

NOTA 996

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

WERKGROEP NOORD-HOLLAND III:

DE BETEKENIS VAN DE TERTIAIRE EN OUD- EN MIDDENPLEISTOCENE
SEDIMENTEN VOOR DE HYDROLOGIE VAN NOORD-HOLLAND

drs. A.B. Pomper

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. HET TERTIAIR	2
3. HET PLEISTOCEEN	13
a. Algemeen	13
b. De Formatie van Maassluis	18
c. De Formatie van Tegelen	25
d. De Formatie van Harderwijk	28
e. De Formaties van Enschedé en Sterksel	30
f. De Formatie van Urk	32
g. De hydrologische betekenis van het oud- en middenpleistocene fluviatiele pakket	33
4. AANBEVELINGEN VOOR HET VERDER GAANDE ONDERZOEK	44
LITERATUUR	47

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Water

1. INLEIDING

Geologisch gezien behoort Noord-Holland tot een uitgestrekt dalingsgebied dat een groot deel van het huidige Noordzeebekken beslaat. De afzetting van de op grote diepte voorkomende - vaste - mesosoïsche sedimentaire gesteenten werd reeds door deze zogenaamde epirogenetische bodemdalingen bepaald (FABER, 1947). Dit betekent niet dat op alle plaatsen van Nederland een complete serie afzettingen tussen het einde van het Carboon en heden wordt aangetroffen. Allerlei geologische gebeurtenissen (verandering van de bodembewegingen, transgressies en regressies van de zee, erosie en dergelijke) zijn er de oorzaak van dat hyaten in de sedimentatie worden gevonden.

De snelheid waarmee de epirogenetische bodembewegingen plaats hebben is zeer moeilijk meetbaar omdat:

- a. het over het algemeen gaat over geringe bewegingen
- b. andere effecten - zoals bijvoorbeeld klink en isostatische bodembewegingen - het beeld sterk kunnen verstoren.

Pogingen die zijn gedaan om tot metingen van de dalingssnelheid te komen, moeten ook met een kritisch oog worden bekeken, vooral als de resultaten worden gebruikt. Fig. 1 geeft een door T. Edelman samengesteld kaartje met de hoogteverschillen tussen de waterpassingen van 1880 en die van 1940 (FABER, 1960). De hier gegeven bodembewegingen zijn dus het resultaat van alle effecten die in de gegeven perioden zijn opgetreden. De bodembewegingen in het verleden zijn enigszins te reconstrueren aan de hand van een vergelijking van de laagdikten van opeenvolgende sedimenten. Ook hierbij moeten de nodige reserves in acht genomen worden. Het belangrijkste van het in het voorgaande besprokene is dat in de loop van vele jaren een zeer dik pakket sedimenten is opgebouwd.

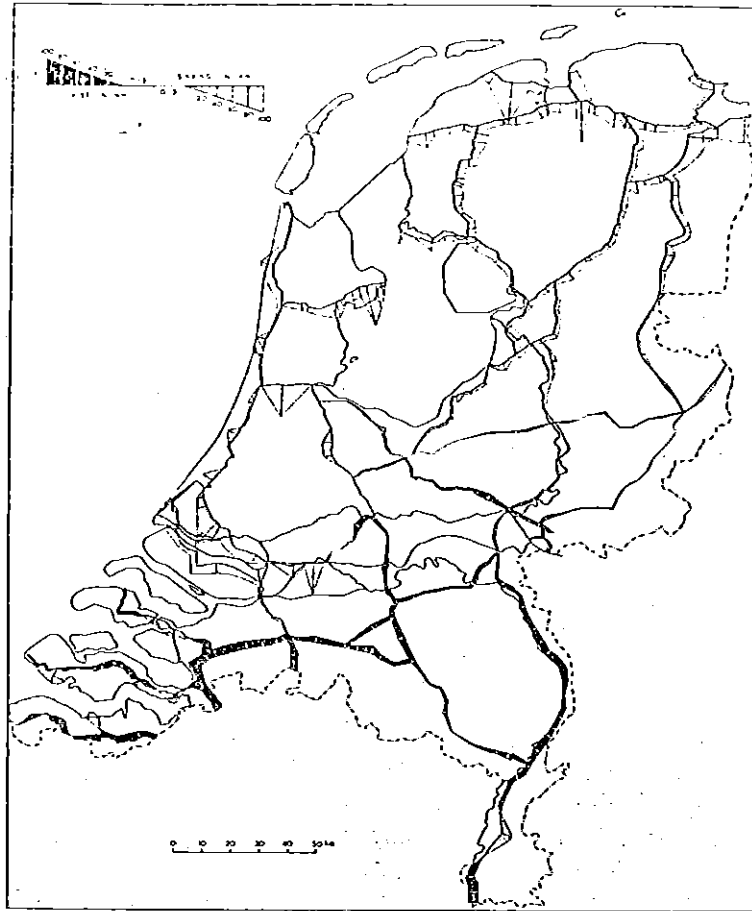


Fig. 1. Verschillen geconstateerd tussen de waterpassing van 1880 en die van 1940, volgens T. Edelman. Uit FABER (1960)

Voor de bestudering van de geo-hydrologische situatie van Noord-Holland is dan alleen van belang de opbouw van de niet-geconsolideerde sedimenten. Als onderkant van het hydrologisch belangrijke pakket wordt de bovenkant van het vaste - mesosoïsche - gesteente genomen.

2. HET TERTIAIR

In een groot deel van Nederland komt een dik pakket tertiaire sedimenten voor. De Noordzee omvatte in het Tertiair een soms veel groter gebied dan dat van de huidige Noordzee. Zo behoorde vrijwel geheel Nederland, grote delen van Duitsland, Denemarken, Oost-Engeland en België tot het zeegebied van de toenmalige Noordzee (BROUWER, 1963). Nederland had een betrekkelijke centrale positie in dit geheel. Ondanks

het feit dat de kustlijn gedurende het Tertiair grote veranderingen onderging was het huidige Nederland in deze periode vrijwel voortdurend met zee bedekt. De sedimenten - vooral die in de lagere delen van Nederland worden gevonden - zijn dan ook voor een groot deel in een marien of littoraal milieu afgezet. Voor Noord-Holland geldt dat zeker (fig. 2).

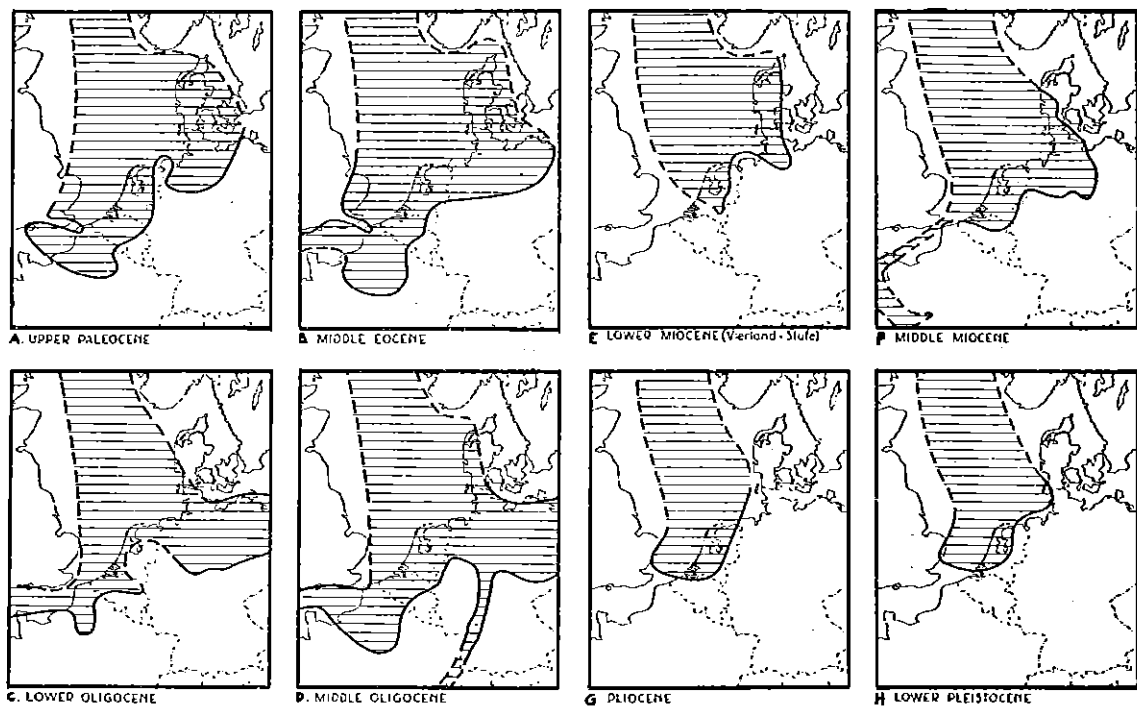


Fig. 2. De ligging van het Noordzee-bekken gedurende het Tertiair
 (naar BROUWER, 1963)

De basis van de Tertiaire sedimenten vertoont in Nederland grote variaties in diepte. Komt dit vlak in westelijk Nederland op vele plaatsen op een diepte van meer dan 1000 meter beneden het maaiveld voor, in oostelijk en zuidelijk Nederland wordt het vaak aan of nabij het aardoppervlak aangetroffen (fig. 3). In het zuiden van Nederland en in het oostelijk deel van de Achterhoek komt het paleozoïsche en

mesozoïsche gesteente aan de oppervlakte voor. Daar geldt het bovenstaande derhalve niet voor.

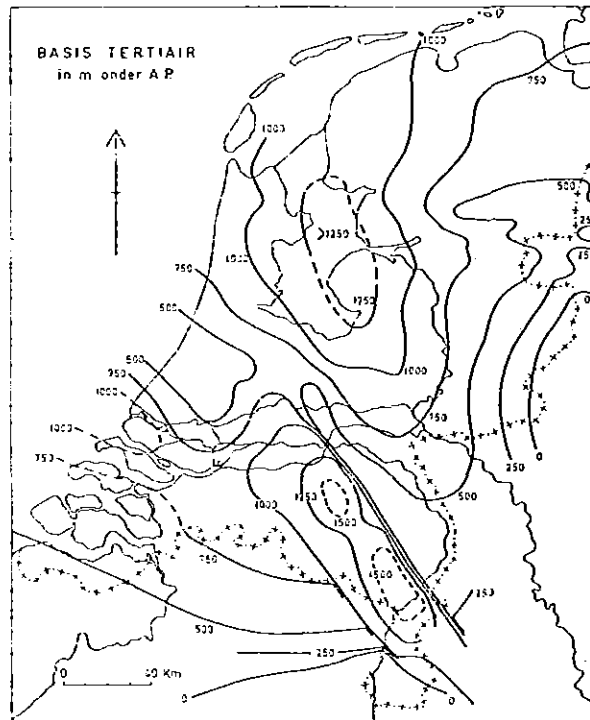
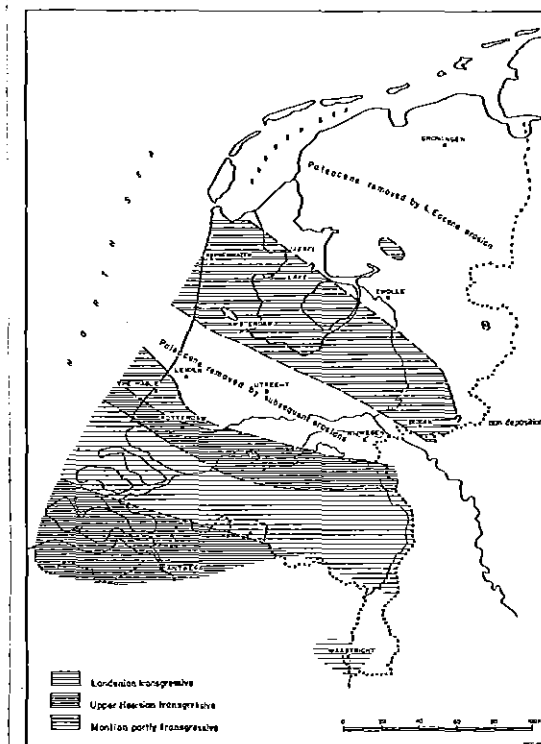


Fig. 3. Diepteligging van de basis van het Tertiair in meters -AP.
 Uit FABER (1960)

Het oudste Tertiair - het onderste Paleoceen of Montian - komt in Nederland nergens bij de oppervlakte voor. In Zuid-Limburg is het sediment uit deze periode nauwelijks te onderscheiden van het bovenste krijt (BROUWER, 1963). Het bestaat daar uit lagunaire afzettingen met oesters en koralen. In de schachten van de voormalige mijn Maurits kwamen in deze formatie bonte kleilagen voor (FABER, 1947), (BROUWER, 1963). PATIJN (1963) beschrijft de sedimenten uit het paleoceen als 'kalksteen met aan de top zanden en kleien'.

