn undir Hengilinn.

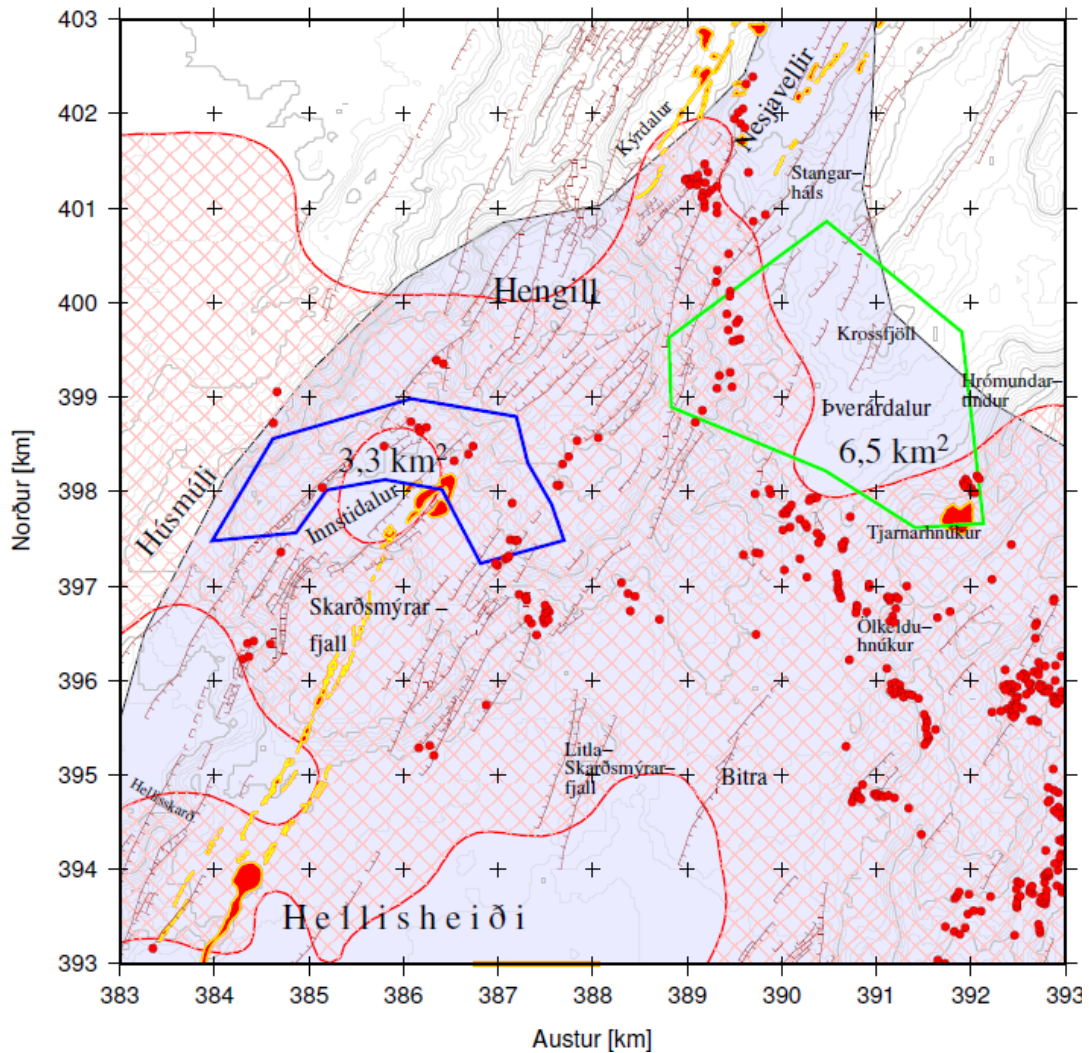
Þar sem upplýsingar um undirliggjandi jarðhita liggja ekki fyrir er ekki hægt að nota forðafræðileg reiknilíkön til að áætla framtíðarorkunýtingu úr svæðinu. Stærðir varðandi vinnslugetu eru því miðaðar við stærð svæðisins sem um ræðir.



Mynd 5. Dreifing lágviðnáms og háviðnámskjarna á Hengilssvæði (Gunnar Gunnarsson óbirt kort)

Dreifing lágviðnáms er sýnt með gráum flekk, hátt viðnám neðan lágviðnáms er sýnt með rauðri skástrikun. Jarðhiti á yfirborði er sýndur með rauðum deplum. Sprungur og misgengi sem sjást á yfirborði eru sýnd með rauðlitum línur. Blá- og grænlitaðar útlínur tákna afmörkun mismunandi nýtingarsvæða.

Svæðið sem hefur verið afmarkað er sýnt nánar á mynd 6. Afmörkunin er sett þannig fram að borsvæði geti verið í dalnum norðanverðum en svæðið teygt til norðurs um 1-1,5 km eða álíka langt og hægt er að ná með stefnuborun.



Mynd 6. Dreifing lágviðnáms og háviðnámskjarna á Skarðsmýrarfjalli, Innstadal og Hengli (Gunnar Gunnarsson óbirt kort)

Dreifing lágviðnáms er sýnt með gráum flekk, hátt viðnám neðan lágviðnáms er sýnt með rauðri skástrikun. Jarðhiti á yfirborði er sýndur með rauðum deplum. Sprungur og misgengi sem sjást á yfirborði eru sýnd með rauðlitum línur. Blá- og grænlitaðar útlínur tákna afmörkun mismunandi nýtingarsvæða.

5. Nýting

Ef rannsóknaboranir í Innstadal leiða í ljós að um vænlegt vinnslusvæði sé að ræða er mögulegt að nýta svæðið þar með því reisa jarðhitavirkjun og tengja borholur við hana eða leiða vökva að annarri virkjun á svæðinu. Eiginleikar jarðhitasvæðis ráða miklu um staðsetningu virkjunarmannvirkja. Annar þáttur sem skiptir máli er landfræðileg lega með tilliti til flutnings á gufu, rafmagni og heitu vatni. Erfitt getur verið að flytja blöndu af vatni og gufu frá vinnsluholum upp í móti, þannig að skiljustöðvar og stöðvarhús þurfa helst að liggja lægra í landi en holurnar. Þá getur efnasamsetning jarðhitavökvans valdið því að tæknilega sé erfiðara að virkja jarðhita á sumum svæðum en öðrum. Mikilvægt er varðandi staðsetningu mannvirkja að virkjunin verði hagkvæm og að umhverfisáhrif framkvæmda verði sem minnst.

Á þessu stigi er ekki hægt að segja nánar til um hvernig hiti á þessu svæði verður nýttur.

6. Losun affallsvatns

Þar sem ekki liggur fyrir hvernig jarðhitinn á þessu svæði verður nýttur er á þessu stigi ekki hægt að gera grein fyrir hvernig losun affallsvatns yrði háttað. Útfærsla losunar affallsvatns verður gerð að loknum frekari rannsóknum þar sem haft verður í huga verndun grunnvatns, ráðstafanir til að við viðhalda þrýstingi í jarðhitakerfinu og lágmörkun umhverfisáhrifa.

7. Tilvitnanir

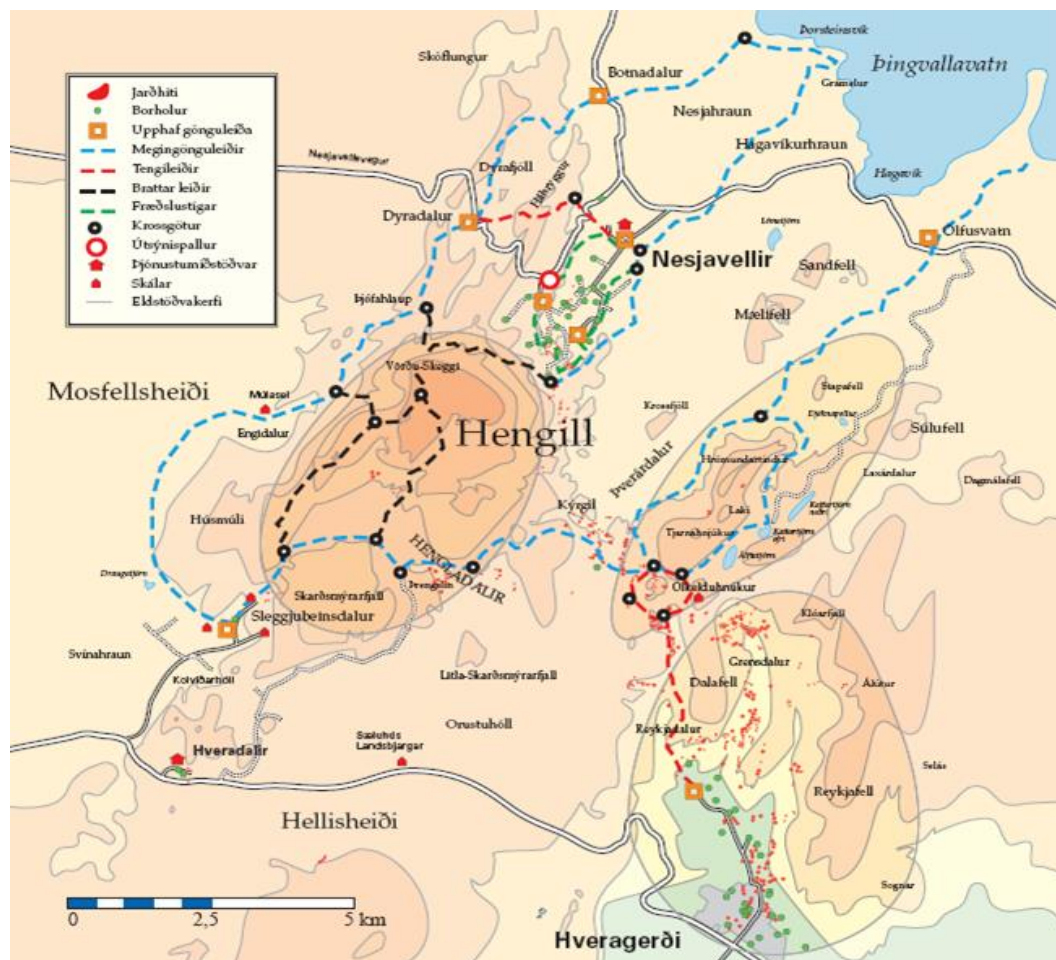
Gretar Ívarsson, 1998. Fumarole gas geochemistry in estimating subsurface temperatures at Hengill in Southwestern Iceland. Proceedings of the 9th International Symposium on Water-Rock Interaction WRI-9 Taupo, New Zealand 30 Marsc-3 April 1998.

