



*De tweede auteur in het veld
op de locatie Gijzenveen.*

Over het ontstaan van een keienrijk *diamict* in het Gijzenveen

SANDER KOOPMAN
OUDE AMERSFOORTSEWEG 140
1212 AJ HILVERSUM
035-7723267
S.KOOPMAN19@GMAIL.COM

JAN SEVINK
PIET HEINLAAN 28-0023
3742 AP BAARN
035-6980102
J.SEVINK@UVA.NL

*NB Voor een aantal in de tekst cursief
geplaatste vaktermen: zie de verklarende
termenlijst op pagina 100.*

In het natuurgebied Gijzenveen, gelegen tussen Bussum en de Hilversumse Meent, kwam na verwijdering van de toplaag een grote hoeveelheid keien aan het oppervlak. De keien bleken voor te komen in een *diamictische* (= ongesorteerde) laag, ingeschakeld in dekzand, en op een afstand van enkele kilometers van de brongebieden van zulke keien. In dit artikel beschrijven we onze waarnemingen en gaan we op zoek naar een mogelijke verklaring voor de waargenomen verschijnselen.

Inleiding

Het Gijzenveen is een klein natuurgebied gelegen tussen Bussum en de Hilversumse Meent (Afb. 1). Tot voor kort was het in gebruik als agrarisch grasland. Daar het Gijzenveen de enige groene doorgang is tussen de

natuurgebieden Cruysbergen en het Naardermeer, is de grond aangekocht door het Goois Natuurreservaat en inmiddels ingericht als natuurgebied. Het Gijzenveen vormt daarmee de verbindende schakel tussen de Franse Kampheide, Cruysbergen en het



Naardermeer. De uiteindelijke bedoeling is om een klein stukje te herstellen van de vroegere *gradiëntzone* tussen de Gooise stuwwallen en het laagveengebied. Oorspronkelijk was de gradiëntzone goed ontwikkeld langs de gehele westzijde van het Gooi, maar tegenwoordig is dit gebied grotendeels bebouwd en doorsneden door wegen. Ook zijn er grote delen verdwenen door afgraving. Teneinde de ontwikkeling tot natuurgebied te versnellen is begin 2014 de verrijkte top laag van de bodem verwijderd, waardoor het onderliggende zand aan de oppervlakte kwam (Afb. 2). Inmiddels is de ingreep een jaar geleden en ontwikkelt zich een voedselarme pioniersvegetatie in het gebied. Kale plekken komen nog veelvuldig voor, waardoor de ondergrond zich goed laat bestuderen. Afbeelding 3 toont het duidelijke verschil tussen de vegetatieontwikkeling op de kale grond en langs het pad, dat niet afgegraven is. De afgegraven grond is nog grotendeels kaal, terwijl zich langs het pad een ruige en voedselrijke grasvegetatie bevindt.

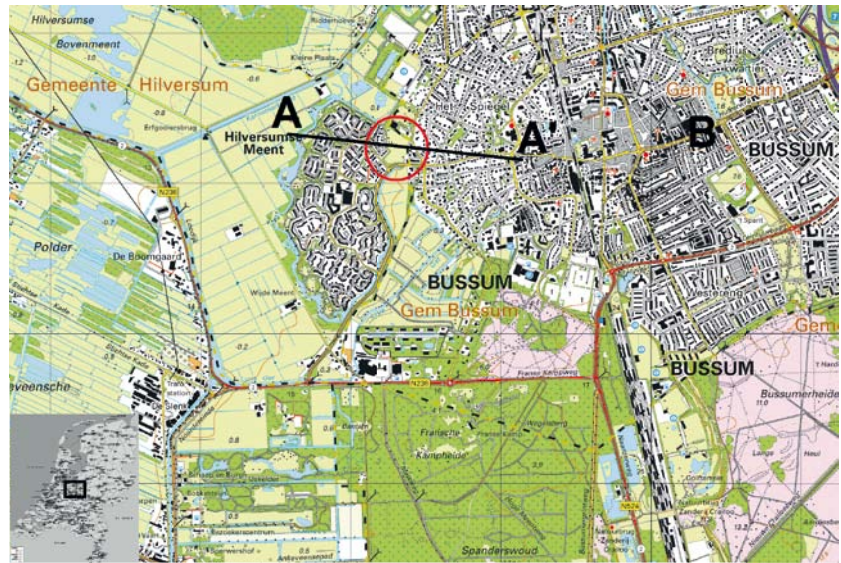


AFBEELDING 2. | Het gebied ten tijde van de afgraving van de toplaag, begin 2014. De donkere baan in het midden is het huidige looppad.
Foto: Jan Sevink.