KEIZER en LETSCH (1963) geven een uitvoerig overzicht van de tertiaire sedimentatie in Nederland. Uit fig. 4 is af te leiden dat het bovenste Paleoceen (het Landenien) in een groot deel van

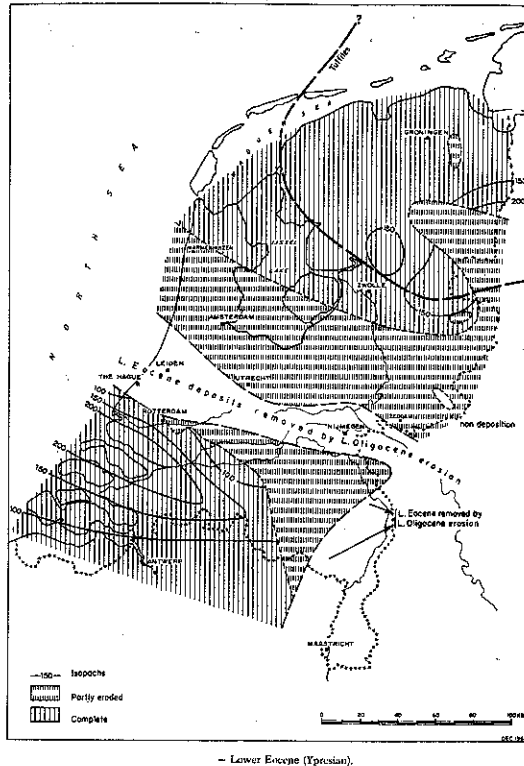
Noord-Holland voor komt. Uitzonderingen vormen een klein gebied ten Noordwesten van Amsterdam en een gedeelte van het voormalige Wieringen. Het zijn donkere mergels, afgezet in een litteraal marien milieu. Het betreft een compleet laagpakket met een dikte tussen 8 en 38 meter.



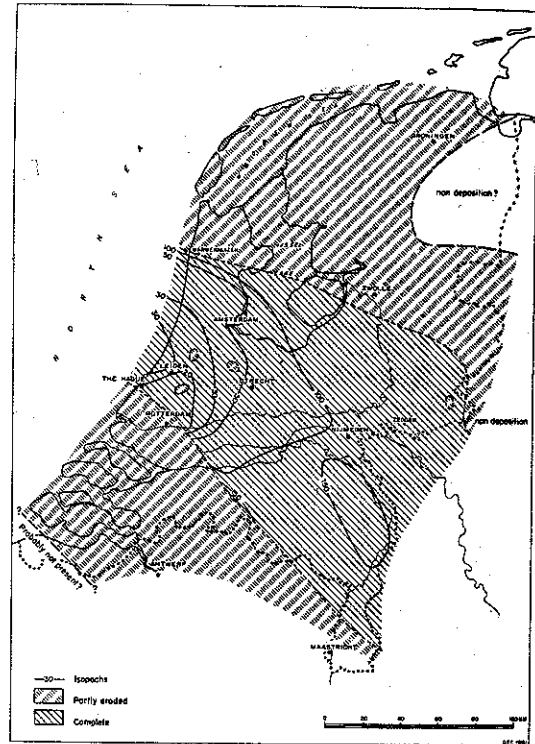
— Distribution of post-Lavigne transgressive Paleocene covering Mesozoic strata.

Fig. 4. uit KEIZER en LETSCH (1963)

Ook de volgende tertiaire formatie - het Eoceen - komt gedeeltelijk in Noord-Holland voor. Het betreft vrijwel uitsluitend sedimenten uit het onderste Eoceen. Deze formatie moet oorspronkelijk in een meer dan honderd meter dik laagpakket zijn voorgekomen maar door latere erosie is een gedeelte verwijderd (fig. 5). Het zijn onder brakke of continentale omstandigheden afgezette kleien. In het noordoostelijke deel van Nederland - waar in dit geval ook Noord-Holland toe behoort - komt plaatselijk tuffiet (vulkanische as) voor (KEIZER en LETSCH, 1963). De overige eocene formaties komen in Noord-Holland niet of nauwelijks voor.



— Lower Eocene (Ypresian).



— Middle Oligocene (Rupelian).

Fig. 5. uit KEIZER en LETSCH
(1963)

Fig. 6. uit KEIZER en LETSCH
(1963)

Op het Eoceen ligt het voor de hydrologie van een gebied belangrijke formatie, het Oligoceen. Van deze formatie ontbreekt in Nederland het onderste gedeelte. De oudste uit het Oligoceen stammende sediment is de zogenaamde Septarienklei (Midden-Oligoceen, Boomse Klei, Rupelien). Deze klei wordt in een aanzienlijk deel van West-Europa aangetroffen (BROUWER, 1963). Het onderste deel van het Rupelien bestaat uit glauconitische zanden geleidelijk overgaand in zware groenige klei met zogenaamde septarien, lensvormige kalkconcreties. Fig. 6 laat zien dat in het zuidelijke deel van Noord-Holland het Midden-Oligoceen in een aanzienlijke dikte voorkomt. In de zogenaamde 'Kop van Noord-Holland' is deze formatie gedeeltelijk weggeërodeerd, maar volgens PANNEKOEK (1956) komen ook daar nog aanzienlijke dikten voor (plaatselijk meer dan 200 meter).

Ook het Boven Oligoceen kwam oorspronkelijk in een groot deel van Nederland in een aanzienlijke dikte voor. Een belangrijk gedeelte is

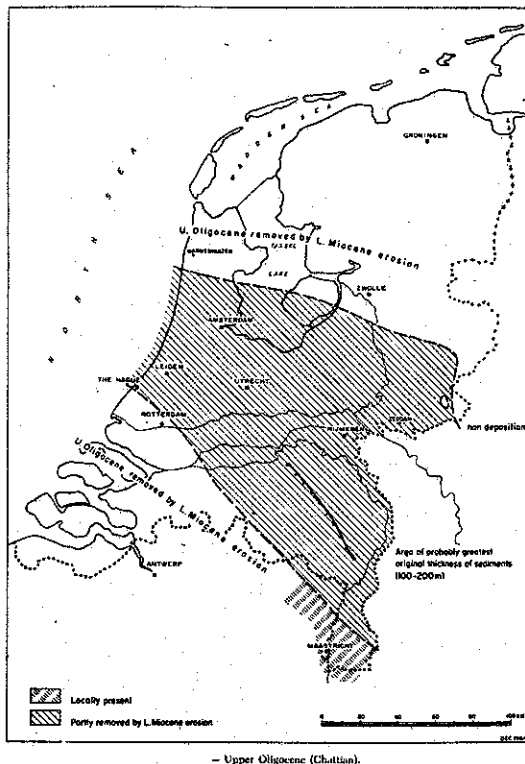


Fig. 7. naar KEIZER en LETSCH (1963)

conitische zandige klei - en een oostelijke facies met voornamelijk glimmerrijk glauconitisch kleiig zand. In het Noordelijk gedeelte van Noord Holland komt dit sediment niet voor; in het zuidelijk gedeelte wel waar het plaatselijk een dikte van meer dan 50 meter bereikt (fig. 8). Tot de Midden-Miocene afzettingen moeten de belangrijke continentale bruinkool- en zilverzandafzettingen van Zuid-Limburg worden gerekend (PANNEKOEK, 1956).

Ook het Boven Mioceen bestaat uit kleiïge glauconiet en glimmerrijke zanden. Het materiaal komt voornamelijk in de zuidelijke helft

echter tijdens latere erosie-fasen verwijderd (fig. 7). Deze sedimenten bestaan uit glauconitische kleien en plaatselijk zanden naar boven overgaand in fijnkorrelige schelprijke zanden.

Tijdens het Onder Mioceen - de nu volgende formatie - had een belangrijke opheffing van de Nederlandse ondergrond plaats wat ten gevolge had dat een gedeelte van de oudere sedimenten werd weggeërodeerd en er geen noemenswaardige sedimentatie plaats had. Deze kwam pas weer op gang tijdens het mariene Midden-Mioceen. In Nederland komen in deze formatie twee facies voor namelijk een westelijke facies - bestaande uit glimmerrijke glau-

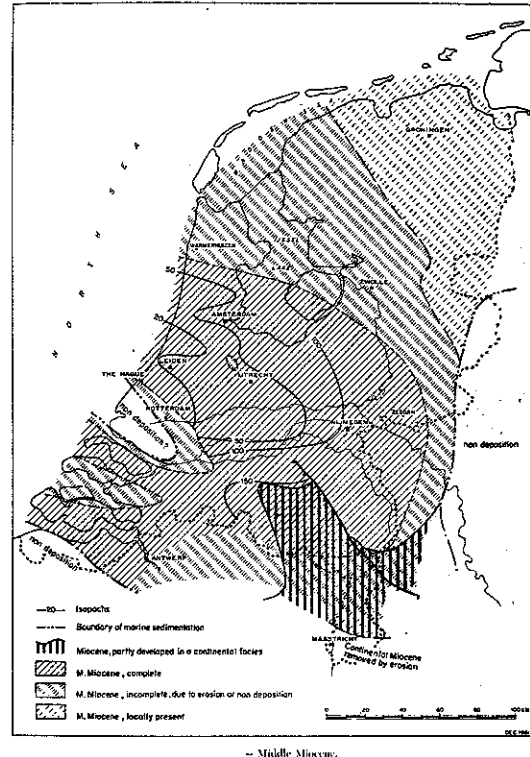


Fig. 8. uit KEIZER en LETSCH (1963)

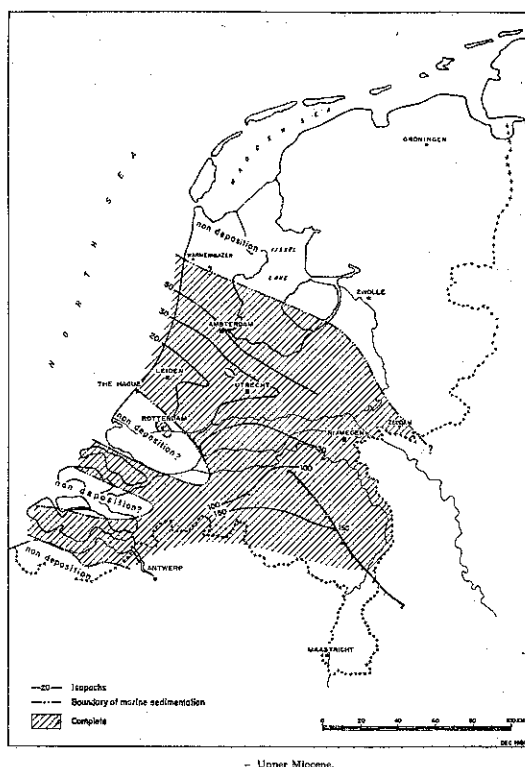


Fig. 9. uit KEIZER en LETSCH
(1963)

van Nederland voor. Ten noorden van de lijn Zeddam-Warmenhuizen (fig. 9) heeft geen afzetting plaats gehad, zodat het noordelijk gedeelte van Noord-Holland buiten het afzettingsgebied valt. De dikte van het pakket is met name in het zuidelijk gedeelte van Noord-Holland aanzienlijk. In een olieboring bij Oostzaan werd een dikte van 86 meter waargenomen.

Als laatste tertiaire formatie wordt genoemd het Pliocéen. Het betreft hier een pakket mariene en terrestrische sedimenten die voor een deel de sporen dragen van de naderende ijstijdperiode. Een en ander is er oorzaak van geweest dat de grens tussen de oligocene sedimenten en die welke thans tot

het Kwartair worden gerekend gedurende lange tijd punt van discussies is geweest. Tijdens het Geologisch Congres in Londen (1948) is deze grens op basis van de toenmalige bekende sedimenten definitief vastgesteld.

Over de ouderdom van deze grens - wat buiten de orde van dit schrijven valt - is de discussie tot op heden niet gesloten, mede als gevolg van het beschikbaar komen van steeds nieuwe meet- en berekeningsmethoden (ZAGWIJN, 1974).

Lange tijd is het Boven-Pliocéen aangeduid als 'Kiezeloöliet-formatie', duidend op het grote aantal uit het stroomgebied van de Maas (Noord-Frankrijk) afkomstige zogenaamde kiezeloölieten. Thans is deze term verouderd, hoewel zij nog regelmatig wordt gebruikt.

Volgens REINHOLD en TEN DAM (1941) is het onderste Pliocéen gevonden in twee boringen van de Dienst van Rijksopsporing van Delfstoffen, te weten die van Woensdrecht en Vlissingen. Het betreft

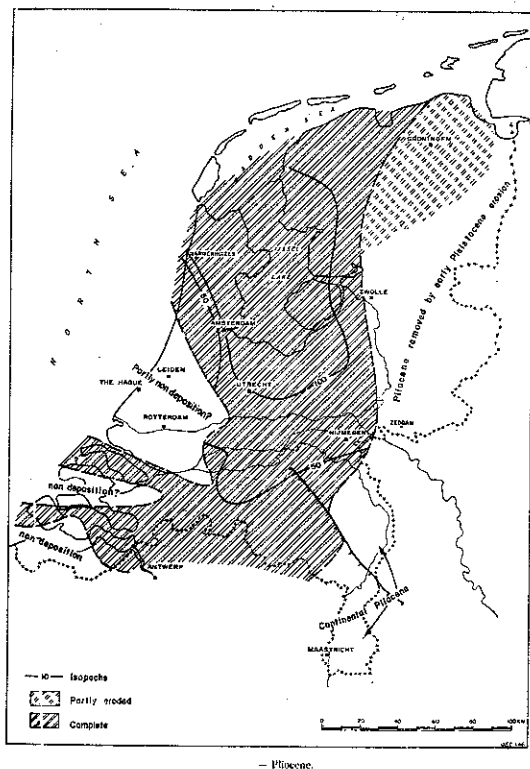


Fig. 10. uit KEIZER en LETSCH
(1963)

dat in vrijwel geheel Noord-Holland marien Pliocene is te vinden met bovendien aanzienlijke dikten (in een groot deel van het gebied meer dan 100 meter).