Iðnaðarráðuneytið, 1994. Innlendar orkulindir til vinnslu raforku.

Hengill - Yfirlit

Virkjunarkostir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3

Orkuveita Reykjavíkur / Orka náttúrunnar



Útgefandi: Orkuveita Reykjavíkur
Kápu mynd: Kort af Hengilssvæði
Útgáfudagur: Janúar 2015
Umsjón og ábyrgð: EG

Greinargerð nr. 2015-002	Útgáfudagur Janúar 2015	Útgáfustaður Reykjavík
Heiti greinargerðar Hengill - Yfirlit Virkjunarkostir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3		
Upplag pdf	Fjöldi síðna 26	Dreifing Opið
Höfundur/ar Einar Gunnlaugsson		Verknúmer
Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur og Orku náttúrunnar		Samvinnuaðilar
Útdráttur Tekið er saman stutt yfirlit um rannsóknir á Hengilssvæðinu fyrir verndar- og orkunýtingaráætlun 3. Fjallað er um afmörkun svæðisins, jarðfræði, viðnám, hugmyndalíkan og grunnvatn á svæðinu.		
Efnisorð Hengill, virkjunarkostir, rammaáætlun 3		Yfirfarið EG

Efnisyfirlit

1.	INNGANGUR	7
2.	HENGILSSVÆÐIÐ	8
3.	JARÐFRÆÐI SVÆÐISINS	8
4.	VIÐNÁMSMÆLINGAR	14
5.	HUGMYNDALÍKAN AF SVÆÐINU	16
6.	GRUNNVATN.....	22
7.	NÝTING JARÐHITANS	23
8.	JARÐHITARANNSÓKNIR Á HENGILSSVÆÐINU	24
9.	TILVITNANIR.....	25

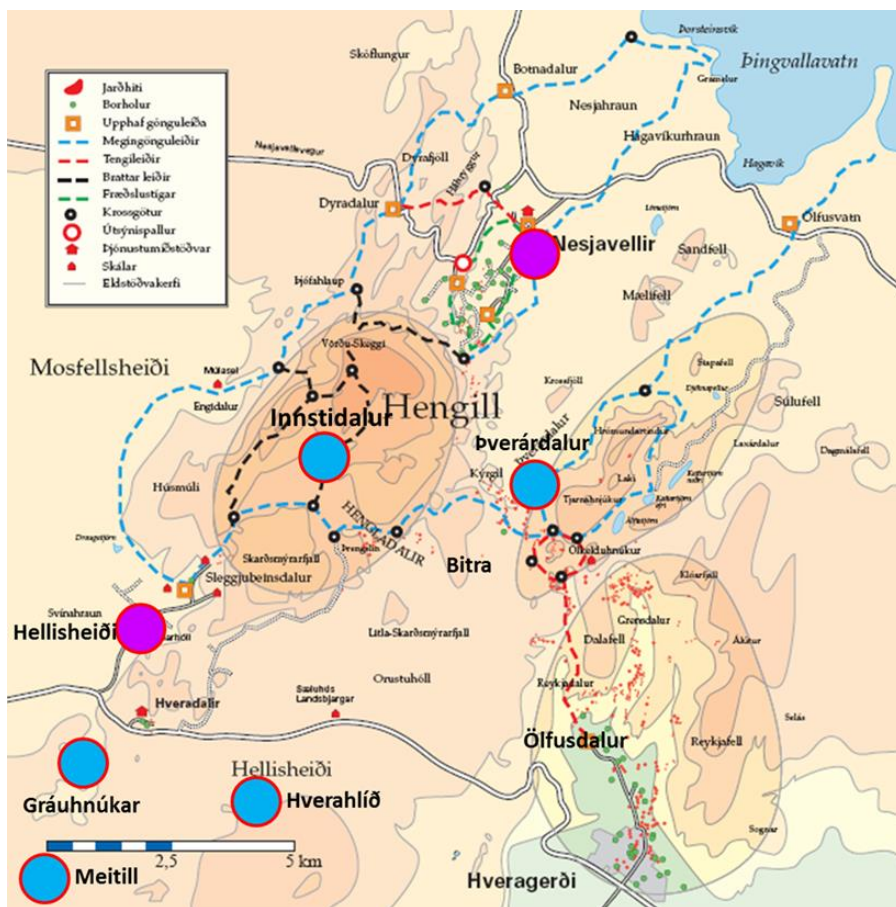
Myndir

MYND 1.	HENGILSSVÆÐIÐ OG ELDSTÖÐVAKERFIN	7
MYND 2.	DREIFING GASHITA Á HENGILSSVÆÐI	8
MYND 3.	JARÐFRÆÐIKORT AF HENGLINUM (KRISTJÁN SÆMUNDSSON, 1995A)	10
MYND 4.	KORT AF JARÐHITA, UMMYNDUN OG GRUNNVATNI (KRISTJÁN SÆMUNDSSON 1995B).....	11
MYND 5.	HELLISHEIÐI - ÚRDRÁTTUR ÚR JARÐFRÆÐIKORTI.....	11
MYND 6.	JARÐFRÆÐIKORT AF SUÐVESTURLANDI (1:100.000)	12
MYND 7.	KORTAÐEKJA AF MANNVIRKJUM (MANNVIT, 2009).....	13
MYND 8.	EÐLISVIÐNÁM 500 M NEÐAN SJÁRVARMÁLS (KNÚTUR ÁRNASON, 2007)	14
MYND 9.	EÐLISVIÐNÁM 850 M NEÐAN SJÁRVARMÁLS (KNÚTUR ÁRNASON, 2007)	15
MYND 10.	DREIFING LÁGVÍÐNÁMS OG HÁVÍÐNÁMSKJARNA Á HENGILSSVÆÐI (GUNNAR GUNNARSSON ÓBIRT KORT)	16
MYND 11.	FYRSTA HUGMYNDALÍKANIÐ AÐ HENGLI	17
MYND 12.	LEGA HITAÐVERSNIÐA Á HENGILSSVÆÐI	18
MYND 13.	HITAÐVERSNIÐ A-A'	18
MYND 14.	HITAÐVERSNIÐ B-B'	19
MYND 15.	HITAÐVERSNIÐ C-C'	20
MYND 16.	BERGHITI Á 1000 M DÝPI UNDIR SJÓ (GUNNAR GUNNARSSON, 2010)	21
MYND 17.	YFIRLITSMYND SEM SÝNIR HELSTU HITA- OG MASSA INNSTREYMI Á HENGILSSVÆÐINU.....	22
MYND 18.	LÍKANSVÆÐI GRUNNVATNSLÍKANS (VATNASKIL, 2014).....	23
MYND 19.	REIKNAD GRUNNVATNSRENNSLI ÞEGAR GRUNNVATNSSKIL NÁ LENGST TIL NORÐURS. STÆRÐ ÖRVA ER Í SAMRÆMI VIÐ RENNSLI (VATNASKIL, 2014).....	24

1. Inngangur

Í þessari greinargerð er stutt yfirlit yfir Hengilssvæðið vegna virkjunarkosta sem óskað er eftir að verði til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3. Í dag eru gufuorkuver á tveimur stöðum á Hengilssvæðinu, þ.e. á Nesjavöllum og svo við Kolviðarhól (Hellisheiðarvirkjun). Auk þess er jarðhiti nýttur í Hveragerði en þó ekki til raforkuframleiðslu. Önnur svæði þar sem boraðar hafa verið rannsóknaholur eru við Hverahlíð (6 holur), við Bitru (3 holur) og við Gráuhnúka (1 hola). Nú er unnið að tengingu Hverahlíðarsvæðisins til nýtingar við Hellisheiðarvirkjun.

Þau svæði sem Orkuveita Reykjavíkur og Orka náttúrunnar óska eftir að verði tekin til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3 eru: Hverahlíð, Gráuhnúkar, Meitill, Innstidalur og Þverárdalur. Mynd 1 sýnir legu þessara svæða á Hengilssvæðinu.



Mynd 1. Hengilssvæðið og eldstöðvakerfin

Virkjanir á svæðinu eru sýndar með fjólubláum hringjum en svæðin sem óskað er eftir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3 eru sýnd með bláum hringjum.

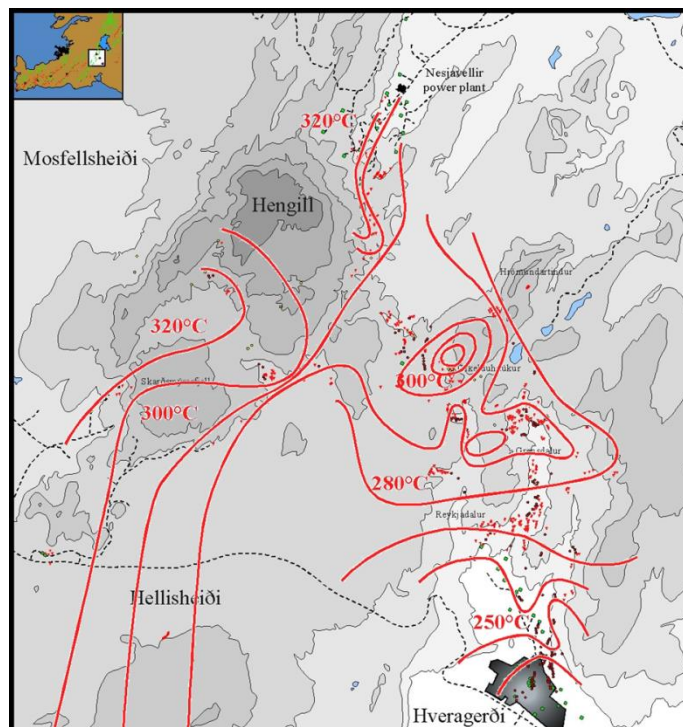
2. Hengilssvæðið

Hengilssvæðið er eitt af stærstu háhitasvæðum landsins. Stærð svæðisins var áætluð 100-112 km² (lðnaðarráðuneytið 1994). Þar var miðað við dreifingu hita, ummyndunar á yfirborði og dreifingu viðnáms miðað við 5 ohmm línu. Svæðið nær frá vesturhlíðum Hengilsins og í suður um svæðið á Norðurhálsunum norðan Skálafells. Í austri nær svæðið austur fyrir Hveragerði og í norðri rétt norðan við Nesjavelli.

