



HÁSKÓLI ÍSLANDS
JARÐVÍSINDASTOFNUN



Rannsóknaráðstefna
Vegagerðarinnar
27. október 2023

Rannsóknir á tengslum veðurfarsbreytinga og hreyfinga á og við vegstæði Siglufjarðarveggar um Almennunga

Þorsteinn Sæmundsson, Halldór Geirsson og Hafdís Jónsdóttir

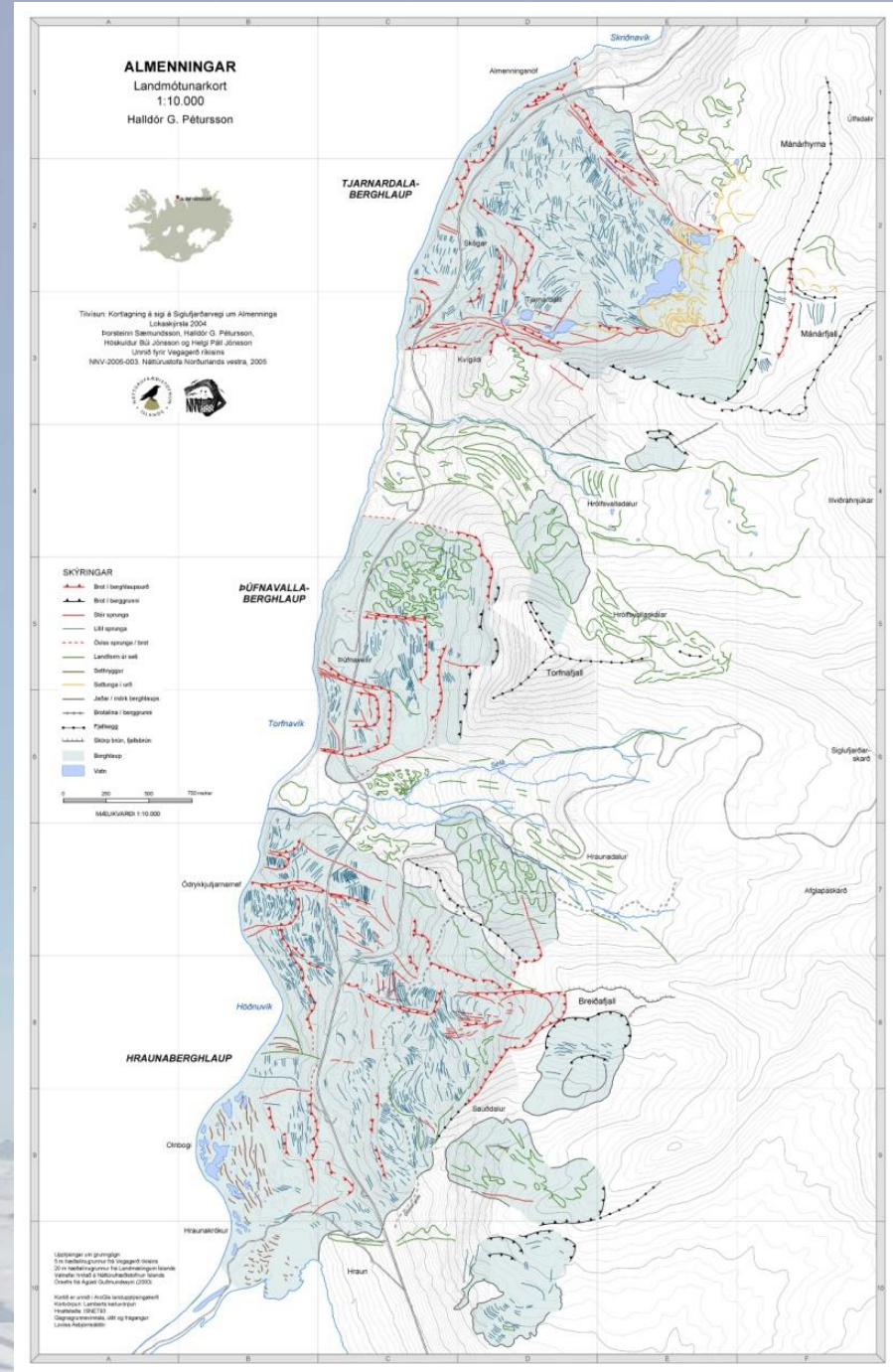


- Inngangur
- Tjarnardala berghlaupið
- Uppsetning GNSS stöðva og hreyfingar
- Saga hreyfinga og veðurs
- Hreyfingar með feril greiningu
- Hreyfingar byggðar á Sentinel-1 DInSAR
- Jarðlagarannsóknir
- Samantekt

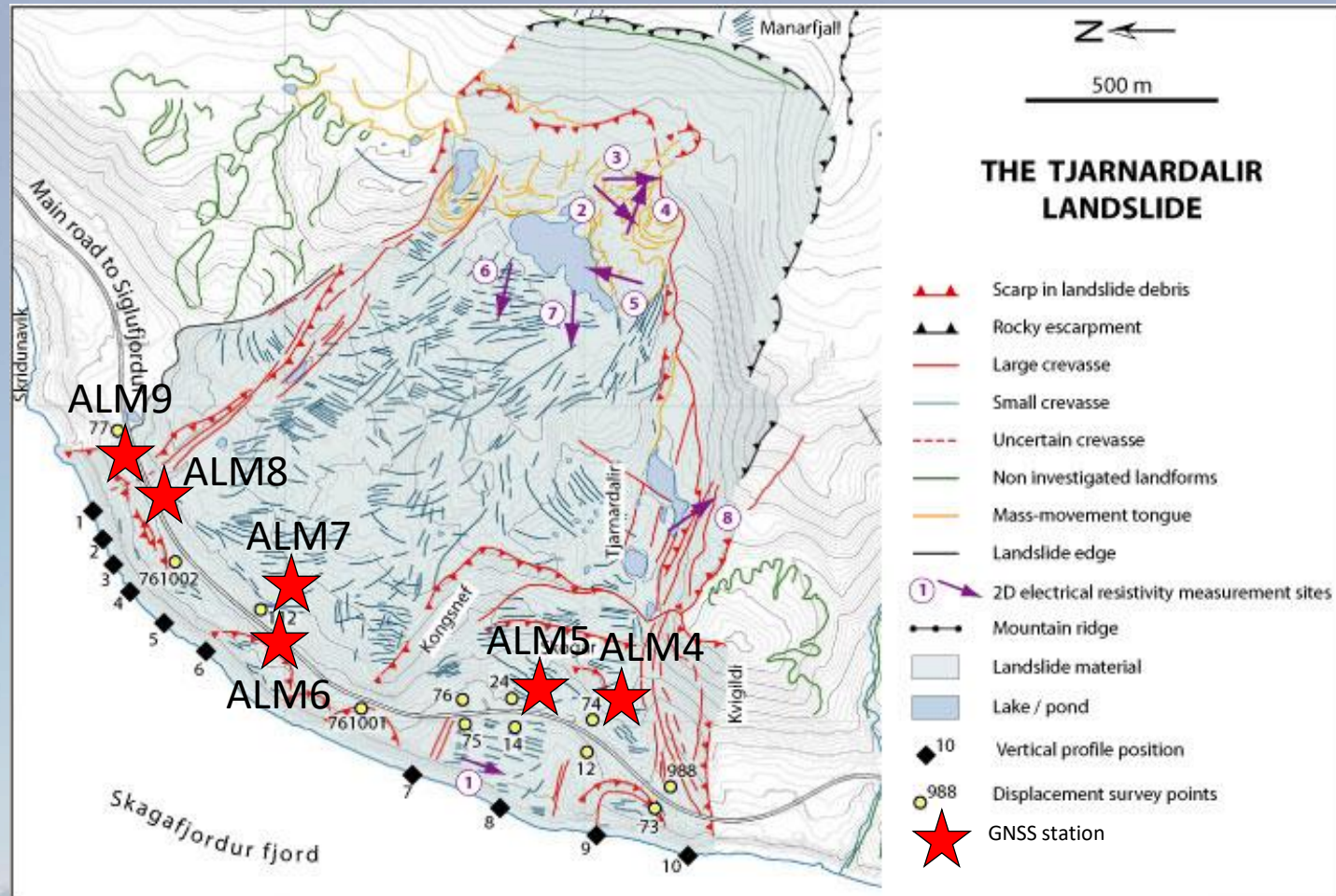


Inngangur

- Tilgangur þeirra rannsókna sem kynntar eru hér í dag er að finna eðli og orsakir þeirra hreyfinga sem eiga sér stað í og við vegstæði Siglufjarðarvegjar um Almenninga.
- Sigsvæðið Siglufjarðarvegjar um Almenninga nær yfir um 5-6 km langan kafla frá Hraunum í suðri, norður að Almenningsnöf.
- Þrjú stór berghlaup hafa verið kortlögð á svæðinu: Hraunaberghlaupið, Þúfnavallaberghlaupið og Tjarnardalaberghlaupið.
- Sameiginlegt með öllum þessum berghlaupum er að töluverð hreyfing er á efnismössum þeirra í dag, bæði við vegstæðið og eins utan þess.
- Mestar eru hreyfingarnar í Hrauna- og Tjarnardalaberghlaupunum þar sem hreyfingar nálgast um 1 m á ári samkvæmt langtímamælingum Vegagerðarinnar.
- Á undanförunum tveimur áratugum hafa farið fram rannsóknir á orsökum og eðli þessara hreyfinga og árið 2022 voru settar upp níu síritandi GNSS stöðvar til að mæla hreyfingu á og við vegstæðið í rauntíma auk annarra rannsókna.



