



NÁTTÚRUSTOFA
Norðurlands vestra

Kortlagning berghlaupa í Skagafirði Nýsköpunarsjóðsverkefni

Nemandi:

Helgi Páll Jónsson

Umsjónarmaður:

Þorsteinn Sæmundsson

NNV-2002-005

September 2002

Kortlagning berghlaupa í Skagafirði

LOKASKÝRSLA

NEMANDI:
Helgi Páll Jónsson
Kt: 120777-5729
helgij@hi.is

UMSJÓNARMAÐUR VERKEFNIS:
Dr. Þorsteinn Sæmundsson, forstöðumaður
Náttúrustofu Norðurlands Vestra
nnv@nnv.is

Unnið með styrk frá Nýsköpunarsjóði Námsmanna og Náttúrustofu Norðurlands-Vestra.

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR	1
2	HUGMYNDAFRÆÐI OFANFLÓÐA OG SKRÍÐUFALLA	2
2.1	Þyngdarafli og drifkraftar ofanflóða	2
2.2	Helstu gerðir og flokkun ofanflóða	2
3	BERGHLAUP	8
3.1	Almennt um berghlaup	8
3.2	Orsakir og umhverfi berghlaupa	8
3.3	Ferli berghlaupa	8
3.4	Um jarðfræði Tröllaskaga og Mið Norðurlands	9
3.5	Þekkt berghlaup á Norðurlandi vestra	10
4	ATHUGANIR OG MÆLINGAR ÓLAFS JÓNSSONAR	11
5	KORTAGERÐ	19
5.1	Vinnsla korta	19
5.2	Yfirlit yfir helstu gögn	19
5.3	Lýsingar á kortum	20
5.4	Kort	20
6	HUGLEIÐINGAR OG LOKAORÐ	28
7	HEIMILDIR	29
	Þakkarorð	30

1. Inngangur

Á Íslandi koma víða fyrir fyrirbæri í náttúrunni sem yfirleitt eru kölluð berghlaup eða framhlaup. Berghlaupin eru skrið bergspildna eða bergmassa úr fjallahlíðum og eru mörg þeirra ansi fyrirferðarmikil og skera sig úr í landslaginu. Á jökulskeiðum ísaldarinnar grófu jöklar dali og firði en þegar þeir síðan hörfuðu við lok síðasta jökulskeiðs skildu þeir eftir brattar hlíðar eftir gróft jöklanna og án stuðnings þeirra. Ef svo einhverjir veikleikar voru í berggrunninum og eða jarðlagahalli samsíða halla hlíðanna, hrundu oft á tíðum niður stórar bergspildur og jafnvel heilu hlíðarnar. Aðrir veikleikar í berginu tóku einnig að magnast við sífelldan ágang hinna útrænu afla, veðrunar og rofs orsakaði oft á tíðum að bergmassinn gaf sig og hljóp fram niður fjallahlíðarnar og settist sem óregluleg urðarhrúga í hlíðarnar eða niður á dalbotninn. Oft virðist þetta hafa gerst í miklum hamfarahlaupum og eru sum berghlaupanna gríðarstór og efnismikil þó að þau nái væntanlega ekki stærð skyldra framhlaupa í stórum fjallgörðum t.d. í Ameríku eða Svissnesku Ölpunum. Berggrunnur þessara landa er hinsvegar yfirleitt mjög frábrugðin þeim íslenska, þar sem Ísland er eldfjallaeyja, að mestu gerð úr blágrýti og móbergi. Þannig hafa berghlaup er orðið hafa hér á landi hugsanlega sín sérstöku einkenni sem vert er að kanna nánar. Þessu verkefni er ætlað að hefja kortlagningu þeirra framhlaupa sem orðið hafa í Skagafirði á Norðurlandi-Vestra.

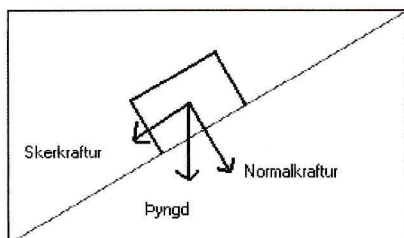
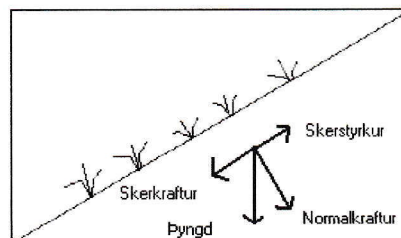
Verkefninu er skipt upp í nokkra hluta. Í fyrstu er tekin fyrir hugmyndafræði ofanflóða og algengustu skriðufallategundum lýst. Stuðst er þar við erlenda bók sem skrifuð er af nokkrum evrópskum skriðfallasérfræðingum (Landslide Recognition, 1996). Lýst er berghlaupunum, orsökum þeirra og umhverfi, sérstaklega umhverfi athugunarsvæðisins, Mið-Norðurland og Tröllaskagi, þar sem berghlaup í Skagafirði, eru eins og áður sagði viðfangsefni verkefnisins. Teknar eru saman mælingar og athuganir Ólafs Jónssonar á berghlaupum á Norðurlandi Vestra og settar upp í töflur og súlurit. Það var gert í þeim tilgangi að fá yfirlit yfir athuganir hans á fyrrnefndum svæðum. Tölfræðileg martækni er þó ekki mikil þar sem fjölda mælinga vantar og oft er um ágiskanir að ræða. Kortagerðinni er lýst í sérstökum hluta og einnig þau kort sem búin voru til. Í lokin er varpað fram hugleiðingum um svæðið.

Vefsíða var einnig unnin samhliða verkefninu. Til stendur að útbúin verði rafrænn gagnagrunnur um berghlaup og skriðuföll, þar sem nálgast má upplýsingar á fljótlegan og auðveldan hátt. Vefsíðan er hugsuð sem nokkurskonar grunnur að því verkefni, sem síðar mætti byggja á við frekari rannsóknir og athuganir. Það verkefni verður gert af frumkvæði Náttúrustofu Norðurlands Vestra og er vefsíðan staðsett á veffangi Náttúrustofu Norðurlands Vestra www.nnv.is.

2. Hugmyndafræði ofanflóða og skriðufalla

2.1 Þyngdarafli og drifkraftar ofanflóða

Drifkraftur ofanflóða og skriðufalla, er þyngdar- eða aðdráttakraftur jarðar. Togar hann alla hluti er hafa massa inn að jarðmiðju og leitast þar af leiðandi við að koma öllu efni í jafnvægi á yfirborði, úr hærri stöðu niður í lægri stöðu. Hversu mikið þetta tog verður stjórnast af hversu massamikið efnið er og í hversu miklum halla það er staðsett.



Myndir 1 og 2

Á mynd 1, sjást kraftvigrar þriggja krafta, skrekrafts, normalkrafts og þyngdar, sem verka á hlut á hallandi yfirborði. Lengd lóðréttu örvarinnar er í réttu hlutfalli við kraftinn. Því þyngri sem hluturinn er því lengri verður örin. Áhrifum þyngdarinnar er hægt að skipta upp í tvo hlutkrafta, sem gefnir eru til kynna með vigurörvunum á myndinni. Fyrst er það örin fyrir normalkraftinn sem er hornréttur á hallaflötinn og gildi hans gefur til kynna eiginleika hlutarins til að haldast í kyrrstöðu í hallanum vegna núnings við yfirborðið. Hinn krafturinn sem samhliða er hallaflötinum kallast skrekraftur. Hann gefur til kynna eiginleika hlutarins til að hreyfast úr stað. Núningsmótstaða við yfirborðið vinnur á móti skrekraftinum. Sé mótstaðan meiri en skrekrafturinn færist hluturinn ekki til. Sé því hinsvegar öfugt farið, tekur hluturinn að hreyfast og renna niður hallaflötinn. Dæmi um slíka hreyfingu getur verið hreyfing samfelldrar blokkar af bergi eða jarðvegi niður hallandi flöt.

Á mynd 2, má sjá sambærilegar kraftvigrar fyrir efni eða jarðlög í hallaflæti. Tregða jarðvegs eða sets í hlíðarhalla, til að færast til eða aflagast er tilkomin vegna skerstyrks efnisins. Skerstyrkurinn stjórnast af innri þáttum eins og samlímingu eða samloðun í jarðveginum, núningi á milli korna, eða hversu vel rætur plantna halda jarðveginum saman. Tengsl eru á milli skerstyrksins og normalkraftsins. Því stærri sem normalkrafturinn er á flötinn því meiri verður skerstyrkurinn. Sé aftur á móti skrekrafturinn stærri, aflagast efnið, fer á hreyfingu og flæðir eða skriður fram.

Þeir þættir sem auka skrekraft, en draga úr skerstyrk, minnka stöðuleika hallaflata. Þegar hinir drifandi kraftar eins og skrekrafturinn yfirvinna mótstöðukraftanna eða skerstyrkinn, skriður efnið fram. Einnig veldur mikill halli flatar því að normalkraftur sem verkar hornrétt á efnismassa í eða á flätinum, minnkar en hallaþátturinn eða togið eykst.

Östöðugur hallaflötur getur myndast við það, að efni hleðst hratt upp. Stuðningur við hallaflæti getur einnig verið tekin skyndilega burtu, eins og oft vill gerast þegar vegir eru búnir til, með því að fjarlægja efni úr rótum hallandi hlíða. Þá hverfur stuðningurinn og styrkur efnisins minnkar. Þrýstingur vatns sem til staðar er í holrými jarðlaga dregur einnig úr þætti normalkraftsins og eykur líkur á skriði. Efni getur yfirmettast af vatni sem að veldur auknum þunga. Titringur eins og kemur fram við jarðskjálfta minnkar innra viðnám efnis og getur veikt jarðlög.

2.2 Helstu gerðir og flokkun ofanflóða

Ofanflóð eru af ýmsum gerðum og mörg hver ákaflega flókin rannsóknarviðfangsefni. Hér á eftir fer flokkunarkerfi eins og það er sett fram af nokkrum evrópskum sérfræðingum á sviði ofanflóða. Stuðst er hér við bókina Landslide Recognition sem nánar er getið í heimildaskrá aftast í skýrslunni, en hún fjallar aðallega um flokkun og sérkenni mismunandi tegunda skriðu-

falla. Snjóflóð eru þó ekki tekin fyrir í þessari flokkun, en þau eru yfirleitt rannsökuð sérstaklega þar sem þau eru ekki hefðbundin skriðuföll jarðefna úr bergi (þótt ís flokkist í raun undir berg), jarðvegi eða seti. Markmiðið er að gefa hér yfirlit yfir fjölbreytileika skriðufalla samkvæmt flokkunarfræði evrópskra sérfræðinga áður en einblínt verður á berghlaupin eingöngu. Margar af þeim ofanflóðagerðum sem taldar verða upp miðast við berggrunn meginlanda þar sem umhverfið er mjög ólíkt því sem gerist á Íslandi og eru ofanflóðin þar oft fjölbreyttari. Ensk heiti hverrar tegundar fylgja í listanum hér fyrir neðan. Íslensku heitin eru hinsvegar feitletruð og hefur þeim verið snarað yfir á Íslensku og skyldi því ekki taka þau of bókstaflega.

Listi yfir ofanflóðagerðir:

- A. **Hrun** – Fall
- B. **Velta** – Topple
- C. **Skrið** – Slide
 - C.1 **Skrið með hringsnúningi** – Rotational Slide
 - C.2 **Skrið án hringsnúnings eftir fleti** – Translational Slide
 - C.2.1 **Flekaskrið** – Block Slide
 - C.2.2 **(Þekju/Hellu)skrið** – Slab Slide
 - C.2.3 **Bergskrið** – Rock Slide
 - C.2.4 **Aurskrið** – Debris Slide
 - C.2.5 **Leirskrið** – Mud Slide
 - D. **Hliðardreifing** – Lateral Spreading
 - D.1 **Hliðardreifing bergs** – Rock Spreading
 - D.2 **Hliðardreifing jarðvegs** – Soil Spreading
 - E. **Flæði** – Flow
 - E.1 **Bergflæði** – Rock Flow
 - E.2 **Aurflæði** – Debris Flow
 - E.3 **Jarðvegslæði** – Soil Flow
 - F. **Samsett ofanflóð** – Complex
 - F.1 **Bergflóð** – Rock Avalanche
 - F.2 **Flæðiskrið** – Debris Slide

Lýsingar á gerðum ofanflóða:

A. **Hrun** - Fall

Hrun á sér stað þar sem berg eða jarðvegur, fellur úr hæð og lendir í frjálsum falli, alla leið niður vegalengd fallhæðarinnar eða einhvern hluta hennar. Hrun er algengt úr klettaþverhnúpum og hamrabrunum. Hrun verður einnig úr strandhömrum, bröttum árbökkum og einnig þar sem menn hafa verið við framkvæmdir, t.d. í námum. Efnismassi hruns getur verið breytilegur að stærð og gerð. Hann getur verið í formi blokka eða flaga, gerður úr mól, hluta af berggrunni, eða hnúllungum úr jökulrænu seti. Eftir að efni losnar og tekur að falla, fylgir árekstur við flötinn sem að verður undir efnismassanum. Önnur ferli taka síðan við þegar massinn byrjar að brotna upp. Sé um frjálst fall er að ræða frá því efnið fer af stað og þangað til það lendir, kallast hrunið "prímert." Verði hinsvegar einhver fyrirstaða á leiðinni er talað um "sekúndert" hrun. Fyrirnefnda gerðin er þó sjaldgæfari. Ferli og hegðun hruns, ræðst af afstöðu, hallahorni og stærð flatarins sem fyrir árekstrinum verður. Stærð og lögun efnismassans sem fellur, og afstöðu hans þegar hann rekt á flötinn. Ef árekstrarflöturinn er vel gróinn, dregur gróðurinn úr höggþunganum. Efnismassinn stöðvast venjulega fyrir neðan hrunstaðinn og ráða áður nefnd ferli mestu um hversu langt efnið fer og hversu mikið það dreifist. Endurtekin hrun úr sama upptakasvæði mynda venjulega keilulaga skriðu úr mulningi fyrir neðan upptökin. Mjög mikil hrun geta breyst í bergflóð sem myndar óreiðukennda uppsöfnun mulnings af öllum stærðum og geta stíflað dali. Mulnings eða jarðvegshrun eiga upptök í efni sem þegar hefur losnað frá berggrunni. Berghrun eiga sér jafnan nokkurn aðdraganda þar sem bergspilda getur verið að gliðna og losna frá berggrunni vegna veðrunar, í allnokkurn tíma áður en að sjálfu hruninu kemur.

