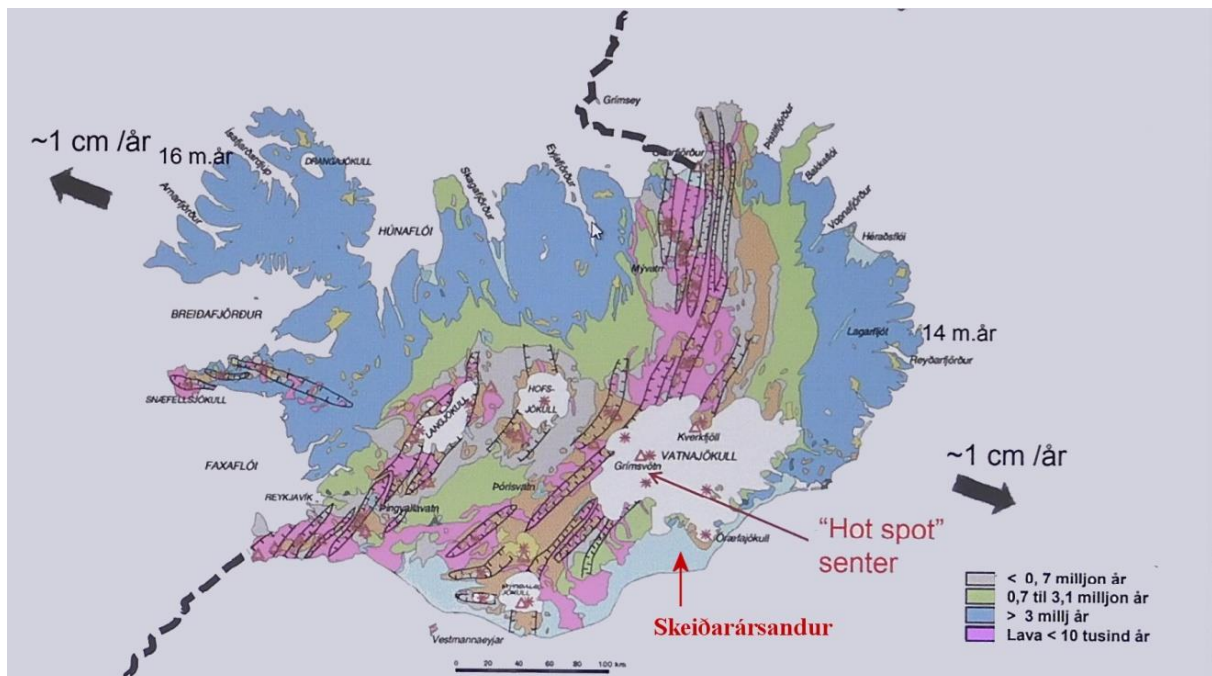


Sandur på Island og et eksempel fra vestsiden av Hornindalsvannet av Reidar Bøe

Det siste året har, på grunn av coronarestriksjonene, vært fritt for spennende steinturer i TAGF-regi, men da har det blitt tid til å bearbeide inntrykk og se på bilder fra tidligere turer. Selv tenker jeg mye på den svært vellykkede og innholdsrike ekskursjonen til Island sommeren 2018. På dag nummer to kjørte vi over et nesten endeløst, flatt landskap som vel de fleste fant litt kjedelig. Vi hadde allerede opplevd mye den dagen: lært om «hot spots» på vulkansenteret, besøkt den 65 m høye Seljalandsfoss, sett søylebasalt på Reynisfjara, Kirkjugólfi («kirkegolvet») og i Dverghamrar, og var på vei til dagens siste stopp, båttur i Jökulsárlón lagune.

Dette flate landskapet er en sandur, Skeiðarársandur, som ligger på sørsiden av Islands største bre, Vatnajökull (Figur 1). En sandur består av sedimenter avsatt av bre-elver ved kanten av en smeltende bre. Når en bre vokser river den løs biter og sliper ned fjellet den glir over. Steiner frosset fast i isen forsterker erosjonen av underlaget. Når isbreene smelter fraktes stein, grus, sand, silt og leire med smeltevannet og avsettes av breelvene utenfor brekanten. Det groveste materialet avsettes nærmest breen. Dette kalles også for «glasifluvial» avsetning. «Glasi» viser til at ellevannet kommer fra en smeltende bre, og «fluvial» at sedimentet er avsatt fra en elv.