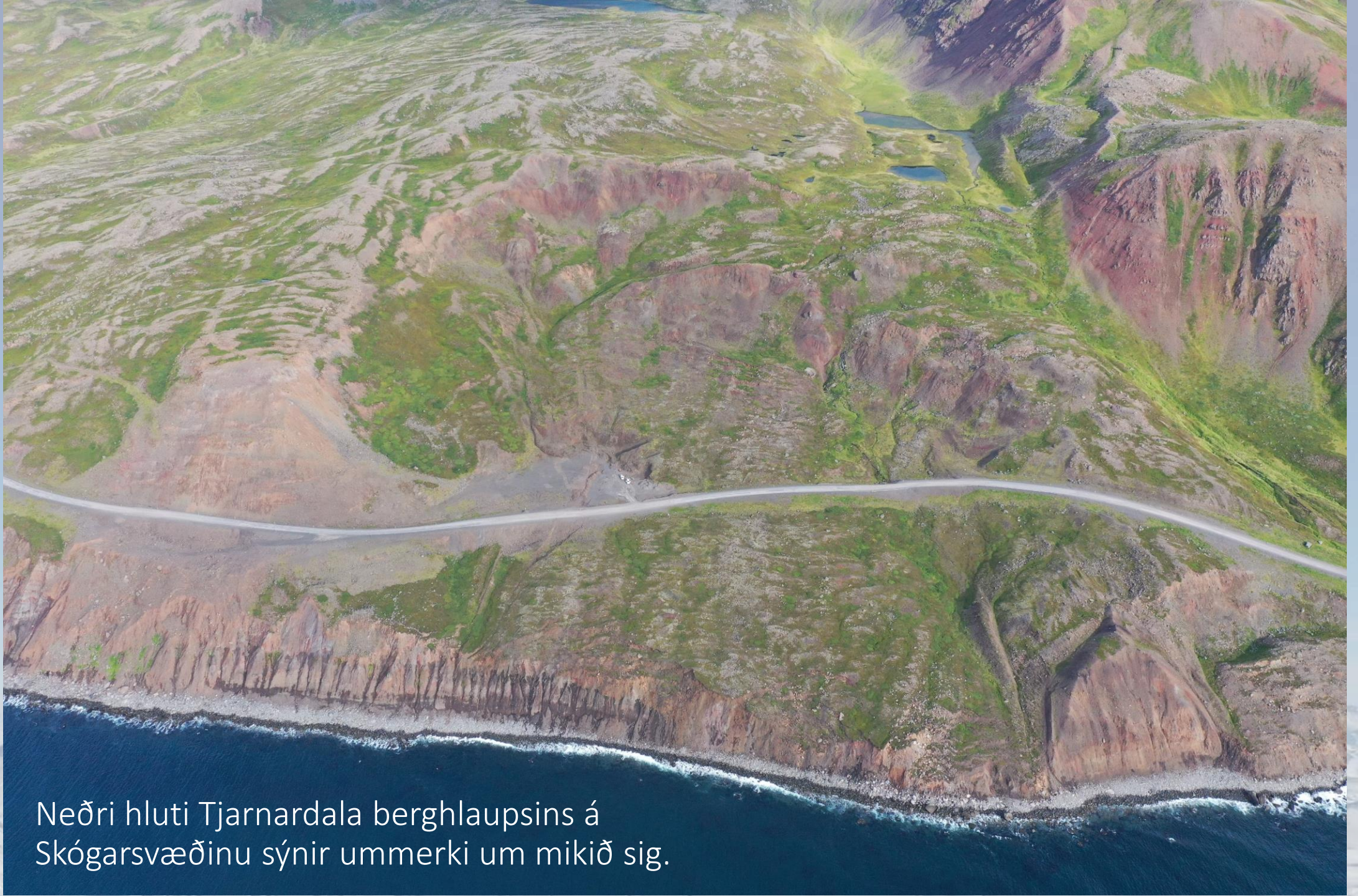
Tjarnardala berghlaupið



- Svæðið einkennist af miklu berghlaupi sem fallið hefur úr vesturhlið Mánárfjalls.
- Brotsár berghlaupsins er vinkillaga, um N-S 800 og A-V 850 m á lengd.
- Meðalbreidd hlaupsins er um 1400 m og meðallengd um 1550 m.
- Áætlað rúmmál er um 110,000,000 m³, sem er líklega töluvert vanmat.
- Berghlaupið myndar brattan sjávarbakka og töluvert sjávarrof er til staðar.
- Mikil hreyfing er á þessu berghlaupi, aðalleg við frambrún þess.

Efri hluti Tjarnardala berghlaupsins og brotsár þess. Töluvert er um vötn á þessu svæði og dregur berghlaupið nafn sitt af þeim.





Neðri hluti Tjarnardala berghlaupsins á Skógarsvæðinu sýnir ummerki um mikið sig.

Nyrðri hluti berghlaupsins í Tjarnardölum



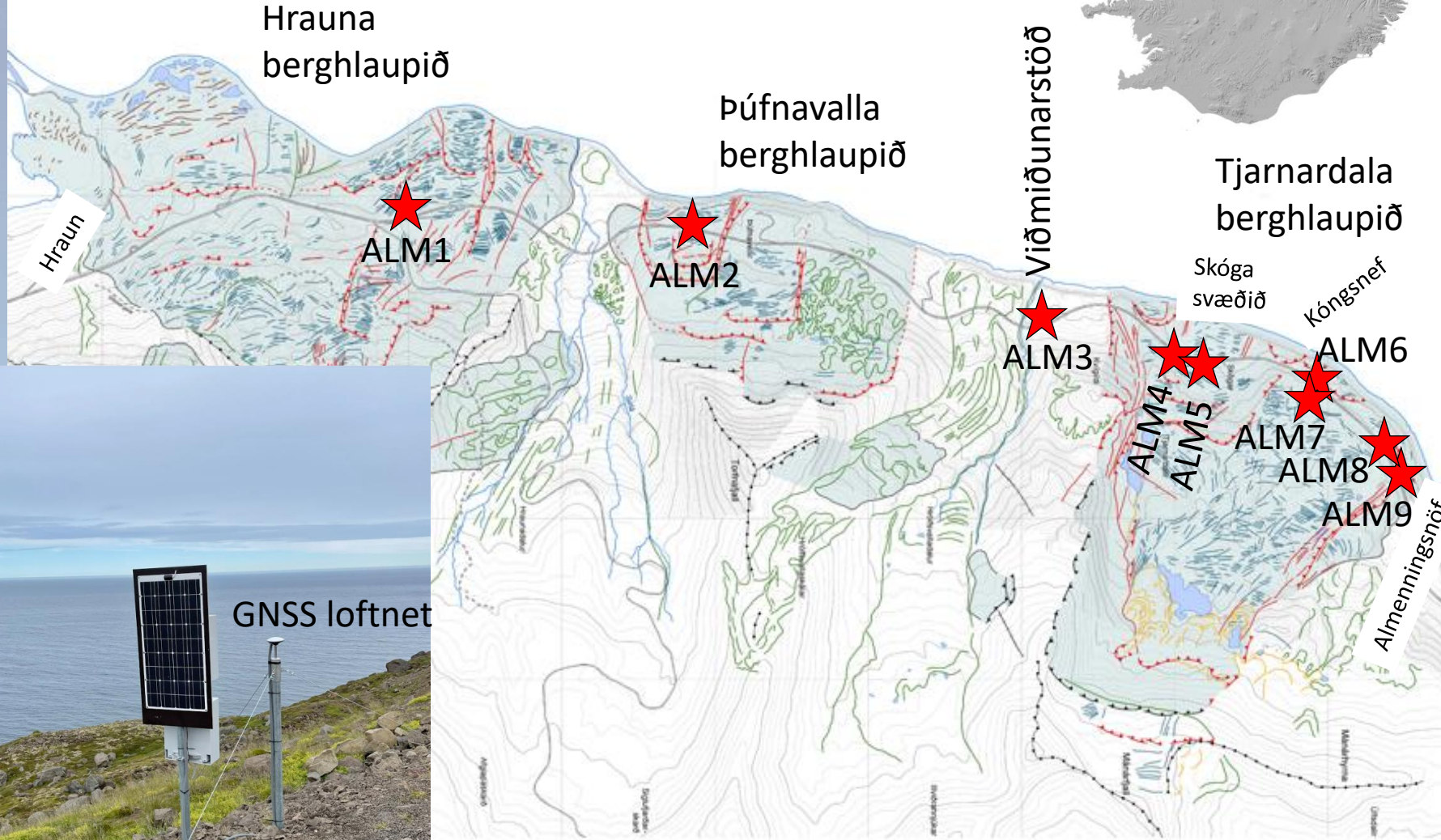
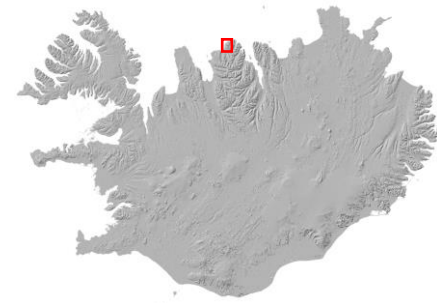
Hreyfing á neðri hluta berghlaupsins í Skógum















