

10 *Het landijs rukt op*

*Reuz'ge polyp, blauwgroenig verkrystalde,
Kruipen de gletschers neer, en bergen kraken,
Als zijn geduldige tentakels baken*

Adwaita (Brahman I)

Omstreeks 200.000 jaar geleden stond Noord-Nederland op het punt onder de voet gelopen te worden door het landijs van de Risstijd. In voorgaande ijstijden waren de gletsjers nooit zover in dit gedeelte van West-Europa doorgedrongen. Van de ijskappen uit de eerste koude perioden zijn in het geheel geen sporen over, al deed een ervan door de levering van (fluvioglaciaal) grind aan de noordduitse rivieren, die de Formatie van Enschede vormden wel van zijn bestaan vermoeden (zie pag. 108).

De ijskap, die in Midden-Europa het verst naar het zuiden reikte was die van de Elstertijd. In onze streken echter kwam zij minder ver, vermoedelijk niet veel verder dan de lijn Hannover—Oost-Friesland—Borkum, mogelijk tot in Noord-Groningen en de omgeving van Terschelling (vgl. pag. 119). Het waren de landijsmassa's van de Saale-ijstijd, die diep op Nederlands gebied doordrongen.

Nu stond de Noordzee destijds alleen in het noorden met de Atlantische Oceaan in verbinding; het Nauw van Calais bestond nog niet, althans niet in de vorm die wij kennen. Engeland was toen dus (nog) geen eiland, maar was ter hoogte van Dover en Calais door een landengte met het vasteland verbonden.

Zolang de zich van de Scandinavische bergen uitbreidende ijsmassa's nog geen contact maakten met de gletsjers die vanuit de Schotse Hooglanden en de andere gebergten van Groot-Brittannië kwamen, stroomde het water van de Elbe, de Weser, de Ems, de Rijn, de Maas en de Schelde met het door de gletsjers geleverde smeltwater door de overblijvende passage naar de Atlantische Oceaan weg (fig. 22A). Bij de lage zeespiegelstanden, die gedurende ijstijden optreden (een deel van het water dat anders naar zee stroomt wordt immers in de ijskappen vastgehouden), konden deze wateren eventueel dalen uitslijpen. Maar zodra de Scandinavische en Britse ijskappen elkaar raakten en in het Noordzeegebied een geweldige ijsdam vormden, werd het water opgestuwd en moest het een andere uitgang zoeken. Het vond die uitgang in het zuiden, het wegstromen-

Het landijs rukt op

de water kon daar werken aan de vorming van het dal, dat later het Nauw van Calais werd.

De opstuwing van het water in het Noordzeebekken zal de vorming van sedimenten, neergelegd door smeltwaterstromen en in meertjes, in de hand hebben gewerkt. Wij weten dat ook de wind een belangrijk aandeel had in de vorming van de afzettingen, die in Noord-Nederland vlak voor de komst van het landijs werden neergelegd (de Formaties van Peelo en Eindhoven).

FORMATIE VAN DRENTE

Zoals gezegd, rukte in de loop van de Saale periode het landijs op tot ver binnen de Nederlandse grenzen. Daarbij werd de lijn Scheveningen—Amsterdam—Arnhem—Nijmegen—Krefeld bereikt. De glaciële sedimentpakketten die het achterliet worden samengevat onder de term Formatie van Drente. Deze formatie omvat aldus keileem en fluvioglaciële afzettingen die voorkomen in terreinvormen als drumlins, smeltwaterruggen, sandrvlakten e.d.

Keileem

Een gletsjer of een landijspakket bestaat beslist niet geheel en al uit zuiver en schoon ijs. Het bevat vrij grote massa's puin en slib, meegenomen uit de bodem waarover het ijs voortschoof, zonder grote kieskeurigheid ten aanzien van materiaal of korrelgrootte. Alles kan worden meegenomen, meters grote blokken steen zowel als modder, klei en slijpsel.

Voor al het onderste gedeelte bevat vaak zoveel slib en puin dat men moeite heeft het ijs van de eveneens uit slib en puin bestaande ondergrond te onderscheiden. Het heeft dan meer het karakter van een bevroren modder- en zandmassa. Maar juist doordat dit onderste deel van de gletsjer vooral uit puin en slib bestaat en slechts voor een betrekkelijk gering deel uit werkelijk ijs, kan het gebeuren dat na het afsmelten die keileemmassa maar weinig van volume verandert en eigenlijk niets anders doet dan ontdooien. In een dergelijk geval zal dus de structuur van de massa en de onderlinge rangschikking van de deeltjes maar weinig veranderingen ondergaan. Wanneer tijdens de laatste bewegingsfasen van het ijs de steentjes een zekere ligging verkregen, zullen zij die na het verdwijnen van het ijs in vele gevallen nóg hebben.

Nu wil het geval dat niet zelden in het bewegende gletsjerlichaam de langgerekte gesteentepartikels een ligging aannemen die ongeveer samenvalt met de bewegingsrichting van het ijs. Indien in het ideale

