

# IV. STÆRÐIR FORSÖGULEGRA HAMFARAFLÓÐA Í MARKARFLJÓTI – MÆLING Á FARVEGUM NEÐAN EINHYRNINGSFLATA

*Gunnar Orri Gröndal<sup>1</sup>, Guðrún Larsen<sup>2</sup> og Sverrir Elefsen<sup>1</sup>*

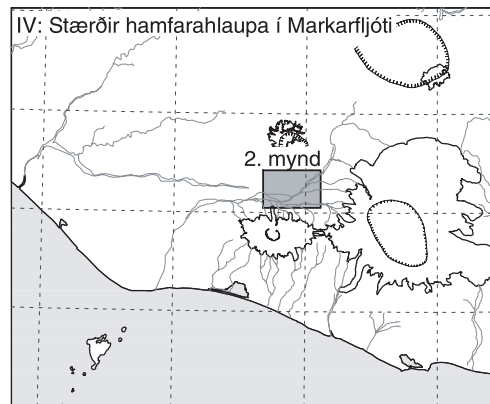
1: Orkustofnun, Vatnamælingar, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

2: Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík

## 1. Inngangur

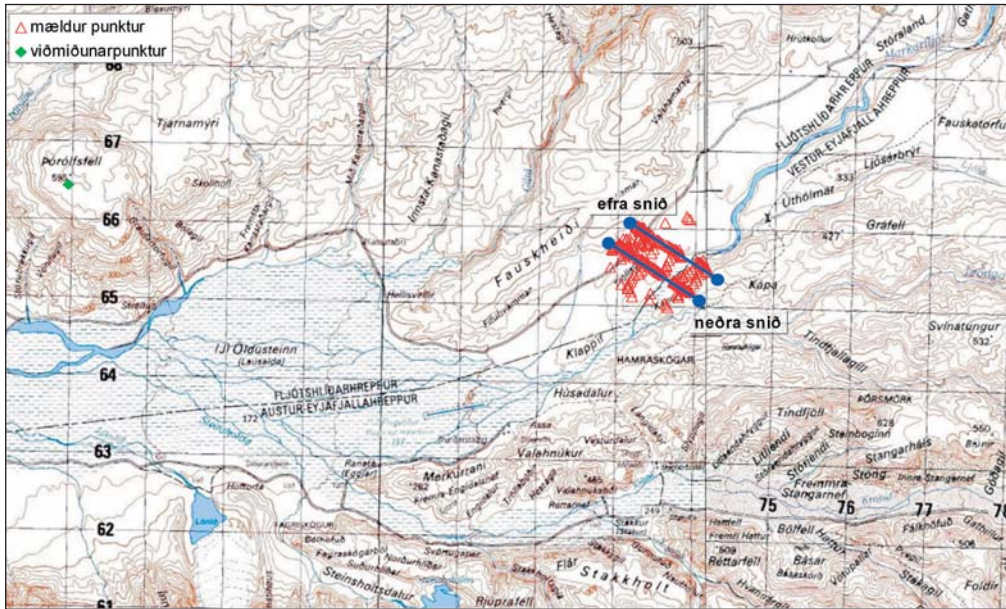
Nýlegar rannsóknir á setlögum í jarðvegi milli Fauskheiðar og Þórsmerkur sýna að mjög stór hlaup fóru hvað eftir annað um farveg Markarfljóts á síðustu 8000 árum (sjá kafla III). Hér er ætlunin að meta stærð tveggja hamfarahlaupa sem fóru um farveg Markarfljóts fyrir um 3500 og 4400 árum. Aðferðin sem beitt var við þetta var að mæla þversnið farvegarins á heppilegum stað, milli Fauskheiðar að vestan og Kápu í Þórsmörk að austan (myndir 1 og 2) þar sem hægt var að staðsetja efstu setmörk hlaupanna. Gert er ráð fyrir að setmörkin svari nokkurn veginn til efstu stöðu vatnsborðsins í hlaupunum. Þversnið farvegarins er nokkuð einsleitt (álíka breitt og djúpt) á um 3 – 4 km kafla á þessum stað og því er mögulegt að gera ráð fyrir að rennsli þar hafi verið einsleitt og nokkurn veginn stöðugt (uniform, steady flow) í hæsta toppnum. Þá er unnt að nota sk. Manning jöfnu til þess að áætla mesta rennsli í flóðinu.

Hlaupin fyrir um 3500 og 4400 árum báru hlaupset langt upp í grónar brekkur í Fauskheiði og í Kápurana, beggja vegna farvegarins. Setlögín eru varðveitt í jarðvegi með gjóskulögum og afstaða



Mynd 1. Rannsóknasvæðið.