AFBEELDING 3. | Ingang noordelijk deel van het natuurgebied Gijzenveen aan de Meentweg, november 2014. Foto: Sander Koopman.

De naam Gijzenveen is een historisch *toponiem* (= geografische naamsaanduiding), dat in de 18e eeuw gebruikt werd voor een veentje gelegen op de overgang van de zandgronden van Bussum naar de lager gelegen Hilversumse Meent. In de loop der eeuwen is dit veentje verdwenen, en in de 20e eeuw was het in het landschap niet meer te herkennen. Afbeelding 4 geeft een beeld van de historische landschappelijke context van het Gijzenveen. Het Gijzenveen is zichtbaar als een venntje in het midden van de afbeelding. Ten oosten daarvan is het dorp Bussum zichtbaar, omringd door engen (akkergronden). Tussen de engen en het veentje is een smalle strook woeste grond zichtbaar. Dit betreft stuifzanden en heide, waarvan het reliëf momenteel nog herkenbaar is in de vorm van een markante randwal (Den Haan & Sevink, 2010) aan de oostzijde van het Gijzenveen (Afb. 5). Ten westen van het Gijzenveen bevinden zich de graslanden van de Hilversumse Meent (op de kaart aangeduid als 'Weyde'), verder naar het westen toe overgaand in de veenpolders van Ankeveen.



AFBEELDING 1. | Locatie van het natuurgebied Gijzenveen (binnen de rode cirkel). Ondergrond: TKN 1:25.000, Kadaster.

TERMENLIJST

Deflatielaag	Een laag ontstaan door uitblazing (harde wind) van de fijne bodemdeeltjes. De grovere delen (b.v. grind) blijven achter en vormen een grindrijke laag
Diamict	Een laag waarin sedimenten van verschillende grofheid door elkaar gemengd voorkomen (dus leem, zand, grind en/of keien gemengd)
DINOLoket	Data en Informatie Nederlandse Ondergrond Loket, van TNO Geologische Dienst van Nederland
Distaal	Veraf gelegen. Tegengestelde: proximaal, nabij gelegen
Fluvioglaciaal	Ontstaan door de afstroming van ijssmeltwater, nabij een gletsjer
Fluvioperiglaciaal	Ontstaan door de afstroming van sneeuwsmeltwater, in een toendra of poolwoestijn
Gelifluctie	Zeer langzame beweging van ontdooid sediment over een permafrostlaag
Gradiëntzone	Een overgangsgebied, bijvoorbeeld van nat naar droog of van voedselrijk naar voedselarm
Kataklastisch	Gesteentestructuur gekenmerkt door het voorkomen van gebroken mineraalkorrels in de steen
Lithogenese	De ontstaanswijze van de sedimenten in de ondergrond
Patch	Een voorkomen in de vorm van een onregelmatige vlek
Sandrvlakte	Vlakte, of waaier, van zand en grind afgezet door smeltwater aan de rand van het landijs
Sheet flooding	Oppervlakkige, plaatvormige afspoeling van smeltwater
Silt	Benaming voor sediment waarvan de deeltjes een diameter tussen 2 en 63 micrometer hebben



Gedurende het genoemde onderzoek – ter voorbereiding van een ecologisch herstelplan – van Den Haan & Sevink, werd het vennetje Gijzenveen teruggevonden als een veenpakket. Het ligt in een depressie, te midden van een zandige Pleistocene grindlaag met plaatselijk grind. De dikte van dit veenpakket loopt plaatselijk op tot bijna 1 meter (Afb. 6). De afgravingswerkzaamheden werden gebaseerd op deze bodeminventarisatie, en bestonden uit de verwijdering van een dikke opgebrachte zandige bouwvoor. Hierbij kwam het veenpakket weer aan het oppervlak. Die afgraving leidde er, tezamen met het graven van een diepe sloot aan de noordzijde en het herstel van de contouren van de oorspronkelijk aanwezige militaire batterij, tevens toe dat de Pleistocene zanden goed ontsloten werden.

