

GEOLOGISCH RESERVAAT 'P. VAN DER LIJN' BIJ URK

Meer dan 55 jaar geleden is het Geologisch Reservaat 'P. van der Lijn' gesticht. Bij de aanleg van de Noordoostpolder in 1942 viel ten noorden van Urk een uniek gebied droog met twee bijzondere keileemtypen en bezaaid met zwerfstenen. Kort na het droogvallen werd het gebied bezocht door amateurgeologen, waaronder de nestor van de Nederlandse zwerfsteengeologie Pieter van der Lijn. Zij onderkenden de bijzondere waarde en drongen er bij de voormalige Natuurbeschermingsraad, waarvan ook Jac. P. Thijssen deel uitmaakte, op aan ten minste een deel van het gebied te behouden. Mede dankzij de directeur van de Noordoostpolderwerken en Staatsbosbeheer is medio 1954 een terreingedeelte van ongeveer 6 ha tot geologisch reservaat verklaard. Het Urkerbos is sinds 1994 in beheer bij Het Flevo-landschap. Nieuwe en oude gegevens over dit gebied zetten we in dit artikel nog eens op een rijtje.

Twee typen keileem

Urk, dat zich vlak bij het geologisch reservaat bevindt, ligt bovenop een tijdens het Saalien opgestuwde keileemheuvel met als hoogste punt +12 m ten opzichte van NAP. De heuvel daalt geleidelijk af in noordelijke en oostelijke richting en verloopt in het westen en zuidwesten klifvormig (De Waard, 1946). De keileemlaag is onder het voortschuivende landijs gevormd. Tijdens een latere fase van het Saalien heeft het landijs de keileemlaag weer 'overreden' en samen met de eronder gelegen rivierafzettingen opgestuwd. De rivierafzettingen zijn vermoedelijk grotendeels door de Rijn afgezet tijdens het Cromerien (circa 850.00 tot 475.000 jaar geleden; De Gans, 1995) (Afb. 1 en Afb. 2). De kristallijne gesteenten in het gebied zijn, zo blijkt aan de hand van tellingen, afkomstig uit het gebied van Noord-Zweden, de Åland Eilanden, en Zuid-Finland (35 - 45%). Uit het gebied van Dalarna is minder dan 15% van de stenen afkomstig en 25 - 45% komt uit zuidelijk Zweden en Bornholm (Zandstra, 1988).

In het geologisch reservaat zijn twee typen keileem aanwezig: een grijze en een rode. De rode keileem wordt ook wel 'schollenkeileem' genoemd omdat deze zich in de vorm van geïsoleerde schollen in de bovenkant van de grijze keileem bevindt (Van der Lijn, 1941). De rode keileem vertoont grote verschillen met de grijze door onder meer een hoog kalkgehalte van gemiddeld 24% en het voorkomen van Oost-Baltische kalksteen met gehalten tussen 17 tot 25% van de stenenhoeveelheid en minder vuursteen. De grijze keileem is afkomstig uit het West-Baltische gebied. Het kalkgehalte van de onverweerde grijze keileem is aanzienlijk lager en bedraagt gemiddeld slechts 7%. Daarnaast is het gehalte aan vuursteen hoger: 20 tot 30% van de gehele inhoud aan stenen. Het aantal zwerfstenen groter dan 5 cm bedraagt ca. 25 per m³ (De Waard, 1949).

Periglaciale verschijnselen

De keileem in het reservaat is in het midden van de jaren '80 gedetailleerd onderzocht door een internationaal gezelschap van deskundigen (Van der Meer, 1987) en daarna zijn studies uitgevoerd in een tweetal sleuven in de keileem (Rappol et al., 1989). Tijdens het onderzoek is een aantal verschijnselen waargenomen die op de aanwezigheid van een periglaciaal oppervlak wijzen. (Een periglaciaal oppervlak wordt gekenmerkt door de typische verschijnselen van extreme kou, zoals vorstwerking, opdooiverschijnselen en zomers kruipen van de doorweekte bovengrond.)

