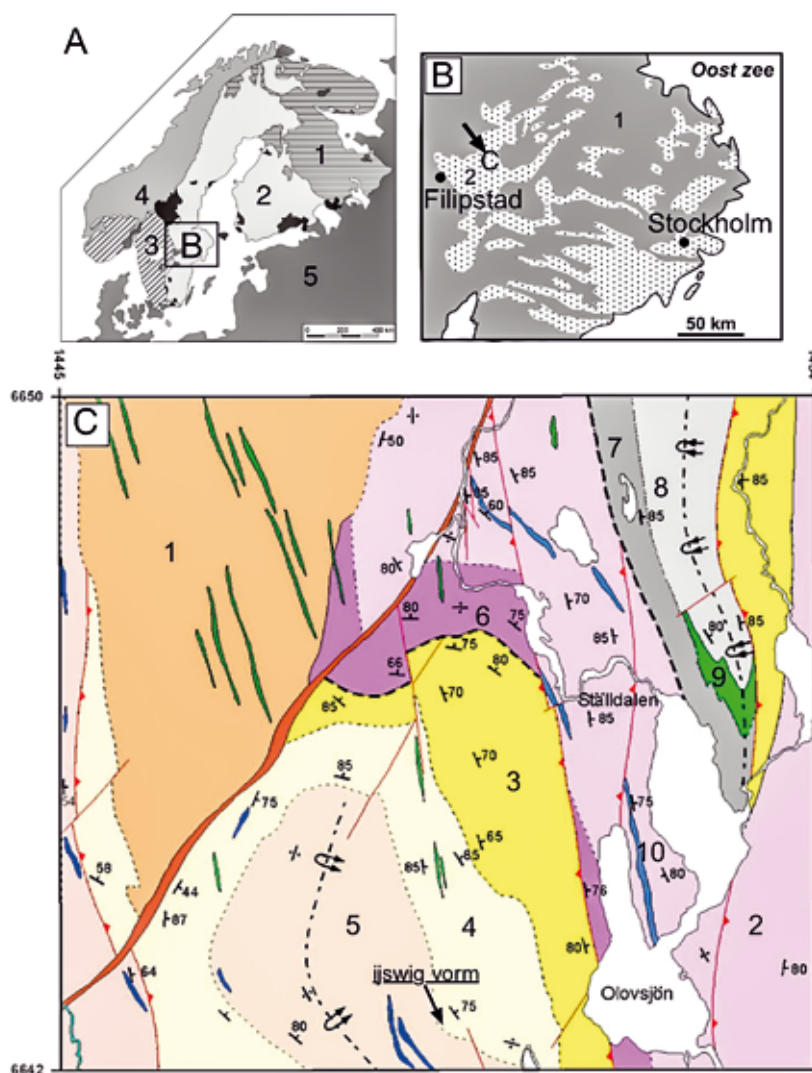


Een ijswig van 1,9 miljard jaar oud

1900 miljoen jaar oude permafrost in Midden-Zweden

door Gerrit Kuipers en Frank Beunk
kuipersgerrit@gmail.com
frank.beunk@vu.nl



Afb. 1. Locaties.

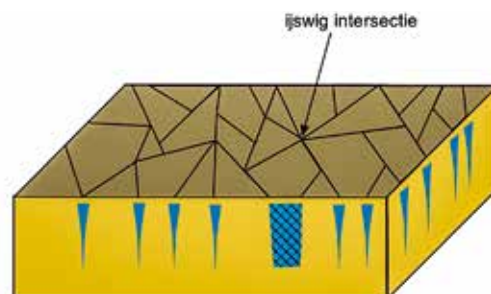
A: Primaire tektonische eenheden van het Fennoscandische schild, Koistinen et al. (2001). 1 = Archaeïsch craton, 2 = Svecofennisch orogeen en pre-Svecofennische Paleoproterozoïsche gesteenten, gedeeltelijk beïnvloed door Svecofennische plooïing, 3 = Sveconorwiegisch (Grenvillian) orogeen, 4 = Caledonisch orogeen, 5 = Phanerozoïsche bedekking.