Waarnemingen

In het zuidelijke en noordelijke deel van het bestudeerde gebied bevindt zich aan de oppervlakte plaatselijk leemhoudend zand (Afb. 7). Aan de oostzijde is dit zand afgedekt door fijn zand zonder leem. In het noordelijk deel is het leemhoudende zand op veel plekken doorspekt met lenzen van grof, scherp zand en slecht gesorteerd grind. Het sediment heeft hier het karakter van een *diamict*. Soms komt het grind voor in duidelijke ‘patches’ (d.w.z. onregelmatige vlekken), bestaande uit zeer compacte diamict. In de grindfractie komen alle textuur- en grootteklassen voor: fijn grind, middelgrind en grof grind (Afb. 8). Een verticale doorsnede (Afb. 9) laat zien dat het grind voorkomt in lagen van wisselende dikte en met een golvend verloop door *kryoturbate vervorming*. Dit verklaart ook het patchvormige patroon zoals dat aan het oppervlak zichtbaar is. Het voorkomen van de grindlaag staat weergegeven in afbeelding 6. Hierop is te zien dat de grindlaag vooral in het noordelijk deel voorkomt¹, maar ook plaatselijk in het zuiden en in het aangrenzende deel van de Zanderij Cruysbergen. Opvallend is het voorkomen van keien in de grindlaag. Er zijn in het grind vele tientallen keien aangetroffen, waarvan de grootste een lengteas hebben van zo’n 15 cm. De keien komen willekeurig verspreid voor, met wisselende oriëntaties, en er zijn geen patronen zichtbaar. De samenstelling van de keienfractie is veelzijdig. Zo’n driekwart van de stenen is van zuidelijke herkomst (melkkwarts, lydiet, bonte kwartsieten en verschillende soorten zandsteen), het resterende kwart heeft een noordelijke herkomst (gneis, Dalazandsteen, basalt, granieten en vuursteen). De keien zijn matig tot goed afgerond; veel exemplaren vertonen kenmerken van een windkanter, zoals ribben op de steen en windlak. Afbeelding 10 geeft een selectie weer van de gevonden keien. Afbeelding 11 laat een van de grootste tot nu toe aangetroffen keien zien.

Lithostratigrafische interpretatie

Volgens geologische en geomorfologische kaarten (Koster, 1974; RGD/DLO-SC, 1992; Koopman & Cruysheer, 2012) behoort het Gijzenveengebied tot de dekzandvlakte ten westen van de stuwwallen. De dekzanden behoren tot de Formatie van Bostel. Grindlagen komen regelmatig voor als *deflatielaag* of als *fluvioperiglaciale*



AFBEELDING 4. | Uitsnede van de Nieuwe kaart van het baljuwschap van Gooyland, 1750. In het midden van de uitsnede (binnen de zwarte cirkel) ligt het Gijzenveen.



AFBEELDING 5. | Randwal aan de oostzijde van het Gijzenveen. De randwal is zichtbaar als een bult in het fietspad. Foto: Sander Koopman.

inschakeling in de Formatie van Bostel. Ze zijn ook bekend van diverse plekken in het Gooi (Koopman & Pfeifer, 2014). De Laag van Beuningen, een *deflatielaag*, is hiervan het bekendste voorbeeld, maar de dikte van deze laag is beperkt, evenals de hoeveelheden grind en stenen. Het voorkomen van grote aantallen keien in het dekzand van de Formatie van Bostel is tot nu toe onbekend (dinoloket.nl, Nomenclator; Schwan, 1988) en daarom werd naast de veldwaarnemingen een aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de lithologie en de lithogenese. Hierbij zijn meerdere informatiebronnen gecombineerd: DINOLoket (TNO Geologische Dienst van Nederland), een onderzoeksrapport van bureau Grontmij (Leerlooier, 2014), het geologisch fotoarchief GGIS (Koopman *et al.*, 2015) en AHN (Actueel Hoogtebestand van Nederland). De geologische modellen DGM v2.2 en GeoTOP v1.2 (te raadplegen via www.dinoloket.nl) geven aan dat er ter plaatse van het Gijzenveen een pakket dekzand van ongeveer vijf meter dik ligt, met een ononderbroken voorkomen vanaf de westrand van Bussum en Naarden. De top van dit pakket helt flauw naar het westen. Zie afbeelding 12 voor een verticaal profiel op basis van GeoTOP v1.2. De diepere ondergrond bestaat uit *fluvioglaciale* afzettingen uit het Saalien (Formatie van Drente, Laagpakket van Schaarsbergen), eveneens naar het westen aflopend, op gestuwde afzettingen (Formaties van Urk en Sterksel). De top van de gestuwde

¹ De einddiepte van de boringen was 1,2 m onder het maaiveld. In het zuidelijk deel is alleen bij de boringen 36 en 41 grind aangetroffen.





