



Náttúruvá á framkvæmdasvæði Suðurnesjalínu 2

Samanburður valkosta með tilliti til jarðhræringa

Ármann Höskuldsson, Þorvaldur Þórðarson, Þóra Björg Andrésardóttir, Muhammad Aufaristama.

Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands.

Reykjavík 19 október 2018

Gert fyrir VSÓ ráðgjöf



HÁSKÓLI ÍSLANDS
JARÐVÍSINDASTOFNUN



Efnisyfirlit

Inngangur	6
Eldvirkni á Reykjanesskaga.....	7
Gögn	8
Aðferðarfræði	9
Jarðfræði og eldvirkni	10
Greining.....	11
Tjónnæmi	11
Lega með tilliti til höggunar	13
Greiningar á sértækum þáttum í tengslum við fyrirhugað línustæði og tegund línu	16
Loftlína SN1	16
Jarðstrengur SN1.....	19
Jarðstrengur RNB	22
Hraunrennsli.....	25
Almennt yfirlit	25
Loftlína SN1	29
Jarðstrengur SN1.....	31
Jarðstrengur RNB	33
Viðbragðstími (Hraunrennslisgreining)	35
Hitaáhrif hrauna	38



Niðurstöður:.....	39
Línukostur loftlína SN1.....	39
Eldsupptök:	39
Höggun:	39
Hraunflæði:	39
Línukostur jarðstrengur SN1	40
Eldsupptök:	40
Höggun:	40
Hraunflæði:	40
Jarðstrengur RNB	41
Eldsupptök:	41
Höggun:	41
Hraunflæði:	41
Heimildir.....	42



Mynd 1: Eldstöðvakerfin á Reykjanesskaga, frá vestri til austurs, Reykjanes, Krýsuvík og Brennisteinsfjöll-Bláfjöll. Reykjaneskerfinu er skipt upp í þrjú undirkerfi (Reykjanes, Eldvörp-Svartsengi, Fagradalsfjall). Einnig er Hengilskerfið sýnt, sem er á mörkum Reykjanes- og Vesturgosbeltanna og oftast talið með síðarnefnda beltinu.	8
Mynd 2: Jarðfræðikort af athugunarsvæðinu. Aldur hrauna og lega gliðnunarprungna og misgengja á fyrirhuguðum línustæðum.....	10
Mynd 3: Tjónnæmi greiningar á Reykjanesi sem gefur til kynna hvar líklegast er að eldur komi upp í framtíðinni.	11
Mynd 4: Tjónnæmi á fyrirhuguðum línustæðum SN1 og RNB. Tjónnæmiskort leggur mat á hvar líklegast sé að eldur komi upp í framtíðar jarðhræringum á svæðinu. Rauð svæði eru miklar líkur, blá svæði litlar líkur.....	12
Mynd 5: Sprungukort af svæðinu með fyrirhuguðum línustæðum SN1 og RNB. Kortið sýnir allar gliðnunarprungur og misgengi. Ljóst er af þessu yfirlitskorti að vesturhluti línustæðis er mun meira brotinn en austur hluti hennar. Sprungur og misgengi eldstöðvakerfi.	13
Mynd 6: Sprungukort yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs og loftlínu SN1 og jarðstrengs RNB.	14
Mynd 7: Sprungukort af fyrirhuguðu línustæði loftlínu SN1. Kortið sýnir allar gliðnunarprungur og misgengi.....	16
Mynd 8: Kort af misgengjum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis loftlínu SN1.	17
Mynd 9: Kort af gliðnunarprungum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis loftlínu SN1.....	18
Mynd 10: Sprungukort á fyrirhuguðu línustæði jarðstreng SN1. Kortið sýnir allar gliðnunarprungur og misgengi.....	19
Mynd 11: Kort af misgengjum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs SN1.	20
Mynd 12: Kort af gliðnunarprungum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs SN1.	21
Mynd 13: Sprungukort á fyrirhuguðu línustæði jarðstreng RNB. Kortið sýnir allar gliðnunarprungur og misgengi.....	22
Mynd 14: Kort af misgengjum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs RNB.....	23
Mynd 15: Kort af gliðnunarprungum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs RNB.....	24



Mynd 16: Form og formhlutfall hrauna og tengsl þeirra við hraun- og kvikugerðir sem og seigju og kísilinnihald kviku.....	25
Mynd 17: Nafnakerfi yfir helstu byggingarþætti hrauna.	27
Mynd 18: Kort af fyrirhuguðu línustæði loftlínu SN1 þar sem tjónnæmi er sett saman við greiningu á vatnasviðum og helstu rennslisleiðum (hvítar línur) á svæðinu.....	29
Mynd 19: Stefnumbreytingar á leið nýrrar loftlínu er merkt með punktum.	30
Mynd 20: Hæðarprófíll eftir línustæði fyrirhugaðrar loftlínu SN1.....	30
Mynd 21: Kort af fyrirhuguðu stæði jarðstrengs SN1 þar sem tjónnæmi er sett saman við greiningu á vatnasviðum og helstu rennslisleiðum (hvítar línur) svæðisins.	31
Mynd 22: Stefnumbreytingar á leið jarðstrengs SN1 er merkt með punktum.	32
Mynd 23: Hæðarprófíll eftir stæði fyrirhugaðrar jarðstrengs SN1.	32
Mynd 24: Kort af fyrirhuguðu línustæði línu RNB, þar sem tjónnæmi er sett saman við greiningu á vatnasviðum og helstu rennslisleiðum (hvítar línur) svæðisins.	33
Mynd 25: Mynd 22: Stefnumbreytingar á leið jarðstrengs RNB er merkt með punktum.	34
Mynd 26: Hæðarprófíll eftir línustæði fyrirhugaðrar línu RNB.....	34
Mynd 27: Lenging hraunelfunnar í Holuhraungosinu 2014-15 fyrstu 14 dagana.	35
Mynd 28: Kort sem sýnir helstu rennslisleiðir hraun er upp koma í eldsumbrotum innan þeirra svæða er greinast með mestu líkindi á eldsuppkomu.....	36
Mynd 29: Dagar þar til hraunelfa nær að línustæðum SN1.....	37
Mynd 30: Dagar þar til að hraunelfan nær að línustæði RNB.....	37
Mynd 31: Graf af útreikningum, undirlag hrauns á um 20 sentímetra dýpi, rúmlega 400°C hita eftir rúmar 10 klst.....	38



Inngangur

Á haustdögum 2018 óskaði VSÓ ráðgjöf eftir því að starfshópur við Jarðavísindastofnun Háskólans færi yfir hugsanleg áhrif jarðhræringa á línuleið Suðurnesjalínu 2 og sér í lagi hvaða áhrif eldgos gætu haft á viðkomandi línu.

Á virkum eldfjallasvæðum er nauðsynlegt að meta langtíma áhættu vegna eldgosa þegar kemur að innviðaskipulagningu til framtíðar. Slíkt mat undirbyggir viðbragðsáætlanir sem má styðjast við ef eða þegar til eldgoss kemur. Langtímaáætlanir taka mið af því við hverju er að búast sem og hvar eru líklegustu áhrifasvæði. Í skipulagi getur líka verið nauðsynlegt að horfa til afskriftatíma mannvirkja eða skipulags með tilliti til langtíma greiningar á áhættu.

Jarðfræðilegir atburðir eins og eldgos eru í eðli sínu sjaldgæfir atburðir. Til að mynda er langtíma tíðni eldgosa á Íslandi um eitt gos á 5 ára fresti. En ef síðustu 113 ár eru skoðuð þá er þessi tíðni eitt gos á 2,5 árs fresti. Eldgos eru svæðisbundin fyrirbæri og því ljóst að eldgosa tíðni einstakra svæða á Íslandi er breytileg og að jafnaði talsvert lægri en landsmeðaltalið. Til dæmis hefur gosið sex sinnum á síðustu 35 árum á svæðinu við og undir norðvestanverðum Vatnajökli, eða eitt gos á 6 ára fresti, en á sama tíma hefur aðeins orðið eitt gos á öllum öðrum eldvirkum svæðum landsins og ekkert eldgos á Reykjanesskaga. Aftur á móti, ef við skoðum eldvirknina á Reykjanesskaga yfir síðustu 7 þúsund ár, þá benda gögnin til þess að eldgos afmarkist við ákveðin gosskeið sem eru um 3-400 ára löng og aðskilin af 600 til 1200 ára löngum goslausum tímabilum.

Langtíma greining er því ekki spá um hvenær verður eldgos, heldur hvar er líklegast að jarðeldur komi upp ef til eldsumbrota kemur. Jafnframt eru áhrifasvæði eldsumbrotanna metin, út frá væntanlegri gosgerð/-tegund, líklegri dreifingu gosefna (hrauns og gjósku) og sprungumynstri eldvirkinnar. Við þetta mat er mikilvægt að hafa í huga að ákveðin gerð/tegund eldvirknin er einkennandi fyrir einstök svæði og setja því ákveðinn ramma utan um líklegustu sviðsmyndir.

Við langtíma mat á eldgosasvá er beitt aðferðarfræði sem styðst við jarðfræðilegar upplýsingar innan afmarkaðs rannsóknarsvæðis. Þessar upplýsingar notaðar til þess að meta tjónnæmi svæðisins og afmarka sérstaklega þá hluta svæðisins sem hafa hátt tjónnæmi. Fyrsta skrefið er að afmarka þau svæði þar sem eldsuppkoma líklegust. Næsta skref er að meta líklegustu eldgosagerðina/-tegundina og það þriðja hvert gosefni flytjast ef til goss kemur.

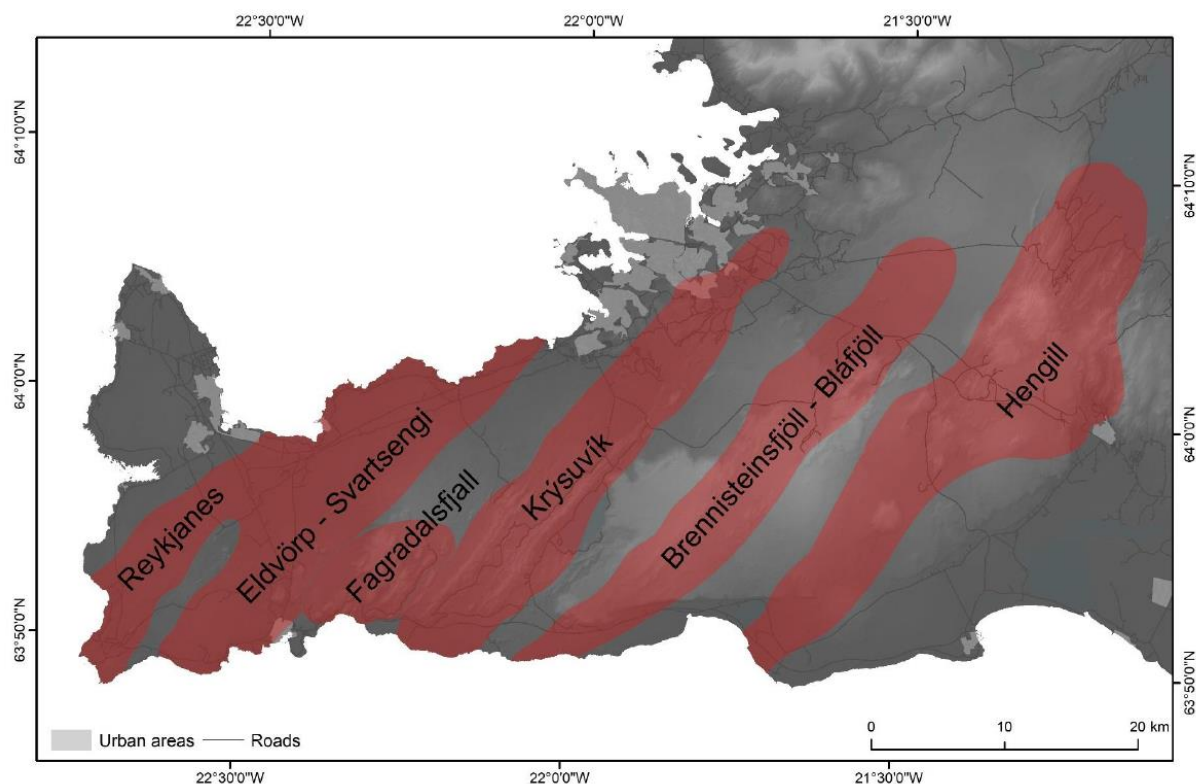


Eldvirkni á Reykjanesskaga

Reykjanesgosbeltið er sniðreksbelti, sem er hvortveggja í senn þverbrotabelti og gliðnunarbelti. Þverbrotabeltið lýsir sér í sprungum með norður-suður stefnu (Clifton & Kattenhorn, 2006; Páll Einarsson, 2008). Gliðnunarbeltin hafa stefnu suðvestur – norðaustur sem er auðþekkjanleg á loftmyndum út frá stefnu móbergsfjallagarða, gígaraða og sprungusveima.

Þrjú eldstöðvakerfi eru á Reykjanesi og nefnast þau Reykjanes, Krýsuvík og Brennisteinsfjöll (Þorvaldur Þórðarson & Ármann Höskuldsson, 2008; Þorvaldur Þórðarson & Guðrún Larsen, 2007). Flóknast er Reykjaneskerfið og af þeim sökum stundum skipt upp í undirkerfin; Reykjanes, Eldvörp-Svartsengi og Fagradalsfjall (Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013).

Gosskeið á Reykjanesskaga skiptast upp í gosvirknitímabil, þar sem einstök gosskeið sem hafa staðið yfir í 400 til 500 ár. Gosskeiðin eru aðskilin af 600-1200 ára löngum goslausum tímabilum. Þrjú slík gosskeið hafa verið á Reykjanesskaga á síðustu 3500 árum (Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigursgeirsson, 2013). Eldvirkni á síðasta gosskeiði var ekki einskorðuð við eitt eldstöðvakerfi, heldur færðist virknin frá einu kerfi til annars á 30-150 ára millibili og náði til allra kerfanna áður en gosskeiðinu lauk. Eldvirkni þess einkenndist af sprungugosum þar sem gaus sprungubútum sem liggja með mislöngu millibili á sömu reininni. Þessi gossaga gefur góða mynd af dæmigerðum gosum í eldstöðvarkerfum Reykjanesskaga og hefur því raunhæft spágildi/-vægi fyrir eldgos framtíðarinnar.



Mynd 1: Eldstöðvakerfin á Reykjanesskaga, frá vestri til austurs, Reykjanes, Krýsuvík og Brennisteinsfjöll-Bláfjöll. Reykjaneskerfinu er skipt upp í þrjú undirkerfi (Reykjanes, Eldvörp-Svartsengi, Fagradalsfjall). Einnig er Hengilskerfið sýnt, sem er á mörkum Reykjanes- og Vesturgosbeltanna og oftast talið með síðarnefnda beltinu.

Gögn

Jarðfræðigögnin sem nýtt eru í verkefninu eru: sprungur, misgengi, gossprungur, gígar og hraun og auk þess er stuðst við vatnagögn og landslagsupplýsingar. Öll gögnin eru tekin úr birtum vísindagreinum og jarðfræðikortum. Einnig hefur verið bætt í gagnasafnið með vettvangsvinnu og nánari úrvinnslu loftmynda af svæðinu.



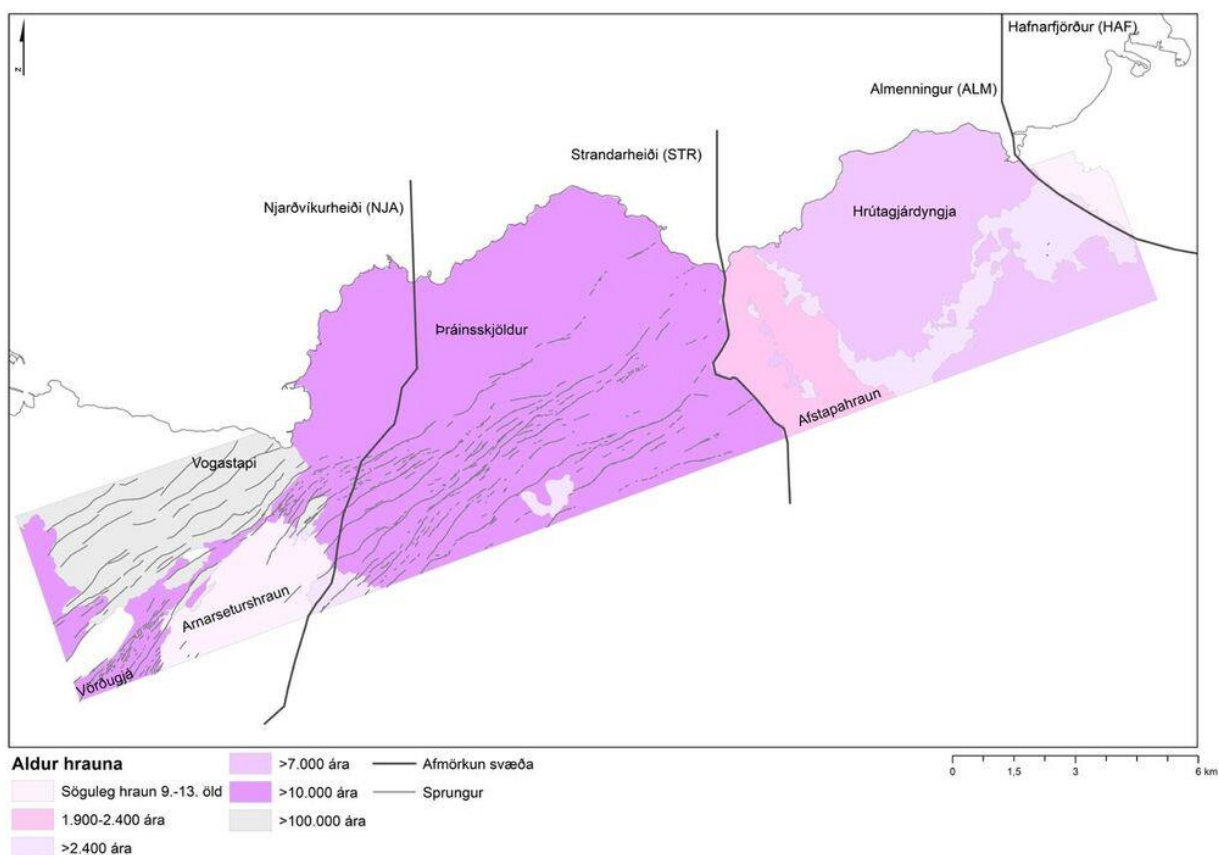
Aðferðarfræði

Við greiningu á tjónnæmi svæðisins er notast við þéttleikafall líkinda (Probability Density Function skammstafað PDF). Hvert gagnasett er skoðað, gossprungur, gíga og aldur. PDF-ið er greint með Cauchy reikniaðferð, þar sem reiknað er í tvívíðu rúmi staðbundið endurkomu hlutfall í ákveðnum punkti (Martí og Felpedo, 2010). Útkoman úr PDF reikninum er leiðrétt með því að deila útkomunni í heildarsvæðið (þ.e. normalized), þá fást niðurstöðurnar í réttum hlutföllum. Þegar PDF hefur verið reiknað fyrir allar samanburðabreytur er lagt mat á hvert vægi hversrar breytu í heildarmati er. Vægi hversrar breytu er metið af 12 óháðum sérfræðingum og meðaltal þeirrar niðurstöðu notað (Martí og Felpedo, 2010). Næmnin (þ.e. susceptibility) er reiknað út að teknu tilliti til vægi gagnasafna. Þar sem að gosop á eldvirkum svæðum hafi tilhneigingu til að myndast í þyrpingum er notast við Possian líkinda dreifingu til að meta endurkomutíðnina innan rannsóknarsvæðis (Martí og Felpedo, 2010). Loka útkoma greiningar gefur logaritma af heildarnæmni svæðisins (Martí og Felpedo, 2010 og heimildir þar). Heildarnæmni svæðisins hér, er mat á líklegustu staðsetningu næstu eldsuppkomu innan rannsóknarsvæðis, nefnt Tjónnæmni.