Het landijs rukt op

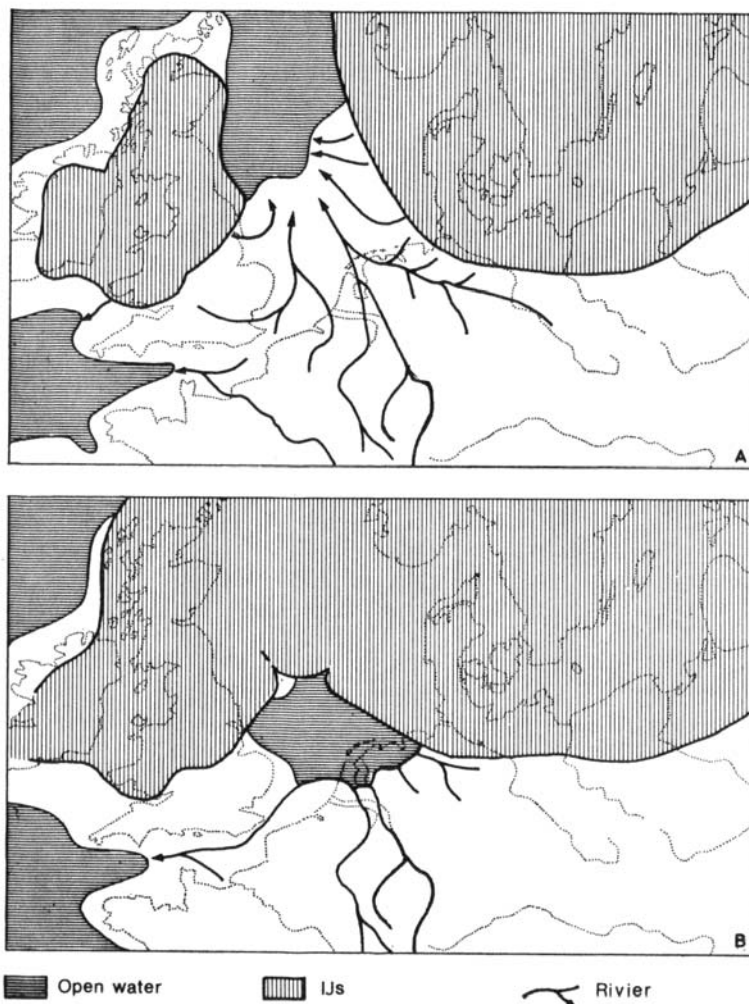
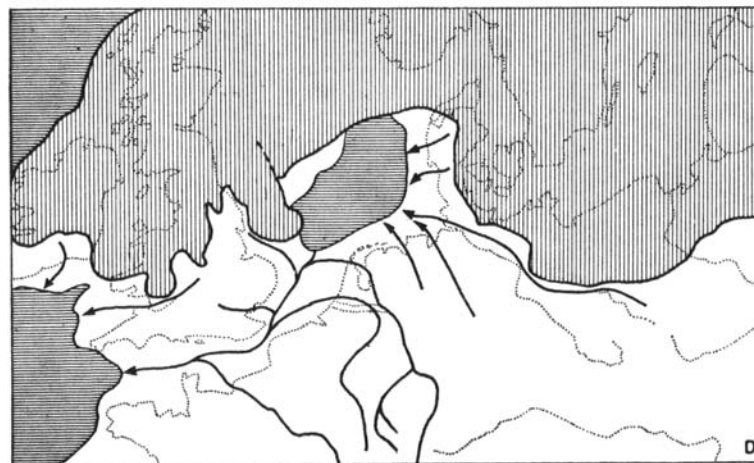
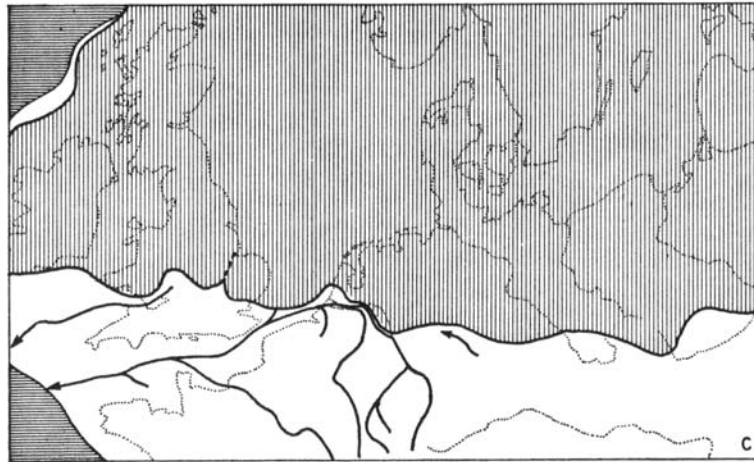


Fig. 22. A-B: twee situaties in het Noordzeegebied tijdens het oprukken van het landijs. A de ijskappen van Scandinavië en Groot-Brittannië raken elkaar niet; B de ijskappen sluiten de weg naar het noorden af en doen aldus een stuwmeer ontstaan.

Het landijs rukt op



Open water IJs Rivier

Fig. 22. C: de maximale uitbreiding van het Saalelandijs; D de situatie gedurende de maximale uitbreiding van het Weichsellandijs.

Het landijs rukt op

geval de nog brijige keileemmassa niet in spleten is weggezakt en verknepen en na het ontdooien langs hellingen omlaag gegleden is, kunnen de gerichte steentjes dus de speurende geoloog verraden in welke richting het ijs zich kort voor het tot stilstand kwam heeft voortbewogen.

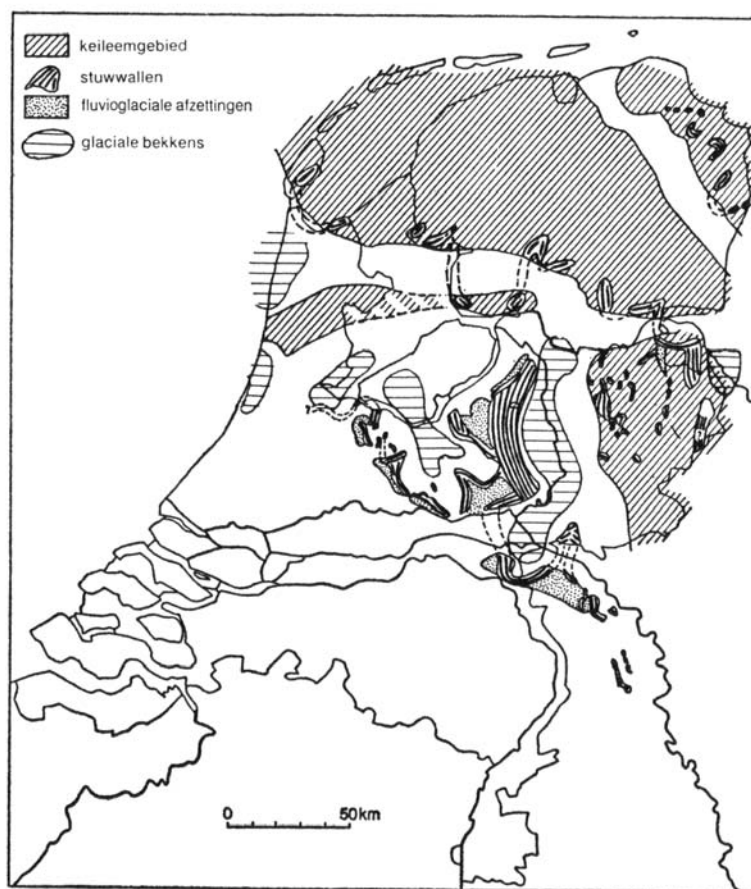


Fig. 23. Keileem, stuwwallen, fluvioglaciale afzettingen en glaciale bekken in Nederland. Het keileem dat zich op de bodem van de glaciale bekken bevindt, is niet aangegeven.

