

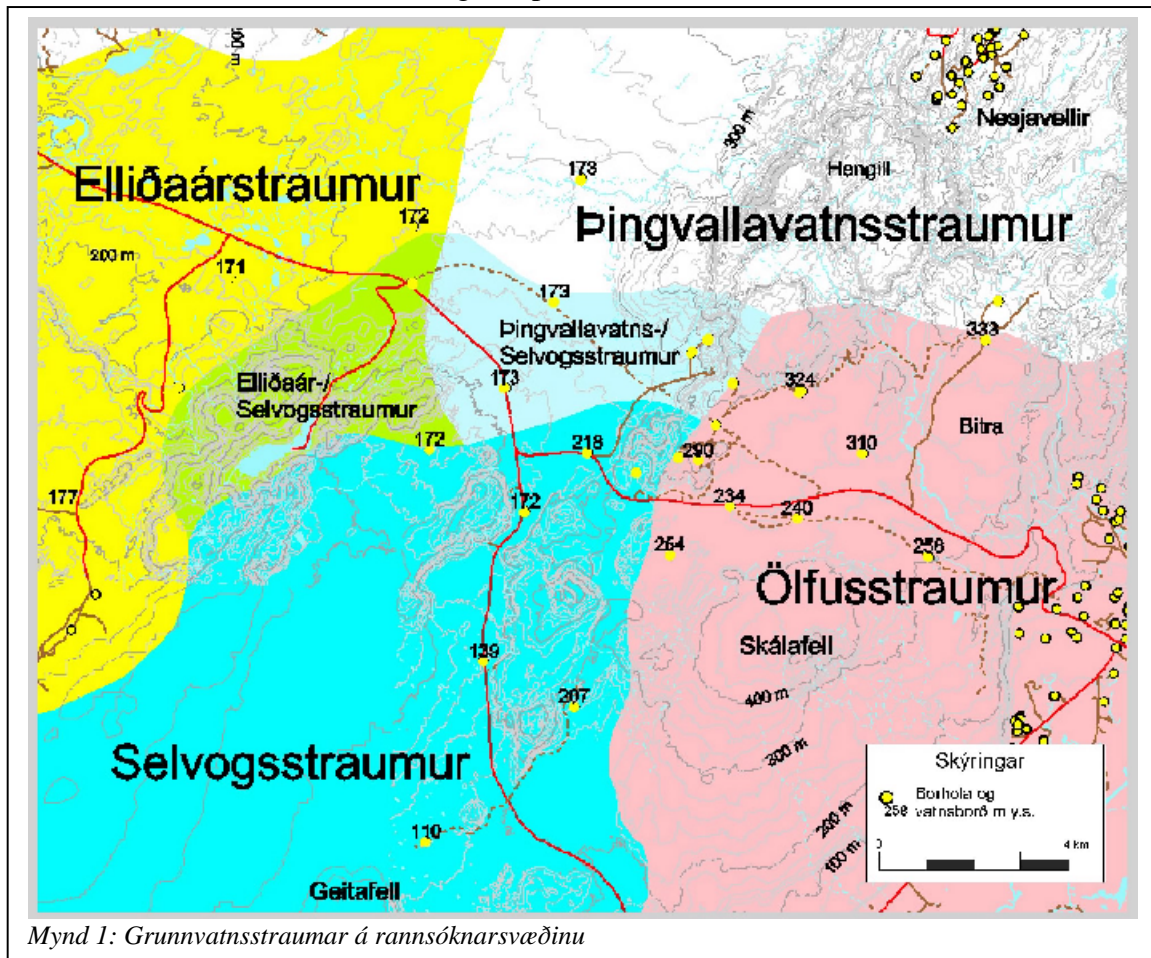
Vatnafar á Hellisheiði og nágrenni

Gestur Gíslason

4. nóvember 2003

Veigamikill þáttur í undirbúningi væntanlegrar jarðvarmavirkjunar á suðvestanverðu Hengilssvæði eru rannsóknir á grunnvatni. Þá er meðal annars leitað eftir hentugum stað til öflunar á köldu vatni vegna framleiðslu á hitaveituvatni og einnig hvaða áhrif það hafi að losa jarðhitavatn í grunnvatn. Þar sem lokaútfærsla á virkjuninni liggur ekki fyrir er ekki ljóst hvaða þörf er á köldu vatni eða hve mikið af skiljuvatni verður losað í grunnvatn ef sá kostur verður valinn. Í þeirri rannsóknarvinnu sem nú fer fram er miðað við að útvega þurfi allt að 2000 l/s af köldu vatni og að allt að 800 l/s af skiljuvatni verði losað í grunnvatnsstrauma. Hefur rannsóknin miðað að því að finna hvar og hvernig best sé að standa að þessu verki.