B. Velta – Topple

Velta er snúningur efnismassa í halla fram á við, umhverfis þungamiðju, þannig að hann kollsteypist eða veltur fram fyrir sig. Efnismassinn getur verið berg, setmulningur eða jarðvegur. Veltuhreyfingin getur síðar náð hámarki í skyndilegu hrúni eða skriði. Efnið byrjar á því að halla sér fram á við í heilu lagi. Síðan brestur það undan álagi, steypist fram fyrir sig, skellur síðan á undirlaginu þar sem það brotnar, skoppar, rúllar, eða skríður fram á við. Efnismassinn er venjulega stuðlar eða dálkar, þar sem hæðin er mun meiri en breiddin. Þeir verða til þar sem lagskipting er óregluleg, kleyfni, samskeyti og spennusprungur liggja nánast samhliða hæstu hallaflötum háhryggja eða tinda. Orsakir veltuhreyfingar eru venjulega veðrun, þar sem sprungur og kleyfnifletir gliðna í sundur, og einnig aflögun hnoðanlegs eða deigs undirlags. Velta bergmassa verður venjulega á hærri stöðum en velta jarðvegs, eða sets. Þar af leiðandi færir bergveltan til mun meira efnismagn. Skriðhraðinn og uppsöfnunarsvæði efnisins er fellur til, er einnig háð hæðinni.

C. Skrið - Slide

Hreyfing jarðvegs eða bergblokkar niður á við eftir hallafleti kallast skrið. Skrið er algengast á svæðum þar sem að veikleikar eru í berggrunni, á mjög sprungnum og slitnum svæðum þar sem efnið verður fyrir miklu skerálagi eða togi niður á við. Yfirleitt er um að ræða tvennskónar skriðhreyfingar. Annars vegar skrið þar sem skriðmassinn fær snúningshreyfingu eftir bogadregnu yfirborði og hins vegar þar sem hann skríður eftir næstum því planlaga fleti án snúningshreyfingar.

C.1 Skrið með hringsnúningi – Rotational Slide

Skrið með hringsnúningi verður eftir hringlaga eða íhvolfu yfirborði og getur verið, einfalt, margþætt eða í röðum. Skriðblokkin hlutast í sundur í nokkrar mismundandi blokkir vegna þversprungna sem myndast er massinn fer af stað. Þessar blokkir fá síðan halla aftur á bak við skriðhreyfinguna niður á við. Við jaðrana myndast skaraðar sprungur í aðalblokkina. Ásýnd skriðunnar birtist sem óreglulegt afrennslismynstur þar sem afrennsli er töluvert skert, eða truflað. Geta þess vegna myndast tjarnir og þverstallar í lægðum milli skriðeininganna. Við hringskrið verður lítil innri aflögun á efninu í skriðumassanum og verður hann því mjög svipaður óhreyfða jarðveginum umhverfis, nema skriðan standi á skilum steindasamsetninga. Hringskrið myndast oft þar sem skiptast á sterk og veikari jarðlög eins og mergill, kalksteinn eða sandsteinn. Algengast er að það verði í brekkum eða hlíðum þar sem þykkt jarðvegsþekju eða jökulsets er mikil og lítill gróður heldur jarðveginum saman. Ef um bergskrið með hringsnúningi er að ræða, verður það aðallega í mjög sprungnu bergi. Jarðvegsskrið verða venjulega úr finmynstruðu samloðandi efni eins og samlímdum leir, veðruðum mergli og leirsteini.

C.2 Skrið eftir fleti án hringsnúnings – Translational Slide

Skrið án hringsnúnings verður eftir fleti eða plani þar sem allur efnismassinn hliðrast til í einu og skríður niður á við eftir nokkurn vegin sléttum hallafleti. Hvort massinn brotnar upp við skriðið eða helst saman sem ein blokk veltur á hraða hans niður flötinn og hallabættinum. Skriði eftir fleti er skipt niður í nokkra undirflokk, flekaskrið, (þekju/hellu)skrið, bergskrið, aurskrið og leirskrið.

C.2.1 Flekaskrið – Block Slide

Flekaskrið er oftast partur af stærri samsettum skriðuföllum. Samsettar skriður finnast oft í samlímdum leir sem bæði er stífur og sprunginn. Í flekaskriðum myndast oft lægðir við efsta hluta skriðunnar og eyðileggjast jaðrarnir venjulega alveg við skriðið. Skriðutungan neðst, ris yfirleitt nokkuð þar sem efnið sest gjarnan ofan á set fyrri skriða. Orsakir flekaskriðs eru í fyrsta lagi breyting á berggerð eða röð berglaga, þannig að fyrir hendi er veikt lag sem hallar í átt að skriðfletinum. Einnig getur afhleðsla af bergi vegna rofs eða byggingarframkvæmda manna, og aukin þrýstingur í holrými jarðlaganna verið orsakapáttur.

C.2.2 (Þekju/Hellu)skrið – Slab Slide

Þekjuskrið verða í halla úr fínum ósamliðnum jarðvegi, eða grófari mulningi saman við finna efni. Veðraður jarðvegur, upprunninn í leir, leirsteini og silt/leir er mjög oft aðalefni slíkra skriða. Veðraða efnið skriður eftir yfirborði óveðraðs eða lítið veðraðs berggrunns. Ásýnd skriðunnar er venjulega ferhyrningslaga eða þríhyrningslaga ef séð er ofan á hana. Lægð myndast oft við efsta hlutann en fyllist fljótt af efni sem hrynur úr brotsárinu. Ef um stór skrið er að ræða fylgja oft lítil leirskrið í kjölfarið úr jöðrum aðalskriðblokkarinnar. Þekjuskrið eru fremur máttvana miðað við hver lengd þeirra og breidd getur orðið. Þau eru sérstaklega næm fyrir árstíðarbreytingum á grunnvatnsstöðu. Hreyfingin eykst í votmánuðum en getur stöðvast alveg á þurrkatímabilum. Ef jörð frýs og þiðnar til skiptis getur það komið af stað hreyfingu. Orsakir þekjuskriðs eru þær sömu og hjá flestum öðrum skriðuföllum þ.e. breytingar á halla, vatnsverkun og framkvæmdir manna. Hversu djúpt skriðið nær ræðst hinsvegar fyrst og fremst af dýpt jarðvegsþekjunnar og hallanum.

C.2.3 Bergskrið – Rock Slide

Bergskrið eru algengust í fjallahlíðum þar sem halli hlíðarinnar er nánast samhliða halla berglaganna. Erfitt er að skilgreina ferli bergskriða þar sem form þeirra eru mörg. Hreyfingin getur verið hægfare, á stærðaskalanum millimetrar upp í nokkra metra á dag. Hún getur einnig verið mjög hröð og breyst yfir í hraðfara bergflóð. Gerist það ef innri ferli eins og vökvaeiginleikar, núningslaust kornaflæði, hita og gufumyndun ná að koma fram í efni skriðblokkarinnar, þegar það hlutast sundur og brotnar upp.

C.2.4 Aurskrið – Debris Slide

Er skrið ósamloðandi efni sem að brotnar upp í smærri og smærri einingar eftir því sem neðar dregur niður hallaflöt. Aðalefni aurskriða eru venjulega laus bergmulningur og veðraðir hlutar þéttsprunginna berghluta, eins og skífulaga sets þar sem skiptast á sandskífur og leirskífur. Veiki flöturinn sem efnið skriður eftir er venjulega á milli setsins og berggrunnsins. Í flest öllum loftlagsumhverfum og sérstaklega í fjallahéruðum er set og veðrað efni í frekar þunnum lögum og því hefur skriðumassinn yfirleitt ekki meiri þykkt en 0,5 - 1,5 metra. Hraði og úthlaup aurskriða eykst með halla en dvínar með auknu leirmagni skriðefnisins. Margar aurskriður breytast í aurflæði. Sérstaklega ef mikið vatn er til staðar í efninu og landfræðilegar aðstæður eru þannig að vatn og efni skriðsins eiga auðvelt með að blandast saman. Ef hallinn er mjög mikill geta aurskrið einnig breyst í aurflóð. Það er algengt í jökulskornum dölum þar sem jökulruðningur eða jökulset standa í halla hátt yfir núverandi árfarvegi. Oft eru orsakir aurskriða, jarðskjálftar, eða miklar rigningar. En vatnið eykur þrýsting í holrými skriðefnisins og minnkar skerstyrk þess. Ef gróðurþekja eyðist vegna elda eða skógarhöggs, eykur það einnig mjög líkurnar á aurskriði.

C.2.5 Leirskrið – Mud Slide

Leirskrið er hreyfing massa, þar sem mjúkur leirkenndur silt eða sandmulningur skriður fram. Skriðhreyfingin er mjög hæg, um 1-25 cm/ári. Þó eru sértílfelli þar sem hreyfingin getur verið um 100 m/dag, allt niður í löng tímabil án þess að nokkurrar hreyfingar verði vart. Efsti hluti skriðunnar er skárlaga með bröttum veggjum. Efnið í efsta hluta skriðunnar venjulega mjúkur, veðraður mulningur með lægðum sem oft innihalda vatn. Skriðbrautin verður að ílangri rás eða farvegi sem efnið flæðir um. Farvegirnir eru venjulega brattir, beinir eða bughallast örlítið og eru mislangir.

D. Hliðardreifing – Lateral Spreading

Hliðardreifing er útvíkkun eða dreifing samloðandi bergs eða jarðvegs yfir undirliggjandi massa sem afmyndast, þar sem hann er úr mýkra og veikara efni. Það nær einnig yfir fjölda annarra massahreyfinga þar sem tíðni og hraði er talsvert mismunandi.

D.1 Hliðardreifing bergs – Rock Spreading

Hliðardreifing bergs er djúpstæð "plastísk" aflögun í bergmassa vegna álags þyngdarafsisins, sem leiðir til útvíkkunar yfirborðs. Massinn sem hreyfist brotnar upp í raðir þar sem skiptast á hæðir og lægðir. Stigvaxandi útvíkkun bergmassans á sér stað, annaðhvort í einsleitu eða samloðandi bergi sem hvílir á veikara undirlagi. Í seinna tilfallinu er ástæðan, útvíkkun á lóðréttum spennusprungum sem myndast hafa í ofanálíggjandi berginu. Landmótunin verður nokkuð sérkennileg með tvöföldum hryggjum, skurðum og brúnum sem vísa upp í hliðar. Hreyfingin getur náð yfir marga kílómetra og er efnismagnið sem er á hreyfingu, mjög mikið, venjulega yfir milljón m^3 . Hraðinn er þó lítill, ef miðað er við hraða annarra skriðhreyfinga.

D.2 Hliðardreifing jarðvegs – Soil Spreading

Hliðardreifing jarðvegs eða sets stafar einnig af "plastískri" aflögun í jarðvegs- eða setmassa en verður venjulega í kjölfar þess að efni missir styrk vegna langvinns álags. Landmótun verður að mestu sú sama og í hliðardreifingu bergs, en þó mun smærri í sniðum. Hliðardreifingu jarðvegs var stundum gefið nafnið jarðvegsflæði eða leirskrið en slíkt er tíðkast þó ekki lengur. Dreifingunni má lýsa þannig að veikt jarðvegslag á vissri dýpt hrynur eða fellur saman. Sest þá annaðhvort sterkara lagið til, sem hvílir ofan á, eða allur skriðmassinn gefur sig alveg og aflagast. Hraði ferlisins getur verið ótrúlega mikill, yfirleitt aðeins nokkrar mínútur og getur gerst í mjög litlum halla. Efni jarðvegsins eða setsins getur verið mól eða blautur sandur. Sérstaklega eru þó svæði þar sem ógegndræp leirlög og kvikleir eru til staðar viðkvæm fyrir þessari tegund hreyfingar. Kvikleir finnast aðallega á svæðum þar sem setmyndun hefur orðið í sjávarumhverfi. Ástæður þess að blautsandur eða kvikleir gefur sig og hrynur saman geta verið löng tímabil mikilla rigninga eða snjóbráðnunar sem veldur þrýstingi í holrými jarðvegsins. Einnig getur orsakavaldurinn verið högg eða titringur við jarðhræringar eins og jarðskjálfta og framkvæmdir manna.

E. Flæði - Flow

Í flæði skríða agnir efnismassans hver framhá annarri. Flæði getur orðið í mikið sprungnu bergi, molum eða mulningi í fínni millimassa eða fínkorna efni. Flæði er samfelld aflögun efnis vegna utanaðkomandi krafts eða álags sem verkar á efnismassann. Einkenni flæðis eru þess vegna innri hreyfingar sem að dreifast yfir allt efnið.

E.1 Bergflæði - Rock Flow

Bergflæði er hægfara djúpstæð afmyndun á einsleitu bergi sem hefur þetta sprungumyndun. Rúmmál bergsins er yfirleitt mjög mikið, nokkur þúsund m^3 og þykktin nokkrir tugir metra. Sum bergflæði virðast hafa stöðuga hreyfingu en önnur virðast fara af stað við miklar rigningar eða öfluga jarðskjálfta. Undir sérstökum kringumstæðum getur hægfara flæðið verið undanfari annarskonar ferlis og getur breyst í hamfarir eins bergflóð eða aurflóð. Bergflæði verða eingöngu þar sem halli er nógu mikill til að valda mikilli þyngdarspennu í bergrunninum, sem þó viðheldur mestu af stöðugleika sínum. Slík skilyrði eru einkennandi fyrir dalahlíðar á mjög hálendum svæðum, í strandhömrum og í fjallahéruðum þar sem jöklar hafa nýlega hörfað.

E.2 Aurflæði – Debris Flow

Aurflæði er blanda af fínu efni, sandi, silti og leir ásamt grófara efni eins og mól og hnullungum, auk breytilegs vatnsmagns. Úr þessu myndast leðjukennd blanda er tekur að renna niður á við. Gerist þetta aðallega í bratta sem þakin er þunnum ósamhlímdum berg og jarðvegs-mulningi, eða þar sem gróðurþekja hefur eyðst vegna skógarelda eða skógarhöggs. Flæðið fylgir yfirleitt eldri afrennslisleiðum og slóð þess hefur venjulega V-laga eða ferhyrningslaga þverskurðarlögun. Grófari efnin færast oft út að jöðrum flæðisins og mynda þar hryggi. Setið sest venjulega til þar sem að halli farvegsins minnkar, eða framan við fjallsrætur. Við sífellda endurtekningu aurflæðis myndast aurkeilur. Sum aurflæði eru ákaflega stór, vökvakennd og flæða langt frá upptökum sínum. Orsakirnar má yfirleitt rekja til mikils vatnsmagns í jarðvegi sem annars er ekki yfirleitt ekki til staðar. Vatnið kemur með miklum rigningum, hraðri snjóbráðnun og flóðum.

E.3 Jarðvegsflæði – Soil Flow

Jarðvegsflæði eru einkum þrennskonar. Blaut jarðvegsflæði, blaut sandflæði og þurrsandsflæði. Í blautu flæðunum er efni venjulega af einni, fingerðri kornastærð þar sem að grófara efni kemur sjaldan fyrir. Þar sem að efni þessara ofanflóða er mjög fingert, eru þau mjög kvik og flæða mjög hratt niður hlíðar. Þau fylgja venjulega lægðum eða farvegum í landslaginu og dreifa sér síðan í flatar keilur eða þunn lög þegar jafnsléttu er náð. Þurrsandsflæði verða mjög sjaldan. Þau myndast þegar massi þurrefnis, hrynur úr eða yfir hallaflöt og fær vökvaeinkenni þegar hann brotnar upp. Þurrsandsflæði verða einnig úr sandöldum eða svipuðu sandseti. Nægilegt magns hentugs jarðefnis, brattir hallaflétir, yfirmagn af vatni og fleira getur komið jarðvegsflæði af stað.