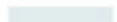

2023



GNSS: 9 síritandi stöðvar



SKÝRINGAR

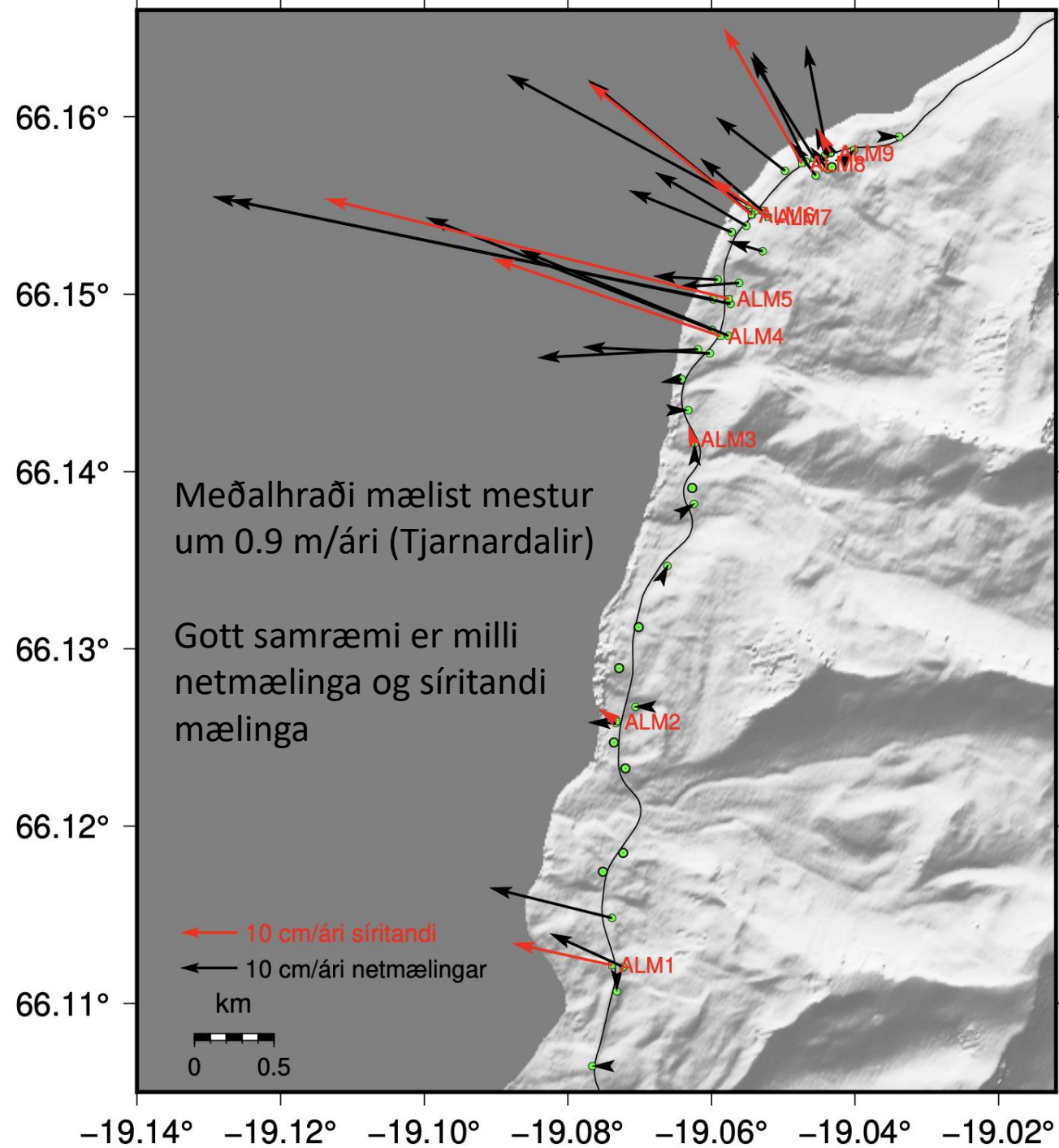
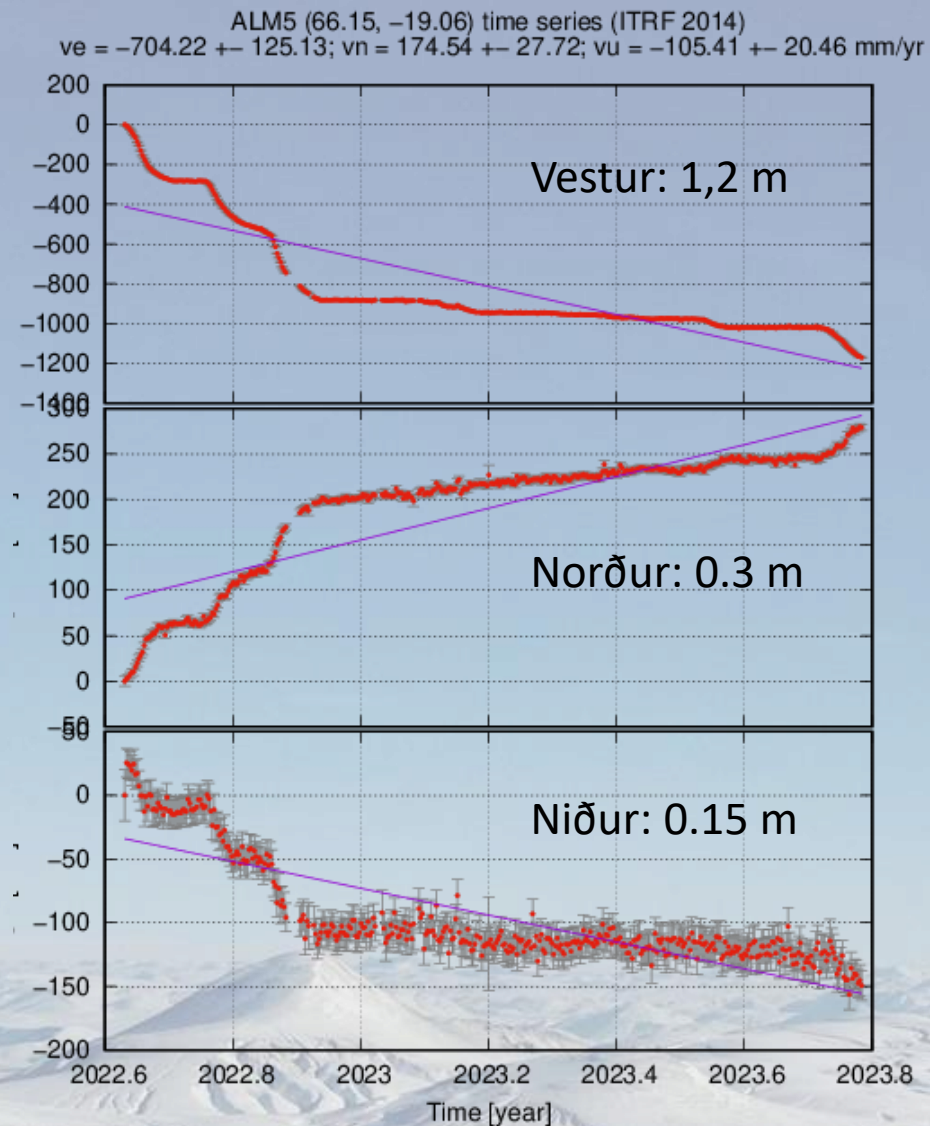
-  Brot í berghlaupsurð
-  Brot í berggrunni
-  Stór sprunga
-  Lítil sprunga
-  Óviss sprunga / brot
-  Landform úr seti
-  Sethryggur
-  Settunga í urð
-  Jaðar / mörk berghlaups
-  Brotalína í berggrunni
-  Fjallsegg
-  Skörp brún, fjallsbrún
-  Berghlaup
-  Vatn