þeirra til tímasettra gjóskulaga með glögg útlitseinkenni er þekkt (kafla III). Setmörk þessara tveggja hlaupa voru ákvörðuð þannig að grafnir voru grunnir skurðir í jarðveg í hjöllum í Fauskheiði rétt vestan Tröllagjár og í Kápurana austan Markarfljótsgljúfurs og efstu mörk malarblandaðs sets frá hvoru hlaupi fundin á nokkrum stöðum. Tvö þversnið voru síðan valin til að mæla farveg hlaupanna.



Mynd 2. Yfirlitsmynd sem sýnir mælingar á þversniði farvegar Markarfljóts í nóvember 2003.

## 2. Mælingar á þversniði og halla farvegarins

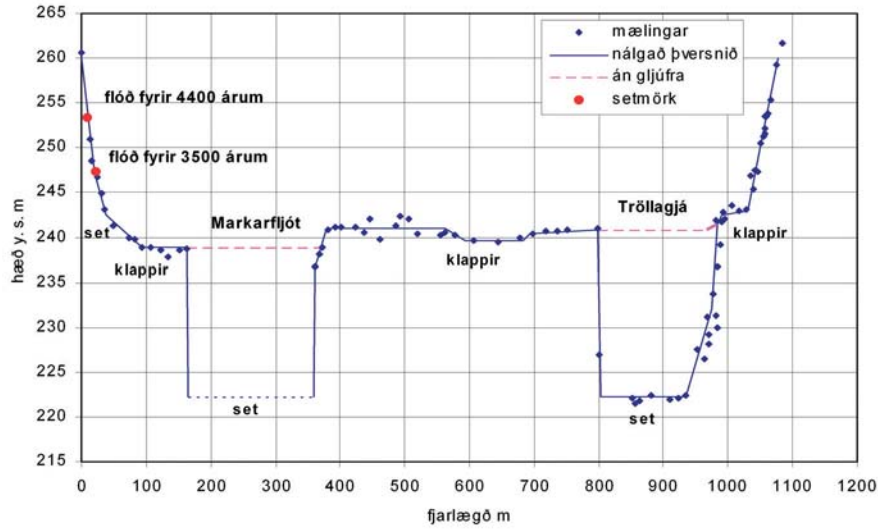
Lögun farvegarins var mæld með RTK GPS mælitæki í nóvember 2003. Mynd 2 sýnir staðsetningu þversniðanna. Mynd 3 sýnir efra þversnið og mynd 4 hið neðra. Mynd 5 sýnir lengdarsnið. Halli farvegarins á þessum stað er á bilinu 0,9 – 1,7% eftir staðsetningu í þversniðinu. Halli flóðfaranna er heldur minni en halli botnsins eða 0,8 – 1,1%, sbr. mynd 5, sem gæti bent til að rennslisraði hafi farið minnkandi niður eftir farveginum á þessum stað, og aðferðin sem beitt var við útreikningana gæti af þeim sökum leitt til ofmats á rennsli. Aftur á móti er all nokkur óvissa í t.d. ákvörðun flóðfaranna yfirleitt eða ákvörðun viðnáms farvegarins, og af þeim sökum eru ekki efni til að nota flóknari reikniáðferðir en Manning jöfnu hér.

## 3. Útreikningar á rennsli

Forsendan sem útreikningarnir byggja á er að rennsli sé með ágætri nálgun jafnt og stöðugt (steady, uniform flow). Þá fer engin orka í hröðun, halli orkulínunnar er hinn sami og halli farvegarins, og unnt er að nota jöfnu Mannings til þess að reikna rennslið beint:

$$Q = \frac{AR_H^{2/3} \sqrt{I}}{n} \quad (1)$$

þar sem  $Q$  táknar rennsli [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],  $A$  þversniðsflatarmál [ $\text{m}^2$ ],  $R_H = A/P$  [ $\text{m}$ ] er hlutfall þversniðflatarmáls og vots ummáls  $P$  [ $\text{m}$ ],  $I$  [ $\text{m}^{-1}$ ] er halli farvegarins og  $n$  [ $\text{s}/\text{m}^{1/3}$ ] er viðnámsstuðull, sem tekur tillit til orkutaps vegna núnings við botn, iðukasta o.fl. Allar stærðir á vinstri hlið í jöfnu (1) fyrir utan viðnámsstuðullinn  $n$  eru þekktar. Viðnám er mjög breytilegt eftir hrjúfleika botnsins, en ýmislegt



