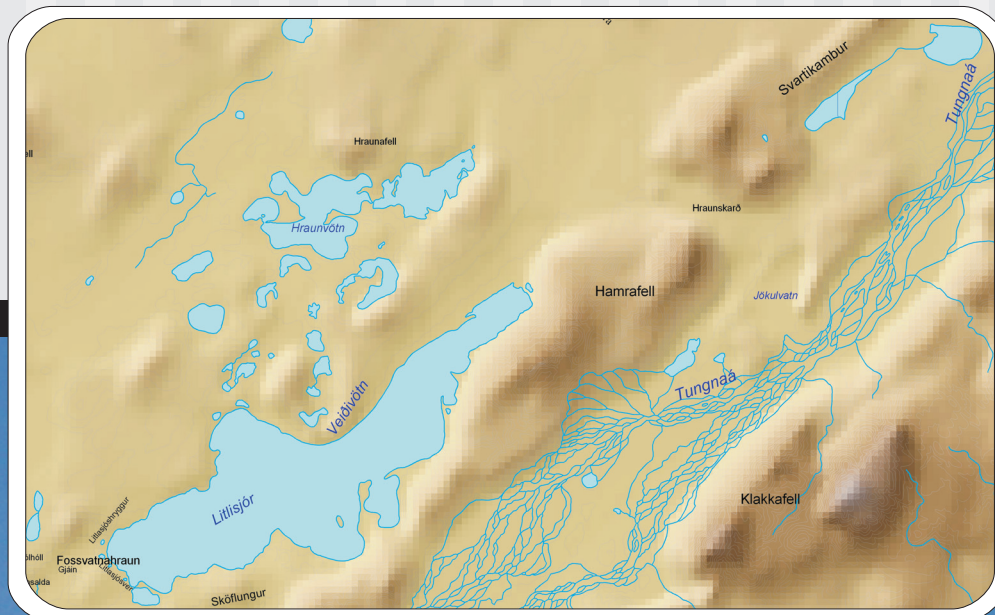


Tungnaárlón

Áhrif á Veiðivatnasvæðið





Upplýsingablað

Skýrsla LV nr: LV-2009/018

Dags: mars 2009

Fjöldi síðna: 25 Upplag: 22 Dreifing: Opin Takmörkuð til

Titill: Tungnaárlón. Áhrif á Veiðivatnasvæðið.

Höfundar / fyrirtæki: Sveinn Óli Pálmarsson
Vatnaskil

Verkefnisstjóri: Eysteinn Hafberg f.h. LV Snorri Páll Kjaran f.h. Vatnaskila

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur:

Birtar eru niðurstöður vegna mats á áhrifum fyrirhugaðs Tungnaárlóns á grunnvatn á Þjórsár- Tungnaárvæðinu, með sérstöku tilliti til Veiðivatnasvæðisins. Grunnvatnslíkanið sem sett var upp á svæðinu byggir á rennislíkani Vatnaskila af Þjórsár- Tungnaárvæðinu frá 2002. Líkanið var kvarðað að mælingum í grunnvatnsholum, áætlaðri hæð linda og lindarrennsli, auk þess sem stuðst var við heimildir um vatnafar á svæðinu, jarðfræði og mælingar á hæð stöðuvatna og rennsli kvísla á Veiðivatnasvæðinu.

Grunnvatnshæð með tilkomu Tungnaárlóns í 600 m hæð y.s. hækkar um 0,1-0,7 m vestan Hraunskarðs. Hækkunin er um 0,2-0,7 m við og norðan Fossvatna, en einungis um 0,1 m sunnan þeirra. Hækkun grunnvatnshæðar umfram ~0,7 m er bundið við jaðar Snjóöldufjallgarðs. Rennsli kvísla á svæðinu eykst lítillega. Þannig var rennislisaukning í Vatnakvísl við Skyggni með tilkomu Tungnaárlóns metin sem 0,7 m³/s.

Einna mest verður hækkun grunnvatns í nágrenni Hraunvatna. Hægt er að setja áætlaða hæðaraukningu Hraunvatna í samhengi við grunnvatnshæðarsveiflur á svæðinu og meðalhækkun sem þegar hefur orðið í tímans rás, sem sjá má út frá fyrirbyggjandi mælingum. Þá sést að hækkunin er mun minni en árstíðabundin sveifla síðustu ára og einungis um þriðjungur til fjórðungur af þeirri hækkun Hraunvatna sem átti sér stað í kringum síðustu aldamót og líklegt er talið að orsakist af aukinni jökulbráðnun og tilkomu Hágöngulóns.

Lykilorð:

Tungnaárlón, Tungnaá, Veiðivötn, Snjóöldufjallgarður, Hraunskarð, Vatnakvísl, grunnvatn, grunnvatnsborð, grunnvatnsstaða, grunnvatnshæð, lindarrennsli, rennsli, vatnsborðsbreytingar, grunnvatnslíkan, rennislíkan, reiknilíkan, líkangerð.

ISBN nr:

ISSN nr:

Undirskrift verkefnisstjóra
Landsvirkjunar



Landsvirkjun

Tungnaárlón

Áhrif á Veiðivatnasvæðið



EFNISYFIRLIT

EFNISYFIRLIT	3
TÖFLUSKRÁ	4
MYNDASKRÁ	4
1 INNGANGUR.....	5
2 MÆLINGAR.....	5
3 GRUNNVATNSLÍKAN	7
3.1 Uppfærsla líkansins.....	7
3.2 Viðmiðanir fyrir kvörðun.....	7
3.3 Kvarðað grunnvatnslíkan.....	12
4 NIÐURSTÖÐUR	14
HEIMILDIR.....	15
MYNDIR.....	17

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1. Mældar hæðir í Veiðivötnum.....	5
Tafla 2. Mældar hæðir í grunnvatnsholum við Hraunskarð.....	6
Tafla 3. Vatnsstaða á völdum stöðum 1986.....	8
Tafla 4. Stakar vatnborðsmælingar í Hraunvötnum.....	9
Tafla 5. Áætlað lindarrennsli ofan við mælistaðinn í Tungnaá við Vatnaöldur.....	11
Tafla 6. Samanburður reiknaðrar og áætlaðrar grunnvatnshæðar.....	12
Tafla 7. Samanburður á reiknuðu og áætluðu rennsli í kvíslum.....	13
Tafla 8. Samanburður reiknaðrar og áætlaðrar hæðar í lindum á Veiðivatnasvæðinu.....	13
Tafla 9. Samanburður á reiknuðu og áætluðu rennsli í kvíslum.....	14

MYNDASKRÁ

1. Þórisvatnssvæði – Afstaða Tungnaárlóns og Veiðivatna auk staðsetningar grunnvatnshola og áætlaðar hæðir linda
2. Afstaða Tungnaárlóns og Veiðivatna auk staðsetningar grunnvatnshola og áætlaðar hæðir linda
3. Veiðivötn, Snjóöldufjallgarður og fyrirhugað Tungnaárlón
4. Helstu kennileiti
5. Kvörðuð grunnvatnshæð
6. Samanburður grunnvatnshæðar fyrir og eftir tilkomu Tungnaárlóns
7. Aukning í grunnvatnshæð með tilkomu Tungnaárlóns

1 INNGANGUR

Að beiðni Landsvirkjunar hefur Verkfræðistofan Vatnaskil metið áhrif fyrirhugaðs Tungnaárlóns á grunnvatnsstöðu Þjórsár-Tungnaárvæðisins og þá sérstaklega Veiðivatnasvæðisins (myndir 1 og 2). Grunnvatnslíkanið sem sett var upp af svæðinu byggir á grunnvatnslíkani Þjórsár-Tungnaárvæðisins úr rennislíkani frá 2002 [11]. Þær breytingar sem gerðar voru á líkaninu miðuðu að því að fullnægja samanburði við mælingar á Veiðivatnasvæðinu sem framkvæmdar voru árið 2008, síritamælingar úr grunnvatnsholum sem safnað hefur verið gögnum úr um allnokkurt skeið, stakar mælingar úr grunnvatnsholum og áætlaðar hæðir lenda út frá loftmyndum og landfræðilegum upplýsingagögnum. Tiltækar upplýsingar um jarðfræði svæðisins, greiningar á lindarsvæðum og niðurstöður efnagreininga lágu einnig til grundvallar líkangerðinni.

Að lokinni kvörðun líkansins var sett inn í líkanið fyrirhugað Tungnaárlón í 600 m hæð y.s. samkvæmt frumhönnun [12] (myndir 1 og 2) og áhrif þess á grunnvatnsstreymi ákvarðað. Eftirfarandi eru helstu forsendur verkefnisins, nánari lýsing á fyrirbyggjandi mælingum og kvörðun reiknilíkansins auk helstu niðurstöður um grunnvatnsbreytingar á svæðinu vegna tilkomu Tungnaárlóns.

2 MÆLINGAR

Þær mælingar sem lágu fyrir og voru notaðar við vinnslu verkefnisins eru eftirfarandi:

1. Grunnvatnshæð úr síritamælum í borholum [6] (mynd 1)
 - a. Austan af Þórisvatni, úr holum JV-1, JV-2, JV-3, JV-4, JV-5 og JV-7
 - b. Sunnan af Þórisvatni, úr holum VF-2, VF-4, VF-10 og VF-18
 - c. Við Tungnaá, sunnan af Vesturbjöllum, TH-11
2. Vatnshæðir (stakar mælingar) í stöðuvötnum á Veiðivatnasvæðinu [6, 7] (myndir 3 og 4):

Tafla 1. Mældar hæðir í Veiðivötnum.

