



Borun á Skógarvæðinu í Almanningum

Skýrsla

Kortlagning á mögulegum skriðflötum í berghlaupaseti í Almanningum á Tröllaskaga með TDR aðferð.

Þorsteinn Sæmundsson
Háskóla Íslands

Ágrip

Berghlaupið í Tjarnardölum, í Almennungaum, yst í Skagafirði, á mið-Norðurlandi, er hluti af víðfeðmu berghlaupasvæði sem nær um 4 km frá bænum Hrauni í suðri, norður að Almenningsnöf. Berghlaupið hefur sýnt merki um miklar færslur frá því að vegur var lagður þvert yfir það árið 1968. Næstum ár hvert verða alvarlegar skemmdir á veginum sem valda oft hættulegum aðstæðum. Þessar skemmdir birtast sem stórar sprungur myndast í vegstæðinu. Árið 1977 hófu Vegagerðin að fylgjast með hreyfingum og frá 2003 hafa ítarlegar rannsóknir verið gerðar til að leita að orsökum þeirra.

Frambrún berghlaupsins í Tjarnardölum sem er allt að 60 metra há sýnir greinileg merki um mikið strandrof. Athuganir hafa sýnt að berghlaupið hvílir að hluta til á fínkornóttum setlögum (silti/fínum sandi) sem liggur ofaná jökulruðningi og jökulrákuðum berggrunni. Grunnvatn sem flæðir í gegnum berghlaupaefnið stoppar að mestu á þessu fínkornotta seti og rennur eftir lagmótum þessara tveggja laga. Vísbendingar eru um að megin hreyfing berghlaupsins eigi sér stað á þessum lagmótum, sem nemur að meðaltala um 70-80 cm á ári á Skógarsvæðinu.

Á árinu 2018 var 43 m djúp hola boruð á Skógarsvæðinu. Coaxial kapli var komið fyrir í holunni til að mæla aflögun í henni með svokallaðri TDR (Time Domain Reflectometry) aðferð.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana sem höfundar starfa hjá.

Inngangur

Árið 2017 var sótt um styrk í verkefnið frá Kortlagning á mögulegum skriðflötum í berg-hlaupaseti í Almennungaum á Tröllaskaga með TDR aðferð. Markmið verkefnisins var að innleiða þekkta mæliaðferð til að mæla og staðsetja skriðfleti og aflögun í lausum jarðefnum með svokallaðri TDR (Time Domain Reflectometry) aðferð. Um er að ræða tilraunaverkefni til að fá reynslu og öðlast færni í að beita þessari aðferð hér á landi í fyrsta skipti. Þessi tækni er þó ekki alveg ný af nálinni og hefur verið í þróun undanfarna áratugi. Hún hefur verið notuð víða (sjá t.d. Singer o.fl., 2010; Dept. of Civil, 2006; Beck & Kane, 1996; Drusa o.fl., 2014; Cheben o.fl., 2015), meðal annars við rannsóknir á aflögun hlíða við vegagerð í Wyoming fylki í Bandaríkjunum (Department of Civil and Architectural Engineering University of Wyoming 1000 E). Meðumsækjendur okkar frá Háskólanum í Žilina í Slóvakíu hafa notað þessa mælitækni þar í landi og unnið að þróun hennar með góðum árangri (Drusa o.fl., 2014; Cheben o.fl., 2015). Aðferð þeirra byggir á notkun á nýrri tegund kapals og hefur sýnt sig gefa góða raun.

TDR aðferðin byggir á því að sérstökum mælikapli (Coaxial kapli) er komið fyrir í borholu sem nær í gengum og niður fyrir mögulega skriðfleti. Með því að mæla endurtekið leiðni kapals með spennupólsum má kortleggja leiðnibreytingar sem verða, ef kapallinn aflagast, vegna hreyfinga á afmörkuðum skriðflötum. Hægt er að staðsetja nákvæmlega dýpi skriðflata, tímasetja færslur og einnig er hægt að áætla stærð færslu upp að ákveðnu marki. Samfara borun er einnig hægt að fá upplýsingar um setlög in s.s. lagskiptingu, þykkt og hitastig (t.d. til að skera út um það hvort sífreri sé til staðar á mælistað eða ekki). Verkefnið gengur út á að beita aðferðinni á þekktu sigsvæði í Almennungaum á utanverðum Tröllaskaga, en þar verður árlega vart við jarðsig á og við vegstæði Siglufjarðarvegar (þjóðvegur nr. 76) sem liggur yfir forn berghlaup (Sæmundsson o.fl., 2005, 2007, 2019). Hreyfingar á vegstæðinu hafa ógnað öryggi vegfarenda, allt frá því að vegurinn var lagður þar árið 1968. Í dag er brýn þörf á að finna nýtt vegstæði og ættu niðurstöðu þessara mælinga að geta nýst vel við það verk.

Árið 2017 var sótt um styrk í rannsóknasjóð Vegagerðarinnar til að bora tvær borholur í Almenninum. Verkefnið fékk ekki nægilega fjármögnun til að hægt væri að hefja borun sumarið 2017 og því var því frestað til ársins 2018. Með sameiginlegri styrkveitingu frá Vegagerðinni og Ofanflóðasjóði þá var hafist handa við að bora eina tilraunaholu á Skógarsvæðinu í Tjarnardalsberghlaupinu, nyrst í Almenninum í stað þess að bora tvær holur eins og upphaflega stóð til. Fyrirhugað var að Ræktunarsambandið yrði með allan borbúnað á staðnum og því þyrfti verkefnið ekki að borga neinn kostnað vegna flutnings á tækjum á borstaðinn. Því miður urðu þær fyrirátlanir ekki að veruleika og féll því umtalsverður kostnaður samfara flutningi, auk annars kostnaðar á verkefnið sem mætt var með fjármögnun frá Vegagerðinni 2019.