F. Samsett ofanflóð – Complex

Algenzt er að nokkur ferli ofanflóða sameinist í einu og myndi samsett ofanflóð. Slíkt flóð myndast þar sem að upprunaleg gerð breytist, í aðra eða aðrar gerðir ofanflóða, á niðurleið. Tvö þessara flóða skera sig þó úr vegna sérstakrar hegðunar, en það eru bergflóð og flæðiskriði. Ferli samsettra ofanflóða og eiginleikar þeirra, eru ekki ennþá að fullu skilinn.

F.1 Bergflóð – Rock Avalanche

Bergflóð er að mestu leyti þurr bergmulningur sem brotnað hefur frá klettum eða hömrum og ferðast með miklum hraða yfir mikla vegalengd, jafnvel þó að halli sé lítill. Hraðinn getur verið tugir metra á sekúndu og vegalengdin spannað marga kílómetra. Á því svæði þar sem efnið sest til getur rúmtak þess farið yfir milljón m^3 , og þakið $0.1 km^2$ svæði. Bergflóð geta farið ákaflega langar vegalengdir frá upptökum og ekki hefur fundist nein almenn skýring á hvað veldur því. Hreyfiferli bergflóða má skipta upp í tvo hluta. Upptökin, sem verða annaðhvort í formi skriðs eða hruns, og streymi efnisins sem kemur þar á eftir. Hreyfingin veltur sennilega á iðu- eða ólgustreymi korna í efnismassanum, með dreifðu álagi sem orsakast af skriðþungafærslu, vegna árekstra agnanna. Slíkt ferli þarfnast ekki vökva í formi vatns eða lofts og gæti því útskýrt svipuð bergflóðafyrirbæri, sem þekkt eru í geimnum (Mars og Tunglinu) þar sem aðrar aðstæður eru ríkjandi en á jörðinni.

F.2 Flæðiskriði – Flow Slide

Flæðiskriði er ákaflega aflmikið form setflæðis og hefur mikinn eyðileggingarmátt. Flæðiskriður hefjast þar sem bratti eða halli er gerður úr óstöðugum og illa samþjöppuðum jarðvegi. Einkennandi fyrir flæðiskriði er langt úthlaup og mikill hraði. Efnið missir samloðun sína og innri styrk og verður að fljótandi massa. Hin ýmsu ferli flæðiskriðs eru ekki ennþá þekkt. Efnið er talið breytast í afrennslislausan massa þegar innri spennan færir yfir á vökvann í byggingu hans. Vökvinn gæti verið í formi lofts eða vatns og því er aðalferli hreyfingarinnar talin vera vötnun eða ysjun, eða þegar setið þyrlast upp í lausn. Hinn gríðarlegi hraði sem flæðiskriði ná eru yfirleitt talin vera ábending um að slíkt ferli eigi sér stað. Flæðiskriði verða ekki eingöngu mjög fljótt vökvakennd, heldur er efnið mjög fljótt að storkna eða harðna aftur þegar hreyfingunni líkur og það sest til. Á undan flæðiskriði geta orðið loftsprenningar sem valdið geta mikilli eyðileggingu. Flæðiskriði hefjast oft í miklum halla og fylgir skriðið síðan þröngri og beinni leið niður á við. Landslagsform þeirra er langt og þröngt og þykkt efnisins sem sest til verður minniháttar. Erfitt getur verið að greina flæðiskriði frá leirskriði eða aurflæði, þar sem margir landmótunarlegir eiginleikar eru sameiginlegir. Ýmsar orsakir geta legið að baki flæðiskriði. Upphaflega getur það orsakast í kjölfar skriðs með hringsnúningi, vegna titrings eða högga, mikilla rigninga, hraðrar upphleðslu efnis, eða við það að stuðningur við halla er fjarlægður.

3. Berghlaup

3.1 Almennt um berghlaup

Berghlaup flokkast undir skriðuföll, en þau eru ein tegund ofanflóða. Til ofanflóða flokkast einnig hrún, aurskriður og snjóflóð eða hvert það jarðrask fasts bergs, lausra jarðefna eða vatns í fljótandi eða föstu formi, er vill verða í hálendisumhverfi er ójafnvægis gætir vegna áhrifa þyngdarkraftsins.

Berghlaupin, skera sig þó frá öðrum skriðuföllum að nokkru leyti. Flest berghlaup á Íslandi eru forn fyrirbrigði og afleiðingar jökulhörfunar við lok síðasta jökulskeiðs. Berghlaup verða til við það að bergspildur eða blokkir frekar en laus jarðefni, losna eða rifna frá föstu bergi í halla. Venjulega gerist þetta í fjalllendi en getur t.d. einnig gerst þegar sjór grefur undan strandhömrum. Efnismassinn hrynur, veltur, eða skriður niður hliðina og sundrast og molnar á niðurleiðinni. Þar sest efnið til sem urðir eða hólur þegar jafnsléttu er náð í dölum eða lögðum. Í brattanum situr venjulega eftir brotsár eftir spilduna sem losnaði frá berggrunnum.

Ólafur Jónsson, fyrrverandi búnaðarráðunautur á Akureyri var frumkvöðull í rannsóknnum á skriðuföllum og ofanflóðum á Íslandi. Hann skrifaði nokkrar bækur um viðfangsefnið og þar á meðal bókina Berghlaup. Hann er auk þess, sennilega fyrsti maðurinn til að nefna fyrirbrigðið berghlaup. Eins og kemur fram í bók hans, fannst honum nafnið henta. Sérstaklega vegna þess að orðið hlaup, er algengt um ýmiss sambærileg fyrirbæri í náttúru landsins eins og jökulhlaup eða hlaup í ám. Auk þess verður klofningur efnisins úr berggrunni. Berghlaupin gætu hugsanlega svarað til þess sem í liðnum hér á undan um hugmyndafræði ofanflóða, nefndist Bergskrið (rock slide), en nákvæm skilgreining á berghlaupi virðist þó ekki vera til.

3.2 Orsakir og umhverfi

Berghlaup myndu ekki verða, ef ekki væri neitt hálendi til staðar ásamt þeim öflum sem að brjóta það niður. Má því segja að hæðarmunur í landslagi sé því meginorsök berghlaupanna ásamt aðdráttarkrafti jarðar.

Hálendið verður til við jökulrof, upphleðslu efnis í eldgosum og við ýmiskonar misgengi vegna hræringa og óróleika í jarðskorpunni. Sem dæmi má nefna þegar jarðlög þrýstast saman og mynda fellingar líkt og gerist við fellingafjallamyndun eða togast í sundur og jarðlagaspilda sigur á milli. Land rís við að yfirliggjandi jarðlög eyðast vegna veðrunar, rofs og þegar fargi jökla léttir af jarðskorpunni. Einnig hefur sjávarstöðuhæð, verið breytileg í gegnum jarðsöguna. Hefur sjávarstaða annaðhvort hækkað eða lækkað eftir því sem skipst hafa á hlýskeið og jökulskeið isaldarinnar. Hefur það haft áhrif á myndun hálendis. Forn fjöllumörk finnast nú langt upp í landi. Sjór, vindur, vatnsföll og jöklar vinna síðan að því að brjóta fjöll og hálendisbrúnir niður og skapa þær aðstæður sem þarf til að berghlaupin geti átt sér stað.

Kveikjan að sjálfu berghlaupinu eru svo oftast sprungur sem myndast í bergið en berg er yfirleitt mikið sprungið og er blágrýtið oft mjög stuðlað með bæði láréttum og lóðréttum samskeytum og sprungum er myndast við kólnun og samdrátt bergsins. Bergið verður einnig fyrir hitabreytingum, þenst út og dregst saman til skiptis, en við það myndast sprungur og glufur. Vatn seytlar ofan í sprungurnar og veldur þar bæði auknum þrýstingi ásamt því að auka rúmmál sitt þegar það frýs og vinnur þannig að því að víkka sprungur og glufur í berginu. Smám saman gefur bergið sig og losnar. Bergið getur líka veikst og orðið fyrir hnjaski þar sem gangberg hefur troðist inn í jarðlögin. Jarðskjálftar veikja berg og geta komið af stað hrúni og framhlaupum.

Í riti sínu um berghlaup ræðir Ólafur Jónsson um samband berghlaupa og halla jarðlaga. Hann telur þó að ekki sé marktækt samband á milli þessara þátta. Árni Hjartarson, jarðfræðingur, tekur þetta líka fyrir í grein sinni í tímaritinu Týli er nefnist "Berghlaup á Íslandi". Hann skoðaði samband jarðlagahalla og berghlaupa á Austfjörðum. Niðurstaða hans út frá þeim athugunum er hinsvegar að glögg samband sé þarna á milli.

3.3 Ferli berghlaupa

Hegðun berghlaupa og hversu stór þau verða þegar þau hlaupa fram veltur á samspili ýmissa þátta. Hversu mikill hallinn er þegar hlaupið á sér stað og hversu mikið rúmmál efnis fellur, en rúmtak berghlaupa spannar sennilega frá nokkrum hundruð þúsunda m³ og allt yfir milljón m³.

Einnig skiptir máli afstaða massans þegar hann brotnar upp, hvernig hann snýr þegar hann skellur á undirlagi t.d. í fjallshlíð, ástand yfirborðsins og núningur þess við efnismassann þegar hann fer eftir því. Sé hallayfirborðið þakið gróðri, getur það dregið úr högginu og haft áhrif á ferli hlaupsins.

Samkvæmt Ólafi Jónssyni hafa berghlaup þrjú megin einkenni. Fyrst er þar að nefna upptökin eða "brotsárið" en úr því brotnar efnismagnið sem hleypur fram. Í öðru lagi er það rennslið eða "farið", en það er flöturinn sem massinn hleypur eftir niður brattann. Í þriðja lagi er það aðsetrið eða "sætið", sem er sá staður þar sem efni hlaupsins sest til og myndar urðir og hóla. Oft situr þó nokkuð af efninu í farinu. Verður þá oft erfitt að greina að öll þrjú einkennin. Veðrun og rof, ummynda síðan urðina með tímanum. Þar myndast jarðvegur og gróður getur tekið að vaxa.

Ef um mjög stórt og kraftmikið hlaup er að ræða getur massinn haft mikla úthlaupslengd. Menn hafa deilt um afifræði mjög stórra og kraftmikilla berghlaupa, en þau virðast fá vökva-eiginleika, beygja jafnvel eftir farvegum í landslagi eins og rennandi vatn. Þessi eiginleiki gerir þeim einnig mögulegt að ferðast mun lengri leið en stærð þeirra og kraftur gefur tilefni til t.d. upp í andstæðar hlíðar. Sem dæmi um stór framhlaup hér á landi er fyrrnefnd atriði gætu átt við, mætti nefna Vatnsdalshólanna og Loðmundarskriður í Loðmundarfirði.

3.4 Um jarðfræði Tröllaskaga og Mið-Norðurlands

Íslenski jarðsögu er venjulega skipt í þrjú tímaskeið. Tímabilið Tertíer er elst og spannar tímabil frá því fyrir 15 milljón árum, þar til fyrir 3,1 milljón árum. Elstu berglög landsins mynduðust fyrir um 15 milljón árum. Á eftir tertíer kemur tímaskeiðið kvarter er skiptist í ísöld og nútíma. Ísöldin nær yfir tímabilið frá 3,1 milljón árum þar til fyrir 10.000 árum. Á þessu tímabili skiptust á hlýskeið og jökulskeið, eða tímabil með hlýrra og kaldara loftslagi. Tímabilið frá lok ísaldar fyrir 10.000 árum og til okkar daga nefnist síðan nútími.

Á milli Skagafjarðarsýslu og Eyjafjarðarsýslu er mikill skagi sem núorðið er oftast nefndur Tröllaskagi. Skálarjökklar og hvíltir eru áberandi í skaganum og víðast hvar er hann yfir 1000 m hár. Jarðmyndanir Tröllaskagans og Mið-Norðurlands eru allt myndanir fyrrnefndra tímaskeiða. Á tertíer hlóðst upp þykkur jarðlagastaflí þar sem hvert hraunlagið rann yfir annað. Á milli hraunlaganna finnast þó víðast hvar rauð millilög sem eru jarðvegssetlög, en á milli þess sem hraunlög runnu greri landið og jarðvegur myndaðist. Tíðni eldgosa var þó það mikil að þykkt jarðvegsins náði aldrei að verða veruleg. Á jökulskeiðum ísaldar var loftslagið hinsvegar kalt og jökklar voru í framrás. Þeir hafa skilið eftir sig jökulbergslög í jarðlagastaflanum og hafa fundist ummerki 20-30 jökulskeiða ísaldarinnar á Íslandi. Aldursgreiningar sem byggjast á niðurbroti geislavirkra samsætna og hafa verið gerðar í Tröllaskaga, gefa til kynna að aldur jarðlaganna nái frá tæplega 9 milljónum ára upp í liðlega 11 milljón ár.

Jarðlögum í Tröllaskaga hallar inn að fornu gosbelti sem lá norður Húnavatnssýslur og út í Húnaflóa. Þar hallar jarðlögum í átt að gosbeltinu frá báðum hlíðum og myndast þar svonefnd samhverfa. Jarðlögum vestan Skagafjarðar og í Sléttuhlíð hallar yfirleitt til vesturs eða suðvesturs inn að samhverfunni. Þegar gosbeltið í Húnavatnssýslu dó út, myndaðist annað gosbelti austan Eyjafjarðar sem lagði farg ofan á spilduna þar sem eldvirknin tók sig upp. Snaradist spildan vegna fargsins og þess vegna snarhallar jarðlögum í Vaðlaheiði og Ljósavatns-skarði til austurs inn undir gosbeltið þar fyrir austan. Frá Höfðahverfi austan Eyjafjarðar, skáhallt vestur yfir fjörðinn og þaðan til suðvesturs inn Tröllaskagann liggja hallaskil. Þau skilja að vestur- og austurhalla og kallast andhverfa. Þessi skil verða ógleggri eftir því sem innar dregur. Innst er samfelldur suðurhalli. Jarðlagahallinn er mismikill og mestur er hann neðst í fjöllum og nálægt gosstöðvum þar sem hann er þó yfirleitt staðbundinn.

Flest jarðlög á Tröllaskaga eru úr basalti. Þar finnast rústir fjögurra megineldstöðva. Í grennd við eldstöðvarnar finnast súr og ísúr hraun úr andesíti og rhyólíti. Þunn leirkennd setlög eru inn á milli hraunlaganna. Þau eru jarðvegur að uppruna og eru oftast rauð að lit. Þykkari setlög finnast þó einnig á stöku stað. Eru þau oftast úr leirsteini, sandsteini eða jafnvel völubergi.

Á tertíertímabilinu var vatnsrof ríkjandi. Væntanlega hefur bergið fyrst verið óþétt og lekt. Vatnið hefur síðan farið að renna meira á yfirborði, eftir að hafa fyllt holur og glufur með því að bera með sér efni sem síðan hefur fallið út og fyllt upp í bergið. Þá hafa árnar tekið að grafa sig niður og mynda árdali. Á ísöld lagði síðan jökul yfir bergið. Jökulrof hófst og jökklar tóku að grafa og víkka árdalina. Þegar jöklarnir síðan hörfuðu aftur, veittu þeir dalahlíðunum sem nú voru orðnar snarbrattar, ekki lengur stuðning og mikið hallaójafnvægi hefur ríkt.