Als slot van de bespreking van de tertiaire afzettingen wordt in fig. 11 en 12 een tweetal kaartjes getoond uit KEIZER en LETSCH (1963), waarin de bovenkant en de dikte van de tertiaire afzettingen in Nederland worden getoond. Op basis van de in 1963 beschikbare gegevens kan worden vastgesteld dat de dikte van de tertiaire afzettingen in Noord-Holland geringer is dan in vele andere delen van Nederland maar dat deze waarde niettemin aanzienlijk groter is dan 100 meter. Aan de hand van het voorgaande kan daarbij worden aangenomen dat het afzettingen betreft die voor een groot deel bestaan uit kleiïg of sterk kleihoudend materiaal, zodat aangenomen mag worden dat de hydrologische grootheden van het materiaal gering zullen zijn, ook

groen, kleiïg zand dat nergens aan de oppervlakte voorkomt.

In verband met bovengenoemde discussie over de grens tussen de tertiaire en de pleistocene sedimenten wordt in de literatuur meer aandacht besteed aan de fossielinhoud van de aangetroffen sedimenten dan aan de aard van de sedimenten zelf, met name van het gebied waar de continentale afzettingen uit het plioceen worden aangetroffen (zuidoost Nederland). Een probleem is ook dat het beschikbare materiaal beperkt is met name in westelijk Nederland (v. VOORTHUYSEN, 1950).

Volgens KEIZER en LETSCH (1963) is sprake van glauconiet-houdende zanden en bruine glimmerhoudende zandige kleien. Uit fig. 10 is af te lezen

van de bovenste tertiaire formatie, het Plioceen. De top van het Tertiair - weergegeven in fig. 12 - kan derhalve als definitieve basis van het hydrologisch pakket worden aangemerkt. Hierbij moet uiteraard in ogenschouw genomen blijven worden dat het geschetste beeld gebaseerd is op een betrekkelijk gering aantal waarnemingen, zodat rekening gehouden moet worden met wellicht grote afwijkingen.

Indien het gegeven beeld juist is, is Noord-Holland het middelpunt van een tertiair bekken. Uitgaande van een punt ergens tussen Alkmaar en Hoorn stijgt het tertiaire oppervlak in alle richtingen. In de figuren 13 en 14 is de hierboven beschreven situatie voor Noord-Holland vergroot weergegeven.

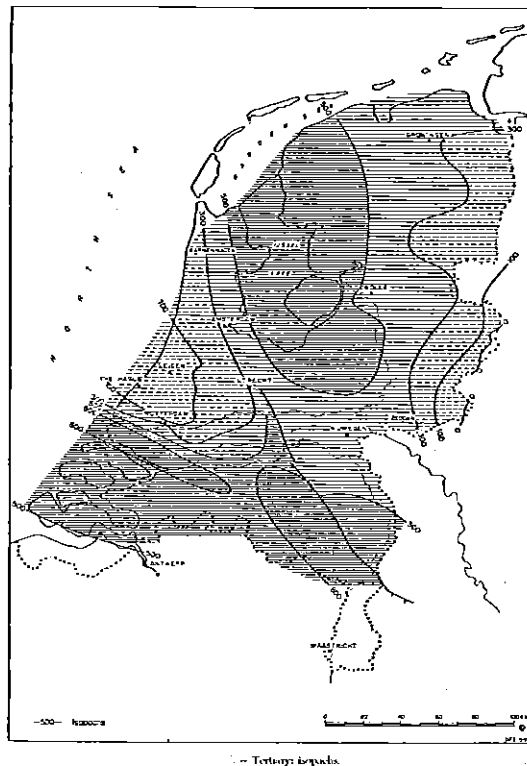


Fig. 11. uit KEIZER en LETSCH
 (1963)

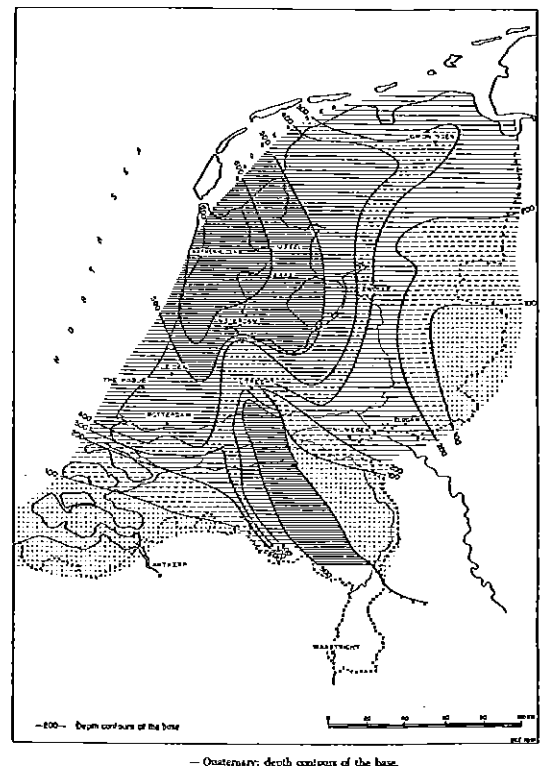


Fig. 12. uit KEIZER en LETSCH
 (1963)

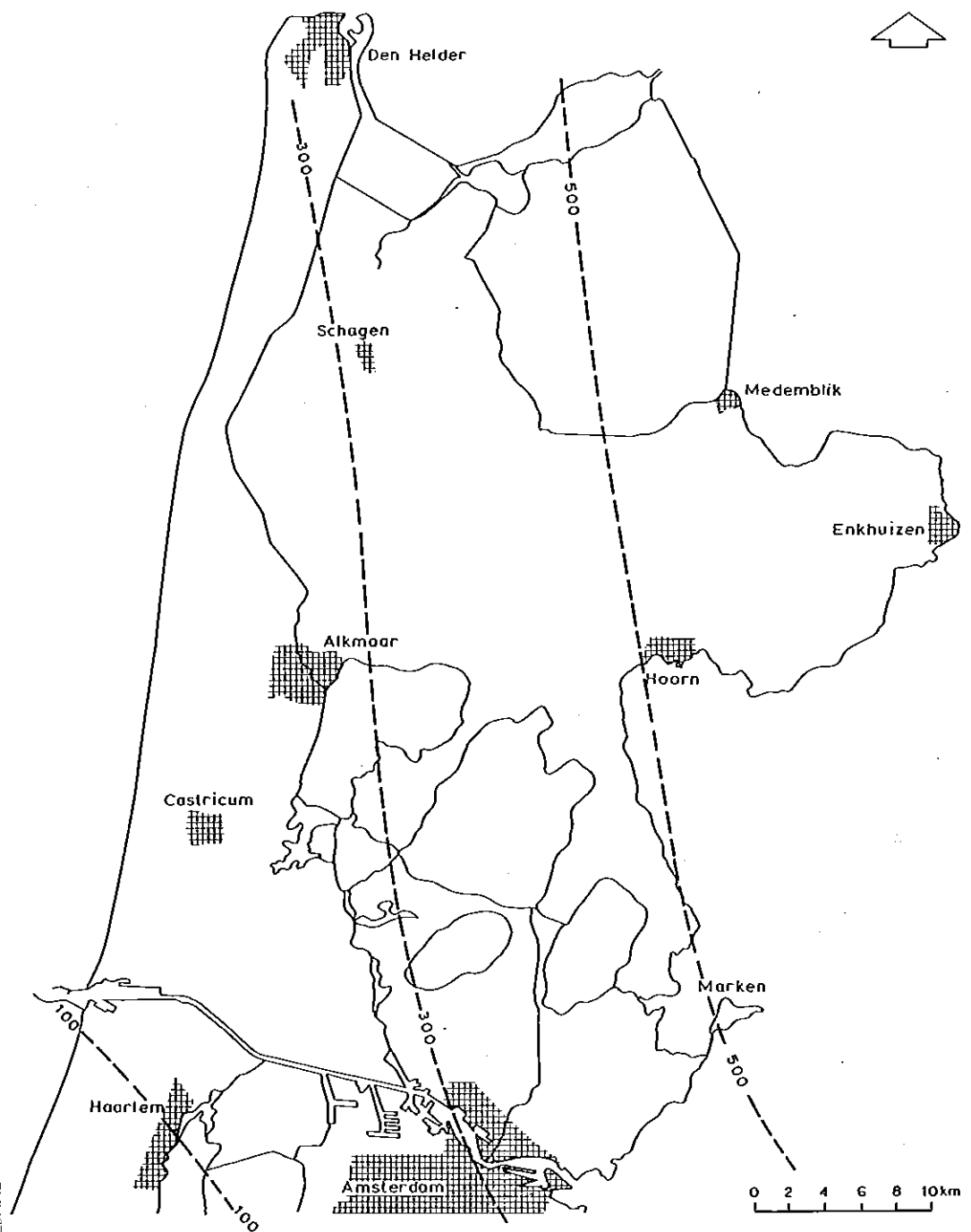


Fig. 13. Dikte van het Tertiaire pakket in Noord-Holland (vergroting van het gebied van Noord-Holland uit fig. 11)

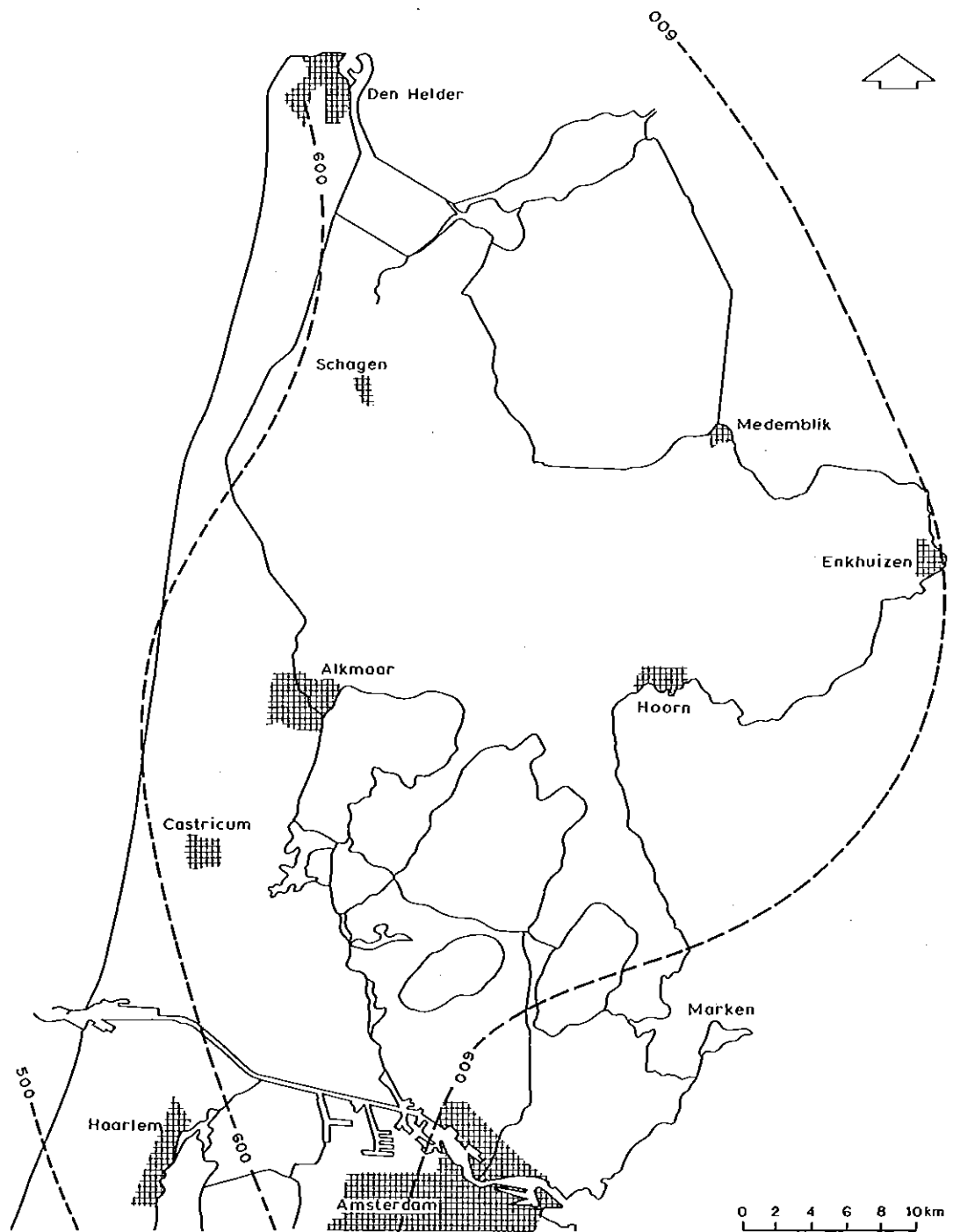


Fig. 14. Bovenkant van de Tertiaire sedimenten in Noord-Holland
(vergroting van het gebied van Noord-Holland uit fig. 12)

C o n c l u s i e s

- het Tertiair van Noord-Holland omvat voornamelijk mariene sedimenten
- het betreft een pakket dat hoogstwaarschijnlijk honderden meters omvat
- de sedimenten bestaan voor een zeer groot deel uit kleien en kleihoudende zanden
- het bovenste begrenzingsvlak is in Nederland komvormig waarvan het diepste gedeelte meer dan 600 meter beneden het huidige zee-niveau ligt en juist in het gebied van Noord-Holland ligt
- gezien de aard van de sedimenten vormt het bovenvlak van het Tertiair de definitieve basis van het hydrologisch pakket.

3. HET PLEISTOCEEN

a. A l g e m e e n

Aan het einde van het Tertiair deden zich reeds de eerste tekenen voor van de op handen zijnde klimaats-veranderingen welke kenmerkend zouden worden voor de volgende periode: het Pleistoceen.