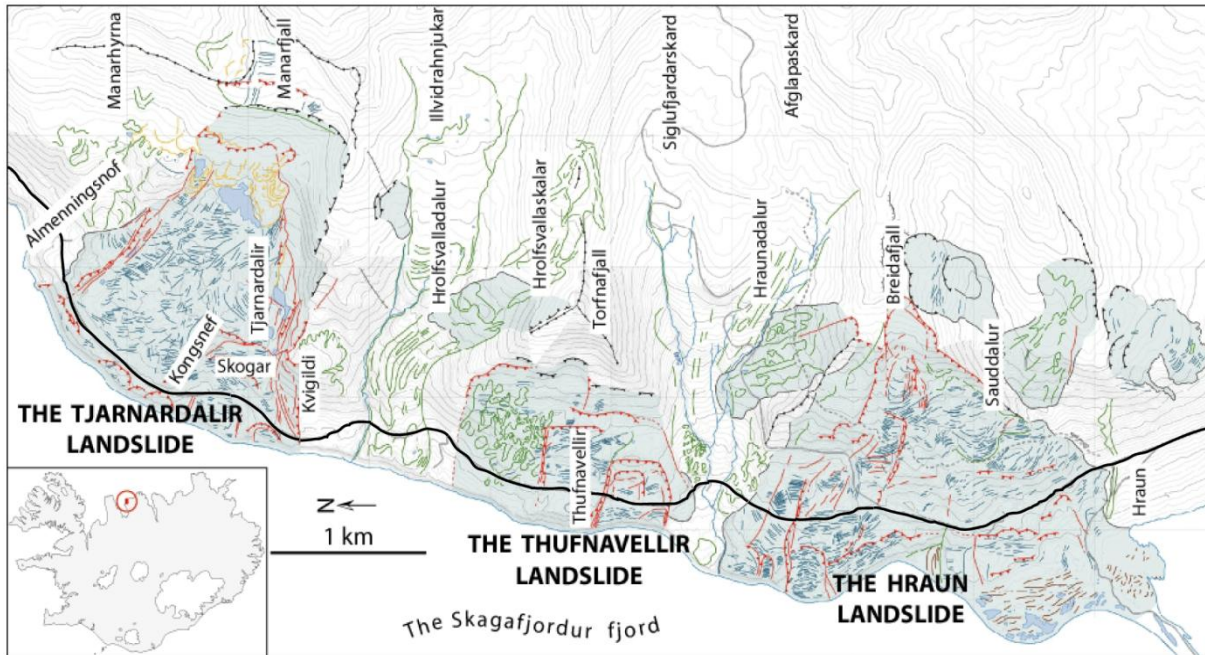
Verkefnið byggir á samstarfi Land- og ferðamáladeildar Háskóla Íslands, Umhverfis- og byggingaverkfræðideildar Háskóla Íslands, Vedðurstofu Íslands, Jarðtæknideildar Háskólans í Žilina í Slóvakíu, Vegagerðarinnar og Ofanflóðasjóðs.

Forsaga verkefnisins

Allt frá því að vegurinn um Almenninga var lagður árið 1968 hafa skapast töluverð vandræði vegna sigs í og við vegstæðið, á um 5-6 km löngum kafla frá Hraunum og norður að Almenningsnöf (mynd 1). Umfangsmikl kortlagning og rannsóknir hafa verið gerðar á svæðinu á undanförunum árum og áratugum til að kanna orsakir þess sigs sem hefur verið á og við vegstæðið (sjá t.d. Hafliði Hafliðason 1982, Ágúst Guðmundsson 2000, Þorsteinn Sæmundsson o.fl. 2004, 2005, 2007, 2019, Þorsteinn Sæmundsson 2013). Sighreyfingar af þeirri stærðargráðu sem mælst hafa í Almenninum eru nánast einsdæmi á Ísland og því mjög mikilvægt að skilja orsakir og eðli þeirra.

Samantektin sem hér fer á eftir er að mestu tekin upp úr skýrslum og greinum sem höfundur hefur ritað um rannsóknir sínar í Almenninum en ekki er vitnað beint til þeirra í textanum (sjá t.d. Þorsteinn Sæmundsson o.fl. 2004, 2005, 2007, Þorsteinn Sæmundsson 2013).

Það svæði sem nefnt er Almenningar liggur frá Hraunum í Fljótum og um 6 km til norðurs, að Skriðnavík við Almenningsnöf, yst við Skagafjörð austanverðan (mynd 1). Strandlengjan á svæðinu liggur í norður-suður stefnu en upp af henni ganga tveir jökulsorfnir dalir, Hraunadalur í suðri og Hrólfsvalladalur í norðri sem eru aðskildir af Breiðafjalli syðst, Torfnafjalli, Kvígildi og Mánárfjalli nyrst (mynd 1). Strandlengjan frá Hraunárkróki norður að Almenningsnöf er tiltölulega bein með litlum víkum og einkennist af allt að 80 m háum bökkum úr þykkum lausum jarðlögum. Sumsstaðar sést í undirliggjandi berggrunn. Mikið sjávarrof er á strandlengjunni enda liggur hún fyrir opnu hafi. Allt svæði Almenninga einkennist af miklum