Liksom Skandinavia var Island under siste istid dekket av en stor bre, men den smeltet, og mektige breelvavsetninger finnes mellom vulkanfjellene og havkanten. I Norge smeltet isbreene helt bort. Breene vi har i dag er rester av breisdannelse ved inntreden av en kald periode for 5000 år siden. Jeg vet ikke om Vatnajökull er en rest av isbreen fra siste istid eller om den er dannet senere, men brearmer og breelver fra Vatnajökull frakter fremdeles erosjonsmateriale fra breen ut på sandursletten (Figur 2, 3 og 4). Typisk for breelvene er at de forgrener seg i flere elveløp som ofte skifter retning (forgrenet elv, «braided river»).



Figur 1. Geologisk kart over Island. Den store hvite flekken er Vatnajökull som er den største isbreen på Island. Skeiðarársandur er markert med en rød pil. Kart: © Landmælingar Íslands.



Figur 2. Skeiðarársandur foran en brearm fra Öräfajökull som ligger helt i sør på den store isbreen Vatnajökull. Öräfajökull er en isdekket vulkan, den største aktive vulkanen på Island.



Figur 3. Stein, grus og sand avsatt av forgrenede elver («braided rivers») på sørøstsiden av Vatnajökull. (Den dårlige bildekvaliteten skyldes reflekser fra bussvinduet).



Figur 4. Sandurslette med dårlig sortert materiale med stein, grus og sand avsatt av forgrenede elver på sørøstsiden av den store breen Vatnajökul på Island. Den mørke delen nederst i bildet er sand, sannsynligvis avsatt i et forlatt elveløp.

A/S Norsands sandtak «Trollhaugen» på Vedviksmona, Stad kommune.

Høsten 2020 ble jeg med en lokal steinentusiast fra Nordfjordeid, Lars Lunde, til et sandtak på vestsiden av Hornindalsvannet (Figur 5 og 6). Han lurte på hvorfor vannet stopper her og ikke er knyttet sammen med fjorden 5-6 km mot vest. Hornindalsvannet er 22 km langt, og med en maksimal dybde på 514 m er det Europas dypeste innsjø. Det ligger parallelt med Nordfjorden, 5 km mot sør.



Figur 5. Oversiktskart som viser Hornindalsvannet i forhold til Nordfjorden som går helt inn til de kjente turiststedene Loen og Olden. Norkart AS.



Figur 6. Sandtaket ved Hornindalsvannets utløp er markert med rød pil. De blåstiplede strekene markerer marin grense. Kartet er fra NGU's kartdatabase.

Fjellet ved Hornindalsvannets vestlige utløp er av samme type som det som omgir Hornindalsvannet og kan ikke forklare hvorfor vannet slutter akkurat her. Fjorder og fjell har blitt utformet ved erosjon fra breer som har dekket landet, og har senere blitt modifisert med elveerosjon. Mest sannsynlig har hovedtransporten av ismasser fra det voksende isdekket i øst blitt kanalisert ut Nordfjorden, og ismassene som gravde ut Hornindalsvannet har ikke vært tilstrekkelige til å grave lenger ut mot fjorden. Denne forklaringen er nok en overforenkling, for i Kvartær tid, som begynte for omtrent 2,6 millioner år siden, har vi hatt ca. 40 istider i veksling med varmere perioder. Fremrykkende breer i hver av de kalde periodene har vært med på å forme landskapet til det vi ser i dag.

Den marine grensen (det høyeste nivået som havet har hatt etter isavsmeltingen) er på kartet ovenfor tegnet inn med blå streker (55 m.o.h.). Det viser at mot slutten av istiden var Hornindalsvannet marint, knyttet sammen med fjorden utenfor med et smalt eid. Fjorden fortsatte altså 22 km mot øst, helt inn til Grodås. Det er den senere landhevingen som har ført til at forbindelsen med fjorden ble brutt. Hornindalsvannet ligger nå omtrent 52 m over dagens havnivå.

Under den siste istiden i Nord-Europa (fra 115.000 til ca. 12.000 år siden) var der flere varme perioder som medførte at isen trakk seg sterkt tilbake, men for 12.800 år siden ble det en markert klimaforverring. Da denne kalde perioden som kalles Yngre Dryas (12.800 – 11.600) inntrådte var hele Hornindalsvannet knyttet til fjorden utenfor, men breen rykket fort frem og fylte det helt. Det var ved denne brefremrykkingen at den kjente Ra-morenen, som vi kan se mange spor av langs norskekysten, ble dannet. Avsetningene på Tautra i Trondhjemsfjorden tilhører også Ra-trinnet.