 GNSS stöðvar



GNSS loftnet

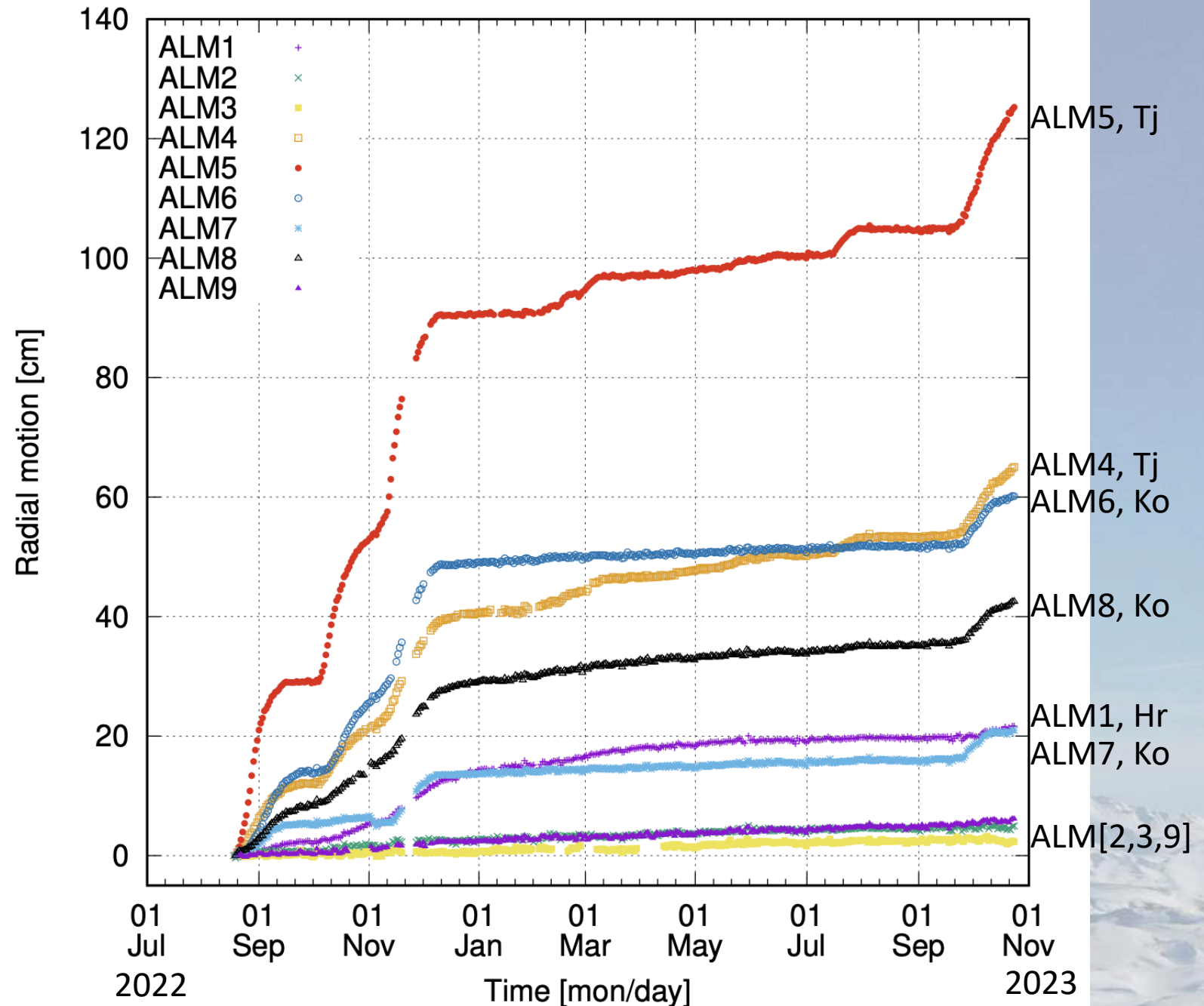
GNSS færslur eru að mestu láréttar



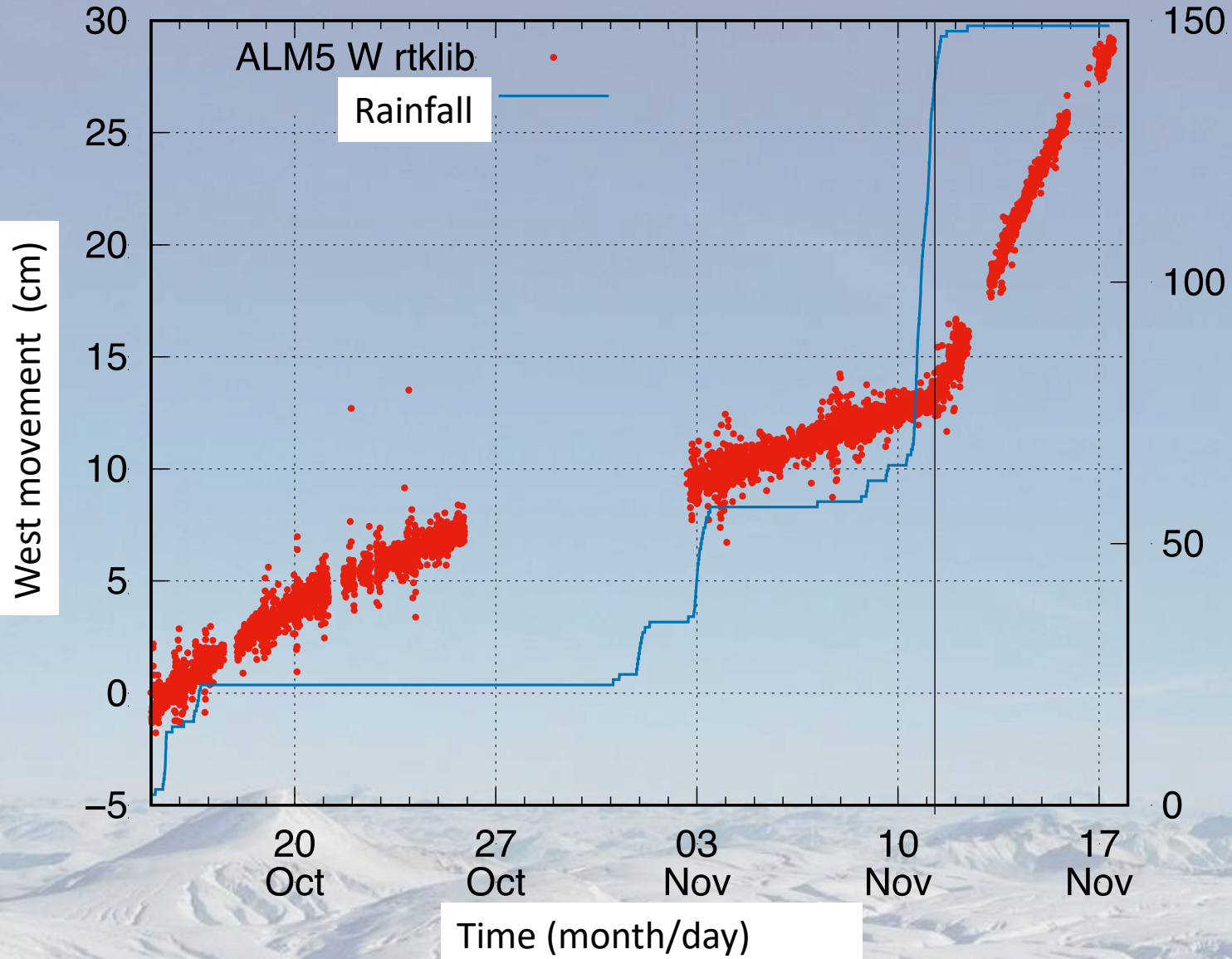
Láréttar færslur 2022-2023

- U.þ.b. 7 tímabil þar sem færslur eiga sér stað
- Mest færsla í Tjarnardölum
- Mestur skriðhraði um 3.5 cm yfir einn dag (Tjarnardalur í nóv. 2022)
- Sumar stöðvar stoppa alveg yfir veturinn á meðan aðrar mjakast áfram (t.d. Hraunaberghlaupið)
- Færslutímabil fylgja almennt úrkomutímabilum

Almenningar time series in radial component



Samanburður við úrkomu

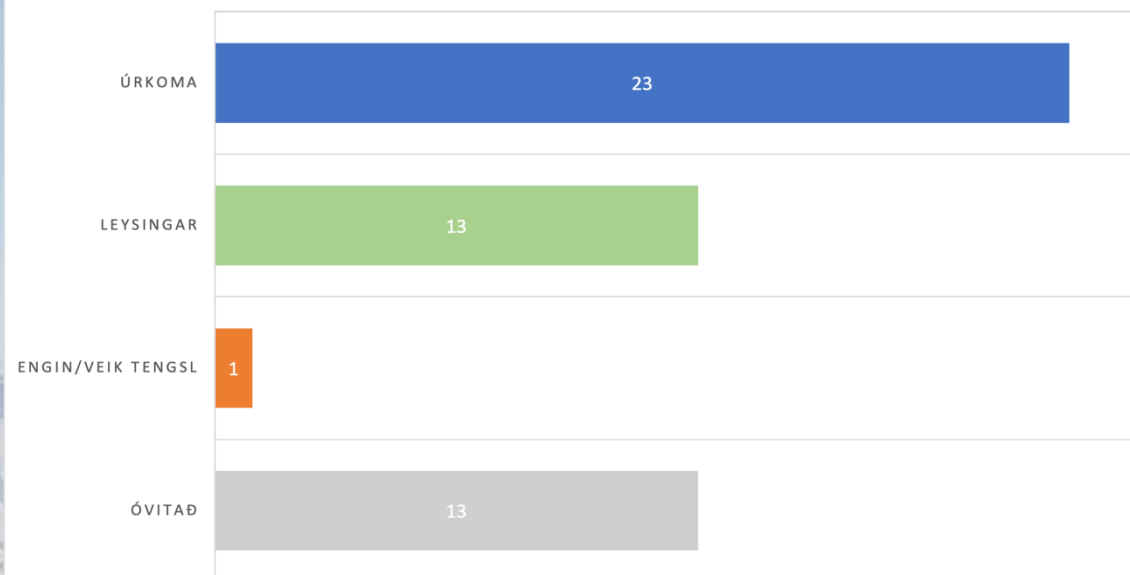


- Niðurstöður úr 5-mín rauntímaúrvinnslu bornar saman við úrkomumælingar
- Okt-nóv 2022, Tjarnardalir
- Skriðan var þegar á hreyfingu þegar mikil úrkoma verður
- Skyndileg hraðabreyting þegar uppsöfnuð úrkoma í skriðunni fer yfir þröskuld

Saga hreyfinga og veðurs

- Alls eru skráðir 50 atburðir hreyfinga fá árinu 1916.
- Unnið var með hita- úrkomu- og vindgögn úr fimm veðurstöðvum frá árunum 1950 til 2021 ásamt því að ritaðar heimildir úr Veðráttunni voru nýttar til stuðnings.
- Niðurstöður sýndu að af 50 skráðum atburðum voru 36 þeirra tengdir úrkomu eða leysingum en aðeins 1 atburður sýndi ekki tengsl. Eftir voru 13 atburðir sem ýmist spönnuðu löng tímabil eða voru ekki tímasettir og því ógerlegt að segja til um tengsl.