In het gebied zijn enkele grote blokken met een doorsnede van ongeveer één meter aangetroffen die gespleten waren door een aantal min of meer parallelle scheuren (Afb. 3). Het scheuren van deze stenen is een gevolg van splijting door vorstwerking aan of direct onder het oppervlak. Dit moet tijdens een koude fase van de laatste ijstijd, het Weichselien, hebben plaatsgevonden, omdat na de drooglegging van de Noordoostpolder de winterse temperaturen niet laag genoeg zijn geweest om dit proces te bewerkstelligen. Tussen de gespleten platen bevindt zich zand van Holocene ouderdom met schelpen. Dit wijst er op dat de stenen al gespleten waren voordat de zee hen overspoelde.

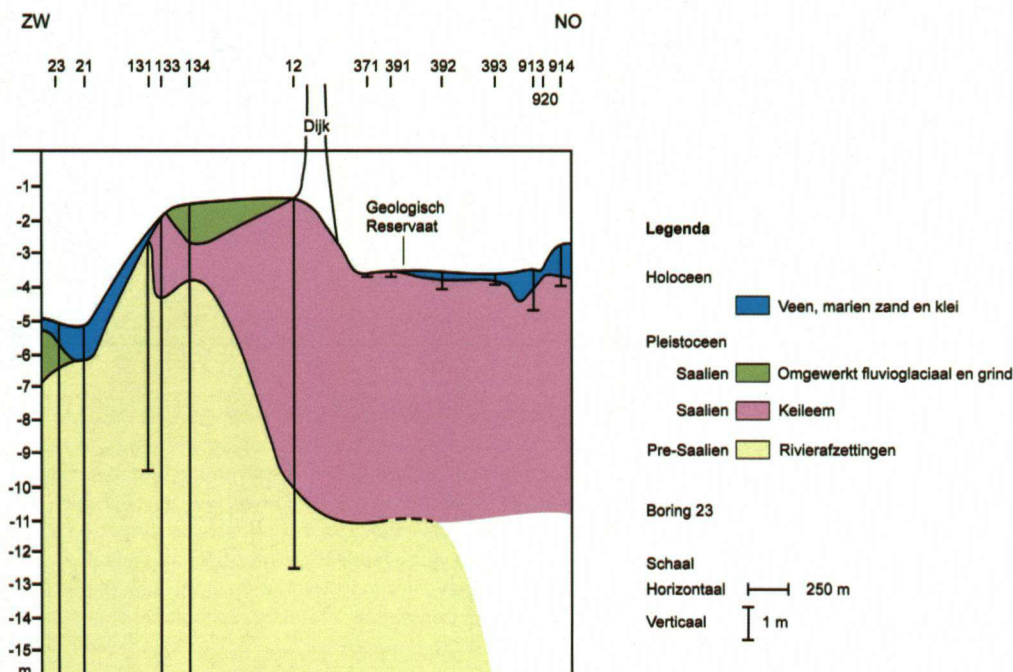
Voorts ontdekten de onderzoekers een tweede verschijnsel aan het oppervlak van de blokken. Delen ervan vertonen aan het oppervlak sporen van polijsting door de wind (omdat een steen hierdoor een glanzend uiterlijk krijgt, wordt deze polijsting met de term 'windlak' aangeduid). Tijdens de periglaciale omstandigheden kwam de wind vaak gedurende langere tijd uit één-en-dezelfde richting en blies zand- en ijskorrels met kracht tegen de stenen waardoor het oppervlak werd afgeslepen. Er vond een soort 'zand'straling plaats die het oppervlak polijstte. Dit verschijnsel werd al door Van der Lijn (1944) gemeld. Het gepolijste oppervlak van de blokken bestaat uit aaneengesloten ondiepe kommetjes die typerend zijn voor een gesteenteoppervlak dat uit verschillende mineralen bestaat en een aanwijzing geeft voor

windwerking (Afb. 4) (Van der Meer & Lagerlund, 2000). (N.B. In Nederland en aangrenzende gebieden komen dikke lagen zogenaamd 'dekzand' voor, dat tijdens de koudste fasen van het Weichselien door de wind langs de bodem werd getransporteerd en zo onder meer voor het ontstaan van de gepolijste oppervlakken van blokken en stenen heeft gezorgd; Maarleveld, 1976.)