Avsetningene i sand- og grustaket på Vedviksmona er imidlertid ingen morene. Morenemateriale er vanligvis usortert og består av stein, grus, sand, silt og leir, og steinene er oftest kantede. Massene i sandtaket viser tydelig en sedimentær lagdeling der svært grove, dårlig sorterte lag veksler med sandige lag (Figur 7 og 8). Steinene i de grove partiene er ofte godt rundet. Det er tydelig at disse sedimentene er avsatt av elver som fraktet erosjonsmateriale fra den smeltende breen som fylte Hornindalsvannet i øst.



Figur 7. Skråningen til venstre som viser en horisontal, sedimentær lagning ligger på sørsiden av sandtaket i dets østligste del, nærmest Hornindalsvannet.



Figur 8. Dette bildet er også fra sørsiden, og den sedimentære lagningen er svært tydelig. Det veksler mellom diskontinuierlige, grove, steinrike sedimentlag med mer finkornete, sandige lag. I en morene finnes det ikke slik lagning; den er usortert.

Smeltevannet som fraktet sedimentene kan ha funnet vei både oppå breen, langs dalsider og under breen. Dalen Hornindalsvannet ligger i er 2 - 4 km bred, men ved vannets vestlige utløp er dalen veldig smal. Alt smeltevannet fra øst måtte presses gjennom denne trange passasjen, men straks det nådde det åpne landskapet ble vannet spredt utover og mistet mye av sin bærekraft, og stein, grus og sand ble dumpet uten noen form for sortering. I de grove lagene kan vi se at flate steiner har en helning mot øst. Det er kjent at flate steiner orienterer seg med helning mot vannstrømmen (det kalles imbrikasjon eller taksteinavsetning), så dette bekrefter at breelven her kom fra en bre som lå i øst (Figur 9).



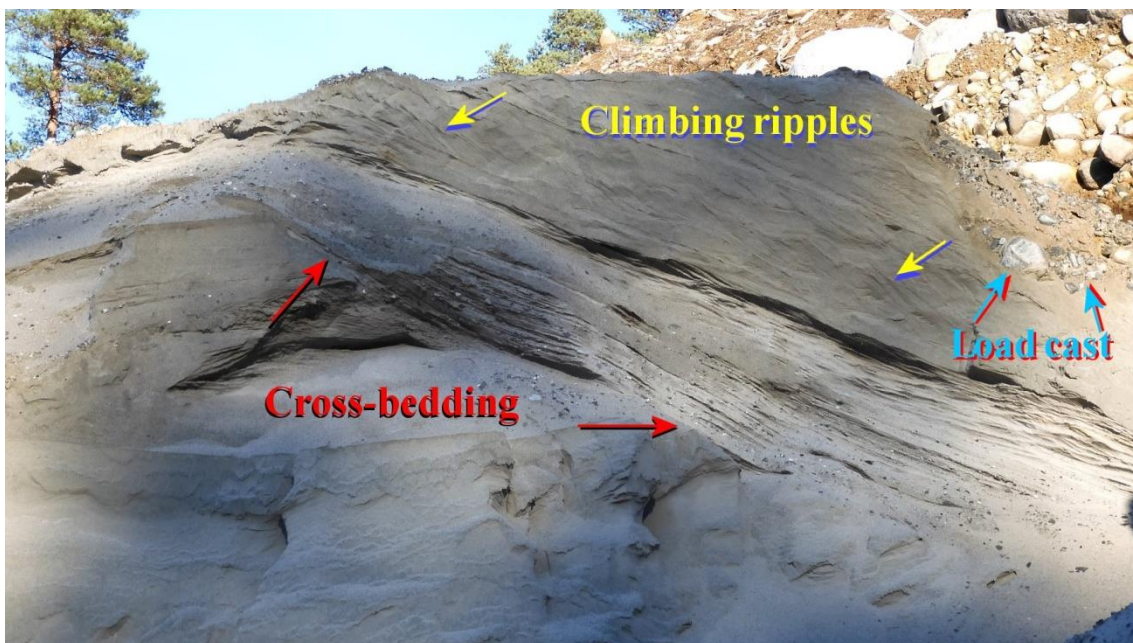
Figur 9. Flate steiner heller ofte mot strømningsretningen (de er «imbrikert») (helningsretningen er indikert av rød pil), så her kom breelven som avsatte massene fra venstre, altså fra øst. Legg merke til at steinene er rundet. I en morene ville det vært kantede steiner.