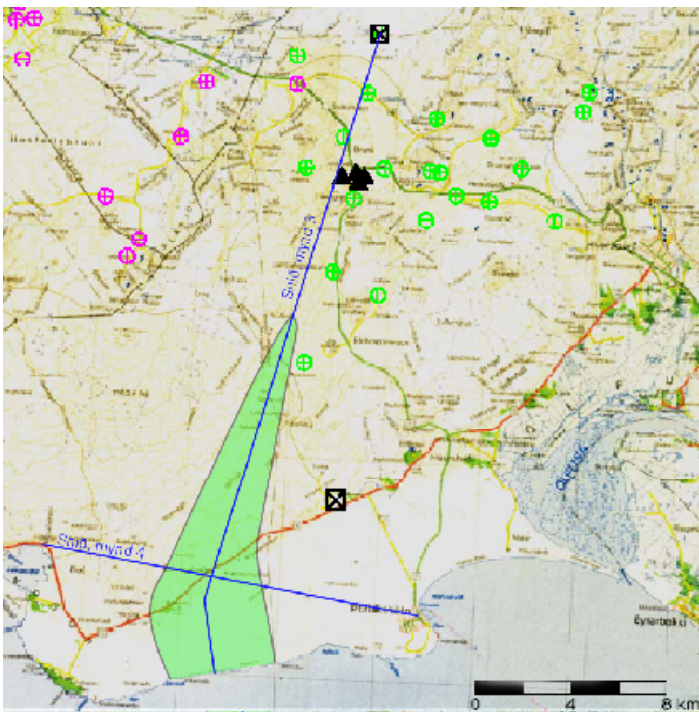
Grunnvatnskerfi á svæðinu umhverfis fyrirhugað virkjanasvæði hefur reynst afar flókið og því þurft að leggja drjúgstórt svæði undir grunnvatnsrannsóknirnar. Til vesturs markast svæðið af ströndinni við Faxaflóa og vatnasviði Kleifarvatns, en suðurströndin og Ölfusá takmarka það að sunnan og austan. Þingvallavatn og Esjan takmarka svæðið til norðurs. Á útjöðrum svæðisins voru notuð eldri gögn, en nær virkjanasvæðinu þurfti að afla upplýsinga með borun nýrra rannsóknarhola. Jarðboranir hf. önnuðust borverkið, og frá því í maí 2001 hafa verið boraðar 23 holur.



Mynd 1: Grunnvatnsstraumar á rannsóknarsvæðinu

Fjórar fyrstu holurnar voru nýttar til að afla skolvatns fyrir djúpboranir og þær tvær síðustu voru boraðar sem dæluholur á vænlegu vatnsöflunarsvæði. Allar holurnar nýtast sem vatnsborðsholur.