Landslag á svæðinu er fjöllótt. Svæðið liggur mest í 300-600 m hæð, en hæst rís Skeggi í um 800 m hæð. Samgöngur eru góðar á hluta svæðisins, þ.e. á þeim svæðum þar sem þegar hefur verið virkjað. Ennfremur er ökuleið inn á Bitru og Ölkelduháls og að borholum í Hverahlíð. Slóðir liggja víðar svo sem inn í Innstadal, austan með Litla-Meitli að Eldborg og að borholu við Gráuhnúka.

3. Jarðfræði svæðisins

Berggrunnur á Hengilssvæðinu er að mestu móberg sem myndast hefur undir jökli á síðustu jökulskeiðum ísaldar. Á jöðrum svæðisins kemur blágrýti fram undan móberginu. Hengilssvæðið nær yfir þrjú eldstöðvakerfi. Austast er Hveragerðiseldstöðin, sem er útdauð og sundurgráfin, þar norður af og austur af Hengli er eldstöðvakerfi kennt við Hrómundartind, en þar gaus síðast fyrir um 10.000 árum. Vestast er síðan Hengilskerfið sem er er yngst og virkast. Innan þess eru vinnslusvæðin á Nesjavöllum og á Hellisheiði. Eldstöðvakerfin eru sýnd með gráum útlínum á mynd 1. Dreifing gastegunda í gufuaugum aðgreinir einnig þessi þrjú eldstöðvakerfi (mynd 2) (Gretar Ívarsson, 1998).



Mynd 2. Dreifing gashita á Hengilssvæði

Gosmyndanir á svæðinu spanna um 800.000 ár í tíma. Elstu jarðlögin er að finna í ásunum suðaustan við Hveragerði, en yngst eru hraunin sem flætt hafa frá gosreininni gegnum Hengil. Gosmyndanir á Hengilssvæðinu eru fjölbreyttar. Aðalgerðir eldstöðva eru þó einungis tvær, tengdar sprungugosum og dyngjugosum. Jarðskorpuhreyfingar í

gliðunarbelti eins og verið hefur á Hengilssvæði allan þann tíma sem jarðsaga þess spannar sýna sig í gjám og misgengjum og hallandi jarðlögum á jaðarsvæðunum. Skjálftabelti Suðurlands gengur austan til inn í Hengilssvæðið. Á vestanverðu Hengilssvæðinu er landslagið mótað af gosmyndunum sem hafa hlaðist upp á síðasta jökulskeiði og á nútíma. Austan til hafa roföflin hins vegar mótað það. Laus jarðlög þekja sléttlendi og fjallshlíðar eru hvergi mjög skriðurunnar nema þar sem þykk hraunlög eru í brúnum eða fjöllin eingöngu úr bólstrabergi.

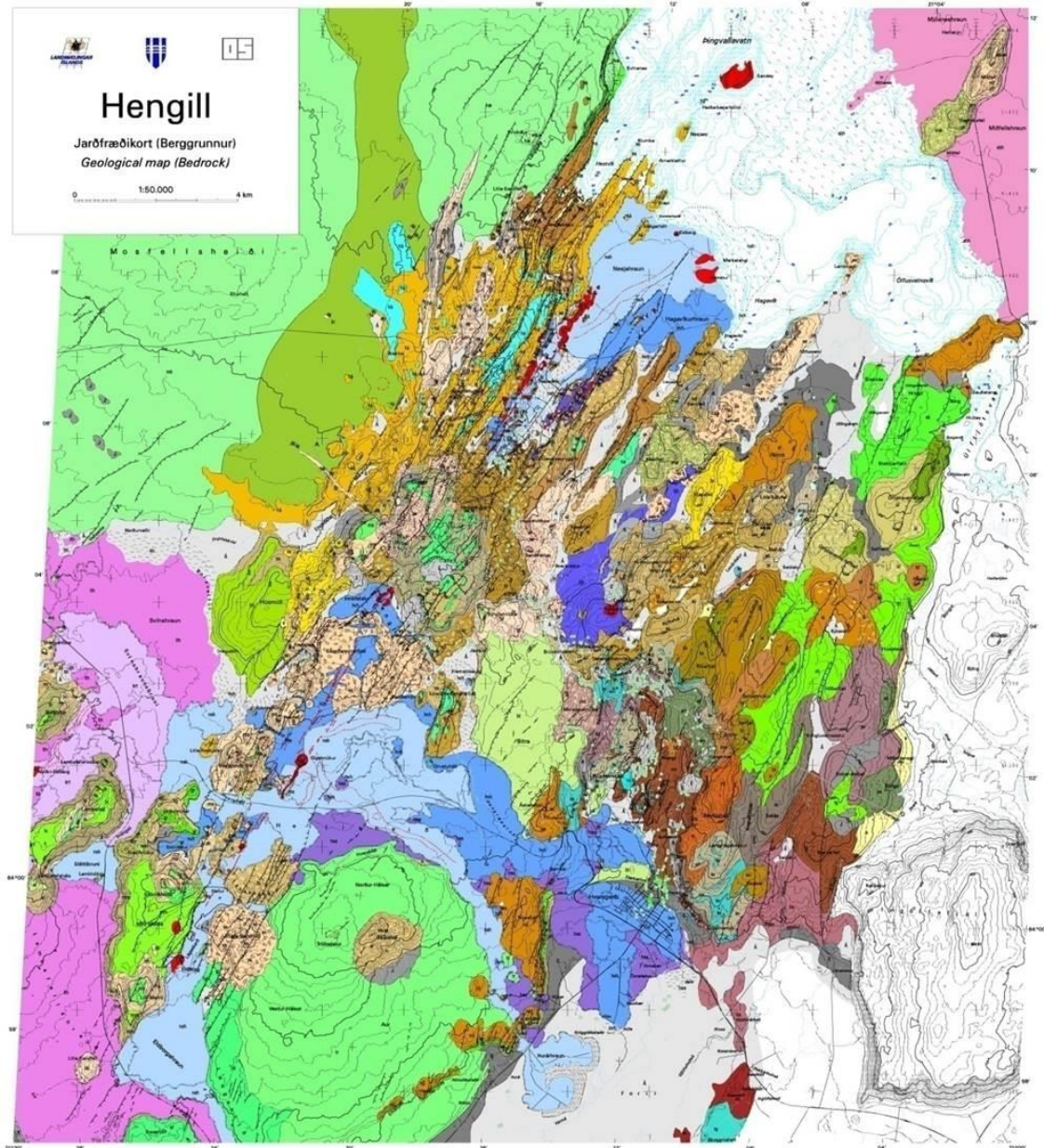
Frá ísaldarlokum, þ.e. síðustu 11.000, ár eru þekkt þrjú eldgos í Hengilskerfinu. Síðast gaus þar fyrir um 2.000 árum. Næstu gos þar á undan voru fyrir um 5.800 árum. Um 10.000 ár eru síðan fyrsta gos á nútíma varð. Síðast gaus í nágrenni Hengils þegar Svínahraunsbruni rann árið 1000. Upptök hans eru í næstu sprungurein vestan Hengils, í svokallaðri Bláfjallarein. Umbrot voru í Hengilskerfinu árið 1789 (Kristján Sæmundsson, 2003). Jarðfræðikort af Henglinum í mælikvarðanum 1:50.000 var gefið út árið 1995, sjá mynd 3 (Kristján Sæmundsson, 1995a).

Jarðhiti í Henglafjöllum nær frá Nesjavöllum suðvestur í Hveradali og Hverahlíð. Jarðhitinn er mestur og samfelldastur utan í Hengli alls staðar nema norðvestan megin. Brennisteinshverir eru mestir vestan til í Henglafjöllum, þ.e. í Sleggjubeinsdölum, norðan við Innstadal og ofan við Hagavíkurlaugar. Austan megin eru kalkhverir og kolsýrulaugar algengar. Kort af jarðhita, ummyndun og grunnvatni var gefið út árið 1995, sjá mynd 4 (Kristján Sæmundsson, 1995b).

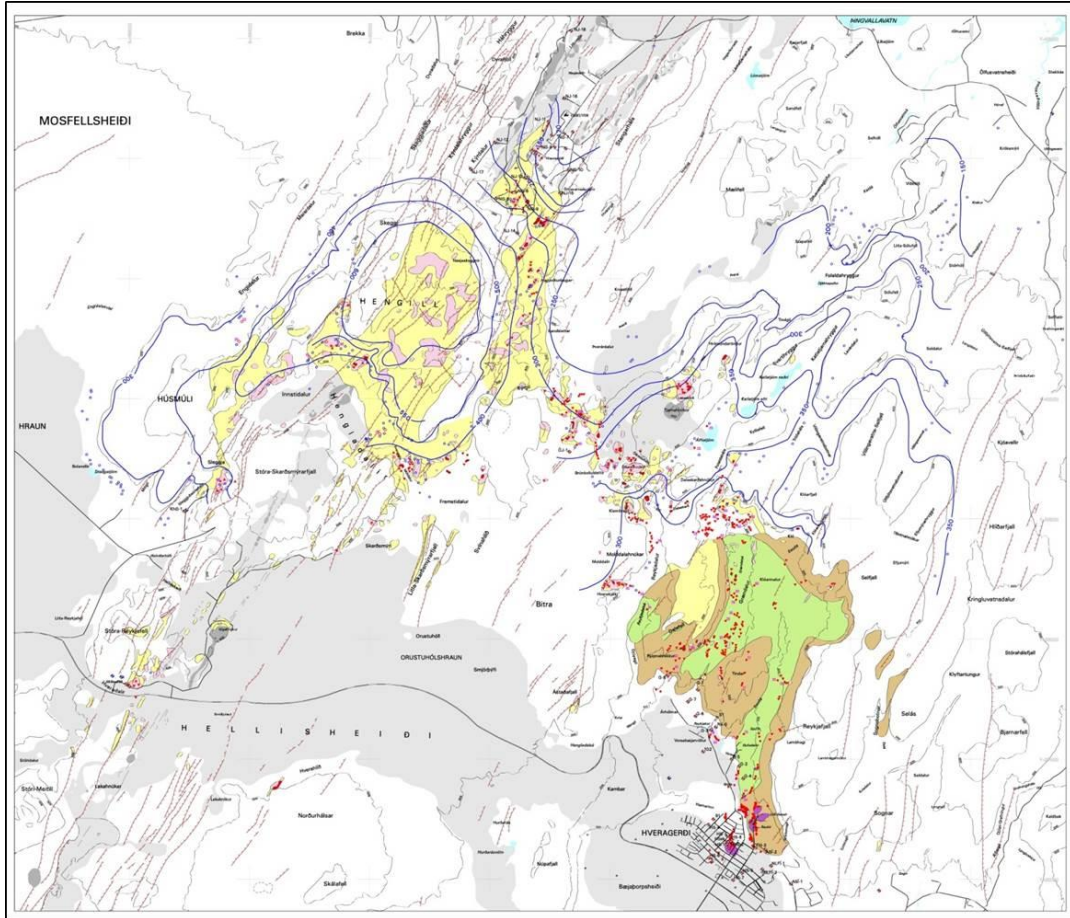
Hluti af berggrunnskorti Kristjáns Sæmundssonar (1995a) fyrir suðurhluta Hengilssvæðisins er sýnt á mynd 5.