<i>Heiti vatns</i>	<i>Mæling í júlí 1959 [7] Hæð [m y.s.]</i>	<i>Mæling í júlí 2008 [6] Hæð [m y.s.]</i>
Arnarvatn	563,6	-
Breiðavatn	563,6	-
Eskivatn	564,9	564,8
Grænavatn	579,1	579,3
Hraunvötn	590,0 [†]	590,2
Kvíslarvatn	564,6	564,8
Langavatn	565,1	564,9
Litla Fossvatn	572,5	-
Litla Skálavatn	567,6	-
Litlisjór	587,4	587,4
Nýjavatn	563,4	564,3 [*]
Ónefndavatn	565,2	-

Ónýtavatn	573,6 [†]	573,4
Skálavatn	567,8	567,7
Skyggnisvatn	561,7	561,7
Snjóölduvatn	562,3	562,4
Stóra-Fossvatn	575,2	575,0
Tjaldvatn	567,6	567,5

[†] Vatnsborðshæð mjög breytileg.

* Skv. nat.is, þar sem mæling misfórst.

3. Vatnshæð, síriti og stakar mælingar, í Hraunvötnum [6]
4. Vatnshæð, síriti og stakar mælingar, í eftirtöldum lónum: Hágöngulóni, Sultartangalóni, Krókslóni, Hrauneyjalóni og Þórisvatni [6]
5. Rennsli í kvíslum [6]
 - a. Vatnakvísl – vað (síriti júní – október 2008, 3 stakar mælingar), ~2,5 - 4 m³/s
 - b. Fossvatnakvísl (síriti júní – október 2008, 3 stakar mælingar), ~3 m³/s
 - c. Vatnakvísl – Skyggnir (tvær stakar mælingar, 19.6 og 12.8. 2008), 19,8 og 15,6 m³/s
 - d. Snjóölduvatn – Mjódd (síriti júní – október 2008, 3 stakar mælingar), ~2 - 3 m³/s
6. Stakar grunnvatnshæðarmælingar úr borholum
 - a. Við Hraunskarð, úr holum PIS-1, PIS-2, PIS-3, PIS-5 [1] (myndir 2 og 4):

Tafla 2. Mældar hæðir í grunnvatnsholum við Hraunskarð.

<i>Heiti holu</i>	<i>Mæling 1970[†]</i> <i>Hæð [m y.s.]</i>	<i>Mæling 1986[*]</i> <i>Hæð [m y.s.]</i>
PIS-1	609	606,0
PIS-2	605,5	605,9
PIS-3	596,6	-
PIS-5	593,3	591,5

[†] Mælt af Guttormi Sigbjarnarsyni, líklega sumarið 1969 eða 1970.

* Mælt af Árna Hjartarsyni 30.8.1986.

- b. Austan Tungnaár, úr holum LK-2 og LK-3 [9]: Mælingar eru til af vatnsborðshæð fyrir mismunandi dýpt holanna. Miðað var við 649 m y.s. í LK-2 og 613 m y.s. í LK-3 (myndir 2 og 4).
 - c. Í Jökulheimum [9]: 667 m y.s. (mynd 1)
7. Áætluð grunnvatnshæð á stöku stað á Tungnaársvæðinu við og ofan Hraunskarðs út frá tiltækum loftmyndum og landfræðilegum upplýsingagögnum [9]
8. Veðurgögn voru fengin frá Veðurstofu Íslands fram í október 2008 til að uppfæra yfirborðshluta rennislíkansins og þar af leiðandi írennslið í grunnvatnslíkanið

3 GRUNNVATNSLÍKAN

3.1 Uppfærsla líkansins

Í skýrslu Vatnaskila frá 2002 [11] er gerð grein fyrir rennislíkani Þjórsár-Tungnaárvæðisins. Yfirborðshluti þess líkans, sem metur yfirborðsrennsli og írennsli til grunnvatns, var uppfærður þannig að tekið væri tillit til veðurgagna fram í október 2008. Jafnframt voru hæðardreifingar á flatarmáli jökla uppfærðar. Með yfirborðslíkaninu var ákvarðað meðalírennsli til grunnvatns yfir árin 1995 – 2008.

Við uppfærslu grunnvatnslíkansins voru tímaraðir vatnshæða eftirfarandi lóna framlengdar fram í október 2008: Þórisvatn, Krókslón, Hrauneyjalón og Sultartangalón (mynd 1). Meðalhæðir þessara lóna voru ákvarðaðar yfir sama tímabil og meðalírennsli til grunnvatnsins var ákvarðað. Síritaðar grunnvatnshæðir í JV borholum auk síritamælingar í Hraunvötnum hafa sýnt að meðalgrunnvatnshæð hefur hækkað nokkuð á þessum stöðum á síðustu árum. Ætla má að hækkunin eftir árið 2001 samanborið við fyrir árið 2000 nemi um 1,5-2 m við Hraunvötn, nálægt 3-5 m í JV-4 og um 7-9 m í JV-3. Þótt ekki liggi fyrir greining á orsakasamhengi þessarar hækkunar er talið líklegt að annars vegar aukið afrennsli jökla vegna aukinnar bráðnunar þeirra og hins vegar tilkoma Hágöngulóns valdi hækkuninni.

Líkaninu var breytt þannig að það taki tillit til fastrar meðalhæðar grunnvatns við Hágöngulón, 814 m y.s. Reikninetið var uppfært við Hágöngulón og sunnan við það svo unnt væri að kvarða líkanið með tilliti til þeirrar hækkunar sem ætla má að Hágöngulón valdi. Reikninetið var jafnframt þétt verulega á Veidivatnasvæðinu og austan þess, auk þess sem tekið var frekara tillit til lindarsvæða.

Tiltæk jarðfræðikort lágu til grundvallar ákvörðun á leiðni berggrunnsins, bæði í sprungustefnu og þvert á sprungustefnu (bergleiðni). Nýjasta jarðfræðikortið af þessu svæði er óútgefið [3] en það veitir miklar upplýsingar til viðbótar áður útgefnum kortum og var hér notað með góðum árangri við mat á leiðni jarðmyndananna með nánari útskýringum og leiðbeiningum annars höfundar þess, Snorra P. Snorrasonar hjá Almennu Verkfræðistofunni.

3.2 Viðmiðanir fyrir kvörðun

Kvörðun líkansins miðaði síðan að því að reikna meðalgrunnvatnshæð á svæðinu með því að breyta leiðninni og skilgreiningu lindarsvæða þannig að sem besta samræmi fengist við áætlaða meðalgrunnvatnshæð á völdum stöðum. Sú áætlun byggði á þeim mælingum sem tilgreindar eru í kafla 2 hér að framan, svo og heimildum um lindarsvæði og grunnvatnsathuganir á svæðinu [2, 4, 5, 8]. Notast var jafnframt við landhæðargrunn með 5 m hæðarlínum svo og loftmyndir og aðrar myndir af svæðinu. Nánar tiltekið var áætlun meðalgrunnvatnshæðar og rennsli linda á einstökum stöðum eftirfarandi:

1. Austan af Þórisvatni (mynd 1): Meðaltöl tímaraða í grunnvatnsholum JV-1, JV-2, JV-3, JV-4, JV-5 og JV-7 voru tekin yfir árin 2003 – 2008, þegar Hágöngulón var komið í stöðugan rekstur og mesta hækkun í tímaröðunum hafði þegar átt sér stað.
2. Sunnan af Þórisvatni (myndir 1 og 2): Meðaltöl tímaraða í grunnvatnsholum VF-2, VF-4, VF-10 og VF-18 voru tekin yfir árin 2003 – 2008, þegar Hágöngulón var komið í stöðugan rekstur og mesta hækkun í tímaröðunum hafði þegar átt sér stað.
3. Við Tungnaá, sunnan af Vesturbjöllum (myndir 1 og 2): Meðaltal tímaraðar í grunnvatnsholu TH-11 var tekið yfir árin 2003 – 2008, þegar Hágöngulón var komið í stöðugan rekstur og mesta hækkun í tímaröðinni hafði þegar átt sér stað.