Rannsóknasvið Orkustofnunar hefur annast ráðgjöf við verkefnið, svo sem staðsetningu og hönnun á borholum, ákvörðun á þeim eðlisþáttum sem þarf til líkanreikninga o. s. frv. en Verkfræðistofan Vatnaskil hefur annast úrvinnslu á grunnvatnsgögnum. Áður höfðu sömu aðilar unnið reiknilíkan af vatnafari á höfuðborgarsvæðinu, bæði vegna neysluvatnsöflunar og vegna vinnslu á lághitasvæðunum og einnig gert líkan af grunnvatnsstreymi á vatnasviði Þingvallavatns, þar með talið Nesjavallasvæðið. Reiknilíkanið byggir á veðurfarsmælingum (úrkoma, hitamælingar, snjósöfnun, uppgufun), rennislismælingum í ám og lækjum, vatnsborðsmælingum í borholum og jarðfræðilegum þáttum (berggerðir, sprungur, poruhluti, vatnsleiðni, jarðhitamyndun), og ná margar af þessum mælingum yfir meira en 30 ára tímabil. Öll þessi hermílikön hafa nú verið sameinuð og aukin og liggur nú fyrir vitneskja um grunnvatnsstrauma á rannsóknarsvæðinu. Megineinkennin eru að fjalla-keðjan Hengill - Stóra Reykjafell – Stórimeitill - Litlimeitill skipta svæðinu frá suðvestri til norðausturs, enda eru bergmyndanir í þessum fjöllum þéttar vegna jarðhitamyndunar (mynd 1). Á austurhluta svæðisins, þ.e. á Helligsheiðinni falla vötn til suðausturs niður í Ölfus. Vatnafar er flóknara á vestursvæðinu, en einkennist af „grunnvatnshásléttu“ vestan við Hengilinn og nær hún norður á Mosfellsheiði, vestur að Sandskeiði og suður í Þrengsli. Þar er vatnsborð í um 172 m hæð yfir sjávarmáli og skeikar varla metra til eða frá á um 15 km² svæði. Þaðan falla grunnvatnsstraumar til vesturs á vatnasvið Elliðaár, til norðausturs til Þingvallavatns og síðan fellur straumur grunnvatns í suðvestur undir fjöllin austan við Bláfjöll og nær til sjávar austan Selvogs. Reiknilíkanið gaf til kynna, að „hásléttan“ væri vænleg til vatnsöflunar og var það staðfest með borun og dælu-prófun tveggja hola við Engidalskvísl, um 1 km vestan við Húsmúla í vestanverðum Hengli (mynd 2), á vatnaskilum Þingvallastraumsins og Selvogs-



Mynd 2. Dæling, losun og dreifing efna (hringir: mælingaholur; ferningar: dæluholur; þríhyrningar: niðurrennsli; grænn flötur: arsenstyrkur 10-15 ppb í efstu 100 m)

straumsins. Holurnar eru 153 og 203 m djúpar og nær sú dýpri niður í opið, mjög vatnsgæft bólstraberg. Úr holunum var dælt um 100 l/s og var niðurdráttur afar lítill. Niðurstöður benda til að þarna megi hæglega afla þeirra 2000 l/s sem leitað var eftir. Efnagreiningar sýna að vatnið er gott neysluvatn.

Prófanir á háhitaholum á Helligsheiði og nágrenni hafa verið í gangi síðan í apríl 2002. Við virkjun háhita fellur til tvönnar konar vatnsgerðir, annars vegar þétt jarðhitagufa (svokallað þéttivatn) og hins vegar vatnið sem skilið hefur verið frá jarðhita-

	Skiljuvatn	Neysluvatns-mörk
Kísill, SiO ₂	570	Engin
Natrium, Na ⁺	184	200
Kalíum, K ⁺	27	Engin
Kalsíum, Ca ⁺²	0,75	Engin
Magnesium, Mg ⁺²	0,004	Engin
Súlfat, SO ₄ ⁻²	158	250
Klóríð, Cl ⁻	203	250
Flúoríð, F ⁻	1,2	1,5
Al, Al ⁺³	1,6	0,2
Járn, Fe	0,02	0,2
Karbonsát, CO ₂	79	Engin
Sýrustig, pH	9,1	6,5 - 9,5

Tafla 1: Styrkur aðalefna í skiljuvatni (mg/kg). Efni yfir mörkum í bláum lit.

borunum að öllu jöfnu. Um slíka losun er fjallað í grein 12 í ofangreindri reglugerð, en þar segir að „í starfsleyfi skal setja losunarmörk um leyfilegan hámarksstyrk mengandi efna í fráveituvatni og/eða leyfilegt hámarks magn yfir tilgreind tímabil eða á framleiðslueiningu.“ Í viðauka er arsen meðal þeirra efna sem falla undir 12. grein.

Samanburður við leyfilegan hámarksstyrk í neysluvatni, samkvæmt reglugerð nr. 536/2001, sýnir að engin efni í þéttivatni eru yfir leyfilegum hámarksstyrk, en styrkur þriggja efna í skiljuvatninu liggur yfir mörkunum. Þessi efni eru sýnd í töflum 1 og 2 í bláum lit ásamt með leyfilegu hámarki samkvæmt drykkjarvatnsstöðlum. Þegar skiljuvatnið blandast köldu grunnvatni við losun í borholum hverfa áhrif þess vegna þynningar. Af efnunum þremur þarf arsen mesta þynningu til að ná drykkjarvatnsgæðum, en styrkur þess mælist á bilinu 29 – 122 µg/l eins og fyrr segir, og vegið meðaltalið er 90 µg/l. Drykkjarvatnsstaðlar segja að styrkurinn skuli vera lægri en 10 µg/l. Ef skiljuvatnið blandast grunnvatni þannig að skiljuvatnið er 10% af blöndunni þá er styrkur arsen komið niður fyrir leyfileg efri mörk, og slíkt vatn uppfyllir drykkjarvatnsstaðla.