B: Geologische schets van Bergslagen. 1: Intrusief gesteente, vooral granitoiden. 2 = Bergslagen Groep supracrustale gesteenten.

C: Geologie van het Stålldalengebiet, 8 x 9 km, naar Van Dongen (1986), met coördinaten van het Zweedse RT90-net (≈ WGS84). De gestippelde lijnen met pijlen, linksonder en rechtsboven, zijn de assen van resp. een anticlinale en een synclinale plooï. 1 = Stålldalen graniet; 2 = Stålldalen metavulkanieten; 3 = Bonvartsvicken metatuffen; 4 = Abortjärnen metavulkanieten; 5 = Himmelricksbacken ignimbrieten; 6 = Lake Kumlan gebande metavulkanieten; 7 = Lake Kristjärnen agglomeraten en grauwwacks; 8 = Bätberget fyllieten en glimmerschisten; 9 = metabasische stromen, gangen en sills; 10 = diverse skarns; 11 = brosse deformatiezone.

Dit artikel gaat over een periglaciaal fenomeen in circa 1900 miljoen jaar oude vulkanische gesteenten, dat mogelijk een bewijs is voor een ijstijd tijdens het Proterozoïcum. We zijn het op het spoor gekomen door de beschrijving van een sedimentaire structuur in een kaartbeschrijving van de Zweeds Geologische Dienst (SGU) uit 1995, die sterk op een plooi lijkt. De locatie en geologische context is weergegeven in afb. 1. In dit kleine gebied in Midden-Zweden komen enkele ontsluitingen met plooi-achtige structuren in gelamineerde tuffieten voor. We denken dat deze sedimentaire structuur een ijswig is. Daaromheen zien we verstoringen in de laminatie van de tuffen, die waarschijnlijk veroorzaakt zijn door het voortdurend bevroren en ontdooien van de bodem (cryoturbatie).

Het verschijnsel ijswig is bekend uit gebieden met permafrost zoals toendra's, waar het 's zomers dooit en 's winters hard vriest. Daardoor ontstaat een patroon van polygonale (veelhoekige) krimp-scheuren, waarin het smeltwater in een jaarlijkse cyclus bevroert zolang deze actieve laag als bodem aan de oppervlakte blijft (afb. 2). Als er opnieuw sedimentatie plaatsvindt en er een nieuwe bodem wordt gevormd, kan dit proces zich her-



Afb. 2. Schetsmatige verklaring voor het ontstaan van ijswigen uit een patroon van krimp-scheuren in een vochtig periglaciaal klimaat zoals Alaska, waar het Amerikaanse leger een tunnel in de permafrost gemaakt heeft om het goed te kunnen bestuderen. Permafrost tunnel, Fairbanks, Alaska. Bron: www.youtube.com/watch?v=RtapsJiliqQ.

halen zolang de periglaciaal condities niet veranderen. Als er geen nieuwe bodem wordt gevormd, worden de ijswigen bij een ongewijzigd periglaciaal klimaat steeds breder en dieper. Als ze ten slotte wegsmelten, wordt de ruimte waar het ijs zich bevond van boven af met sediment opgevuld; er ontstaat een pseudomorfose van een ijswig. Dit fenomeen zien we onder meer in Alaska (afb. 3) en Siberië, maar ook in het Pleistoceen in Nederland (afb. 4).

In de metamorfe vulkanieten van West-Bergslagen, maar ook in 1800 miljoen jaar (Ma) oude sedimenten in Noordwest-Australië komen dit soort synsedimentaire (tijdens de afzetting gevormde) oppervlaktestructuren voor. Het optreden van deze en andere structuren in gesteenten van 1900-1800 miljoen jaar (Ma) oud in

Midden-Zweden levert het bewijs dat er dus ook in de periode van 2200-770 Ma ijstijden zijn geweest. Tot nu toe waren er tijdens deze 'Proterozoic Glacial Gap' geen ijstijden bekend.