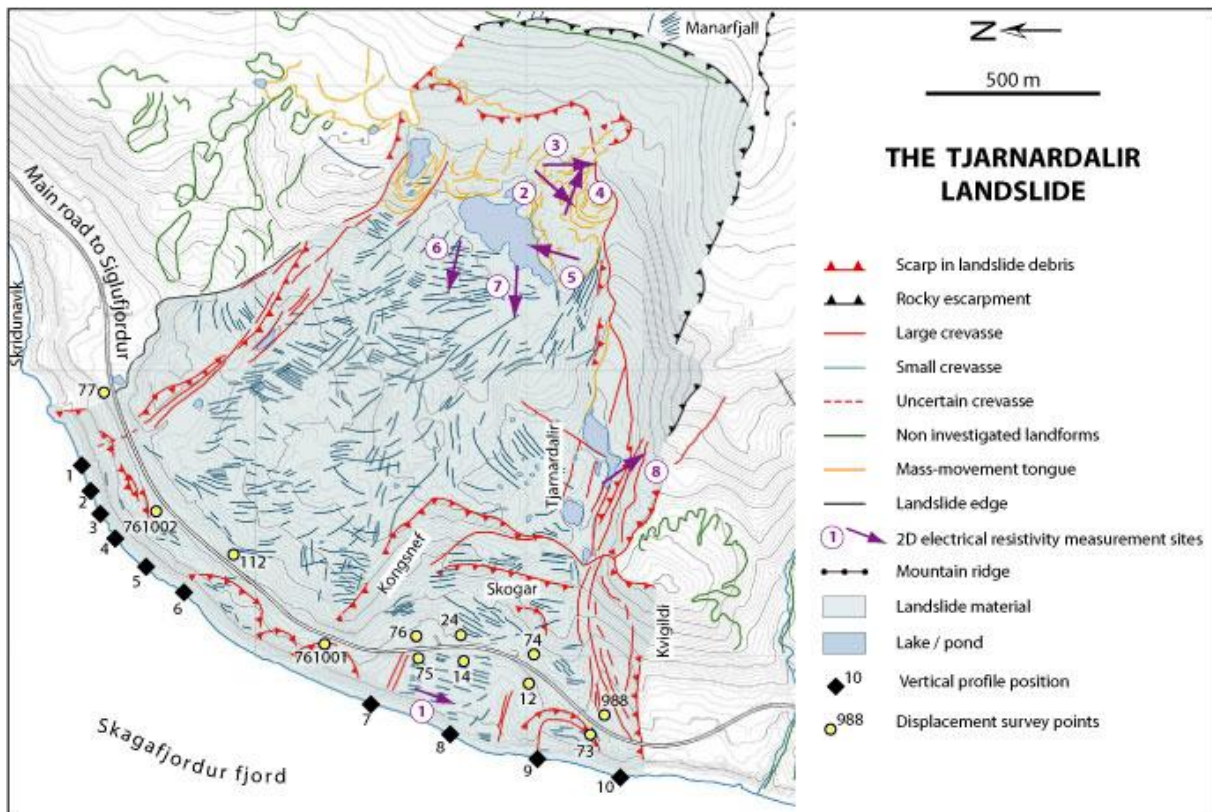
Mynd 1. Siglufjarðarvegur um Almenna (frá Þorsteinn Sæmundsson et al. 2007).

efnismössum sem skriðið hafa úr fjöllum og niður dalina, svokölluðum berghlaupum. Berg- hlaup geta hvort sem er skriðið hægt og jafnt fram eða hlaupið skyndilega og getur sama skriðan skipt milli þessara fasa. Stundum eru hreyfingarnar nátengdar úrkomu og vatns- þrýstingi í bergmassanum, þar sem vatnsósa berghlaup skriður frekar fram en þurrt.

Þrjú stór og nokkur minni berghlaup hafa verið kortlögð á svæðinu eins og sést á mynd 1. Nyrst er Tjarnardalaberghlaupið, svo Þúfnavallaberghlaupið og Hraunaberghlaupið syðst. Sameiginlegt með öllum þessum berghlaupum er að töluverð hreyfing er á efnismössum þeirra í dag, bæði þar sem vegstæðið liggur og eins utan þess. Mestar eru hreyfingarnar í Hrauna- og Tjarnardalaberghlaupunum þar sem hreyfingar nálgast um 1 m að meðaltali á ári við vegstæðið.

Tjarnardalaberghlaupið liggur nyrst á athugunarsvæðinu (myndir 1&2) og afmarkast það af fjallinu Kvígildi í suðri og nær norður fyrir Almenningsnøf, að Skriðnavík í norðri. Svæðið einkennist af miklu berghlaupi sem fallið hefur úr vesturhlíð Mánarfjalls. Brotsár berghlaupsins er vinkillaga og er um 800 m efst í Mánarfjalli í stefnu norður-suður og um 850 m í stefnu austur-vestur (mynd 2). Meðalbreidd berghlaupsins er um 1400 m og meðallengd um 1550 m. Heildarflatarmál þess er því um 2,2 km². Mesta breidd þess er um 1500 m og mesta lengd um 1700 m. Erfitt er að áætla heildarrúmmál hlaupsins en ef reiknað er með 50 m meðalþykkt þá er heildarmassi hlaupsins um 110,000,000 m³ sem er líklega vanmat. Það sem er einna helst einkennandi fyrir þetta berghlaup er að það er að mestu leiti á hreyfingu enn þann dag í dag.