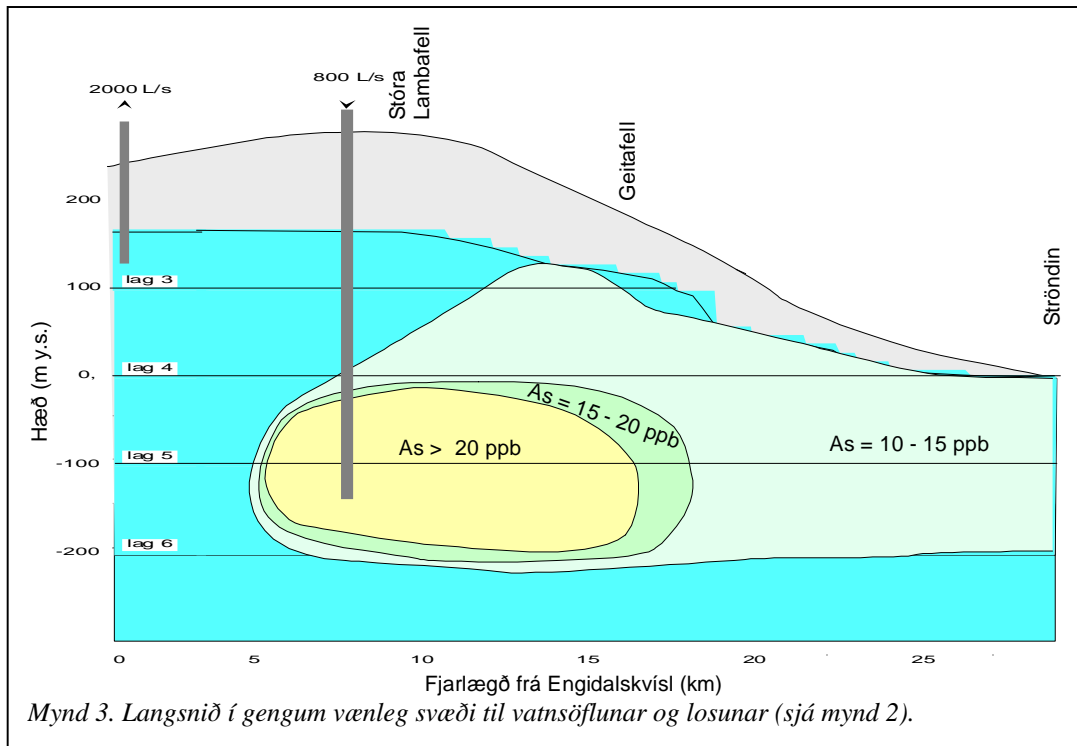
Leitað var eftir heppilegum stað til að losa skiljuvatn í grunnvatnið þannig að áhrifa þess gætti ekki í vatnsbólum væntanlegrar Helligheitavirkjunar né öðrum vatnsbólum á vatnasvæðunum. Niðurstöður úr reiknilíkani benda til þess að heppi-legast sé að losa skiljuvatnið í Selvogsstrauminn, nærri Þrengslaveginum við Lambafell (mynd 2). Mest þynning næst með því að losa vatnið djúpt í grunnvatnið, um 150 m neðan sjávarmáls.

Í reiknilíkaninu var hermt eftir 800 l/s niðurrennsli á 400 m dýpi nærri námunum í Lambafelli ásamt 2000 l/s dælingu við Engjadalskvísl og 200 l/s dælingu við vatnsból nærri Þorlákshöfn (mynd 2). Skiljuvatnið blandast í grunnvatnið á leið þess til sjávar vestanvert við Þrengslavegin. Reiknilíkanið gerir ráð fyrir láréttum lögum, hvert um 100 m þykkt. Þá gerir líkanið ráð fyrir að ekkert rennandi grunnvatn fari neðar en 200 m undir sjávarmáli. Skiljuvatninu er losað efst í lag 6 á um 400 m dýpi frá holutoppi og um 150 m neðan sjávarmáls. Mest af skiljuvatninu rennur fram í lögum 5 og 6 og blandast fljótlega við grunnvatnið í þeim mæli að öll efni nema arsen eru undir