Heildarjarðfræðikort af Suðvesturlandi hefur verið gefið út af ÍSOR í mælikvarðanum 1:100.000 og eru jarðfræðikort af Henglinum hluti af því korti (Kristján Sæmundsson o.fl., 2010) sjá mynd 6.

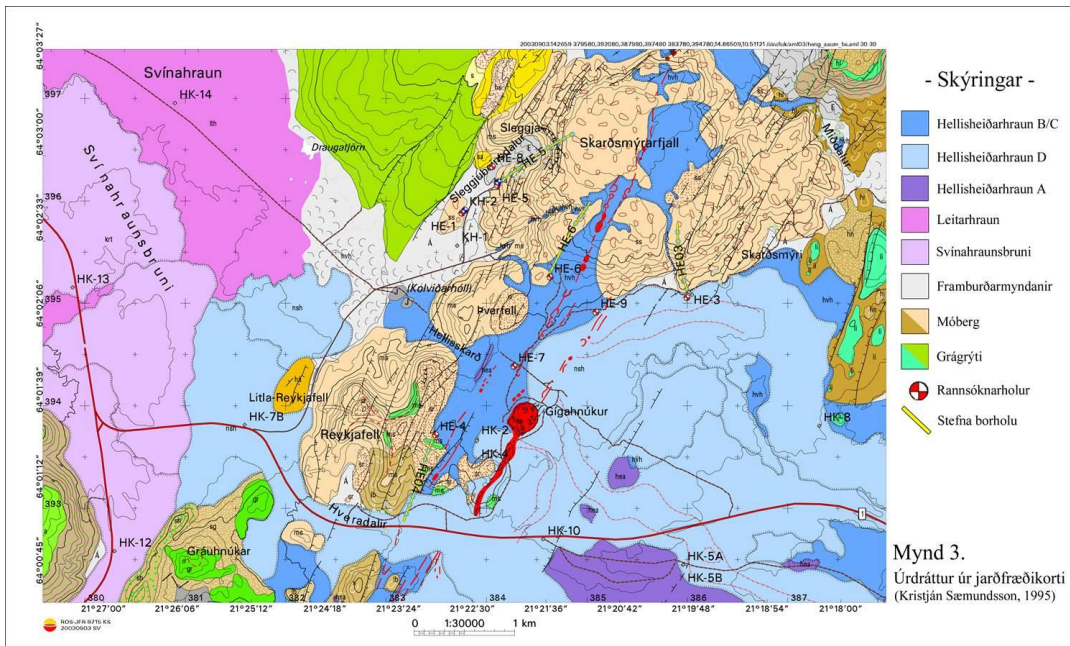
Gert hefur verið tölvutækt þekjukort af Hengilssvæðinu þar sem hægt er að skoða ýmsa þætti á svæðinu, svo sem jarðfræði, jarðhita og ummyndun, gróðurlendi, landslagsgreiningu, akvegi og slóðir ásamt mannvirkjum (Mannvit, 2009). Mynd 7 sýnir kortið þar sem mannvirki á Hengilssvæðinu eru sýnd.



Mynd 3. Jarðfræðikort af Henglinum (Kristján Sæmundsson, 1995a)

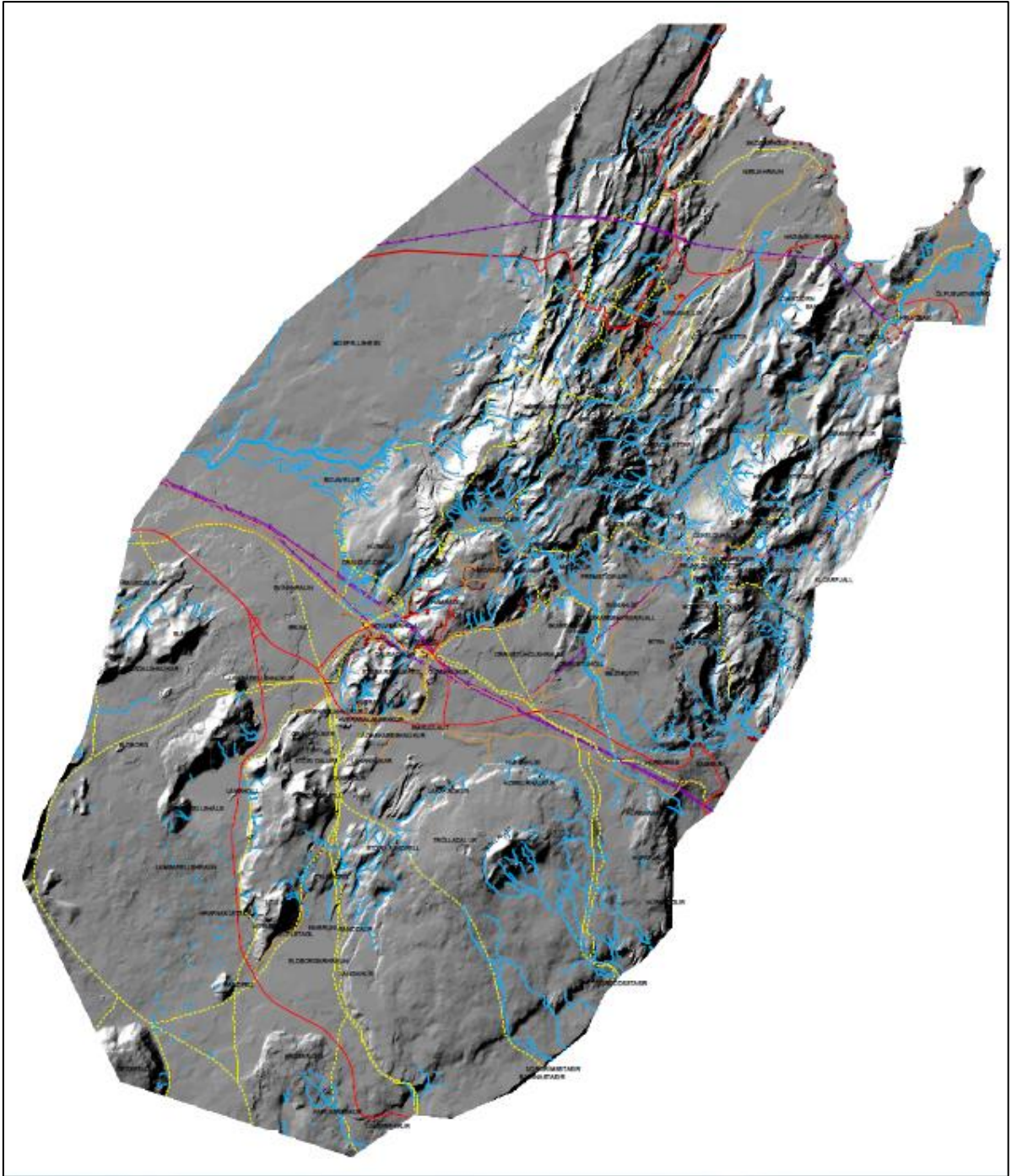


Mynd 4. Kort af jarðhita, ummyndun og grunnvatni (Kristján Sæmundsson 1995b)



Mynd 3.
Úrdráttur úr jarðfræðikorti
(Kristján Sæmundsson, 1995)

Mynd 5. Hellsisheiði - Úrdráttur úr jarðfræðikorti



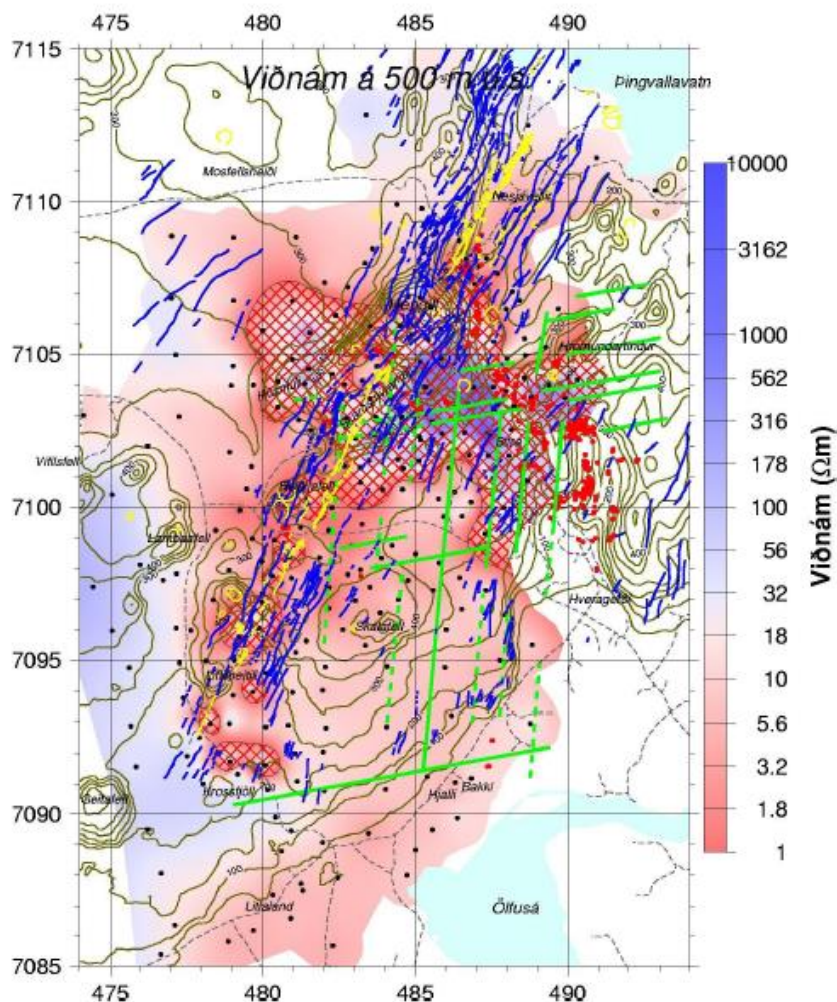
Mynd 7. Kortapakja af mannvirkjum (Mannvit, 2009)

4. Viðnámsmælingar

Með viðnámsmælingum á Hengilssvæði hafa fengist upplýsingar um ummyndun og þar með bæði fornan og núverandi jarðhita. Lágviðnámssvæði um 110 km^2 að stærð á 400 m dýpi neðan sjárvarmáls markar í grófum dráttum útbreiðslu háhitasvæðisins á þessu dýpi. Allur jarðhiti á yfirborði og ummyndun á Hengilssvæði fellur innan þessa svæðis. Þetta eru þær mælingar sem notaðar voru til að afmarka jarðhitasvæðið í Hengli eins og nefnt var í kafla 2. Þessar eldri mælingar byggðu á jafnstraumsmælingum (Schlumberger- og tvíþólmsmælingar) og voru niðurstöður þeirra skoðaðar í samhengi við önnur jarðeðlisfræði- og jarðfræðigögn.