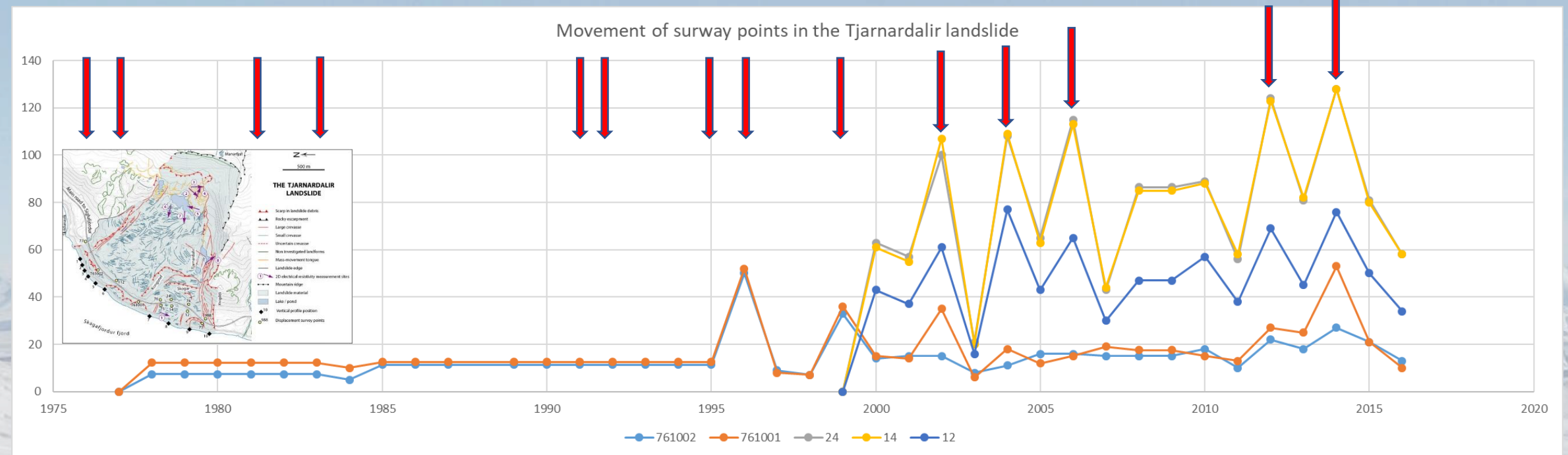
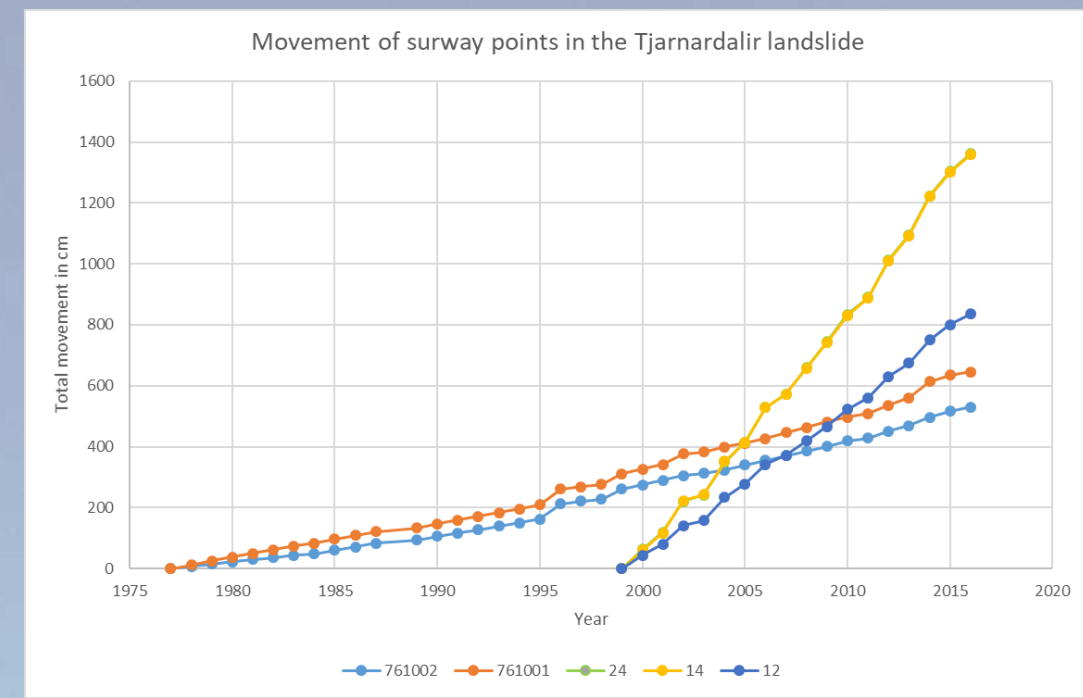
Flokkun atburða með tilliti til úrkomu & leysinga (N=50)