AFBEELDING 6. | *Kartering van de verbreiding van veen (paars) en grind (bruin) in de ondergrond van het Gijzenveen. Boordiepte 1,2 meter. De grindlaag komt vooral in het noordelijk deel voor.*
Uit: Den Haan & Sevink, 2010.

afzettingen ligt hier op een diepte van ongeveer 15 meter. Individuele DINO-boringen in de buurt van het Gijzenveen tonen eveneens de Formatie van Bostel aan. Er is één DINO-boring beschikbaar uit het noordelijke deel van het Gijzenveen, waar veen ontbreekt². Deze geeft tussen 0,4 en 1,2 meter –MV (maai-veld) uiterst fijn zand, zwak *siltig*, sterk grindig. In het zuidelijke deel zijn vier ondiepe DINO-boringen beschikbaar, met respectievelijk veen en fijn zand. Grind wordt hier niet gerapporteerd. De lithologie van de DINO-boringen komt grotendeels overeen met de oppervlaktewaarnemingen. Voor het rapport van de Grontmij zijn op zo'n 700 meter ten noordoosten van het Gijzenveen (Zwarteweg-Meerweg, Bussum) meerdere boringen uitgevoerd tot 3,5 meter –MV. Al deze boringen leverden over de gehele profieldiepte zeer fijn, zwak siltig zand op, behorende tot het leemhoudend dekzand (Laagpakket van Wierden) van de Formatie van Bostel. Uit het geologisch fotoarchief zijn enkele profielwaarnemingen beschikbaar, 700 meter ten oosten en een kilometer ten zuidoosten van het Gijzenveen³.

² DINO-loket boring B25H0944.

³ Koopman et al., 2015, waarnemingspunten 53 (Nieuwe 's Gravelandseweg tegenover H.J. Schimmellaan, Bussum) en 115 (Nieuwe 's Gravelandseweg bij ingang voormalig Mobilisatiecomplex, Bussum).

Beide profielen bestaan over de gehele lengte eveneens uit dekzand. Bij één van de punten was ook een geulvormige structuur ontsloten (Afb. 13), met een doorsnede van ongeveer 1 meter en een vulling bestaande uit grof grind. Deze structuur is geïnterpreteerd als een *fluvioperiglaciale* geul. De fluvioglaciale afzettingen dazomen pas op zo'n 1,5 kilometer ten oosten en zuidoosten van het Gijzenveen. Uit deze combinatie van bronnen trekken we de conclusie dat de dominante lithologie in de bovenste meters bestaat uit leemhoudend dekzand, met de waargenomen diamictlaag, met de daarin voorkomende keien en grind, als inschakeling.

Hoe zijn de keien in het gebied terecht gekomen?

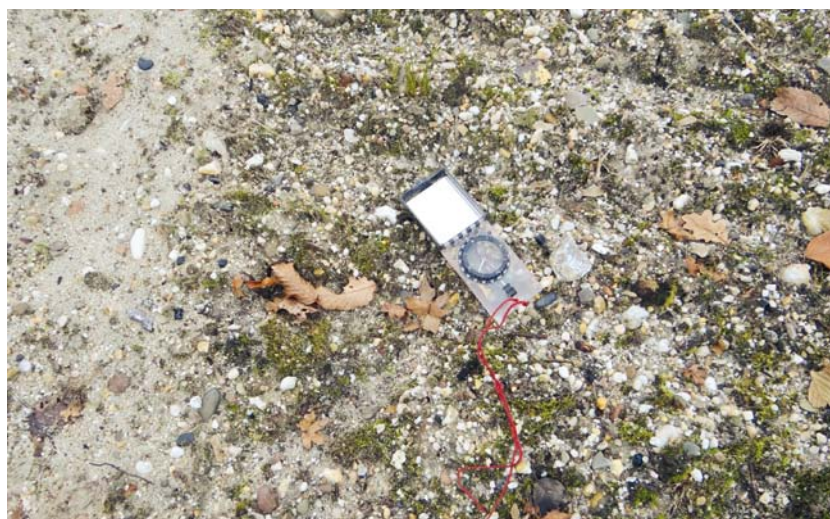
Daar er de afgelopen jaren in het Gooi nogal eens ontsluitingen zijn waargenomen die afwijken van de geologische modellen (Koopman & Cruysheer, 2012; Koopman & Pfeifer, 2014), hebben we voor dit onderzoek een redenering opgezet over de transportwijze van de waargenomen keien en de ontstaanswijze van het diamict. De twee centrale vragen hierbij zijn 1) welke mechanismen zouden de waargenomen keien hebben kunnen transporteren en deponeren in een diamictische context, en 2) hoe waarschijnlijk zijn deze mechanismen, gezien vanuit de hiervoor beschreven lithostratigrafische schets?