Fyrir um 10.000 árum, rétt eftir að ísöldinni lauk, hefur því verið aðaltímaskeið berghlaupanna. Flest þeirra hafa þá væntanlega hlaupið fram og orðið til. Berghlaup sem fallið hafa við lok fyrri jökulskeiða ísaldar getum við væntanlega ekki kannað, þar sem ummerki þeirra hafa afmáðst vegna jökulrofs þeirra jökulskeiða, sem á eftir komu.

(Að mestu byggt á grein Hauks Jóhannessonar í Árbók ferðafélags Íslands frá 1991; sjá nánar í heimildarskrá)

3.5 Þekkt berghlaup á Norðurlandi-Vestra

Berghlaup eru þekkt víða á Norðurlandi-Vestra og sérstaklega hafa þau orðið tíð í Tröllaskaganum, þá í Fljótum og í dölunum sem liggja upp af Höfðaströnd. Af landsfrægum stöðum í Skagafirði er draga nafn sitt af berghlaupi má t.d. nefna Hóla í Hjaltadal. Berghlaup hafa verið algeng í Húnavatnssýslum, sérstaklega í Langadal, en í norðari hlíð dalsins tekur nánast hvert hlaupið við af öðru. Kunnasta berghlaup sem orðið hefur á Norðurlandi-Vestra og hugsanlega landinu öllu eru hinir margbrotnu Vatnsdalshólar í A-Húnavatnssýslu.

4. Athuganir og mælingar Ólafs Jónssonar

Ólafur Jónsson athugaði berghlaup í Skagafirði á tímabilinu 1952-1968. Flest hlaupin sýnist mér við skoðun á riti hans, að hann hafi athugað árin 1958 og 1968. Mörg berghlaup skoðaði hann oft en einu sinni en önnur náði hann aðeins að skoða út frá ljósmyndum og loftmyndum. Ólafur var vel meðvitaður um að mælingar hans væru ekki hárnákvæmar og oft byggðar á hreinum ágiskunum. Í berghlaupariti sínu segir Ólafur orðrétt:

"Vinnubrögð mín við þessar rannsóknir hafa oftast verið óhagkvæm. Að mestu hafa þær verið gerðar á hlaupum sem ígripastarf og alltaf í tímahraki. Af því hefur leitt að því hefur leitt að ég hef sjaldnast geta unnið úr athugunum mínum á staðnum og oftast ekki fyrr en nokkru eftir, að þær voru gerðar."

Auk þess bætir hann við:

"Lengi var mér vant nauðsynlegra tækja til rannsókna, svo sem hæðarmælis o.fl., og var það bagalegt."

Athuganir Ólafs hljóta þó ennþá að vera í fullu gildi og bestu heimildir yfir berghlaup á Íslandi. Þegar litið er yfir bók Ólafs um berghlaupin og skoðað hvernig hann vann að athugunum sínum mætti ef til vill skipta athugunum hans í eftirtalin 6 atriði:

1. Skoðun á kortum og loftmyndum
2. Nákvæm lýsing á landslagi og berghlaupasvæði
3. Skoðun á bergi
4. Reynt að ákvarða aldur út frá útliti, jarðvegsmyndun og öskulögum
5. Mælingar eða áætlanir á fallhorni, fallhæð, rúmmáli, flatarmáli og hlauphorni
6. Reynt að gera sér grein fyrir hvernig berghlaupið bar að

Fimmta atriðið er tekið betur fyrir hér og sýnir tafla 1 á næstu síðu mælingar og ágiskanir Ólafs á berghlaupum á Norðurlandi-Vestra. Auk þess voru útbúnar nokkrar tölfræðilegar töflur ásamt súluritum sem eru ætlaðar til þess að gefa yfirsýn yfir mælingar Ólafs á berghlaupum í fyrrnefndum landshluta. Á síðu 20 er nafnalisti yfir þau hlaup sem Ólafur skoðaði og eiga tölurnar í töflunni og gröfunum á næstu síðum við þennan lista. Nöfn á berghlaupum 1-33 eiga við berghlaup sem orðið hafa í Skagafirði. Eins og áður sagði er ekki um nákvæmar mælingar að ræða, auk þess sem nokkuð vantar upp á af tölum fyrir mörg berghlaupanna.

Tafli 1

Nr.	fallhæð(m)	hlauplengd(m)	fallhorn(°)	hlauphorn(°)	flatarmál (km ²)	rúmmál (m ³)
1	650	2300	16	16	?	?
2	600	3200	10	10	3,6	100 millj.
3	300	950	17	17	0,5	8 millj.
4	300	?	?	?	0,2	2 millj.
5	300	1000	17	17	0,17	1 millj.
6	650	1500	23	23	?	?
7	?	?	?	?	?	?
8	350	1050	17	17	0,6	9 millj.
9	?	?	?	?	?	?
10	400	1100	20	20	0,4	10 millj.
11	?	?	?	?	?	?
12	?	?	?	?	0,2	4 millj.
13	?	?	?	?	?	?
14	350	800	25	25	0,25	1 millj.
15	470	1900	15	15	2,4	50 millj.
16	190	600	19	19	0,4	8 millj.
17	440	1600	15	15	2,2	50-60 millj.
18	250	750	18	18	0,5	5 millj.
19	550	1600	18	18	1,5	20 millj.
20	?	?	?	?	0,75	10 millj.
21	550	1700	18	18	1,3	15-20 millj.
22	700	1500	25	25	?	?
23	?	?	?	?	?	?
24	500	1500	20	18	1,2	22 millj.
25	800	2600	18	18	2	30 millj.
26	750	3000	15	15	2,8	30-40 millj.
27	?	?	?	?	?	?
28	?	?	?	?	?	?
29	?	?	?	?	?	?
30	550	1100	28	28	0,1	2 millj.
31	500	1500	18,5	18,5	0,7	15-20 millj.
32	700	2000	20	20	1,3	45-60 millj.
33	80	180	25	25	0,008	120 þús.
34	200	750	15	15	0,1	1,5 millj.
35	350	950	20	20	0,6	15 millj.
36	300	1000	17	17	0,4	8 millj.
37	350	1100	18	18	0,4	6-8 millj.
38	370	900	20	20	0,6	12 millj.
39	200	450	25	25	0,036	280 þús.
40	200	450	25	25	0,05	400 þús.
41	200	600	18	18	0,12	1,2 millj.
42	600	1600	20	20	1,2	20 millj.
43	300	900	18	18	0,25	5 millj.
44	500	1250	22	22	1	25 millj.
45	650	2200	17	17	?	?
46	?	?	?	?	?	?
47	720	4000	13	9	3,5	80 millj.
48	?	?	?	?	?	?
49	550	1450	20	20	0,5	20 millj.
50	910	5700	13	8	5,5	120 millj.
51	480	2200	12	12	3,5	105 millj.
52	320	750	20	20	0,3	7,5 millj.
53	100	300	18	18	0,02	200 þús.
54	400	1500	15	15	1,42	35 millj.
55	340	850	21	21	0,5	6 millj.
56	524	2800	11	11	5,75	>120 millj.

Flatarmál berghlaupa á Norðurlandi-Vestra

(Samkvæmt mælingum og ágiskunum Ólafs Jónssonar)

Tafla 2

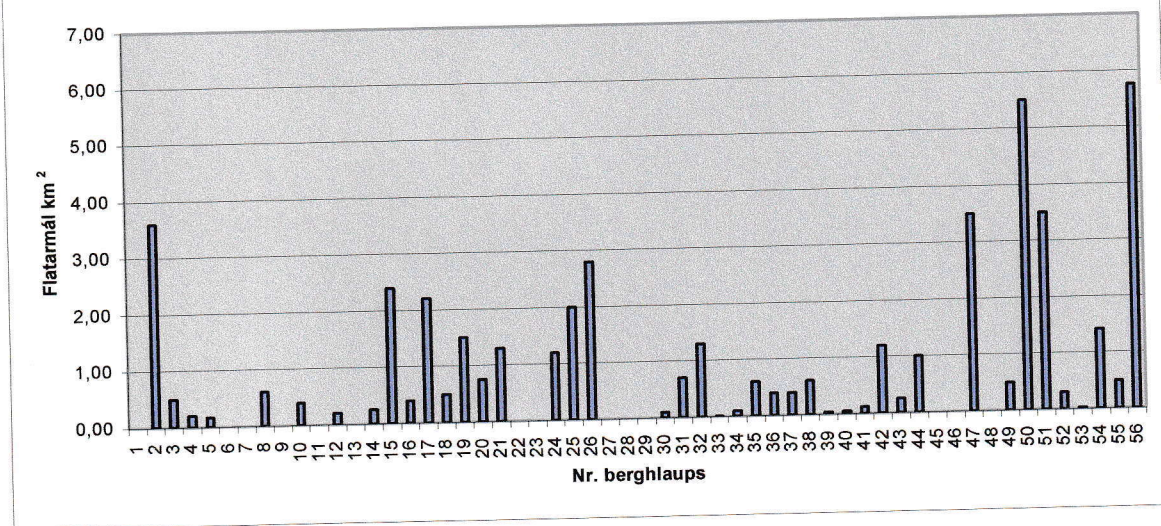
flokkar	fjöldi hlaupa
< 1,0 km ²	26
1,0 - 1,9 km ²	7
2,0 - 2,9 km ²	4
3,0 - 3,9 km ²	3
4,0 - 4,9 km ²	0
>= 5,0 km ²	2
Engar mælingar til staðar	14
Samtals fjöldi hlaupa	56

(Sjá nafnalista yfir berghlaup aftast í skýrslunni)

Súlurit 1

Flatarmál berghlaupa á Norðurlandi-Vestra

vantar upplýsingar fyrir hlaup 1, 6, 7, 9, 11, 13, 22, 23, 27, 28, 29, 45, 46 og 48



Rúmmál berghlaupa á Norðurlandi-Vestra

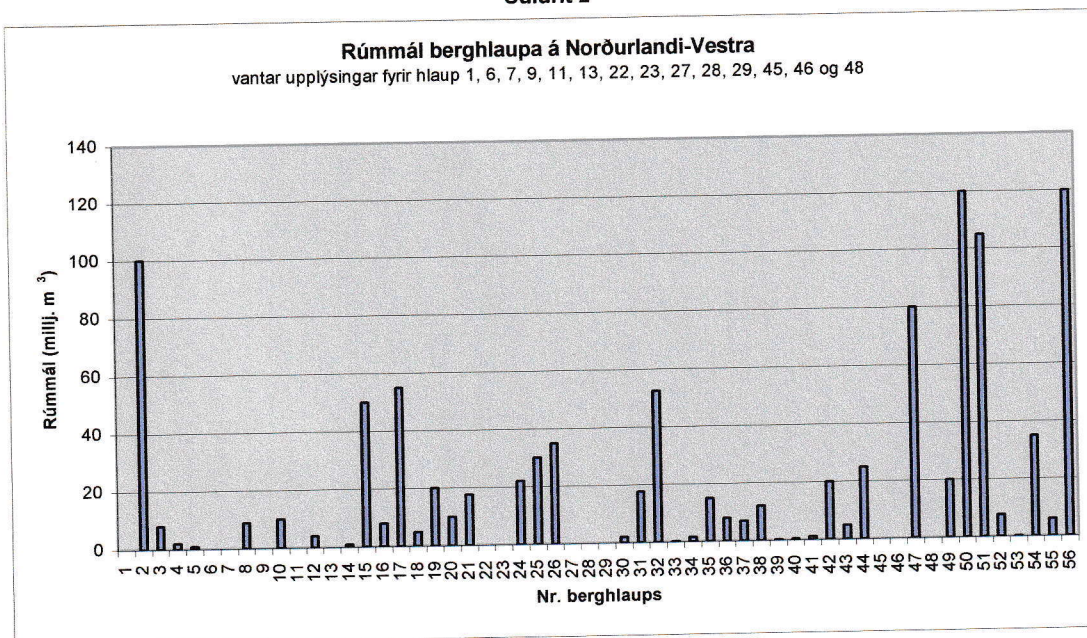
(Samkvæmt mælingum og ágiskunum Ólafs Jónssonar)

Tafla 3

flokkar	fjöldi hlaupa
< 20 millj. m ³	26
20 - 39 millj. m ³	8
40 - 59 millj. m ³	3
60 - 79 millj. m ³	0
80 - 99 millj. m ³	1
100 - 119 millj. m ³	2
>= 120 millj. m ³	2
Engar mælingar til staðar	14
Samtals fjöldi hlaupa	56

(Sjá nafnalista yfir berghlaup aftast í skýrslunni)

Súlurit 2



Fallhæð berghlaupa á Norðurlandi-Vestra

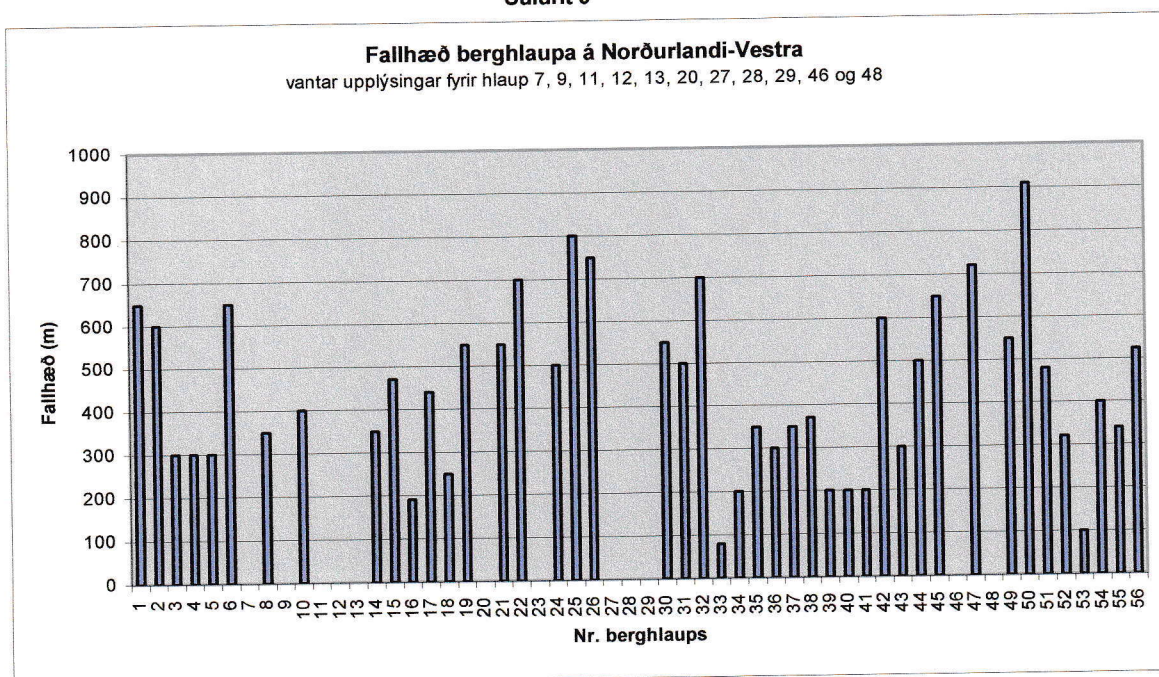
(Samkvæmt mælingum og ágiskunum Ólafs Jónssonar)