Figur 10. Dette bildet fra østsiden av sandtaket viser horisontal, sedimentær lagning i dårlig sortert materiale med stein, grus og sand (vist med gule piler). Den øverste gule pilen peker mot en sandig kanalfylling. Den røde pilen markerer en skrå erosjonskontakt mellom den grove avsetningen og en overliggende sand som fyller en elvekanal som skar seg ned i den grove avsetningen.

I den østlige enden av sandtaket har breelven gravd seg ned i de grove, steinrike massene og avsatt sand (Figur 10). I denne elvesanden finnes det fine eksempler på sedimentære strukturer. Kryss-lagning («cross-bedding») er dannet ved at et sandlag blir erodert og et nytt avsettes over det med en skrå vinkel (Figur 11). Det er typisk i elver der sanddyner flytter seg langs elvebunnen i strømningsretningen. Noe av dem vaskes bort i bakkant, og ny sand avsettes over den.

Strømrifler («current ripples») er mindre strukturer som er vanlige i mange sedimentære miljøer: i vann langs strandlinjer, i vindblåst sand, i tidevannskanaler og på elvebunnen. I strandkanten dannes de av vannstrømmen som går frem og tilbake når bølgene slår inn mot stranden. De ligger som små, langstrakte rygger parallelt strandkanten, og der kaller vi dem gjerne «bølgeslagsmerker». De er lette å identifisere når vi ser dem ovenfra på en flate, men det er ikke like enkelt når vi betrakter et tverrsnitt gjennom sanden i et sandtak. Dessuten er de riflene jeg så i breelvvavsetningen en spesiell type som kalles klatrende rifler («climbing ripples»). Slike strukturer kan gi informasjon om strømningshastighet og hvilken retning vannet kom fra, men jeg er ingen sedimentolog, så jeg vil ikke forsøke å tolke disse. Her finnes også et eksempel på at et overliggende, grovere lag med høyere egenvekt har sunket ned i den løse sanden («load cast»).



Figur 11. Dette bildet viser noen sedimentære strukturer i sand avsatt av breelven. I den nedre delen finnes krysslaging («cross-bedding») der et sandlag har blitt erodert og et nytt sandlag er avsatt med skrå vinkel over dette. Strukturene i den øverste delen er en spesiell type strømrifler som kalles klatrende rifler («climbing ripples»). Oppe til høyre har et overlagrende grovt sediment med høyere egenvekt sunket ned i sanden. (De brune, steinete massene ovenfor er en fylling).