Mogelijke transport- en depositiemechanismen zijn:

- 1) Landijs; depositie van keien in keileem, morenen of gestuwde rivierafzettingen. Deze optie kan direct worden verworpen gezien de diepteligging van de gestuwde



AFBEELDING 7. | *Leemhoudend zand met verspreid voorkomend grind.*
Foto: Sander Koopman.



AFBEELDING 8. | *Plek met slecht gesorteerd fijn tot grof grind.* Foto: Sander Koopman.



AFBEELDING 9. | Twee verticale doorsneden. In beide doorsneden is een grindlaag zichtbaar. Foto's: Jan Sevink, Sander Koopman (inzet).

afzettingen en het gegeven dat de glaciale en gestuwde afzettingen pas dagzomen op drie tot vier kilometer afstand. In de directe omgeving van het Gijzenveen zijn geen gestuwde opduikingen bekend. Afbeelding 14 toont de *distale* ligging van het Gijzenveen ten opzichte van de stuwwallen.

2) Ijssmeltwater, in de vorm van Saalien fluvioglaciale afzettingen. Uit de lithostratigrafische schets bleek dat deze afzettingen hier voorkomen vanaf zo'n zes meter onder het maaiveld. In de omgeving van het Gijzenveen zijn geen fluvioglaciale erosieresten of enige aanwijzingen voor het voorkomen van fluvioglaciaal bekend. De leemhoudende faciës die is waargenomen, is sterk afwijkend van de in het Gooi waargenomen faciëstypen van de Formatie van Drente (Ruegg, 1995; Koopman & Pfeifer, 2014). Het is dus onwaarschijnlijk dat ijssmeltwater het diamict heeft gevormd of de keien heeft gedeponerd.

3) Massabeweging in de vorm van *gelifluctie*. Massabewegingen op de helling van een stuwwal of *sandrvlakte* zijn bekend van diverse plekken in het Gooi (Koopman & Pfeifer, 2014) en elders in den lande, bijvoorbeeld langs de randen van de Veluwe (Van der Meer *et al.* 1983; Jongmans *et al.*, 2013). De mogelijkheid van een massabeweging bij het Gijzenveen is onderzocht door middel van het maken van een dwarsdoorsnede op basis van AHN (Algemeen Nederlands Hoogtebestand). Afbeelding 15 toont een hoogteprofiel vanaf het Gijzenveen (G) via A' naar de Huizerweg in Bussum (B). Rechts van het Gijzenveen is een bult zichtbaar in het profiel, hier bevindt zich de randwal. Verder is zichtbaar hoe er twee trendlijnen door de gradiënt getrokken kunnen worden. De rode lijn geeft de gradiënt van de dekzandvlakte weer, de gele lijn de steilere gradiënt van de fluvioglaciale afzettingen, die naar het westen toe wegduiken onder het dekzand. Uit het profiel is de terreinhelling afgeleid. Deze bedraagt gemiddeld 0,2% (~0,1°) over het hele traject. De fluvioglaciale afzettingen hellen iets steiler, gemiddeld zo'n 0,3% (~0,15°). Deze hellingshoeken zijn erg klein voor het optreden van massabeweging in de vorm van *gelifluctie* (French, 1996). Bij een hellingshoek in de grootteorde van 0,1° is de sedimenttransportflux bij deze vorm van massabeweging vrijwel gelijk aan nul (Gillespie, 2011). Ondersteunend hierbij is het