Tafla 4

flokkar	fjöldi hlaupa
< 200 m	3
200 - 399 m	17
400 - 599	13
600 - 799 m	9
>= 800 m	2
Engar mælingar til staðar	12
Samtals fjöldi hlaupa	56

(Sjá nafnalista yfir berghlaup aftast í skýrslunni)

Súlurit 3



Fallhæð berghlaupa á Norðurlandi-Vestra

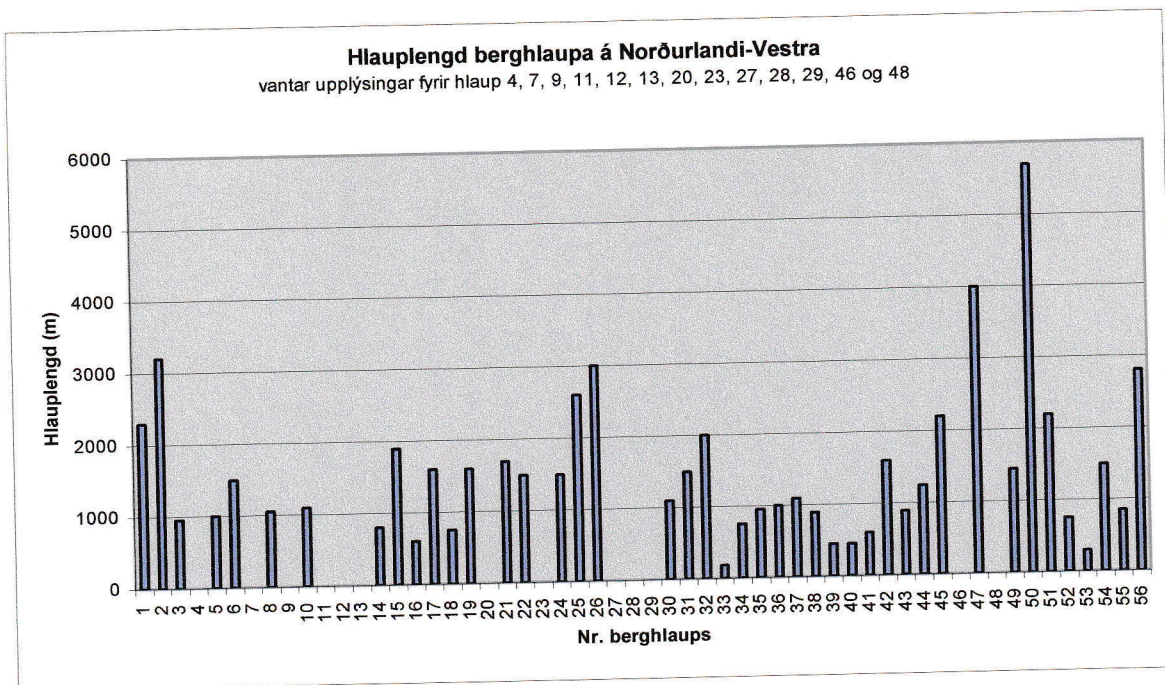
(Samkvæmt mælingum og ágiskunum Ólafs Jónssonar)

Tafla 4

flokkar	fjöldi hlaupa
< 1000 m	15
1000 - 1999 m	18
2000 - 2999 m	6
3000 - 3999 m	2
4000 - 4999 m	1
>= 5000 m	1
Engar mælingar til staðar	13
Samtals fjöldi hlaupa	56

(Sjá nafnalista yfir berghlaup aftast í skýrslunni)

Súlurit 4



Fallhorn berghlaupa á Norðurlandi-Vestra

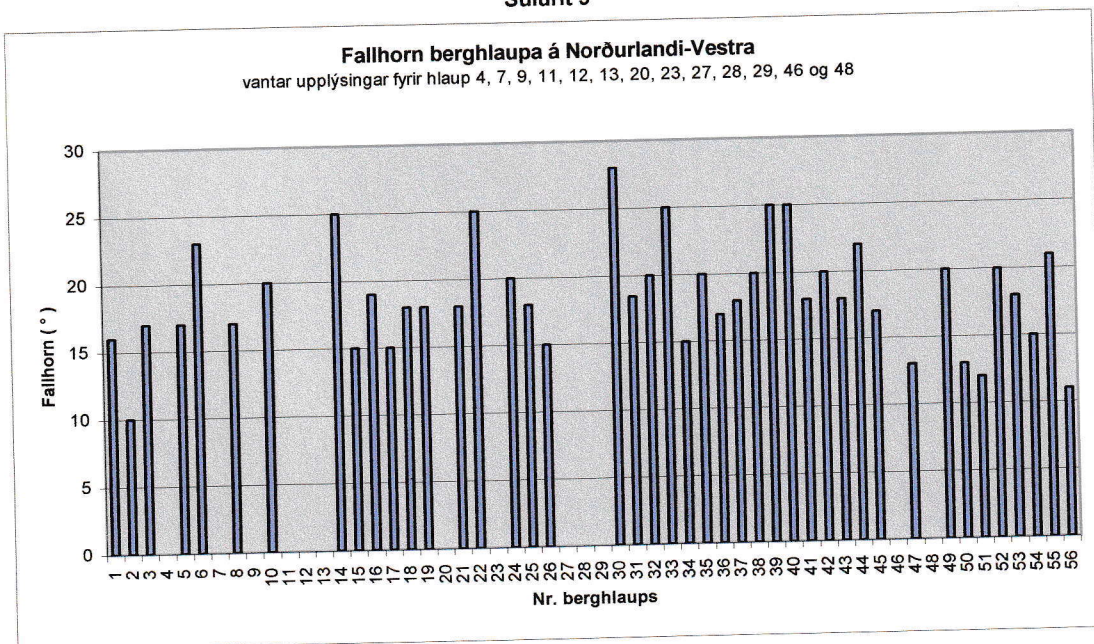
(Samkvæmt mælingum og ágiskunum Ólafs Jónssonar)

Tafla 5

flokkar	fjöldi hlaupa
< 6,0 °	0
6,0 - 11,9 °	4
12,0 - 17,9 °	12
18,0 - 23,9 °	21
>= 24,0 °	6
Engar mælingar til staðar	13
Samtals fjöldi hlaupa	56

(Sjá nafnalista yfir berghlaup aftast í skýrslunni)

Súlurit 5



Nafnalist berghlaupa á Norðurlandi-Vestra
(tekið saman úr bók Ólafs Jónssonar, Berghlaup)

1. Deplahólar, Stíflu, Fljótum, Skag.
2. Stífluhólar, Fljótum, Skag.
3. Hlaup hjá Hvammi í A.-Fljótum, Skag.
4. Hlaup upp af Gili, A.-Fljótum, Skag.
5. Hlaup andspænis Skeiðfossvirkjun., Fljótum, Skag.
6. Hlaup upp af Skeið í Fljótum, Skag.
7. Saurbæjarhólar, Fljótum, Skag.
8. Hlaup suður frá Hraunum, Fljótum, Skag.
9. Hlaup hjá Hraunum, Fljótum, Skag.
10. Hlaup hjá Reykjum, Flókadal, Skag. (kort 2)
11. Hlaup hjá Illugastöðum, Flókadal, Skag.
12. Miðmóahólar, Flókadal, Skag. (kort 2)
13. Hlaup v. Reykjahól, Flókadal, Skag.
14. Hlaup úr Gimbraklettum, Skag.
15. Hlaup úr Hymu, Sléttuhlíð. Skag. (kort 3)
16. Hlaup úr Skeiðinni, Sléttuhlíð, Skag. (kort 3)
17. Höfðahólar, Höfðaströnd, Skag. (kort 4)
18. Hlaup hjá Vatni, Höfðaströnd, Skag. (kort 5)
19. Mýrarkots- og Brekknahólar, Höfðaströnd, Skag. (kort 5)
20. Þrastastaðahólar, Skag. (kort 5)
21. Hraun í Unadal, Skag.
22. Selhólar, Unadal, Skag.
23. Hlaup hjá Grindum, Deildardal, Skag. (kort 6)
24. Kambshólar, Deildardal, Skag.
25. Hólar í Hjaltadal, Skag.
26. Hofstaðaurð, Skag. (kort 7)
27. Hlaup á Gljúfurárdal, Skag.
28. Hlaup upp af Svaðastöðum, Skag. (kort 7)
29. Hlaup upp af Hjaltastaðahvammi, Skag.
30. Skeljungshöfði, Norðurárdal, Skag.
31. Brennigilshólar (ytra hlaup), Skag.
32. Brennigilshólar (syðra hlaup), Skag.
33. Hlaup sunnan Ábæjar, Austurdal, Skag.
34. Kringluhólar, Svartárdal A.-Hún.
35. Tunguhólar, Blöndudal A.-Hún.
36. Blöndudalshólar, Blöndudal, A.-Hún.
37. Æsustaðahólar, Langadal, A.-Hún.
38. Gautaskálar, Auðólfssstaðaskarði, A.-Hún.
39. Nautastallar, fremri, A.-Hún.
40. Nautastallar, ytri, A.-Hún.
41. Auðólfssstaðaurð, Langadal, A.-Hún.
42. Karlastaðahólar, Langadal, A.-Hún.
43. Hólabæjarhólar, Langadal, A.-Hún.
44. Móbergs- og Strjúgsstaðahólar, A.-Hún.
45. Hlaup upp af Fagranesi, Langadal, A.-Hún.
46. Hlaup hjá Holtastöðum, Langadal, A.-Hún.
47. Þorbrandsstaðahólar, Langadal, A.-Hún.
48. Hlaup upp af Mið- og Ysta-Gili, A.-Hún.
49. Hlaup úr Reykjanibbu, A.-Hún.
50. Vatnsdalshólar, A.-Hún.
51. Böðvarshólar, Vesturhópi, V.-Hún.
52. Selhólar á Ormsdal, V.-Hún.
53. Litluhólar á Ormsdal, V.-Hún.
54. Vesturhópshólar, V.-Hún.
55. Hlaup úr Kistubjörgum, V.-Hún.
56. Hlaup úr Bana, V.-Hún.

5. Kortagerð

5.1 Vinnsla korta

Við kortagerð voru notaðar loftmyndir, teknar af landmælingum Íslands í ágúst 1994 og 1996. Notast var við stafræn smákort Landmælinga Íslands til að teikna upp hæðarlínugrunn. Skyggjur sem búið var að teikna á útlínur berghlaupa eftir loftmyndunum, voru einnig skannaðar inn í tölvu. Teikniforritið Adobe Photoshop var notað til að klippa til myndir, teikna hæðarlínur og notast við eiginleika þess til að vinna með lög, til að skeyta saman útlitsdráttum kortanna. Teikniforritið Corel Draw var notað til að merkja inn texta stefnuörvar og helstu kennileyti og koma kortunum í endanlegan búning.

Kortagerðin átti það til að ganga nokkuð brösuglega, og má nefna að talsverð skekkja er alltaf í loftmyndum og féllu skyggjur ekki alltaf nákvæmlega að hæðarlínugrunni. Niðurstaðan varð því sú að ég tók eingöngu útlínur þeirra berghlaupa sem ég hafði teiknað í þrívíddarsjóni og reyndi að fella þær sem best að þeim hæðarlínunum sem teiknaðar höfðu verið upp eftir smákortunum. Þessi samsetning gefur að sjálfsögðu nokkra skekkju og eru kortin ónákvæm hvað varðar stærðarhlutföll eða staðsetningu.

Niðurstaða kortagerðarinnar í lok þessa verkefnis þá þannig háttað. Ég útbúið 7 yfirlitskort sem sýna 13 greinileg og hugsanleg berghlaup, staðsetningu þeirra og útlínur. Mér tókst ekki að setja á kort öll þau berghlaup sem ég fann á þeim loftmyndum sem ég notaði þar sem mig vantaði hæðarlínugrunn á nokkrum stöðum. Af þessari kortagerð má draga þá ályktun að til þess að útbúa sem nákvæmust kort af berghlaupunum, þyrfti að notast við leiðréttar eða uppréttar loftmyndir og stafrænan hæðarlínugrunn. Slíkt er reyndar kostnaðarsamt og krefst væntanlega nokkurrar kunnáttu á viðeigandi tölvuhugbúnað. Einnig mætti útbúa jarðfræðikort af hlaupunum sem gefa þá upplýsingar um jarðlaga- og berggerð. Slík vinna væri væntanlega talsvert tímafrekari og reynsla af útvinnu við jarðfræðikortagerð væri þá æskileg.

5.2 Yfirlit yfir helstu gögn

Hér að neðan fer yfirlit yfir þær loftmyndir sem notaðar voru við skoðun á berghlaupum og við kortagerðina.

Númer Loftmyndar.	Loftmyndasería (Landm. Ísl.)	Landssvæði
0974	0970 - 0987	Haganesvík - Nautabúsa
0975	0970 - 0987	Haganesvík - Nautabúsa
0971	0971 - 0987	Haganesvík - Nautabúsa
1045	1034 - 1050	Hólar - Miklavatn
1052	1050 - 1056	Hraunahausar - Almenningsnóf
1066	1063 - 1078	Héðinsfjarðardalur - Hólabyrða
5203	5189 - 5204	Mælifellsdalur - Hofsstaðir
5212	5204 - 5221	Viðvíkursveit - Sléttuhlíð
5214	5204 - 5221	Viðvíkursveit - Sléttuhlíð
5215	5204 - 5221	Viðvíkursveit - Sléttuhlíð
5216	5204 - 5221	Viðvíkursveit - Sléttuhlíð
5218	5204 - 5221	Viðvíkursveit - Sléttuhlíð

Loftmyndirnar eru teknar í 5486 m flughæð og er brennivídd myndavélarlinsunnar 152,82 mm. Eftirtalið var einnig notað:

- Tvö stafræn staðfræðikort (1:50000) frá Landmælingum Íslands, IS-50 V (vektor) og IS-50 R (raster). Kortin ná yfir Höfðaströnd, Sléttuhlíð, hluta af Fljótum og Siglufjarðarveg.
- Þrívíddarspegilsjá (Stereoscope) sem fengin var að láni frá Háskóla Íslands.