Een ander verschijnsel, dat tijdens het onderzoek werd ontdekt, is het patroon waarin de kleine stenen aan het oppervlak zijn gesorteerd (Afb. 5). Dit patroon gaat op flauwe hellingen over in strepen (Afb. 6). Dergelijke patronen zijn geen gevolg van golfwerking, want doordoor worden rozetpatronen gevormd die uit zeer dicht opeengepakte steen- en schelpfragmenten bestaan. De patronen die in het reservaat zijn aangetroffen zijn bekend uit Arctische gebieden waar hun ontstaan te danken is aan de vorming van ijsnaalden die de stenen omhoog duwen. Tijdens de dooi zakken de stenen niet weer naar hun oude positie terug. Hierdoor komen de stenen op een gegeven moment aan het oppervlak. Oneffenheden in het oppervlak zorgen er voor dat de stenen zich concentreren in cirkelvormige banen, polygonen of strepen. Helaas zijn deze patronen, door de huidige sterke begroeiing, nog maar op een enkele plek waarneembaar.

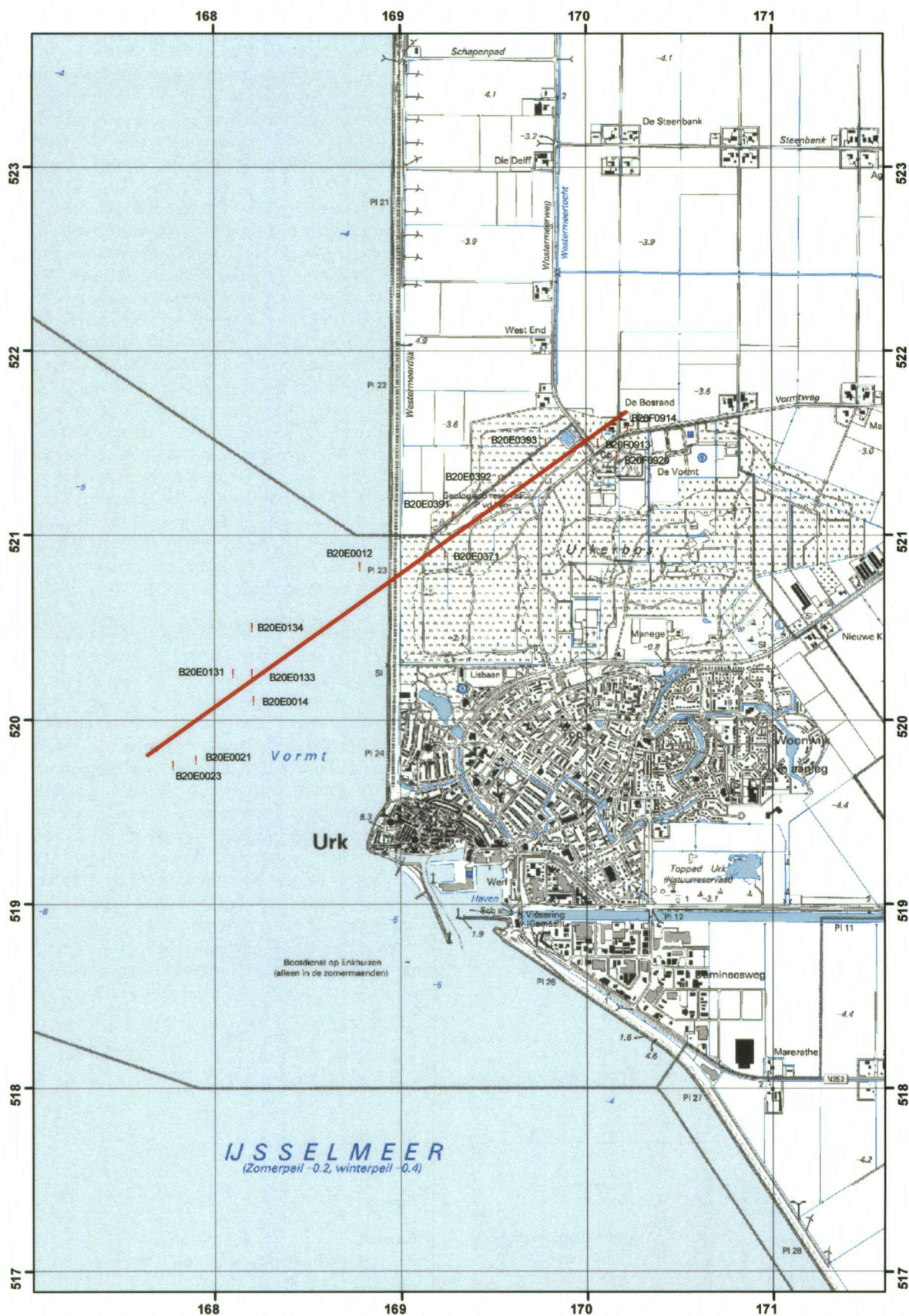
Vorstwiggen

Rappol (1989) heeft in een bouwput in de bebouwde kom van Urk in de keileem een netwerk van vorstwiggen waargenomen. Deze wiggen hebben zich in de keileem gevormd tijdens een koude fase van het Weichselien (Afb. 7). Onder Arctische omstandigheden, met een voortdurend bevroren bodem en een luchttemperatuur die in korte tijd snel daalt, kunnen plotseling scheuren ontstaan door het niet snel genoeg krimpen van de bodem. Deze scheuren worden "vorstwiggen" genoemd en komen voor in raatvormige patronen (polygonen). Door bevroering van smeltwater en vocht uit de lucht ontstaat in de scheur een ijswig die blijft bestaan zolang er permafrost in de grond zit, en die in dikte kan toenemen door het opnieuw scheuren van de bodem langs de wig. Wanneer het klimaat uiteindelijk verbetert, smelt de ijswig geleidelijk weg en wordt het



Afbeelding 1.
Een zuidwest-noord-oost verlopende dwarsdoorsnede ten noorden van Urk. Het opgestuwde gebied ligt hier op ca. één meter onder NAP terwijl de plaats Urk op +12 m NAP ligt.

Afbeelding 2.
De ligging van de
dwarsdoorsnede
van Afb. 1 (vanuit het
Ijsselmeer tot ten
oosten van het P. van
der Lijnreservaat).