Het klimaat van het Pleistoceen wordt gekenmerkt door een afwisseling van perioden met een koud klimaat en andere met een warmer klimaat (ZAGWIJN, 1974). Tevens was op het einde van het Tertiair een periode begonnen met een algemene zeespiegeldaling (EMILIANI, 1966). Of er een verband bestaat tussen de verandering van de klimaats-omstandigheden en die van de zeespiegel is niet vastgesteld. Fig. 15 laat de curve van Emiliani zien. Bij beschouwing van deze curve vallen verschillende zaken op:

- er is een algemene dalende beweging van de zeespiegel te zien, welke thans naar een evenwicht tendeert
- bovendien geeft elke ijstijd nog een extra verlaging
- gedurende de eerste ijstijden was de verlaging aanzienlijk geringer dan gedurende de laatste.

Het bovenstaande - sterke klimaatswisselingen gepaard gaande met aanzienlijke zeespiegelvariatiën - is de oorzaak van een sterke wisseling in het karakter van de afzettingen. Werd in Oostelijk Nederland bij elke periode van lage zeespiegelstanden - de ijstijden - het sediment uit de voorgaande periode goeddeels weggeërodeerd, in het Westen was dat veel minder het geval. Het resultaat is daar dat een aantal grofkorrelige lagen worden aangetroffen, gescheiden door vaak incomplete fijnkorrelige lagen. Bovenstaand verschijnsel werd reeds waargenomen in Zeeland (DE RIDDER et al., 1958), en in Midden West-Nederland (POMPER, 1972, en een publikatie in voorbereiding), RAPPORT MIDDEN WEST-NEDERLAND (1976).

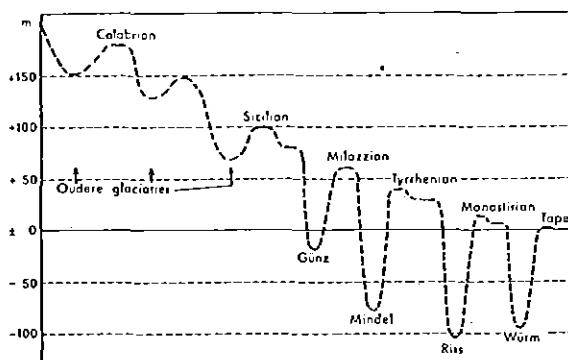


Fig. 15. Het verloop van de stand van het zeespiegeloppervlak gedurende het Pleistoceen, vlg. EMILIANI, overgenomen uit WOLDSTEDT (1954).

Aanvankelijk werd aangenomen dat vier ijstijden zijn voorgekomen nl. Gunz (de eerste), Mindel, Riss en Wurm (de laatste). Tussen deze ijstijden werden drie interglacialen verondersteld (PENCK en BRUCKNER, 1912). Deze indeling was gebaseerd op in het Alpengebied waargenomen terras-afzettingen.

Gedurende de eerste decennia van deze eeuw waren in Noordwest-Europa slechts de waarnemingen beschikbaar van de twee laatste ijstijden, omdat alleen de verschijnselen van die ijstijden op ruime schaal waarneembaar waren. Omdat bovendien de correlatie met de glaciaire verschijnselen in het Alpengebied aanvankelijk moeilijk tot stand kon worden gebracht, werd een aparte nomenclatuur gehanteerd, waarbij de twee laatste ijstijden aangeduid werden als resp. Saalien en Weichselien.

Los van deze in Duitsland ontwikkelde - en later algemeen overgenomen - nomenclatuur, ontstonden in de verschillende landen waar de ijstijden problematiek in sterke belangstelling stond, aparte - lokale - nomenclaturen. Dit was ook het geval in Nederland. Deze gang van zaken was voornamelijk weer een gevolg van het feit dat tussen de waarnemingen in de verschillende landen aanvankelijk geen correlaties konden worden gemaakt. Verschillende belangrijke geologische congressen hebben hier een oplossing gegeven, zodat thans voor geheel Noordwest-Europa een uniforme nomenclatuur voor de indeling van het Pleistoceen in gebruik is, welke ook in Nederland wordt gehanteerd (fig. 16).

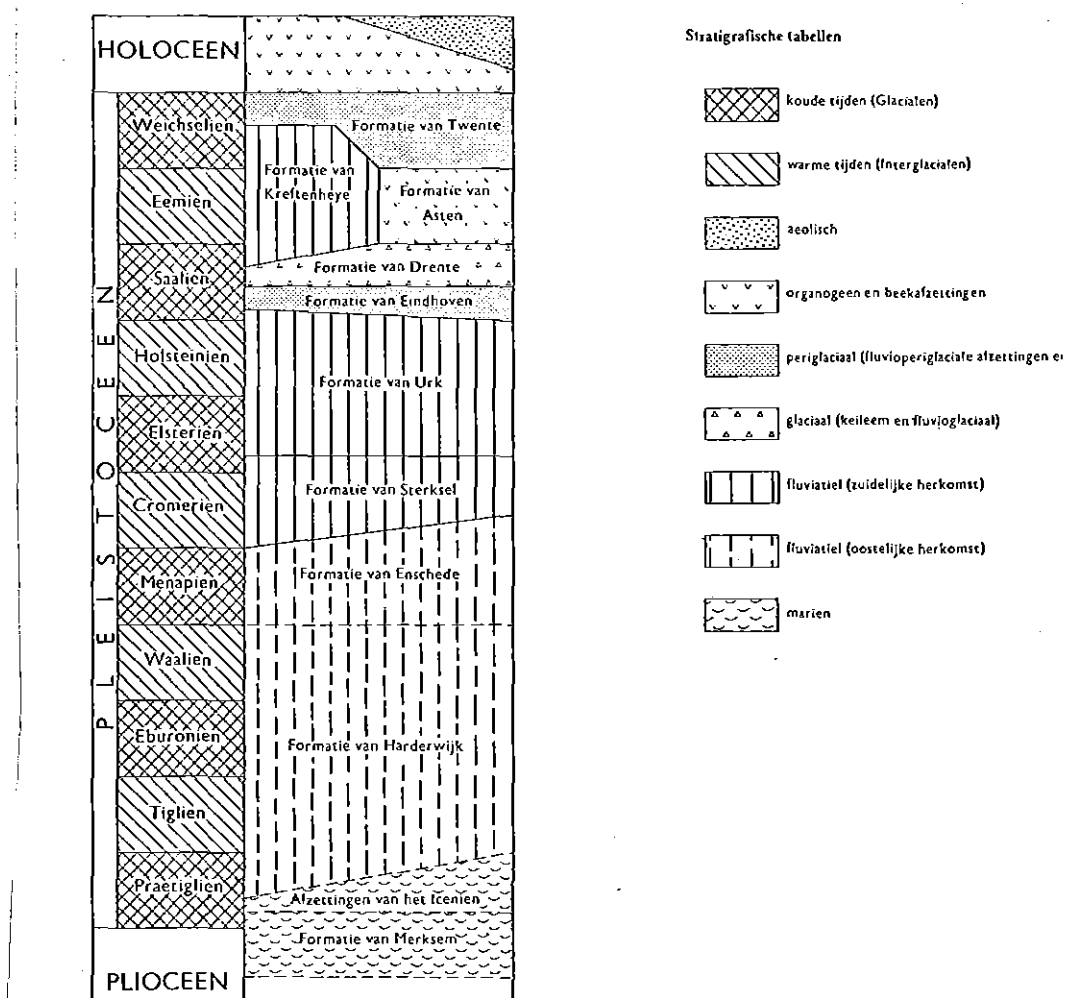


Fig. 16. Indeling van het Pleistoceen (naar RGD, 1966)

Werden in de eerste decennia van deze eeuw - zoals gemeld - alleen verschijnselen nabij de oppervlakte bestudeerd, waardoor slechts de gegevens van de laatste twee ijstijden beschikbaar waren, de verbeterde boortechnieken en verfijnde onderzoeksmethoden van de boormonsters (zware mineralen, kleimineralen, pollen, foraminiferen enz.) maakten het mogelijk de verschijnselen in westelijk Nederland, waar veel minder materiaal door erosie verloren ging te bestuderen.

Zeer belangrijk is in deze het werk van ZAGWIJN (1974). Aan de hand van een reconstructie van het verloop van de temperatuur gedurende het Pleistoceen met behulp van de resultaten van het palynologisch onderzoek van een groot aantal boormonsters gecombineerd met dateringen (C^{14} -methode, paleomagnetisch onderzoek) kon een verfijnde indeling van het Nederlandse pleistoceen worden gegeven. Hierbij kwam naar voren dat verschillende van de oorspronkelijke vier (later zes) ijstijden weer in een aantal ijstijden moet worden opgesplitst (zie fig. 17).

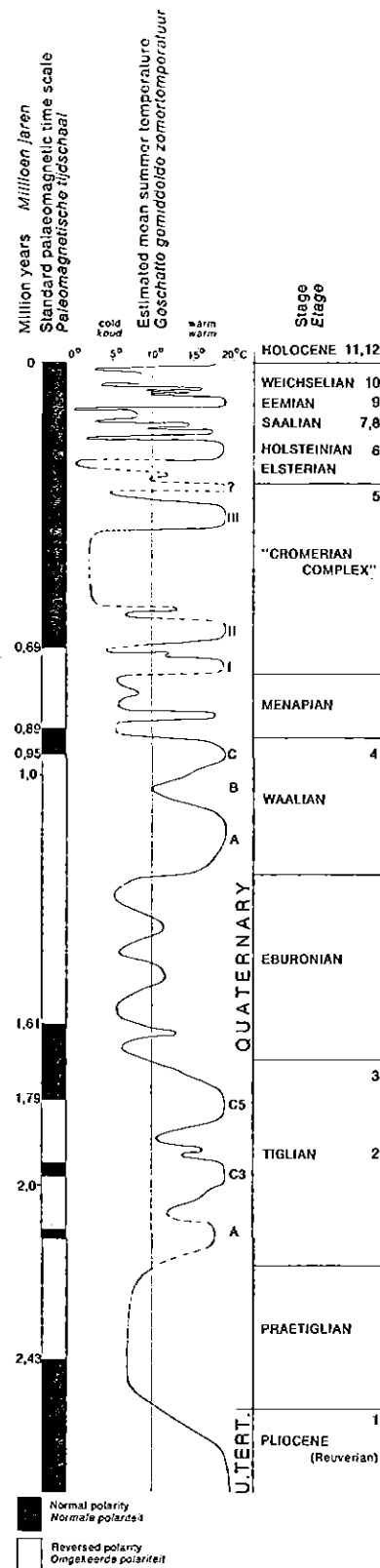


Fig. 17. De geschatte gemiddelde zomer-temperatuur in relatie met de paleomagnetische tijdschaal over het Pleistoceen volgens ZAGWIJN (1975)

Zoals boven reeds werd gesteld is het Pleistoceen gekenmerkt door een afwisseling van grove en fijne sedimenten. LORIE (1912) maakte daarom voor West-Nederland een indeling in drie laagpakketten: onderste grove - middelste fijne - en bovenste grove zone. Tijdens een glaciële periode wordt over het algemeen, als er tenminste geen ijsbedekking is, grof materiaal afgezet. De rivieren vertonen een sterk wisselend afvoerpatroon, waarbij met name in het zomerseizoen extreem hoge afvoeren plaatshebben met een groot sediment-transport. De afzettingen van dergelijke 'verwilderde rivieren' (breeding rivers) zijn ook in Nederland waargenomen (EDELMAN, 1950). Tussen twee interglacialen is de gang van zaken, buiten het met gletschers bedekte gebied, als volgt (POMPER, 1976, en publikatie in voorbereiding) (fig. 18):

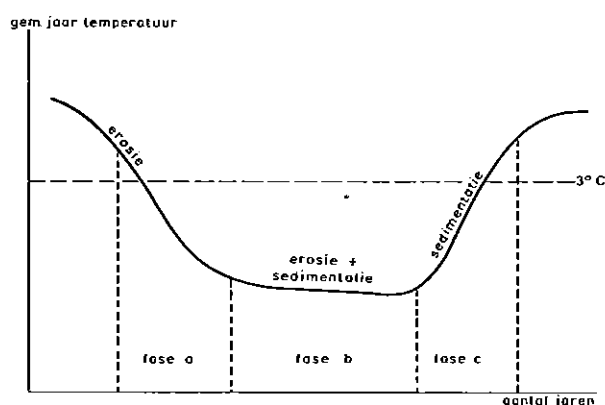


Fig. 18. Schematisch verloop van de gang van zaken rondom erosie en sedimentatie in een glaciële periode

a. het begin van de glaciatie;
 het klimaat wordt kouder;
 de zeespiegel daalt (deze daling wordt gedeeltelijk verzwakt doordat de zeebodem als gevolg van epirogenetische bodemdalingen ook daalt); de interglaciële sedimentatie wordt onderbroken en gaat over in erosie; sedimentatie bestaat vrijwel uitsluitend uit zeer grof materiaal; de recente interglaciële sedimenten worden ten dele weggeërodeerd.

b. het hoogtepunt van de glaciatie;
 er heeft gedurende een lange periode een vrij constant klimaat en een constante - lage zeespiegel; de in het begin van de glaciële periode ingezette erosie komt tot een evenwichtssituatie terwijl de - grove - sedimentatie toeneemt; in de laagten heeft de afvoer van smeltwater plaats met op grote schaal voorkomen van 'verwilderde' rivieren.

c. de eindfase van de glaciatie; de zeespiegel stijgt weer; de dalen worden opgevuld met grof sediment; door de stijgende grondwaterstand, gepaard gaande met een slechte natuurlijke ontwatering ontstaan talloze moerassen en poeltjes, waar op uitgebreide schaal veenvorming plaats heeft; deze veenvorming (zogenaamd basisveen) vormt de voorbode van de hernieuwde interglaciale fijnkorreligere sedimentatie.