4. Við farveg Tungnaár (myndir 1 og 2): Miðað var við að grunnvatnshæð væri nærri landhæð, sem svarar vel til mats á lindum á efri svæðum árinna, ofan Hraunskarðs [9]. Ekkert bendir til að öðru vísi sé farið sunnan Hraunskarðs og suður og vestur fyrir Snjóöldu.
5. Austan Tungnaár (myndir 1 og 2): Notast var við landhæðargrunn, svo og gróft mat á hæðum linda. Gögn frá grunnvatnsholum LK-2 og LK-3 gefa einungis tilefni til mjög grófrar viðmiðunar við kvörðun grunnvatnslíkansins. Þannig var áætluð hæð 649 m y.s. í LK-2 notuð til að tákna tiltölulega háa grunnvatnsstöðu í Grænafjallgarði á jafri líkansins. Samsvarandi var áætluð hæð 613 m y.s. í LK-3 notuð sem almennt viðmið fyrir grunnvatnshæð í fjallgarðinum milli Tungnaár og Lónakvíslar.
6. Í Jökulheimum (mynd 1) var notast við einu mælinguna sem lá fyrir, 667 m y.s. í borholu [9]. Á nærliggjandi svæðum, í Fremri-Tungnaárbotnum, við Jökulfitjar og í Jökulheimahrauni liggja nú fyrir átlaðar hæðir fjölmargra linda [9]. Með því að stilla grunnvatnslíkanið inn á þessar hæðir ætti að fást gott mat á grunnvatnshæð og grunnvatnsstigli á svæðinu milli Tungnaárbotna og Hraunskarðs.
7. Við Hraunskarð, holur PIS-1, PIS-2, PIS-3, PIS-5 (mynd 2): Einungis er um 2 stakar mælingar að ræða í holum PIS-1, PIS-2 og PIS-5, og í holu PIS-3 er aðeins 1 mæling, sem átti sér stað að öllum líkindum fyrir rekstur Þórisvatns (Tafla 2). Ekki er vitað nákvæmlega hvenær mælingar Guttorms Sigbjarnarsonar fóru fram, en næsta víst er að það var fyrir rekstur Þórisvatns. Vitað er upp á dag hvenær mælingar Árna Hjartarsonar fóru fram árið 1986. Samkvæmt tímaröðum úr borholum var vatnsstaða þá í Þórisvatni, JV-3, JV-4 og Hraunvötnum eftirfarandi:

Tafla 3. Vatnsstaða á völdum stöðum 1986.

<i>Staður</i>	<i>Árstíðasveifla</i> <i>Hæð [m y.s.]</i>	<i>Hæð 30.8.1986</i> * <i>Hæð [m y.s.]</i>
Þórisvatn	566-577	575
JV-3	606-610	607
JV-4	592-595	593
Hraunvötn	587,5-589,5	588

* Þegar mælingar voru framkvæmdar í PIS holum af Árna Hjartarsyni.

Jafnframt mátti sjá í grunnvatnslíkaninu að þegar föst grunnvatnshæð, 814 m y.s., var sett við Hágöngulón að hækkun grunnvatns austan Hraunskarðs var miklu minni heldur en vestan þess. Þannig virðast hæðir í PIS-1, PIS-2 og PIS-3 vera minna háðar tilkomu Hágöngulóns heldur en hæð í PIS-5.

PIS-1 og PIS-2: Gert var ráð fyrir að 3 m mismunur í PIS-1 milli mælinganna tveggja (Tafla 2) stafi annað hvort af árstíðamun eða mismunandi áhrifa frá ánni. Jafnframt ber að athuga að mat á hæðum linda í nágrenni hola PIS-1 og PIS-2 gefa til kynna að grunnvatnshæð þar sé í 607 m y.s. [9], sem er mjög nærri samtímamælingu í PIS-1 og PIS-2 í ágúst 1986 (um 606 m y.s.). Óvissa gæti því ríkt með mælingu í PIS-1 árið 1970. Gert var ráð fyrir einungis lítilegum áhrifum af völdum Hágöngulóns í þessum holum, kannski um 0,5 m hækkun frá því sem var árið 1986, og að mat á hæðum nærliggjandi linda hafi ekki meira en um 1 m óvissu. Þannig var grunnvatnsstaða í PIS-1 áætluð sem 607 m y.s. og í PIS-2 sem 606 m y.s. Nokkurt rennsli er suður með austur hlið Svartakambs og grunnvatnshalli ætti að vera þar einhver. Miðað er því við að grunnvatnsstaða í PIS-2 sé lægri en í PIS-1.

PIS-3: Gert var ráð fyrir að árstíðabundin sveifla í PIS-3 ætti að vera mun minni en í Hraunvötnum, þ.e. vel undir 2 m (Tafla 3), og að mælingin 1970 (Tafla 2) hafi verið framkvæmd að sumri nálægt meðalstöðu eins og samband meðalstöðu og stakra sumarmælinga í Hraunvötnum virðist vera. Jafnframt var gert ráð fyrir að hækkun vegna Hágöngulóns ætti að vera lítil, kannski um 0,5 m. Grunnvatnshæð fyrir kvörðun var því áætluð 597 m y.s. í PIS-3.

PIS-5: Ekki liggur ljóst fyrir hvað veldur tæplega 2 m lægri grunnvatnshæð við mælingu árið 1986 samanborið við 1970. Reikna má með fylgni milli hækkunar í Hraunvötnum og í PIS-5. Árstíðarsveiflan í Hraunvötnum var um 2 m árið 1986 (Tafla 3). Dæmi eru um mun meiri sveiflur í Hraunvötnum. Tímaröð síritamælisins sýnir um 3 m sveiflu árið 1989. Í greinargerð Sigurjóns Rist frá 1981 [8] kemur fram að vatnsborðsstaða Hraunvatna sé afar breytileg, en athuganir hófust þar 1959. Vatnshæð var há þegar mælingar hófust (590,0 m y.s. í júlí 1959, Tafla 1) en fór lækkandi á vatnsrýru árunum milli 1960 og 1970. Á 10 ára tímabili kom fram um 5 m vatnsborðsbreyting. Lækkunin var mest á árunum 1961-1963 en eftir 1966 tóku vötnin aftur að rísa. Eftirfarandi tafla sýnir stakar hæðarmælingar í Hraunvötnum. Þær sem voru framkvæmdar fyrir tilkomu sírita (október 1982) eru birtar í greinargerðum Sigurjóns [7, 8] en hinar eru úr gagnagrunni Landsvirkjunar [6]:

Tafla 4. Stakar vatnborðsmælingar í Hraunvötnum.

<i>Tími</i>	<i>Hæð [m y.s.]</i>
júlí 1959	590,0 [*]
6. sept. 1973	589,50 [†]
2. okt. 1979	587,80 [†]
21. júní 1981	588,45 [†]
1. sept. 1982	588,43 [†]
5. júlí 2005	590,06 [‡]
19. júní 2007	589,99 [‡]
7. júlí 2008	590,18 [‡]

* Samkvæmt [7].

† Samkvæmt [8].

‡ Samkvæmt [6].

Ekki er hægt að ráða út frá þessu hvort vatnshæð Hraunvatna hafi verið nálægt 2 m hærri þegar mælingar Guttorms fóru fram í PIS holunum 1969 eða 1970 heldur en þegar Árni framkvæmdi sínar mælingar 1986. Hins vegar má ljóst vera að sveiflurnar eru miklar og ætla má því að sveiflur vestan við Hraunskarð hafi einnig verið all nokkrar.

Meðaltal vatnshæðar í Hraunvötnum yfir árin 2003-2008 er um 590,0 m y.s. en árstíðarsveiflan á þessum tíma var um 1 m. Meðalvatnshæð þessara ára passar ágætlega við stöku sumarmælingarnar sem voru framkvæmdar árin 2005, 2007 og 2008 (Tafla 4). Viðmiðunarhæð fyrir Hraunvötn vegna kvörðunar var tekin sem 590,0 m y.s.

Gert var ráð fyrir að nálægt 2 m hærra kvörðunargildi við Hraunvötn heldur en þegar mælingar Árna fóru fram 1986 ætti einnig að mestu við fyrir ákvörðun viðmiðunarhæðar vegna kvörðunar fyrir PIS-5. Viðmiðunarhæð við PIS-5 var því sett sem 593 m y.s.