ijs vervangen door nazakkend, overliggend sediment; in dit geval door dekzand. De breedte van de vorstwiggen geeft aan dat de vorming niet aan éénmalig scheuren is toe te schrijven, maar dat ze in de loop van vele jaren zijn gevormd. De vondst van deze vorstwiggen zo dichtbij het geologisch reservaat is een verdere aanwijzing voor het periglaciaire karakter van het oppervlak. Dat de keileem in het reservaat eveneens dergelijke vorstwiggen herbergt, kan niet worden uitgesloten.

Abrasie

Abrasie door de zee is de mechanische erosie van een sediment of gesteente door de stroming of golfwerking van zeewater. Abrasie door golfwerking veroorzaakt vaak een abrasievlak aan de golfbasis, waar het fijne materiaal is weggespoeld en het grove materiaal is blijven liggen. Hierdoor ontstaat in stenenrijk materiaal een subhorizontaal oppervlak met veel keien.



Afbeelding 3.

Door vorstwerking gespleten blok met een oorspronkelijke lengte van ongeveer één meter. Tussen de platen bevindt zich Holocene zand met schelpen.



Afbeelding 4.

Het gepolijste oppervlak van een blok met 'hoogglans', een periglaciaal verschijnsel uit het Weichselien. Naast het mes, en direct links van het rechthoekige, donkere mineraal is een schelpvormig kommetje te zien.

De vier hierboven beschreven verschijnselen laten zien, dat abrasie door de oprukkende zee niet het gehele oppervlak van het reservaat heeft beïnvloed zoals De Waard in 1949 in zijn zeer uitgebreide en diepgaande onderzoek heeft aangegeven. Het blijkt dat gedeelten ervan zijn ontsnapt aan de werking van golven en stromingen. Dit kwam mogelijk door de aanwezigheid van de hoger gelegen keileemstuwwal ten westen van het reservaat waardoor dit deel in de luwte van de golven en stroming lag (De Waard, 1946), maar het is waarschijnlijker dat de oorzaak gelegen is in het feit dat er tijdens het Holoceen eerst veen is gegroeid voordat de zee tijdens de vorming van de Zuiderzee binnendrong. Dat veen vertraagde de abrasie aanzienlijk.

In het gebied ten westen en noordwesten van Urk is wel sprake van abrasie en hebben golven en getijstroom van de oprukkende zee de Pleistocene ondergrond wel gedeeltelijk geërodeerd. De zwerfsteenbanken aan het oppervlak van de zeebodem wijzen hierop (De Waard, 1946). Ook de keileemstuwwal ontstond niet aan de abrasie. Tussen 1649 en 1661 kwam de locatie van de vuurbaak van Urk 1661 25 meter dicht bij de rand van het klif te liggen. In 12 jaar tijd trad een erosie van gemiddeld 2 meter per jaar op (Wagenaar, 1750).