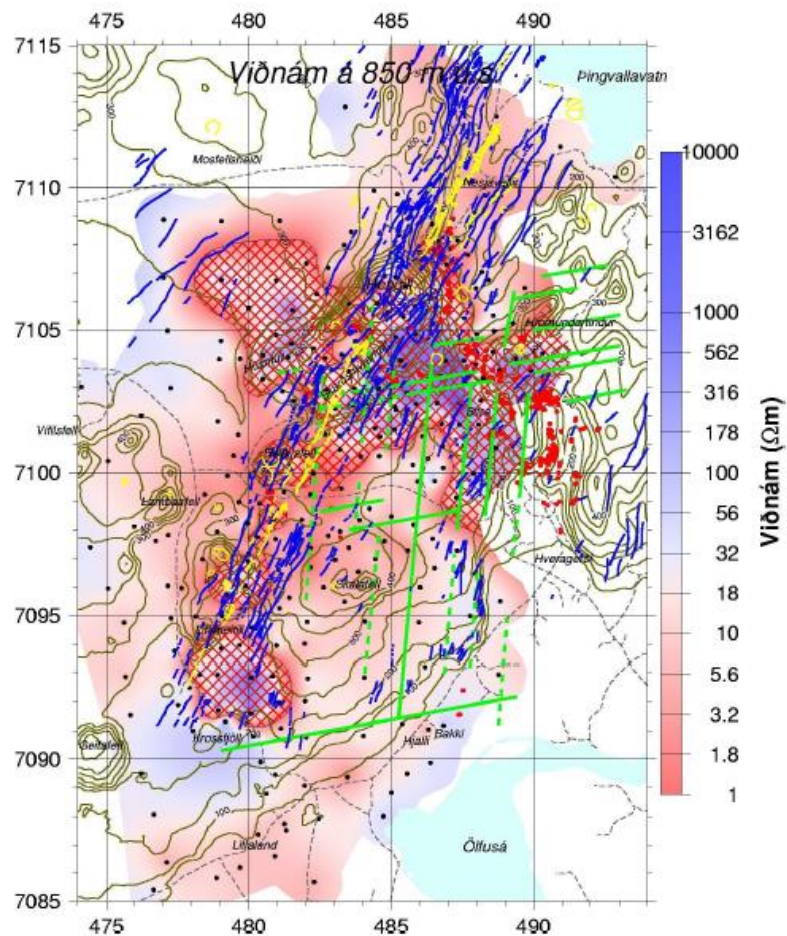
Við rannsóknir á Nesjavallasvæðinu árið 1986 voru TEM-viðnámsmælingar fyrst reyndar hér á landi. Fljótlega á eftir leystu þær af hólmi eldri viðnámsmæliaðferðir.

Árið 2001 kom út skýrsla um niðurstöður viðnámsmælinga við Hengil og á Hellisheiði (Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001). Frekari mælingar hafa verið gerðar og niðurstöður birtar (Knútur Árnason, 2007). Myndir 8 og 9 sýna dreifingu eðlisviðnáms annars vegar á 500 m neðan sjárvarmáls og hins vegar á 850 m neðan sjárvarmáls.



Mynd 8. Eðlisviðnám 500 m neðan sjárvarmáls (Knútur Árnason, 2007)

Hátt viðnám neðan lágviðnáms er sýnt með rauðri skástrikun. Jarðhiti á yfirborði er sýndur með rauðum deplum og gígur og gossprungur frá nútíma með gulum línum. Sprungur og misgengi sem sjást á yfirborði eru sýnd með bláum línun en sprungur og misgengi samkvæmt dreifingu jarðskjálfta með grænum.

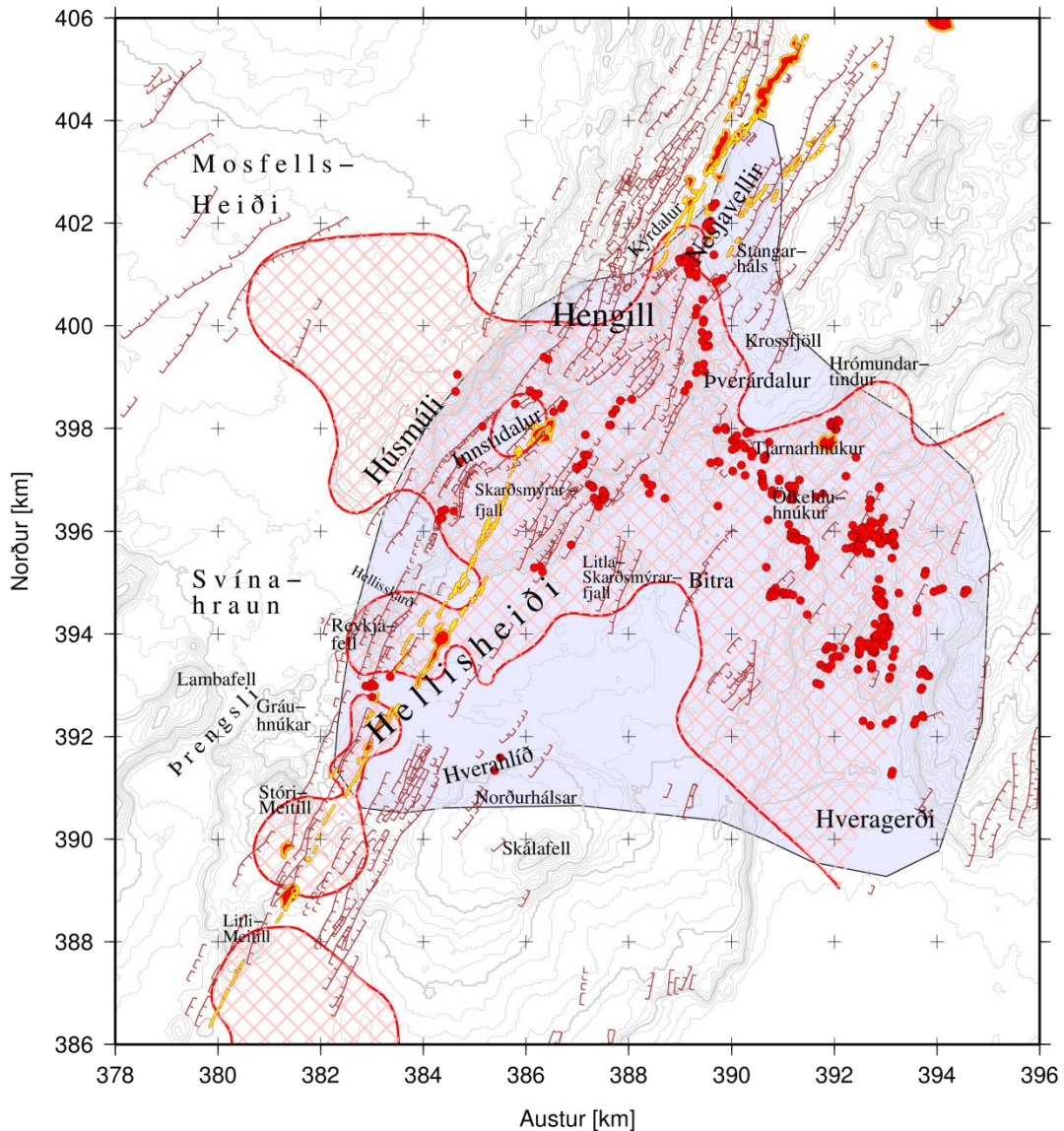


Mynd 9. Eðlisviðnám 850 m neðan sjávarmáls (Knútur Árnason, 2007)

Hátt viðnám neðan lágviðnáms er sýnt með rauðri skástrikun. Jarðhiti á yfirborði er sýndur með rauðum deplum og gígar og gossprungur frá nútíma með gulum línum. Sprungur og misgengi sem sjást á yfirborði eru sýnd með bláum línun en sprungur og misgengi samkvæmt dreifingu jarðskjálfta með grænum.

Viðnámsmælingar á Hengilssvæði sýna víðáttumikinn háviðnámskjarna eftir gossprungunni frá Meitli að Nesjavöllum og á norðvestlægri línu frá Hveragerði vestur yfir Hengil.

Á mynd 10 er sýnt kort af Hengilssvæðinu þar sem sýnd er dreifing lágviðnáms, eins og það var notað í skýrslu Iðnaðarráðuneytis frá 1994, og dreifing háviðnámskjarna skv. síðari túlkunum ÍSOR. Þessi skilgreining lágviðnáms er sýnd hér þar sem hún hefur í gegnum tíðina verið notuð til að skilgreina stærð jarðhitakerfisins í Hengli eins og fram kemur í köflum hér að framan. Háviðnámskjarni eins og hann hefur komið fram í síðari mælingum er jafnframt sýndur á mynd 10.