8. Hraunvötn (myndir 2 og 3): Eins og hér að framan greinir var viðmiðunarhæð fyrir Hraunvötn vegna kvörðunar tekin sem 590,0 m y.s út frá meðaltali síritahæðar yfir árin 2003-2008. Stórar lindir er taldar vera við NA enda Hraunvatna [2, 4]. Út frá landhæðargrunni með 5 m hæðarlínunum má ætla að lindirnar séu í 590-595 m y.s.
9. Litlisjór (mynd 3): Lindir eru NA af vatninu, vestan Hamrafells [4]. Út frá landhæðargrunni með 5 m hæðarlínunum má ætla að lindirnar séu í u.þ.b. 590 m y.s. Stakar hæðarmælingar í Litlasjó gefa til kynna að vatnið sé í 587,4 m y.s. (Tafla 1). Á loftmyndum sést greinilega hvernig blautur jarðvegurinn liggur milli linda og vatnsins og ekki er ósennilegt að hæðarmunurinn sé um 3 m. Miðað var því við að grunnvatnshæð við lindirnar væri 590 m y.s.
10. Grænavatn (mynd 3): Lindir eru sýndar bæði NA og SV megin vatnsins í [4]. Út frá landhæðargrunni með 5 m hæðarlínunum má ætla að lindirnar SV vatnsins séu í 580 m y.s. og að lindirnar NA vatnsins séu í 580-585 m y.s. Mældar vatnshæðir í Grænavatni (Tafla 1) gefa til kynna vatnsstöðu í rúmlega 579 m y.s. Úr vatninu rennur á yfirborði frá SV enda þess til Ónýtavatns. Yfirfall vatnsins í SV enda þess er því í ámóta hæð og nærliggjandi lindir. Gert var ráð fyrir við kvörðun líkansins að grunnvatnshæð sé um 579-580 m y.s. við SV enda vatnsins en um 585 m y.s. við NA enda þess.
11. Stóra Fossvatn (mynd 3): Stórt lindarsvæði er norðan totu í NV enda vatnsins [2, 4]. Af landhæðargrunni með 5 m hæðarlínunum má ráða að lindirnar séu í um 575 m y.s. Stakar mælingar á hæð Stóra Fossvatns gefa til kynna að vatnið sé í þessari sömu hæð (Tafla 1). Við kvörðun var miðað við grunnvatnshæð 575 m y.s. á lindarsvæðinu.
12. Langavatn/Tjaldvatn (mynd 3): Stórt lindarsvæði er við Tjaldvatn eða NA enda Langavatns [2, 4]. Af heimildunum er ekki hægt að ráða nákvæma staðsetningu lindana miðað við afstöðu þessara tveggja vatna, en í [4] er svæðið sýnt í NA hluta Tjaldvatns en í [2] er það sýnt í NA enda Langavatns. Gróft séð út frá landhæðargrunni með 5 m hæðarlínunum má ætla að lindirnar séu í 565-570 m y.s. og þá nær 565 m y.s. ef þær eru við Langavatn. Úr Skálavatni rennur í Tjaldvatn, þaðan í Langavatn, svo Eskivatn og að lokum í Kvíslarvatn. Úr Kvíslarvatni rennur síðan í Vatnakvísl. Samkvæmt stökum hæðarmælingum þessara vatna (Tafla 1) voru þau 0,1-0,2 m lægri í júlí 2008 heldur en í júlí 1959, utan Kvíslarvatn sem var 0,2 m hærra. Hæðarfall milli vatnanna er lítið, um 0,1-0,2 m, fyrir utan þegar fellur úr Tjaldvatni í Langavatn en þar er um 2,5 m hæðarmunur (úr 567,5 í 565 m y.s.). Miðað við hæðir linda í Vatnakvísl (sjá neðar) og mikinn halla á grunnvatninu ofanstreymis, þ.e. við Stóra Fossvatn og Grænavatn, virðist ólíklegt annað en að grunnvatnshæð hafi fallið nær 565 en 570 m y.s. við Langavatn/Tjaldvatn. Gert var ráð fyrir við kvörðun að grunnvatnshæð stjórnist af lindum milli Langavatns og Tjaldvatns í um 565 m y.s. Yfirborð Tjaldvatns og Skálavatns er því eitthvað hærra en nærliggjandi grunnvatnsstaða.
13. Breiðavatn/Nýjavatn/Ónefndavatn (myndir 3 og 4): Nokkuð stórar lindir eru í nágrenni þessara vatna [2, 4]. Hæðir þessara linda er um 563-565 m y.s., þar sem efri mörkin eiga við NA Ónefndavatns en þau neðri vestan Nýjavatns, við Vatnakvísl. Til viðbótar landhæðargrunni með 5 m hæðarlínunum var hægt að nota hæðir vatna sem renna saman við ár, eins og Breiðavatn og Skyggisvatn en lindir eru jafnframt sýndar við þessa staði [2, 4].
14. Snjóölduvatn (mynd 3): Lindir eru sýndar austan vatnsins í [4] og norðan þess í [2]. Ætla má að hæðir lindanna austan til séu um 565-570 m y.s. Lindirnar norðan til eru eitthvað lægri en það en þó lítillega hærra en vatnsborð Snjóölduvatns. Gert var ráð fyrir að hæð þeirra væri um 563 m y.s. Úr Snjóölduvatni rennur að meðaltali um 2,5 m³/s að

meðaltali og var miðað við í kvörðun að lindirnar í kringum Snjóölduvatn stæðu undir því rennsli.

15. Fossvatnakvísl (mynd 3): Kvíslin á upptök sín í útrennsli Litla Fossvatns. Í Litla Fossvatn rennur á yfirborði úr Stóra Fossvatni um Kerlingarlögn. Helstu lindir sem standa undir $\sim 3 \text{ m}^3/\text{s}$ meðalrennsli Fossvatnakvíslar eru þær sem áður eru nefndar ofan Stóra Fossvatns. Þessar forsendur lágu til grundvallar við kvörðun líkansins.
16. Vatnakvísl (mynd 3): Efst í Vatnakvísl eru lindarsvæði [4] sem eru í u.þ.b. 570 m y.s. Neðan ármóta við Fossvatnakvísl eru einnig lindir [4] sem ætla má að séu í um 565 m y.s. Rennslismælistaðurinn Vatnakvísl – vað tekur til hluta af þessum lindum og er rennsli þar um $2,5 - 4 \text{ m}^3/\text{s}$. Aðrar lindir sem mynda uppistöðuna í áætluðu 16-18 m^3/s meðalrennsli Vatnakvíslar við Skyggni eru neðar í farveginum, t.a.m. vestan Nýjavatns. Að auki koma inn í þetta rennsli þær lindir sem að framan eru nefndar við Langavatn/Tjaldvatn, Breiðavatn/Nýjavatn/Ónefndavatn og Stóra Fossvatn, en ármót Fossvatnakvíslar og Vatnakvíslar eru langt fyrir ofan Skyggni.
17. Tungnaá við Vatnaöldur (myndir 1 og 2): Við kvörðun reiknilíkansins var þess gætt að viðhalda kvörðuðu grunnrennsli Tungnaár við Vatnaöldur samkvæmt fyrirbyggjandi rennislíkani, $52 \text{ m}^3/\text{s}$ [11]. Við þá kvörðun lágu fyrir stakar rennslismælingar í lindum austan Tungnaár [10]. Helstu ár austan Tungnaár eru (frá norðri til suðurs) Lónakvísl, Faxakvísl, Jökuldalakvísl og Jökulgilskvísl. Lónakvísl er líklega mest þessara kvísla að rennsli. Ætla má út frá stökum rennslismælingum úr henni frá 1972 og 1986 (sjá í [10]) að lindarrennsli hennar sé um $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Þetta passar ágætlega við grunnrennsli sem greina má í seinni tíma sírítaröð úr Lónakvísl. Ekki eru til samsvarandi síritamælingar úr hinum kvíslunum en samkvæmt stökum rennslismælingum frá 1972 og 1986 (sjá í [10]) má áætla lindarrennslið sem $4 \text{ m}^3/\text{s}$ í Faxakvísl/Faxá, $5 \text{ m}^3/\text{s}$ í Jökuldalakvísl og $3 \text{ m}^3/\text{s}$ í Jökulgilskvísl. Allar þessar ár renna í Tungnaá móts við eða ofan við Snjóöldu. Til viðbótar rennur Vatnakvísl í Tungnaá ofan mælistaðarins við Vatnaöldur. Úr Snjóölduvatni renna $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ í Vatnakvísl neðan mælistaðarins við Skyggni, þar sem ætla má út frá fyrirbyggjandi mælingum að meðalrennsli liggi á bilinu $16-18 \text{ m}^3/\text{s}$. Með því að gera ráð fyrir að $17 \text{ m}^3/\text{s}$ renni að meðaltali í Vatnakvísl við Skyggni þarf því um $14 \text{ m}^3/\text{s}$ að koma úr lindum Tungnaár ofan Vatnaalda til að ná samanlögðu grunnrennsli $52 \text{ m}^3/\text{s}$ þar eins og er í fyrirbyggjandi rennislíkani [11]. Tafla 5 útlistar frekar þetta uppsafnaða lindarrennsli í Tungnaá við Vatnaöldur.

Tafla 5. Áætlað lindarrennsli ofan við mælistaðinn í Tungnaá við Vatnaöldur.

<i>Kvísl / Staður</i>	<i>Áætlað rennsli (m^3/s)</i>
Vatnakvísl við Skyggni	17
Snjóölduvatn - Mjódd	2,5
Lónakvísl	6,5
Faxakvísl	4
Jökuldalakvísl	5
Jökulgilskvísl	3
Tungnaá	14
Tungnaá ofan við Vatnaöldur	52

3.3 Kvarðað grunnvatnslíkan

Mynd 5 sýnir reiknaða grunnvatnshæð svæðisins að lokinni kvörðun. Tafla 6 sýnir samanburð reiknaðrar grunnvatnshæðar í borholum og áætlaðrar grunnvatnshæðar út frá þeim viðmiðunum sem að framan er greint. Almennt er góður samanburður. Samanburður á rennsli í kvíslum var einnig góður (Tafla 7).

Eins og áður hefur verið að vikið leiðir mat á grunnvatnshæð út frá hæðum linda á loftmyndum og hæðargrunnum á svæði Tungnaár ofan Hraunskarðs [9] af sér að grunnvatnshæð við farveg árinna geti þar talist nálægt landhæð. Flest bendir til að svo muni einnig vera við farveg árinna sunnan Hraunskarðs. Allgóður samanburður við áætlaða grunnvatnshæð á þessu svæði fékkst með kvörðuðu líkaninu.

Samanburður reiknaðrar grunnvatnshæðar og áætlaðrar hæðar í lindum á Veiðivatnasvæðinu (Tafla 8) var almennt góður. Lindir við Snjóölduvatn voru fyrst og fremst rennslisákvarðandi og var sá samanburður góður (Tafla 7). Til þess að svo mætti vera, þurfti að auka írennslið í Snjóöldufjallgarði. Kvörðun rennslis við Snjóölduvatn-Mjódd þjónaði þannig einnig sem ákvarðandi þáttur við mat á grunnvatnshæð í Snjóöldufjallgarði.