AFBEELDING 11. | Een van de grootste tot dusverre gevonden keien, met een lengte van zo'n 15 cm. Het betreft een donkere gneis met kataklastische textuur. Hoornblende en witte veldspaat komen voor in de vorm van fijnkorrelige aggregaten in een matrix van grijze kwarts. Door intensieve eolische abrasie zijn de kwartsbanden uitgerepareerd en vormen een patroon van honingraatvormige ribben op de steen. De opvallende glans van het oppervlak is windlak, eveneens ontstaan door een langdurige blootstelling aan met zand beladen wind. Foto: Sander Koopman.

gegeven dat de in het westen van Bussum en Naarden waargenomen profielen onverstoord zijn en geen aanwijzingen bevatten voor massabeweging (Koopman & Pfeifer, 2014). Massabeweging in het Gijzenveengebied moet dus lokaal zijn geweest en kan wel het diamictische karakter van de waargenomen laag verklaren, maar geen verklaring bieden voor het transport van de keien.

4) Sneeuwsmeltwater, in de vorm van *fluvioperiglaciale* afzettingen. In het Gooi zijn op meerdere plekken grindige inschakelingen in dekzand aangetroffen, die afgezet zijn door sneeuwsmeltwater (Koopman & Pfeifer, 2014). Ook zijn op meerdere plekken in het dekzand, smeltwatergeulen aangetroffen, soms met een behoorlijk grove opvulling (Afb. 12). Voor de grootste in het Gijzenveen aangetroffen keien is



AFBEELDING 10. | Selectie van aangetroffen keien. Zichtbaar zijn aan de bovenkant een gneis en een scherp stuk basalt, daaronder een stuk Dalazandsteen (roze), twee granieten en een grijze kwartsiet in windkantervorm. Helemaal onderaan een stuk melkkwarts en een gebande kwartsiet met windkanterrib. Foto: Sander Koopman.

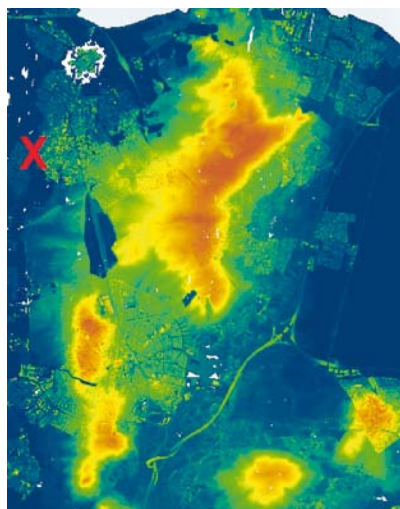


een stroomsnelheid van ongeveer 5 m/s nodig om verplaatsing te laten optreden (Hsü, 2004), bij extreme sneeuwsmelt of zware regen in combinatie met sneeuwsmelt zal er voldoende debiet zijn geweest om grotere stenen te transporteren. In relatie tot deze verklaring valt echter op dat de keien in het Gijzenveen verspreid voorkomen, en geulstructuren, evenals sortering van het materiaal, ontbreken. Ook komen de keien in smeltwatergeulen nooit in een diamictisch sediment voor. Piekafvoer van sneeuwsmeltwater via smeltwatergeulen kan de aangetroffen lithologie dus niet afdoende verklaren.

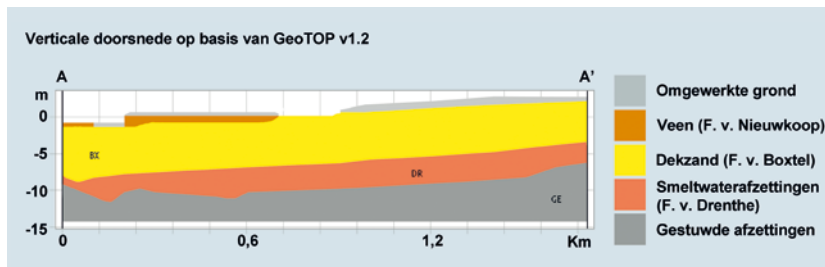
5) *Cryoplanatie*, een proces waarbij massabeweging (*gelifluctie*) optreedt samen met *sheet flooding* (oppervlakkige, plaatvormige afspoeling van sneeuwsmeltwater). Vermoedelijk is dit proces, dat al optreedt bij zeer geringe hellingshoeken, in het Weichselien op grote schaal opgetreden in Nederland (Jongmans *et al.*, 2013). De combinatie van gelifluctie en *sheet flooding* zou een sluitende verklaring kunnen bieden voor alle kenmerken van de waargenomen lithologie.