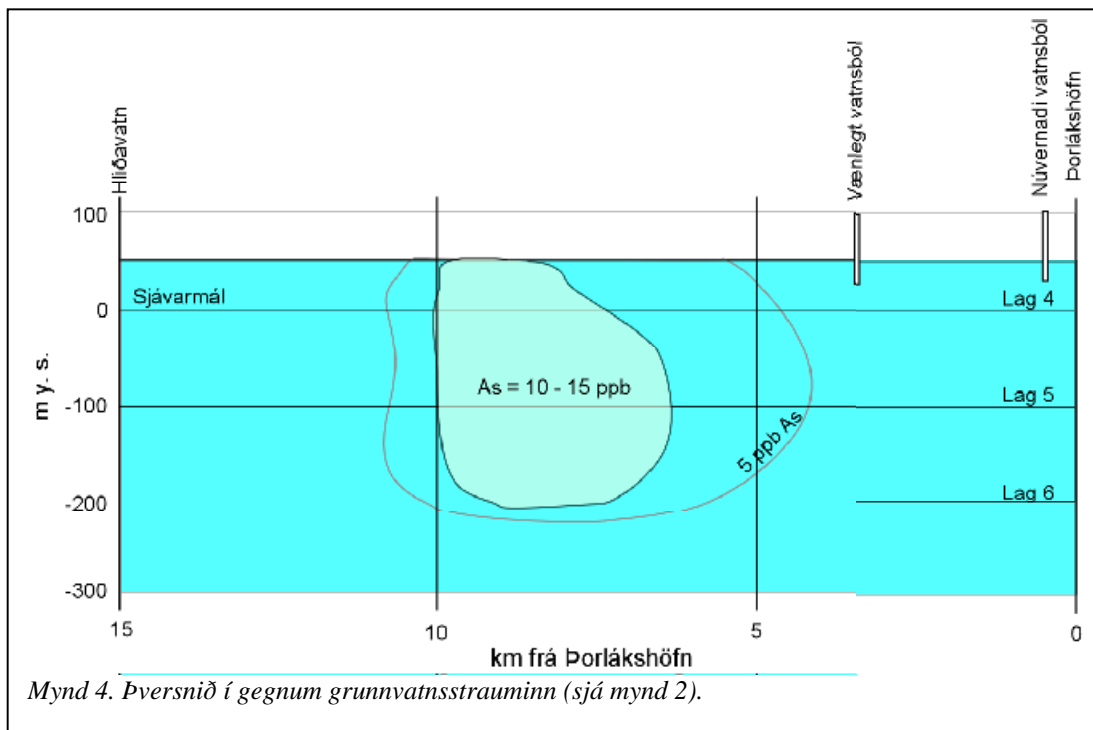
gufunni (svokallað skiljuvatn). Greining á efnasamsetningu skiljuvatns og þéttivatns liggur fyrir, og er styrkur meginefna í skiljuvatni sýndur í töflur 1 og snefilefna í töflu 2. Í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns er fjallað um yfirborðsvatn til verndunar lífríkis, og eru þar tilgreind umhverfismörk fyrir nokkur snefilefni. Við samanburð kemur í ljós að arsenstyrkur í skiljuvatni, sem er á bilinu 29 – 122 µg/l, fellur ymist í flokk IV: Áfrifa að vænta (15 – 75 µg/l) eða flokk V: Ávallt ófullnægjandi (>75 µg/l). Af þessu er ljóst að losun skiljuvatns á yfirborð er ekki viðunandi og því leitað leiða til að losa skiljuvatn í dýpri grunnvatnslög, þar sem þynning við grunnvatn er mikil og hröð, og vel neðan við það dýpi þar sem neysluvatns er aflað með

Efni	Skiljuvatn	Neysluvatns-mörk
Arsen, As	90	10
Bór, B	1.039	1.000
Baríum, Ba	0,78	700
Kadmín, Cd	0,17	3
Króm, Cr	0,08	50
Kopar, Cu	2,06	1.000
Kvikasilfur, Hg	0,02	1
Nikkel, Ni	0,30	20
Fosfór, P	4,15	5.000
Blý, Pb	3,54	10
Sínk, Zn	9,67	3.000