Afbeelding 5.
Sorteringpatronen van kleine stenen die op verschillende locaties in het reservaat voorkomen. Nu niet meer zichtbaar door de vegetatie.



Afbeelding 6.
Gesorteerde ringen van kleine stenen die op licht hellende delen overgaan in strepen. Ook deze patronen zijn niet meer zichtbaar door de bedekkende vegetatie.

Reconstructie

Aan de hand van de gevonden verschijnselen kunnen er vier fasen worden gereconstrueerd die gezorgd hebben voor de vorming van het oppervlak van het reservaat zoals dat na het droogvallen van de polder is aangetroffen. Het oppervlak van het reservaat is vaak beschreven als een abrasieveld, maar is, zoals met bovengenoemde verschijnselen aangetoond, een bewaard gebleven periglaciaal oppervlak uit het Weichselien. Daarmee is het uniek, zeker in Europa.

Aan de hand van deze verschijnselen kunnen we de volgende reconstructie van gebeurtenissen in een viertal fasen worden maken:

Fase A:

De situatie na het afsmelten van het Saale landijs met de twee keileemtypen in hun kenmerkende opeenvolging, zoals schematisch weergegeven in afbeelding 8.

Fase B:

De situatie tijdens de op het Saalien volgende warmere tijd, het Eemien. Het zeeniveau lag tijdens het Eemien tenminste twee meter hoger dan tijdens het Saalien. De Eemzee reikte niet tot in dit gebied en er vond alleen vertering en bodenvorming plaats. Het Eemien duurde ongeveer 15.000 jaar en de bodenvorming reikte mogelijk tot een diepte van twee meter. De bodenvorming heeft in de rode keileem mogelijk tot geringere diepte bereikt door het hogere kleigehalte.

Fase C:

De situatie gedurende het Weichselien. Tengevolge van het ontbreken van vegetatie tijdens de koude fasen van deze ijstijd is bodem die tijdens het Eemien gevormd was, tot een diepte van tenminste twee meter geërodeerd. De blokken en stenen uit de keileem bleven aan het oppervlak achter. De erosie vond plaats door wind, afspoeling door regen- en sneeuwsmeltwater en het glijden van de, tijdens de zomer, ontdooide

Afbeelding 7A, B.
Een vorstwig-netwerk
in de keileem, waar-
genomen in Urk niet
ver van het geolo-
gisch reservaat. De
doorsnede in B toont
de zandige opvul-
ling van de wiggen
(Foto's: M. Rappol).



bovenlaag over de bevroren ondergrond. Aangezien de zeespiegel in deze periode zo'n 130 meter lager lag, vormde de Urkse keileemopduiking toentertijd een niet onaanzienlijke heuvel.

Fase D:

De situatie gedurende de Holocene zeespiegelrijzing. Circa 5.860 jaar geleden maakte het gebied deel uit van een waddenzee die vanuit het oosten ging verlanden en

hierbij werd bedekt door moerassen waarin veen werd gevormd. Zo'n 1.000 jaar later was het gehele gebied bedekt door een veenlaag. Tijdens het ontstaan van het Flevomeer ongeveer 2.560 jaar geleden, lag het gebied rond Urk nog steeds in een moerasgebied. Deze situatie bleef, ondanks de sterke uitbreiding van het Flevomeer, tot 800 na Chr. bestaan. Het Flevomeer had intussen al wel verbinding met de Noordzee gekregen [Vos, 2006]. In de middeleeuwen verdween ook dit laatste stuk moeraslandschap rond Urk.

Het veen dat zich over de stenen heen had gevormd heeft deze lange tijd beschermd tegen de invloed van de zee, maar de uit het veen vrijkomende humuszuren hebben waarschijnlijk de op de stenen aanwezige windlak aangetast. De slechts geringe verplaatsing van de stenen wijst er op dat in dit deel van het gebied geen abrasie is opgetreden nadat de zee ook dit gebied had overspoeld. Ook vissers hebben de stenen niet verplaatst met hun netten, omdat zij dit gebied ontweken om het vastraken van de netten achter de grote blokken te voorkomen.