5.3 Lýsing á kortum

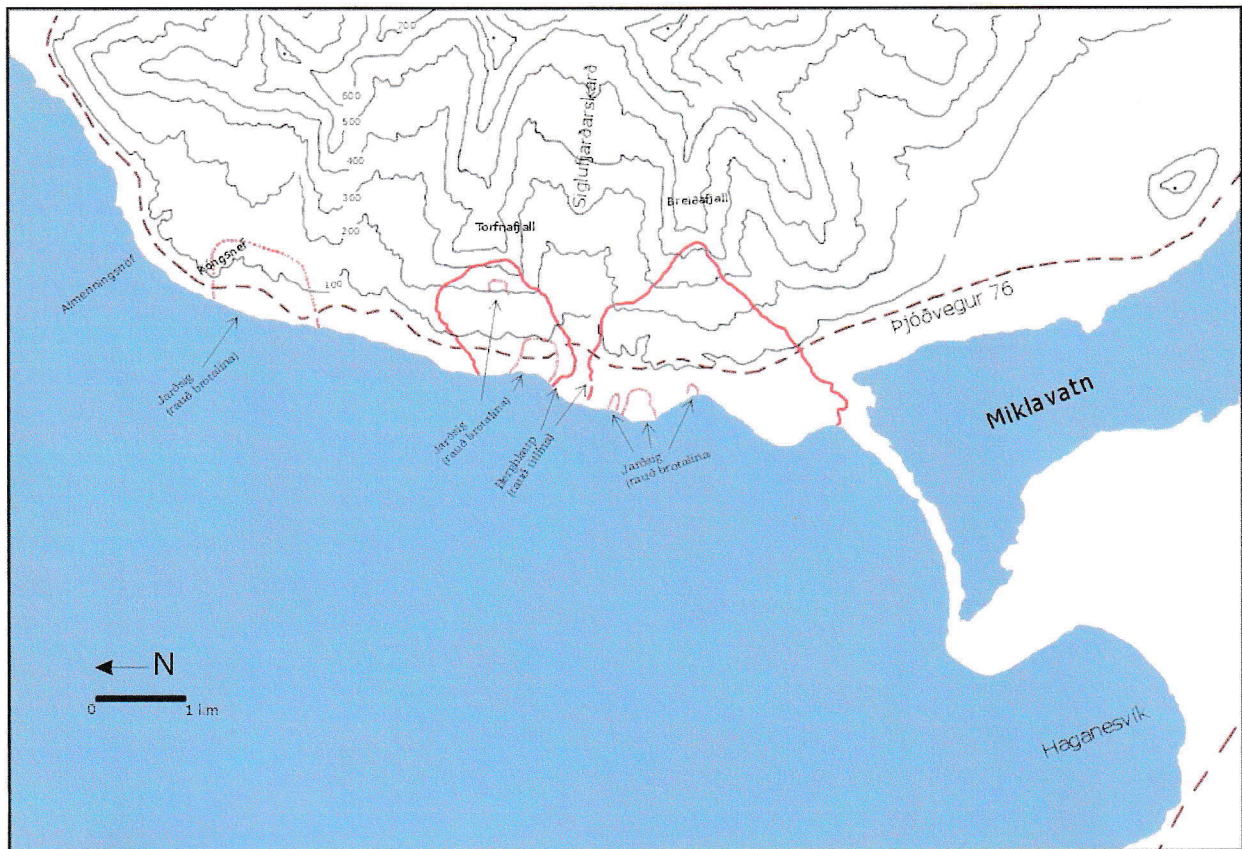
Kortin eru miðuð við að þau séu skoðuð í lit. Grunnur landsins er hvítur með svörtum hæðarlínum og hæðartölum sem eiga að gefa til kynna hæðarmun í landslagi á viðkomandi stað. Bláir fletir sýna vatn eða sjó. Brún brotalína sýnir hvar þjóðvegur liggur um viðkomandi svæði og rauðar óbrotnar línur sýna útlínur berghlaupa. Hugsanleg berghlaupasvæði eru afmörkuð með rauðum brotalínum en á korti 1 (Almenningar, Siglufjarðarvegi) afmarka þær jarðsigs-svæði. Nöfn á vötnum, helstu fjöllum eða fjallgörðum, dölum og kennileitum hef ég sett inn á kortin eftir bestu vitund og einnig nöfn berghlaupanna þar sem við á. Bendir ör í átt frá nafninu að útlínu berghlaupsins. Fyrir neðan hvert kort hef ég sett yfirlitsmynd af Íslandi sem sýnir með svörtum ferhyrningi hvar viðkomandi svæði er á landinu.

5.4 Kort

Kortin eru sýnd á næstu síðum* og hef ég hef raðað þeim niður á eftirfarandi hátt:

<u>Kort nr.</u>	<u>Berghlaupasvæði</u>
1	Almenningar á Siglufjarðarvegi
2	Flókadalur í Fljótum
3	Sléttuhlíð
4	Höfðaströnd
5	Höfðaströnd
6	Höfðaströnd
7	Viðvíkursveit

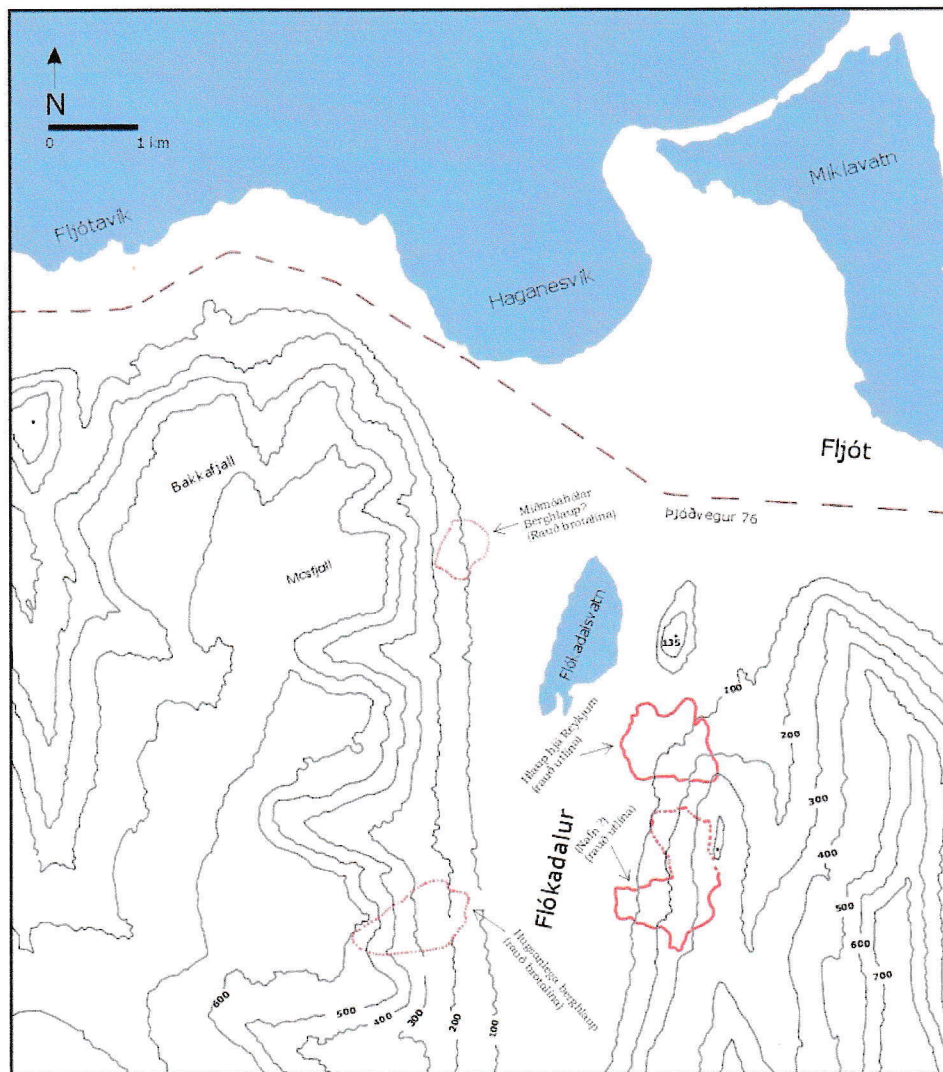
* Kortin er einnig hægt að skoða í meiri stærð og betri gæðum á vefsíðu verkefnisins sem vistuð er á heimasíðu Náttúrustofu Norðurlands-Vestra, www.nnv.is. Einnig er þar að finna myndir af flestum berghlaupunum.



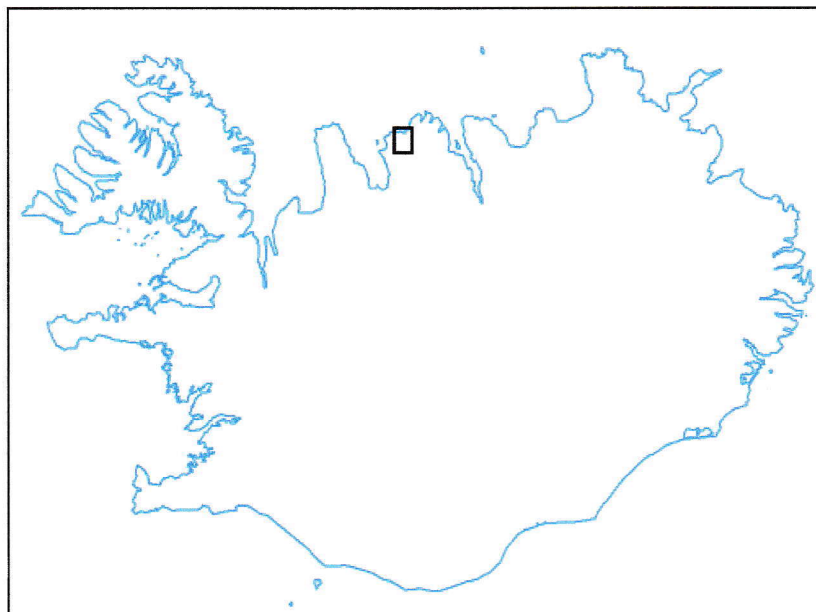
Kort 1. Sýnir berghlaup og jarðsigasvæði í Almanningum á Siglufjarðarvegi. Rauðu óbrotnu línurnar sýna útlínur berghlaupa. Rauðu brotalínurnar sýna svæði þar sem jarðsig á sér stað. Brúna brotalínan sýnir hvar þjóðvegur liggur um svæðið.



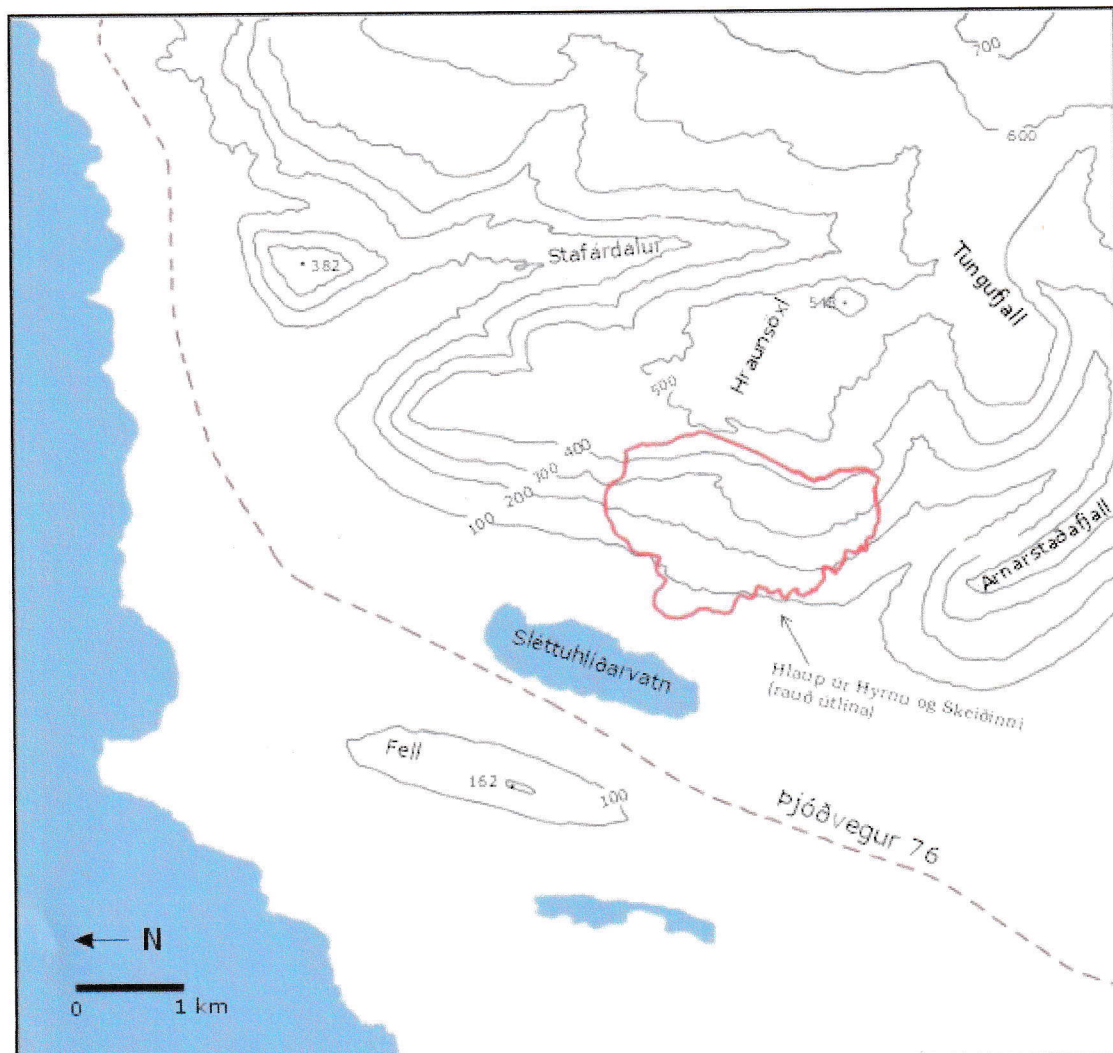
Yfirlitsmynd 1. Sýnir staðsetningu berghlaupasvæðisins á landinu.



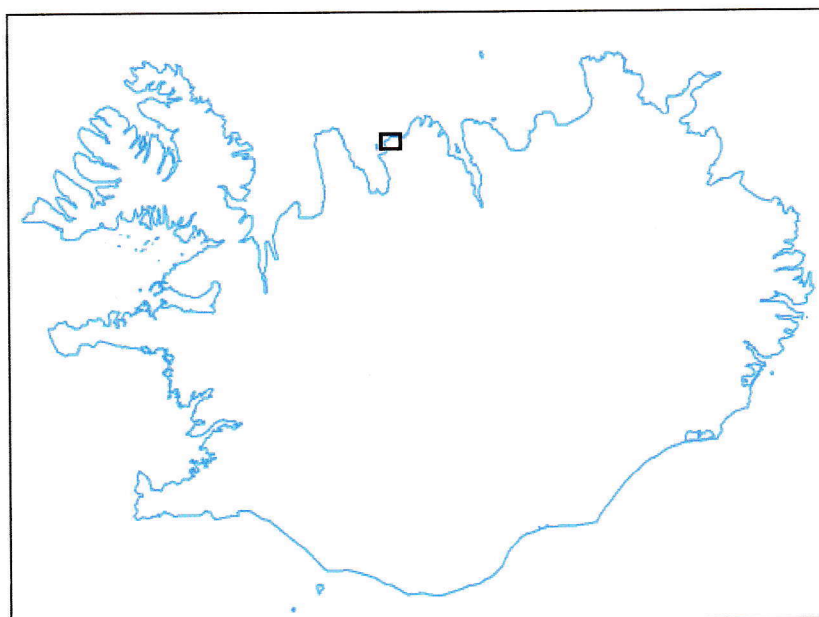
Kort 2. Sýnir berghlaup í Flókadal í Fljótum. Rauðar óbrotnar línur sýna útlínur berghlaupa. Rauðar brotalínur sýna staðsetningu hugsanlegra berghlaupa. Brúna brotalínan sýnir hvar Þjóðvegur liggur um svæðið.