Jarðfræði og eldvirkni

Bergrunnurinn á fyrirhuguðu línustæði er sýndur á mynd 2. Mikilvægt er að skoða jarðfræði svæðisins til að átta sig á aldri undirlagsins. Að mestu liggur línán um hraun sem eru mynduð á síðustu 10000 árum. Undanskilin er Vogastapinn (þ.e. Njarðvíkurheiðin), en hann er að mestu gerður úr hraunum frá síðasta hlýskeyði, sem eru þá eldri en 100.000 ára. Þegar jarðfræðigreining er borin saman við höggun svæðisins kemur í ljós aldur hreyfinga á sprungum og misgengjum. Meginþorri misgengjanna á uppruna sinn að rekja til forsögulegs tíma, þó svo að sú aldursgreining útilokar ekki hreyfingu á þessum misgengjum síðan land var numið (mynd 2). Þessar upplýsingar eru líka mikilvægar í þeim tilgangi að greina svæði sem hafa orðið fyrir lítilli sem engri höggun undanförunum 10.000 árum. Ekki er hægt að útiloka hreyfingar á slíkum svæðum en þær verða að teljast mun ólíklegri en á þeim svæðum sem eru mikið sprungin.



Mynd 2: Jarðfræðikort af athugunarsvæðinu. Aldur hrauna og lega gliðnunarprungna og misgengja á fyrirhuguðum línustæðum.

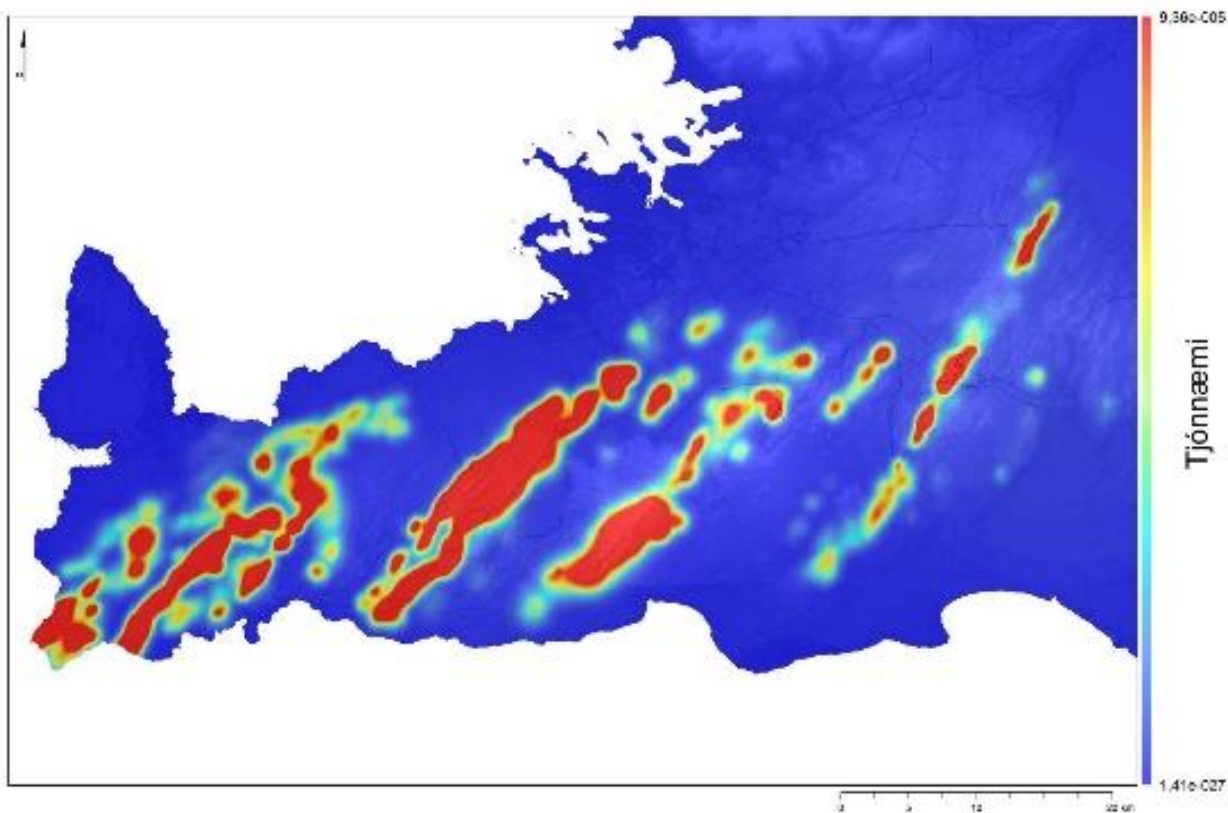
Aldur hrauna er mikilvægur fyrir greiningu á aldri á höggunarsprungum innan svæðisins. Yngri hraun sýna færri sprungur en eldri vegna þess að þau hafa farið í gegnum færri gliðnunarhrinur, þ.e. séð færri tímabil eldgosa og höggunar.



Greining

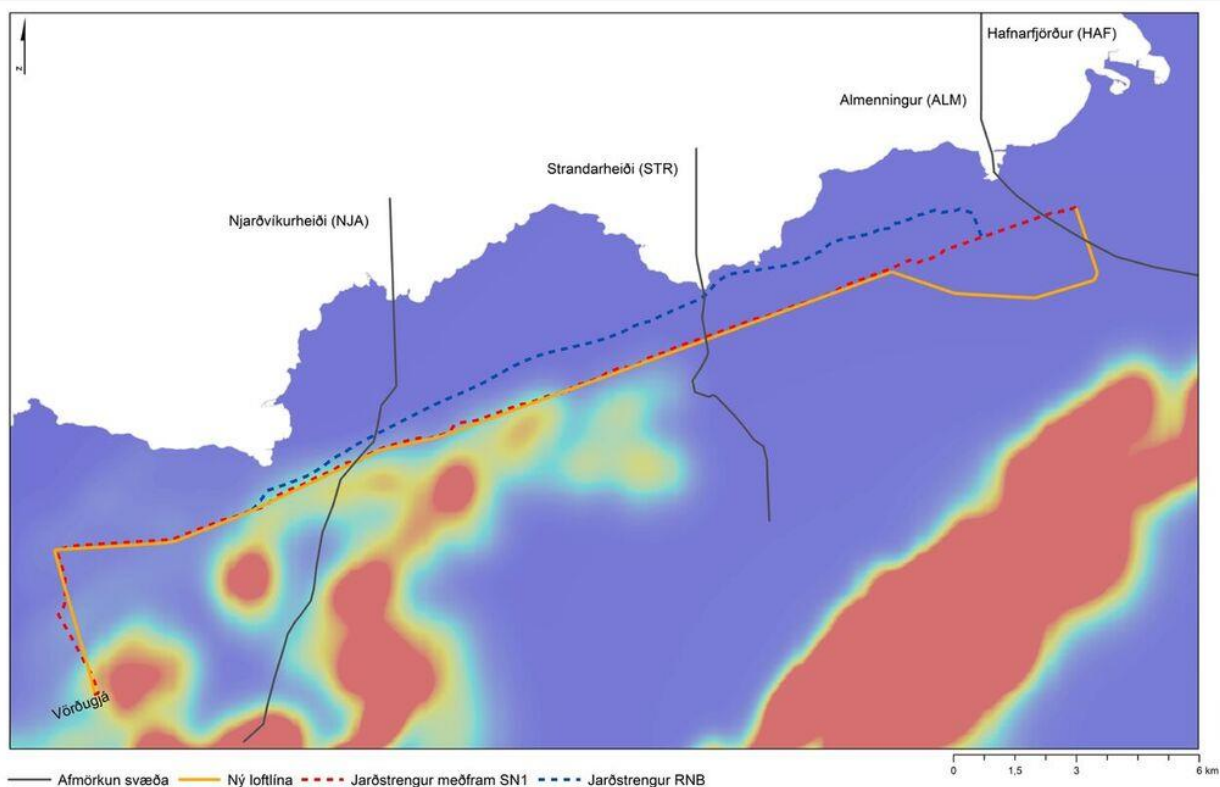
Tjónnæmi

Mestu líkur eldsuppkomu eru metnar út frá gagnasöfunum um fyrri eldsuppkomur, sprungur og misgengi og mat sérfræðinga á mismundandi vægi þessara gagnasafna. Niðurstöður slíkrar greiningar eru settar fram í Tjónnæmiskorti. Tjónnæmiskortið sýnir líkindadreifinguna á staðsetningu eldgoss á Reykjaneskaga eftir greiningu á fyrirbyggjandi jarðfræðigögnum um svæðið (mynd 3).



Mynd 3: Tjónnæmi greiningar á Reykjanesi sem gefur til kynna hvar líklegast er að eldur komi upp í framtíðinni.

Kortið gefur ekki líkurnar á eldgosi innan ákveðins tímaramma, sýnir einungis svæðin þar sem eldsuppkoma er líklegust (rauð svæði á mynd 3). Þegar þessi mynd er borin saman við mynd 1, þá sést glögglega að líklegustu eldsuppkomusvæðin liggja innan þeirra eldstöðvarkerfa sem þegar hafa verið skilgreind á Reykjanesi. Jafnframt sýnir greiningin að dreifingin á líklegum eldsuppkomustöðum er afmarkaðra en útlínur kerfanna gefa til kynna og tjónnæmi innan einstakra kerfa er ekki einsleitt.



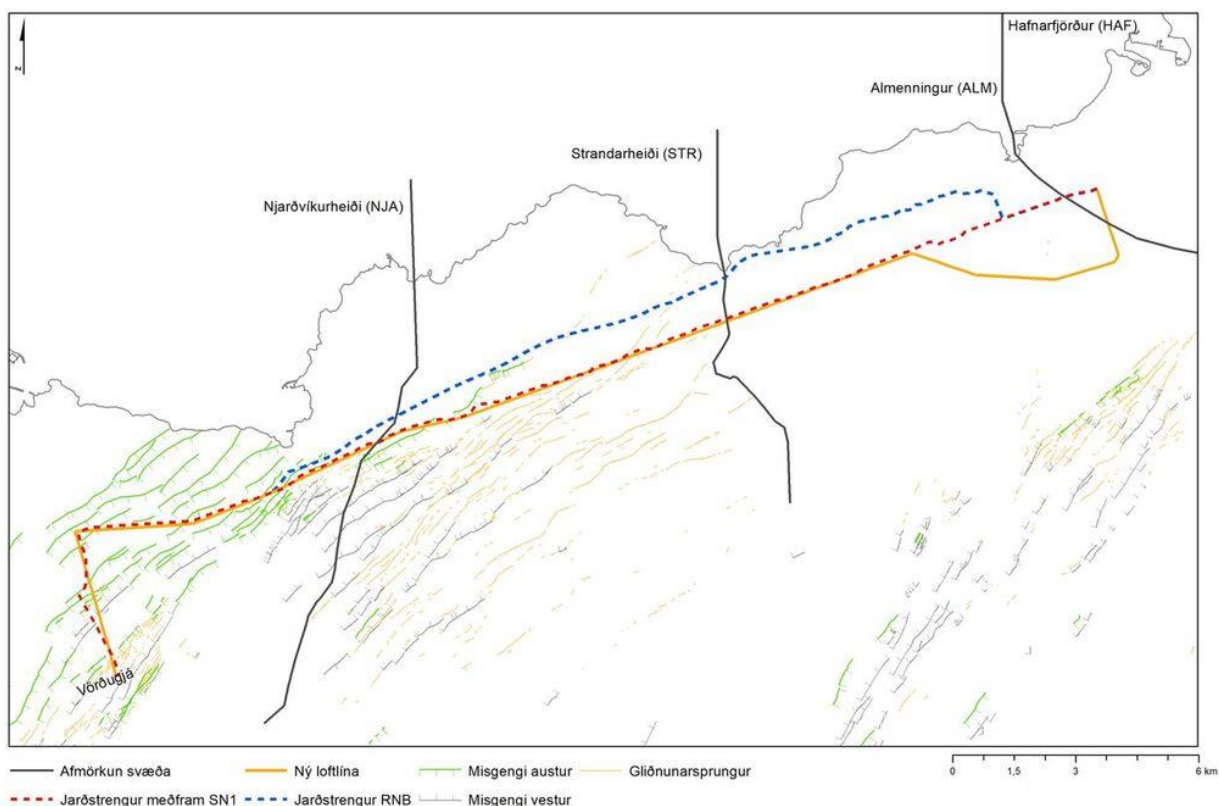
Mynd 4: Tjónnæmi á fyrirhuguðum línustæðum SN1 og RNB. Tjónnæmiskort leggur mat á hvar líklegast sé að eldur komi upp í framtíðar jarðhræringum á svæðinu. Rauð svæði eru miklar líkur, blá svæði litlar líkur.

Áhrifasvæði Suðurnesjalínu 2 er sett fram á mynd 4. Hér drögum við sérstaklega fram tjónnæmi innan Reykjanes- og Krýsuvíkurkerfanna þar sem fyrirhugað línustæði liggur yfir norður jaðar þeirra. Myndin sýnir að norðausturhluti fyrirhugaðs línustæðis liggur ekki innan rauða svæðisins þar sem mestar líkur eru á að ný eldvörp myndist í Krýsuvíkurkerfinu. Hinsvegar liggur suðvestur hluti fyrirhugaðs línustæðis mjög nálægt norðurmörkum rauða svæðisins í Reykjaneskerfinu og endastöð línunnar í suðvestri er í jaðri svæðis sem við teljum líklegt til að mynda nýtt eldvarp í framtíðinni.



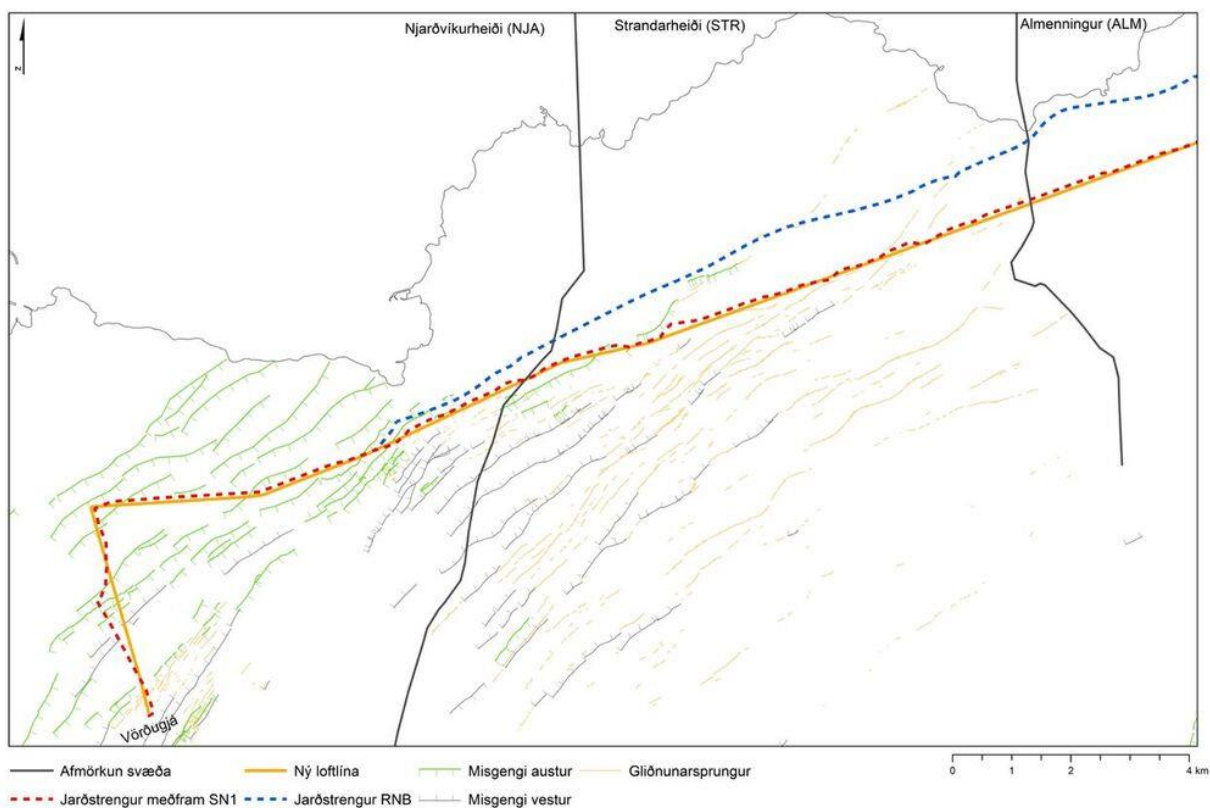
Lega með tilliti til höggunar

Höggun nær til allra sprungna og misgengja á svæðinu, sem eru sýnd með meir nákvæmni á mynd 5. Misgengi eru tvennskonar. Í fyrsta lagi með fall til austurs og í öðru lagi með fall til vesturs. Misgengi móta þannig sigdal eldstöðvarkerfanna. Mesta uppsafnað fall um misgengi er tugir metrar og sést það glögglega í eldri jarðmyndunum, þ.e. hlýskeyðsmynduninni Vogarstapa (= Njarðvíkurheiði) og í Þránnskildi, sem er frá Árnúttíma (um 14 þúsund ára; Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigursgeirsson, 2013). Gliðunarsprungur hafa eingöngu hreyfingu í plani og gliðna til suðaustur og norðvesturs.