Het landijs ruikt op

Het is duidelijk dat men niet aan elk stuk keileem, dat men in een eertijds vergletsjerd gebied aantreft, op deze manier de stroomrichting van het ijs kan bepalen. Lang niet altijd hebben zich de ideale condities voorgedaan, maar hier en daar is het toch gelukt.

Het lijkt erop dat in het frontgebied van ijskappen hier en daar grondmorene-massa's in het water van opgestuwde meertjes konden uitvloeien. Aldus kwamen min of meer gelaagde keileemafzettingen tot stand. Ze worden in het Engels 'flow tills' genoemd.

Op het kaartje van fig. 23 is aangegeven waar in onze gebieden het keileem aanwezig is; het blijkt dat het vooral in het noorden, in de provincies Friesland, Groningen en Drente (ook in het aangrenzende deel van Duitsland) in de ondergrond over grote aaneengesloten oppervlakten voorkomt.

De aanwezigheid van dit materiaal is niet zonder belang. De neolithische bewoners van Drente bouwden hun hunnebedden uit de keien die zij in het keileem vonden. Bovendien heeft men sinds mensenheugenis ervaren dat het uitnemend geschikt is om er dijken mee te bouwen of af te werken. Keileem valt niet gemakkelijk in het water uiteen en laat zich daardoor niet spoedig wegspoelen. Juist in het voormalig Zuiderzeegebied is, b.v. bij Urk en in de Waddenzee vrij veel van dit materiaal voorhanden. De Zuiderzeewerken hebben er dankbaar gebruik van gemaakt.

Men is in de kringen van de Zuiderzeewerken zelfs zo gewend keileem als dijkmateriaal te gebruiken, dat men geneigd is alle klei (ook uit andere afzettingen) die men bij de dijkbouw toepast 'keileem' te noemen.

Vervolgens wordt (werd) hier en daar het lemige deel van de grondmorene ontgonnen ten behoeve van de baksteenfabricage zoals b.v. bij Markelo en Lossler (in Twente).^{*} Maar ook zonder weggegraven te worden is de keileemlaag van betekenis voor de menselijke maatschappij. In de regel is zij bedekt door dekzand uit de laatste ijstijd. Waar deze zandlaag slechts dun is, b.v. dunner dan twee meter, kan de keileemlaag een belangrijke rol spelen in de waterhuishouding. Keileem immers laat het water niet door en kan op die manier een secundaire grondwaterspiegel boven de leemlaag doen ontstaan. Soms kan daardoor op punten waar men het niet dadelijk zou verwachten, de grond vochtig of zelfs drassig zijn. Dekzanden zijn van

^{*} Het keileem bevat hier veel klei, die de gletsjer op zijn weg naar deze streken uit de Duitse gewesten meenam. Elders blijkt de grondmorene praktisch geheel uit tertiair zand te bestaan, zoals o.a. in de groeve ten oosten van Vasse in Twente kan worden waargenomen.

Het landijs rukt op

nature geen ideale landbouwgronden, de aanwezigheid van de on-doorlatende keileemlaag op geringe diepte kan soms enige verbetering in de vochtuithouding betekenen.

Noordelijke zwerfstenen

Het keileem bevat, zoals gezegd, veel brokken steen die uit Scandinavië stammen. Reeds vele generaties van geologen en amateur-geologen hebben met grote belangstelling deze van verre gekomen zwerfstenen bestudeerd en gepoogd hun herkomst vast te stellen. Al heel vroeg bleek daarbij dat in de keileemlagen van Nederland en de Noordduitse Laagvlakte gesteenten bijeen liggen, die door het ijs moeten zijn aangevoerd uit Noorwegen, Zuid- en Midden-Zweden en de Oostbaltische gebieden. Maar tevens bleek dat de gesteenten uit de verschillende Scandinavische gebieden niet steeds in dezelfde verhoudingen vertegenwoordigd waren. Soms was Finland sterker vertegenwoordigd, soms Zuid-Zweden.

Het is niet mogelijk hier alle manieren te bespreken waarop men gepoogd heeft de verschillende keileemsoorten naar de er in voorkomende zwerfsteenassociaties te onderscheiden. Ik beperk mij daarom tot één methode, nl. de werkwijze die de Duitse onderzoeker Hesemann volgde.

Hesemann beperkte zijn tellingen tot de kristallijne gesteenten en gebruikte daarvan alleen een aantal gesteentetypen, dat naar aard en herkomst duidelijk te herkennen was. Hij telde in elke keileemgroeve die hij onderzocht hoeveel (herkenbare kristallijne) zwerfstenen er uit Finland en Noord-Zweden afkomstig waren, hoeveel uit Midden-Zweden en het Baltische gebied, hoeveel uit Zuid-Zweden en hoeveel uit Zuid-Noorwegen, met name de omgeving van Oslo (zie fig. 24). Zo verkreeg hij percentages, die dan op tientallen werden afgerond. Het percentage 52 werd op deze manier met het cijfer 5 aangeduid, het percentage 27 met 3. Door nu de aldus berekende cijfers steeds in dezelfde volgorde op te schrijven ontstonden 'getallen', formules die voor elke onderzochte keileemmassa kenmerkend waren. Wanneer Hesemann b.v. na een telling het volgende resultaat verkreeg:

afkomstig uit (Noord-Zweden en) Zuid-Finland met	
Ålands Eilanden	62 (6)
afkomstig uit Midden-Zweden en aangrenzend deel Oostzee	21 (2)
afkomstig uit Zuid-Zweden	16 (2)
afkomstig uit Zuid-Noorwegen	1 (0)

werd de resulterende formule: 6 2 2 0.

Uit deze als voorbeeld gekozen formule kwam dus duidelijk naar



Fig. 24. Vier herkomstgebieden van Scandinavische zwerfstenen volgens Hesemann (naar De Waard).

voren, dat in het desbetreffende keileem vooral de Finse en Ålands-gesteenten sterk op de voorgrond traden.