Mynd 10. Dreifing lágviðnáms og háviðnámskjarna á Hengilssvæði (Gunnar Gunnarsson óbirt kort)

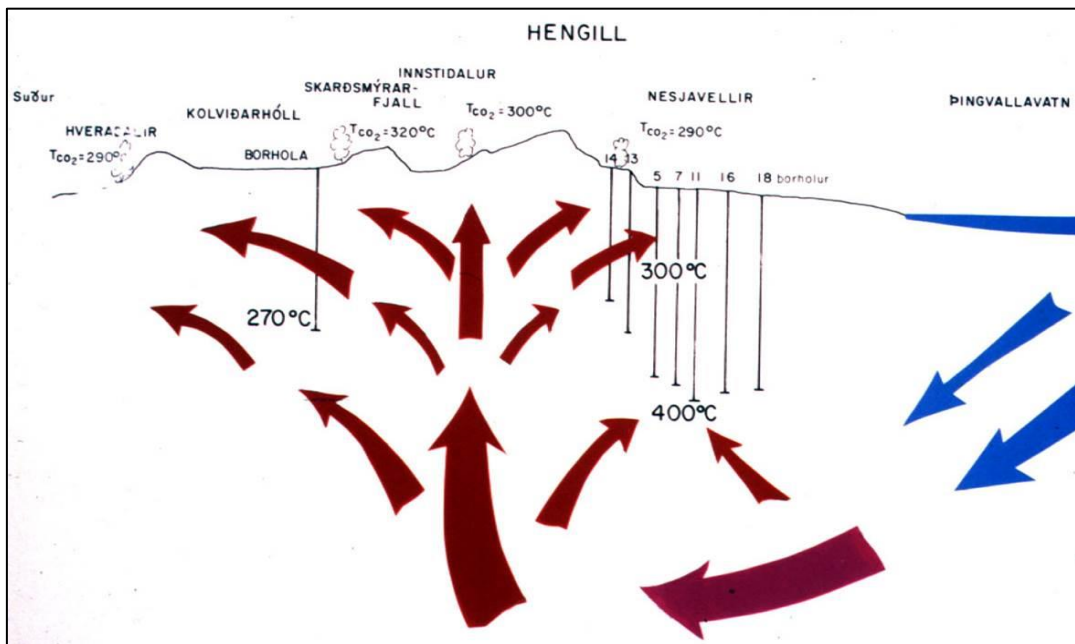
Dreifing lágviðnáms er sýnt með gráum flekk, hátt viðnám neðan lágviðnáms er sýnt með rauðri skástrikun. Jarðhiti á yfirborði er sýndur með rauðum deplum. Sprungur og misgengi sem sjást á yfirborði eru sýnd með rauðlitum línum.

5. Hugmyndalíkan af svæðinu

Hugmyndalíkan af jarðhitasvæðinu í Hengli hefur þróast í gegnum tíðina og er í raun í stöðugri þróun eftir því sem upplýsingar berast. Fyrsta hugmyndalíkanið af Henglinum var sett fram 1985, sjá mynd 11. Þar var hugmyndin að eitt uppstreymi væri undir Henglinum sjálfum og þaðan streymdi síðan hiti til norðurs að Nesjavöllum og til suðurs að Innstadal, Skarðsmýrarfjalli og Kolviðarhóli.

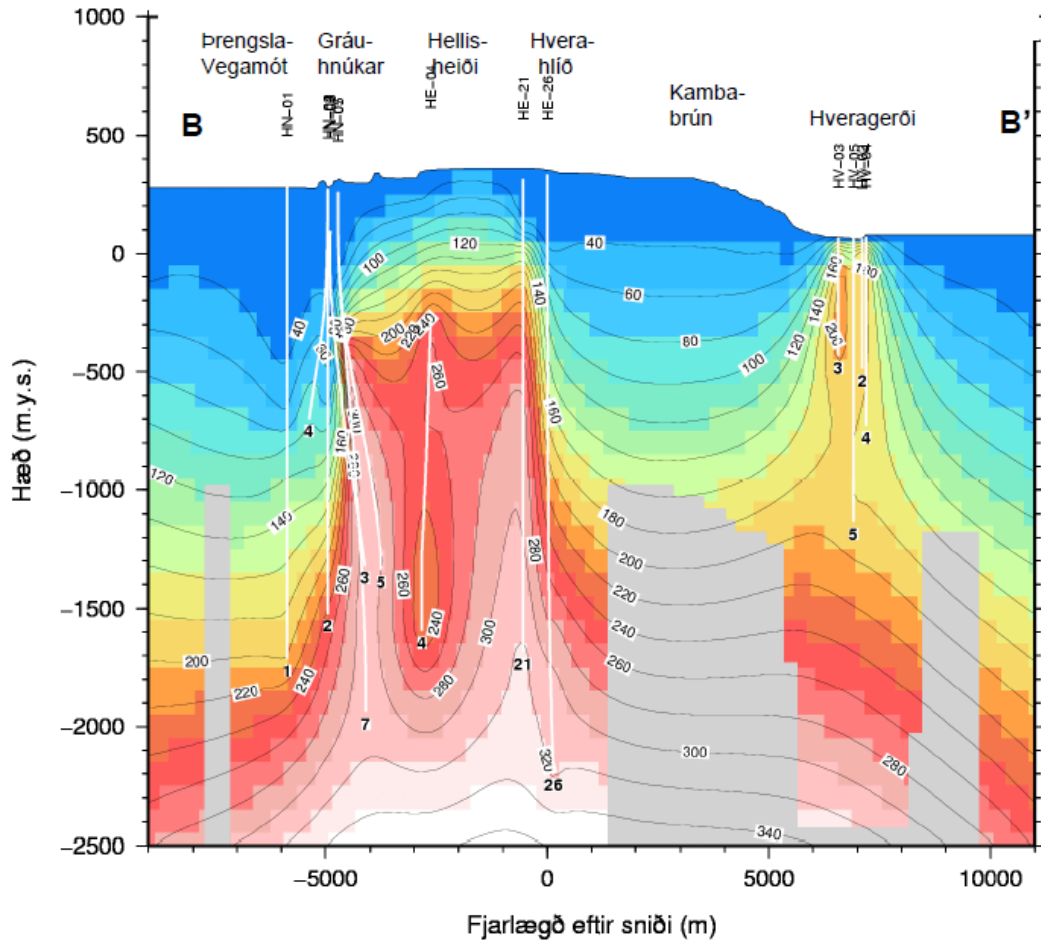
Hugmyndalíkanið var endurskoðað 2007 (Grímur Björnsson, 2007) þegar gert var einfalt mat á vinnslugetu nýrra borsvæða. Endurskoðunin byggði einkum á gerð ferla er lýsa upphafshita og þrýstingi í borholum, ásamt teiknun hita- og þrýstimynda í sniðum og flötum. Skilgreind eru fjögur sérstök uppstreymissvæði jarðhitavökva af miklu dýpi, undir Hengli, við Gráuhnúka, í Hverahlíð og á Bitru. Torlekt þil heldur uppi þrýstingi vestan við

sprungustykki Hengils. Flöt þrýstidreifing austan við sprungustykkið var talin endurspeglar góða vatnslekt. Sækir sú ályktun sér stuðning í mikla smáskjálftavirkni. Jarðhitakerfið á Bitru er talið skiptast í efra og neðra kerfi, svipað og í Kröflu. Er það efra rétt um 200 °C heitt meðan staðfestur er 280 °C hiti í því neðra. Jarðhitasvæðið í Hverahlíð virkar staðbundnara. Það kann að vera umlukið torlekum, lóðréttum þiljum á alla vegu. Þar má hins vegar bora mjög þurrar holur í 270-320 °C heitt kerfi sem gerir svæðið áhugavert fyrir jarðgufuvirkjun.



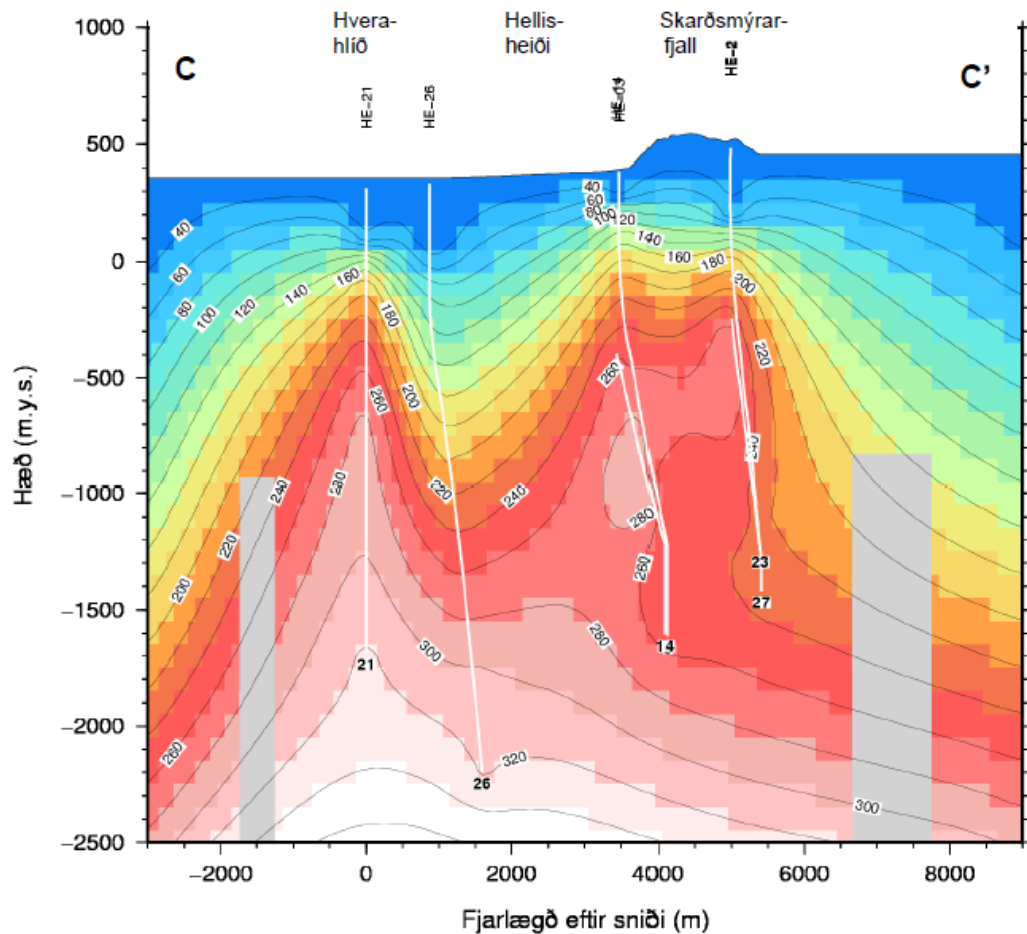
Mynd 11. Fyrsta hugmyndalíkanið að Hengli

Mynd 12 sýnir legu þversniða sem teiknuð voru upp í þessari endurskoðun. Myndir 13-15 sýna þrjú af þessum hitasniðum.