Doordat ondertussen de epirogenetische bodemdaling voortgegaan is ligt het niveau tijdens fase a. uiteindelijk diep onder dat van fase c.

In de ondergrond is het oppervlak, dat in fase b. langdurig bestond, vaak nog herkenbaar, hoewel niet van alle glaciale perioden. In Middenwest Nederland zijn tot op heden slechts drie van dergelijke niveaus waargenomen, namelijk één uit het Elsterien (eindfase a.), Drentien (begin fase c) en Weichselien (begin fase c). Bovendien werd de bovenkant van de sedimenten van de Formatie van Maassluis beschreven door VAN MONTFRANS (1975), welk niveau door POMPER (in voorbereiding) wordt beschouwd als een erosie-niveau, waarvan de ouderdom echter nog niet is vast te stellen. Mogelijk is hier sprake van een niveau met een datering op een periode die door Zagwijn, Tiglien-A wordt genoemd.

b. D e F o r m a t i e v a n M a a s s l u i s

Na het einde van het Tertiair werd de eerste pleistocene laagserie opgebouwd: De Formatie van Maassluis. Het betreft een pakket lagen bestaande uit fijne zanden afgewisseld met kleilagen. Lange tijd zijn deze sedimenten een punt van discussie geweest. Aanvankelijk was het pakket dat thans geheel onder de Formatie van Maassluis valt verdeeld in twee formaties namelijk het Amstelien en het Icenien. Voor 1948 (geologisch congres van Londen) werd het Amstelien tot het Tertiair gerekend.

FABER (1947) beschrijft de sedimenten van het Icenien als volgt: 'Geleidelijk ging het Tertiair in het volgende tijdvak over. De zee welke ons land in het Amstelien (toen dus nog tot het Tertiair gerekend) gedeeltelijk bedekte trok zich maar langzaam terug. In

westelijk Nederland komen daardoor nog dikke lagen mariene zandafzettingen voor, in de regel fijnkorrelig en kleiïg, echter ook wel eens iets grover en dan rolsteentjes van Rijn- en Maasgesteente bevattend, waardoor werd aangetoond dat de riviermonden niet ver af waren, ofwel dat geringe oscillaties de afzettingen beurtelings boven en onder de zeespiegel brachten (Icénien). Naar boven toe beginnen echter langzamerhand zeeschelpen te ontbreken en gaat de facies van fluvio-marien in fluviatiel over'.

ZONNEVELD (1958) meldt: 'met de naam Icénien duidt men in Nederland de groep mariene, oud kwartaire sedimenten aan, die jonger zijn dan het Amsteliën. Nu is gebleken dat gedurende het vroeg Pleistoceen de zee min of meer geleidelijk terugtrok, waardoor grens tussen mariene en continentale facies in de oudpleistocene pakketten geleidelijk aan naar het noordwesten verschoof. Het gevolg is dat de bovengrens van de mariene afzettingen in Nederland niet samenvalt met een tijdsgrens. De met de term 'Icénien' aangeduide afzettingen moeten daarom niet beschouwd worden als een chronostratigrafische maar als een lithografische eenheid'.

VAN MONTFRANS (1975) meldt 'Deze formatie bestaat uit grove en fijne schelphoudende zanden met ingeschakelde, meestal zandige, kleilagen of klei-lenzen en voor de bovenzijde is dan ook het eerste, bovenste, optreden van mariene schelpen of schelpgruis genomen. Soms is er overigens ook een lithologische overgang bij de bovenzijde van de Formatie van Maassluis, zoals in Brabant. Hier bevat deze formatie bovenin vrij veel grove zanden'. 'In het Midden en Noordwesten van het land is de situatie anders: de Formatie van Maassluis is hier zeer fijnzandig-kleiïg ontwikkeld, omdat de afzetting iets minder dicht bij de kust plaats vond.'

DOPPERT et al (1975) meldt over de Formatie van Maassluis: 'Een mariene lithostratigrafische eenheid, bestaande uit grove en fijne, schelphoudende zanden met ingeschakelde, meestal zandige kleilagen of kleilenzen.'

Fig. 19 geeft een kaartje van Noord-Holland met daarop aangegeven de diepteligging van de bovenkant van de Formatie van Maassluis welke is overgenomen van VAN MONTFRANS (1975). Deze contourlijnen-

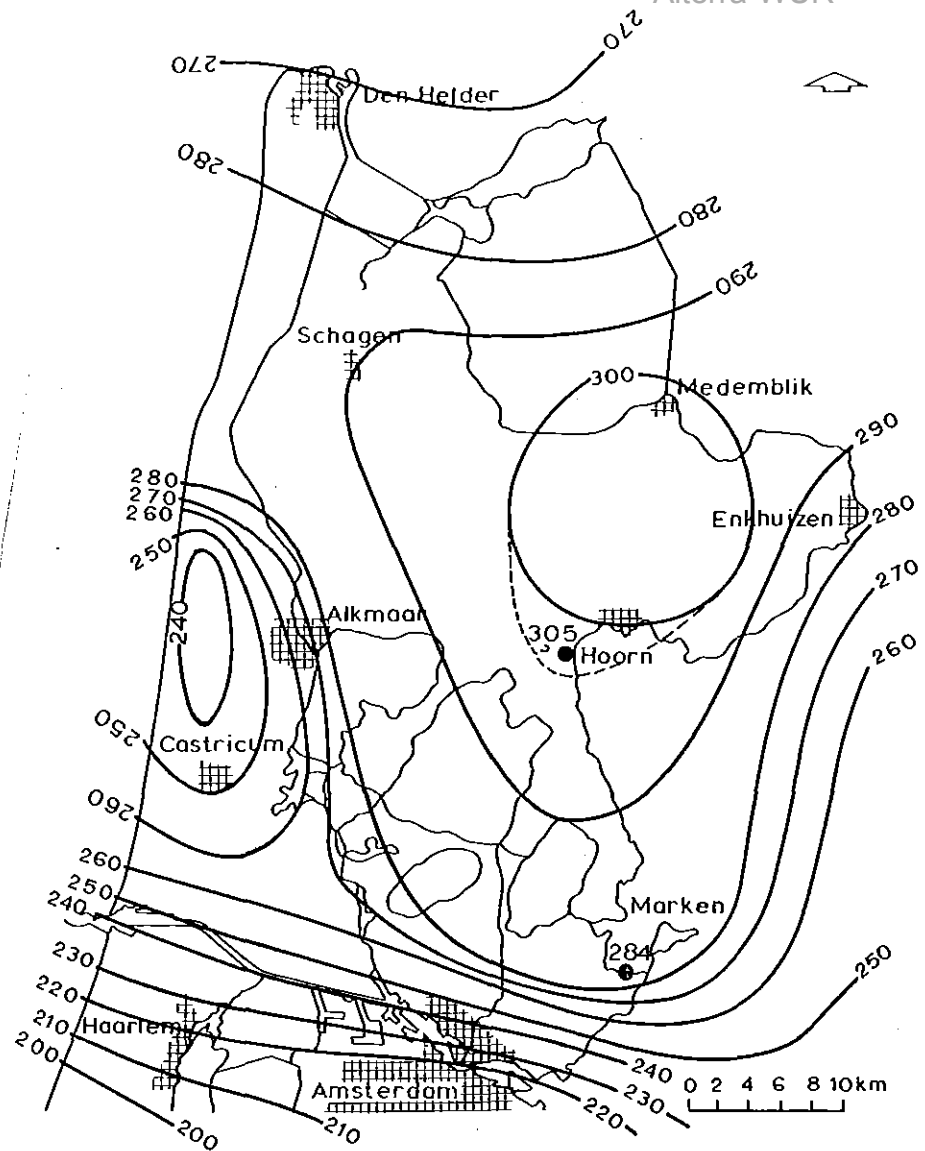


Fig. 19. Bovenkant van de sedimenten uit de Formatie van Maassluis (Icénien) in meters-NAP (overgenomen van VAN MONTFRANS, 1975)

kaart is samengesteld om de tectonische bewegingen sedert het Vroeg-Pleistoceen te illustreren. De oorspronkelijke versie, waarvan het kaartje van fig. 19 is overgenomen beslaat geheel Nederland. Het aangegeven relief is - uitgaande van de veronderstelling dat het vlak van de bovenkant van de Icénien-sedimenten oorspronkelijk zonder relief was - een maat voor de intensiteit van de epirogenetische bodembewegingen die hebben plaatsgehad sedert het ontstaan van het Icénien-oppervlak. Op basis hiervan kan dus worden vastgesteld dat het gebied rondom Bergen in een geringere mate is gedaald dan het gebied tussen Hoorn

Medemblik. Het onderhavige kaartje is samengesteld met behulp van seismische metingen. In tegenstelling met andere delen van Nederland worden in Noord-Holland geen breukstructuren waargenomen.

Vergelijking van de hier gegeven diepten met die welke door JELGERSMA en BREEUWER (1975) worden gegeven in een drietal profielen - waarvan het noordelijkste over Noord-Holland loopt - geven kleine verschillen aan. Dit is onder andere te zien aan de diepte waarop het oppervlak van de Formatie van Maassluis is aangetroffen in twee boringen namelijk één bij Hoorn (19E-85) en één bij Bergen (NH) (19A-21). Bij Hoorn is een discrepantie van ongeveer 10 meter gevonden tussen de twee kaarten en bij Bergen ongeveer 30 meter. Hoe dit in relatie staat met de werkelijkheid is een open vraag. Zoals te zien is op fig. 19 ligt het oppervlak van de Formatie van Maassluis het diepste tussen Medemblik en Hoorn (meer dan 300 meter -NAP). Het is het diepste punt van een flauw dalend bekken dat wordt begrensd door de lijn van 280 meter -NAP. Naar het zuiden is een steile stijging te zien naar geringere diepten. Ter hoogte van de zuidpunt van de Haarlemmermeer (wat dus buiten het gebied van fig. 19 valt) wordt de lijn van 140 meter -NAP bereikt, waarna het vlak zuidwaarts weer veel minder sterk stijgt.

De verhoging rondom Bergen zou volgens VAN MONTFRANS (1975) het gevolg zijn van verschillen in de snelheid waarmee de bodemdaling heeft plaatsgehad. Het feit echter, dat deze niveauverschillen in de kaart van het oppervlak van het Tertiair (fig. 14) niet zijn terug te vinden, maakt deze verklaring onwaarschijnlijk. Veeleer zou gedacht moeten worden aan erosie-verschillen. Het antwoord op dit probleem valt echter buiten het bestek van dit schrijven.

Met behulp van figuur 14 (Top Tertiair) en figuur 19 (Top Maassluis) is een diktekaart van de sedimenten van de Formatie van Maassluis samengesteld (fig. 20). Door het geringere relief van het ondervlak van deze sedimenten dan die van het bovenvlak komt vooral het relief van het bovenvlak sterk naar voren. Hierdoor geeft het gebied ten noordwesten van Hoorn de geringste dikte te zien terwijl deze waarde in alle richtingen toeneemt. Het sterkst is dat het geval in zuidelijke richting, waar binnen het gebied van dit kaartje reeds dikten van 390 meter zijn waargenomen. Ook de hoogte rondom Bergen is in dit kaartje te herkennen.

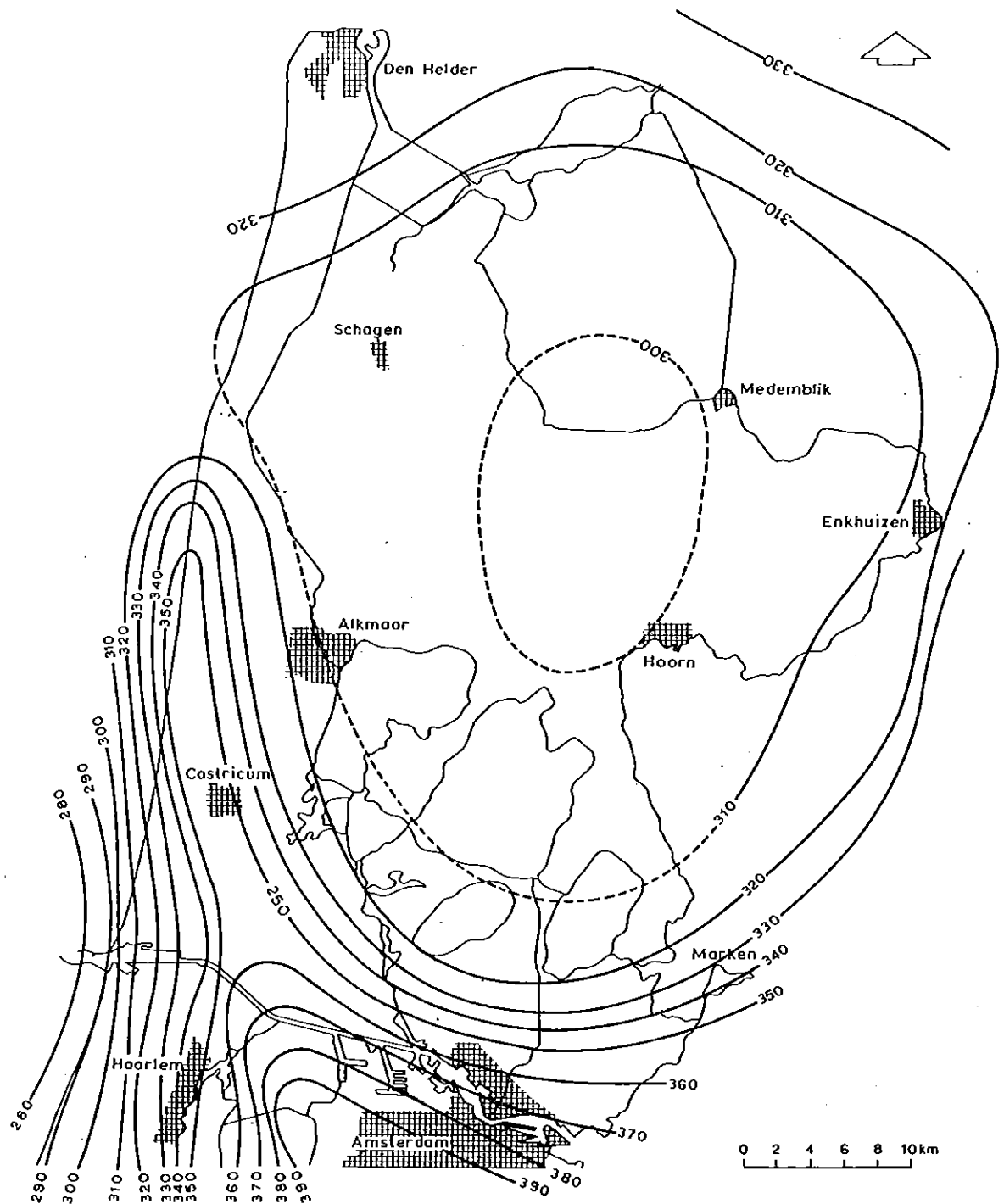


Fig. 20. De dikte van de sedimenten van de Formatie van Maassluis (Icénien) afgeleid van de waarden welke zijn vermeld in de fig. 15 en 19

Hydrologisch is niet alleen de dikte van het pakket van belang maar vooral ook de horizontale doorlaat-faktor (k). De waarde van deze faktor kan op verschillende manieren worden vastgesteld:

- door metingen aan ongestoorde monsters;
- met behulp van pompproeven;
- door schattingen aan monsters van pulsboringen;
- door schattingen aan beschrijvingen van grondboringen.