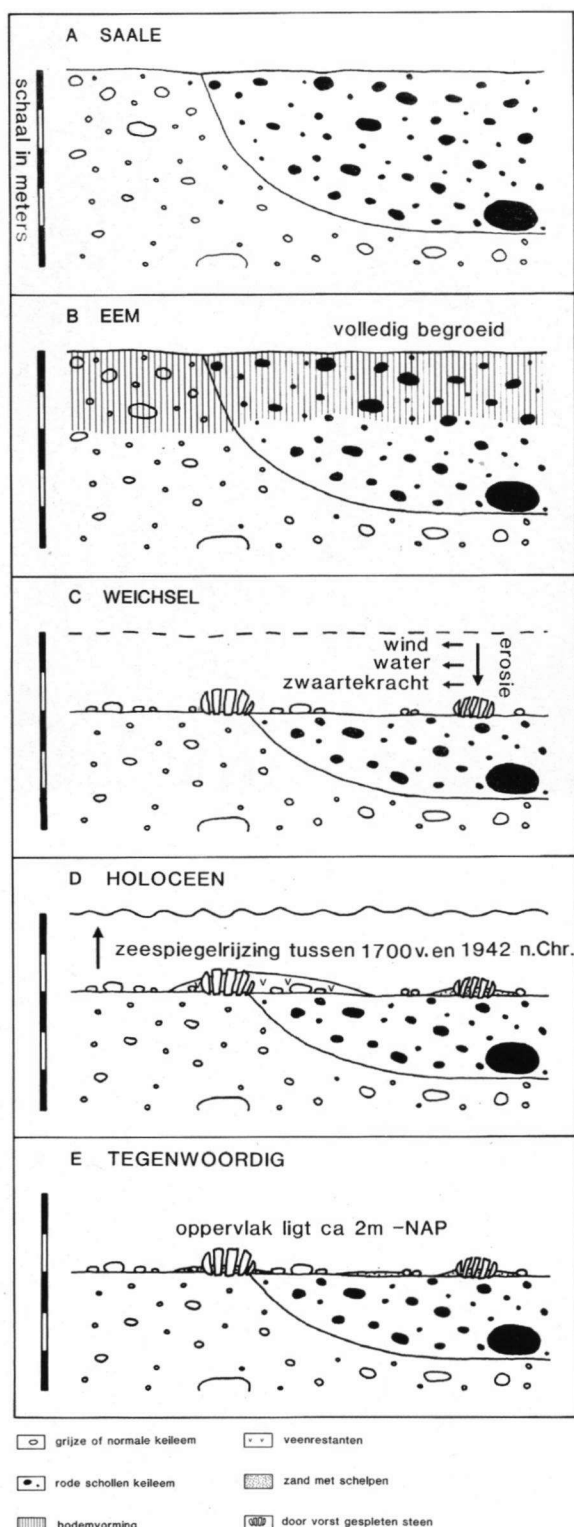
Niet alles periglaciaal

Niet alle stenenvelden in de Noordoostpolder kunnen als een oud periglaciaal oppervlak worden beschouwd. Het tweede grote stenenveld, vlakbij De Voorst, toont een verschil met dat bij Urk omdat het duidelijk gebonden is aan een keileemklif. Het grindvoorkomen bij De Voorst is dan ook waarschijnlijk ontstaan door abrasie door de oprukkende zee.

Ook boringen ten noorden van Urk geven aanleiding om te veronderstellen dat niet alle grindniveau's een periglaciaal oorsprong hebben. Aan de hand van een aantal diepere pulsboringen van Rijkswaterstaat Dienst Zuiderzeewerken en een aantal ondiepe boringen van TNO Bouw en Ondergrond is een dwarsdoorsnede van de bodem ten noorden van Urk gemaakt [Afb. 1]. Deze laat zien dat zowel de keileem als de er onder gelegen rivierafzettingen zijn opgestuwd. De rivierafzettingen bestaan uit zeer fijn tot matig grof, licht slibhoudend zand, plaatselijk met een zandige leeminschakeling. In een tweetal boringen, één op het fluviatiele zand en één bovenop de keileem, zijn grindhoudende afzettingen aangeboord met afgerond glaciaal grind. Mogelijk vormen deze grindrijke lagen het restant van de fluvioglaciaal sedimenten die zijn afgezet tijdens het afsmelten van het landijs en die vervolgens waarschijnlijk door de golven zijn omgewerkt. In het vlakke deel achter de stuwwal, nabij het geologisch reservaat, is in een aantal van de ondiepe boringen een dunne laag grindhoudend zand aangetroffen van enkele cm tot enkele dm dik. Deze maakt vermoedelijk deel uit van de grindhoudende laag die ook in het reservaat is aangetroffen en is mogelijk een restant van de periglaciaal deklaag, overeenkomstig het 'keizand' uit Noord Nederland.