Mynd 5: Sprungukort af svæðinu með fyrirhuguðum línustæðum SN1 og RNB. Kortið sýnir allar gliðunarsprungur og misgengi. Ljóst er af þessu yfirlitskorti að vesturhluti línustæðis er mun meira brotinn en austur hluti hennar. Sprungur og misgengi eldstöðvarkerfi.

Á mynd 5 eru fyrirhugað línustæði sett inn á höggunarkort af þessum hluta Reykjanesskaga. Þar kemur fram að norðaustur hluti fyrirhugað línustæðis, sem nær frá Hafnarfirði og yfir Almennig, liggur á svæði sem er án sýnilegra sprungna eða misgengja. Berggrunnurinn á þessu svæði er að mestu hraun Hrutárdyngju sem er eitthvað yngri 7.000 ár, en hluti svæðisins er hulið hraunum frá sögulegum tíma (10. öld). Sprunguleysi elsta hraunsins er vísbending um að hér hafi landi ekki hreyfst í allt að 7.000 ár.



Mynd 6: Sprungukort yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs og loftlínu SN1 og jarðstrengs RNB.

Norður partur Reykjaneskerfisins er mikið sprunginn. Svæðið hefur ekki verið hulið hraunum á síðustu 13.000 árum að undanskildu Arnarseturshrauni frá 13. öld (s.br. mynd 2), sem er sprungulausa svæðið til hægri við Vörðugjá. Þetta bendir til þess að litlar hreyfingar hafa verið á svæðinu síðan á 13. öld. Misgengis hreyfingar á línustæði eru einkum með fall til austurs. Gliðunarsprungur eru flestar utan línustæðis.

Suðvestur partur fyrirhugaðs línustæðis, sem er innan Strand- og Njarðvíkurheiðar, liggur aftur á móti yfir mjög sprungið svæði. Hér liggur línustæðið að mestu yfir gamlar jarðmyndanir, nefnilega Þráinnskjaldarhraun, sem er um 14.100 ára gamalt, og Vogastapann, en hann er eldri en 100.000 ára (Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigursgeirsson, 2013). Á Strandheiðinni, þ.e. frá Afstapahrauni og að Vogastapa, er ummerki höggunar uppsöfnuð yfir síðustu 14.100 ár.



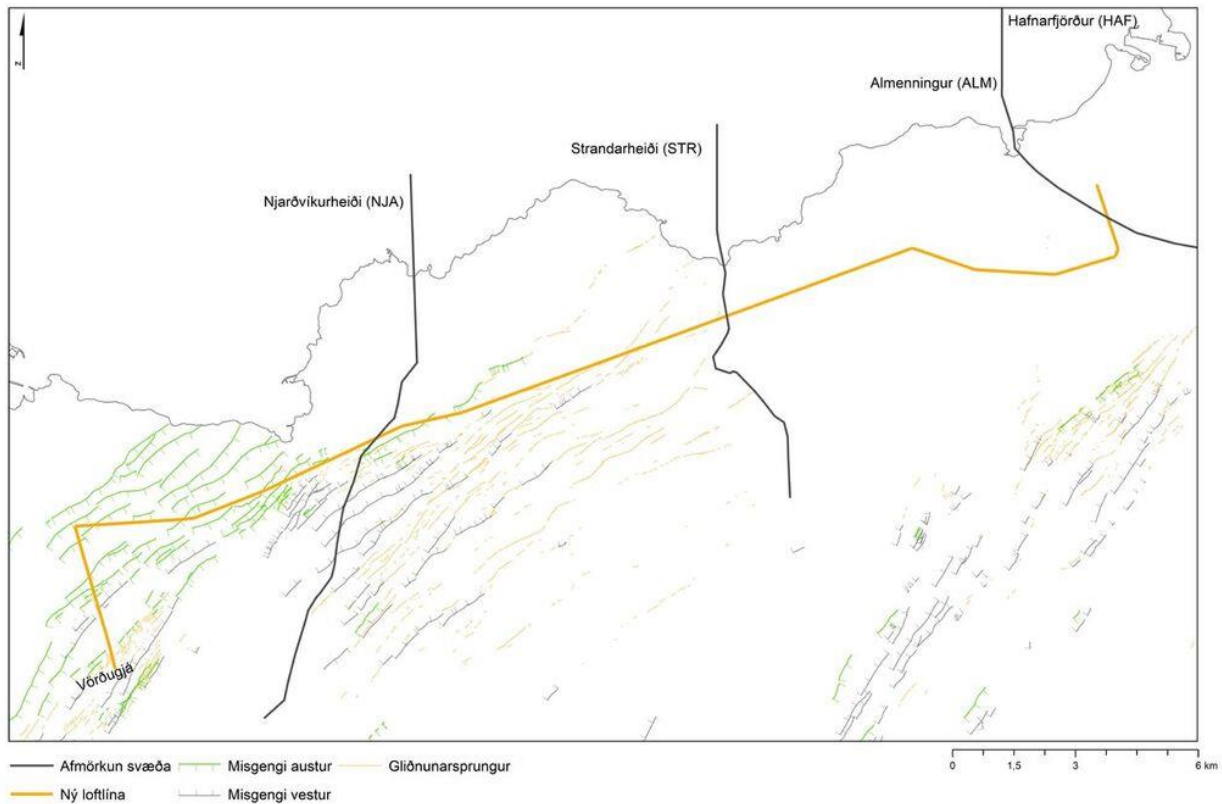
Frá Vogastapa og inn að Vörðugjá er farið yfir svæði sem er inniheldur 100.000 ára gamla höggunar sögu, línustæðið endar svo í hrauni Sandfellshæðar sem er um 13.600 ára (Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigursgeirsson, 2013). Á þessu svæði liggur línar yfir norðurmörk Reykjaneskerfisins. Á mynd 5 eru sýndar allar kortlagðar gliðnunar sprungur og misgengi á svæðinu sem og fyrirhugað línustæði. Höggun á svæðinu er að mestu lotubundin og kemur fram í hrinum samfara eldsumbrotum sbr. Kröfluelda 1974-1984.

Arnaseturshraun (frá 1210-1240) situr í miðju eldstöðvarkerfinu og er svo gott sem sprungulaust (mynd 2). Af því má ráða að höggunarhreyfingar hafa verið litlar síðan það hraun rann. Hinsvegar má gera ráð fyrir að í næstu umbrotum verði hreyfing á þeim sprungum sem fyrir eru ásamt myndun nýrra sprungna og misgengja.



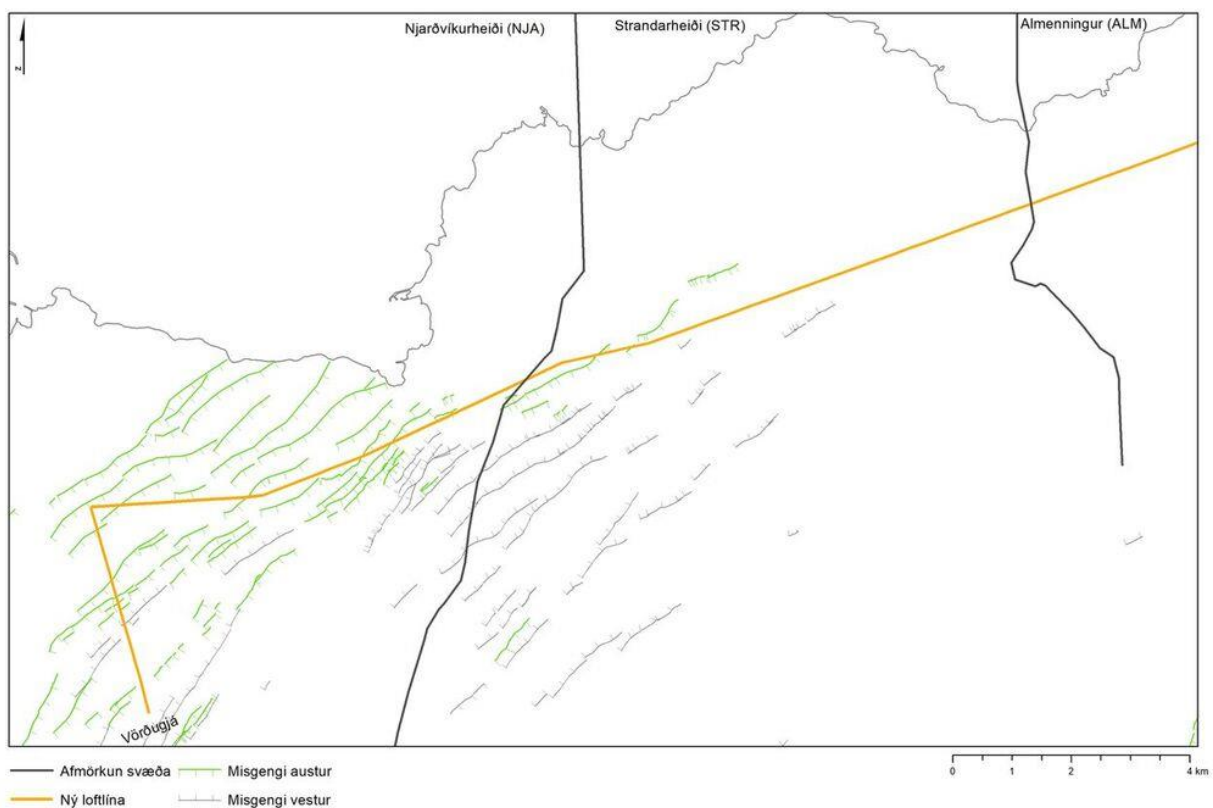
Greiningar á sértækum þáttum í tengslum við fyrirhugað línustæði og tegund línu

Loftlína SN1



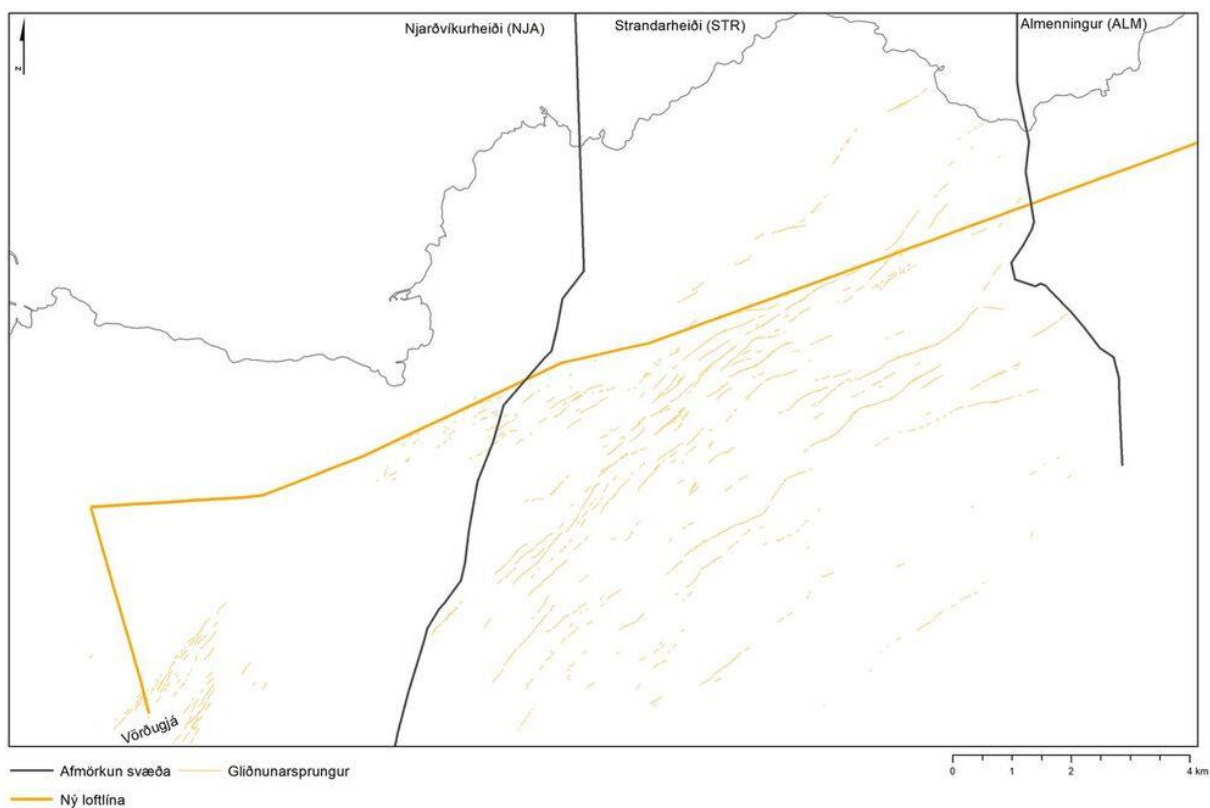
Mynd 7: Sprungukort af fyrirhuguðu línustæði loftlínu SN1. Kortið sýnir allar gliðnunarprungur og misgengi.

Eins og kemur fram á mynd 5, eru sprungur og misgengi helst á Strandarheiði og Njarðvíkurheiði. Hafnarfjörður og Almennungur er sá kafli sem er alveg sprungulaus. Það verður að teljast ólíklegt að þessi kafli verði fyrir einhverjum hreyfingum þar sem að elstu jarðminjar hér á svæðinu er um eða yfir 7000 ára, sjá mynd 2. Á Strandarheiði liggur línan inn í Reykjaneskerfisins og endar inn í því miðju á Njarðvíkurheiði. Það er líklegt að þessi kafli Strandarheiðar og Njarðvíkurheiðar verði fyrir hreyfingum í næstu umbrotahrinu á Reykjaneskerfinu. Því er fjallað nánar um þann kafla línustæðisins hér að neðan (þ.e. í tengslum við mynd 8). Gliðnunarprungur og misgengi eldstöðvarkerfis Krýsuvíkur ná ekki inn á fyrirhugað línustæði



Mynd 8: Kort af misgengjum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis loftlínu SN1.

Misgengis hreyfingar á línustæði eru nær allar með fall til austurs. Vestur endi loftlínu SN1 liggur inn á Njarðvíkurheiði og endar í miðjum sprungusveim Reykjaness eldstöðvarkerfisins. Upp og niður hreyfingar um misgengi geta klippt á loftlínu SN1 og raskað stöðuleika mastra. Á Strandarheiði kemur loftlína SN1 inn á svæði misgengja og liggur að mestu í misgengjum með fall til austurs. Loftlína SN1 sker fjölda misgengja á Njarðvíkurheiði, allt misgengi sem hafa hreyfst á síðastliðnum 10.000 árum og næsta örugglega í síðustu lotu eldvirkni er gekk yfir eldstöðvarkerfi Reykjaness á 13. öld. Næsta víst má telja að þessi misgengi hreyfi sig í næstu umbrotahrinu Reykjanesskerfisins.