Aukin virkni í bergþlaupum við Almenninga 1916 - 2020		
Dags.	Staðsetning	Lýsing
Hautíð 1916	Skógar/Kóngsnéf	Jarðfall í sjávarbakka utan við Kóngsnéfið. Stór spilda féll fram í bökkum.
1 júní 1921	Torshavik	Torfnavikulöpp hjólp í sjó fram og stórgrytt urð var þar eftir á.
1 maí 1967	N/A	Nokkurt sig á vegi við Almenninga sem gangnagerðarfólk tók eftir.
1 maí 1971	N/A	Vegurinn lokaður dögum saman vegna lagfæringa. Mikið sig.
7. október 1973	Við Strákagöng	Miklar vegaskemmdir. Vegur grófst í sundur og stór aurskríða féll vestan við Strákagöng. Miklar rigningar 6.-7. október og flæddi í kjallara húsa.
1 september 1974	N/A	Tíð slæm og mikil rigning á að hafa ollið jarðsigi í Almenningum.
17. nóvember 1976	Skógar/Kóngsnéf	Töluvert jarðsig við Kóngsnéf. Meira en almennt.
24.-25. maí 1977	N/A	Aukið jarðsig. Tvær sprungur í veg.
Apríl 1981	Skógar/Kóngsnéf	Jarðskrið við Laufskóga innan við Mánarskriður. Land sigið um fleiri metra frá því árið áður.
27. september 1981	Almenningsnóf	Sigkaffi á Strákavegi við Almenningsnóf. 2 - 2,5 meters færsla eftir mikla úrkomutíð.
18. ágúst 1982	Almenningsnóf	Vegur seig um 40 cm Siglufljarðarmegin og 25 cm Fljótamegin. Úrhellisregn.
13.-18. febrúar 1983	Skógar/Kóngsnéf	Við Kóngsnéf þann 13. feb seig land um hálfan meter og síðan um 10 cm á dag í 5 daga. 2 gráðum yfir meðalhita skv. frávikakorti.
Febrúar - júní 1983	Skógar/Kóngsnéf	100 m kaffi um Kóngsnéf. Sig um 1,5 m frá því fyrir ári. Mun meira sig en árin áður skv. munlegri heimild. Í mars, maí og júní var úrcoma um 200% af meðallagi eftir hlýindin í feb.
23. apríl 1985	Almenningsnóf	Aurskriður og grjóthrun í Mánarskriðum.
Agúst 1985	Við Strákagöng	Hrun úr vegkanti vestan við Strákagöng.
25. október 1985	Sauðanes	Aurskríða féll á veg við Sauðanes. 5-6 m að hæð.
19. maí 1986	Við Strákagöng	Bifreið varð fyrir grjóthruni. Miklar leysingar.
22. maí 1986	Sauðanes	Grjóthrun og skriðuföll. Meðalúrcoma mánaðar um 300% af meðallagi og þann 22. voru úrhellisrigningar.
28. september 1987	Við Strákagöng	Grjóthrun á veg. Engin/lítill úrcoma með vissu.
27. júlí 1988	Sauðanes	Skríða féll alveg að vita.
Lok ágúst 1988	Við Hraun	Skemmdir á vegi.
Oktober - nóvember 1991	Skógar/Kóngsnéf	Talið að vegurinn hafi sigið um rúmlega 1 meter á sólahring á tímum framkvæmda. Óveður gekk yfir 2.-4. okt en óvist með magn úrkomu og tímasetningu sigs.
Agúst - september 1992	Skógar/Kóngsnéf	Umtalsvert sig og stór steinn féll á veginn. Mikil vætutíð.
13. október 1994	Almenningsnóf, Herkonugil o.fl.	Aurskriður á um 10 stöðum frá gangnamunna að Almenningsnóf. Mikið aumagn ofan við veginn og vatn rann um veginn.
12. júní 1995	Almenningsnóf	Grjótskríða féll í Mánarskriðum og yfir veg. Aurskríða stuttu seinna. Snjöpungur vetur og voraði seint og snöggar hitabreytingar í júní olli miklum leysingum.
5. - 6. október 1995	N/A	Unnið við lagfæringar á vegi þegar skyndilegt sig hófst í kjölfar rigninga.
Febrúarbyrjun 1996	N/A	Jarðsig í Almenningum og vegur sigið um allt að hálfan meter á sólahring.
Maí - ágúst 1998	N/A	10. ágúst sáu st brikur í vegi sem maður taldi sig ekki hafa séð þar í maí.
30. janúar 1999	Almenningsnóf	Grjóthrun í Mánarskriðum við Almenningsnóf.
19. júní 1999	Skógar/Kóngsnéf	Aurskríða úr Kóngsnéfi. 60m breið og 4m þykk. Vegur einnig skemmdur undir skriðu. Mikil hlýindi og leysingar.
16.-17. ágúst 2002	Skógar/Kóngsnéf	Við Kóngsnéf seig vegur um 30 cm á nokkra metra kaffa. Talið hafa gerst á einum degi. Rigdi talsvert um land allt er lægð gekk yfir landið að austan þann 16.
9. apríl 2003	Skógar/Kóngsnéf	Við Kóngsnéf. Skeiðfuga sigsvæði sást ofan við veginn á 40-50 m kaffa.
16. desember 2003	Við Strákagöng	Grjóthrun á veg við Strákagöng. Nokkrir steinar féllu í töluverðri rigningu. Dagana 15.-16. gengu lægðadrög norður yfir land með úrkomu og slýddu. 11 mm við Skeiðsfoss.
Máílok 2004	Skógar/Kóngsnéf	Skógasvæði sunnan við Kóngsnéf. Mesta sig um 1 m rétt neðan við Kóngsnéf. Sprunga í vegi stækkað. Meðalúrcoma um 300% af meðallagi og mikil hlýindi við lok mánaðar.
Septemberlok 2004	Almenningsnóf að Skógum/Kóngsnéfi	Framskrið og hrun úr frambrún bergþlaupa. Mikið grunnvatnsrennsli og úrkomutíð. Úrcoma um 200% af meðallagi og úrhelli þann 21. er flæddi í hús á Ólafsfirði.
28. - 29. ágúst 2006	N/A	Áframhaldandi haustrigningar inn september ollu töluverðu jarðsigi á Siglufljarðarvegi.
16. nóvember 2007	Við Strákagöng	Grjóthrun við Strákagöng. Mikið vatnaveður og varað við frekara hruni.
Nóvember 2007	Skógar/Kóngsnéf	5-10 cm sig á veginum við Kóngsnéf þegar víðgerðir á vegi hófust. Þurr sumari en mikil rigning um haust.
8. janúar 2009	Við Strákagöng	Grjóthrun rétt vestan við Strákagöng. Allt að 10 stiga hiti í janúar.
Nóvember 2009	Skógar/Kóngsnéf	Miklar breytingar á Skógum frá nóvember til janúar. Sig, sprungur og vegurinn vondur. Votvörðasamt fram að júlum.
22. ágúst 2010	Almenningsnóf	Grjóthrun í Mánarskriðum við Almenningsnóf.
10. desember 2010	Almenningsnóf	Grjót hruni í vegrásina. Smásteinar týndir af vegi og úrkomutíð.
3. janúar 2011	Almenningsnóf	Grjóthrun í Mánarskriðum við Almenningsnóf.
24. febrúar 2011	Almenningsnóf	Grjóthrun í Mánarskriðum við Almenningsnóf.
Septemberbyrjun 2012	N/A	Miklar hreyfingar hófust þegar tók að rigna mikið eftir þurr sumari.
Maí - júní 2013	N/A	Ummerki um nýjar hreyfingar tengdar vorleysingum.
Júlí 2014	N/A	Siglufljarðarvegur sýnir aukið jarðsig.
Desember 2014	N/A	Siglufljarðarvegur sýnir aukið jarðsig.
27. - 28. ágúst 2015	Strákagöng, Mánarskriður, Herkonugil & Sauðanes	Rigningaveður olli gríðarlegum auflóðum við Mánarskriður og sitthvori megin Strákaganga.
17. júlí 2020	N/A	Grjóthrun á veg. Miklir vatnaveitir.

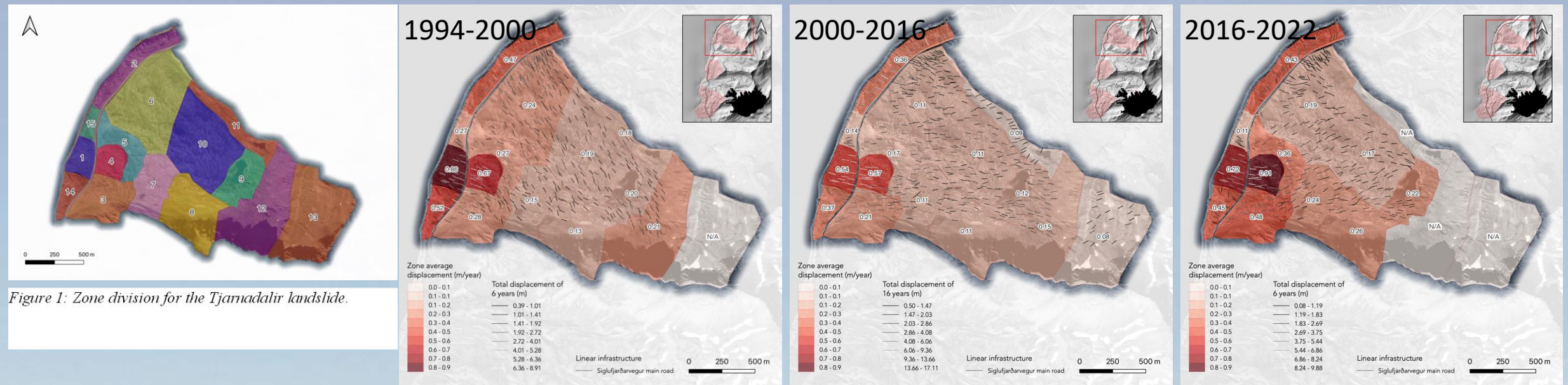
External triggering factors

- The written documentation of sliding activity in the area dates back to 1916, but since 1976 or since monitoring of the movement rate was started, a direct correlation to external factors have been possible.
- From the written sources it is clear that the spring months are prone to sliding activity, e.g. during the snowmelt periods (1976, 1981, 1991, 1992, 1995, 1996, 1999, 2002, 2004, 2006).
- The intensive autumn rain is also a primary cause for sliding activity (1977, 1983, 1999, 2006, 2012, 2014).



Hreyfingar með feril greiningu „feature tracking“

- Í meistararitgerð sinni notaði Elías Arnar Nínuson ferligreiningu til að skoða hreyfingar á berghlaupamössunum yfir 68 ára tímabil frá 1954-2022



- Niðurstöður hans benda til hreyfinga á öllum berghlaupamössunum, mismikil hreyfing innan þeirra og eins mismikil hreyfing sömu svæða milli ára borið saman við nærliggjandi svæði.