Anderen, b.v. onze landgenoot De Waard, kozen een iets andere indeling van de herkomstgebieden, waardoor hun resulterende 'getallen' ook iets anders en handzamer uitvielen, maar om de vergelijking met de in Duitsland verkregen tellingen mogelijk te maken houden wij ons in het volgende toch maar aan de resultaten van Hesemanns onderzoek.

Het is gebleken dat enerzijds de keileemafzettingen van de verschillende ijstijden onderling te onderscheiden waren, althans wan-

Het landijs rukt op

neer men de keileempakketten binnen een niet te groot gebied met elkaar vergeleek. Zo vond men in Noordwest-Duitsland dat het keileem uit de Mindel-(Elster-)tijd formules opleverde van het type 6220, 7120 en dergelijke, het Riss-(Saale-)keileem ten oosten van de Nederlandse grens gaf daarentegen de formule 3160. In de eerstgenoemde was de groep Noord-Zweden-Zuid-Finland sterk dominant, in de laatstgenoemde trad Zuid-Zweden meer op de voorgrond.

Maar anderzijds bleek ook dat binnen een keileempakket van een bepaalde ijstijd grote verschillen kunnen optreden. Waaraan moet de grote verscheidenheid in de zwerfsteenassociaties van het keileem uit één ijstijd worden toegeschreven? In de eerste plaats ligt het voor de hand vast te stellen, dat de samenstelling afhankelijk kan zijn van de ligging ten opzichte van het Scandinavische brongebied. Zo heeft, om een voorbeeld te noemen, een gebied als Noord-Denemarken meer kans om Zuidnoors 'Oslo-gesteente' toegevoerd te krijgen dan een gebied in Noord-Polen.

Maar daarnaast is gebleken dat de ijsstroom niet steeds radiaal vanuit een bepaald centrum van Scandinavië over de omgeving is weggestroomd. Men moet aannemen dat ook binnen één ijstijd de verdeling van de neerslag (en dus de sneeuwophoping en gletsjerijsvorming) aan veranderingen onderhevig was en dat de gebieden met de grootste ijsleverantie nu hier en dan daar lagen, terwijl het tenslotte meermalen moet zijn voorgekomen dat eerder gevormde keileemmassa's door een latere landijsbedekking werden opgenomen en verder verslept.

Het landijs heeft, behalve de hier genoemde gesteenten ook stukjes barnsteen aangevoerd, afkomstig uit de gebieden rond de Oostzee. Een deel van de in Nederlandse prehistorische sieraden verwerkte barnsteen kan langs deze weg in onze gebieden terecht gekomen zijn.

Doodijsvormen

Het landschap dat van onder een wegs meltend landijs pakket te voorschijn komt kan allerlei interessante verschijnselen vertonen. Er kunnen wonderlijke ribbels, knobbels, kuilen, ruggetjes en langgerekte heuvels onder het ijs uitkomen, die iets te maken hebben met de manier waarop de bewegende gletsjer met zijn puinmateriaal omsprong of met de manier waarop naderhand, toen de gletsjer als 'doodijs' stil was komen te liggen het puinmateriaal zich rondom de afsmeltende schollen en brokken rangschikte. Dit soort verschijnselen is in landen als Canada, Zweden, Finland en ook Denemarken en andere gebieden langs de Oostzee op grote schaal in het landschap aanwezig. Het landijs (van de Weichseltijd) is daar nog slechts betrekkelijk kort geleden verdwenen.

Het landijs rukt op

In onze gebieden stamt de grondmorene echter uit de Saaletijd. Gedurende de vele tienduizenden jaren die sindsdien verliepen kon er veel veranderd worden. Vooral gedurende de Weichselperiode, toen door solifluctie het oppervlak in beweging kon komen en bovendien grote delen van onze gebieden onder een soms meters dik pakket van dekzand werden begraven. Het is daardoor zeer moeilijk, soms zelfs onmogelijk, de detailvormen die in de Saaletijd ontstonden, terug te vinden (al zal nauwkeurig onderzoek misschien nog een en ander aan het licht kunnen brengen).

In doodijs zal de afsmelting zich vaak langs de spleten voltrekken, die daardoor aanzienlijk worden verwijfd. Het kan dan gebeuren dat door het gewicht van de overblijvende ijsschollen de plastische grondmorene in die spleten omhoog wordt geperst. Na het volledige verdwijnen van de ijsschollen blijven er dan uit keileem bestaande muren over, die spoedig inzakken en ruggetjes in het terrein gaan vormen. Men heeft gemeend in bepaalde, zeer vlakke ruggen in het Drouwenveld bij Borger de overblijfselen van zulke leemmuurtjes te mogen zien, ze zijn thans door ruilverkaveling verdwenen. Verder naar het oosten, in het gebied van Osnabrück, is men geneigd een lange, boogvormige rug van kilometers lengte te beschouwen als te zijn ontstaan door oppersing van grondmorenemateriaal in een grote doodijs-spleet.

Drumlins

Vele grondmorenegebieden in Noord-Europa, Ierland en Canada vertonen vormen, die men drumlins noemt (afgeleid van het Ierse woord druin, heuvel). Drumlins zijn stroomlijnvormige heuvels, die voor een groot deel uit keileem bestaan en gemodelleerd moeten zijn door het ijs toen dit nog in beweging was. Soms herkent men in een groep drumlins een door de gletsjer overreden eindmorene, maar andere drumlinvelden zullen zijn ontstaan op punten waar grondmorenemateriaal in spleten omhoog werd gedrukt en door de ijsbeweging 'gestroomlijnd' of daar waar door inwendige drukverschillen binnen het ijs zelf morenemateriaal werd opgehoopt. Waarschijnlijk is de langgerekte heuvel waarop Koudum (noordoostelijk van Stavoren) ligt, een soort drumlin, evenals de hoogten van Winschoten en Scheemda. Ook bij Vollenhove en mogelijk op verschillende andere punten in Noord-Nederland kan men in het keileemlandschap drumlinachtige vormen herkennen.