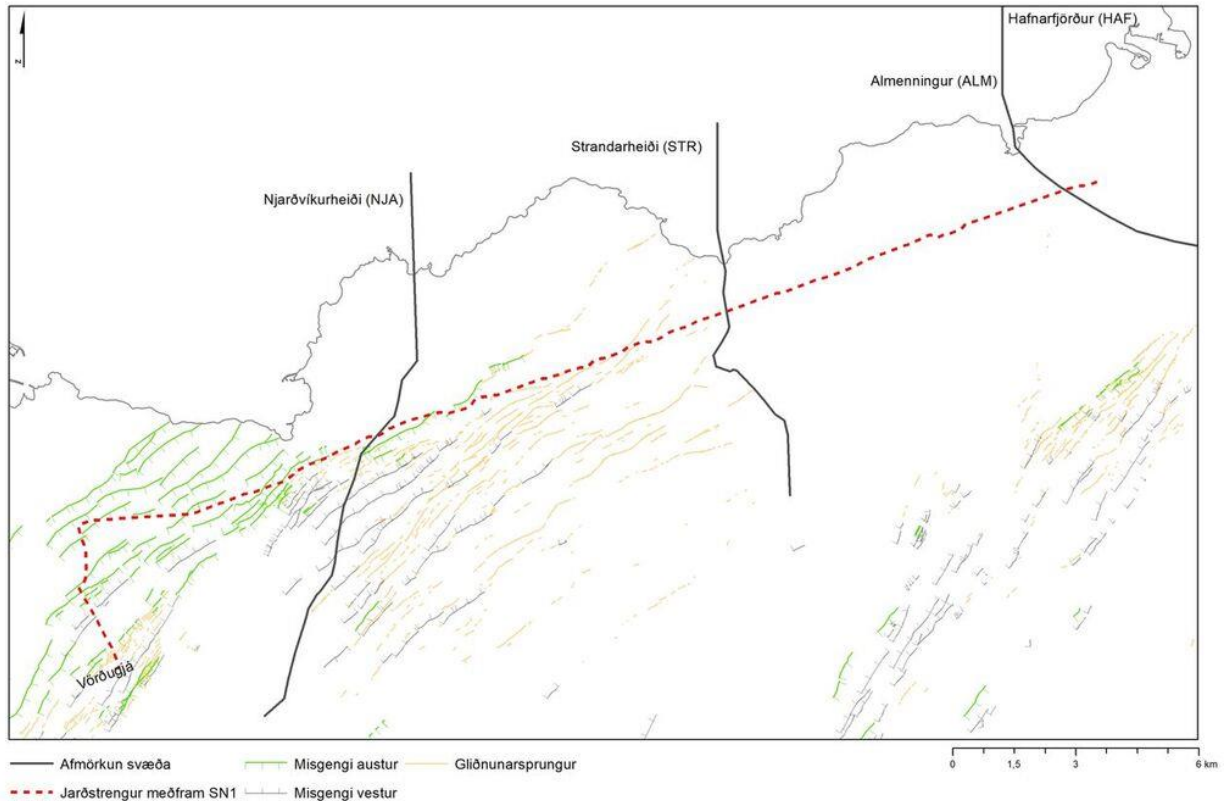


Mynd 9: Kort af gliðunarsprungum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis loftlínu SN1.

Fjöldi gliðunarsprungna skera línustæðið. Gliðunar sprungur eru með hreyfingu í plani og tagna norðvestur-suðaustur. Línustæði loftlínu SN1 fer yfir gliðunarsprungur á nyrðri hluta Strandarheiðar en liggur síðan samsíða gliðunarsprungum Reykjaneskerfisins þar til komið er inn á Njarðvíkurheiði við Vörðugjá. Gliðun um sprungur strekkir á taug sem liggur yfir þær. Í næstu hrinu Reykjaneskerfisins gæti strengst á loftlínu SN1 á Strandarheiði.

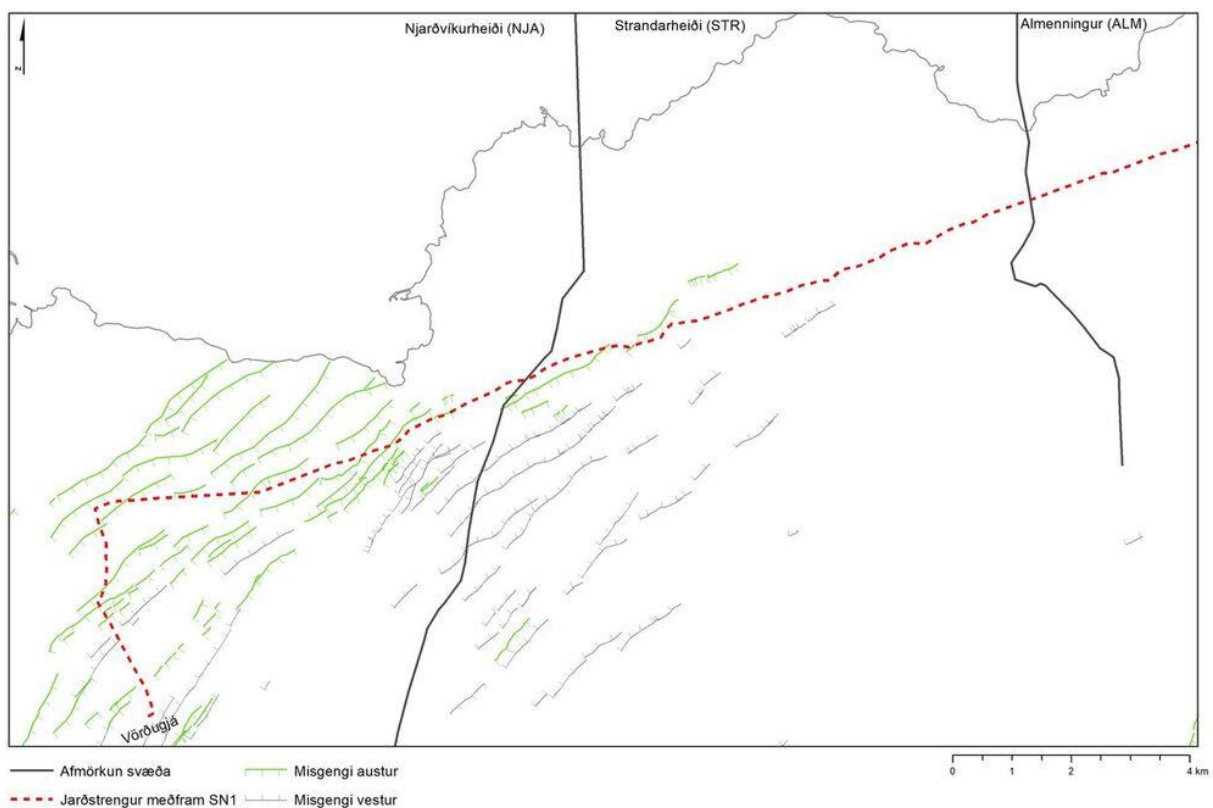


Jarðstrengur SN1



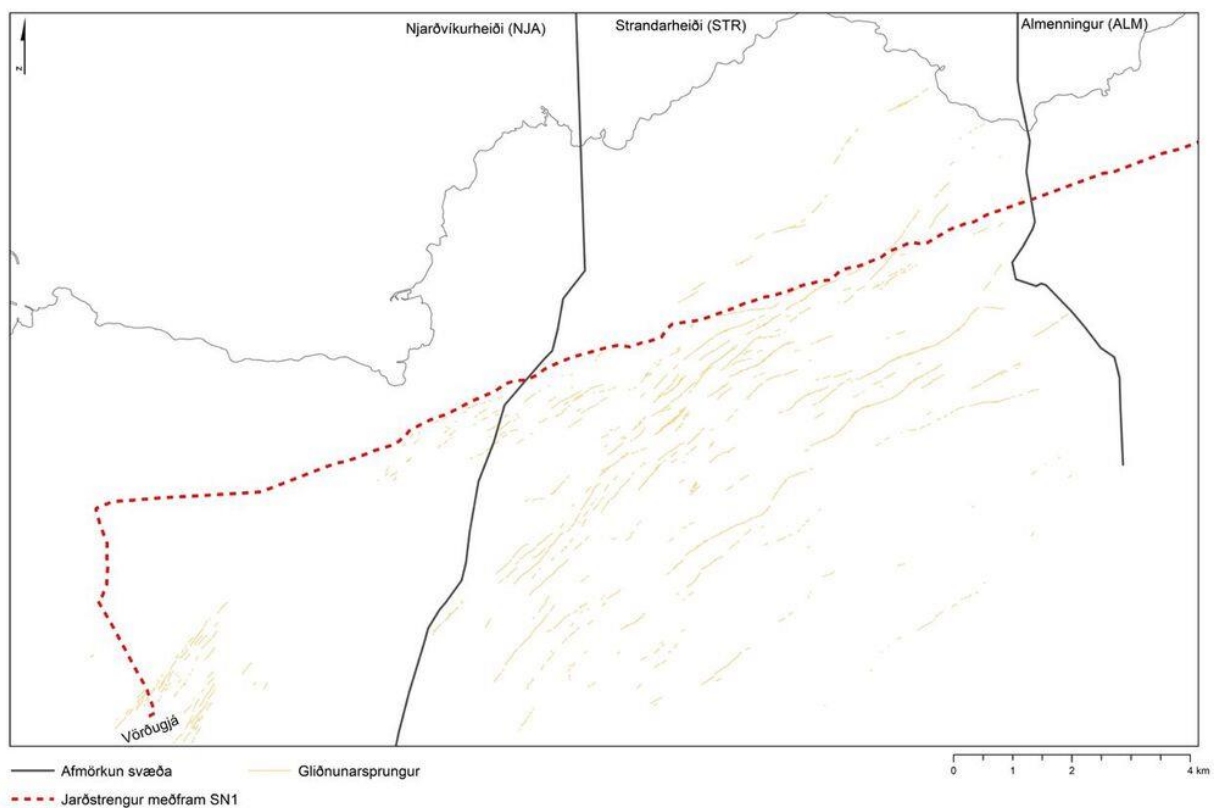
Mynd 10: Sprungukort á fyrirhuguðu línustæði jarðstreng SN1. Kortið sýnir allar gliðunarsprungur og misgengi.

Eins og kemur fram á mynd 5, eru sprungur og misgengi helst á Strandarheiði og Njarðvíkurheiði. Hafnarfjörður og Almenningur er sá kafli sem er alveg sprungu og misgengja laus. Það verður að teljast ólíklegt að þessi kafli verði fyrir einhverjum hreyfingum þar sem að elstu jarðminjar hér á svæðinu er um eða yfir 7000 ára, sjá mynd 2. Á Strandarheiði liggur línan inn í Reykjaneskerfið og endar inn í því miðju á Njarðvíkurheiði. Það verður að teljast líklegt að þessi kafli Strandar- og Njarðvíkurheiðar verði fyrir hreyfingum í næstu umbrotahrinu á Reykjaneskerfinu. Því er fjallað nánar um þann kafla línustæðisins hér að neðan (þ.e. í tengslum við mynd 11). Gliðunarsprungur og misgengi eldstöðvarkerfis Krýsuvíkur ná ekki inn á fyrirhugað línustæði.



Mynd 11: Kort af misgengjum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs SN1.

Misgengis hreyfingar á línustæði eru nær allar með fall til austurs. Vestur endi jarðstrengs SN1 liggur inn á Njarðvíkurheiði og endar í miðjum sprungusveim Reykjaneskerfisins. Upp og niður hreyfingar um misgengi geta klippt á jarðstreng SN1. Á Strandarheiði kemur jarðstrengur SN1 inn á svæði misgengja og liggur að mestu í misgengjum með fall til austurs. Jarðstrengur SN1 sker fjölda misgengja á Njarðvíkurheiði og öll hafa þau hreyfst á síðastliðnum 10.000 árum og næsta örugglega í síðustu goshrinu Reykjaneskerfisins sem gekk yfir á 13. öld. Næsta víst má telja að þessi misgengi hreyfi sig í næstu umbrotahrinu Reykjaneskerfisins.

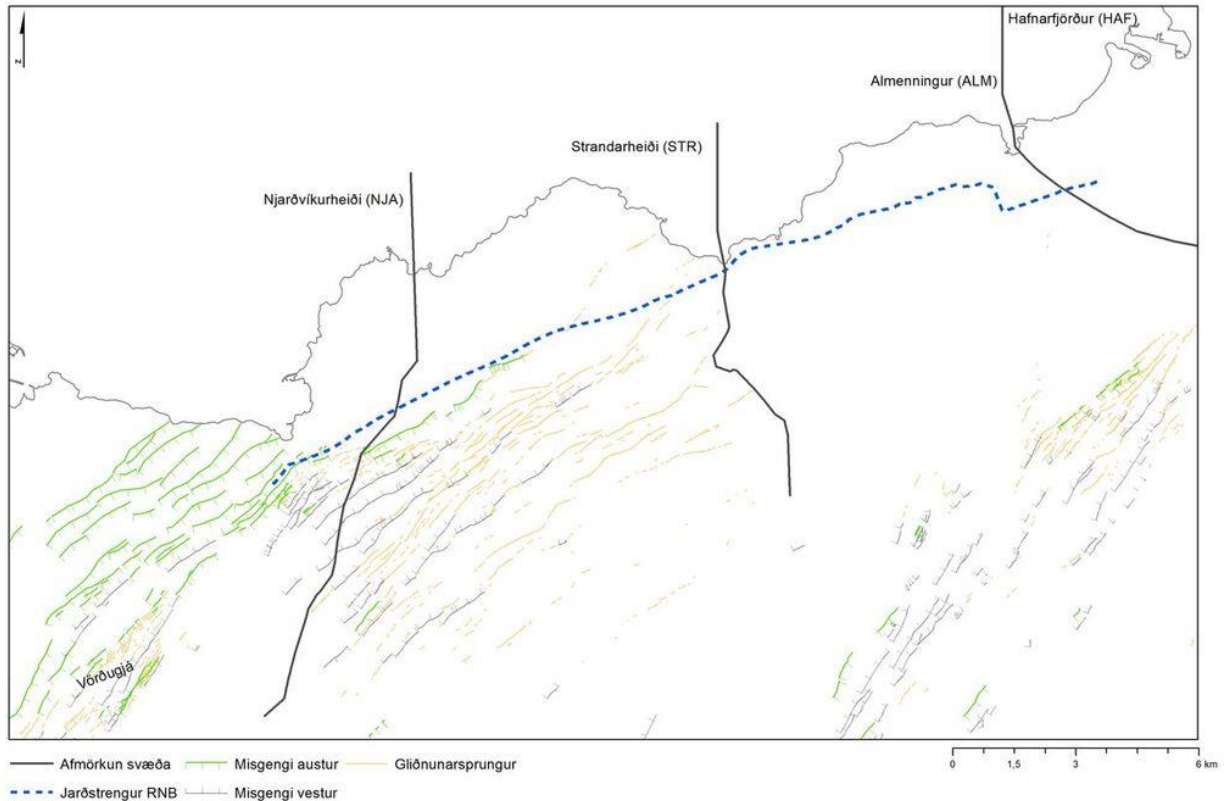


Mynd 12: Kort af gliðnunarprungum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs SN1.

Fjöldi gliðnunarprungna í Reykjaneskerfinu skera fyrirhugað línustæði. Gliðnunar sprungur eru með hreyfingu í plani og gliðna í stefnuna norðvestur-suðaustur. Línustæði jarðstrengs SN1 fer yfir gliðnunarprungur á nyrðri hluta Strandarheiðar en liggur síðan samsíða gliðnunarprungum Reykjaneskerfisins þar til komið er inn á Njarðvíkurheiði við Vörðugjá. Gliðnun um sprungur strekkir á taug sem liggur yfir þær. Í næstu umbrotahrinu Reykjaneskerfisins gæti strengst á jarðstreng SN1 á Strandarheiði.