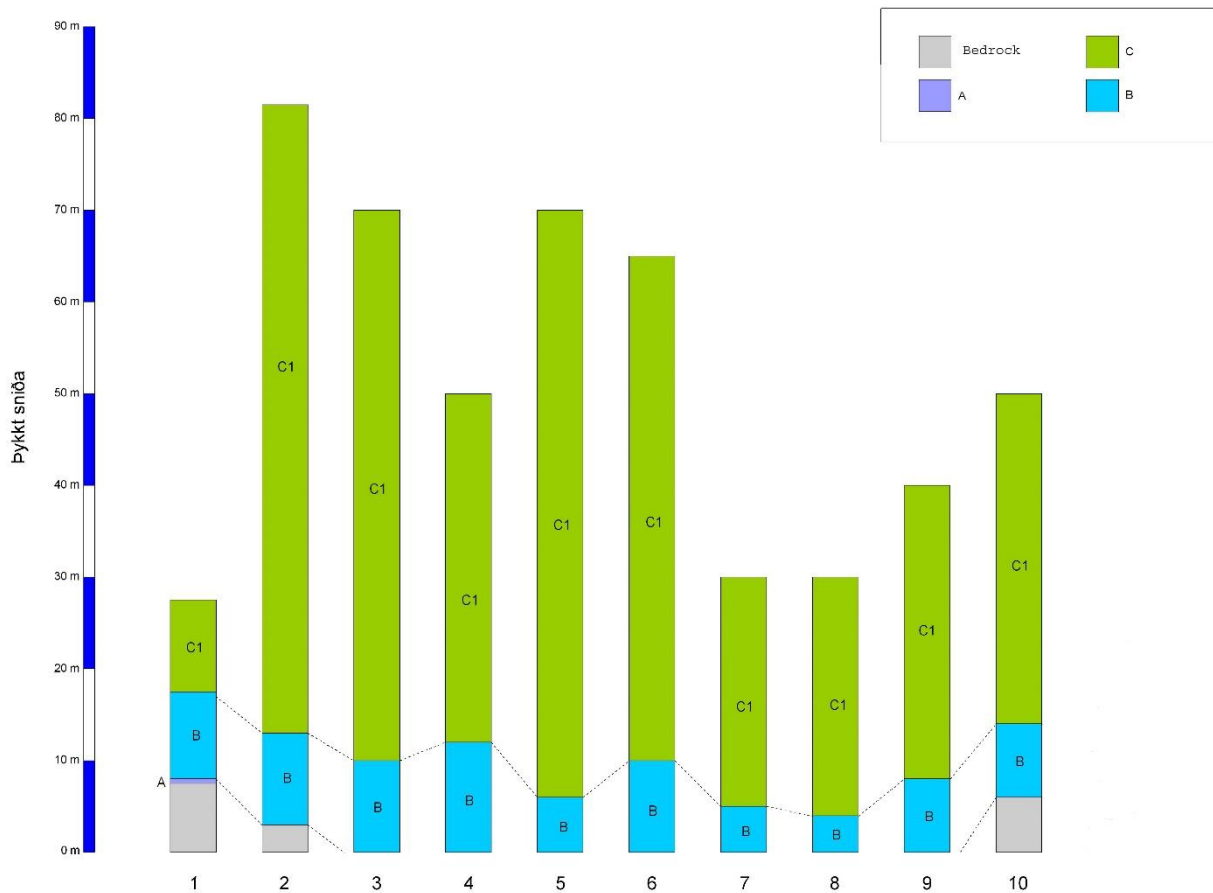
Bæði ofan og neðan við vegstæðið á nyðri hluta svæðisins koma fyrir rifur eða sprungur en þær benda til mikils sigs í frambrúninni, líklega vegna undangrafrar sjávar (mynd 2). Sunnan megin við Kongsnef eru aðstæður nokkuð frábrugðnar. Það svæði nefnist Skógar og ein- kennist af mikilli skál eða geil sem myndast hefur vegna sigs á svæðinu (mynd 2). Sjávar- bakkinn á þessu svæði er milli 10 og 30 m hár, en þar fyrir ofan tekur við nokkuð aflíðandi skálarbotn, 450 til 500 m breiður sem nær lengst um 250-300 m frá sjávarbakkanum. Hækkun á skálarbotninum frá ströndinni upp að skálarbrúninni er um 50-60 m. Þar ofan við tekur við nokkuð brött hlíð, frá um 80-90 m hæð upp í um 160-170 m hæð. Syðri mörk þessarar skálar afmarkast af fellinu Kvígildi (mynd 2).



Mynd 2. Tjarnardalaberghlaupið (frá Þorsteinn Sæmundsson et al. 2007).