Mynd 14. Hitapversnið B-B'

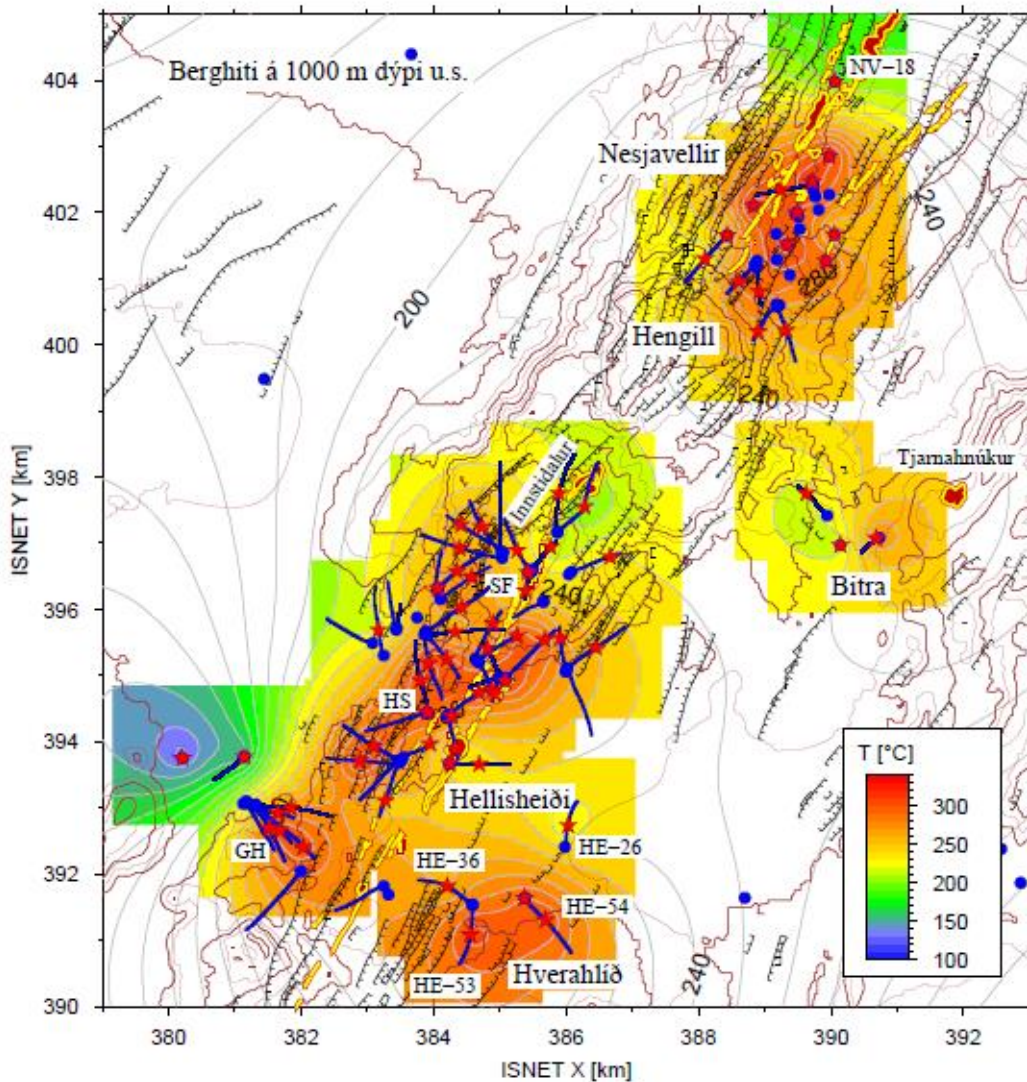
Sniðið er frá Gráuhnúkum í vestri, um Hverahlíð, austur í Hveragerði. Borholur eru sýndar með hvítum línum. Er nafn þeirra að ofanverðu en númer við neðri enda holu.



Mynd 15. Hitapversnið C-C'

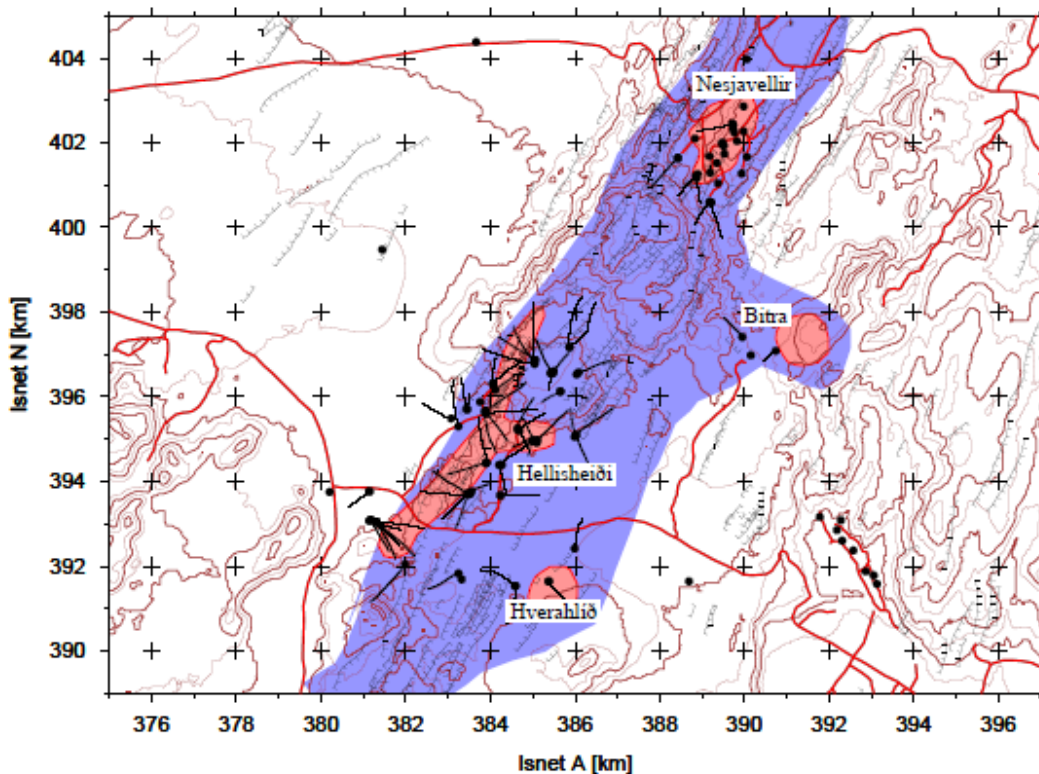
Sniðið er frá Hverahlíð í suðri, um Hellisheiði og norður á Skarðsmýrarfjall. Borholur sýndar með hvítum línum. Er nafn þeirra að ofanverðu en númer við neðri enda holu.

Í vinnsluspá fyrir vinnslusvæði Hellisheiðarvirkjunar (Gunnar Gunnarsson, 2010) og Nesjavallavirkjunar (Gunnar Gunnarsson, 2013) hefur verið fjallað um hugmyndalíkan af Hengilssvæðinu. Líkanið byggir á dreifingu berghita og dregnar þær ályktanir að varmagjafar jarðhitakerfa séu grynna en áður var talið og leitt líkum að því að innkotavirkni tiltölulega grunnt í skorpunni nægi til að mynda jarðhitakerfi. Mynd 16 sýnir dreifingu berghita á 1000 m dýpi undir sjó (Gunnar Gunnarsson, 2010). Í líkaninu eru hitauppsprettur áætlaðar út frá berghita sem bendir til að hitainnstreymið í kerfið sé tiltölulega staðbundið. Á mynd 17 er staðsetning þeirra sýnd með bleikum lit. Nesjavellir hafa sína uppsprettu undir miðju vinnslusvæðinu. Á Hellisheiði er hitagjafinn í vestur brún heiðarinnar nánar tiltekið í móbergshryggjunum sem liggja frá Gráuhnúkum um Hellisskarð að Skarðsmýrarfjalli. Hitagjafi þessi kvíslast þar, fer annars vegar með suðurhlíðum Skarðsmýrarfjalls og hins vegar inni Sleggjubeinsdal og í áttina að Sleggju. Bitrusvæðið og Hverahlíðin hafa sína uppsprettuna hvort. Ekki er ljóst hve stórar þær eru en líklegt þykir að útbreiðsla hitauppsprettunnar á Bitru sé vanmetin á mynd 17. Útbreiðsla yfirborðjarðhita þar er mun meiri en að svo lítil uppsprettu geti skýrt hana.



Mynd 16. Berghiti á 1000 m dýpi undir sjó (Gunnar Gunnarsson, 2010)

Holutoppar eru táknaðir með bláum punktum og holuferlar skáboraðra holna með bláum línum. Hitinn er metinn útfrá hitamælingum í borholum á svæðinu og sýnir rauð stjarna staðsetningu þeirra mæligilda sem notuð eru við að teikna berghitann. (Þær sýna þ.a.l. skurðpunkt þeirra holna sem berghitinn hefur verið metinn í við 1000 m jafndýptarflöt undir sjó.) Inná kortið eru einnig teiknuð misgengi (kambaðar línu) og gosmenjar frá nútíma (gulbryddaðar rauðar skellur). Gráuhnúkar eru merktir með GH, Hellisskarð með HS og Skarðsmýrarfjall með SF. Sniðið er frá Hverahlíð í suðri, um Hellisheiði og norður á Skarðsmýrarfjall. Borholur sýndar með hvítum línum. Er nafn þeirra að ofanverðu en númer við neðri enda holu.