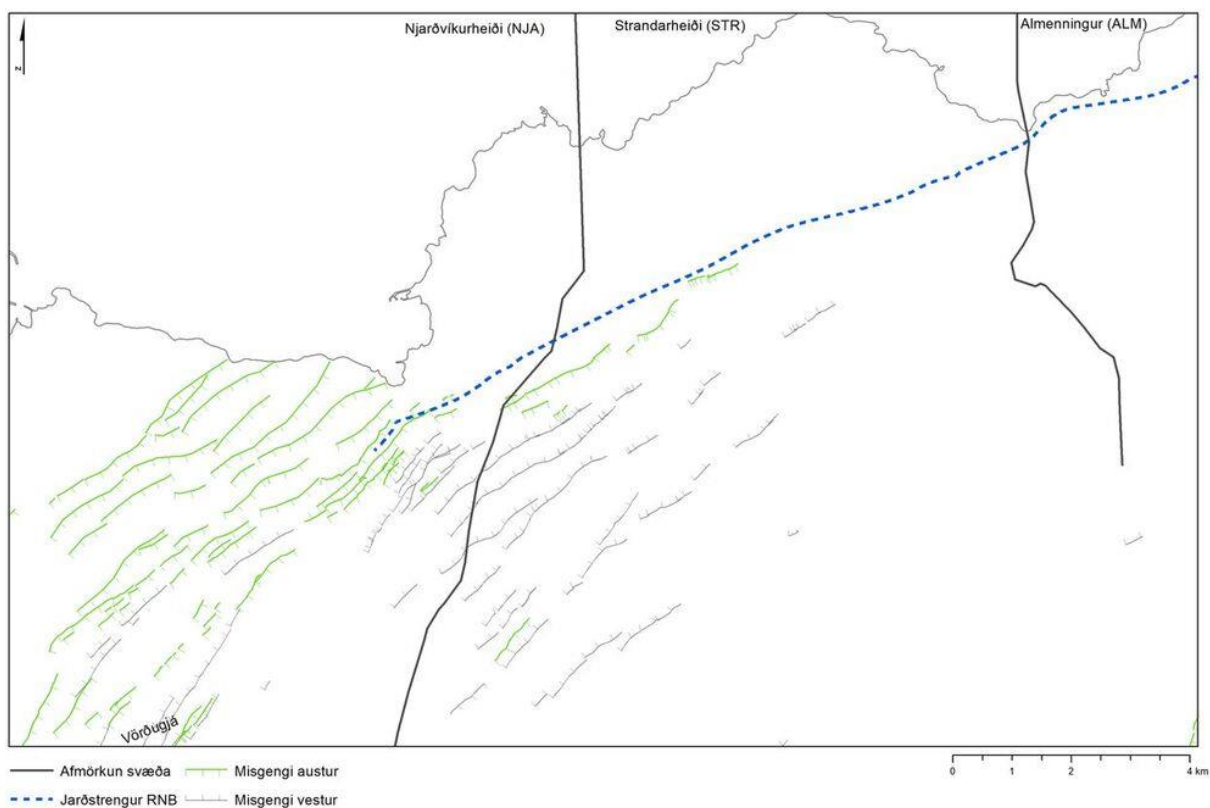


Jarðstrengur RNB



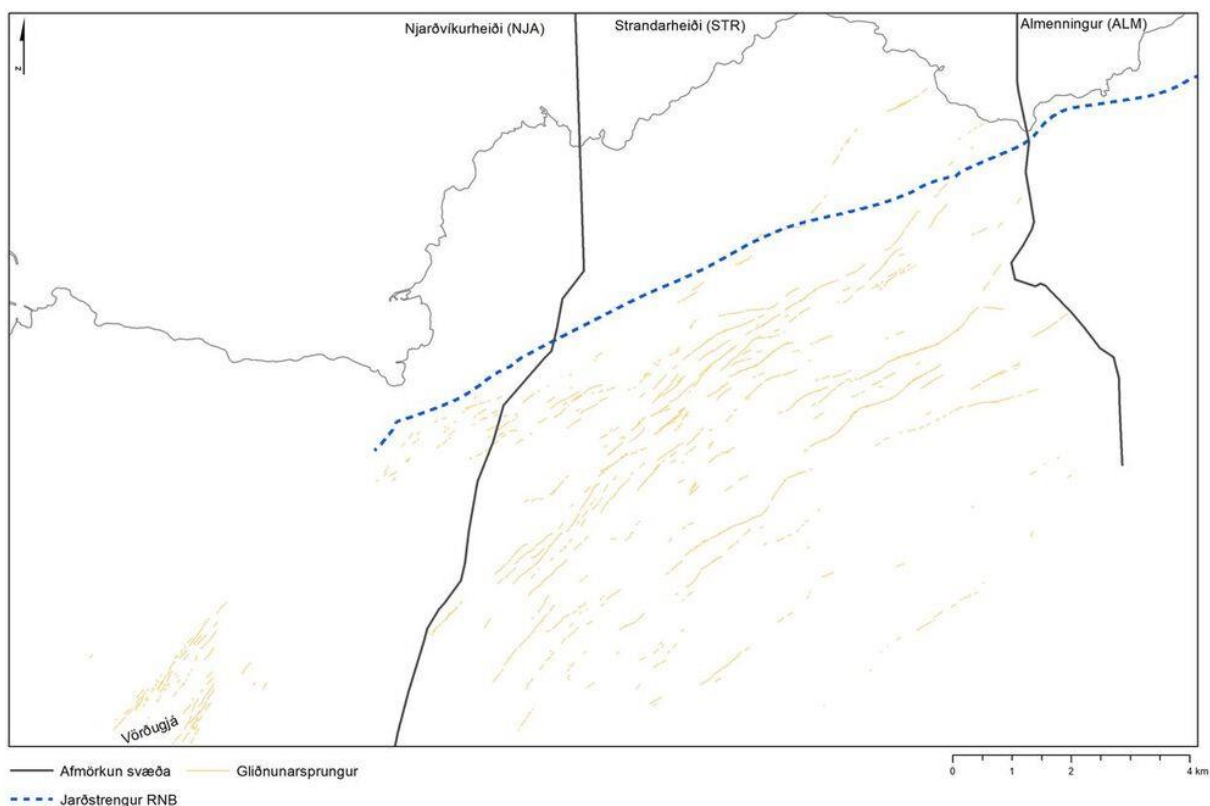
Mynd 13: Sprungukort á fyrirhuguðu línustæði jarðstreng RNB. Kortið sýnir allar gliðnunarprungur og misgengi.

Eins og kemur fram á mynd 5, eru sprungur og misgengi helst á Strandarheiði og Njarðvíkurheiði. Hafnarfjörður og Almenningur er sá kaflur sem er alveg laus við sprungur og misgengi. Það verður að teljast ólíklegt að þessi kaflur verði fyrir einhverjum hreyfingum þar sem að elstu jarðminjar hér á svæðinu er um eða yfir 7000 ára, sjá mynd 2. Á Strandarheiði liggur jarðstrengur þvert yfir Reykjanes-kerfið og endar inn í því miðju á Njarðvíkurheiði. Það er líklegt að þessir kaflar Strandarheiðar og Njarðvíkurheiðar verði fyrir hreyfingum í næstu umbrotahrinu Reykjaneskerfisins. Því er fjallað nánar um þann kafla línustæðisins hér að neðan (þ.e. í tengslum við mynd 14). Gliðnunarprungur og misgengi eldstöðvarkerfis Krýsuvíkur ná ekki inn á línustæðið.



Mynd 14: Kort af misgengjum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs RNB.

Misgengis hreyfingar á línustæði eru allar með fall til austurs. Vesturendi línu RNB er liggur inn á Njarðvíkurheiði endar í miðjum sprungusveim Reykjaneskerfisins. Upp og niður hreyfingar um misgengi geta klippt á jarðstreng RNB. Fá misgengi skera þó fyrirhugað línustæði við Njarðvíkurheiði/Vogastapa. Kaflinn sem liggur um Strandaheiði er utan misgengja, jarðminjar hér eru eldri en 10.000 ára og því ekki líklegt að ný misgengi eigi eftir að myndast um þennan hluta á fyrirhuguðu línustæði.



Mynd 15: Kort af gliðunarsprungum yfir vestari hluta fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs RNB.

Gliðunarsprungur eru flestar utan línustæðis. Gliðunar sprungur eru með hreyfingu í plani og tognar gliðna í stefnuna norðvestur-suðaustur. Línustæði jarðstrengs RNB fer yfir gliðunarsprungur á nyrðri hluta Strandarheiðar en liggur síðan samsíða sprungusveim eldstöðvarkerfisins Reykjanes. Gliðnun um gliðunarsprungur strekkir á taug er sem liggur yfir þær liggur. Gliðunarsprungur um mitt svæðið skera fyrirhugað línustæði. Í næstu lotu eldstöðvarkerfisumbrotahrinu á Reykjaneskerfinu gæti strengst á línu nyrst á Strandarheiði. Kaflinn er um 3 km langur.



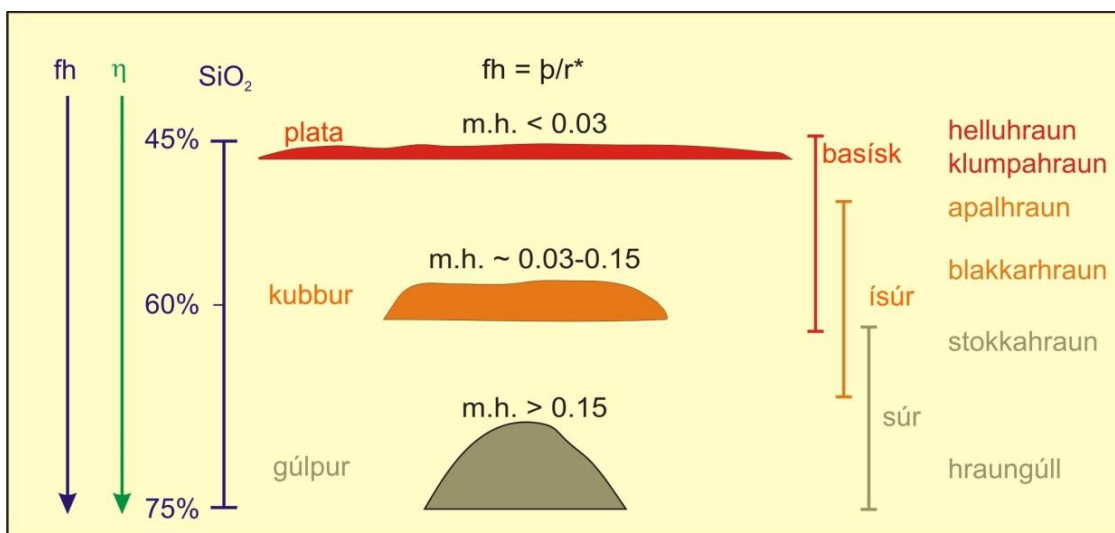
Hraunrennsli

Almennt yfirlit

Oft er vísað til þess að hraungos hættuminnstu atburðir íslenskrar eldvirkni, en réttast er að varast fara varlega með þetta viðhorf því að ein gerð hraungosa, það er flæðigos, hefur valdið mestu náttúruhamförum Íslandssögunnar (Thordarson og Self, 1993, 2003). Hraun geta valdið gífurlegum skaða eins og íbúar í Heimaey fengu svo átakanlega að reyna árið 1973.

Hraun myndast þegar kvika streymir upp um gosrásir, hringlaga gosop eða sprungur, og flæðir frá gosstað eftir yfirborði jarðar. Þó svo að kvika streymi líkt og aðrir vökvar undan halla, er rennsli hrauna um margt frábrugðið beljandi vatnsstraumum. Vatn er einfaldur vökvi úr tveimur frumefnum og hefur vel afmarkað suðu- og frostmark. Það hagar sér líkt og Newtonískur vökvi. Á hinn bóginn er hraunkvika margbrotinn vökvi sem segja má að sé plastískur. Hraunkvika inniheldur meira en 12 frumefni og er alltaf miklu heitari en umhverfi hennar. Sem slík er kvika miklu skyldari tjöru en vatni (Þorvaldur Þórðarson, 2013). Hún hefur ekki aðeins mjög breytilega efnasamsetningu, heldur breytir einnig eðlis- og efnaeiginleikum sínum vegna afgösunar og kólnunar, þegar hún streymir upp úr gosopi og flæðir eftir yfirborði jarðar. Enda þótt upprunaleg efnasamsetning hraunkvikunnar ráði miklu um hvernig hún flæðir og þar af leiðandi myndform hrauna, þá koma fjölmargir aðrir þættir við sögu sem geta haft veruleg áhrif á flæðimynstrið og formið.

Hefðbundið er að flokka hraun eftir efnasamsetningu í basísk, ísúr og súr hraun (mynd 16). Hraun af basískri samsetningu eru lang algengust, eða yfir 90% allra hrauna á Íslandi. Þó að ísúr og súr hraun séu til staðar í marktækum mæli á Íslandi, er umfang þeirra miklu minna; ísúr hraun eru 6% og súr hraun 3% af hraunlagastafla Íslands (Thordarson og Höskuldsson, 2008).



Mynd 16: Form og formhlutfall hrauna og tengsl þeirra við hraun- og kvikugerðir sem og seigju og kísilinnihald kviku.



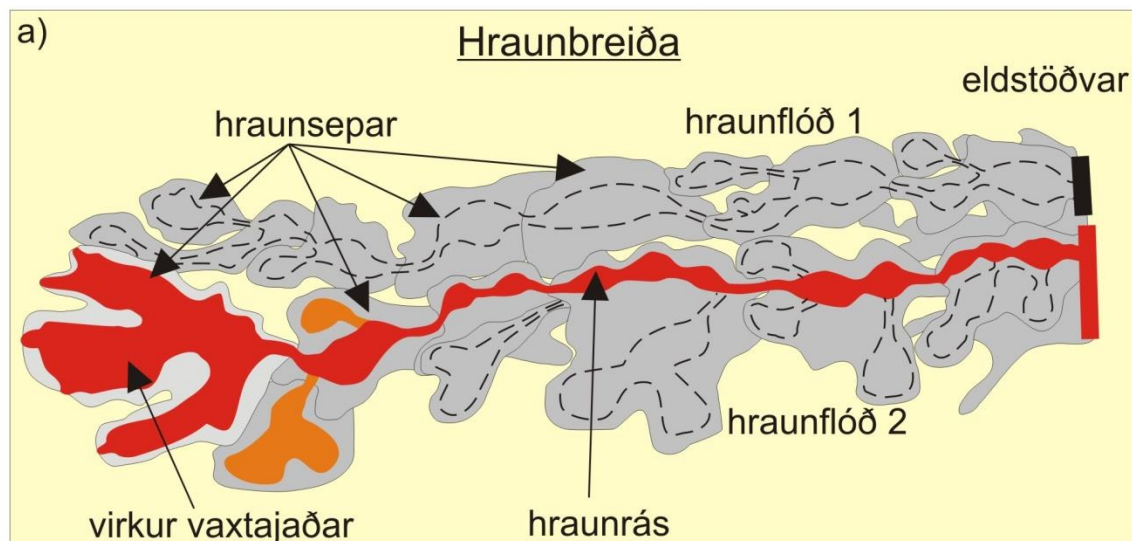
Þessi grunnflokkun endurspeglar seigju hraunkvikunnar sem er ekkert annað en mælikvarði á hversu auðveldlega kvikan flæðir frá upptökum og eftir yfirborði jarðar. Þegar kvika streymir upp um gosrás, ræðst seigja hennar fyrst og fremst af kísilinnihaldi og hitastigi kvikunnar, ásamt styrk rok gjarnra efna (Þorvaldur Þórðarson, 2013). Kvika sem myndar mjög súr hraun, kísilrík ($<64\% \text{SiO}_2$) og hlutfallslega köld (7-800 gráður). Slík hraun eru óseig eða milljón til milljarð sinnum seigari en vatn. Þau hrúgast gjarnan upp í gúla yfir gosopinu og einkennast af háu formhlutfalli ($>0,15$; 16. mynd). Kvika sem myndar mjög basísk hraun, er kísilsnauð, kísilinnihald minna en 52% (kísildíoxíð, SiO_2), og heit (1100-1200 gráður) og þess vegna er seigja hennar lítil, þ.e. hún er þunnfljótandi. Basísk kvika myndar því hlutfallslega þunn og útbreidd hraun með lágt formhlutfall ($<0,03$; mynd 16). Það er þó rétt að benda á, að þunnfljótandi basalhraun eru að jafnaði hundrað til þúsund sinnum seigari en vatn. Ísúrar hraunkvikur, með kísilinnihaldi frá 52% til 64% SiO_2 , mynda að jafnaði hraun sem falla á milli þessara jaðarforma. Að jafnaði styttest og þykkna hraun með vaxandi kísilmagni, það er aukinni seigju.

Öll hraunin á athugunarsvæðinu eru basísk og mynduð í sprungugosum eða dyngjugosum (s.br. mynd 2). Þrátt fyrir svipaða efnasamsetningu eru basalhraun langt frá því að vera einsleitur flokkur, og ásýnd þeirra er mjög breytileg. Sum basalhraun eru rennislétt hella og létt undir fæti, en önnur mjög úfin og ill yfirferðar. Svo eru hraun sem spanna rófið þar á milli. Þetta er uppruni hinar klassísku skiptingar á basalhraunum í helluhraun og apalhraun. Fyrirnefnda nafngiftin vísar til hrauna sem einkennast af samfelldri hraunhellu, en síðarnefnda nafngiftin á við hraun umlukin lausum gjallkarga sem oft hefur safnast fyrir í óreglulega múga og hryggi. Hellu- og apalhraun eru í raun jaðartegundir í samfelldu rófi og þar á milli eru tegundir sem endurspeglar frábrugðin myndunarskilyrði, hitabúskap og rennislisferli. Klumpahraun eru eitt dæmi um slíka millitegund og einkennast af heilsteyptri botnsskorpu, en eru þakin yfirborðsbreksíu með blokkum og flekum úr brotinni helluhraunsskorpu. Myndunarferli klumpahrauna er meira í ætt við myndunarferli helluhrauna, þó svo að við fyrstu sýn virðist yfirborð þeirra líkjast því sem einkennir apalhraun. Hraunbreiða Hrátagjárdyngjunnar er að hluta til klumpahraun og annað dæmi um slíkt hraun er vesturálma Skaftáreldahrauns. Það hefur einnig verið sýnt fram á að apalhraun myndast þegar kvikuústreymi er hlutfallslega mikið, en helluhraun þegar það er tiltölulega lítið. Þannig myndast apalhraun þegar virknin einkennist af öflugri og óstöðugri kvikuþrókavirkni, en helluhraun markast af hægu og stöðugu flæði frá gígum. Helluhraun og klumpahraun eru algengustu hraunategundirnar á Íslandi (Þorvaldur Þórðarson, 2013)

Hraunbreiður geta því orðið til í tveimur eða fleiri hraunflóðum eða hraunstraumum. Hraunflóð eru skilgreind sem hraun er myndast við flæði frá aðskildum gígum eða sprungum eða hraun sem kemur upp í mismunandi goshrinum. Hraunflóðin eru sjaldan einn samfelldur hrauntaumur heldur mynduð úr mörgum hraunsepum. Hraunsepi samsvarar einstakri kólnunareiningu sem hefur kólnað og storknað í einu lagi og er grundvallarbyggingareining hrauna (sjá mynd 17). Stærð hraunsepa er mjög breytileg frá einu hrauni til annars. Kemur þar til bæði seigja og stærð hraunanna, sem og framleiðnin í gosinu. Sem dæmi má nefna að þykkt hraunsepa í þunnfljótandi hraunum allt frá fáeinum sentímetrum upp í eitt hundrað metra, og lengdin frá nokkrum desímetrum upp í fáeina kílómetra. Að jafnaði er samræmi á milli stærðar hraunsepa og framleiðni í gosinu.



Hraunsepi myndast við útrennsli, þegar kvikan brýtur sér leið úr aðfærslukerfinu í gegnum hraunskorpuna (mynd 17). Þegar hraunkvikan brýst framundan virkum vaxtarjaðri, nefnist slíkt útrennsli undanhlaup, en yfirhlaup þegar kvikan kemur upp um sprungur og rennur ofan á hraunflóðinu. Hraunbelging vísar til þess þegar hraunsepar stækka og belgjast út á alla kanta vegna innræns flæðis undir einangrandi skorpu.



Mynd 17: Nafnakerfi yfir helstu byggingarþætti hrauna.

Hraun frá einu eldgosi kallast hraunbreiða og að jafnaði samanstendur hún af tveimur eða fleiri hraunflóðum, sem hvert um sig er byggt upp af mörgum hraunsepum (sjá einnig texta). Hraunrás er aðfærslukerfið sem flytur hraunkviku frá eldstöðvum að virkum vaxtarjaðri og getur verið lokað eða opin. Meginvöxtur hraunsins fer fram við virka vaxtarjaðra og í helluhraunum einkennist vöxturinn af myndun sepa og innrænu flæði undir kyrrstæðri og heilsteyptri skorpu, en í apalhraunum stjórnast vöxturinn af útrænu flæði þar sem mismunarennisli rifur í sundur seiga yfirborðskviku og myndar ósamfellda skorpu sem flyst fram með flæðandi hrauninu.