Tafla 6. Samanburður reiknaðrar og áætlaðrar grunnvatnshæðar.

<i>Grunnvatnshola</i>	<i>Áætluð hæð</i> (<i>m y.s.</i>)	<i>Reiknuð hæð</i> (<i>m y.s.</i>)
JV-1	589,3	589,8
JV-2	592,4	592,1
JV-3	615,5	615,2
JV-4	597,3	597,2
JV-5	575,8	575,2
JV-7	580,2	580,1
VF-2	554,0	554,6
VF-4	541,9	542,0
VF-10	539,2	540,8
VF-18	533,3	534,3
TH-11	539,7	539,3
PIS-1	607	607,6
PIS-2	606	605,4
PIS-3	597	597,4
PIS-5	593	593,0
LK-2	649	630,4
LK-3	613	609,2
Jökulheimar	667	666,8

Tafla 7. Samanburður á reiknuðu og áætluðu rennsli í kvíslum.

<i>Kvísl / Staður</i>	<i>Áætlað rennsli</i> (m^3/s)	<i>Reiknað rennsli</i> (m^3/s)
Vatnakvísl við vað	3	2,6
Fossvatnakvísl	3	2,9
Snjóölduvatn - Mjódd	2,5	2,5
Vatnakvísl við Skyggni	17	16,6
Lónakvísl	6,5	6,0
Faxakvísl	4	4,0
Jökuldalakvísl	5	4,9
Jökulgilskvísl	3	3,0
Tungnaá	14	15,2
Tungnaá ofan við Vatnaöldur	52	52,2

Tafla 8. Samanburður reiknaðrar og áætlaðrar hæðar í lindum á Veiðivatnasvæðinu.

<i>Staðsetning linda</i>	<i>Áætluð hæð</i> (<i>m y.s.</i>)	<i>Reiknuð hæð*</i> (<i>m y.s.</i>)
NA Hraunvatna	590-595	591,0-591,2
NA Litlasjós	590	589,9-590,0
NV Stóra-Fossvatns	575	574,3-575,0
NA Grænavatns	585	583,4-585,0
SV Grænavatns	579-580	577,8-579,6
Milli Langavatns og Tjaldvatns	565	565,4
NA Ónefndavatns	565	564,4
V Nýjavatns, við Vatnakvísl	563	563,1
A Snjóölduvatns	565-570	563,6-564,7 ^{‡†}
N Snjóölduvatns	563	562,9-563 [‡]
Efst í Vatnakvísl	570	570,5-572,2 [‡]

[†] Áætluð hæð reiknast rétt austan linda.

[‡] Viðkomandi lindir voru fyrst og fremst rennslisákvarðandi.

* Reiknuð hæð á því svæði sem telst vera lindarsvæði.

4 NIÐURSTÖÐUR

Að lokinni kvörðun reiknilíkansins var fyrirhugað Tungnaárlón í 600 m y.s. sett inn í líkanið. Gert var ráð fyrir að þettað væri í farveginum undir stíflunni þ.a. leiðnin væri jöfn leiðninni í nærliggjandi móbergi. Jafnframt var gert ráð fyrir að afrennsli lekarennslis væri tryggt frá stíflunni með því að setja fasta hæð neðan hennar.

Munur grunnvatnspáttar rennslis í kvíslum á Veiðivatnasvæðinu fyrir og eftir Tungnaárlón er gefinn í töflu 9. Rennslisaukningin í Vatnakvísl við Skyggni er um 0,7 m³/s. Á efri hluta Veiðivatnasvæðisins, Vatnakvísl við vað og Fossvatnakvísl, svo og úr Snjóölduvatni er áætluð rennslisaukning um 0,2 m³/s.

Tafla 9. Samanburður á reiknuðu og áætluðu rennsli í kvíslum.

<i>Kvísl / Staður</i>	<i>Reiknað rennsli fyrir Tungnaárlón (m³/s)</i>	<i>Reiknað rennsli eftir Tungnaárlón (m³/s)</i>
Vatnakvísl við vað	2,6	2,8
Fossvatnakvísl	2,9	3,1
Vatnakvísl við Skyggni	16,6	17,3
Snjóölduvatn - Mjódd	2,5	2,7

Mynd 6 sýnir samanburð grunnvatnshæðar fyrir og eftir tilkomu Tungnaárlóns, en mynd 7 sýnir mismuninn, þ.e. aukningu í grunnvatnshæð með tilkomu Tungnaárlóns. Grunnvatnshæð hækkar um 0,1-0,7 m vestan Hraunskarðs að Vatnakvísl (mynd 7). Í Hraunskarði verður hækkunin um 1-3 m. Grunnvatnshæð fellur verulega í Snjóöldufjallgarði frá austri til vesturs. Grunnvatnshæð á austurjaðri fjallgarðsins, þar sem Tungnaárlón liggur að honum, helgast af lónhæðinni. Treg leiðni Snjóöldufjallgarðs sér til þess að grunnvatnshæð fellur hratt þegar fjær dregur lóninu. Við vesturjaðar Snjóöldufjallgarðs hækkar grunnvatn mest um 8 m austan Grænavatns en öllu minna austan Litlasjós, allt að 4 m. Hækkun grunnvatns á vesturjaðri Snjóöldufjallgarðs er miklu minni sunnar á svæðinu og er einungis um 0,1-0,2 m móts við Ónýtavatn og Snjóölduvatn (mynd 7).

Ákvörðun grunnvatnshæðar í Snjóöldufjallgarði móts við Grænavatn er að mestu háð áætlaðri leiðni í nærliggjandi móbergi, bæði Vatnsfellsmyndun og Snjóöldumyndun, og mati á írennsli frá yfirborði til grunnvatns. Ekki liggja fyrir mælingar á grunnvatnshæð í borholum í Snjóöldufjallgarði til að staðfesta áætlaðar hæðir við kvörðun, en eins og áður er frá greint þá fékkst leiðrétting á írennslinu í Snjóöldufjallgarði með kvörðun linda við Snjóölduvatn. Einhver óvissa er möguleg á þessari ákvörðun. Ólíklegt er þó að hugsanlegt frávik í ákvörðun írennslis geti valdið verulegum breytingum í grunnvatnshæð í fjallgarðinum, hvað þá haft mikil áhrif á reiknaða grunnvatnsstöðu með tilkomu Tungnaárlóns þar sem um 13-15 m hæðarmunur er á lónhæð og áætlaðri (kvarðaðri) grunnvatnshæð í fjallgarðinum móts við Grænavatn.

Samkvæmt ofangreindum niðurstöðum má ætla að Tungnaárlón valdi um 0,2-0,7 m aukningu í grunnvatnshæð við og norðan Fossvatna, en einungis um 0,1 m hækkun grunnvatns sunnan þeirra. Hækkun grunnvatnshæðar umfram ~0,7 m er bundið við jaðar Snjóöldufjallgarðs. Ekki er gott að segja fyrir um eiginlegar vatnsborðsbreytingar í vötnunum sjálfum við þessar breytingar á grunnvatnsstöðu án þess að gera úttekt á því fyrir einstaka vötn. Sum vatnanna hafa

yfirborðsafrennsli en önnur ekki, sama á við um yfirborðsinnrennsli, auk þess sem botn og nánustu bergmyndanir þeirra eru misþéttar. Sjá t.a.m. greiningu Guttorms Sigbjarnarsonar á vatnafræði Þórisvatnssvæðisins [4] fyrir nánari umfjöllun á slíkum einkennum stöðuvatna.

Þar sem afrennslis gætir ekki á yfirborði, en lek jarðlög og lindir sjá fyrir greiðu aðrennsli má búast við breytilegu vatnsborði stöðuvatns. Hraunvötn og Litlisjór eru dæmi um slík vötn [4]. Magn innrennslis og leka er háð jarðvatnsstöðu og hæð vatnsborðsins á hverjum tíma. Síritamælingar í Hraunvötnum hafa staðfest vatnsborðssveiflur þar þótt ekki liggi fyrir hversu stórar sveiflurnar eru samanborið við sveiflur í nærliggjandi grunnvatni. Árstíðarsveiflur síðustu ára í Hraunvötnum hafa verið um 1 m. Ekki liggur fyrir samskonar staðfesting í Litlasjó. Hækkun grunnvatnsstöðu vestan Hraunskarðs með tilkomu Tungnaárlóns er því líkleg til að valda einhverri hækkun í Hraunvötnum, hugsanlega einnig í Litlasjó. Hækkunin í Hraunvötnum ætti að vera mun minni en árstíðabundin sveifla síðustu ára (~1 m) þar sem áætluð aukning í grunnvatnshæð er einungis um 0,6 m (mynd 7). Jafnframt má setja vatnsborðshækkunina í samhengi við hækkun í vatnsborði Hraunvatna í kringum síðustu aldamót, sem líklega er til komin vegna aukinnar bráðnunar jökla og tilkomu Hágöngulóns, og nemur um 1,5-2 m (sjá kafla 3.1). Hugsanleg hækkun Hraunvatna vegna Tungnaárlóns verður því einungis um þriðjungur til fjórðungur af þeirri hækkun.