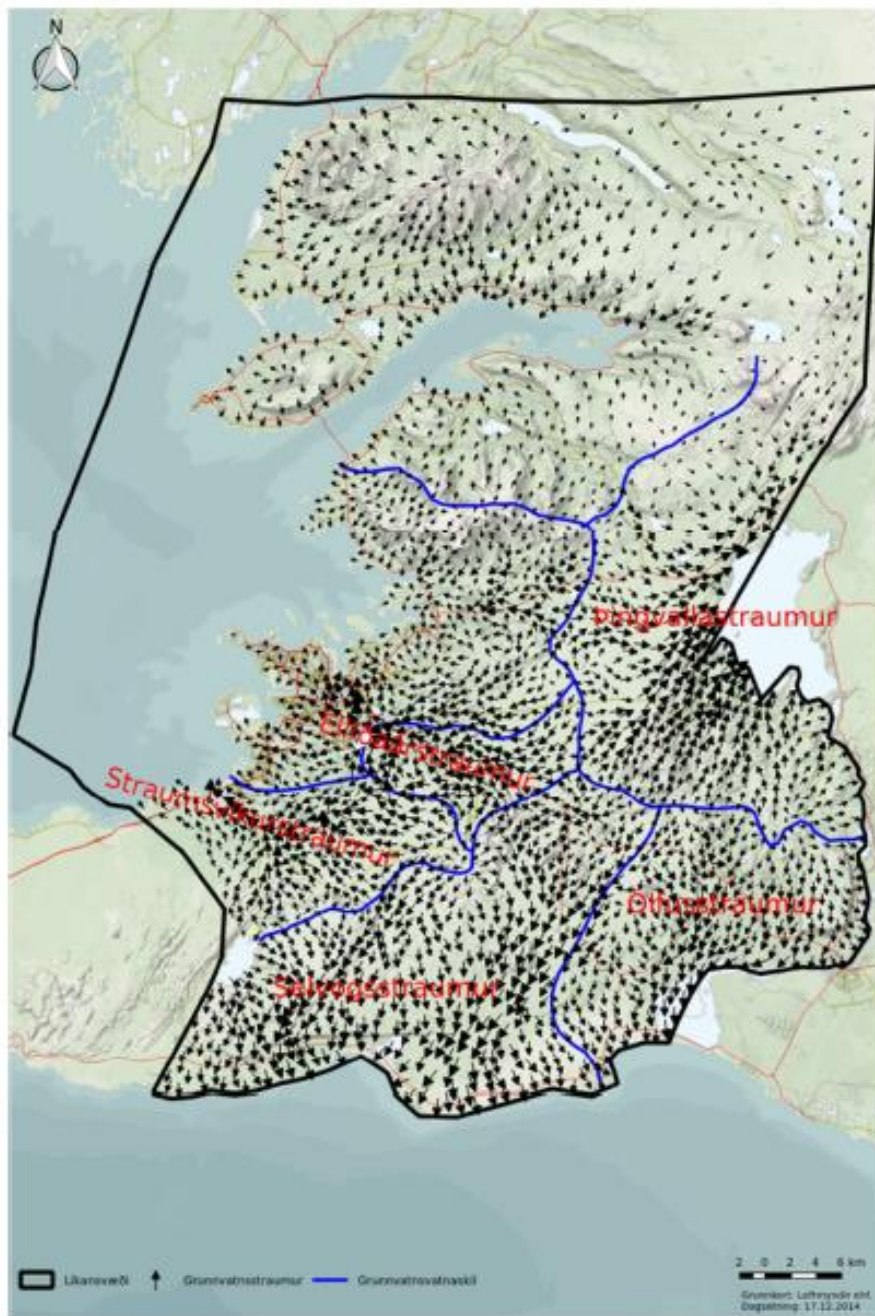
Mynd 17. Yfirlitsmynd sem sýnir helstu hita- og massa innstreymi á Hengilssvæðinu

Bláa svæðið sýnir hvar reiknað er með að háa – eða öllu heldur hærri – lekt sé að finna. Þetta leka svæði er síðan umlukið lægri lekt. Bleiku svæðin sýna hvar hiti og massi streymir neðan frá inni kerfið.

6. Grunnvatn

Um vatnafar á Hengilssvæðinu skiptir í tvö horn. Á því vestanverðu eru stöðugar lindir og lækir einungis þar sem jarðlögin eru svo ummynduð að þau halda vatni. Annars sígur þar allt vatn í jörð. Á austanverðu svæðinu renna ár og lækir árið um kring. Heilstætt grunnvatnslíkan hefur verið gert af svæði sem nær frá Faxflóa upp í Borgarfjörð norðan Skarðsheiðar um Skorradal og út á Kaldadal, þaðan í suður í Þingvallvatn og áfram í suður um Sog og Ölfusá og til sjávar. Frá suðurströndinni afmarkast svæðið síðan um Kleifarvatn og þaðan niður í Straumsvík. Afmörkun svæðisins er sýnd á mynd 18.

Í líkaninu er tekið tillit til allra þátta sem hafa áhrif á vatnafar og reiknað streymi grunnvatns. Af svæðinu vestan Hengilsins streymir grunnvatn í þrjá grunnvatnsstrauma, þ.e. Þingvallastraum, Selvogsstraum og Elliðaárstraum. Vatnaskil grunnvatns á svæðinu vestan Hengilsins breytast miðað við úrkomu á svæðinu. Mynd 19 sýnir reiknað grunnvatnsrennsli á svæðinu þegar grunnvatnsskil eru lengst til norðurs. Stærð örva á kortinu er í samræmi við rennsli. Líkanið metur jafnframt stærð grunnvatnsstraumanna. Grunnvatnsrennsli Þingvallastraums reiknast $20 \text{ m}^3/\text{s}$, Selvogsstraums $43 \text{ m}^3/\text{s}$ og Elliðaárstraums $5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Mynd 19. Reiknað grunnvatnsrennsli þegar grunnvatnsskil ná lengst til norðurs. Stærð örva er í samræmi við rennsli (Vatnaskil, 2014)

8. Jarðhitarannsóknir á Hengilssvæðinu

Miklar heimildir eru til um Hengilssvæðið. Hér á framan hefur lauslega verið raktar yfirborðsrannsóknir sem ná yfir allt Hengilssvæðið, en ekki getið allra þeirra skýrsla og greinagerða sem skrifaðar hafa verið. Við virkjun á Nesjavöllum og á Hellisheiði hafa verið skrifaðar skýrslur og greinagerðir um boranir og jarðhita á þeim svæðum. Í skýrslum um mat á umhverfisáhrifum fyrir Nesjavelli (Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2000), Hellisheiði (Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2003, 2005), Bitru (VSÓ ráðgjöf, 2007a) og Hverahlíðar (VSÓ ráðgjöf, 2007b) eru ítarlegir listar um heimildir.

9. Tilvitnanir

Gretar Ívarsson, 1998. Fumarole gas geochemistry in estimating subsurface temperatures at Hengill in Southwestern Iceland. Proceedings of the 9th International Symposium on Water-Rock Interaction WRI-9 Taupo, New Zealand 30 Marsc-3 April 1998.

Grímur Björnsson, 2007. Endurskoðað hugmyndalíkan af jarðhitakerfum í Hengil og einfalt mat á vinnslugetu nýrra borsvæða. Orkuveita Reykjavíkur, 3-2007.

Gunnar Gunnarsson, 2010. Spá um viðbrögð jarðhitakerfisins á Hellisheiði við vinnslu. Orkuveita Reykjavíkur skýrsla 2010-9.

Gunnar Gunnarsson, 2013. Vinnsluspá fyrir Nesjavelli. Orkuveita Reykjavíkur skýrsla 2013-25.

Iðnaðarráðuneytið, 1994. Innlendar orkulindir til vinnslu raforku.

Jónas Ketilsson, Héðinn Björnsson, Sæunn Halldórsdóttir og Guðni Axelsson, 2009. Mat á vinnslugetu háhitasvæða. Orkustofnun skýrsla OS-2009/09.

Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001. Jarðhiti við Hengil og á Hellisheiði. Niðurstöður viðnámsmælinga. Orkustofnun skýrsla OS-2001/091.

Knútur Árnason, 2007. TEM-viðnámsmælingar á Hengilssvæði 2006 og tillaga að rannsóknarborunum við Eldborg. ÍSOR-2007/005.

Kristján Sæmundsson, 1995a. Hengill, jarðfræðikort (berggrunnur) 1:50.000. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur, Landmælingar Íslands.

Kristján Sæmundsson, 1995b. Hengill, jarðhiti, ummyndun og grunnvatn 1:25.000. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur, Landmælingar Íslands.

Kristján Sæmundsson, 2003. Hellisheiðarvirkjun jarðfræðilegar aðstæður á virkjunarsvæði. Íslenskar Orkurannsóknir. Greinargerð KS 03/02. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Kristján Sæmundsson, Haukur Jóhannesson, Árni Hjartarson, Sigurður Garðar Kristinsson og Magnús Á. Sigurgeirsson, 2010. Jarðfræðikort af Suðvesturlandi, 1:100.000. Íslenskar orkurannsóknir.

Mannvit, 2009. Landslag á Hengilssvæðinu.

Vatnaskil, 2014. Höfuðborgarsvæði – Grunnvatns- og rennislíkan. Árleg endurskoðun fyrir árið 2013. Vatnaskil, skýrsla nr. 14.16.

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2000. Nesjavallvirkjun áfangi 4B. Mat á umhverfisáhrifum. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. (https://www.or.is/sites/default/files/2002_nesjavallavirkjun_staekkun_mat_a_umhverfisahrifum.pdf)

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2003. Virkjun á Hellisheiði. Rafstöð allt að 120 MW. Varmastöð allt að 400 MW. Mat á umhverfisáhrifum. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. (https://www.or.is/sites/default/files/2004_hellisheidarvirkjun_mat_a_umhverfisahrifum.pdf).

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2005. Stækkun Hellisheiðarvirkjunar. Mat á umhverfisáhrifum. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur (https://www.or.is/sites/default/files/2005_hellisheidarvirkjun_staekkun_mat_a_umhverfisahrifum.pdf).

VSÓ ráðgjöf, 2007a. Bitruvirkjun allt að 135 MWe jarðvarmavirkjun. Frummatsskýrsla. ([https://www.or.is/sites/default/files/bitruvirkjun - frummatsskyrsla.pdf](https://www.or.is/sites/default/files/bitruvirkjun_-_frummatsskyrsla.pdf)).

VSÓ ráðgjöf, 2007b. Hverahlíðarvirkjun allt að 90 MWe jarðvarmavirkjun. Frummatsskýrsla. ([https://www.or.is/sites/default/files/hverahlidarvirkjun - frummatsskyrsla.pdf](https://www.or.is/sites/default/files/hverahlidarvirkjun_-_frummatsskyrsla.pdf)).