Stuwwallen

Het Fries-Drentse plateau wordt naar het zuiden begrensd door een, weliswaar onderbroken, reeks van overigens slechts lage heuvels

Het landijs rukt op

(zie fig. 23). Het is mede door het onderzoek van Veenebosch en Ter Wee gebleken dat hier stuwwallen liggen, ruggen, die indertijd door het landijs werden samengeschoven uit materiaal dat het op zijn weg ontmoette.* Zowel in het Gaasterland als in de omgeving van Steenwijk en Havelte konden de voor stuwwallen zo typische verschubbingen en verplooiingen van de lagen worden waargenomen. Laagpakketten uit de even tevoren gevormde Formatie van Eindhoven zijn hier door lobben van het ijsfront verfrommeld en over elkaar heen geschoven. Dergelijke stuwingsverschijnselen kent men ook uit andere delen van Noord-Nederland, bijvoorbeeld uit de omgeving van Winschoten en uit de Hondsrug.

Vermoedelijk zijn de hoogten van Winschoten eveneens oorspronkelijk stuwwallen (Ter Wee 1966). Zij moeten later door het ijs tot drumlinachtige bulten zijn omgevormd (Edelman en Maarleveld 1958). De Hondsrug daarentegen is als zodanig geen stuwwal. De verschubbingen, die men b.v. in de grindgroeven nabij de Emmereschans aantreft, hebben niets met de 'rug' te maken. Ze wijzen op een ijsdruk die uit het noorden kwam. Was de Hondsrug wel een stuwwal dan zouden de verschubbingen op een druk loodrecht op zijn richting, dus vanuit het oost-noordoosten moeten wijzen.

De Hondsrug kan trouwens nauwelijks een rug genoemd worden. Vanuit het westen gezien is hij slechts met moeite als zodanig te onderscheiden. Hij is dan ook eigenlijk alleen maar de oostelijke rand van het Drentse plateau, de grens tussen dit keileemgebied en het oostelijk ervan liggende, gedeeltelijk met diverse sedimenten opge vulde en vervolgens grotendeel met veen volgegroeide Hunze-dal.

Wanneer men stuwingsverschijnselen wil zien kan men dus in het noorden terecht, maar om de resultaten van de glaciale kneding en verschubbing in hun volle glorie te bestuderen kan men toch het beste naar Midden- en Oost-Nederland gaan, of naar de aansluitende delen van Duitsland. Daar liggen in een brede gordel lange ruggen die door het landijs werden opgeploegd (fig. 23). De heuvels zijn soms tientallen meters hoog (ten noorden van Arnhem bereikt de Zijpenberg een hoogte van 106 m, waardoor dit punt als de hoogste 'top' van Nederland ten noorden van de rivieren mag worden beschouwd), soms echter steken zij slechts enkele meters boven hun omgeving uit. Er zijn er met een breedte van vele kilometers, andere

* Men doet er dan ook goed aan de stuwwallen als zodanig niet te beschouwen als behorende tot de Formatie van Drente die immers per definitie uit glaciaal (= van de gletsjer afkomstig) materiaal bestaat.

Het landijs rukt op

zijn belangrijk smaller. Maar alle hebben dit gemeen dat zij bestaan uit materiaal, dat reeds aanwezig was voordat het landijs naderde en dat door dit ijs van zijn plaats werd gedrukt. Hier en daar is wat fluvioglaciaal materiaal meegestuwd.

Er is over de vorming van deze heuvels en over de richting vanwaar uit het landijs kwam in de loop van de laatste eeuw vrij veel geschreven. In het begin heeft men gedacht aan landijs dat vanuit het noordoosten was opgerukt tot aan de lijn Amsterdam—Amersfoort—Nijmegen—Krefeld en dat, zowel tijdens deze maximale uitbreiding als gedurende een aantal korte oprukkingsfasen die de terugtocht onderbraken, stuwwallen zou hebben doen ontstaan. Eerst zouden de wallen van de Utrechtse Heuvelrug en het gebied van Nijmegen—Kleef—Krefeld zijn gevormd, daarna de ruggen van Ede en Putten, vervolgens die van de oostelijke Veluwe, de ruggen van Lemele, Nijverdal en Lochem en tenslotte de nog verder oostelijk liggende heuvels. In 1908 echter opperde de Belgische geoloog Briquet de mogelijkheid dat de stuwwallen in Midden-Nederland niet de een na de ander door een terugtrekkend ijsfront zouden zijn gevormd, maar tegelijkertijd door enkele ijslobben die vanuit het noorden dit gebied binnendrongen en zijdelings de heuvelruggen opdrukten. Zo zou de westelijke lob in de Gelderse Vallei gelegen hebben en de Utrechtse Heuvelrug aan zijn ene zijde en de wallen van Putten en Ede aan zijn andere zijde hebben doen ontstaan.

Deze mening werd niet onmiddellijk overgenomen (voor de geschiedenis van het onderzoek van het Middennederlandse heuvelgebied leze men de interessante dissertatie van D. Teunissen), maar tegenwoordig is men praktisch algemeen van mening dat inderdaad de gedachtengang van Briquet in 1908 juist was. Het landijs heeft, naar het zich laat aanzien, vanuit het noorden komend in dit gebied ter hoogte van de huidige Gelderse IJssel het dal van de Rijn en ter hoogte van de Gelderse Vallei het toenmalige dal van de Maas getroffen, het drong lobvormig deze dalen binnen en drukte de dalwanden opzij. Vermoedelijk staken de wanden van deze dalen ergens ter hoogte van het zuidelijk deel van het IJsselmeer boven de sedimenten uit, die in Noord-Nederland het terrein hadden geëgaliseerd. Misschien ook waren ten zuiden van de lijn Alkmaar—Zwolle de dalen niet met sediment doch alleen maar met water gevuld. Maar hoe het zij, het is duidelijk gebleken dat de druk van het ijs vanuit de as van deze dalen heeft gewerkt en bij lange na niet overal uit het oosten of het noord-oosten kwam.