Frambrún berghlaupsins nær í sjó fram og myndar háa sjávarbakka, þar sem þjóðvegurinn til Siglufjarðar liggur á um 2 km kafla. Hægt er að skipta frambrún hlaupsins í tvennt og aðskilur Kónsnefið þessi tvö svæði. Norðan megin við Kónsnefið, frá Almenningsnöf norður að Skriðnavík er sjávarbakkinn mun hærri en að sunnanverðu. Þar er bakkinn um 50-60 m hár og fyrir ofan hann hlíð sem nær upp að veginum, en vegurinn liggur í um 80 m hæð. Ofan við veginn er einnig brött hlíð, um 30-40 m há. Í sniðum sem mæld voru upp árið 2004 og 2005 var hægt að greina þrjár setlagaeiningar sem liggja að hluta til ofaná berggrunni í frambrún berghlaupsins (mynd 3). Í frambrún Tjarnadalaberghlaupsins kemur berggrunnur fyrir í sniðum 1 og 2 að norðanverðu og í sniði 10 að sunnaverðu. Þar ofaná berggrunninn sést eining A sem er neðsta og jafnframt elsta setlagaeiningin á svæðinu. Hún er samsett úr illa aðgreindu og ólagskiptu set. Mikið er um kantaða steina í fínefnaríkum millimassa. Kornastærð getur verið frá smásteinum upp í 50-60 cm langa steina. Einingin sést einungis í sniði 1 og er túlkuð sem jökulruðningur. Mislægt ofaná þessa einingu kemur fyrir setlagaeining, eining B, sem samanstendur af mismunandi setgerðum allt frá finlagskiptum silt- og sandlögum upp í grófkorna illa aðgreind malarlög. Ástæða þess að þessar ólíku setgerðir eru teknar saman í eina jarðlagaeiningu er sú að þær eru allar myndaðar í jökulrænu umhverfi, við hörfandi jökuljaðar og sennilega myndaðar á sama tíma. Þessi eining er allt að 12 m þykk. Fínni lög þessarar einingar eru samsett út lagskiptum silt og fínsandi. Þau eru mjög þétt í sér og hleypa því ekki miklu grunnvatni í gegnum sig. Af þeim orsökum á sér stað mikið vatnsrennsli um lagmót við ofaná liggjandi setlög og í miklum leysingum koma þessi mörk berlega í ljós. Efsta setlagaeiningin, eining C, í frambrún Tjarnadalaberghlaupsins er nefnd berghlaupaset. Þessi eining er samsett úr illa aðgreindu seti. Fínefnið í millimassanum er oft leirkennt og á sumum stöðum koma fyrir óregluleg bönd úr fínu efni, oft rauðleit. Kornastærðin í grófari hlutanum getur farið upp í nokkra metra stór björg og það efni er oftast nær kantað og brotið. Þessi eining kemur fyrir í öllum sniðunum og er þykkt hennar allt að 65 m. Þessi eining liggur mislægt ofaná einingu B og er þykkt hennar mest nyrst (mynd 3).

Sighreyfingum á Almenningsvæðinu má gróflega skipta í tvo flokka sem byggir á umfangi og hraða hreyfinga. „Stærri og hægari hreyfingin“, sem virðist ná yfir stærsta hluta berghlaupanna í Tjarnardölum, við Þúfnavelli og við Hraun. Þessi hreyfing virðist vera nokkuð stöðug og jöfn frá ári til árs og fylgja megin dráttum landslagsins þar sem mjög stórir efnismassar eru á hreyfingu. Ummerki þessarar hreyfinga eru misgengi, rifur og sprungur við berghlaupsjarðrana og einnig togsprungur, sem oft koma fram sem vatnsfylltir kítar á yfirborði berghlaupanna. Hraði þessara hreyfinga er þó ekki þekkur og mikilvægt að greina hver hann er og hvort hann sé mismikill milli svæða. „Minni og hraðari“ hreyfingarnar koma einna helst fram nálægt eða við frambrún berghlaupanna. Þessar hreyfingar eru mismiklar frá ári til árs og einkennast af hröðu sigi, hruni og jafnvel stallamyndun í efninu. Ástæða þessa sigs virðast tvennskonar. Annars vegar má leita þeirra beint í undangreftri sjávar. Þær hreyfingar koma berlega í ljós í frambrúnunum Tjarnardala- og Hraunaberghlaupsins. Á báðum þessum stöðum er berggrunnurinn ekki sýnilegur og ekkert ver því lausu jarðlögin fyrir ágangi ölduróts. Þarna grefur því undan lausu jarðlögunum og frambrún berghlaupanna er brött og óstöðug. Þessi undangröftur veldur einnig ójafnvægi innan efnismassans ofar í berghlaupinu en óljóst er hversu langt upp í berghlaupin það nær. Hins vegar er hægt að tengja hreyfingarnar við mikla úrkomuatburði og eins leysingar tímabil. Mikilvægt er að greina betur samspil veðurfars á eðli og umfang sighreyfinganna.

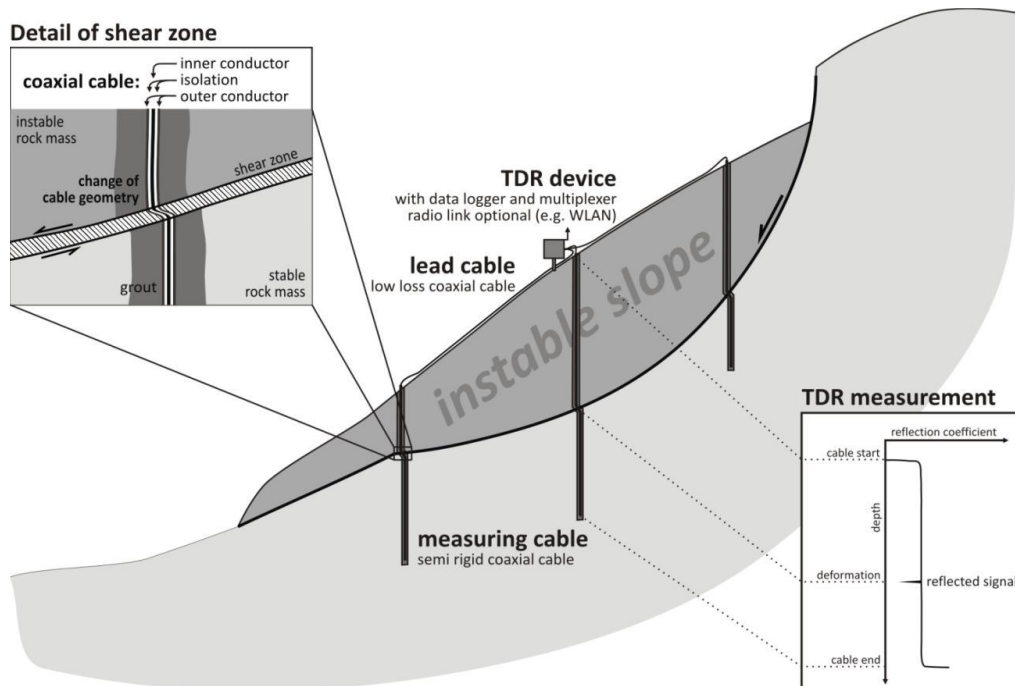


Mynd 3. Þykkt jarðalagæininga í frambrún Tjarnardalaberghlaupsins. Staðsetning sniða sést á mynd 2 (frá Þorsteinn Sæmundsson et al. 2005).