Stöðuvötn eins og Fossvötn og Grænavatn hafa afrennsli á yfirborði. Yfirfall útrennslisins stjórnar að miklu leyti rennslinu og hæð vatnsins, auk þess sem þéttleiki botns vatnsins og nánasta bergs stjórnar hversu treglega jarðvatnið rennur inn í vatnið. Líklegt er að gegnumrennsli aukist eitthvað í þessum vötnum, en aukið útrennsli kallar á einhverja hækkun vatnsborðsins, sem þarf þó ekki að vera mikil sérstaklega ef treglega rennur inn í vatnið á jafri þess eða ef útrennsli þess er afkastamikið. Stakar hæðarmælingar í vötnunum (Tafla 1) gefa ekki tilefni til að halda að vatnsborðshæð þeirra hafi breyst mikið í tímans rás. Hins vegar er svo einnig farið með Hraunvötn, en síritamælingar þar hafa sýnt fram á annað, svo ekki er hægt að álykta með óyggjandi hætti út frá fyrirbyggjandi stökum vatnsborðsmælingum. Telja má þó út frá gróðri og stöðugum farvegum að vatnsborð fjölmargra Veiðivatna sem hafa afrennsli á yfirborði hafi verið nokkuð stöðugt. Jafnframt sýna niðurstöður efnamælinga að tiltölulega lág rafleiðni í vötnunum næst Snjóöldufjallgarði, þ.m.t. Grænavatni, leiði af sér mikla íblöndun efnasnaúðrar úrkomu og þar af leiðandi mjög staðbundinna áhrifa á aðrennsli vatnanna [5]. Hugsanlega verða því áhrif hækkandi grunnvatnsstöðu við Grænavatn með tilkomu Tungnaárlóns lítil á vatnsborðshæð.

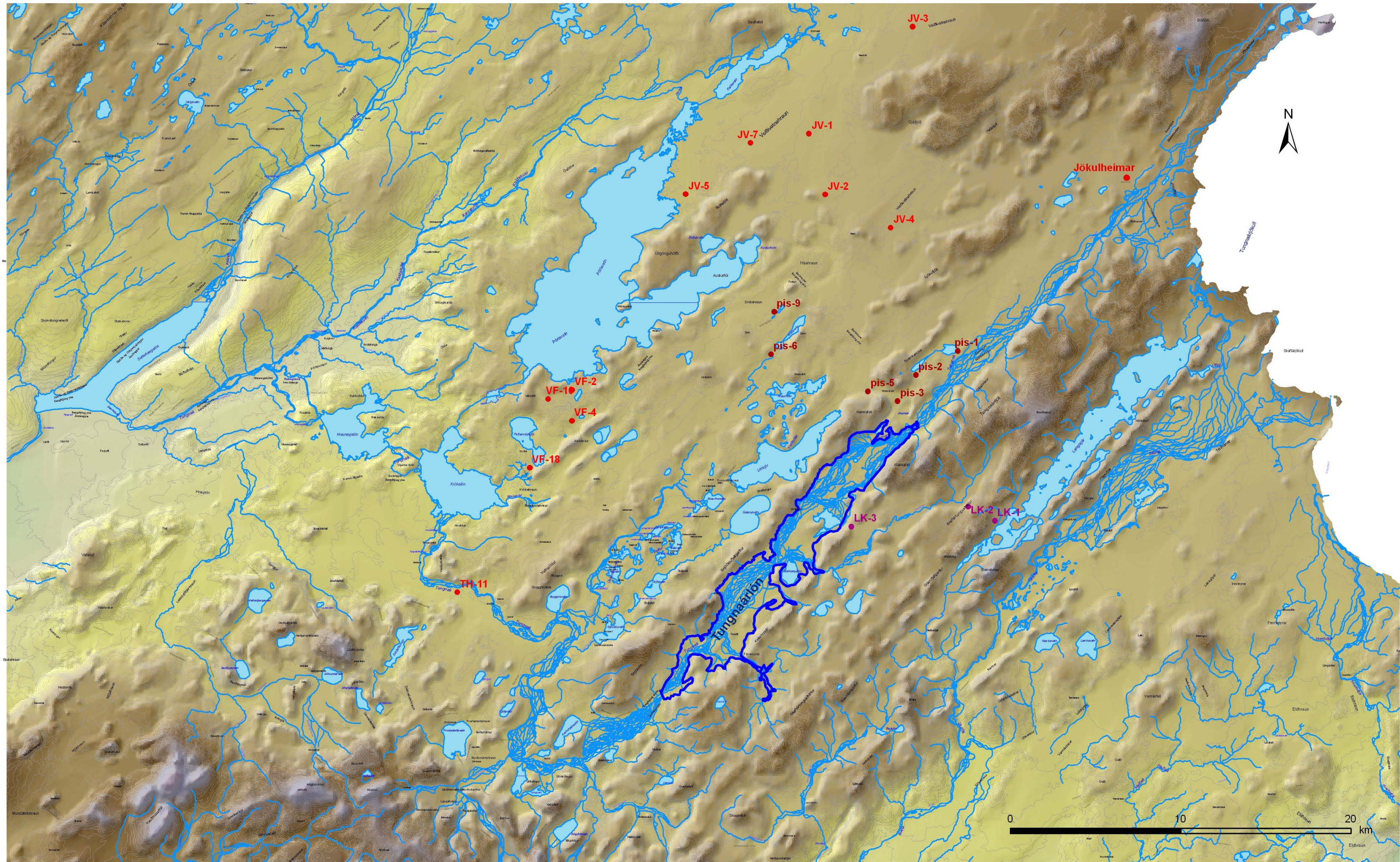
HEIMILDIR

1. Árni Hjartarson, 2009. Minnisblað um borholur í Hraunskarði við Tungnaá á Tungnaáröræfum inn af Veiðivötnum. 19. janúar 2009.
2. Árni Hjartarson og Snorri P. Snorrason, 1985. Þórisvatn. Berggrunnur, grunnvatn, straumar og lindir. Orkustofnun, OS-85028/VOD-12 B, apríl 1985.
3. Elsa G. Vilmundardóttir og Snorri P. Snorrason. Berggrunnskort af móbergssvæðum suðvestan Vatnajökuls. Óútgefið.
4. Guttormur Sigbjarnarson, 1972. Vatnafræði Þórisvatnssvæðis. Orkustofnun, Raforkudeild, mars 1972.
5. Hákon Aðalsteinsson, 1987. Veiðivötn. Náttúrufræðingurinn 57(4): 185-204.

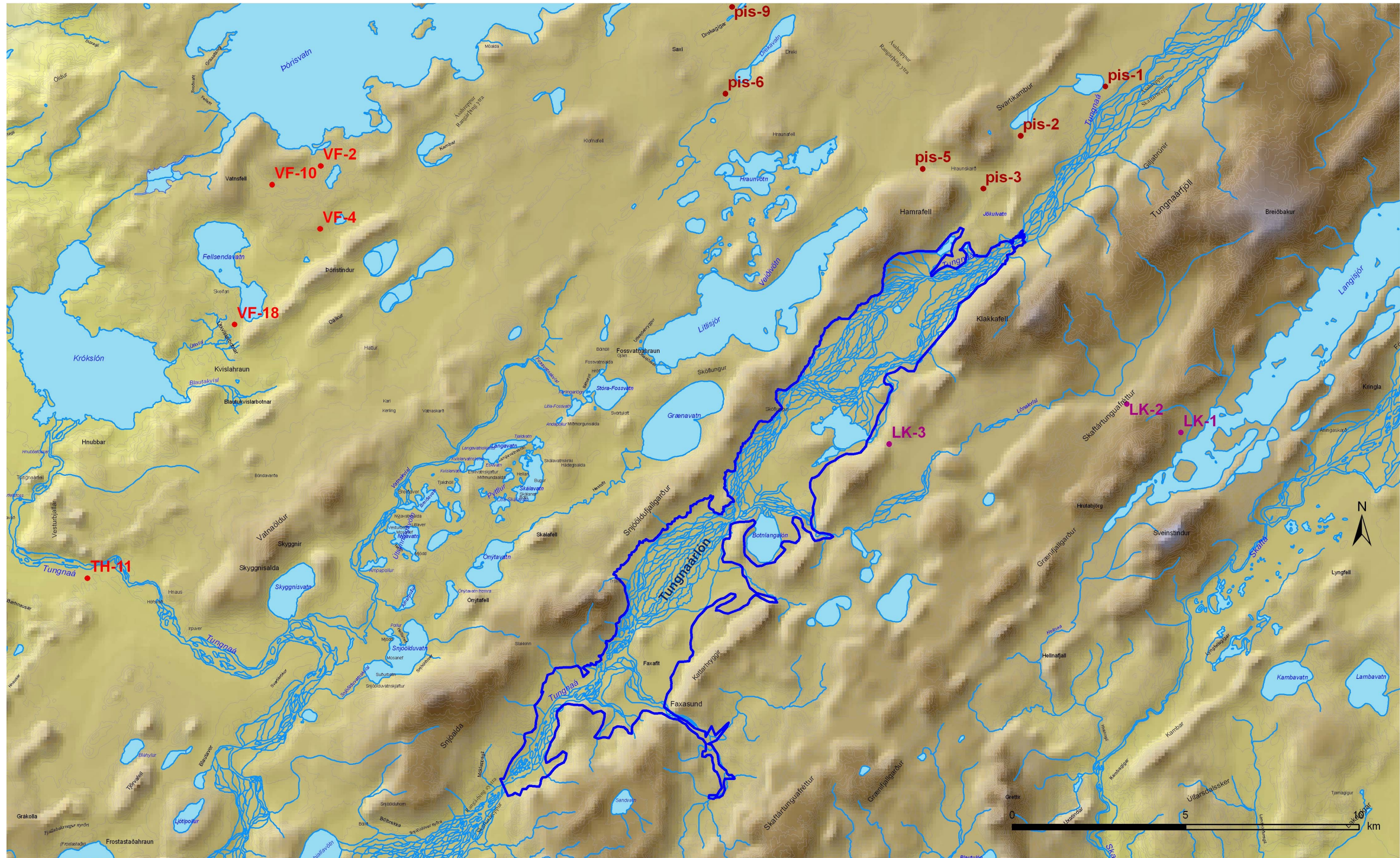
6. Landsvirkjun 2008. Wiski gagnagrunnur, 2008.12.11.
7. Sigurjón Rist, 1975. Stöðuvötn. Orkustofnun, Vatnamælingar. OS-Vatn 7503, OS-ROD 7519. Júní 1975.
8. Sigurjón Rist, 1981. Hraunvötn. Grunnvatnsathuganir. Orkustofnun, Vatnsorkudeild, SR-81/06, september 1981.
9. Snorri P. Snorrason, 2009. Greining stakra borholugagna í LK holum og við Jötunheima, auk ákvörðun grunnvatnshæðar á Tungnaárvæðinu út frá loftmyndum og landfræðilegum upplýsingagögnum. Óútgefið, febrúar 2009.
10. Verkfræðistofan Vatnaskil, 1987. Þórisvatn. Framvinduskýrsla um reikninga á grunnvatnsrennsli á vatnasviði Köldukvíslar og Tungnaár. Unnið fyrir Landsvirkjun. Apríl 1987. Skýrsla nr. 87.01.
11. Verkfræðistofan Vatnaskil, 2002. Þjórsár- Tungnaárvæði. Rennslislíkan. Unnið fyrir Landsvirkjun. Apríl 2002. Skýrsla nr. 02.01.
12. VGK-Hönnun, 2007. Bjallavirkjun og Tungnaárlón. Frumhönnun. Landsvirkjun, júní 2007, LV-2007/046.