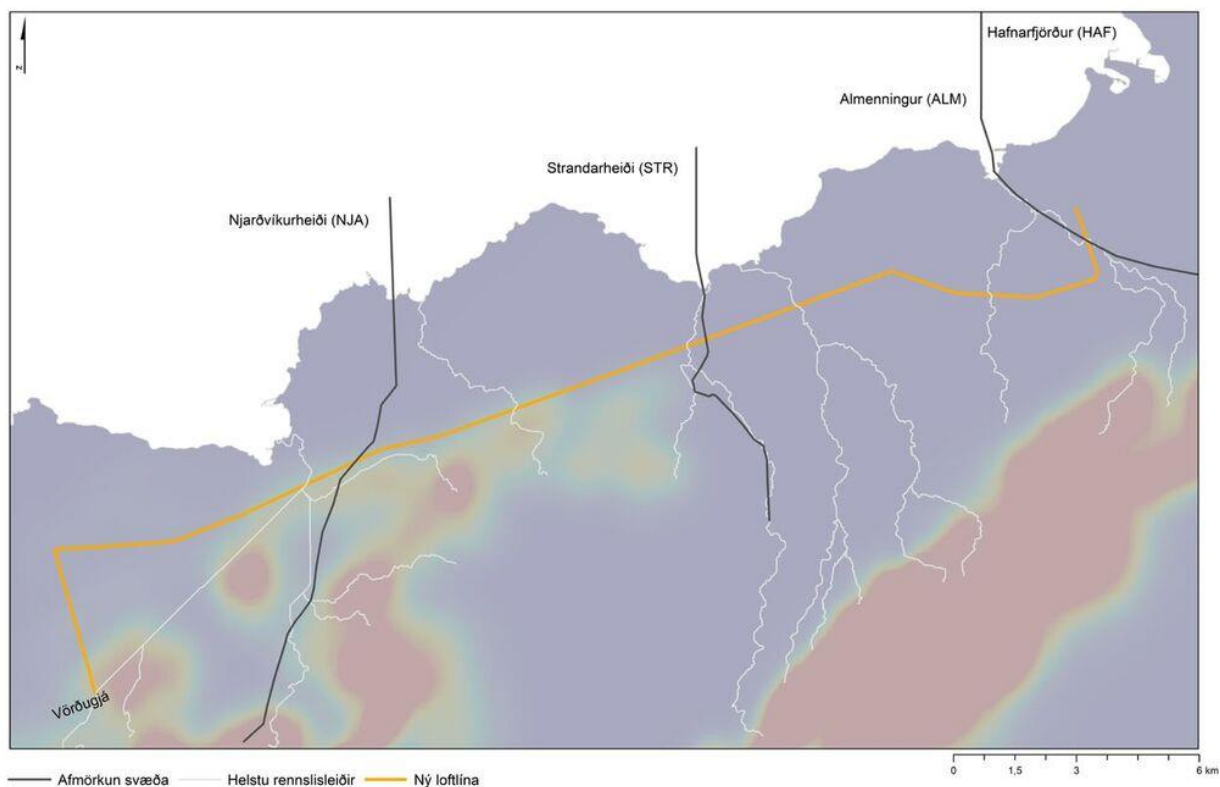


Hraun mótast af þremur megin byggingarþáttum. Aðfærslukerfið (1) sem veitir hrauni frá upptökum að vaxtarjöðrum (2) þar sem allur vöxtur hraunflóðsins fer fram. Þriðji þátturinn er svo sá hluti sem þegar er storknaður, sem á hverjum tíma er um það bil 40-70% af hraunbreiðunni. Aðfærslukerfi hrauna mynda samofið farvegakerfi sem tengir upptakagígana við vaxtarjaðrana hvar svo sem þeir eru í hrauninu. Aðfærslukerfið getur verið opið eða lokað. Hrauntröð er dæmi um opna rás, en innri hraunrásir (þ.e. hraunpípur/hraunhellar) eru lokaðar rásir. Aðgreining í lokað og opið farvegakerfi er mikilvæg vegna þess að það er mikill munur á varmabúskap þeirra. Í lokaðri rás er varmatapið vel undir einni gráðu á hvern kílómetra, en í opinni rás er það á bilinu tíu til yfir 100 gráður á hvern kílómetra. Varmafræðilegir útreikningar sýna, að það er mjög auðvelt fyrir hraun að mynda nokkur hundruð kílómetra langar innrænar/lokaðar rásir við mjög hóflega framleiðni, á meðan lengd opinna rása takmarkast við nokkra kílómetra við sömu skilyrði.

Framleiðnin, sér í lagi í upphafi goss, ræður mestu um hversu hratt hraun flæðir yfir landið, og í gosum þar sem framleiðnin er á bilinu 50-1000 rúmmetrar á sekúndu hefur rennslishraðinn mælst á bilinu 30-70 km á klukkustund (t.d. Þorvaldur Þórðarson, 2013). Slíkt rennsli myndar yfirleitt apalhraun. Apalhraun tapa varma mjög hratt og flæða því aldrei langt. Lengstu apalhraun á Íslandi eru innan við 15 km. Þegar dregur úr framleiðninni, breytast skilyrðin þannig að helluhraun myndast. Aðfærslukerfið einangrast og innrænn vöxtur (þ.e. uppbelging hrauns) verður ráðandi. Þannig myndast kjöraðstæður fyrir myndun langra hrauna. Öll lengstu hraun Íslands eru helluhraun og það lengsta er um 140 km (Elsa Vilmundardóttir, 1977). Einangrað flutningskerfi getur flutt kviku um tug kílómetra veg, frá upptökum að vaxtarjöðrum, á tiltölulega skömmum tíma því flæðið í innri hraunrásunum er oft um 10-30 km á klukkustund. Innrænn vöxtur getur leitt til fimm- til tíuföldunar á þykkt einstakra helluhraunsepa og því tiltölulega auðvelt fyrir slík hraun að byggja sig yfir hindranir sem eru nokkrir metrar á hæð (Þorvaldur Þórðarson, 2013).

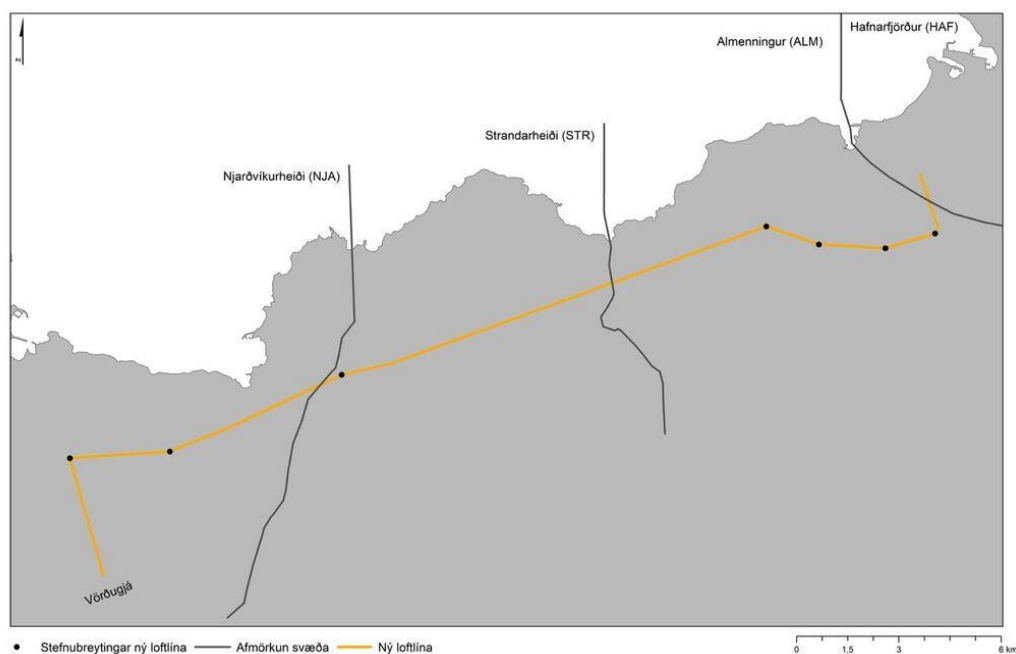


Loftlína SN1

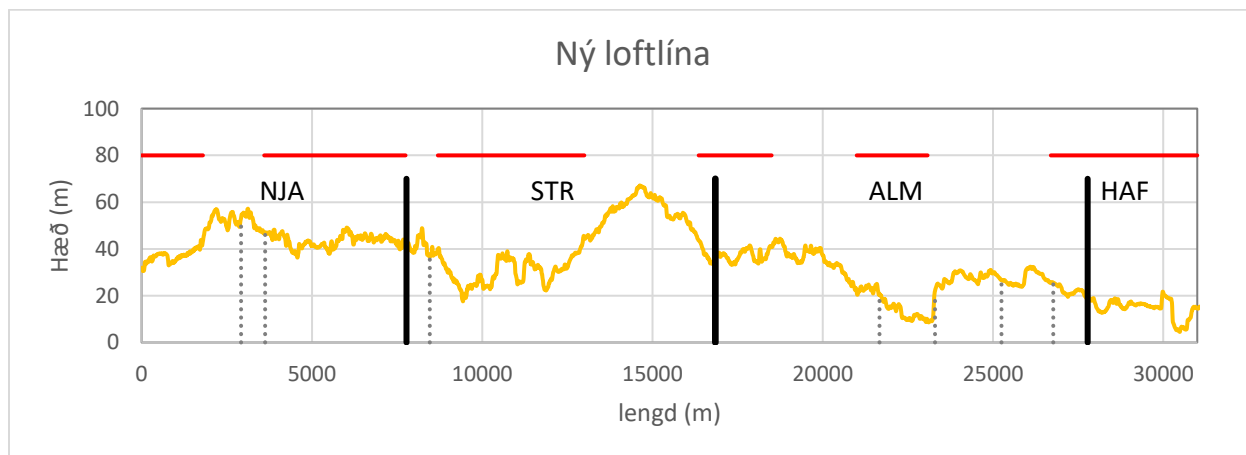


Mynd 18: Kort af fyrirhuguðu línustæði loftlínu SN1 þar sem tjónnæmi er sett saman við greiningu á vatnasviðum og helstu rennislíðum (hvítar línur) á svæðinu.

Vatnasvið sem teygja sig inn á há tjónnæmisvæði koma til með að veita hraunflæði framtíðar frá tjónnæmisvæði til sjávar. Hraunrennissvæði frá Hafnafirði til Afstapahrauns kemur frá Krýsuvíkurkerfinu. Vestur hluti fyrirhugaðs línustæðis er aftur á móti innan Reykjaneskerfisins. Samkvæmt greiningu er sá hluti línustæðisins sem liggur um Vogarstapa ekki í hættu vegna hraunflæðis.



Mynd 19: Stefnubreytingar á leið nýrrar loftlínu er merkt með punktum.

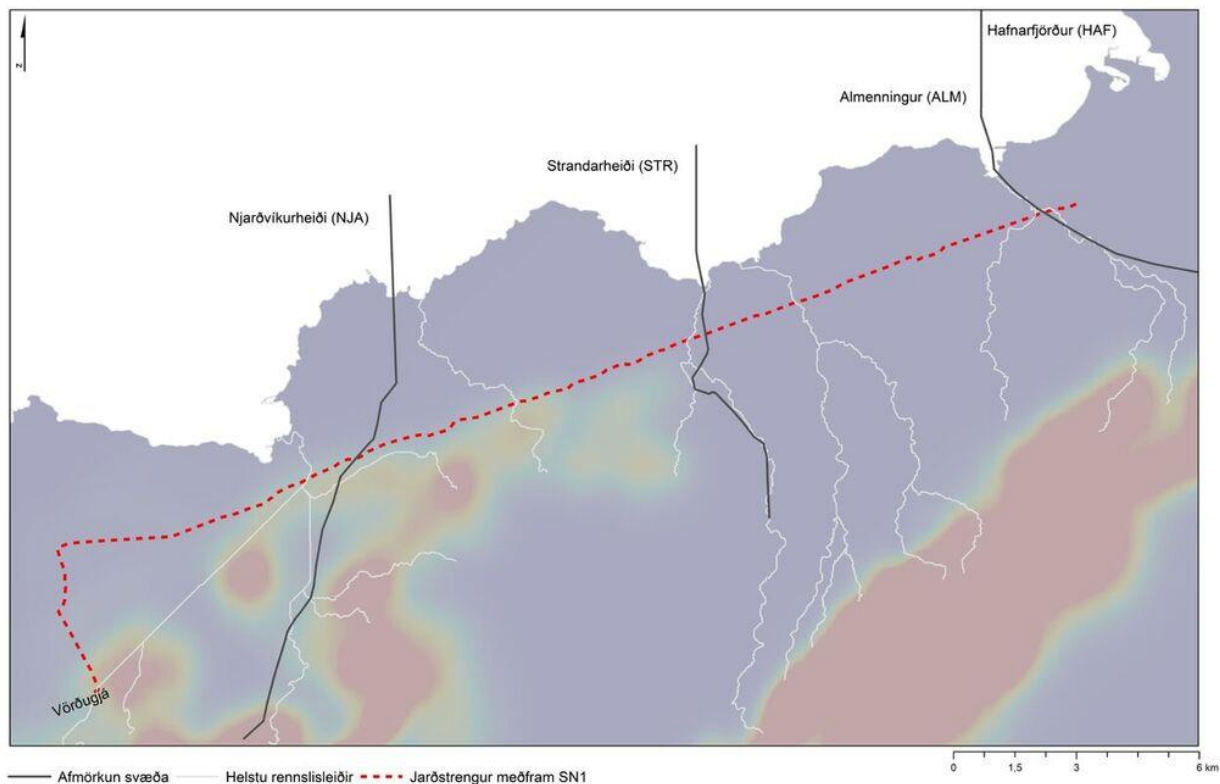


Mynd 20: Hæðarprófíll eftir línustæði fyrirhugaðrar loftlínu SN1.

Lægðir í hæðarprófíll eru þau svæði þar sem hraun mun fyrst nálgast fyrirhugað línustæði. Svartar heilar línur gefa til kynna svæðaskiptinguna og punktalínurnar gefa til kynna stefnubreytingar á línu.

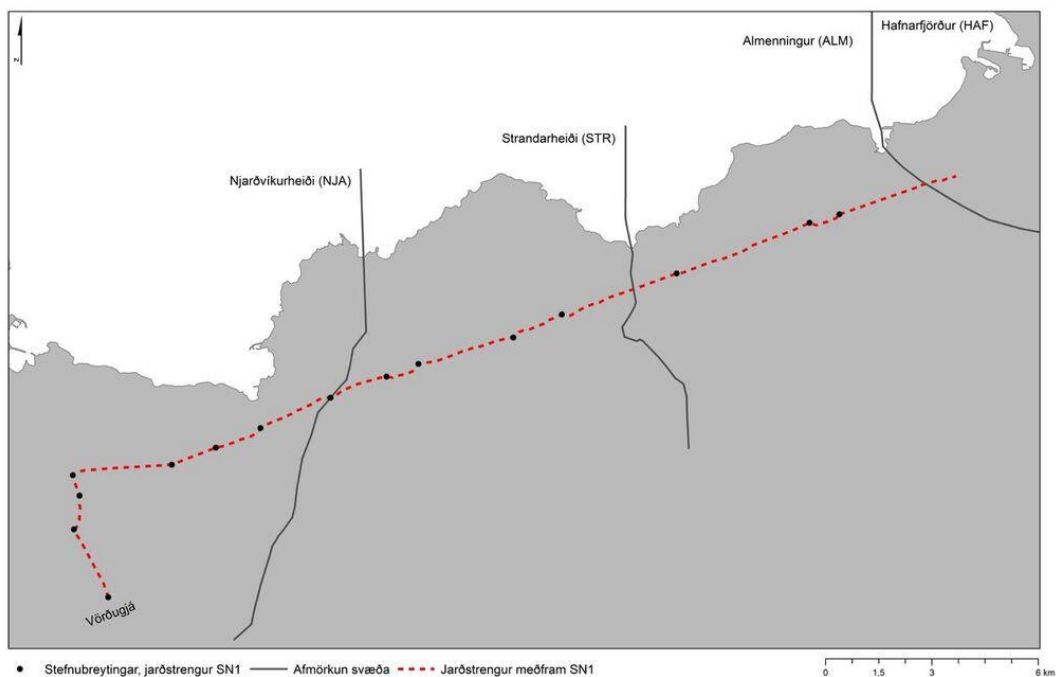


Jarðstrengur SN1

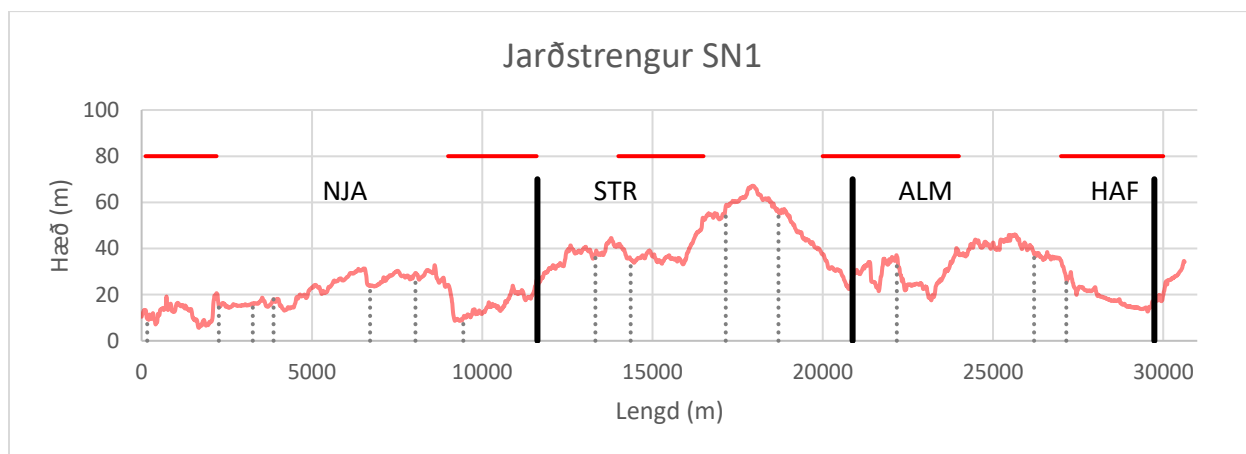


Mynd 21: Kort af fyrirhuguðu stæði jarðstrengs SN1 þar sem tjónnæmi er sett saman við greiningu á vatnasviðum og helstu rennislíniðum (hvítar línur) svæðisins.