Geologische setting

De Bergslagen Groep (BG) van circa 2 miljard (1910-1890 miljoen) jaar oude supra-crustale (aan het aardoppervlak gevormde) gesteenten in Midden-Zweden is al sinds de middeleeuwen bekend als een bron van



Afb. 3. Een recent voorbeeld van een ijswig uit Alaska. De ijswig ligt ongeveer 2 meter onder het maaiveld. De wig is, in een dooiperiode, weer bedekt door sediment, maar hij bevindt zich nog steeds in de permafrost. Foto: Matt Nolan.



Afb. 4. Coverfoto van het ANWB-boek 'Geologieboek Nederland'. Pleistocene ijswigvorm in Nederland. Foto: Wim de Gans.



Afb. 5. De foto kijkt in noordoostelijke richting neer op een doorsnede door een ijswigvorm met links cryoturbate structuren en rechts een synsedimentaire afschuivingsbreuk, in goed gelaagde meta-dacitische tuffieten van 1893 miljoen jaar oud. De gelaagdheid helt 75 graden naar het noordoosten (bovenkant foto). WGS84 coördinaten [59.899249/14.907332]. Foto: Frank Beunk.

mangaanrijke gebande ijzerformaties (BIF), geassocieerd met meestal felsische vulkanische afzettingen in ondiepe zeeën; soms komen ook afzettingen op land voor. Sedimentatie vond plaats in een 'actieve continentrand' die rond 1850 Ma evolueerde door het sluiten van het back-arc bekken (Beunk, 2017a). Hierna brak er een stuk van de continentrand af, dat vanaf 1830 Ma tegen Fennoscandiavië aan botste (Beunk, 2017b).

Het gesteente rond de wig in het Stålldalen-Kopparberggebied is vrij hoog metamorf in de amfibolietfacies, maar de sedimentaire structuren zijn in de gelamineerde vulkanische metasedimenten heel goed bewaard gebleven. De periglaciale structuren komen voor in de oostelijke flank van de anticline in het zuidwestelijke deel van de kaart (afb. 1C) (Van Dongen, 1986 en Lundström, 1995). Deze auteurs hebben deze structuren echter niet goed kunnen verklaren.

De ijswig

De foto van de ontsluiting (afb. 5 en 6) is in 2016 genomen nadat deze twee jaar eerder met bleekmiddel is behandeld, waardoor de korstmossen zijn verdwenen. De pseudo-gelaagde structuur in de wig, die we in recente wiggens meestal niet kennen, is hier duidelijk te zien. De invulling ('casting') bestaat uit fijn tufmateriaal; dit type vulling komt in de Pleistocene wiggens in Nederland en elders niet voor (afb. 3). Daar bestaat het vulsel meestal uit ongestructureerde zandige modder of grind.

De wig op afb. 5 en 6 is ongeveer 170 cm diep en vertoont de typisch naar beneden gebogen, discordante laagstructuur langs de buitenkant; deze is ontstaan doordat het expanderende ijs in de wig die lagen naar boven drukte. Bij het verdwijnen van het ijs door een veranderend klimaat viel door het dunner worden van de wig de expansieve druk weg en zakten sommige lagen eromheen weg, om zo een soort plooi te simuleren. Ook zien we de synsedimentaire afschuivingsbreukjes (rechts op de foto), die vaak bij grote ijswiggens voorkomen. Links van de wig zien we veel verstoring en plooiling in het gastgesteente als gevolg van de jaarlijkse vries-dooi-cycli, zoals we ook in Nederland in zandige ijsstijdbodems vaak zien.



Afb. 6. Asymmetrisch, door cryoturbatie vervormde gelaagdheid, direct links van de ijswigvorm. Foto: Frank Beunk.

Onbekende ijstijden

De beschreven ijswig kan ons mogelijk iets vertellen over tot nu toe onbekende perioden van ijstijden tijdens het Proterozoïcum. Recente ijswiggen groeien door regelmatige, seizoensgebonden expansie van ongeveer 1 mm/jaar. Gezien de grootte van 'onze' wig moet hij honderden jaren de tijd hebben gehad om zich te vormen; dat moet in een extreem koud klimaat zijn gebeurd. Om ijswiggen te vormen moet de gemiddelde luchttemperatuur lager zijn dan -5°C .