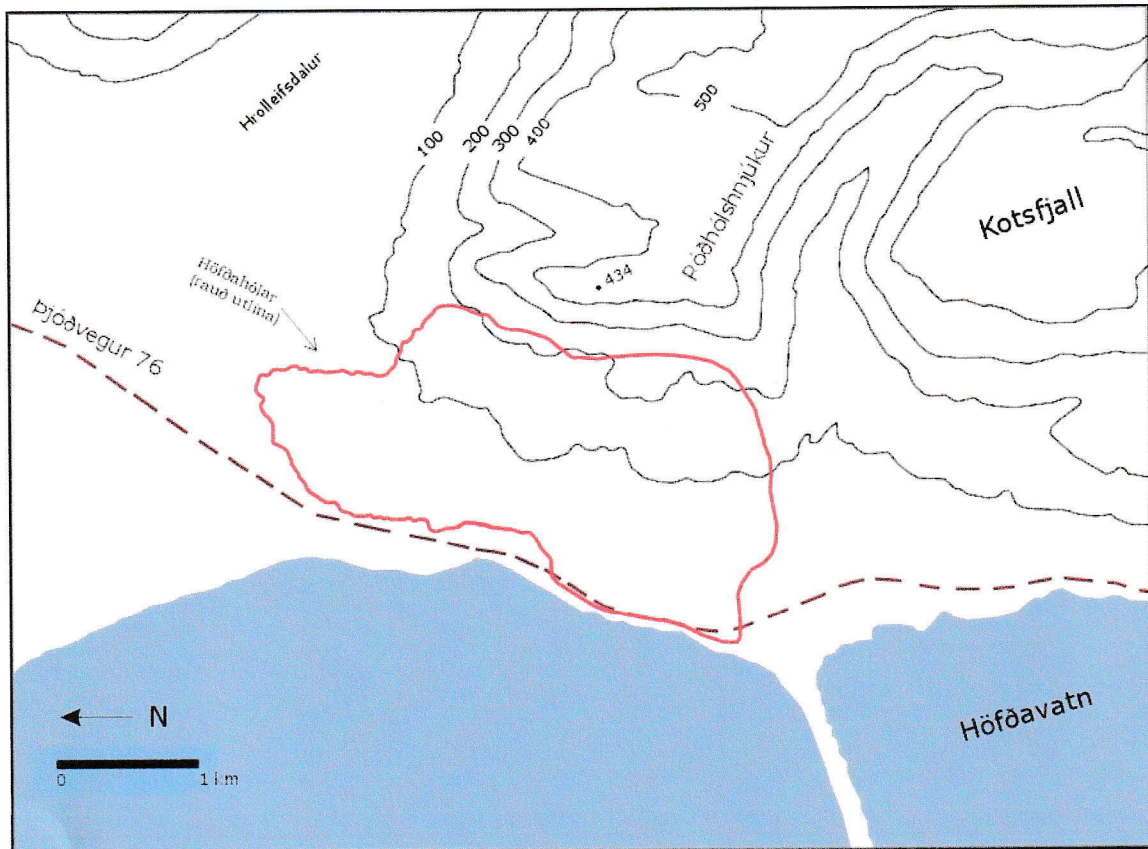
Yfirlitskort 2. Sýnir staðsetningu berghlaupasvæðis á landinu.



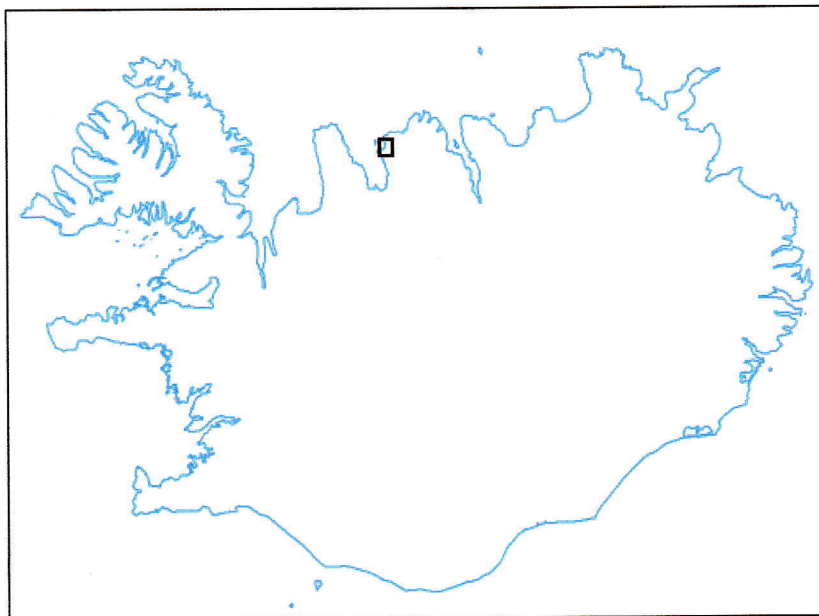
Kort 3. Kortið sýnir berghlaup úr Hrynu í Sléttuhlíð í Skagafirði. Rauð óbrotin lína sýnir útlínur berghlaups. Brún brotalína sýnir hvar þjóðvegur liggur um svæðið.



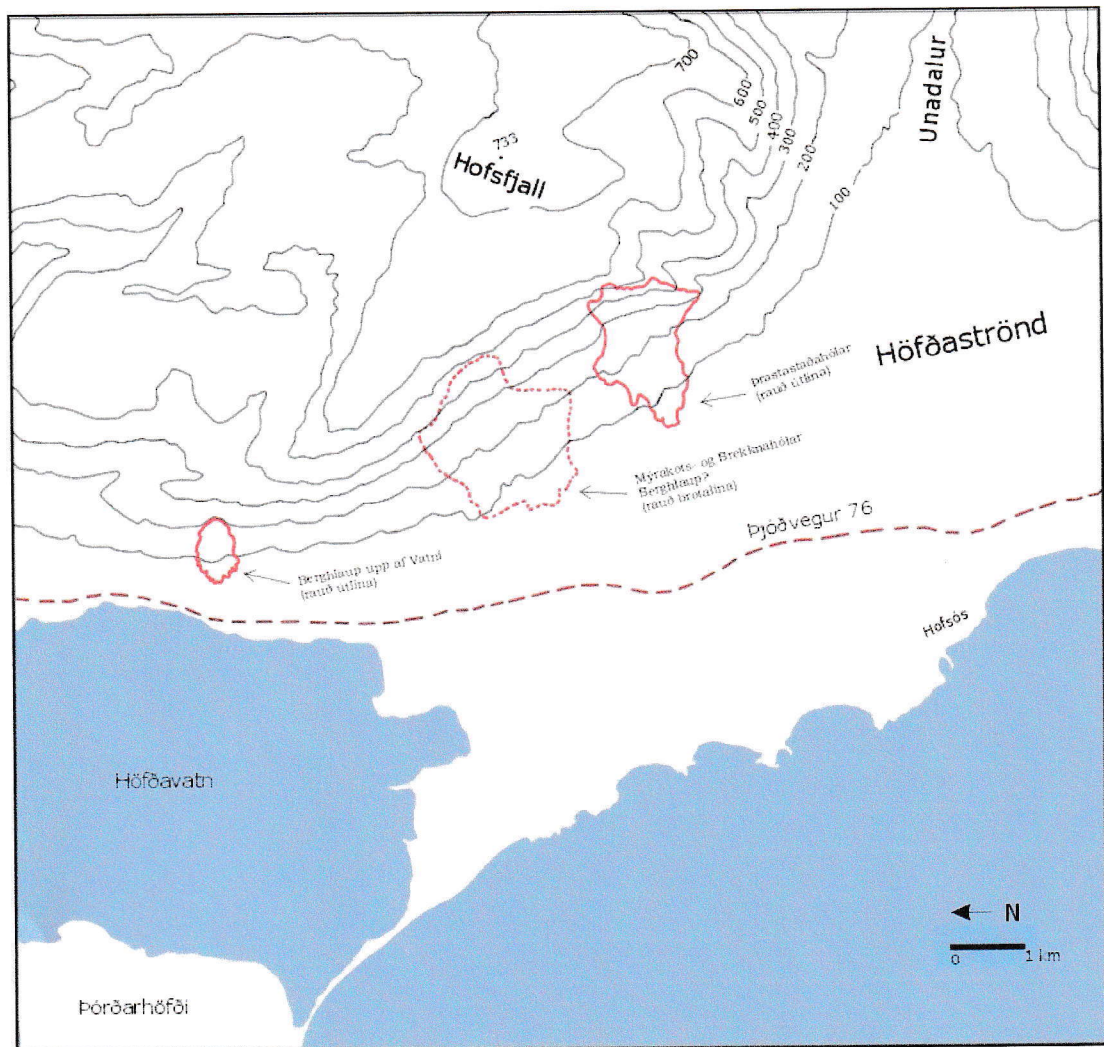
Yfirlitsmynd 3. Sýnir staðsetningu berghlaupasvæðis á landinu



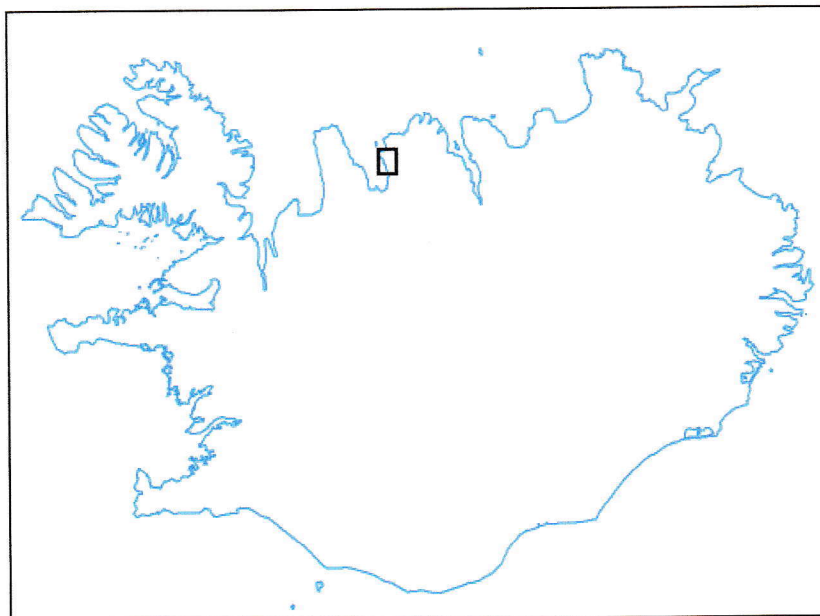
Kort 4. Sýnir berghlaupið Höfðahóla á Höfðaströnd. Rauð óbrotin lína er útlína berghlaupsins. Brún brotalína sýnir hvar þjóðvegur liggur um svæðið.



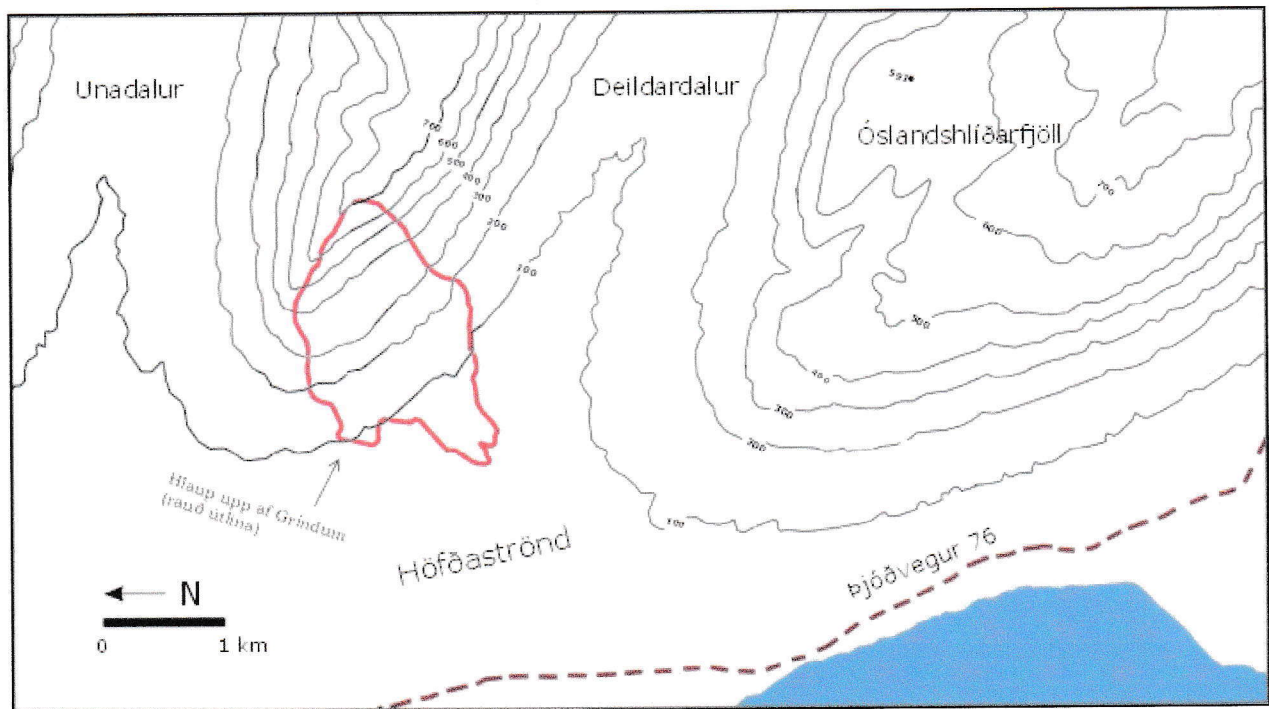
Yfirlitsmynd 4. Sýnir staðsetningu berghlaupasvæðis á landinu



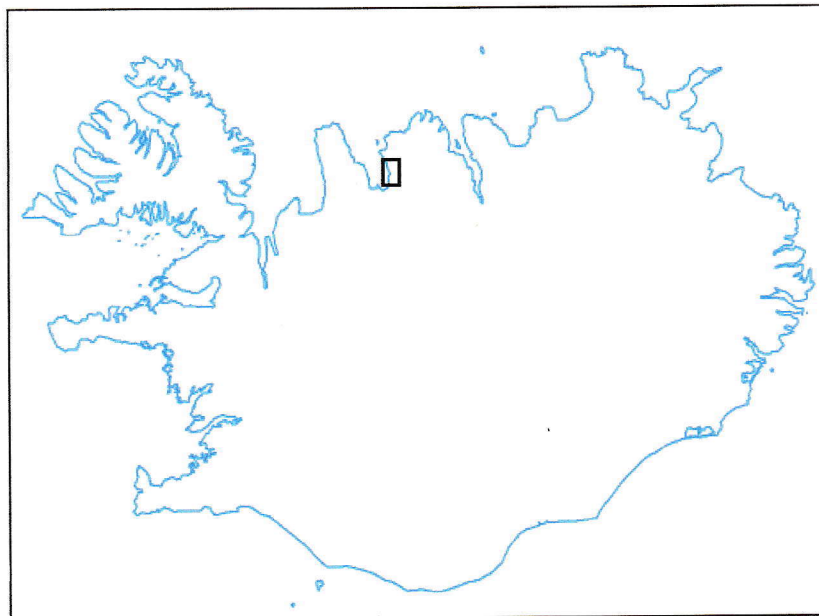
Kort 5. Sýnir berghlaup upp af Höfðavatni og Hofsósi á Höfðaströnd. Rauðar óbrotnar línur sýna útlínur berghlaupa. Rauð brotalína sýnir hvar um um hugsanlegt berghlaup er að ræða.