Vatnasvið sem teygja sig inn á há tjónnæmisvæði koma til með að veita hraunflæði framtíðar frá tjónnæmisvæði til sjávar. Hraunrennissvæði frá Hafnafirði til Afstapahrauns kemur frá Krýsuvíkurkerfinu. Vestur hluti fyrirhugaðs línustæðis er aftur á móti innan Reykjaneskerfisins. Samkvæmt greiningu er sá hluti línustæðisins sem liggur um Vogarstapa ekki í hættu vegna hraunflæðis.



Mynd 22: Stefnubreytingar á leið jarðstrengs SN1 er merkt með punktum.

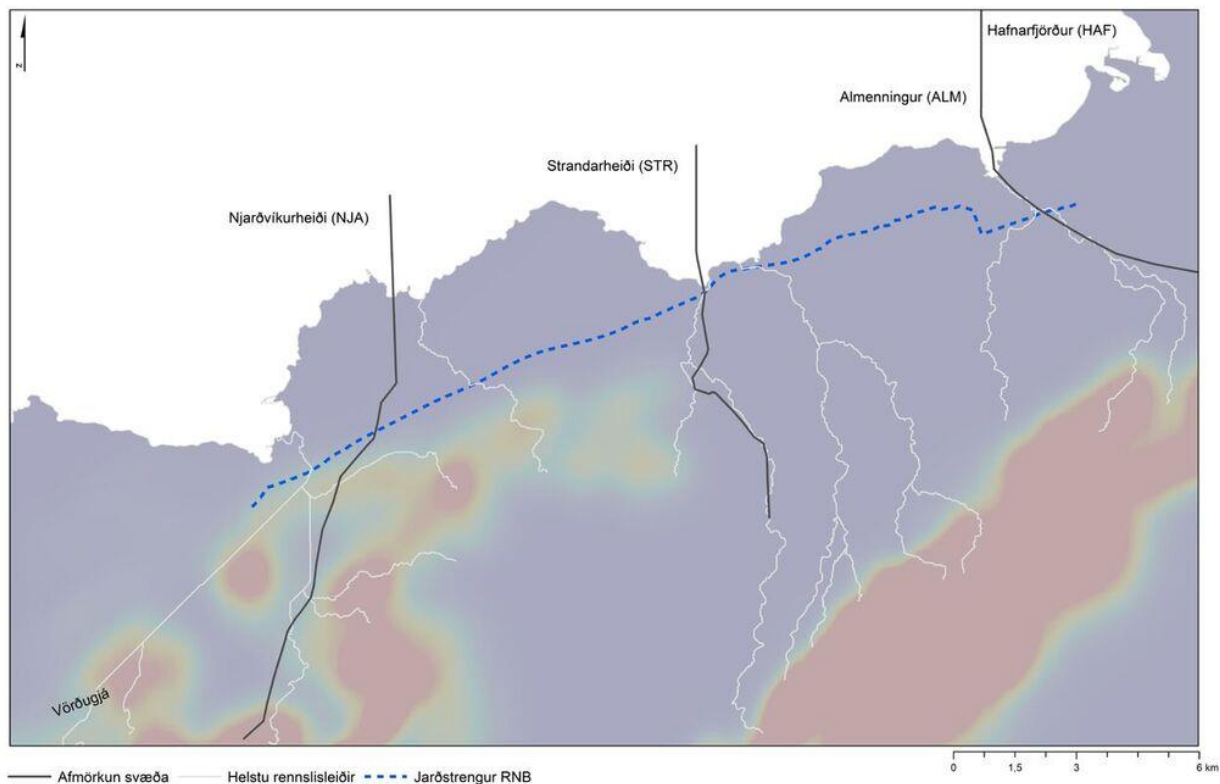


Mynd 23: Hæðarprófíll eftir stæði fyrirhugaðrar jarðstrengs SN1.

Lægðir í hæðarprófíll eru þau svæði þar sem hraun mun fyrst nálgast fyrirhugað línustæði. Svartar heilar línur gefa til kynna svæðaskiptinguna og punktalínurnar gefa til kynna stefnubreytingar á línu.

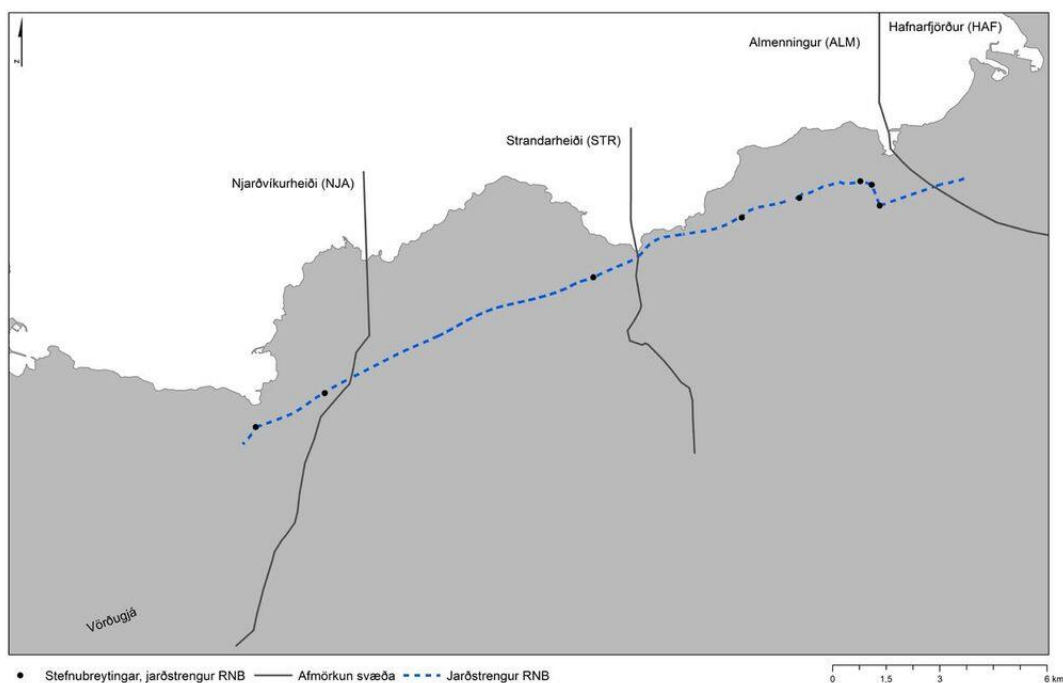


Jarðstrengur RNB

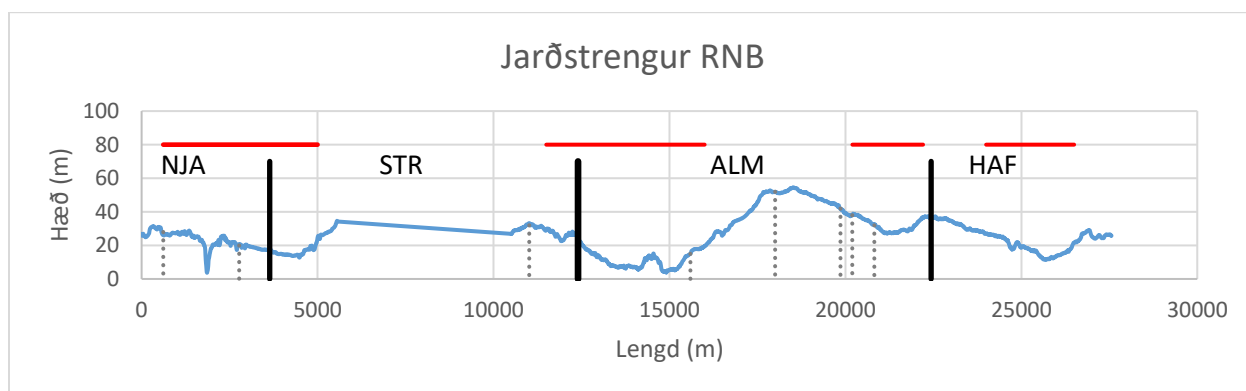


Mynd 24: Kort af fyrirhuguðu línustæði línu RNB, þar sem tjónnæmi er sett saman við greiningu á vatnasviðum og helstu rennislíðum (hvítar línur) svæðisins.

Vatnasvið sem teygja sig inn á há tjónnæmisvæði koma til með að veita hraunflæði framtíðar frá tjónnæmisvæði til sjávar. Hraunrennissvæði frá Hafnafirði til Afstapahrauns kemur frá Krýsuvíkurkerfinu. Vestur hluti fyrirhugaðs línustæðis er aftur á móti innan Reykjaneskerfisins. Samkvæmt greiningu er sá hluti línustæðisins sem liggur um Vogarstapa ekki í hættu vegna hraunflæðis.



Mynd 25: Stefnubreytingar á leið jarðstrengs RNB er merkt með punktum.



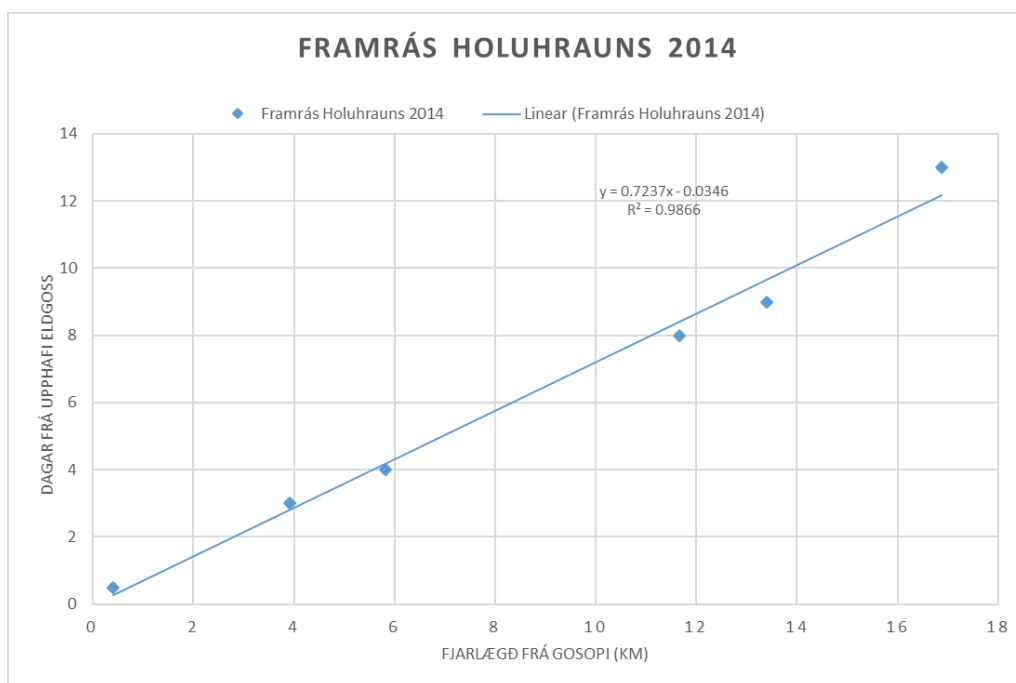
Mynd 26: Hæðarprófíll eftir línustæði fyrirhugaðrar línu RNB.

Lægðir í hæðarprófíll eru þau svæði þar sem hraun mun fyrst nálgast fyrirhugað línustæði. Svartar heilar línur gefa til kynna svæðaskiptinguna og punktalínurnar gefa til kynna stefnubreytingar á línu.

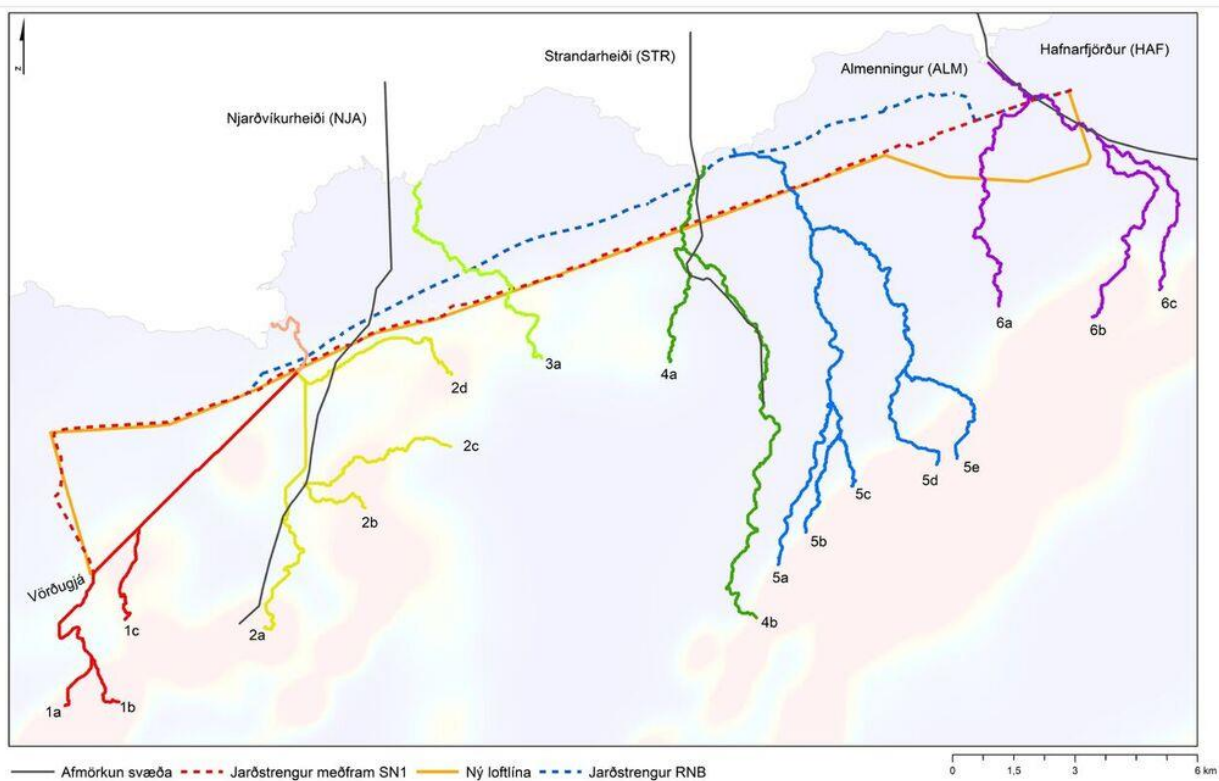


Viðbragðstími (Hraunrennslisgreining)

Þar sem land á svæðinu í kringum fyrirhugað línustæði er tiltölulega flatt þá tekur mjög langan tíma að keyra hraunrennslismódel fyrir svæðið. Þess vegna notum við upplýsingar frá hraungosum á Íslandi sem viðmiðun um hve langan tíma það tekur hraunflóðið að ná að fyrirhuguðum línustæðum. Bestar upplýsingar um framrás hraunflæðis í upphafi atburðar er frá Holuhraunsgosinu 2014-15 (mynd 27). Þessi greining gefur til kynna meðalhraða flæðis í upphafi goss upp á 40-160 m/klst eða um 1-4 km á sólarhring.

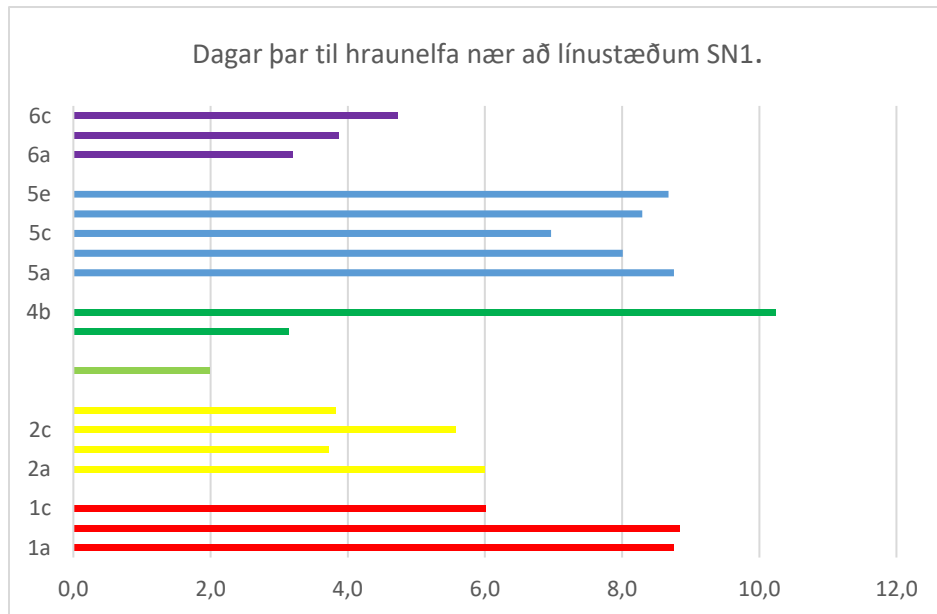


Mynd 27: Lenging hraunelfunnar í Holuhraunsgosinu 2014-15 fyrstu 14 dagana.