Vegetatie

De drooggevalen bodem van keileem, klei en zand was soms heel nat en soms heel droog. De aanwezigheid van schelpen op de bodem getuigt van bedekking door de zee, hetgeen duidt op een zout- en kalkrijke grond. De eerste pioniers die zich na het droogvallen in het geologisch reservaat vestigden, waren korstmossen, zoals rendiermossen en bekermossen (*Cladonia* soorten) [Afb. 9]. Deze gedijen nog altijd goed in het reservaat. Ook het fraai duizendguldenkruid (*Centaureum*



Afbeelding 8.

Reconstructie van de verschillende stadia in de ontwikkeling van het oppervlak van het P. van der Lijnreservaat.

pulchellum) is nog altijd in flinke aantallen aanwezig (Afb. 10). Deze zoutminnende plant groeide langs de kusten van de brakke Zuiderzee en verdraagt overspoeling door zeewater. De grotendeels minerale bodem is een goede basis gebleken voor verschillende soorten die ook in de Hollandse duingraslanden voorkomen: duinriet (*Calamagrostis epigjos*), reigersbek (*Erodium cicutarium*), geelhartje (*Linum catharticum*), liggende ganzerik (*Potentilla supina*) en bleekgele droogbloem (*Gnaphalium luteo-album*). Duinvegetaties zijn, bij het ontbreken van directe zeewind, in het



Afbeelding 9.
Korstmossen bedekken grote delen van het reservaat
(Foto: Riet Rijs).



Afbeelding 10.
Fraai duizendguldenkruid, een van de pioniers in het reservaat die er nog altijd voorkomen
(Foto: Riet Rijs).

algemeen gebaat bij begrazing of maaien, omdat de vegetatie anders op den duur overgaat in bos.

Op verzoek van Pieter van der Lijn zijn destijds jeneverbesstruiken aangeplant. Deze soort heeft op veel plekken in Nederland last gehad van verzuring, maar in het reservaat hebben ze zich, dankzij de schrale kalkrijke bodem en de geringe concurrentie van andere planten, weten te handhaven. De laatste jaren groeien de jeneverbesstruiken zeer goed en kiemen uit de bessen zelfs jonge struiken (Afb. 11), waarschijnlijk mede dankzij de grazers die de bodem loskrabben.

Beheer

Bij het beheer van het reservaat bestaat er een tegenstrijdigheid tussen de belangen van natuurlijke ontwikkeling en milieuvriendelijkheid enerzijds, en de bescherming van de aardkundige waarden anderzijds. Overgroeiing van het reservaat is voor de geologie ongewenst. In de beginjaren werd de vegetatie door de toenmalige terreinbeheerder met chemische middelen bestreden. Eind jaren '80 is uit milieuoverwegingen overgestapt op begrazing door schapen en later door pony's. Dit begrazingsbeheer lijkt gunstig te zijn voor de met duingraslanden vergelijkbare vegetaties. Helaas leiden mest en urine plaatselijk weer tot verrijking van de bodem. Een ander nadeel is dat grazers een voorkeur hebben voor gras en kruiden, en liever geen biez en houtige gewassen eten. Omdat dit tot verbossing van het terrein leidt, wordt op de geologisch meest waardevolle plekken sinds 2004 de vegetatie weer chemisch bestreden.