MYNDIR

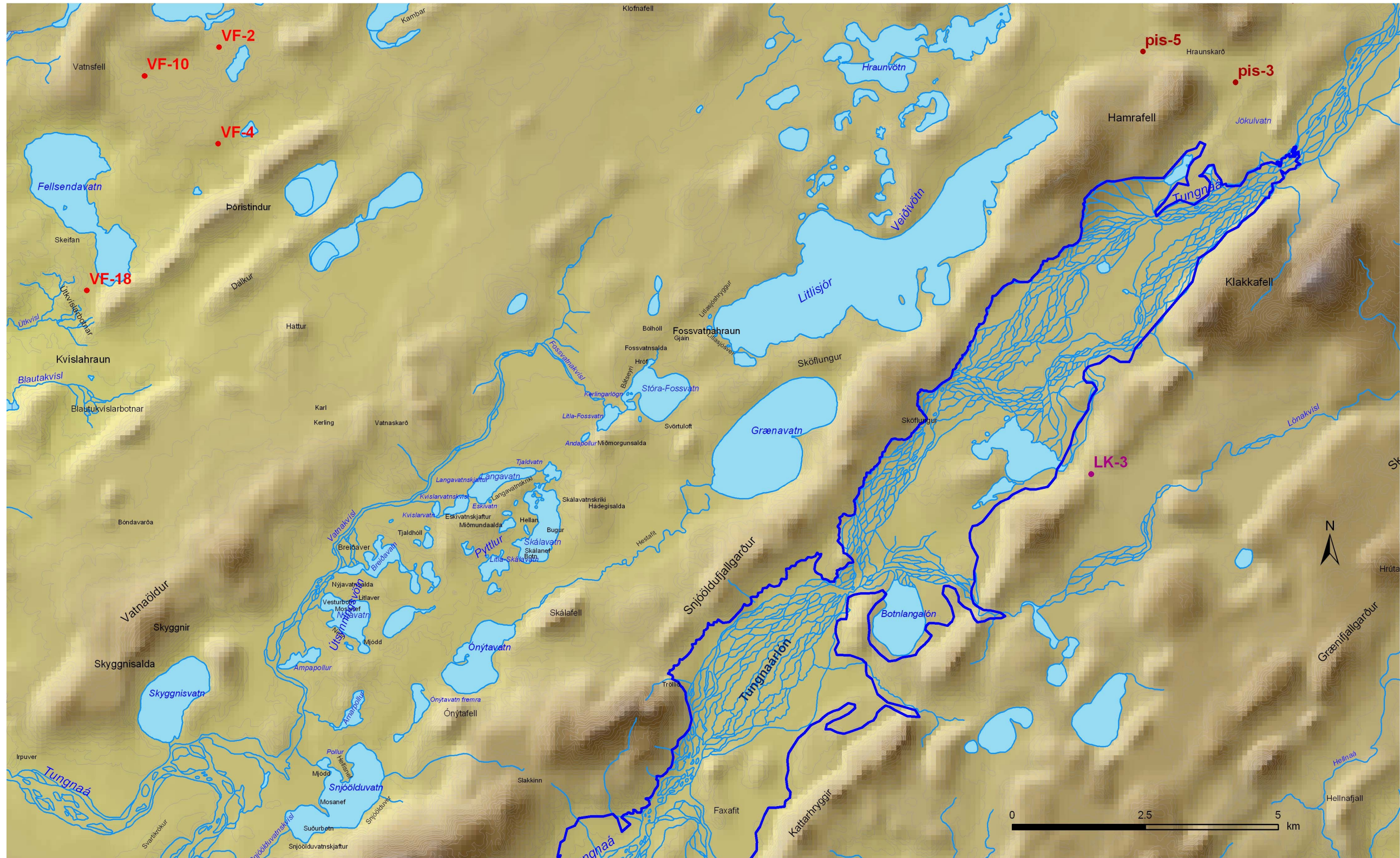
Þórisvatnssvæði – Afstaða Tungnaárlóns og Veiðivatna auk staðsetningar grunnvatnshola



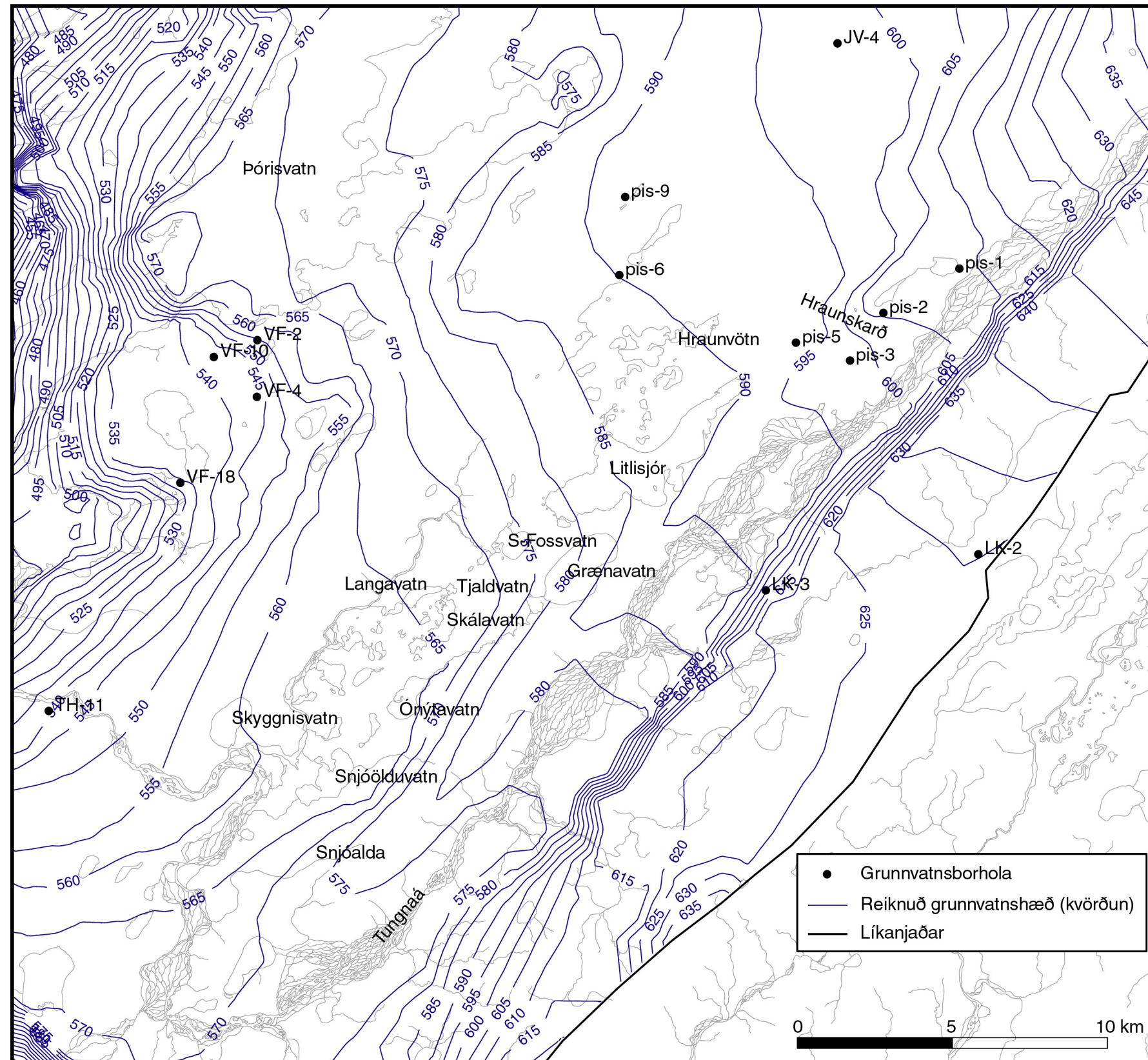
Afstaða Tungnaárlóns og Veiðivatna auk staðsetningar grunnvatnshola