Tafla 2: Styrkur snefilefna í skiljuvatni (µg/kg). Efni yfir mörkum í bláum lit.



leyfilegu hámarki. Um 10 km frá suðurströndinni er arsen-styrkur þó hvergi hærra en 15 µg/kg, og styrkurinn í efstu 100 m grunnvatns reiknast mest rétt um eða yfir leyfilegan hámarksstyrk í neysluvatni (mynd 2). Mynd 3 sýnir þversnið frá dæluholunni við Engidalskvísl, um Þrengslin og til sjávar milli Selvogs og Þorlákshafnar. Samkvæmt reiknilíkaninu blandast skiljuvatnið á tiltölulega þröngu svæði og aldrei koma fram nein áhrif frá skiljuvatninu við vænlegan vatnstökustað vestan núverandi

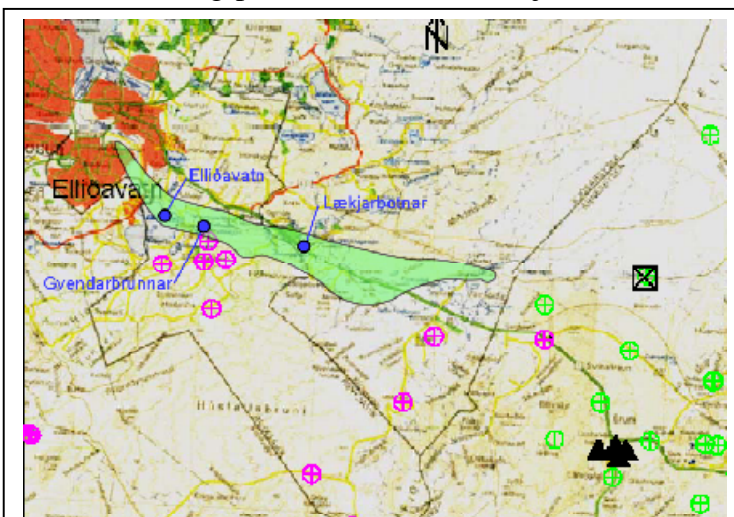


vatnsból Þorlákshafnar (mynd 4). Mynd 4 sýnir einnig hvernig reiknilíkanið spáir að vatnið ferðist á tiltölulega afmörkuðu svæði til sjávar, og í reynd er óvíst hvort það verði nokkurn tíman greinanlegt þar.

Niðurstöður á myndum 2 – 4 sýna reiknað ástand eftir stöðuga dælingu og niðurrennsli í 30 ár. Allnokkurn tíma tekur að ná jafnvægisástandi og þeim mun lengri eftir því sem fjær dregur losunarstaðnum. Það tekur til dæmis 25 ár að ná endanlegum hámarksstyrk við suðurströndina (10 - 12 µg/kg). Þær forsendur sem líkanreikningarnir byggja á valda því að skiljuvatnið virðist renna í frekar þröngri rás til suð-suðvesturs frá losunarstaðnum, víðast hvar ekki nema 3 km á breidd (mynd 4). Ef þessi straumur er breiðari í reynd þá blandast skiljuvatnið í margfalt meira rúmmál af grunnvatni og þá hverfa áhrifin af niðurrennsli mun fyrr en hér er sýnt. Í reikningunum er eingöngu gert ráð fyrir blöndun en ekki reiknað með efnahvörfum við berg eða útfellingum, en það hjálpar enn frekar til að milda áhrif niðurrennslisins.

Í reiknilíkaninu voru prófaðir nokkrir valkostir, og reyndist sá valkostur sem kynntur er hér að ofan gefa hraðasta og skilvirkasta blöndun skiljuvatns við grunnvatn. Einn af valkostunum sem athugaður var til vatnsöflunar/vatnslosunar var að velja vatnsöfluninni stað í Þrengslum og að losa skiljuvatn djúpt í grunnvatnið við Engidalskvísl, þ.e. að hafa endaskipti á þeim valkosti sem álitlegastur þykir. Borstaðurinn við Engidalskvísl er um 5 km í norð-norð-vestur frá Kolviðarhól, en þó svo að farið sé þetta langt norður á Mosfellsheiðina, þá er ekki náð norður fyrir grunnvatnshásléttuna. Þetta veldur því að vatnaskilin milli Þingvallastraumsins og Selvogsstraumsins eru að sveiflast norður og suður um Engidalskvísl, og skiljuvatnið berst því inn á grunnvatnshásléttuna, og dreifist þar í alla grunnvatnsstraumana þrjá. Taktími skiljuvatnsins í grunnvatnskerfinu verður að sama skapi langur, meira en 25 ár áður en jafnvægi er náð, og með tíð og tíma verður áhrifasvæði skiljuvatnsblöndunar mjög víðfemt í Svínahrauni og Mosfellsheiði. Til að koma í veg fyrir „bakflæði“ inn í grunnvatnshásléttuna þyrfti að fara nokkrum kílómetrum norðar á heiðina, en slík dæling yrði ekki hagkvæm, auk þess sem að lítið blandaður grunnvatnsstaumur næði Þingvallavatni.