Men heeft dat vrij nauwkeurig kunnen nagaan doordat het mogelijk is de drukrichting uit de stand van de lagen af te lezen. Wanneer

Het landijs rukt op

een ijsmassa een tot op enige diepte bevroren lagenpakket voor zich uit omhoogdrukt, zullen de schubben namelijk een dusdanige stand verkrijgen dat de helling van de scheefgestelde lagen naar het ijs toe wijst. Natuurlijk is niet overal de verschubbing even fraai. Soms zijn de lagen verfrommeld, soms, b.v. wanneer de grond niet bevroren was, kon het meer of minder losse zand op een ordeloze hoop worden geschoven. Niettemin heeft men juist door de bestudering van de stand van de door het ijs verschubde en verplooiden lagen de ligging van de lobben kunnen reconstrueren en bovendien kunnen vaststellen dat de vorming van de heuvels niet in één fase plaatsvond. Maarleveld heeft aannemelijk gemaakt dat in Midden-Nederland de ijslobben driemaal een 'aanloop' hebben genomen, bij elke nieuwe oprukkingsfase werd telkens een deel van de even tevoren opgestuwde wallen iets omgevormd. In verschillende zandgroeven zijn de aldus gevormde schubben en andere 'glaciotektonische' (door ijsdruk veroorzaakte) verstoringen goed te zien.

Hoe diep de dalen in Midden-Nederland waren toen het ijs er vanuit het noorden inkwam, valt moeilijk te zeggen. Men moet aannemen dat de ijslobben niet alleen de zijwanden hebben opgedrukt, maar ook de bodem hebben uitgeschaafd; de onderzijde van de opvulling van de Gelderse Vallei en het IJsseldal sluit niet aan bij de onderzijde van de dalen ten zuiden van het vergletsjerde gebied; er werden als het ware glaciale bekkens door de gletsjers uitgeschuurd.

In fig. 23 is de ligging en de omvang van een aantal van deze glaciale bekkens weergegeven. Zagwijn (1975) is van mening dat ze niets met vroegere dalen te maken hebben, maar mogelijk ontstonden door 'surging', een over een beperkte tijdsduur lokaal sneller stromen van ijs in de randzone van de ijskap.

Toch blijft het een opvallend verschijnsel dat de bekkens van de Gelderse Vallei en het dal van de Gelderse IJssel (afgezien van het aansluitende bekken van Arnhem—Nijmegen) geheel en al liggen in het verlengde van de dalen van resp. de Maas en de Rijn, zoals ze uit de tijd van vlak voor de komst van het landijs bekend zijn. Men kan zich voorstellen dat niveauverschillen als die van deze dalen (al waren deze niet overmatig diep), het ijs gelegenheid gaven een lob-vorm aan te nemen en lokaal een sterkere erosie uit te oefenen, al of niet onder invloed van 'surging'.

Een vergelijking met (jongere) situaties langs de grens van het Weichselien morenelandschap in b.v. Jutland en Polen doet aan de mogelijkheid denken dat niet alleen het ijs, maar eventueel ook het —onder druk—onder het ijs stromende water plaatselijk diep kan graven, en daarbij langgerekte bekkens en dalen ('tunneldalen') kan

Het landijs rukt op

vormen, al zijn deze laatste aanzienlijk smaller dan onze Gelderse vallei en het dal van de Gelderse IJssel bij b.v. Apeldoorn-Deventer.

Maar intussen wijst het optreden van steeds van de bekkens wèg-wijzende stuwingsrichtingen er toch wel op dat te eniger tijd vanuit de bekkens een zijdelingse druk werd uitgeoefend en deze is *niet* door 'surging' of door het werk van subglaciaal water te verklaren.

Het is waarschijnlijk dat na de vorming van de stuwwallen het ijs zich te eniger tijd in het Veluwegebied tot boven de stuwwallen heeft uitgebreid. Er zijn nl. hier en daar op de heuvels resten van een keileembedkking gevonden alsook zwerfstenen, die daar door de gletsjers gebracht moeten zijn. Men kan zich afvragen hoe dik het ijs gedurende het maximum van de Saaletijd in onze streken dan wel geweest is. Wanneer men in aanmerking neemt dat in het IJsseldal, b.v. bij Apeldoorn op een diepte van 125 m-NAP grondmorenemateriaal is gevonden, terwijl het hoogste punt van de Veluwe boven de 100 m + NAP reikt kan men in elk geval voor de ijslob van het IJsseldal een dikte van minimaal ca. 225 m berekenen. Vermoedelijk echter was de dikte groter. Hoeveel groter weten wij niet.

Sandrvlakten

Langs de rand van landijspakketten vindt men in de regel meer of minder brede waaiers van zand, dat door het smeltwater uit de gletsjer is meegespoeld en in de vlakte voor het ijsfront is neergelegd. Het (IJslandse) woord ervoor is *sandr*, een term die ook wel gebruikt wordt voor de brede puinwaaiers, die uit dit materiaal zijn opgebouwd. Een fraai Nederlands woord is spoelzandwaaier.

Ook de gletsjers van Midden-Nederland en het gebied Nijmegen—Krefeld hadden hun spoelzandwaaiers. De arealen die deze sandrvlakten innemen zijn zelfs vrij groot. Men vindt ze langs de westzijde van het Gooi en de Utrechtse Heuvelrug, waar men hun bijna horizontale gelaagdheid in groeven als die van de Crailose heide en Soesterberg kan bestuderen. Verschillende nederzettingen zoals b.v. Zeist en het vliegveld Soesterberg liggen op een sandrvlakte. Verder naar het oosten, in de zuidelijke Veluwe, ligt nog een uitgestrekte fluvioglaciale vlakte tussen de stuwwallen van Ede, Oosterbeek en Oud-Reemst. Zij draagt o.a. de plaats Wolfheze en de vliegvelden Deelen en Terlet (fig. 23). Ook de westzijden van de stuwwallen tussen Nijmegen en Krefeld zijn voorzien van sandrvlakten. Zij worden in de regel gekenmerkt door een flauwe helling, die soms naar verhouding duidelijk afsteekt tegen de stuwheuvels aan de voet waarvan zij liggen. Wanneer de stuwwal laag is, dan is het onderscheid door de beschouwing van het reliëf echter niet altijd duidelijk te maken. De

Het landijs rukt op

bestudering van de gelaagdheid geeft wel uitsluitsel: in de eigenlijke, onvervormde sandr is geen sprake van geplooid of scheef gestelde lagen, er is een bijna horizontale gelaagdheid, die het gevolg is van het wegstromen van grote hoeveelheden smeltwater dat veel zand en grind meevoerde. Dat smeltwater vormde ondiepe geulen die vervolgens met het grove materiaal werden opgevuld (Augustinus en Riezebos, 1971 en Ruegg, 1977).