Framtíð núverandi vegstæðis Siglufjarðavegar, aðallega um norðanvert Tjarnardalaberg-hlaupið, er ekki sérstaklega björt. Vegurinn liggur þar alveg á brún sjávarbakkanna sem þarna eru 70-80 m háir (mynd 2). Ljóst er að sigsvæðið neðan við veginn mun ganga lengra inn og upp í hlíðina. Þótt að þau ummerki sem sjást þarna í dag bendi ekki til þess að stórar fyllur hafi nýlega fallið úr frambrún sjávarbakkanna, er rétt að hafa í huga að þarna eru öll ummerki skriðufalla og hruns fljót að afmást vegna ölduhreyfinga og undangrafrar. Miðað við þær sprungur sem sjást í frambrúninni, sem vegurinn liggur um, er ekki hægt að gera ráð fyrir öðru en þarna geti fallið stórar fyllur. Talið er að sú hætta aukist eftir því sem að hlíðin verður brattari og meira grefur undan henni. Vegna þess hve bratt er þarna og vegurinn liggur tæpt getur minniháttar sig á þessu svæði verið varasamt allri umferð, jafnvel þó að það nemi ekki nema nokkrum tugum cm. Þarna geta bæði litlar og stórar sikhreyfingar því auðveldlega eyðilagt núverandi veg og vegstæði. Hreyfingar á öðrum svæðum Siglufjarðarvegar eru mun hættuminni og hafa ekki eins mikil áhrif á veginn og vegstæðið. Á þeim svæðum þar sem sigsvæði eru mjög virk, svo sem á Skógarsvæðinu, við syðri brún Þúfnavalla og fyrir ofan Ódrykkjutjarnarnef (mynd 1) getur vissulega skapast hætta vegna stallamyndunar í vegstæðinu, en ekki er talið að vegstæðið sjálft geti horfið í einum vettvangi eins og nyrst í Tjarnardölum.

Aðferðir

Upphafleg aðgerðaráætlun sem fyrirhuguð var við þetta verkefni var að bora tvær holur sem myndu ná niður í gegnum þá efnismassa sem ætla má að mögulegir skriðfletir séu til staðar í. Sérstökum Coaxial kapli er komið fyrir í borholunum og er leiðni kapalsins mæld endurtekið með spennupólsum. Við aflögun á kaplinum vegna skriðhreyfinga breytist leiðni hans og hægt er að lesa dýpi hreyfingarinnar og áætla stærð hennar (mynd 4). Ef hreyfing, þvert á holu, í einstökum skriðfleti fer yfir u.þ.b. 20 cm getur kapallinn slitnað og eftir það er ekki hægt að fylgjast með hreyfingum undir þeim stað, en dýpi skriðflatarsins er þá þekkt.



Mynd 4. TDR tækni til að mæla aflögun í borholum (frá Singer et al. 2010).

Framkvæmd

Í september og október árið 2018 var lokahönd lögð á undirbúning borunarinnar og pantaður til landsins Coaxial kapall til að setja í holuna og unnið að hönnun borplans og leitað að hentugri tímasetningu til að hefjast handa.



Mynd 5. A. Vegurinn um Skógarsvæðið í Tjarnardalabergghlaupinu. Misgengi sker veginn og var borholunni valin staður sunna megin við það (sjá ör). Allt að 70-80 cm færsla er á þessu misgengi á ári að meðaltali. B. Borstæðið. C. Borrörin voru 3,5" í þvermál og hvert rör 1,5 m á lengd. D. Mikið mæddi á borkrónunum sem voru 3" í þvermáli inn í 3,5" borröri. E. Að borun lokinni var komið fyrir Coaxial kapli fyrir í holunni, borrörin dregin upp og holan fyllt með Bentonite jafnóðum.

Borholunni var valin staður nyrst á Skógarsvæðinu, rétt sunnan við misgengi sem liggur þar þvert á vegstæðið (mynd 5A). Ástæðan fyrir þessu staðarvali var sú að aðgegni að svæðinu er gott og nægilegt vatn til staðar fyrir borunina. Þar hafa verið framkvæmdar GPS mælingar frá árinu 1977 sem sýna um 70-80 cm meðalfærslu á ári og því talið að niðurstöður um dýpi niður á hugsanlega skriðfleti myndi koma fljótlega í ljós. Hæð borholunnar er í um 50 m yfir sjávarmáli og er staðsetning hennar N:66°N 8.984' V:19°W 3.448' (WGS84) eða

X: 497406.0 Y: 628196.0 (ISN93). Borinn sem notaður var í þessu verkefni ber nafnið Hrímir og voru bormenn þeir Magnús Grétarsson og Tryggvi Aðalsteinsson frá Ræktunarsambandi Flóa og Skeiða.