Selvogsstaumurinn hefur þá sérstöðu að hann streymir allur fram neðanjarðar, þ.e. að á vatnasviði hans eru engar uppsprettur eða stöðuvötn, og því gilda þar ekki varnir gegn mengun yfirborðsvatns til verndunar lífríkis, auk þess sem enginn vatnsból þéttbýliskjarna nýtir vatn úr honum. Öðru máli gegnir um Elliðavatnsstrauminn og Þingvallastrauminn. Í þeim fyrrnefnda eru uppsprettur við Lækjarbotna og Gvendarbrunnna, og fellur vatn frá þeim í Elliðavatn og þaðan um Elliðaár til sjávar. Þá fellur Elliðavatnsstraumurinn um vatnsverndarsvæði höfuðborgarsvæðisins. Þá fellur Þingvallastraumurinn í viðkvæmt lífríki Þingvallavatn. Á mynd 5 eru sýndir niðurstöður reikninga þar sem niðurrennsli skiljuvatns við Engidalskvísl er 800 l/s, og dælt er upp 2000 l/s í Þrengslum. Við þessar aðstæður dreifist skiljuvatnið í alla grunnvatnsstraumana, og fellur reiknaður styrkur arsen í



Mynd 5: Elliðavatnsstraumurinn. Græni flöturinn sýnir styrk arsen 5 – 15 ppb í efstu 100 m grunnvatns

efstu 100 m í Elliðavatnsstraumnum í flokk III: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki (5 – 15 µg/l) samkvæmt reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns þar sem fjallað er um yfirborðsvatn til verndunar lífríkis. Þetta vatn kæmi fram í uppsprettum sem falla í Náttahag tjörn við Lækjarbotna, í Gvendarbrunnum og Elliðaárvatni.

Reiknað er með að til þess að dæla 2000 l/s þurfi að bora allmargar holur á vatnstökusvæðinu, og er reiknað með 2,6 km² brunnsvæði. Þrengslasvæðið er óheppi-legt sem brunnsvæði þar sem að þjóðvegir liggja um svæðið og vegna landþrensla yrði að velja dæluholum stað meðfram eða nærrri umferðaræðunum. Þessum valkosti var því hafnað, og eru meginforsendur þessar:

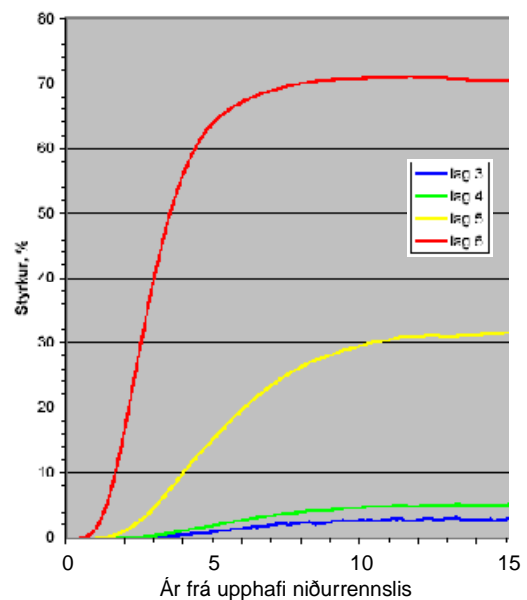
- Langur taftími og mikil útbreiðsla skiljuvatns í grunnvatni
- Hætta á megnun yfirborðsvatn í Elliðavatnsstraumi
- Þjóðbrautir liggja um brunnsvæði í Þrengslum