Mynd 3. Efra þversnið. Ekki tókst að mæla botn Markarfljótsgljúfurs á þessum stað, hæð botnsins er þess í stað áætluð sem hin sama og hæð botns Tröllagjár.

annað hefur einnig áhrif, svo sem botnskrið eða ís í farveginum. Við verkfræðileg viðfangsefni er algengt að gildi á viðnámsstuðlinum séu fengin í handbókum, oft með hliðsjón af ljósmyndum sem sýna farvegi með svipað viðnám. Chow (1959) gefur t.d. upp  $n$  á bilinu 0,035 – 0,10 fyrir grófa og óreglulega stórfljótsfarvegi. Reynslujöfnur til mats á  $n$  eru einnig til, t.d. jafna Stricklers:

$$n = Ck^{1/6} \quad (2)$$

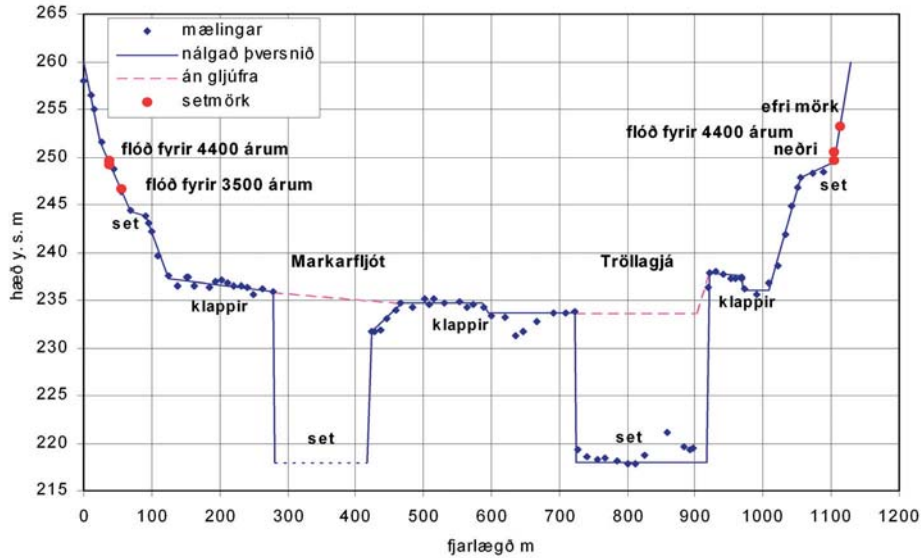
þar sem  $k$  [m] svarar til hrjúflengdar (hydraulic roughness) og stuðullinn  $C$  [s/m<sup>1/2</sup>] tekur gildi á bilinu 0,03 – 0,04 [Chow, 1959].

Einkennandi hrjúflengd í farvegi Markarfljóts,  $k$ , var ekki mæld sérstaklega, en myndir 3 og 4 og lauslegar athuganir á staðnum benda til að  $k$  geti verið af stærðargráðunni 1 m sem leiðir til  $n = 0,04$  skv. jöfnu (2). Ummerki eftir hlaupin sýna að þau hafa flutt með sér verulegt magn af aur (sbr. Smith og félagi, 2003), og þar að auki má telja víst

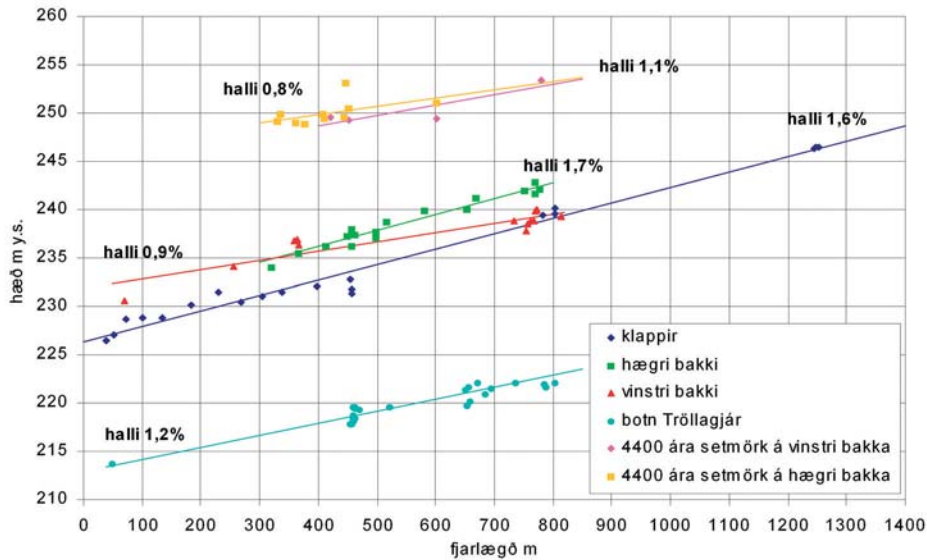
að þau hafa borið með sér íshröngl og jaka sem brotnuðu úr jökulsporðinum við það að vatnið ruddi sér leið undan jöklinum. Áhrif aurburðar og íss eru aukið orkutap, sem kemur fram sem aukið viðnám. Líklegt gildi á viðnámsstuðlinum í hlaupunum er því nokkrum hærra en við er að búast skv. jöfnu (2).