Sunnudaginn 14 október var tækjum og tólum komið á borstað og hófst borun mánudaginn 15 október (mynd 5 B). Undirritaður ók frá Reykjavík snemma morguns þriðjudaginn 16 október og var kominn á borstað um hádegið með kapalinn. Þá var borinn kominn niður á 8 m dýpi. Frá þriðjudegi til föstudags var síðan borun haldið áfram og gekk á ýmsu á þeirri vegferð. Töluverðir erfiðleikar reyndust vera samfara því að bora í þetta berghlaupa efni og ekki síst fínefnarík setlög í neðri hluta holunnar. Borinn festist oft og borkrónur eyðilögðust. Borun var lokið fimmtudaginn 18 október.

Aðferðarfæði sú sem notuð var til að bora holuna er nýstárleg. Notast var við 3,5“ tommu borrhör fyrir kjarnaborun (mynd 5C). Hvert rör var 1,5 metra langt. Inn í borrhörinu var komið fyrir 3“ tommur borkrónu (mynd 5D). Fínefnaríkt set í neðri hluta holunnar (myndir 5E og 6) festist í borkrónunni og hægði umtalsvert á borun. Erfitt var að hreinsa þetta fínefnaríka efni úr borkrónunum, enda var það hart eins og steypa (mynd 5E). Í lok borunarinnar var ekkert fínefnaríkt efni í borkrónunni og var það túlkað á þann hátt að komið var niður úr þessum fínefnaríku setlögum og niður á berggrunn, líkt og sést í sniðum sem áður hefur verið lýst í frambrún berhlaupsins við fjöruborðið og því talið ljóst að tekist hafði að bora sig niður úr skriðuefninu og niður á fast undirlag.



Mynd 6. A. Coaxial kapallinn var látinn stand um 2 m upp úr borholunni. B. Gengið var frá borholunni og komið fyrir mælaboxi og sólar sellu.

Við lok borunar var borkrónunni lyft en borrhörið skilið eftir í holunni, sem endaði í tæpum 43 metrum eða um 7 m yfir sjávarmáli. Komið var fyrir um 45 m löngum kapli í holunni (mynd 5F) og var rúmlega 2 m af kaplinum látið standa upp úr (mynd 6A). Þegar kapallinn var kominn ofaní holuna var bentoníti hellt í hana til að þétta að kaplinum, jafnóðum og rörið var dregið upp úr. Dregnir voru um 1,5 m í hvert skipti og samsvarandi magni af bentoníti helt ofaní holuna. Við þriðja uppdrátt borstangarinnar, gerðist það sem mest var óttast, en kapallinn dróst upp um tæpa 70 cm. Talið var þó að neðri endi hans væri samt í fínefnaríkum setlögum undir skriðuefninu. Áframhaldandi uppdráttur kapalsins gekk áfallalaust fyrir sig og má segja í heildina að borunin hafi tekist vel og kapalinum hefur verið komið fyrir líkt og lagt var upp með í upphafi. Önnur ferð var síðan farin í lok nóvember þar sem komið var fyrir nauðsynlegum mælitækjum á kapalinn og gengið frá borholunni (mynd 6B). Var það verk unnið í samvinnu við Veðurstofu Íslands.

Niðurstaða

Allt ut anumhald, undirbúningur og borun gekk nokkurn vegin samkvæmt áætlun. Þó urðu tafir við borun bæði vegna erfiðra jarðfræðilegra aðstæðna við borunina sjálfa og auk þess sem nokkrir hnökror voru á vélbúnaði. Sú aðferðarfræði sem lagt var upp með að draga „fóðringuna“ eða borrhörið upp og fylla í með bentóníti, án þess að kapallinn myndi dragast með tókst að mestu leiti líkt og áður er lýst. Í lok þeirrar framkvæmdar er því ljóst að það er framkvæmanlegt að nota þessa aðferð og er hún bæði fljótlegri og ódýrari hér á landi, en sambærilegar aðferðir líkt og er notuð annars staðar eins og hjá samstarfsmönnum okkar í Slóvakíu.

Á mynd 7 sést borholuskýrsla sem gerð var við borunina. Þar kemur í ljós að neðri endi borholunnar náði niður úr jökulruðningi.

Niðurstöður mælinga á kaplinum hingað til sýnir að kapallinn hefur ekki aflagast neitt eftir að hann var settur niður. Miðað við þá árlegu færslu sem mæld hefur verið á þessu svæði og gengið út frá því að borholan hafi náð niður í berggrunn þá hefði þessi mikla hreyfing átt að eyðileggja kapalinn fljótlega, ef gert er ráð fyrir að öll hreyfingin hefði átt sér stað á einum eða tveimur skriðflötum. Slíkt hefur ekki komið í ljós og má áætla að dýpt borholunnar hafi verið vanmetið og að hún hafi ekki náð niður úr beghlaupamassanum. Ef mælingar á kaplinum eru réttar má ætla að engin innri aflögun sé í berghlaupamassanum og að berghlaupið skriði því á undirlagi sínu sem er hið fínefnaríka setlag.