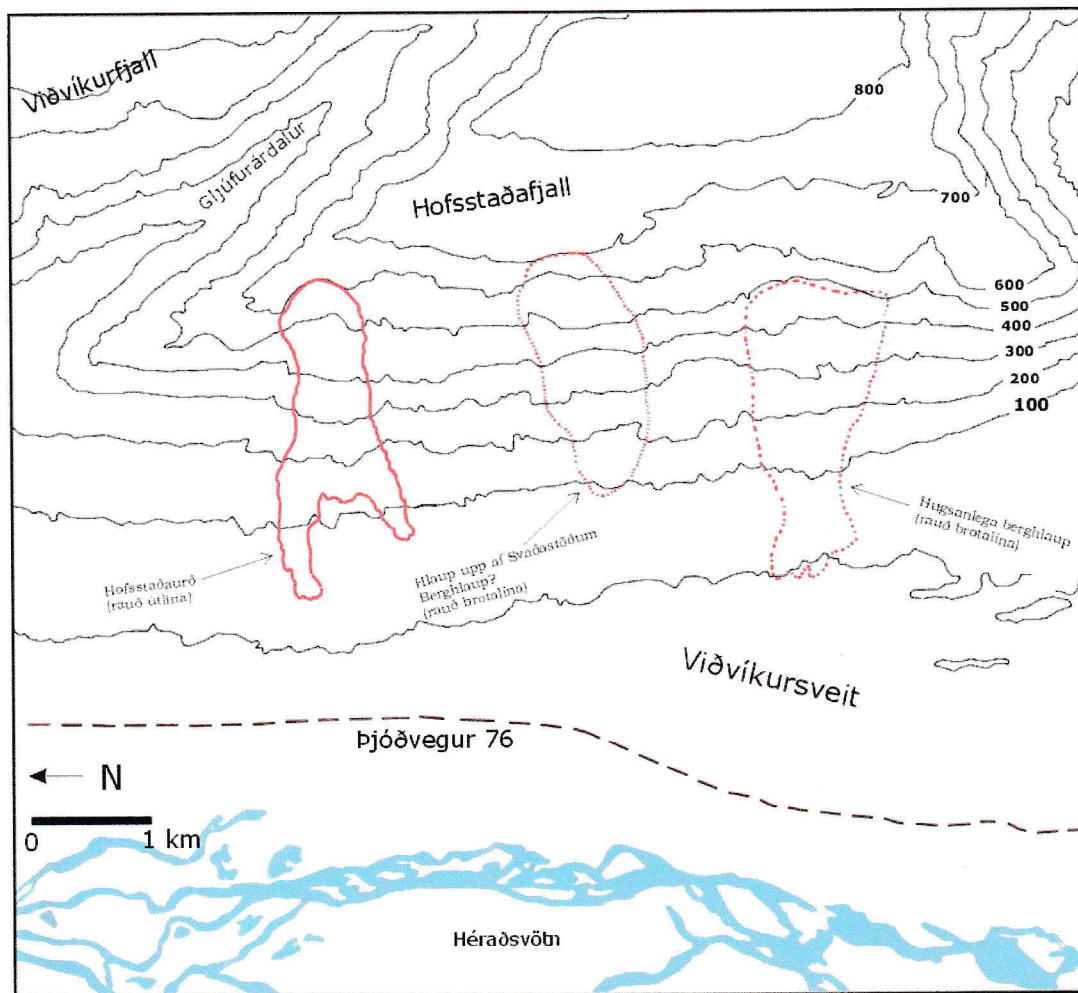
Yfirlitsmynd 5. Sýnir staðsetningu berghlaupasvæðis á landinu.



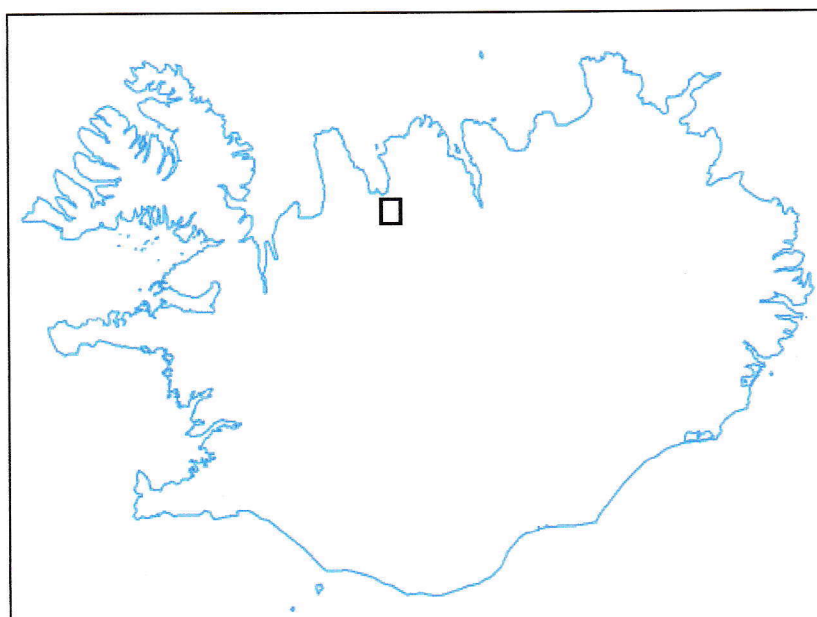
Kort 6. Sýnir berghlaup eða bergsig upp af bænum Grindum á Höfðaströnd. Rauð óbrotin lína sýnir útlínur hlaupsins. Brúna brotalínan sýnir hvar þjóðvegur liggur um svæðið.



Yfirlitsmynd 6. Sýnir staðsetningu berghlaupasvæðis á landinu



Kort 7. Sýnir berghlaup í Viðvíkursveit í Skagafirði. Rauð óbrotin lína sýnir útlínur berghlaups. Rauð brotalína sýnir staðsetningu hugsanlegra berghlaupa. Brúna brotalínan sýnir hvar þjóðvegur liggur um svæðið.



Yfirlitsmynd 7. Sýnir staðsetningu berghlaupasvæðis á landinu

6 Hugleiðingar og lokaorð

Önnur kort af berghlaupum

Í tímaritið Náttúrufræðinginn, hefur verið ritað nokkuð af greinum um berghlaup. Samhliða því hafa birst nokkur kort eða yfirlitsmyndir og væntanlega, er hægt að finna fleiri slík inn á jarðfræðikortum eða í verkefnum þar sem kort hafa verið unnin. Ég ætla hér aðeins að nefna það sem ég hef kynnt mér og hef upplýsingar um.

Guðmundur Kjartansson birtir kort í náttúrufræðingnum sem sýnir berghlaupið sem varð úr hnjúknum Innstahaus, ofan á skriðjökulinn Steinsholtsjökul, árið 1967. Guðmundur gerði líka jarðfræðikort á tímabilinu 1960-70 af sunnan- og vestanverðu landinu og eru merkt inn á það allmörg berghlaup. Ólafur Jónsson studdist t.d. við þessi kort þegar hann fjallar í berghlaupariti sínu um okönnuð berghlaup sunnan- og vestanlands. Haukur Jóhannesson birtir í Náttúrufræðingnum kort af berghlaupi er varð seint á 18. öld úr fjallinu Lómagnúpi við Skeiðarársand í Örafum. Árni Hjartarsson birtir í Náttúrufræðingnum kort af berghlaupi úr Hallbjarnarstaðatindi í Skriðdal á Fljótdalshéraði og sömuleiðis jarðfræðikort af Loðmundarskriðum í Loðmundarfirði sem er einn Austfjarða. Vatnsdalshólar í Vatnsdal í A-Húnavatns-sýslu hafa einnig verið kortlagðir. Ágúst Guðmundsson hefur birt kort af flestum framhlaupum sem orðið hafa í Tröllaskaga. Hann setur þau reyndar fram á kortinu sem myndanir eftir urðar-eða grjótfjökla, en hans kenning er sú að um fyrrnefndar jöklamyndanir sé að ræða en ekki framhlaup.

Eru berghlaup enn að eiga sér stað?

Eins og ég hef áður nefnt, er ekki nein föst regla til, yfir það hvað kallast skuli berghlaup. Heldi ég að hingað til hafi menn aðallega stuðst við hugmyndir Ólafs Jónssonar. Ef maður veltir fyrir sér hvort berghlaup eigi sér stað nú á okkar dögum, þá myndi ég svara því játandi. Ef litið er yfir síðustu öld þá varð sumarið eða haustið 1949 berghlaup í Austurdal í Skagafirði. Ólafur Jónsson lýsir því í bók sinni sem nokkuð furðulegu og jafnframt smáu hlaupi. Berghlaup varð árið 1967 úr tindinum Innstahaus ofan á skriðjökulinn Steinsholtsjökul. Hafði það í för með sér jökulhlaup. Í raun var fylgst með aðdraganda þessa hlaups, því menn sáu hvernig sprungan í fjallinu gliðnaði smám saman þar til að bergspildan loks gaf sig og hljóp fram. Svipað erum við að sjá í Almanningum á Siglufjarðarvegi. Þar er mikið jarðsig að eiga sér stað og sífelld sprungumyndun er í þjóðveginn sem liggur yfir svæðið. Gæti það verið tímaspursmál hvenær stór spilda gæti hlaupið þar fram. Oddur Sigurðsson nefnir í grein í Náttúrufræðingnum að brött móberghlið hafi hlaupið fram árið 1972 ofan á nafnlausan jökul í Jökulsárgili nálægt þeim stað sem heitir Tvístæður, en meira veit ég reyndar ekki um það hlaup. Árið 1998 varð hrún eða skrið úr fjallinu Lómagnúp. Ekki treysti ég mér til að dæma um hvort megi kalla það berghlaup en það er talsvert mikið minna en framhlaupið sem varð úr þessu sama fjalli seint á 18. öld. Ekki er hægt að útiloka að fleiri hlaup hafi átt sér stað án þess að menn hafi um þau vitneskju. Þau hljóta þó að hafa verið smá, þar sem stærri hlaup myndu eflaust koma greinilega fram á jarðskjálftamælum.

Lokaorð

Ofanflóð eru lítið rannsökuð í íslenskri náttúru. Hefur skriðufallafræðin væntanlega ekki verið stunduð hér í því mæli sem ástæða væri til miðað við tíðni ofanflóða hér á landi. Aurskriður og grjóthrun eru hér algengt fyrirbæri og hafa oft valdið stórtjóni. Skammt er líka að minnast snjóflóðanna er tekið hafa mörg mannlíf. Snjóflóðarannsóknir hafa þó aukist eftir snjóflóðin skelfilegu á Súðavík og Flateyri árið 1995. Allar rannsóknir á ofanflóðum bæði í fortíð og nútíð hjálpa okkur til þess að skilja þau ferli sem að baki þeim liggja og hvernig við getum varið okkur gegn þeim. Berghlaupin eiga það hinsvegar langflest sameiginlegt að vera ævagömul og hafa fallið löngu áður en menn stigu hér niður fæti. Öll hafa þau að geyma sögu um mótun landsins og þeirra afla sem hafa tekist hér á í náttúrunni. Rannsóknir á þeim hljóta því að auka við þekkingu á jarðsögu landsins. Slíkar rannsóknir hljóta einmitt að hefjast á staðsetningu og kortlagningu þeirra. Þannig fæst yfirlit yfir hvar og hvernig skuli standa að frekari rannsóknum og athugunum. Þá þekkingu sem fæst, mætti síðan nýta til að skilja hegðun berghlaupanna, hvort við megum eiga von þeim í framtíðinni og hvort hætta geti stafað af þeim.

7. Heimildir

Ágúst Guðmundsson 1995: Berghlaup eða urðarjökklar. Náttúrufræðingurinn 64. árgangur.

Ágúst Guðmundsson 1995: "Rock glaciers and debris-covered glaciers in Central North Iceland." <http://www.ihes.nagoyau.ac.jp/dv1/cryosphere/Research/DebrisWS/abstracts/Gudmundsson.html>

Árni Hjartarsson 1982: Berghlaup á Íslandi. Týli 12. árgangur.

Árni Hjartarsson 1997: Loðmundarskriður. Náttúrufræðingurinn 67. árgangur.

Árni Hjartarsson 1990: Þá hljóp ofan fjallið allt, framhlaup í Skriðdal á landnámsöld. Náttúrufræðingurinn 60. árgangur.

Dikau R., Brunsden D., Schrott L. & Ibsen M. Landslide Recognition, Identification, Movement and Causes. John Wiley & sons. 251 bls.

Guðmundur Kjartansson 1967: Steinsholtshlaupið 15. janúar 1967. Náttúrufræðingurinn.

Haukur Jóhannesson 1991: „Yfirlit um jarðfræði Tröllaskaga (Miðskaga).“ Árbók Ferðafélags Íslands. (64). Ferðafélag Akureyrar. Reykjavík: Prentsmiðjan ODDI, 39-56.

Haukur Jóhannesson 1984: Skalf þá og nötraði bærinn. Náttúrufræðingurinn 53. árgangur.

Jón Benjamínsson 1992: Orðaskrá í jarðfræði og skyldum greinum. Jón Benjamínsson. Reykjavík.

Lindley Hanson (1998). „Mass Wasting.“ http://members.aol.com/gls210/mass_w.htm.

Oddur Sigurðsson 1990: Möðrufellshraun, berghlaup eða jökulruðningur. Náttúrufræðingurinn 60. árgangur.

Ólafur Jónsson 1957: Skriðuföll og Snjóflóð I. Bókaútgáfan Norðri . Akureyri 1957.

Ólafur Jónsson 1976: Berghlaup. Ræktunarfélag Norðurlands. Akureyri. 1976.

Plummer C.C., McGeary D., Carlson D.H. 1995: Physical Geology. McGraw-Hill. North America. 578 bls.

Þorleifur Einarsson 1991. Myndun og mótun lands, jarðfræði. Mál og Menning. Reykjavík.

Þakkarorð:

Ég vil þakka Nýsköpunarsjóði Námsmanna og Náttúrustofu Norðurlands-Vestra fyrir að veita mér styrk til að vinna þetta verkefni og fá að kynnast heillandi heimi berghlaupanna. Þorsteini Sæmundssyni forstöðumanni þakka ég tækifærið, gagnlegar ábendingar, yfirlestur og að mestu leyti fjálsar hendur við verkefnavinnuna.

Helgi Páll Jónsson
Undirskrift Nemanda

Þorsteinn Sæmundsson
Undirskrift Umsjónarmanns

Náttúrustofa Norðurlands vestra

Aðalgata 2 Pósthólf 112 550 Sauðárkróki Sími 453 7999 Fax 453 7998

Netfang natturustofa@krokur.is Heimasíða <http://www.krokur.is/~nstofa>