In enkele delen van ons stuwwallenlandschap kan men de punten aanwijzen, waar het smeltwater op een gegeven moment door de stuwwal heen brak, de Darthuizer Poort en de laagte tussen de Amerongse en de Elsterberg in de Utrechtse Heuvelrug zullen misschien dergelijke doorgangen zijn. Voor de Darthuizer Poort is een sandrkegel aanwezig.

Vaak zijn de fluvioglaciale vlakten groter naarmate de gletsjer meer water (en dus ook meer puin) aan een bepaald gebied kon afleveren, b.v. wanneer het ijsfront gedurende enige tijd op een bepaalde lijn bleef liggen of, afsmeltend, heel langzaam terugtrok. Snel oprukkend en dan weer verdwijnend ijs zal, naar verhouding, minder langdurige afsmelting hebben gekend en bovendien telkens aan andere punten smeltwaterzand hebben geleverd, de eventueel gevormde stuwwal zal niet of slechts in mindere mate omgeven zijn door sandrvlakten.

Dit criterium is wel gebruikt om uit te maken of een ijsfront lange tijd stabiel was dan wel vrij snel van positie veranderde. In Nederland en langs de Rijn zal men dit criterium echter niet kunnen gebruiken. De sands bestaan hier slechts voor een zeer gering deel uit materiaal dat door de gletsjers zelf werd geleverd. Er is inderdaad 'noordelijk', d.w.z. door het ijs uit Scandinavië aangevoerd grind aanwezig, maar de meeste zandkorrels en grindsteentjes in de sandr zijn door het wegstromende smeltwater uit de stuwwal meegesleurd. Die wallen bestaan uit zand en grind dat vroeger in grote hoeveelheden door de Rijn en/of de Maas ter plaatse was neergelegd. Er was dus materiaal genoeg om, zo nodig in korte tijd, een brede gordel van fluvioglaciale zanden neer te leggen.

Kameterrassen

Behalve de sandrvlakten kwamen in onze gebieden nog andere fluvioglaciale vormen tot stand. Zo zijn bij Garderen en langs de noordflank van de Veluwe 'kameterrassen' aanwezig. Toen na verloop van tijd het landijs in doodijs veranderde en afsmolt, zullen op zeker moment de ruggen van de stuwwallen reeds door het ijs gestoken hebben dat de dalen nog (geheel of gedeeltelijk) vulde. Vaak zal er zich tussen het ijs en de ijsvrij geworden heuvelwand smeltwater op-

Het landijs rukt op

gehoopt hebben dat geen uitweg vond. Een dergelijke situatie moet zich eens hebben voorgedaan in het gebied van de Leuvenumse beek en in het gebied van Oldebroek—Wezep. In dat stagnerende water bezonk tussen ijs en dalwand een hoeveelheid slib, zand en grind dat door van de heuvels wegstromend regen- en sneeuwsmeltwater werd aangevoerd of uit het afsmeltende doodijs te voorschijn kwam. Op zeker moment was het meer volgesedimenteerd of het liep eventueel leeg doordat het water ergens een (lagere) uitgang vond. Toen tenslotte het doodijs verdwenen was, bleef ter plaatse een laagte over omgeven door een terrasvormige vlakte, een z.g. kameterras.

Smeltwaterruggen

Men heeft wel gemeend op de Veluwe 'smeltwaterruggen' ('osar') te kunnen herkennen, wallen, die indertijd als opvullingen van gletsjertunnels ontstaan zouden zijn. Maar verschillende waarnemingen in enkele van deze wallen maken het zeer onwaarschijnlijk dat deze conclusie juist is. Er komt nl. onderin de ruggen een laagje voor dat uit de (Laat-) Weichseltijd stamt, zie p. 154. De wallen moeten in het laatste deel van de Weichseltijd zijn gevormd, m.a.w. in een periode dat hier geen ijsskap lag en dus de totstandkoming van echte osar onmogelijk was.

In het oosten van Nederland wees Maarleveld echter wel een echte smeltwaterrug aan, nl. de zeer vlakke, noord-zuid verlopende rug van Langeveen en Geesteren ten noordoosten van Almelo. Uit de gelaagdheid van de sedimenten kon worden afgelezen dat het water dat het zand en het grind had aangevoerd van noord naar zuid stroomde en uit het onderzoek van grind bleek dat het gehalte aan 'noordelijke steentjes' van noord naar zuid toenam. Een en ander past geheel in het beeld van een afzetting die door smeltwater werd neergelegd in een langgerekte tunnelvormige ruimte onder het ijs. Eventueel stroomde het water door een soort kanaal tussen twee ijsmassa's (in dit geval zou men van een langgerekte kame kunnen spreken). Maar in elk geval kon aan het sediment vanuit de ijswanden glaciaal grind worden toegevoegd.

Gedurende de laatste jaren heeft Visscher (o.a. 1975 en 1976) de opvatting verkondigd dat nog meer dergelijke vormen moeten worden toegeschreven aan de werking van ijs en wegstromend smeltwater. Zo herkent hij behalve smeltwaterruggen ook smeltwatergeulen en kolkaten van verschillende typen. Het interessante is dat deze vormen niet alleen gevonden worden in Midden-, Oost- en Noord-Nederland, maar ook in Noord Brabant, dat wil zeggen ten zuiden van de lijn, die algemeen beschouwd wordt als de grens tot waar het

Het landijs rukt op

landijs oprukte. Bovendien blijken de meeste van de gesignaleerde vormen voor te komen in dekzanden van Weichselien-ouderdom. Ze kunnen dus niet door de aanwezigheid van het Saale-ijs zijn ontstaan.

Visscher heeft uit een en ander de conclusie getrokken, dat blijkbaar gedurende de Weichsel-periode in Noord Brabant landijs voorkwam. Aangezien het niet waarschijnlijk is dat in die periode het Scandinavische ijs zo ver zuidelijk reikte, zou er sprake moeten zijn van een lokale vergletsjering. Sneeuw-smeltwater zou niet in staat zijn de bewuste vormen te maken, ook niet wanneer het door 'overjarige' sneeuwophopingen werd geleverd. Voordat zulke verstrekkende conclusies worden getrokken, is het echter nodig ter plaatse van een aantal van deze vormen een nauwkeurig profielonderzoek uit te voeren, waarbij met name aan de er voorkomende sedimenten en bodems aandacht wordt besteed. Mogelijk zijn verschillende van deze vormen in historische (of prehistorische?) tijd onder menselijke invloed tot stand gekomen. In elk geval zijn de 'smeltwaterbeddingen', die op de Balloërheide werden waargenomen (Visscher 1976) in werkelijkheid holle wegen uit vroegere eeuwen. Ze waren reeds als de onderdelen van wegebundels ('hessenwegen') op luchtfoto's herkend en bij een recent profielonderzoek van de zijde van de vu konden duidelijk de karresporen worden teruggevonden. In het Belgisch-Nederlandse grensgebied bleek een geul jonger te zijn dan de zich daar ontwikkeld hebbende podzolbodem.