Met betrekking tot de Formatie van Maassluis stond alleen het laatste ter beschikking. Helaas moet ook ten aanzien hiervan de nodige terughoudendheid worden betracht: er zijn maar twee boringen die tot in de Formatie van Maassluis reiken namelijk 19A-21 (Bergen) en 19E-85 (Hoorn). Bij geen van beide boringen is het ondervlak bereikt, zodat naar de totale opbouw ter plaatse alleen maar kan worden gegist.

Uit boringen buiten het bestudeerde gebied is naar voren gekomen dat de opbouw van de Icéniën-sedimenten over de gehele dikte weinig variaties te zien geeft. Bovendien komt naar voren dat bij beschouwing van de boormonsters over geheel Nederland de Formatie van Maassluis vrij uniform naar voren komt.

Het bovenstaande in beschouwing nemend werd besloten bij het vaststellen van de meest waarschijnlijke waarde voor de doorlaatfaktor niet alleen de twee bovengenoemde boringen in Noord-Holland te betrekken maar ook enkele die buiten het gebied zijn gelegen en die voor eerdere onderzoeken uit het RID-RGD-archief zijn overgenomen.

Het resultaat van de beschouwingen van enkele boringen is in tabel 1 weergegeven.

Bij beschouwing van deze tabel blijkt dat de gemiddelde waarden voor de doorlaatfaktor (k -waarde) betrekkelijk laag is wat gezien de aard van het sediment niet verbazingwekkend is. Ook de spreiding is niet erg groot, als tenminste de boring 37B-25 buiten beschouwing wordt gelaten. Bij weglating van deze boring bedraagt de gemiddelde waarde over de andere 8 boringen 11.6 meter per dag. Gezien het aantal monsters dat bij de berekeningen is betrokken mogen de gegeven waarden als redelijk representatief voor de betrokken plaats worden aangemerkt.

Tabel 1. De geschatte gemiddelde horizontale doorlaatfaktor (k-waarde) van het in boringen in westelijk Nederland waargenomen pakket van sedimenten uit de Formatie van Maassluis (Icénien). De schatting is uitgevoerd met behulp van boorbeschrijvingen

Boringnummer (RID-RGD-code)	Dikte van het sediment-pakket in meters		Aantal monsters	Gemiddelde k-waarde in meters per dag
	totale dikte	aangeboorde dikte		
19A-21	140 (320)	77	18	11
19E-85	200 (300)	49	47	14
30G-34	150	66	39	17,2
30G-36	160	76	45	6,2
30G-41	180	54	36	9,9
31C-2	165	165	33	5,8
37B-172 (H37)	58	?	29	10,4
37B-25	14	14	7	1,0
38B-26	150	41	13	17,4

Bij de totale dikte voor de boringen 19A-21 en 19E-85 is tussen haakjes een tweede waarde vermeld. Het is de waarde die van fig.20 is afgelezen. Zoals te zien is is er een groot verschil tussen beide waarden. De oorzaak ligt in het feit dat er een groot verschil is tussen de diepte van de ligging van het tertiaire oppervlak zoals afgebeeld op de profielen van JELGERSMA en BREEUWER (1975) (waarvan de eerst vermelde waarde is overgenomen) en die welke wordt gegeven door LETSCH en KEIZER (1963) waarop de diktekaart is gebaseerd (getal tussen haken). Wat hier verder mee moet is sterk de vraag.*

*VAN VOORTHUYSEN, TOERING EN ZAGWIJN (1972) melden aan de hand van micro-paleontologisch onderzoek van een aantal boringen dat de diepte van de grens tussen Tertiair en Kwartair in het noordwestelijk deel van Nederland niet op een diepte van 600 meter voorkomt maar slechts op 400 meter

Voorlopig wordt fig. 20 als juist beschouwd. Dit betekent dat als een gemiddelde k-waarde een bedrag van 10 meter per dag wordt genomen over geheel Noord-Holland benoorden het IJ een kD-waarde voor het sedimentpakket van de Formatie van Maassluis (Icénien) van 3000-4000 m²/dag geldt en ook als de dikte van het pakket de helft is van de waarde die op fig. 20 is afgebeeld (wat meer in overeenkomst is met de waarden die door JELGERSMA en BREEUWER (1975) wordt gegeven) dan moet rekening gehouden worden met waarden variërend tussen 1500 en 2000 m²/dag. Dit alles in beschouwing nemend moet worden vastgesteld dat op basis van de beschikbare gegevens de sedimenten uit de Formatie van Maassluis (Icénien) bepaald geen afsluitende laag vormen - zoals in het verleden wel eens is aangenomen - maar veeleer deel uitmaakt van het pakket in de ondergrond waar de grondwaterstroming plaats heeft, òf als afzonderlijk watervoerend pakket òf als onderdeel van een groter watervoerend pakket.

Conclusies:

- De Formatie van Maassluis (Icénien) in Noord-Holland omvat voornamelijk mariene of fluvio-mariene fijnzandige afzettingen met ingeschakelde kleilagen en -laagjes.
- De dikte van het pakket bedraagt zeer waarschijnlijk enkele honderden meters, hoewel tegenstrijdigheden in de literatuur enige twijfel teweeg brengen. In ieder geval bedraagt de dikte nergens minder dan 150 meter.
- Hoewel de geschatte doorlaatfaktor van de sedimenten van de Formatie van Maassluis (Icénien) slechts een waarde van circa 10 meter per dag bedraagt, moet in verband met de grote dikte rekening gehouden worden met een aanzienlijk doorlaatvermogen (kD-waarde).

c. D e F o r m a t i e v a n T e g e l e n

Deze formatie is genoemd naar een klei-afzetting, die reeds sedert de oudheid in exploitatie is als grondstof voor de potten- en pannenbakkerij. Aan dit laatste dankt de in de nabijheid van de groeve gelegen plaats haar naam.

Jarenlang is de stratigrafische plaats van deze klei een punt van discussie geweest, totdat FLORSCHÜTZ en VAN SOMEREN (1948) aan de hand van micro-botanisch onderzoek (onder anderen palynologisch onderzoek (pollen-analyse) een definitief uitsluitsel gaven. Vastgesteld werd dat - in tegenstelling met de klei van Reuver - de Tegelenklei tot het Oud-Pleistoceen moet worden gerekend. Verscheidene planten, die aan de flora van Reuver haar typische karakter geven zijn bij Tegelen niet gevonden (VAN DER VLERK en FLORSCHÜTZ, 1950). Een belangrijk hulpmiddel bleek het voorkomen van verschillende soorten van het watervarentje *Azolla* - een plant die niet meer inheems in Nederland voorkomt - en waarvan de soort *Azolla tegeliensis* kenmerkend is voor de klei van Tegelen (zie fig. 21 en tabel 2).

Tabel 2. Recent en fossiel voorkomende soorten van *Azolla* (overgenomen uit VAN DER VLERK en FLORSCHÜTZ (1950))

Soort	„Drijvers“	Glo-chi-diën		
<i>Azolla caroliniana</i> Willd.	3	+	Recent	Noord-, Midden- en Zuid-Amerika.
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	3	+	Recent	Californië, Midden- en Zuid-Amerika.
<i>Azolla filiculoides</i> Lam. var. <i>rubra</i>	3	+	Recent	Australië.
<i>Azolla nilotica</i> Desne	9	—	Recent	Oost-Afrika.
<i>Azolla pinnata</i> R.Br.	9	—	Recent	Zuid- en Oost-Azië, Zuid-, Oost- en West-Afrika en Australië.
<i>Azolla filiculoides</i> Lam. <i>foss.</i>	3	+	Needien	Nederland, Duitsland en Rusland.
<i>Azolla tegeliensis</i> Florsch.	9	?	Taxandrien en Tiglien	Nederland.
<i>Azolla cf. pinnata</i> R.Br.	9	?	Boven-Pliocene of Onder-Pleisto-ceen	Rusland.
<i>Azolla tertiaria</i> Berry	?	?	Mioceen	Noord-Amerika.
<i>Azolla prisca</i> Reid et Chandler	9	+	Oligoceen	Engeland.
<i>Azolla berry</i> R. W. Brown	?	?	Midden-Eoceen	Noord-Amerika.
<i>Azolla intertrappea</i> Sahni et Rao	3	+	Eoceen	India.
<i>Azolla teschiana</i> Florsch.	24	+	Palaeoceen	Nederland.

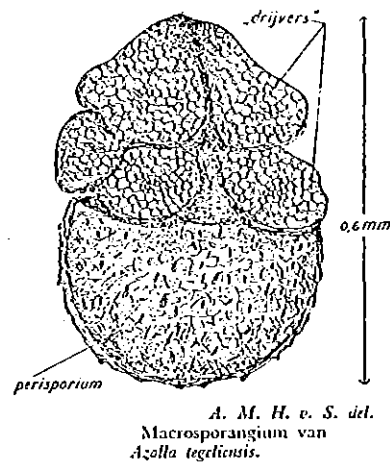


Fig. 21. Uit van der VLERK en FLORSCHÜTZ (1950)

(Icénien) nog niet zo duidelijk is als door JELGERSMA en BREEUWER (1975) wordt weergegeven in het profiel door Noord-Holland. DOPPERT et al (1975) zegt hierover: 'Zoals besproken wordt bij de Formatie van Harderwijk, gaat het bovenste deel van de Formatie van Tegelen in Midden-Nederland zijdelings over in het onderste deel van de Formatie van Harderwijk. Globaal vindt deze overgang plaats in het gebied van Zandvoort via Amsterdam en Harderwijk naar Zwolle. In het overgangsgebied komen afwisselingen voor van typische witte zanden van oostelijke herkomst en kleilagen van de habitus van de klei van Tegelen.'

De Formatie van Tegelen is ten dele de continentale tegenhanger van het mariene Icénien. Het laagpakket omvat behalve de bovengenoemde Tegelenklei (bestaande uit klei met ingeschakelde fijne zandlagen) met daaronder 'een pakket, overwegend bestaande uit grof zand, dat vooral in zuidoostelijk Nederland vrij veel tot veel grind bevat' DOPPERT et al (1975).

De verbreiding van deze formatie is weergegeven in fig. 22. Uit de fig. blijkt, dat het verband tussen de Tegelenklei en de in boring 19E-85 aangetroffen kleilaag op de sedimenten van de Formatie van Maassluis

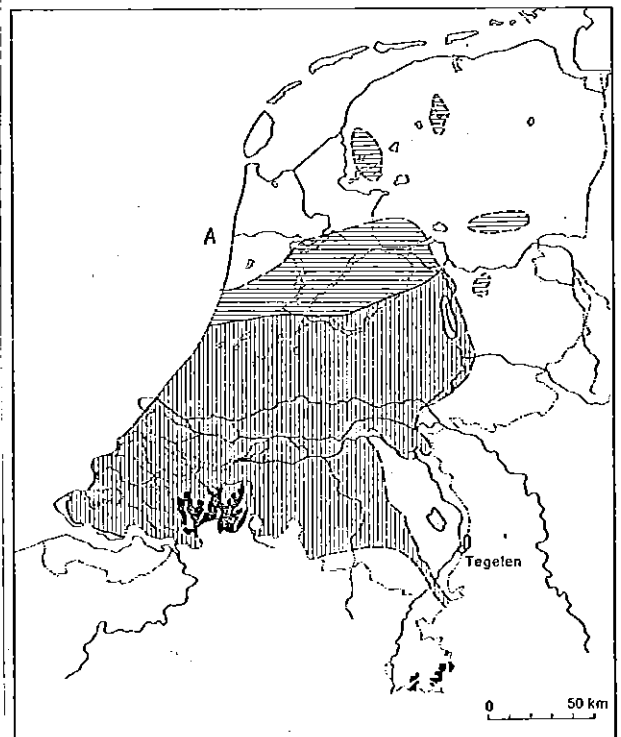


Fig. 22. Uit DOPPERT et al (1975)

Ten noorden van genoemd overgangsgebied komen aan de basis van, of ingeschakeld in, de Formatie van Harderwijk kleilagen voor die soms een vrij grote dikte bezitten en die eveneens de habitus (en de ouderdom) hebben van de klei van Tegelen. In het zuidelijke IJsselmeer-gebied kan de kleilaag, die gelegen is op de Formatie van Maassluis en onder de Formatie van Harderwijk, met reden als klei van Tegelen worden beschouwd.'