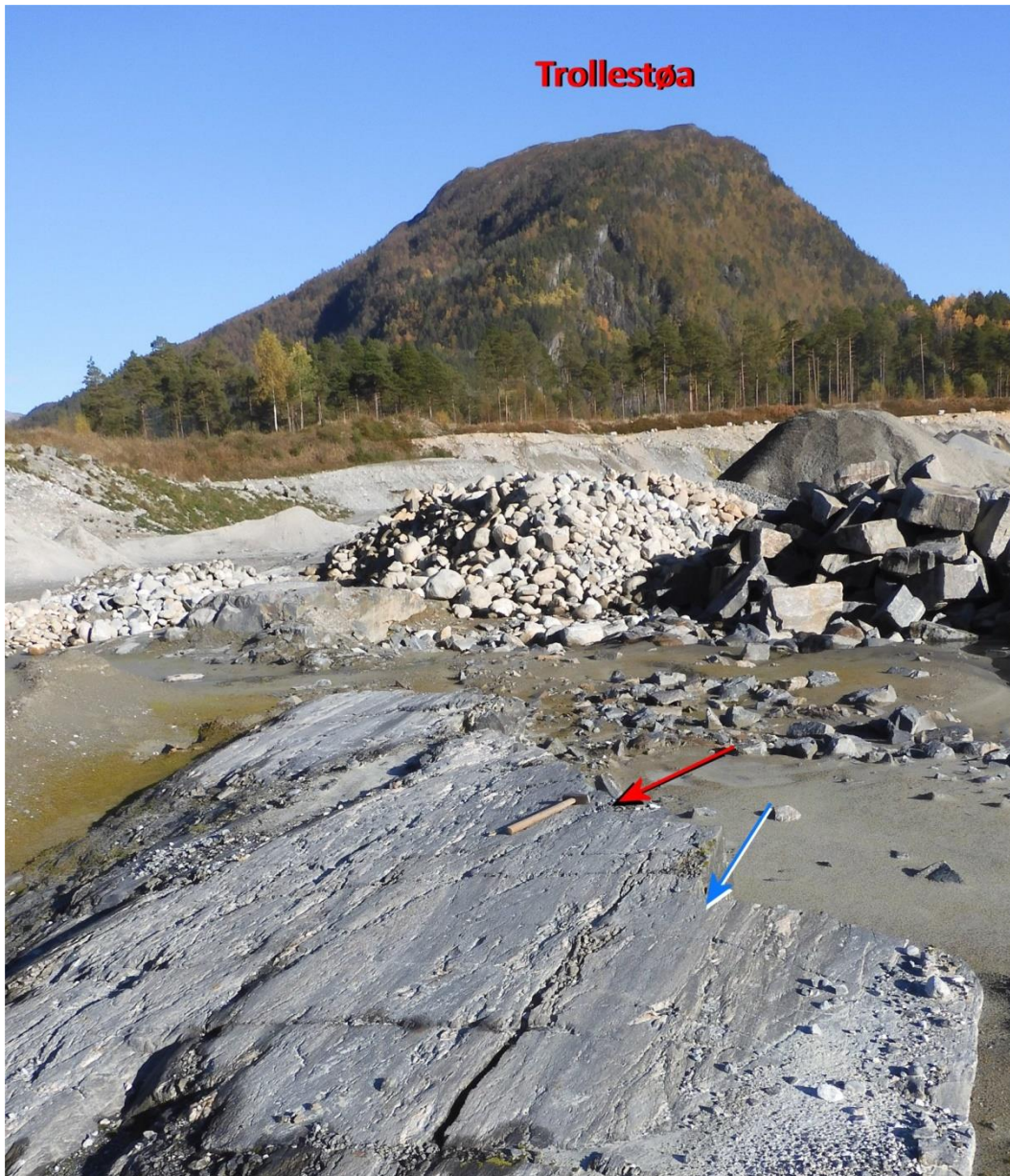
Silt og leir er uvanlig i de grove breelvvavsetningene. I den vestligste delen av sandtaket, mer distalt fra kilden, finnes et lite parti som viser en gradert horisontal lagning (Figur 12) der grove lag blir finere oppover med leir og silt øverst (en «opp-finings-sekvens»). Det viser at vannmengden og dermed transportegenskapene til breelven avtok, f.eks. etter en vårflo.



Figur 12. Et lite stykke i den vestlige delen av sandtaket viser en gradert horisontal lagning der grove lag blir finere oppover (en «oppfinings-sekvens»). Det viser at vannstrømmen og dermed bæreevnen til breelven avtok, f.eks. etter en vårflom.