Haukur Tómasson (1996) mat hámarksrennsli í Kötluhlaupinu 1918 út frá athugunum á ummerkjum eftir hlaupið og vitnisburði sjónarvotta. Í grein sinni færir Haukur rök fyrir því að hlaupið 1918 hafi verið vatnsflóð en ekki aurflóð, og að hámarksrennsli hafi verið um  $300 \cdot 10^3$  m<sup>3</sup>/s. Íshröngl og jakar voru um 10 – 15% af heildarrúmmáli hlaupsins, og virðist framburður íss hafa haft talsverð áhrif á framvindu þess. Með hliðsjón af flóðförum áætlaði Haukur Manning stuðul hlaupsins næst jökulröndinni sem  $n = 0,08$  – 0,10, á þeim slóðum þar sem stærstu ísjakarnir sem hlaupið skildi eftir virðast hafa verið allt að 40 – 60 m háir.

Þversniðin sem mæld voru í Markar-



Mynd 4. Neðra þversnið. Ekki tókst að mæla botn Markarfljótsgljúfurs á þessum stað, hæð botnsins er þess í stað áætluð sem hin sama og hæð botns Tröllagjár.



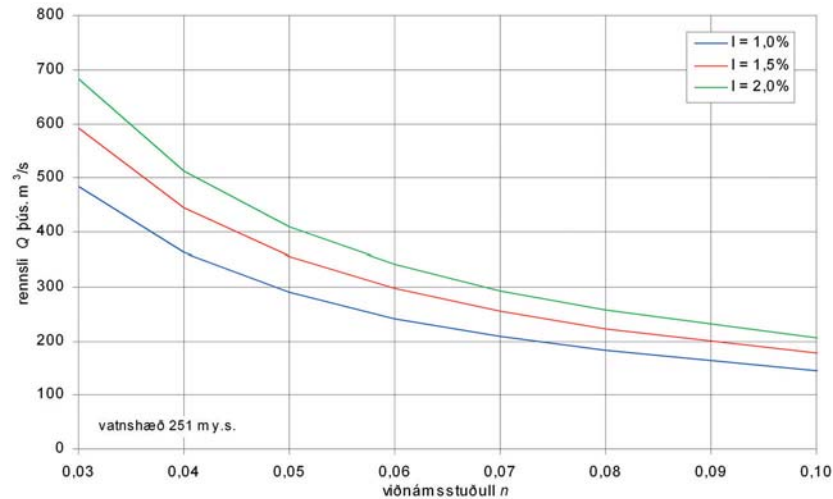
Mynd 5. Lengdarsnið.

fljóti eru nálægt 10 km frá þeim stað þar sem talið er að hlaupin hafi komið undan Mýrdalsjökli, og því er líklegt að a.m.k. hluti ísjakanna sem bárust með hlaupunum hafi strandað í farveginum á leiðinni. Af því leiðir að viðnámsstuðull-

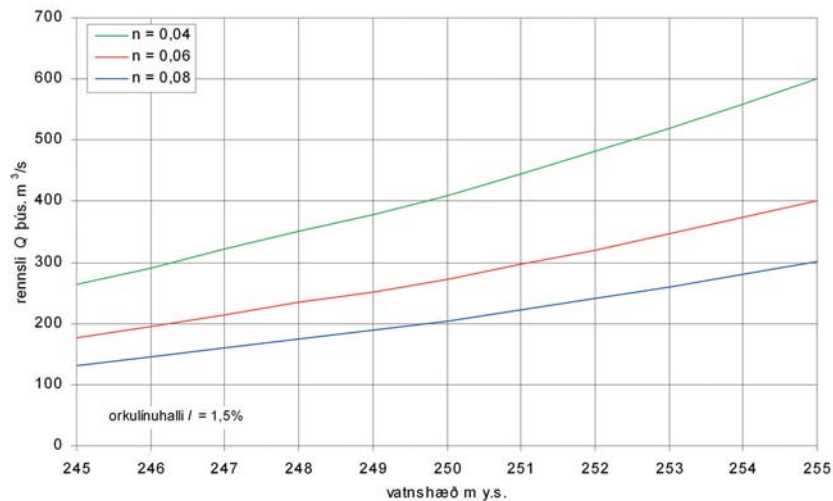
inn sem ákvarðaður var í hlaupinu 1918 er líklega í hærri kantinum á því sem er raunhæft.