Windkeienlagen elders in het Gooi

Lagen met een sterke concentratie van windkanter zijn op meer plekken in het Gooi waargenomen (Koopman & Pfeifer, 2014; Schaftenaar, 1976). De meeste voorkomens bevinden zich op de toppen van de stuwwallen, waarbij de windkanter aan het oppervlak liggen. Enkele waarnemingen zijn bekend van lagere delen of flanken van de stuwwallen, waarbij de windkanter zich op één tot twee meter



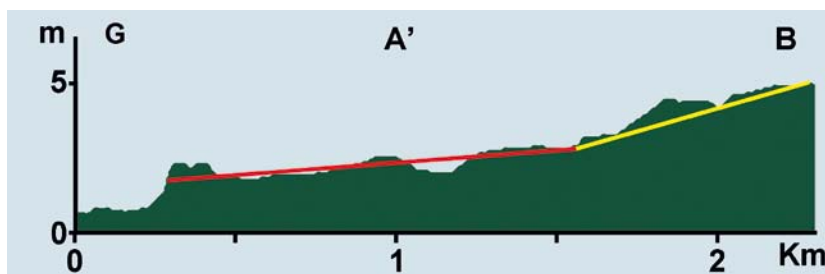
AFBEELDING 14. | Hoogtekaart van het Gooi, bij de X ligt het Gijzenveen.



AFBEELDING 12. | Geologisch profiel A-A', voor de ligging zie afbeelding 1. Bron: DINoloket, model GeoTOP v1.2, bewerkt.



AFBEELDING 13. | Dekzand (Formatie van Bostel) met opgevulde fluvioperiglacial geul, Nieuwe's Gravelandseweg bij ingang voormalig Mobilisatiecomplex, Bussum. Foto: Sander Koopman.



AFBEELDING 15. | Hoogteprofiel van het Gijzenveen (G) langs A' naar B (zie voor locatie afbeelding 1). Bron: www.ahn.nl/viewer, bewerkt.

diepte bevinden en afgedekt zijn door dekzand. Incidenteel komen windkeienlagen voor in een meer distale positie, dus verder van de stuwwallen verwijderd. De tot nu toe meest distale locatie waarop een windkeienlaag is waargenomen, is beschreven door Schaftenaar (1976). Het betreft een ontsluiting aan de Amersfoortsestraatweg nabij de Brediusweg (Naarden). Daar bevindt zich een windkeienlaag liggend op fluvioglacial afzettingen, alsmede een concentratie van windkeien in een fluvioperiglacial geulopvulling, welke is ingesneden in de fluvioglacial afzettingen. Het geheel wordt afgedekt door ruim 1 meter dekzand. Deze locatie ligt op ongeveer 1,5 kilometer afstand van de stuwwal en precies op de plek waar de fluvioglacial afzettingen wegduiken onder het dekzand. Het voorkomen van een hoge concentratie windkanter in het Gijzenveen is in deze context gezien, en naar de huidige kennis, dus bijzonder vanwege de grote afstand tot het brongebied van keien (stuwwallen en/of fluvioglacial afzettingen) in combinatie met de positie van de keienlaag in de Formatie van Bostel.





AFBEELDING 16. | Veldbezoek in het Gijzenveen, 6 april 2015. Jan Sevink (L) en Ronald van Balen in gesprek over de waargenomen fenomenen.

Conclusie

Het brongebied van de keien die in het Gijzenveen zijn gevonden, moet zeer waarschijnlijk gezocht worden in de stuwwallen en/of fluvioglaciale afzettingen, waarin zulke keien frequent voorkomen. Er is dus sprake van een transportafstand van enkele kilometers. Waarnemingen in de omgeving tonen aan dat dergelijk transport is opgetreden (Afb. 13; Schaftenaar, 1979). Bij transport door water ontstaat er altijd een sortering, en dat strookt niet met de waarnemingen in het Gijzenveen (Van Balen, pers. comm.). In het Gijzenveen komen de keien verspreid voor in een diamictische laag die duidelijk kenmerken vertoont van een genese door massabeweging. Leem, zand, grind en keien komen gemengd en ongesorteerd voor, zonder enige voorkeursoriëntatie. De terreinhelling ter plaatse is echter zeer gering, waardoor het sediment niet over een grote afstand door massabeweging getransporteerd kan zijn. Alles overziend lijkt het erop dat cryoplanatie, een combinatie van *sheet flooding* en gelifluctie, het meest waarschijnlijk is als ontstaanswijze van de diamictische laag. Hierbij zijn de keien