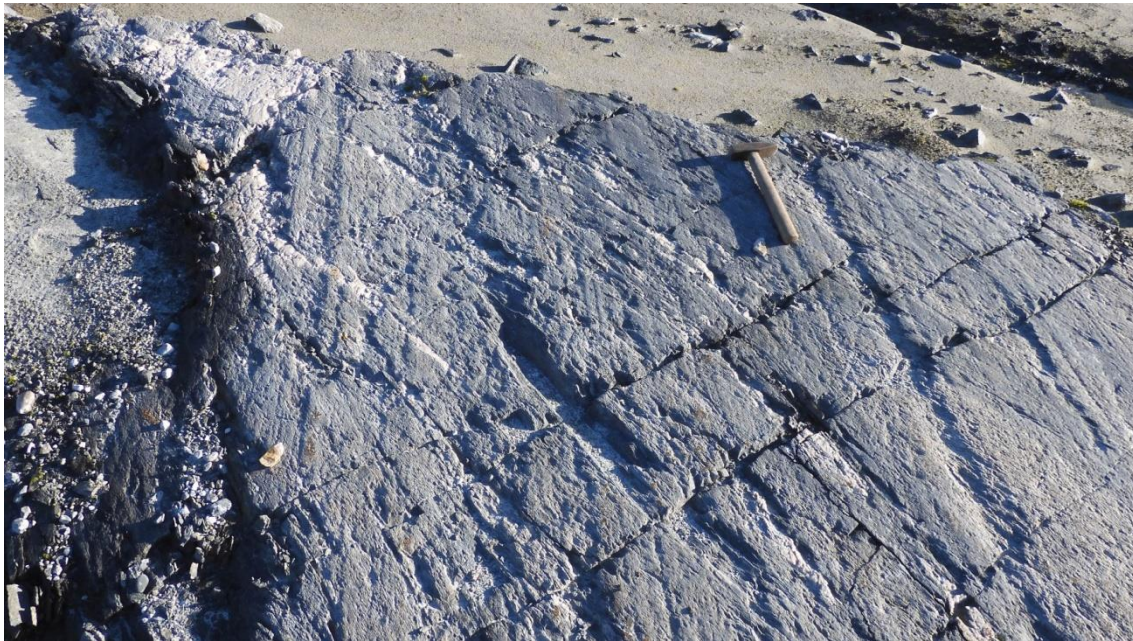
I den vestlige delen av sandtaket hvor løsmassene har blitt fjernet er det blottlagt kraftige skuringsstriper på den underliggende fjellgrunnen (Figur 13, 14 og 15). De ble dannet av fastfrosne steiner i bunnen av en prograderende isbre, og de viser at isen her beveget seg mot VNV, altså ut mot kysten. Det skjedde ganske sikkert under isens fremrykking i Yngre Dryas for 12.800 – 11.600 år siden. Skuringsstripene ligger over den marine grensen, men bare 100 – 200 m fra den. Hvor langt isen beveget seg ut mot kysten er umulig å si kun fra observasjoner i dette området, men breelvavsetningene finnes nesten sammenhengende på sørsiden av dalen over 5 km ned til Nordfjordeid. De ble dannet under isavsmeltingen da isen trakk seg tilbake. En kampestein bestående av konglomerat fantes oppå sedimentene nær Nordfjordeid (på Langeland), men den er skutt i stykker og fjernet. Sannsynligvis var det et devonsk konglomerat som har falt ned på og frosset fast i isen lenger ute i fjorden, og har drevet inn fjorden og blitt etterlatt der som en dropstein. Det indikerer at isen har gått svært langt ut i Nordfjorden, kanskje helt ut til havkanten.

Sanduren ved Hornindalsvannet strekker seg fra Nor (på sørsiden av Eidselva) og 2 km mot nord inn i Leivdalen. Det er sannsynlig at breelvavsetningene på Leivdalsmona også har fått tilførsel av sediment fra en brearm som kom ned fra Stigedalen i nordvest. En brearm derfra har hatt et høyt tyngdepunkt og ved hjelp av gravitasjonskrefter glidd ned mot fjorden. Breen som fylte Hornindalsvannet (514 m på det dypeste) slet i motbakke på sin ferd mot vest. Brearmen fra Stigedalen kan derfor ha medvirket til at Hornindalsvannet stopper der det gjør i dag.



Figur 13. Blottlagt fjellgrunn i sandtaket på Vedviksmona. Den røde pilen viser retningen på skuringsstripene, den blå viser retningen på båndingen (foliasjonen) i gneisen. Furuskogen i bakgrunnen trives godt på permeabel sand og grusavsetninger med lite finstoff (silt og leir) til å holde på vannet.

Jeg har aldri vist særlig interesse for løsmasser, men har ikke vært helt blind for fine morener, eskere og dødisgroper på turer i fjellet. Det har vært og er fremdeles fast fjell og mineralogi som interesserer meg mest. Da vi dro til Island hadde jeg ikke så store forventninger. Vulkanske bergarter har jeg sett andre steder, og zeolitter er ikke den mineralgruppen som fanger meg mest. Men bussturen over sandurslettene mellom havet og bredekte vulkanfjell, møte med brearmer som strakte seg helt ned til sanduren og forgrenede elver som førte grove sedimenter fra breen og ned mot havet var som å komme til et laboratorium som demonstrerte hvordan løsmassene har blitt avsatt ved istidens slutt i Norge. Da jeg besøkte sandtaket på Vedviksmona kjente jeg igjen de grove avsetningene og forsto hva som hadde foregått her under tilbaketrekking av isen for nesten 10.000 år siden. Uten å se i fasiten: [K12181.pdf \(ngu.no\)](https://www.ngu.no)



Figur 14. Skuringsstripene har blitt godt bevart under sanden.



Figur 15. Båndingen (foliasjonen) i gneisen går skrått ned mot høyre og krysses av skuringsstripene som går vertikalt i bildet.