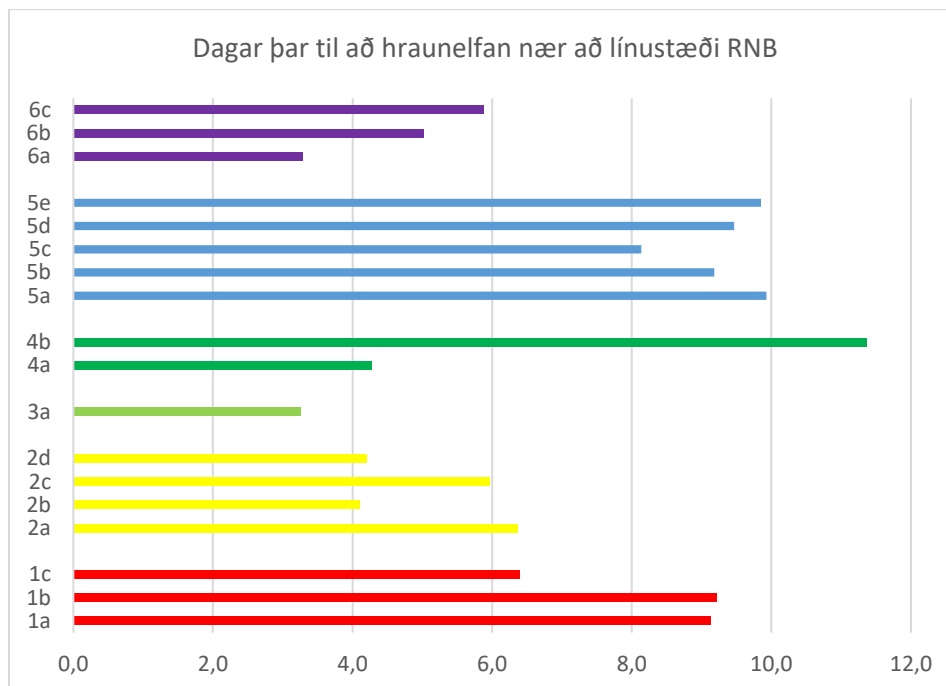


Mynd 28: Kort sem sýnir helstu rennislíðið hraun er upp koma í eldsumbrotum innan þeirra svæða er greinast með mestu líkindi á eldsuppkomu.

Á mynd 28 hafa leiðir verið númeraðar og eru nýttar í myndum 29 og 30. Vegalengdir frá upptökum og að línu stæðum eru reiknaðar og notaðar til að fá út hve langan tíma tekur hraun að ná línustæðunum miðað við rennslisraða Holuhrauns. Tími er settur fram fyrir hverja og eina rás. Tíminn miðar við að hraunelfa nái að línustæðum innan þess tíma, þ.e. hámarkstími.



Mynd 29: Dagar þar til hraunelfa nær að línustæðum SN1.

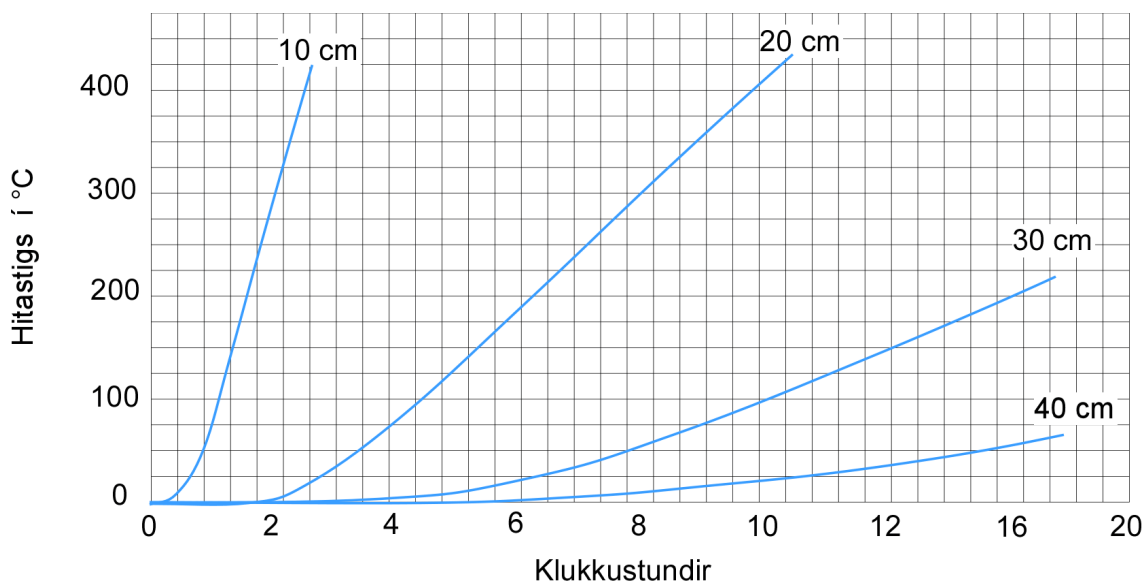


Mynd 30: Dagar þar til að hraunelfan nær að línustæði RNB.



Hitaáhrif hrauna

Hraun eru heitir vökvar sem gjarnan eru á bilinu 1000°C til 1200°C og tapa varma á formi varmaleiðni, útgeislunar og iðustreymis. Þar að auki getur rigning aukið á kólnunarhraða hrauna.. Hraun hafa líka áhrif á undirlag sitt með því að hita það upp og stjórnað það ferli af varmaleiðni hraunskorpunnar og berggrunnnsins. Ingersoll o. fl. 1958 sýndu að varmaflutningur í undirlagið er sterklega háður varmaleiðni undirlags mynd 31 sýnir upphitun berggrunnns á tilteknu dýpi sem fall af tíma eftir að hraun hefur lagst yfir svæðið. Gert er ráð fyrir að hraunið sé um 1200°C í þessu tilviki og undirlag um 4°C . Þessir útreikningar sýna að undirlag hraunsins hitnar í, rúmlega 400°C á 20 sentímetra dýpi eftir rúmar 10 klst.



Mynd 31: Graf af útreikningum, undirlag hrauns á um 20 sentímetra dýpi, rúmlega 400°C hita eftir rúmar 10 klst.

Ef að hraunið rennur stöðugt yfir undirlagið geta niðurstöður breyst því þá er hitagjafinn stöðugar. Fagent og Greeley (2001) skoðuðu tilfelli hraunstraums er rennur með stöðugum hraða (1 m/s) yfir ákveðið svæði í sólarhring. Niðurstöður þeirra gefa til kynna að stórar og langvinnar hraunelfur geta haft veruleg áhrif á undirlag sitt, jafnvel svo að þær byrja að bræða upp berggrunninn.

Möstur loftlína á eldvirkum svæðum stendur ógn af hraunstraumum. Hraun kemur til með að umliggjja möstur ef þau eru mjög þunnfljótandi og hita upp. Séu þau úr tré munu þau brenna. Málmstöfur hitna og getur það haft áhrif á burðargetu málmsins.

Jarðstreng er fyrirhugað að grafa á um 1.3 metra dýpi. Slíkur jaðarstrengur ætti ekki að verða var við hraun, er yfir hann rennur, nema að um öflugra hraunelfu sé að ræða sem verður virk í marga daga eða vikur yfir strengnum.



Niðurstöður:

Hér eru teknar saman helstu niðurstöður hættumatsins út þeirri greiningu sem er kynnt hér að framan. Hér skoðum við matið út frá einstökum línukostum og verður fjallað um hvern og einn fyrir sig út frá staðsetningu líklegra eldsupptaka, höggun og hraunflæði.

Línukostur loftlína SN1

Eldsupptök: Á svæðin Hafnafjörður-Almenningur liggur fyrirhuguð loftlína SN1 vel utan líklegustu eldsupptakasvæða og þarf af leiðandi litlar líkur að loftlína SN1 verði fyrir áhrifum af eldsuppkomu.

Vestari hluti fyrirhugaðs línustæðis loftlínu SN1, Strandarheiði-Njarðvíkurheiði, liggur við og innan líklegustu eldsupptakasvæða á Reykjaneskerfinu og af þeim sökum má búast við raski á línunni í næstu umbrotum þess kerfis.

Höggun: Svæðið Hafnafjörður-Almenningur er laust við misgengi og gliðnunarsprungur og aldursgreining á jarðlögum bendir til þess að umbrot á svæðinu hafi ekki átt sér stað síðastliðin 7000 ár. Þar af leiðir að litlar líkur eru á skakkaföllum línustæðis loftlínu SN1.

Vestari hluti fyrirhugaðs línustæðis, Strandarheiði-Njarðvíkurheiði, liggur yfir sprungusveim Reykjaneskerfisins af þeim sökum má reikna með raski á línunni við næstu umbrot í kerfinu.

Hraunflæði: Þó svo að svæðið Hafnafjörður-Almenningur liggi utan líklegra eldsuppkomustaða og haggðar jarðskorpu, þá er líklegt að eldsupptök í Krýsuvíkurkerfinu sendi hraun í átt að Hafnarfirði og austasta hluta fyrirhugaðs línustæðis. Jafnframt geta eldsupptök í sama kerfi veitt hraunum yfir fyrirhugað línustæði loftlínu SN1 á mótum Almennings og Strandarheiðar, nánar tiltekið við Afstapahraun.

Þar sem vestari hluti fyrirhugaðs línustæðis loftlínu SN1, Strandarheiði-Njarðvíkurheiði, liggur innan Reykjaneskerfisins má reikna með verulegri röskun vegna hraunflæðis á öllu svæðinu utan Vogastapa í næstu umbrotum.

Möstur loftlínu geta orðið fyrir hnjaski vegna hraunflæðis, málmmöstur hitna og afmyndast meðan tré möstur brenna. Skynsamlegt væri að verja möstur með hitapolnum og einangrandi efnum á þeim stöðum sem hraunflæði er líklegast.

Rennslisgreiningar gefa til kynna að hámarksviðbragðstími vegna hraunflæðis frá Krýsuvíkurkerfinu sé 3-4 dagar á Hafnafjarðarsvæðinu, 7-9 dagar á fyrirhuguðu línustæði loftlínu SN1 á mótum Almennings og Strandarheiðar, en aftur á móti 4-8 dagar á áhrifasvæði Reykjaneskerfisins.



Línukostur jarðstrengur SN1

Eldsupptök: Á svæðin Hafnafjörður-Almenningur liggur fyrirhugaður jarðstrengur SN1 vel utan líklegustu eldsupptakasvæða og þarf af leiðandi litlar líkur að hann verði fyrir áhrifum af eldsuppkomu innan Krýsuvíkurkerfisins.

Vestari hluti fyrirhugaðs jarðstrengs, Strandarheiði-Njarðvíkurheiði, liggur við og innan líklegustu eldsupptakasvæða á Reykjaneskerfinu og af þeim sökum má búast við raski á jarðstreng í næstu umbrotum.

Höggun: Svæðið Hafnafjörður-Almenningur er laust við misgengi og gliðnunarprungur og aldursgreining á jarðlögum bendir til þess að umbrot á svæðinu hafi ekki átt sér stað síðastliðin 7000 ár. Þar af leiðir að litlar líkur eru á skakkaföllum á jarðstrengs SN1 vegna höggunar.

Vestari hluti fyrirhugaðs línustæðis, Strandarheiði-Njarðvíkurheiði, liggur yfir sprungusveim Reykjaneskerfisins af þeim sökum má reikna með raski á jarðstreng SN1 vegna höggunar í tengslum við næstu umbrotahrinu.

Hraunflæði: Þó svo að svæðið Hafnafjörður-Almenningur liggi utan líklegra eldsuppkomustaða og haggðrar jarðskorpu, þá er líklegt að eldsupptök í Krýsuvíkurkerfinu sendi hraun í átt að Hafnarfirði og austasta hluta fyrirhugaðs jarðstrengs stæðis. Jafnframt geta eldsupptök í sama kerfi veitt hraunum yfir fyrirhugaðan jarðstreng SN1 á mótum Almennings og Strandarheiðar, nánar tiltekið við Afstapahraun. En áhrif takmarkast við hugsanlega upphitun á efsta metra berggrunsins vegna nýrra hrauna.

Þar sem vestari hluti fyrirhugaðs jarðstrengs SN1, Strandarheiði-Njarðvíkurheiði, liggur innan Reykjaneskerfisins má reikna með verulegri þekju hrauna vegna hraunflæðis á öllu svæðinu utan Vogastapa í næstu umbrotum. En áhrif takmarkast við hugsanlega upphitun á efsta metra berggrunsins vegna nýrra hrauna.

Rennslisgreiningar gefa til kynna að hámarksviðbragðstími vegna hraunflæðis frá Krýsuvíkurkerfinu sé 3-4 dagar á Hafnafjarðarsvæðinu, 7-10 dagar á fyrirhuguðu línustæði jarðstrengs SN1 á mótum Almennings og Strandarheiðar, en aftur á móti 4-8 dagar á áhrifasvæði Reykjaneskerfisins.



Jarðstrengur RNB

Eldsupptök: Á svæðin Hafnafjörður-Almenningur liggur fyrirhugaður jarðstrengur RNB vel utan líklegustu eldsupptakasvæða og þarf af leiðandi litlar líkur að hann verði fyrir áhrifum af eldsuppkomu innan Krýsuvíkurkerfisins.

Vestari hluti fyrirhugaðs jarðstrengs, Strandarheiði-Njarðvíkurheiði, liggur við og innan líklegustu eldsupptakasvæða á Reykjaneskerfinu og af þeim sökum má búast við raski á jarðstreng í næstu umbrotum.

Höggun: Svæðið Hafnafjörður-Almenningur er laust við misgengi og gliðunarsprungur og aldursgreining á jarðlögum bendir til þess að umbrot á svæðinu hafi ekki átt sér stað síðastliðin 7000 ár. Þar af leiðir að litlar líkur eru á skakkaföllum á jarðstrengs RNB vegna höggunar.

Vestari hluti fyrirhugaðs línustæðis jarðstrengs RNB, Strandarheiði-Njarðvíkurheiði, liggur utan við sprungusveim Reykjaneskerfisins af þeim sökum má reikna með litlu raski á jarðstreng RNB vegna höggunar í tengslum við næstu umbrotahrinu.

Hraunflæði: Þó svo að svæðið Hafnafjörður-Almenningur liggja utan líklegra eldsuppkomustaða og haggðrar jarðskorpu, þá er líklegt að eldsupptök í Krýsuvíkurkerfinu sendi hraun í átt að Hafnarfirði og austasta hluta fyrirhugaðs jarðstrengs stæðis. Jafnframt geta eldsupptök í sama kerfi veitt hraunum yfir fyrirhugaðan jarðstreng RNB á mótum Almennings og Strandarheiðar, nánar tiltekið við Afstapahraun. En áhrif takmarkast við hugsanlega upphitun á efsta metra berggrunsins vegna nýrra hrauna.

Þar sem vestari hluti fyrirhugaðs jarðstrengs RNB, Strandarheiði-Njarðvíkurheiði, liggur innan Reykjaneskerfisins má reikna með verulegri þekju hrauna vegna hraunflæðis á öllu svæðinu utan Vogastapa í næstu umbrotum. En áhrif takmarkast við hugsanlega upphitun á efsta metra berggrunsins vegna nýrra hrauna.

Rennslisgreiningar gefa til kynna að hámarksviðbragðstími vegna hraunflæðis frá Krýsuvíkurkerfinu sé 4-5 dagar á Hafnafjarðarsvæðinu, 8-12 dagar á fyrirhuguðu línustæði jarðstrengs RNB á mótum Almennings og Strandarheiðar, en aftur á móti 4-9 dagar á áhrifasvæði Reykjaneskerfisins.

Benda má á að Reykjanesbraut er hindrun fyrir hraunflæði og þess vegna væri skinsamlegt að hafa fyrirhugað línustæði jarðstrengs RNB norðan brautarinnar.



Heimildir

- Ásta Rut Hjartardóttir, Páll Einarsson og Sigríður G. Björgvinsdóttir. Fissure swarms and fracture systems within the Western Volcanic Zone, Iceland - effects of spreading rates (2016). *Journal of Structural Geology* 91: 39-53. doi:10.1016/j.jsg.2016.08.007
- Clifton, A. E. & Kattenhorn, S. A. (2006). Structural architecture of a highly oblique divergent plate boundary segment. *Tectonophysics* 419, 27–40.
- Einarsson, P. (2008). Plate boundaries, rifts and transforms in Iceland. *Jökull* (58), 35- 58.
- Fagent, S.A og Greeley, R. (2001). Factors influencing lava-sustrate heat transfer and implications for thrmomechanical erosion. *Bull. Volcanol.*, 62:519-532.
- Ingersoll, L.R., Zobel, O.J. og Ingersoll, A.C. (1954). Heat conduction, with engineering, geological and other application. Oxford & IBH publishing Co. 236 pp.
- Martí J & Felpeto A. (2010). Methodology for the computation of volcanic susceptibility. An example for mafic and felsic eruptions on Tenerife (Canary Islands). *J Volcanol Geotherm Res* 195: 69–77
- Kristján Sæmundsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Árni Hjartarson, Ingibjörg Kaldal, Sigurður Garðar Kristinsson og Skúli Víkingsson. (2016). Jarðfræðikort af Suðvesturlandi, 1:100 000 (2. útgáfa). Reykjavík: Íslenskar orkurannsóknir.
- Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson. Reykjanesskagi. (2013). Í Júlíus Sólmes (ritstjóri). Náttúruvá á Íslandi, eldgos og jarðskjálftar. Reykjavík: Viðurlagatryggingasjóður & Háskólaútgáfan.
- Þorvaldur Þórðarsson og Guðrún Larsen. (2007). Volcanism in Iceland in Historical Time: Volcano types, eruption styles and eruptive history. *J. Geodyn.*, 43, 1, 118–152.
- Þorvaldur Þórðarsson og Ármann Höskuldsson. (2014). Iceland. Dunedin Academic Press, 2nd edition.
- Þorvaldur Þórðarsson og Ármann Höskuldsson. (2008). Postglacial volcanism in Iceland, *Jökull* (58), 197-228.
- Þorvaldur Þórðarsson. (2013). Hraun.). Í Júlíus Sólmes (ritstjóri). Náttúruvá á Íslandi, eldgos og jarðskjálftar. Reykjavík: Viðurlagatryggingasjóður & Háskólaútgáfan.