Uit dit citaat blijkt dat ten aanzien van Noord-Holland de tekst van DOPPERT et al (1975) minder aarzelend is dan de figuur uit dezelfde publikatie (fig. 22).

Zeker is dat het Grind van Tegelen in het onderhavige gebied niet voorkomt. Zeker is ook dat de kleilaag die in boring 19E-85 voorkomt deel uitmaakt van een pakket dat weinig noordelijker niet meer voorkomt. Alleen in het zuidelijke deel van Noord-Holland moet met de aanwezigheid van de laag rekening gehouden worden. Of nu sprake is van Tegelen-klei of Harderwijk-klei heeft overigens geen hydrologische waarde.

d. D e F o r m a t i e v a n H a r d e r w i j k

Op de sedimenten van de Formatie van Maassluis (Icénien) of de hierboven beschreven kleilaag liggen de sedimenten van de Formatie van Harderwijk, ZONNEVELD (1958) meldt: 'In het Noorden - om de gedachten te bepalen ten noorden van de lijn Amsterdam-Nijmegen - bevinden zich boven het mariene Icénien dikke laagpakketten van fijne en grove kwartsrijke zanden'. Uit allerlei dateringen blijkt dat de ouderdom van het pakket gesteld moet worden aan Oud-Pleistoceen (Tiglien). Deze datering stuitte op het probleem dat het aantal pollen-houdende lagen slechts gering is. Doordat het een continentaal pakket betreft is van foraminiferen-onderzoek geen sprake.

Wel kon de herkomst van de onderhavige sedimenten worden vastgesteld aan de hand van onderzoek van de zware mineralen en het grind. Ten aanzien van het laatste meldt ZONNEVELD (1958) dat de fraktie van 3-5 mm een bijzonder hoog kwartsgehalte blijkt te bevatten (meer dan 95%).

DOPPERT et al (1975) beschrijft de Formatie van Harderwijk als

'Een eenheid, overwegend bestaande uit grijswitte, grove zanden, die zeer fijn grind bevatten. De eenheid is in Midden-Nederland aan de onderkant begrensd door doorlopende kleilagen; verder noordwaarts zijn deze kleilagen beperkt tot enkele kleinere voorkomens en begrenzen zij niet de formatie aan de onderkant. Genoemde kleilagen kunnen als het equivalent van de klei van Tegelen worden beschouwd. Een aantal meters boven deze kleilagen is in Midden-Nederland niet zelden een laagje met verkoolde hout- en veenresten in de witte zanden ingeschakeld.

In gebieden, waar de kleilagen aan de onderkant van de formatie ontbreken, gaan de witte zanden door tot de bovenkant van de onderliggende afzettingen van de Formatie van Maassluis.'

Hoewel de Formatie van Harderwijk tot dusverre slechts op een gering aantal plaatsen is aangeboord kan met redelijke zekerheid wordt vastgesteld dat de dikte van de sedimenten van deze formatie aanzienlijk is. Fig. 23 geeft de punten waar de formatie tot voor kort in boringen werd aangetroffen. Het betreft slechts negen punten. In de komende tijd wordt aan dit aantal nog een groot aantal nieuwe boringen toegevoegd, zodat over enkele jaren met meer zekerheid de diepteligging van de bovenkant van de Formatie van Harderwijk kan worden gegeven.

Uit de beschikbare gegevens blijkt dat het bovenvlak van de Formatie van Harderwijk slechts geringe hoogteverschillen te zien geeft. Op basis van deze gegevens kan worden vastgesteld dat dit vlak op een diepte van circa 100 meter wordt aangetroffen. Vergelijkt men dit gegeven met de diepteligging van de bovenkant van de Formatie van Maassluis (fig. 19) dan komt men tot de conclusie dat de Formatie van Harderwijk in het zuidelijk deel van het studiegebied een dikte heeft van 100 tot 200 meter.

De bovengrens van de Formatie van Harderwijk wordt meestal niet gekenmerkt door een opzienbarende verandering in de aard van het sediment, althans niet zodanig dat de grens in de veelal globale boorbeschrijvingen duidelijk naar voren komt.

Alvorens een poging te doen uit het beschikbare materiaal een voor de hydrologie bruikbaar gegeven te verkrijgen wordt eerst een beschrijving gegeven van de formaties die op de Formatie van Harderwijk

voorkomen en die wellicht met deze één watervoerende laag vormen.

e. De Formatie van Enschedé en Sterksel

Vele boringen geven boven de Formatie van Harderwijk sediment uit de Formatie van Enschedé. DOPPERT et al (1975) geeft van deze formatie de volgende karakteristiek: 'Een eenheid, bestaande uit grijs-witte, overwegend grove grindhoudende zanden. De onderkant is niet zelden gemarkeerd door een dunne zwak zandige kleilaag; voorts komen incidenteel, vooral onderin en bovenin de formatie, laagpakketten voor van fijne, kleiïge zanden en zeer fijnzandige klei. In het onderste deel van de formatie bevinden zich op verschillende niveaus verspreid,

doorlopende lagen met grof grind en stenen tot blok-grootte (Hattemlagen).

Op talloze plaatsen in Noord-Holland wordt op de Formatie van Enschedé sediment uit de Formatie van Sterksel aangetroffen. In één boorbeschrijving wordt de aanwezigheid van de Formatie van Kedichem vermeld (19 D-108) maar het is aannemelijk dat hier sprake is van de formatie van Sterksel.

Fig. 24 geeft een aan DOPPERT et al (1975)

ontleend kaartje met het verbreidingsgebied van de formatie in Nederland.

Uit deze figuur blijkt

dat de Formatie van Sterksel in vrijwel geheel Noord-Holland kan worden verwacht.

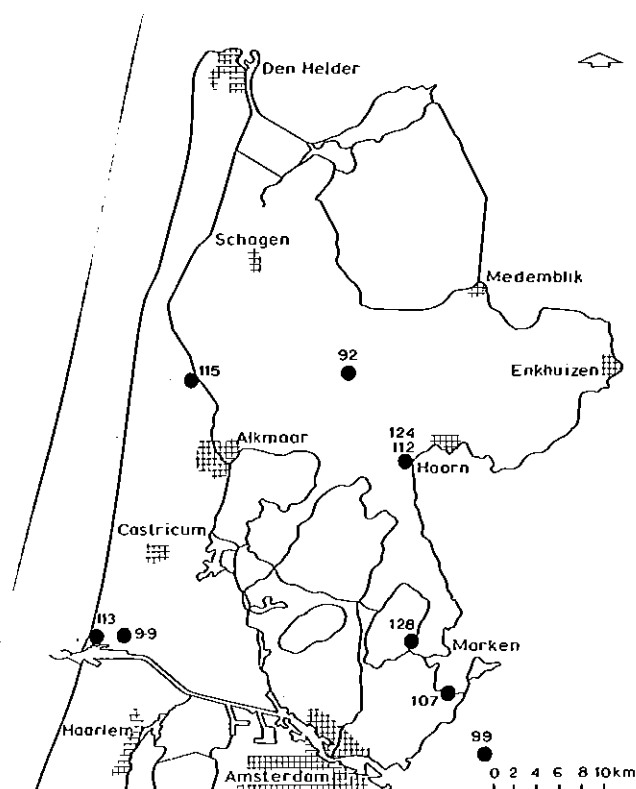


Fig. 23. Boringen waar de Formatie van Harderwijk werd aangetroffen met de diepte van het bovenvlak

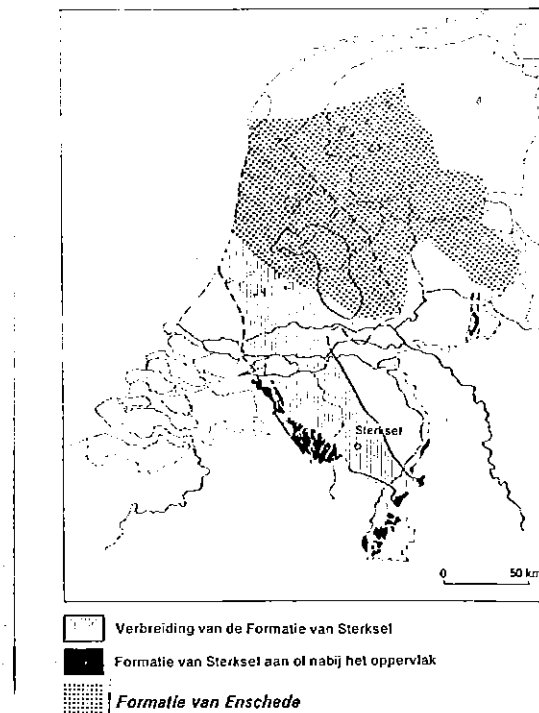


Fig. 24. Verbreiding van de Formaties van Enschedé en Sterksel volgens DOPPERT et al (1975)

DOPPERT et al (1975) geeft van de betreffende sedimenten de volgende beschrijving: 'Een eenheid, overwegend bestaande uit grove, grindhoudende zanden, soms uit grinden (Zuid-Limburg). Kleilenzen komen slechts zeer plaatselijk voor.' Eén van dergelijke kleilenzen wordt beschreven door ZAGWIJN en ZONNEVELD (1956) welke wordt aangetroffen in de omgeving van het Brabantse plaatsje Westerhoven. De hierin ontgonnen klei blijkt een lensvormige structuur te zijn, midden in de

Formatie van Sterksel met een ouderdom van 'Cromerien'.

De sedimenten van de Formatie van Sterksel zijn aangevoerd door de Rijn en de Maas en onderscheiden zich mineralogisch heel duidelijk met die van de vorige formatie: de Formatie van Enschedé, die van oostelijke herkomst is.

Uit fig. 24 blijkt dat Noord-Holland in het overlappende deel van de afzettingsgebieden van de Formaties van Enschedé en Sterksel ligt. Het is derhalve te verwachten dat in vele boringen sediment uit beide formaties voorkomt. Fig. 25 geeft de boorkolommen, zware mineralen analyses en de stratigrafie van de boringen 14E-64 en 19B-46, ontleend aan ZONNEVELD (1956). Te zien is dat de sedimenten uit de Formatie van Sterksel boven die van Enschedé worden aangetroffen. Hoewel beide formaties in dezelfde tijd zijn afgezet, begon de sedimentatie-periode van Enschedé iets eerder dan die van Sterksel. Het is duidelijk dat juist in de beginfase van de Formatie van Enschedé Noord-Holland tot het sedimentatiegebied van deze formatie behoorde. Allengs verlegde dit gebied zich naar het noordoosten en kon de inmiddels begonnen sedimentatie van Sterksel tot Noord-Holland doordringen.

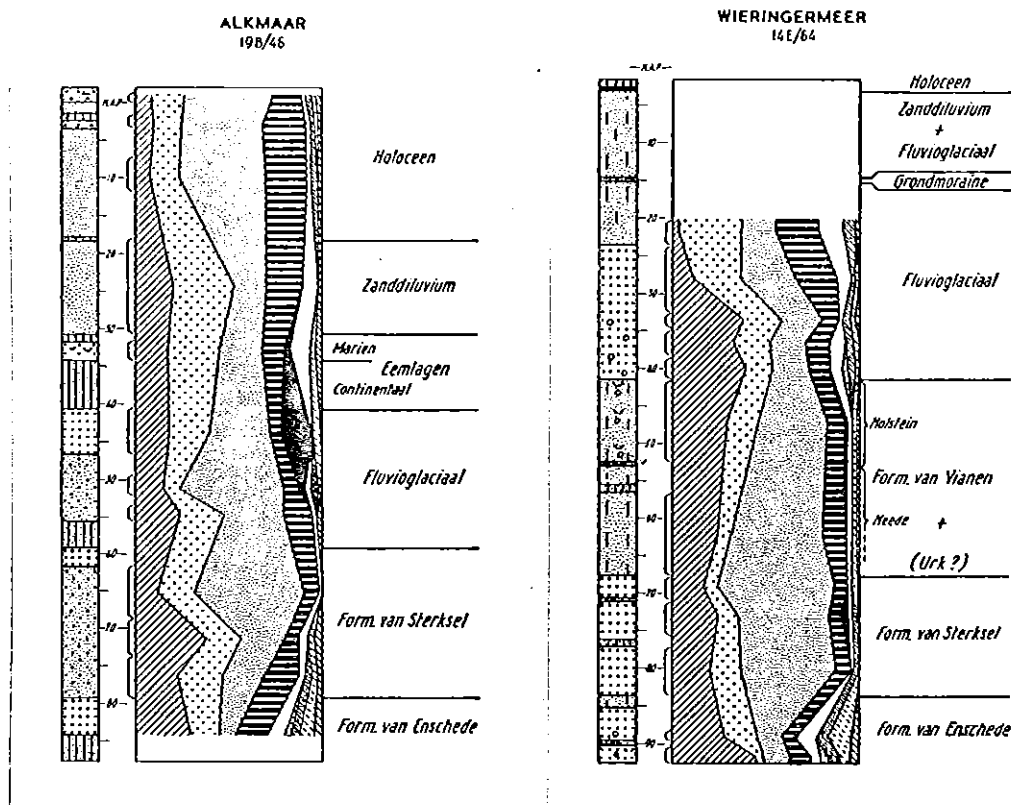


Fig. 25. De boringen Wieringermeer en Alkmaar uit ZONNEVELD (1956)

f. D e F o r m a t i e v a n U r k

De laatste formatie die in het kader van deze studie wordt behandeld is de Formatie van Urk. Het betreft een sediment-pakket dat kort voor het begin van de Saalien-ijstijd in het beneden-stroomse gebied van de Nederduitse laagvlakte is afgezet, en dat vooral in voormalige stroomgeulen in een dik laagpakket kan voorkomen. Het sediment is gekenmerkt door het voorkomen van een groot gehalte aan vulkanische mineralen in de fraktie van de zware mineralen. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in de aanwezigheid van actief vulkanisme in het Leisteen-gebergte. Het betreft 'een eenheid bestaande uit grove zanden, soms met grind. Soms komen fijnzandige trajecten voor en op een bepaald niveau ook dikke klei- en veenlagen.' (DOPPERT, 1975). Zijn de sedimenten van de Formatie van Urk in de oostelijke helft van Nederland vaak eenvoudig aan de

samenstelling van de zware mineralen fraktie te herkennen, in het westen is dat vaak veel moeilijker, zodat bijvoorbeeld sedimentpakketten die in het verleden globaal als 'Fluvioglaciaal' werden aangeduid thans ten dele tot de Formatie van Urk worden gerekend. Verwarrend is ook dat, met name in het noorden van het land onder in de sedimenten van de Formatie van Urk, mariene schelpen voorkomen, terwijl de formatie over het algemeen continentale sedimenten te zien geeft.