Het lastigste beheervraagstuk vormen de opschietende jonge bomen in het - brede - overgangsgebied tussen bos en open vlakte. Het lijkt voor de hand te liggen hier de jonge boompjes te maaïen. Dat is milieuvriendelijk en redelijk efficiënt. De afgemaaide boompjes en struiken lopen echter al spoedig weer uit, waardoor de 'stammetjes' steeds dikker en houtiger worden en

Afbeelding 11.
Jeneverbessen in
het reservaat groeien
uitstekend. Deze
boom is beschermd
en staat op de Neder-
landse Rode Lijst
(Foto: Riet Rijs).



hun wortels blijven doorgroeien. Het eveneens milieu-vriendelijke alternatief om met de hand opschietende boompjes uit de grond te trekken, heeft als grootste nadeel dat met het uittrekken de stenen van hun plek raken. Deze methode is dus zeker ongeschikt op plekken waar zwerfstenen aan het oppervlak liggen. Onduidelijk is of de methode ook schadelijk is op plekken waar de keien in een meer los verband liggen; ze zijn daar in het geologische verleden immers ook al verplaatst. Wellicht is de beste oplossing nog wel om de jonge boompjes dicht bij de grond één voor één af te knippen en te behandelen met een chemisch middel. Desondanks zullen er jaarlijks nieuwe zaden kiemen in de humeuze bovenlaag en vraagt het verwijderen daarvan een terugkerende en (te) grote inzet.

Beperkte toegankelijkheid

Het reservaat is te kwetsbaar om vrij toegankelijk te zijn; toen iedereen het gebied nog in mocht, werden de zwerfstenen namelijk met ladingen tegelijk ontvoerd. Destijds is daarom een hek om het terrein geplaatst. Het aardkundig reservaat is nu alleen op afspraak en onder begeleiding te bezoeken (zie www.flevolandschap.nl). Om bewoners en bezoekers toch te kunnen informeren over de geologische historie van het gebied en de bijzondere zwerfstenen zelf, is in het Schokkerbos bij Schokland een educatieve Gesteentetuin aangelegd. In het bezoekerscentrum en in de buitenexpositie van deze tuin is veel informatie te vinden over zwerfstenen zoals die in het P. van der Lijnreservaat gevonden zijn (zie het artikel van Van Olm in dit nummer).

DANKWOORD

De auteurs willen Ed Oliver (QMUL) bedanken voor het tekenen van afbeelding 1 en Martin Rappol voor informatie en foto's van de vorstwiggen in Urk.

LITERATUUR

Gans, W. de, 1995. Een geologisch overzichtsprofiel van Ridderkerk naar Urk. *Grondboor & Hamer* 3/4, pp. 90 - 93.

Lijn, P. van der, 1941. Zwei Vereisungen in den Niederlanden. *Z.f. Geschief.* XVII, pp. 191 - 209.

Lijn, P. van der, 1944. Een eersterangs geologisch natuurmonument bij Urk. *De Levende Natuur* 49, pp. 1 - 7.

Maarleveld, G.C., 1976. Periglacial phenomena and the mean annual temperature during the last glacial time in The Netherlands. *Biuletyn Peryglacjalny* 20, pp. 57 - 78.

Meer, J.J.M. van der, 1987. Field trip "Tills and end moraines in The Netherlands and NW Germany". In: J.J.M. van der Meer (ed.): *Tills and Glaciotectionics*, pp. 261 - 268. Balkema, Rotterdam/Brookfield.

Meer, J.J.M. & Lagerlund, E., 2000. Het geologisch reservaat "P. van der Lijn" bij Urk. Een oppervlak uit de laatste ijstijd. *Grondboor & Hamer* 64, pp. 105 - 110.

Rappol, M., 1987. Saalian till in The Netherlands: a review. In: J.J.M. van der Meer (ed.): *Tills and Glaciotectionics*, pp. 3 - 21. Balkema, Rotterdam/Brookfield.

Vos, P.C., 2006. Toelichting bij de paleogeografische kaarten van Nederland. *TNO Bouw en Ondergrond. Nationale Onderzoeksagenda Archeologie* (hoofdstuk 25, versie 1.0), pp. 1 - 13.

Waard, D. de, 1946. De geologie en geomorfologie van Urk. *K.N.A.G. deel LXIII*, 6, pp. 710 - 736.

Waard, D. de, 1949. Glacigeen Pleistoceen, een geologisch detailonderzoek in Urkerland (Noordoostpolder). *Verhandelingen Geologisch en Mijnbouwkundig Genootschap, Geologische Serie* 15, pp. 70 - 246.

Wagenaar, J., 1750. *Tegenwoordigen staat der Vereenigde Nederlanden*, VIII. Amsterdam.

Zandstra, J.G., 1988. Noordelijke kristallijne gidsgesteenten. Een beschrijving van ruim tweehonderd gesteentetypen (zwerfstenen) uit Fennoscandiavië. Brill, Leiden.