Hreyfingar með feril greiningu „feature tracking“

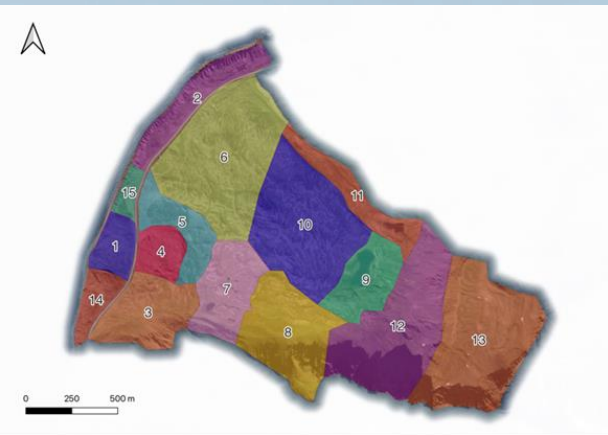
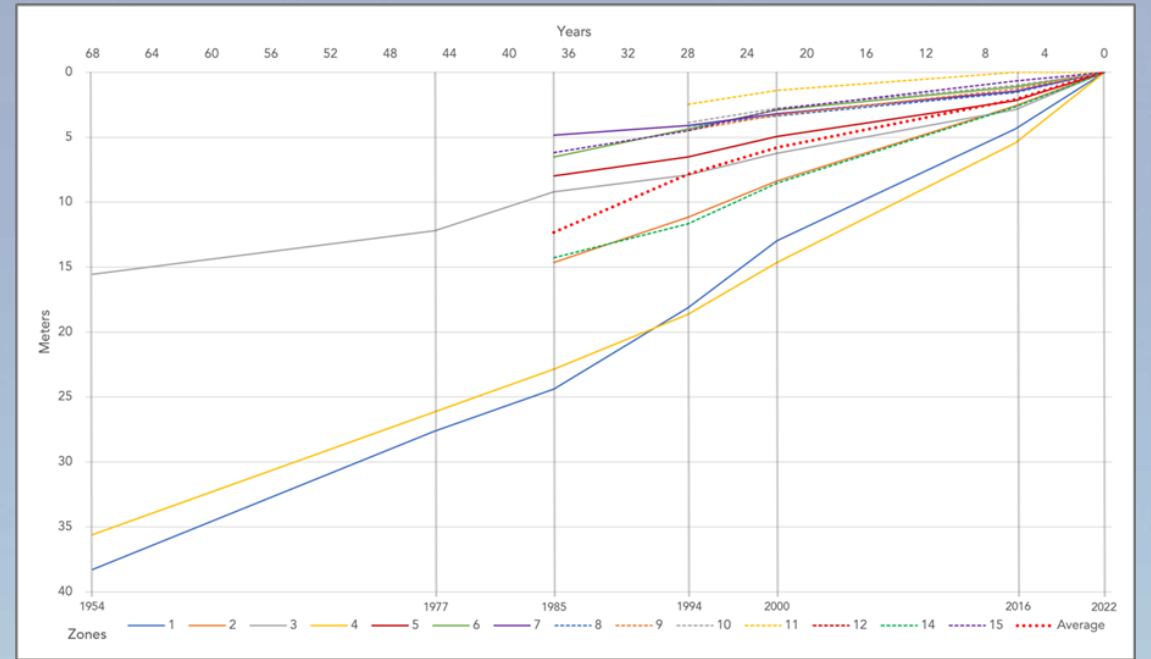
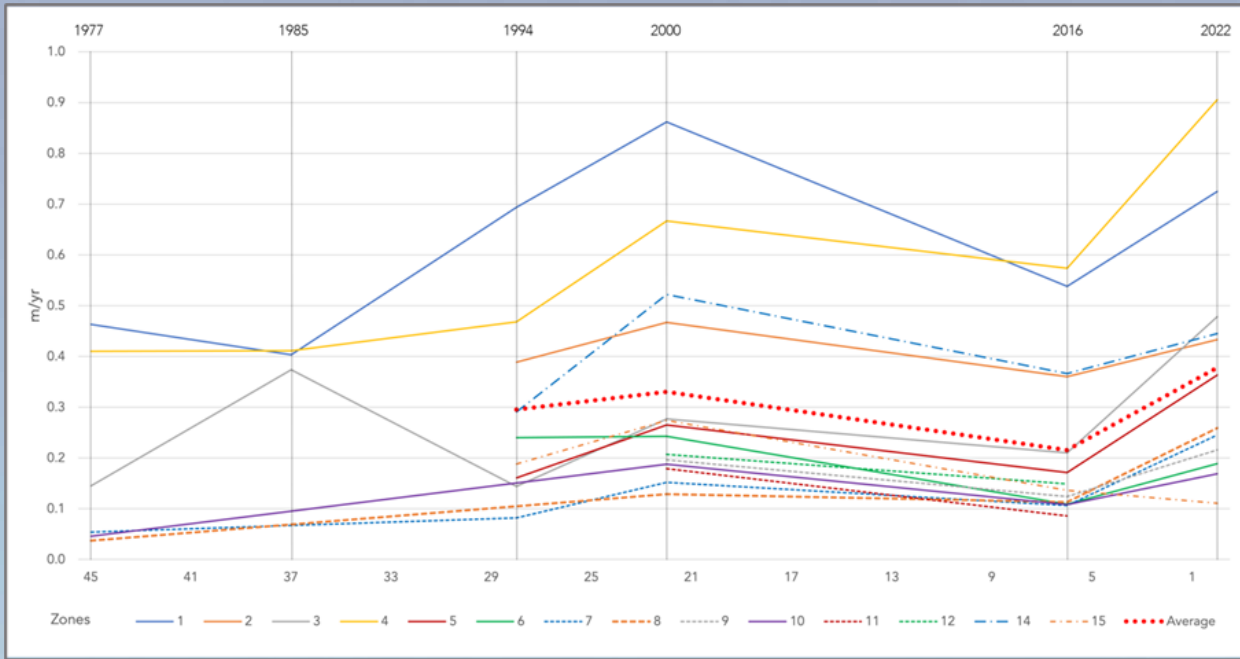
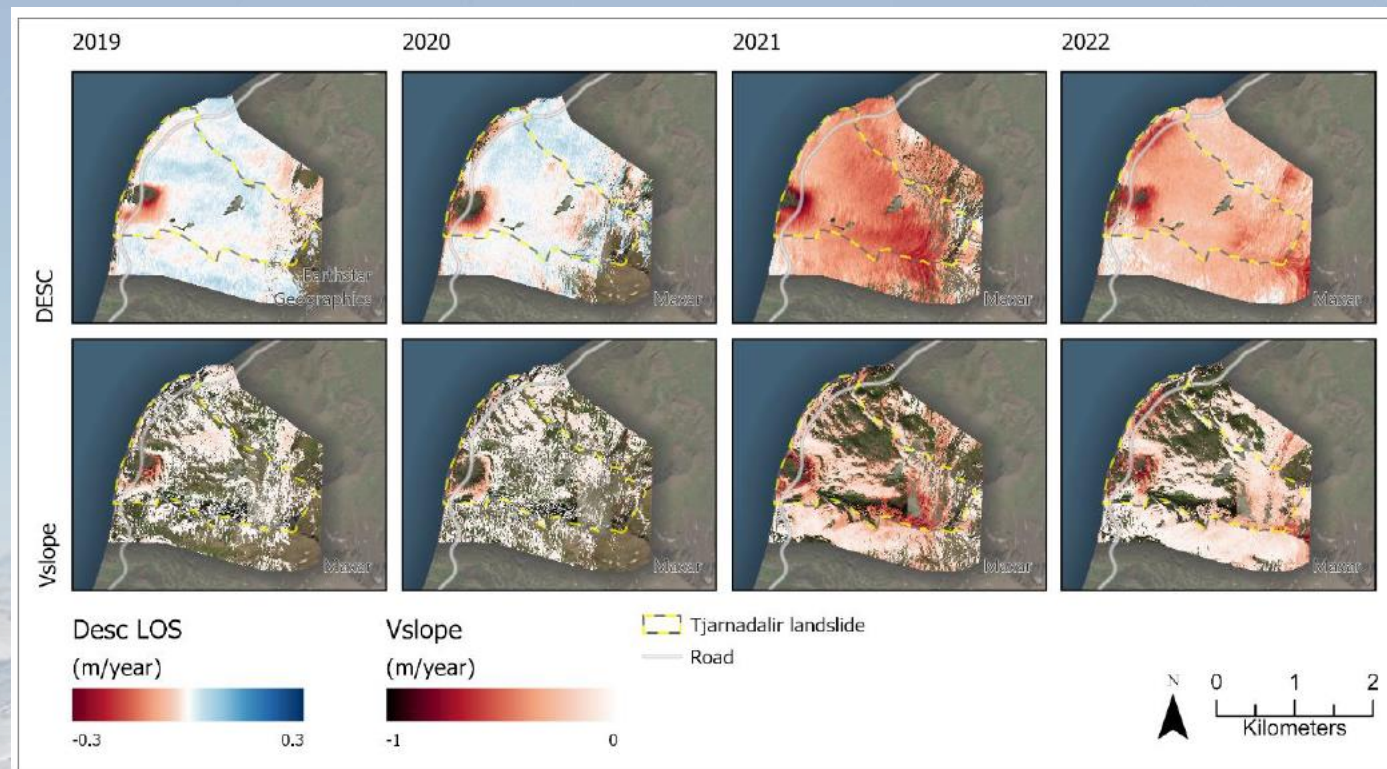


Figure 1: Zone division for the Tjarnadalir landslide.