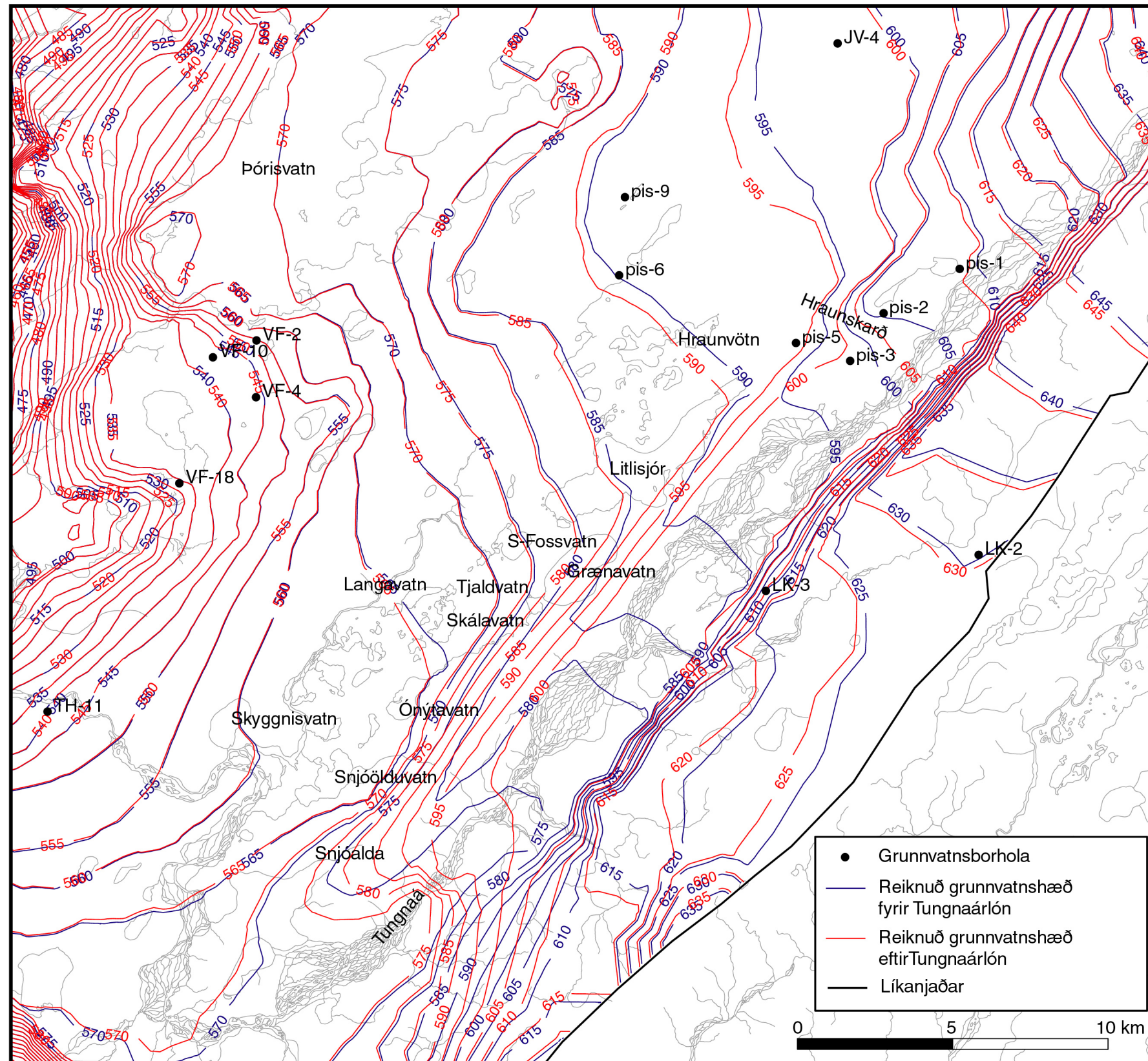
Veiðivötn, Snjóöldufjallgarður og fyrirhugað Tungnaárlón



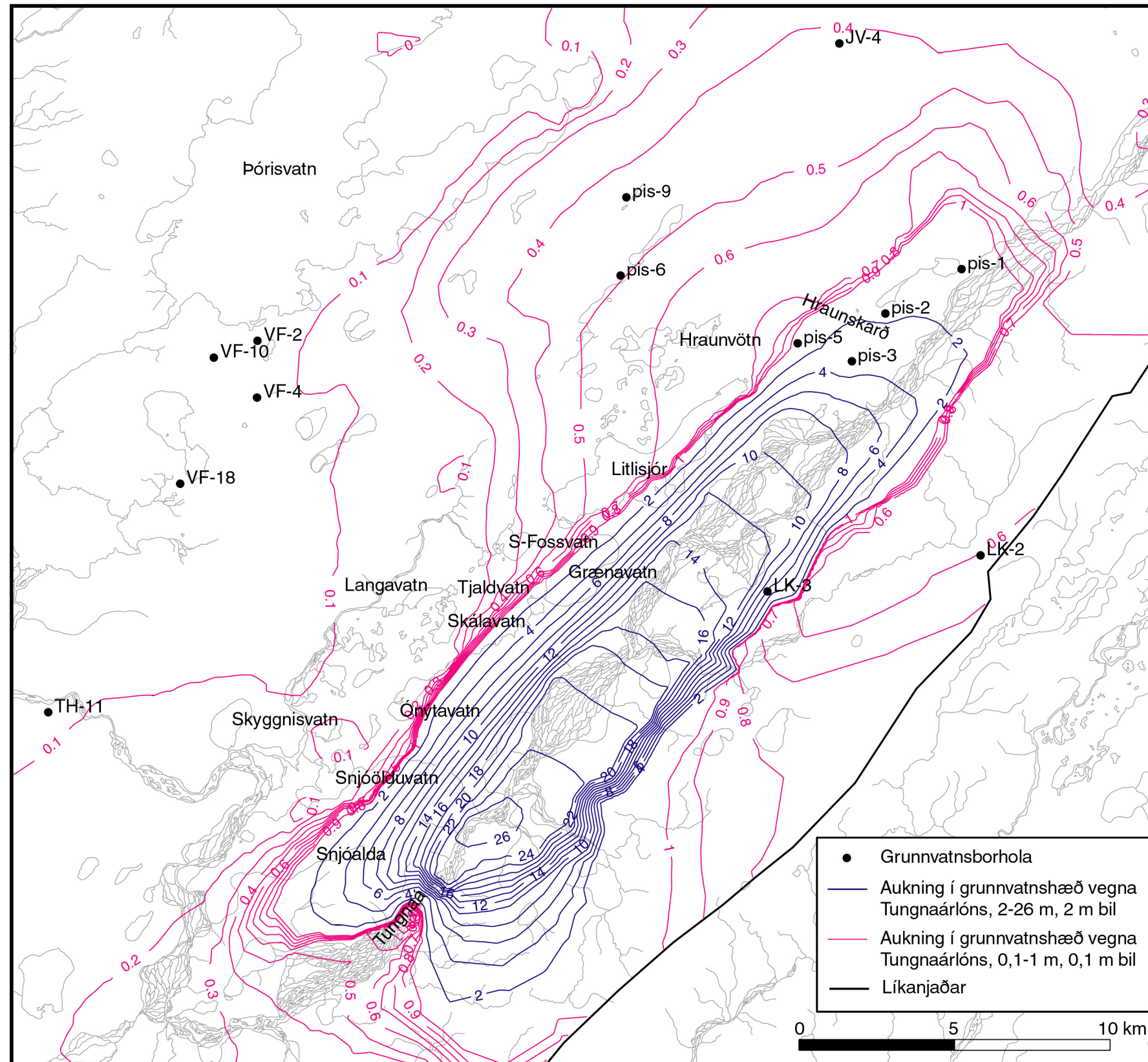
Kvörðuð grunnvatnshæð



Samanburður grunnvatnshæðar fyrir og eftir tilkomu Tungnaárlóns



Aukning í grunnvatnshæð með tilkomu Tungnaárlóns



Landsvirkjun • Háaleitisbraut 68 • 103 Reykjavík
Sími: 515 9000 • Bréfasími: 515 9007 • Netfang: landsvirkjun@lv.is
Heimasíða: www.lv.is