door *sheet flooding* over grotere afstand getransporteerd en verspreid in het gebied gedeponeerd. Massabeweging in de vorm van gelifluctie heeft er voor gezorgd dat de grind- en keienlaag gemengd is met het leemhoudend dekzand, waardoor het diamict is ontstaan. Door kryptoturbatie is de diamictische laag verstoord geraakt en zijn de typische golvingen ontstaan. Deze complexe genese biedt de beste verklaring voor het ontstaan van dit bijzondere keienrijke diamict⁴.

Dankwoord

Met dank aan drs. A.E. Pfeifer voor het maken van een aantal afbeeldingen, dr. Marcel Bakker (TNO Geologische Dienst van Nederland) voor het reviewen van de conceptversie van dit artikel, en aan prof. dr. Ronald van Balen (VU/TNO Geologische Dienst van Nederland) voor een veldbezoek, voor zijn ondersteuning bij de interpretatie van de waargenomen verschijnselen en voor het verstrekken van informatie over periglaciale massabewegingsprocessen.

⁴ Pope et al. (2009) beschrijven een soortgelijke redenering voor de Big Flat Brook in New Jersey, waar een terrein bezaaid lag met keien en blokken. Ook in dit geval bleken verschillende depositiemechanismen mogelijk te zijn. Uiteindelijk bleek er in deze casus nog te weinig informatie beschikbaar te zijn voor een eenduidige interpretatie.

LITERATUUR

- French, H.M., 1996. *The periglacial environment*, 2nd edition. Longman.
- Gillespie, A.R., 2011. *Glacial geomorphology and landform evolution*. In: V.P. Singh (red.), *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers*, Springer.
- Haan, M. den & J. Sevink, 2010. *Inventarisatie bodemverstoring Koedijkgebied, rapport in opdracht van het Goois Natuurreservaat*. IBED-UvA.
- Hsü, K., 2004. *Physics of sedimentology, textbook and reference*. Springer.
- Jongmans, A.G., M.W. van den Berg, M.P.W. Sonneveld, G.J.W.C. Peek & R.M. van den Berg van Saparoea, 2013. *Landschappen van Nederland, geologie, bodem en landgebruik*. Wageningen Academic Publishers.
- Koopman, S. & A.T.E. Cruysheer, 2012. *Paleogeografische ontwikkeling en bewoningsdynamiek tussen Vecht en Eem*. AWN Naerdincklant.
- Koopman, S., & A.E. Pfeifer, 2014. *Geologische atlas van het Gooi*. AWN Naerdincklant.
- Koopman, S., A.E. Pfeifer & G..H.J. Ruegg, 2015. *Goois Geologisch InformatieSysteem v4.2**.
- Koster, E.A., 1974. *Geomorfologie*. In: W.J.J. Colaris (red.), *Milieukundig onderzoek van het Gooi, basisrapport 26-34*.
- Leerlooier, C., 2014. *Bemalingsadvies overstortleiding Bussum*. Grontmij Nederland B.V., Alkmaar.
- Meer, J.J.M. van der, R.T. Slotboom & I.M.E. de Vries-Bruynsteen, 1983. *Lithology and palynology of Weichselian alluvial fan deposits near Eerbeek, The Netherlands*. *Boreas*, 13, 393-402.
- Pope, G.A., A.J. Temples, S.I. McLearn, J.C. Kornolje & T.J. Glynn, 2009. *The nature of boulder-rich deposits in the Upper Big Flat Brook Drainage, Sussex County, New Jersey*. *Middle States Geographer* 2009-42, p. 33-43.
- RGD/DLO-SC, 1992. *Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000 bladen 25 en 32, met toelichting*.
- Ruegg, G.H.J., 1995. *Kwartaire wordingsgeschiedenis van, en ontsluitingen in het Gooi*. *Grondboor & Hamer* 1995 nr. 3/4.
- Schaftenaar, H., 1976. *Enkele gegevens over datering en vindplaatsen van de windkeienlaag in het Gooi*. *Grondboor & Hamer* 1976 123-128.
- Schwan, J., 1988. *Sedimentology of coversands in northwestern Europe*, proefschrift VU.