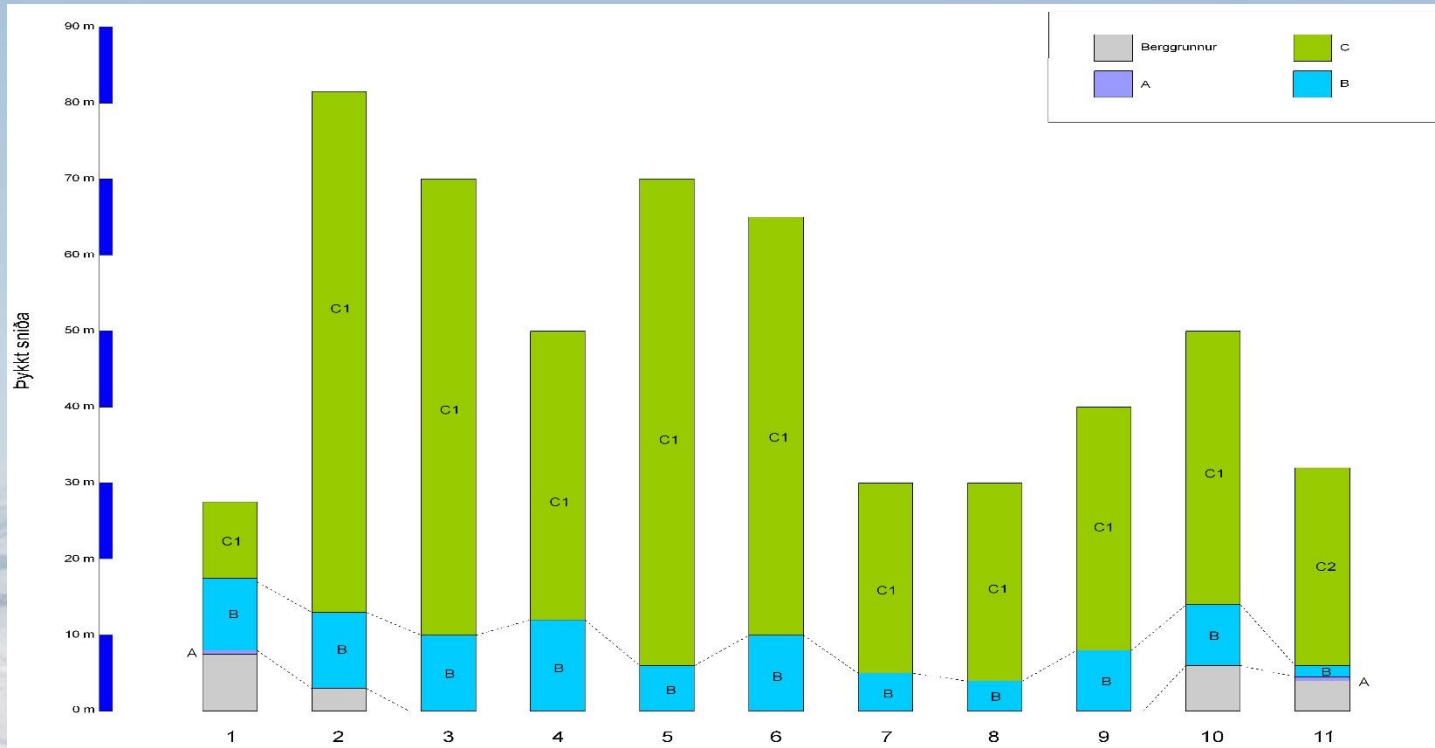
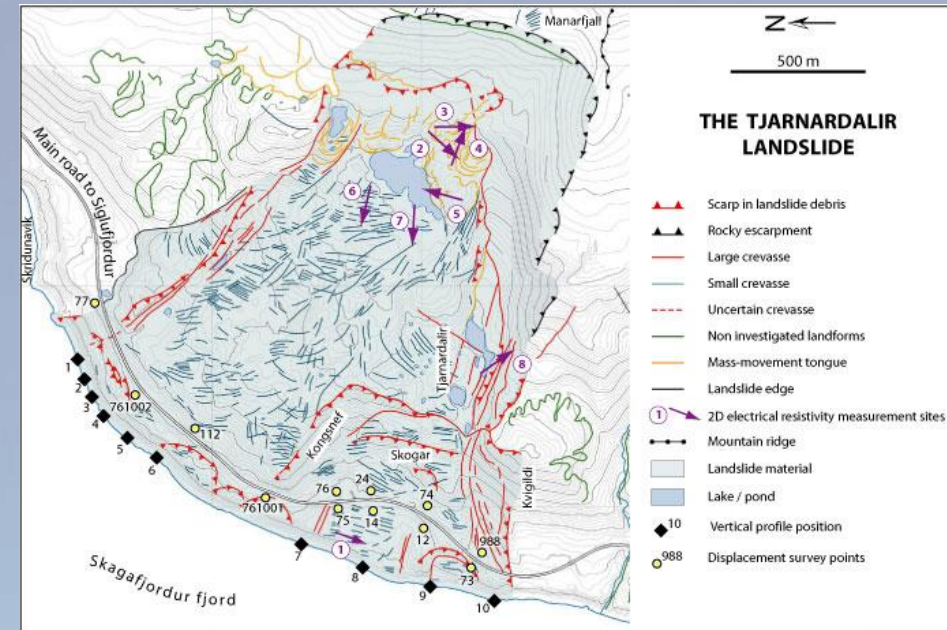
Hreyfingar byggðar á Sentinel-1 DInSAR

- Í meistararitgerð „Detection of slope deformation at the Tröllaskagi peninsula, N-Iceland, using Sentinel-1 DInSAR time series” frá Julius-Maximilians-University Würzburg notaði Ása Dögg Aðalsteinsdóttir InSAR greiningu til að kortleggja hreyfingar á berghlaupunum í Almanningum.

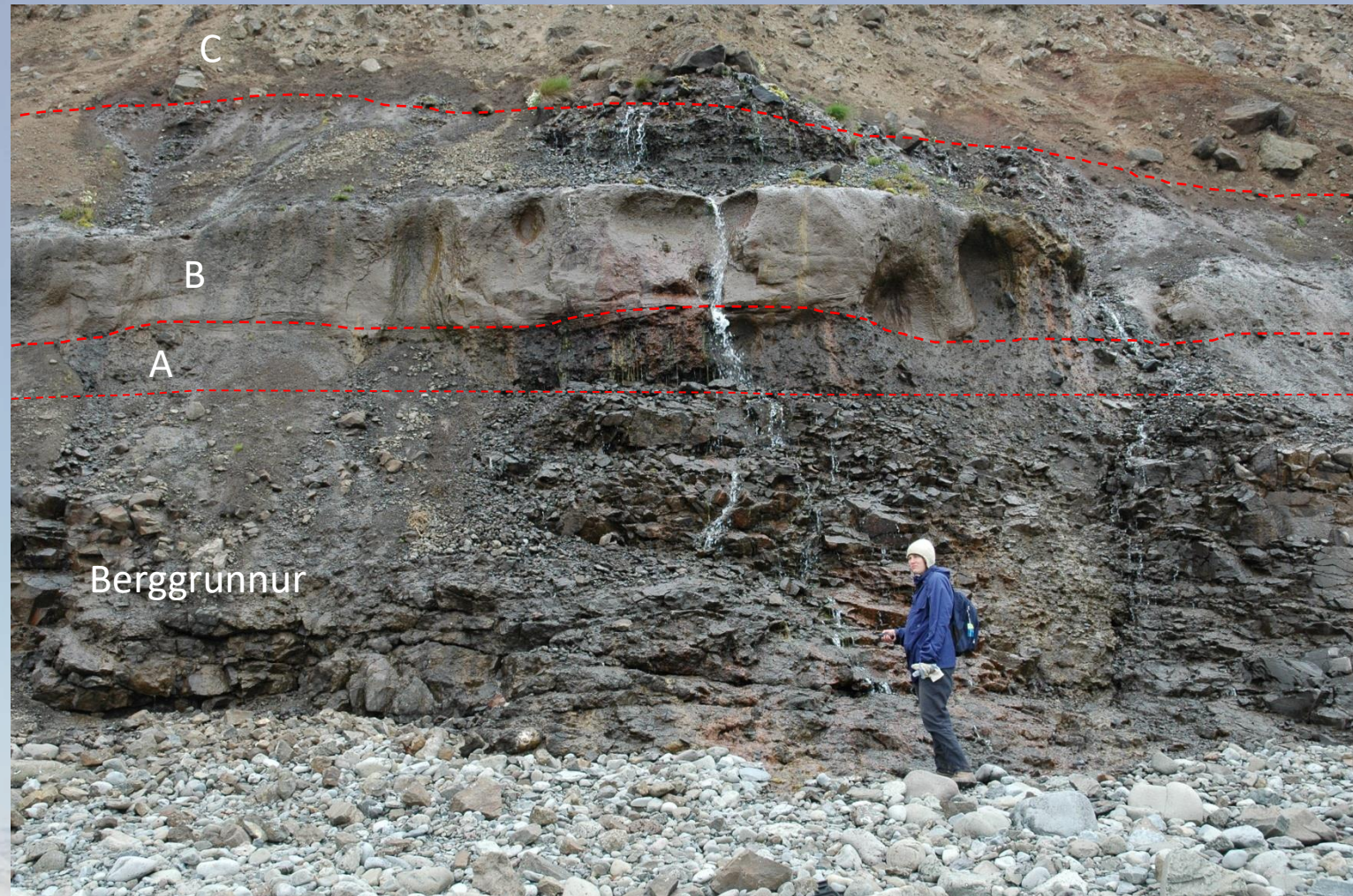


Jarðlagaskipan

- Jarðlagaskipan var skoðuð í 10 sniðum í frambrún Tjarnardalaberghlaupsins.
- Á grundvelli þeirrar athugunar voru þrjár megin setlagasýrpur skilgreindar
 - A. Jökulruðningur (liggur ofaná jökulrákuðum berggrunni)
 - B. Fínkornótt lag (silt/fínsandur og sandlinsur. Mikil aflögun)
 - C. Berghlaupaset



Berggrunnur / Einingar A – B – C



Skógarsvæðið og Kógnsnef





Fínkornótt set á Skógarsvæðinu

Skógarsvæðið syðri hluti





Skógarsvæðið syðri hluti



Tjarnardalaberghlaupið nyrðri hluti



Púfnavalla berghlaupið

Samantekt

- Kortlögð hafa verið þrjú berghlaup á svæðinu.
- Níu síritandi GNSS mælistöðvar voru settar upp í ágúst 2022.
- Nokkrir aflögunar atburðir hafa mælst – hægt að tengja beint við úrkomuatburði.
- Aflögunin fer hægt af stað, herðir síðan á sér, og hætta svo smám saman. Þessi aflögun hefur hingað til komið í kjölfar úrkomutímabila.
- Samanburður á eldri hreyfingum og veðurfari bendir til að flestir atburðir eiga sér stað í tengslum við úrkomu og leysingar.
- Með ferligreiningum og InSAR sést að öll berghlaupin eru á hreyfingu.
- Jarðlagarannsóknir benda til þess að þykkt berghlaupaset liggur að hluta til á fínkornóttu seti við núverandi strönd.
- Sjávarrof er víða mikið á setlögnum.