In paleomagnetische studies van het Svecofennische orogeen wordt Paleoproterozoïsch Fennoscandia op tropische breedtegraden geplaatst. Het orogeen lag toen rond de paleo-evenaar in een omgeving van grote continentale massa's, die naar elkaar toe bewogen. Het polaire klimaat strekte zich rond 1900 miljoen geleden dus blijkbaar tot in de tropengordel uit. Dit is niet uitzonderlijk, want Neoproterozoïsche glaciaties uit het Cryogeen (de tijd van 'Sneeuwbal Aarde'), ca. 750-635 Ma geleden, strekten zich ook uit tot in de tropen. Deze glaciaties worden toegeschreven aan voorafgaande intense tropische verwerking in een 'greenhouse'/broeikas-klimaat, die de oorzaak zou zijn van een daaropvolgend 'ice house', door afname van de hoeveelheid CO_2 in de atmosfeer en opslag daarvan in gesteenten. Dit is een hypothese van Kirschvink uit 1992, die nog steeds populair is (zie bijvoorbeeld Hoffman & Schrag, 2002).

Bijzonder is de timing van deze ijstijden. De oudst bekende ijs-

wiggen worden genoemd door Young & Long (1976) uit het Huronian in Canada (ca. 2300 Ma) en worden geassocieerd met een glaciatie met dezelfde naam. Daarna volgde de al genoemde 'Proterozoic glacial gap', naar men zegt een periode zonder grootschalige ijstijden, tot rond 770 miljoen geleden glaciaties weer gingen voorkomen. De enige vermelding tot nu toe van ijstijden binnen die *Proterozoic gap* is de King Leopold Formatie in de Kimberley Basin in Noordwest-Australië (Williams, 2005). Mogelijk kan het Svecofennische orogeen dienen als bewijs voor een Laat-Paleoproterozoïsche periode (1900-1800 Ma) met wereldwijde glaciaties.

Bronnen

- Beunk, Frank, 2017a. Wat drijft plaattektoniek? Grondboor & Hamer, 71 (1), p. 2-11.
- Beunk, Frank, 2017b. Geologisch veldwerk in Zweden: over de opbouw van het Precambri-sche Schild van Noord-Europa. *Gea* 50 (1), p. 6-14.
- Hoffman, P.F. & Schrag, D.P., 2002. The Snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra Nova*, 14, 129-155.
- Kirschvink, J.L., 1992. Late Proterozoic Low-Latitude Global Glaciation: the Snowball Earth. In: J.W. Schopf & C. Klein (eds.), *The Proterozoic Biosphere: A Multidisciplinary Study*. Cambridge University Press, 1992. 2.3, 2 pp.
- Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wennerström, M. & Korhonen, J., 2001. Geological map of the Fennoscandian Shield, scale 1:2,000,000. Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia.
- Kuipers, Gerrit, Beunk, Frank F. & van der Wateren, Frederik M., 2013. Periglacial evidence for a 1.91-1.89 Ga old glacial period at low latitude, Central Sweden. *Geology Today*, 29 (6), p. 218-221.
- Lundström, I. 1995. Description to the map of solid rocks Filipstad NO, Swedish Geological Survey Af 177, 185 pp.
- Van Dongen J., 1986. The geology of the Ståldalen area. Doctoraalscriptie Universiteit van Amsterdam, 132 pp.
- Williams, G.E. 2005. Subglacial meltwater channels and glaciofluvial deposits in the Kimberley basin, Western Australia: 1.8 Ga low-latitude glaciation coeval with continental assembly. *Journal of the Geological Society, London*, 162, p.111-124.
- Young, G.M. & Long, D.G.F., 1976. Ice-wedge casts from the Huronian Ramsay Lake Formatio near Espanola, Ontario, Canada. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 19 (3), p. 191-200.