Pradolina's ('oerstroomdalen')

Toen het landijs, in de Saale-tijd, in onze streken zijn maximale uitbreiding had verkregen en tot de lijn Krefeld—Nijmegen reikte was de Rijn een eindweegs naar het zuidwesten weggedrukt (zie fig. 22C). De rivier vormde daarbij het dal dat nu door de Niers gebruikt wordt. Een dergelijk dal, gelegen in het voorland van een oprukkend dan wel terugtrekkend ijsfront noemt men in het Duits een 'Urstromtal'; in het Pools spreekt men van *pradolina*.

Na verloop van tijd voltrok zich voor de zoveelste maal in de geschiedenis van het Kwartair een klimaatverbetering, die aanleiding gaf tot het verdwijnen (met spreekt wel van het terugtrekken) van de landijsmassa's. De aanvoer van nieuw gletsjerijs uit de kernen der vergletsjerde gebieden werd minder, de afsmelting in de randgebieden werd groter. Uitgestrekte gedeelten van de eertijds nog oprukkende of stationaire gletsjers kregen geen nieuwe aanvoer meer, ze veranderden in doodijs, dat bij het afsmelten uiteen viel in afzonderlijke massa's en blokken.

Dwars door deze modderige vlakten in het brede voorland van

Het landijs rukt op

het eigenlijke, nog 'levende' ijs zochten de rivieren en smeltwaterstromen een weg, steeds op zoek naar de laagste punten. Wanneer eenmaal een bedding was uitgeslepen en een min of meer ondiepe pradolina was gevormd, kon het gebeuren dat door het afsmelten van een 'dood' overblijfsel van de vroegere ijsmassa een barrière verdween, die een mogelijk gunstiger afwateringsrichting tot dan toe had afgesloten. De oude loop werd dan verlaten en een nieuw dal aangelegd.

Men mag veronderstellen dat op deze manier bij het wegsmelten en uiteenvallen van het Saale-landijs achtereenvolgens de dalen tot stand kwamen, die thans fungeren als Vecht-dal en Hunze-dal, maar die veel te groot zijn om door deze riviertjes te zijn gemaakt.

Ook in de ondergrond van de N.O.-Polder ligt zo'n pradolina; zij is in feite een voortzetting van het Vecht-dal en breekt dwars door de (stuw-)morenewal heen, die zich lobsgewijs van Ootmarsum via Steenwijk, Vollenhove, Urk, Gaasterland en Wieringen tot op Texel uitstrekt.

Zo heeft het landijs van de Saaletijd een verscheidenheid van vormen en afzettingen in ons land achtergelaten, een hoeveelheid gegevens, waaruit de geoloog kan pogen de geschiedenis van het oprukken en weer verdwijnen van het ijs af te lezen.

Heel in het kort komt naar onze mening deze geschiedenis hierop neer dat het landijs bij het oprukken eerst de stuwwallen van Winschoten en omgeving heeft gevormd, daarna de gelobde wal van de zuidrand van het Drentse plateau, Urk, Gaasterland en Texel en tenslotte de stuwwallen van Utrecht en Gelderland. Na het verdwijnen van het ijs bleef er in het voorland van het 'terugtrekkende' ijsfront een dood-ijslandschap over, waardoorheen enkele grote waterstromen dalen, 'pradolina's', vormden, die nu als Vecht- en Hunzedal bekend zijn.

Ter Wee (1966) is van mening dat laatstgenoemde heuvels het eerst werden opgeworpen en de Winschoter stuwwal het laatst. Maar o.a. de omstandigheid dat zowel de hoogten van Winschoten als die van Zuid-Drente, Vollenhove, Gaasterland, Wieringen en Texel dik ingepakt liggen in de keileemomhulsels en bovendien drumlinachtige vormen vertonen, geeft ons bij de huidige stand van de kennis toch de indruk dat het hier om overreden stuwwallen gaat.

ZANDEN VAN WELL, FORMATIE VAN VEGHEL C,
FORMATIE VAN KREFTENHEYE I

In de tijd dat het landijs zijn maximale uitbreiding bereikte en zich tot de lijn Scheveningen—Amsterdam—Arnhem—Nijmegen—Kre-

Het landijs rukt op

feld uitstrekke, werden zoals gezegd de rivieren, met name de Rijn, als het ware uit hun bedding weggedrukt. De Rijn moest een weg volgen die men nog in het landschap ten zuiden van de stuwwallen van Kleef en Nijmegen kan terugvinden. Hij vloei'de ter hoogte van Gennep en Mook met de Maas samen. De Rijnzanden uit het begin van die tijd staan bekend als de Zanden van Well, de iets latere als Formatie van Kreftenheye 1 en de Maaszanden als de Formatie van Veghel C.

Toen het landijs verdwenen was, bleven de Rijn en de Maas in hoofdzaak de westelijke richting volgen die hun door het ijsfront was opgelegd. Wel verlegde de Rijn zijn loop dusdanig dat zijn water grotendeels tussen de heuvels van Nijmegen enerzijds en die van Montferland en de Veluwe anderzijds stroomde en bovendien zond hij een op zichzelf niet onbelangrijke tak uit de omgeving van Emmerich oostelijk langs Montferland naar het noorden, door het glaciële bekken van Deventer. Ook de afzettingen van de Rijn uit deze tijd worden gerekend tot de Formatie van Kreftenheye 1. Het Maas-equivalent van de Formatie van Kreftenheye is de Formatie van Grubbenvorst (zie fig. 26), maar gemakshalve worden beide wel onder de naam Formatie van Kreftenheye samengevat (zie tabel 3).