Mynd 6 sýnir rennsli reiknað skv. jöfnu (1) sem fall af viðnámsstuðlinum  $n$ .

Mynd 7 sýnir rennsli í neðra sniði skv.



Mynd 6. Rennsli blaupsins fyrir 4400 árum í neðra sniði reiknað skv. jöfnu (1) sem fall af viðnámsstuðli  $n$ . Vatnshæð 251 m y.s.



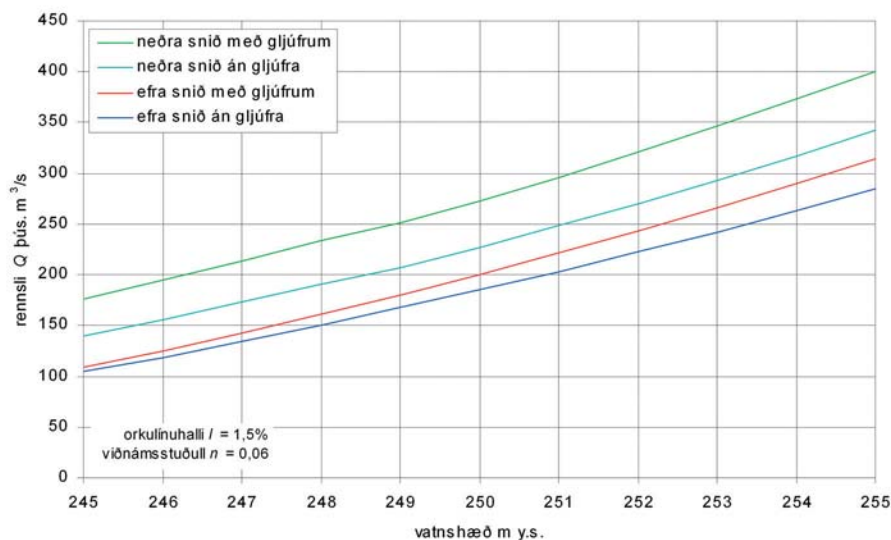
Mynd 7. Rennsli í neðra sem fall af vatnshæð, núverandi gljúfur. Orkulínuballi  $I = 1,5\%$ .

jöfnu (1) sem fall af vatnshæð, með  $I = 1,5\%$ , en mynd 8 sýnir rennsli í efra og neðra sniði með og án gljúfra.

#### 4. Niðurstaða

Ef gert er ráð fyrir að viðnámsstuðullinn sé  $n = 0,07$ , orkulínuballinn sé  $I = 1,5\%$

og að vatnshæðin í neðra sniði hafi verið 251 m y.s. (254 m y.s. í efra) fæst að mesta rennsli í flóðinu fyrir 4400 árum var nálægt  $250 \cdot 10^3 m^3/s$ , ef gert er ráð fyrir að gljúfrin hafi verið til staðar. Ef gljúfrin eru ekki tekin með í reikninginn fæst að mesta rennsli hefur verið um  $210 \cdot 10^3 m^3/s$ . Skv. sömu forsendum hefur mesta rennsli í flóðinu fyrir 3500



Mynd 8. Rennsli í efra og neðra sniði með og án gljúfra sem fall af vatnshæð. Orkulínuhalli  $I = 1,5\%$ , viðnámsstuðull  $n = 0,06$ .

árum verið  $200 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$  með gljúfrum en  $160 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$  án gljúfra m.v. vatnshæðina 248 m y.s. í neðra sniði.

## 5. Heimildir

Chow, Ven Te. 1959. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Company Inc.  
 Guðrún Larsen, Kate Smith, Anthony Newton, Óskar Knudsen. 2005. Jökulhlaup til vesturs frá Mýrdalsjökli: Ummerki um for-

söguleg hlaup niður Markarfljót. Þetta rit, kafla III.

Haukur Tómasson. 1996. The Jökulhlaup from Katla in 1918. Í Annals of Geology 22, 249-254

Roberson, J.A., Crowe, C.T. 1997. Engineering Fluid Mechanics. John Wiley & Sons, Inc.

Smith, K. 2003. Holocene jökulhlaups, glacier fluctuations and palaeoenvironment, Mýrdalsjökull, South Iceland. Unpublished Ph.D. thesis, University of Edinburgh, 139 p + Figures.