Aðrir valkostir þar sem skiljuvatnið lendir inn á vatnasviði grunnvatnshá-sléttunnar bregðast svipað við og lýst er hér að ofan. Taftími er mjög langur og skiljuvatnið safnast upp og dreifist síðan á alla grunnvatnsstrauma. Þingvallastraumurinn og Elliðavatnsstraumurinn eru viðkvæmir þar sem þeir fæða uppsprettur og stöðuvötn. Selvogsstraumurinn virðist best fallinn til að taka við skiljuvatni, bæði er þar mikið vatnsmagn á ferð, þannig að þynning verður mikil, og eins skilar hann vatninu fljótast til sjávar. Hann fæðir engar uppsprettur, og engin vatnsból eru á leið hans til sjávar.

Á rekstrartíma er hugsanlegt að truflun geti orðið á niðurrenslismannvirkjum (lögnum og/eða borholum), og þá þarf að vera til staðar tímabundin neyðarlosun á skiljuvatni. Er þá ætlunin að losa skiljuvatnið um svelgholur framanundir stöðvarhúsinu, í hraunið norð-austan við Litla Reykjafell. Til þess að kanna hvaða áhrif slík losun hefur á grunnvatnskerfið, þá var prófað að losa 400 l/s af skiljuvatni um þriggja mánaða skeið, en að því loknu að halda áfram losun við Lambafell. Þrjú mánuðir er talinn hæfilegur tími til að koma niðurrenslisveitunni í lag aftur. Gert er ráð fyrir að svelgholurnar dugi til að koma í veg fyrir að „blátt lón“ myndist í hrauninu, en holurnar eru ekki dýpri en svo að skiljuvatnið blandast í efsta grunnvatnslag (lag 3). Niðurstöður reiknilíkansins benda til að þessi losun hafi engin áhrif á grunnvatnskerfið. Skiljuvatnið blandast í mikið rúmmál af köldu grunnvatni, þannig að styrkur arsen er aldrei yfir leyfilegu hámarki í drykkjarvatni nema í allra næsta nágrenni við svelgholurnar (innan við 200 m radíus).

Eftirlit

Líkanreikningarnir byggja á bestu fánlegu upplýsingum sem fyrir liggja, og stöðugt er verið að safna nýjum upplýsingum og fínstillta þannig líkanið. Sérstaklega er unnið að því að þetta og auka mælingar inni á áhrifasvæði fyrirhugaðra virkjanaframkvæmda. Vatnsborð er mælt á u.þ.b. mánaðar fresti í öllum borholum, og innan skamms verður búið að koma á fót símælingum í völdum borholum á svæðinu. Þá eru þrjár sjálfvirkar veðurathugunarstöðvar reknar á svæðinu. Lagt er til að ef niðurrenslissholur verða boraðar við austanvert Lambafellið verði jafnframt boruð eftirlitshola inn í miðjum blandstraumnum frá



Mynd 6: Reiknaður hlutur skiljuvatns í eftirlitsholu við Lambafell

losunarstaðnum. Hentugur staður fyrir slíka holu gæti verið milli hrauns og hlíðar sunnan við Lambafell, sem er um 1,5 km frá fyrirhuguðum losunarstað við Lambafellshnúk. Eftirlitshola þyrfti að vera viðlíka djúp og losunarholan, og yrði notuð til þess að taka sýni af grunnvatni af mismunandi dýpi. Með efnagreiningum á vatninu er hægt að bera saman raunverulega blöndun og rennslisraða við líkanreikningana, og staðla þannig líkanið og leiðrétta það ef með þarf. Á mynd 6 er sýnt hvernig líkanið spáir fyrir um styrk skiljuvatns í eftirlitsholunni með tíma. Reiknað er með að við Lambafellshnúk verði losað fyrstu árin í rekstri virkjunar um 400 l/s af skiljuvatni. Reikningarnir benda til að skiljuvatn taki að berast í mælanlegum styrk í eftirlitsholuna eftir 1,5 ár dýpst í holuna (lag 6), en seinna í efri grunnvatnslög. Það tekur því ekki nema innan við 18 mánuði eftir að niðurrennsli hefst að staðreyna líkanreikningana, og grípa til viðeigandi ráðstafana ef hegðun grunnvatns vîkur verulega frá því sem spáð er. Það má minna á að það líður áratugur þar til grunnvatnið nær að berast til strandar.