ORKUSTOFNUN
Auðkenni borholu: 49991
Holunafni: TD-01
3-S13-0610
Bls. 1 af 14

BORSKÝRSLA

Bæjarnafn:
 Staður: *Almannagötu Þjóskem Trama dalir* Hóla nr. *TD-01*
 Sýsla: *Skeiðalandssýsla* Jarðbor nr. *Þrimyri*
 Verkaupi: *Þorsteinn Samundsson* GPS N *62°406*
GPS W *628196*

Borkröpa: *SPT* Metra: *100cm* Föðring: *SPT* Metra: *100cm* Dags. Frá *19-10-2018*
Dags. Til *18-10-2018*
 Heitt:
 Kalt:
 Jarðsýni:

Jarðfræðingur: *Þorsteinn Samundsson* Vafnarvagn:
 Borhóla í metrum: Borstjóri: *Alagna Jósa*

1		41		81
2	<i>Fló</i>	42	<i>Fló</i>	82
3		43	<i>Fló</i>	83
4		44		84
5	<i>Ski Tap</i>	45		85
6	<i>Fló</i>	46		86
7	<i>set</i>	47		87
8		48		88
9	<i>Harnar</i>	49		89
10	<i>Leir</i>	50		90
11	<i>Ski Tap</i>	51		91
12		52		92
13		53		93
14	<i>Mikra Ski Tap</i>	54		94
15		55		95
16		56		96
17	<i>Harnar</i>	57		97
18		58		98
19		59		99
20		60		100
21	<i>Fló</i>	61		101
22		62		102
23		63		103
24		64		104
25	<i>Ski Tap</i>	65		105
26	<i>Fló</i>	66		106
27	<i>Fló</i>	67		107
28		68		108
29	<i>Ski Tap</i>	69		109
30		70		110
31	<i>Fló</i>	71		111
32		72		112
33		73		113
34	<i>Mikra Leir</i>	74		114
35		75		115
36	<i>Harnar</i>	76		116
37	<i>Mikra Leir</i>	77		117
38	<i>Harnar</i>	78		118
39	<i>Leir</i>	79		119
40		80		120

ATH: *Jafnbútt 18-10 = 33m*
Hóla flób með Bentanit utan um mælitapa!

Heimilisfang: *Gagnheiði 35* Kennitala: *410693-2169* Sími: *480 8500* Fax: *482 2425* Netfang: *rackto@rackto.is* Heimasíða: *rackto.is*
 800 Selfoss

Mynd 7. Borholuskýrsla frá Ræktunarsamband Flóa og Skeiða.

Þakkir

Fjölmarginir aðilar hafa með einum eða öðrum hætti komið að þessu verkefni og er þeim öllum þakkað kærlega fyrir veitta aðstoð og umræður. Verkefnið var styrkt af Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar og af Ofanflóðasjóði og er þeim kærlega þökkuð aðstoðin. Veðurstofa Íslands og Landsvirkjun aðstoðaði við að setja upp og ganga frá mælitækjum og er þeim þökkuð kærlega sú aðstoð.

Heimildir

- Ágúst Guðmundsson 2000: Freráfjöll og urðarbingir á Tröllaskaga. Háskóli Íslands, Jarð- og landafræðiskor – Meistaraprófsritgerð. 322 bls. Beck & Kane, 1996
- Beck, T. J., Kane, W. F. 1996: Current and Potential Uses of Time Domain Reflectometry for Geotechnical Monitoring.” Proceedings, 47th Highway Geology Symposium, Cody, WY, 94-103.
- Cheben, V., Drusa, M. & Kuba. 2015: Innovative groundwater table monitoring using TDR technology: Int. J. og GEOMATE. Vol.9, No.1, pp. 1428-1433.
- Department of Civil and Architectural Engineering University of Wyoming 1000 E 2006: Time domain reflectometry for monitoring slope movements. University Avenue Laramie, Wyoming 82071. Final report, FHWA-WY-06/03F.
- Drusa, M., Cheben, V. & Bulko, P 2014: New technologies implemented in geotechnical transport constructions. Section Hydrogeology, Engineering Geology and Geotechnics. 14th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM 2014.
- Hafliði Hafliðason 1982: Jarðfræðiskýrsla, vegna jarðsigs á Almenninum við Siglufjörð. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins. 15 bls. Singer, J., Festl, J. & Thuro, K. 2010: Application of Time Domain Reflectometry (TDR) as a monitoring system for subsurface deformations. Geologically Active – Williams et al. (eds) © 2010 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-60034-7
- Singer J. Festl J. & Thuro K. 2010: Application of Time Domain Reflectometry (TDR) as a monitoring system for subsurface deformations. Geologically Active – Williams et al. (eds). © 2010 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-60034-7
- Þorsteinn Sæmundsson, Halldór G. Pétursson & Armelle Decaulne 2012: Recent landslide movements in the Almenningar area in Central North Iceland. 30th Nordic Geological Winter Meeting, Programme and abstracts. Reykjavík, Iceland 9-12 January, pp 103. Þorsteinn Sæmundsson, Halldór G. Pétursson 2004: Kortlagning á sigi á Siglufjarðarvegi um Almenninga. Áfangaskýrsla 2003. NNV-2004-001. 32 bls.
- Þorsteinn Sæmundsson, Halldór G. Pétursson, Höskuldur Búi Jónsson & Helgi Páll Jónsson 2005: Kortlagning á sigi á Siglufjarðarvegi um Almenninga. Lokaskýrsla 2004. Náttúrustofa Norðurlands vestra. NNV-2005-003.
- Þorsteinn Sæmundsson, Pétursson, H.G., Kneisel, C. & Beylich, A. 2007: Monitoring of the Tjarnardalur landslide, in central North Iceland. In: V.R. Schaefer, R.L. Schuster & A.K. Turner (Eds.): First North American Landslide Conference, Vail Colorado, AEG Publication No. 23, 1029-1040.
- Þorsteinn Sæmundsson, Bjarni Bessason, Dana Sitanyiova, Marian Drusa, Bergur Hermann Bergsson, Sigurður Erlingsson & Haraldur Sigursteinsson 2019: TDR used for the first time to monitor slope movements in Iceland. A case study from the Almenningar landslide in central North Iceland. International Symposium on Mitigative Measures against Snow Avalanches and Other Rapid Gravity Mass Flows Siglufjörður, Iceland, April 3–5, 2019.