Het feit dat de Formatie van Urk veelal als dalopvulling voorkomt heeft ten gevolge dat het sedimentatiegebied een nogal grillig beeld te zien geeft. Ruwweg gesproken komt de formatie uitsluitend ten noorden van de Maas voor. DOPPERT (1975) laat een groot deel van Noord-Holland buiten het sedimentatiegebied vallen maar een vraagteken duidt aan dat de zekerheid over deze stellingname niet groot is.

De door ZONNEVELD (1956) in de Wieringermeer aangetroffen Formatie van Vianen wordt thans tot de Formatie van Urk gerekend (fig. 24).

g. D e h y d r o l o g i s c h e b e t e k e n i s v a n h e t o u d - e n m i d d e n p l e i s t o c e n e f l u v i a - t i e l e p a k k e t

Het bovenstaande - blz. 25 t/m blz. 33 - overziend komt men tot de conclusie dat boven de Formatie van Maassluis tot de bovenzijde van de Formatie van Urk een aaneengesloten pakket van zandige afzettingen voorkomt, zonder aaneengesloten of zich over grote gebieden uitstrekkende kleiïge lagen. Aan de onderzijde komt eventueel een kleilaag voor 'met Tegelen karakteristieken' die in een gedeelte van het gebied een scheidende laag vormt met de Formatie van Maassluis. JELGERSMA (pers.comm.) deelt mede dat in de kleilaag onderbrekingen voorkomen, die de hydrologische weerstand plaatselijk sterk doen verkleinen. Zo bleek bij een industrie in Bussum infiltratie van afvalwater onder de Tegelenklei aanleiding te zijn tot verontreiniging van grondwater boven de klei. Ook ten aanzien van de verbreiding. Waar deze laag niet voor komt vormt het mariene en het continentale oud- en middenpleistoceen één complex van zandige afzettingen.

Evenals aan het einde van de vorige gedeelten van deze studie volgt nu nog een beschouwing over de betekenis van het beschreven pakket voor de hydrologie. Doordat hierover meer gegevens te verkrijgen zijn dan over de eerder besproken lagen zal deze beschouwing een uitvoeriger karakter hebben dan de voorgaande.

De bovenste begrenzing van het oud- en middenpleistocene zandige pakket wordt gevormd door de basis van de glaciale sedimenten uit de Formatie van Drente (die buiten de orde van deze studie valt). Aan JELGERSMA en BREEUWER (1975) werd een kaart ontleend van de diepteligging van de basis van bovengenoemde glaciale afzettingen. Het gedeelte van deze kaart dat het gebied van Noord-Holland bestrijkt wordt gegeven in fig. 26. Het betreft de basis van een pakket over het algemeen kleiïge afzettingen, hoewel ook grovere afzettingen voorkomen. Voor de eenvoud wordt echter aangenomen, dat het een aaneengesloten weerstand biedend pakket betreft, een stellingname die redelijk dicht bij de werkelijkheid ligt.

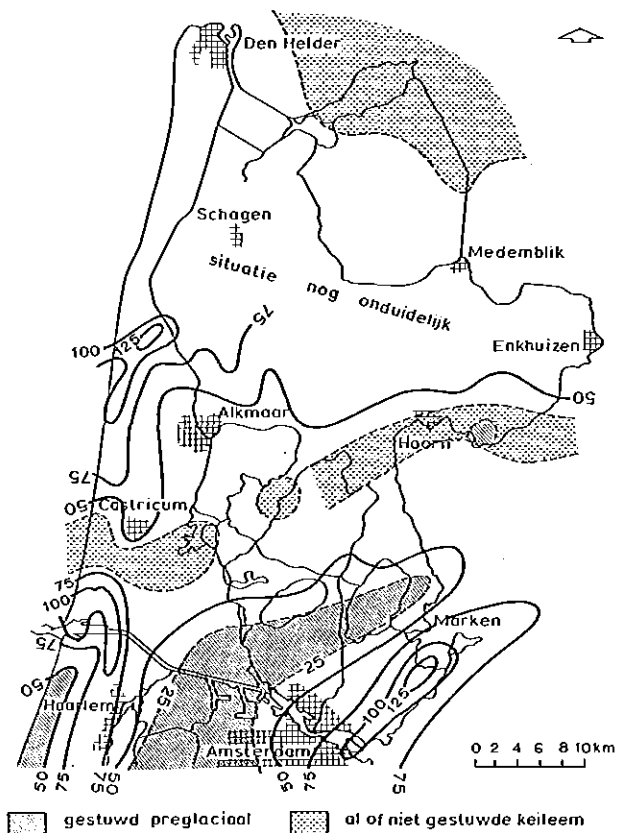


Fig. 26. Diepte van de Basis van de afzettingen uit de Formatie van Drente

Aan de hand van het beschikbare materiaal kon alleen een inzicht worden verkregen in de situatie ten zuiden van de lijn Enkhuizen-Bergen. Door de sterke glaciale stuwung van de ondergrond is een sterk in diepteligging fluctuerend vlak ontstaan.

Door deze kaart te vergelijken met die welke de bovenkant van de afzettingen van de Formatie van Maassluis geeft (fig. 19) kan een diktekaart worden samengesteld van de fluviatiele midden- en onderpleistocene sedimenten, welke is weergegeven in fig. 27. In deze kaart is behalve bovengenoemde dikte ook het gebied aangegeven waar de klei aan de basis van de Formatie van Harderwijk voorkomt.

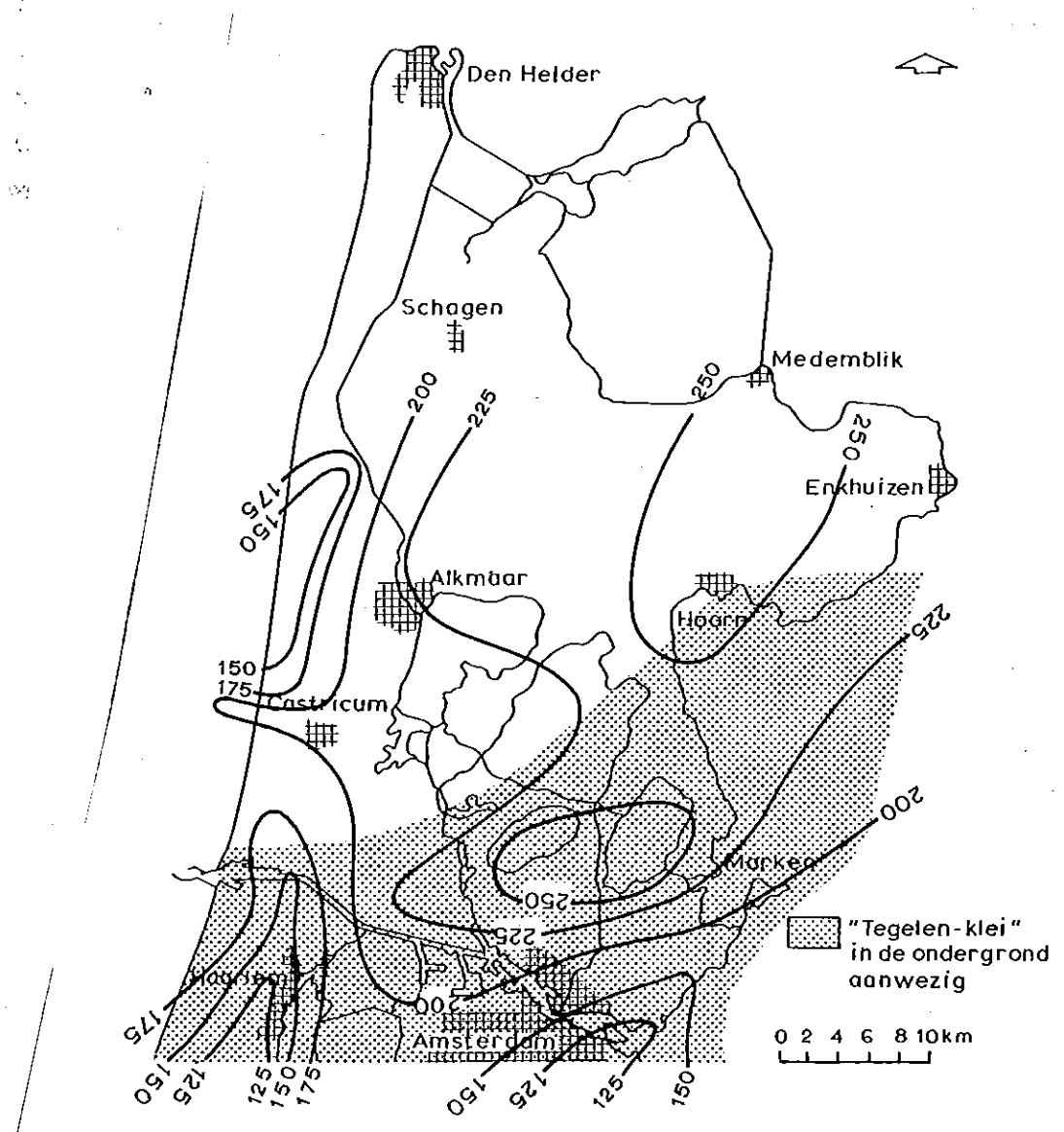


Fig. 27. Dikte van de fluviatiele midden- en oudpleistocene afzettingen

De kaart geeft te zien dat rekening moet worden gehouden met een watervoerend pakket met een aanzienlijke dikte. Nergens is een geringere dikte te verwachten dan 100 meter, terwijl in het grootste gedeelte van het gebied dikten voorkomen van meer dan 200 meter. Dit heeft tot gevolg dat aanzienlijke waarden voor het doorlaatvermogen moeten worden verwacht.

Om in het bovenstaande wat meer inzicht te verkrijgen is van een groot aantal boringen de gemiddelde waarde van de doorlaatfactor geschat aan de hand van de ter beschikking staande boorbeschrijvingen. Het traject dat in beschouwing is genomen betreft uiteraard alleen datgene dat naar grote waarschijnlijkheid de sedimenten uit de Formaties van Urk, Sterksel, Enschedé en Harderwijk omvat.

Uitsluitend die boringen die een grotere diepte hebben bereikt dan 50 meter zijn in beschouwing genomen en in die gedeelten van het gebied waar een groot aantal boringen dieper dan 100 meter voor kwamen zijn de berekeningen beperkt tot deze laatste groep boringen.

Een en ander heeft wel tot gevolg dat de hier gegeven resultaten met enige reserve moeten worden bekeken. Na een bespreking van de resultaten van deze berekeningen zal derhalve nog een beschouwing worden gegeven over de mogelijkerwijs optredende fouten buiten de aan de schattingsmethode zelf klevende fouten.

De gevolgde methodiek waarbij onafhankelijk van elkaar een kaart van de dikte van het in beschouwing genomen pakket en één van de gemiddelde waarde van de doorlaatfactor (k) heeft als voordeel dat

- andere gegevens dan tot nu toe gebruikelijk kunnen worden benut, vooral dieptecijfers van belangrijke vlakken welke zijn verkregen uit geofysisch onderzoek
- vele boringen die door de geringe bereikte einddiepte tot nog toe vrijwel onbruikbaar waren, kunnen worden benut
- een zekere middeling van de optredende fouten kan ontstaan.

De methode werd voor het eerst toegepast bij de bestudering van de effecten van de verbeteringswerken van het Amsterdam-Rijnkanaal op de waterhuishouding van de omgeving. Het is te verwachten dat het verkregen beeld gedetailleerder is dan als men alleen de boringen benut die het gehele pakket beslaan en dan per boring de

ter plaatse aanwezige waarde van het doorlaatvermogen (kD-waarde) van het beschouwde pakket berekent.

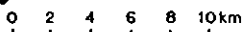
Een bezwaar blijft natuurlijk dat de bovenste lagen van het beschouwde pakket een grotere invloed op de verkregen beelden heeft dan de diepere lagen, vandaar dat een fouten-analyse noodzakelijk is. Fig. 28 (blz. 38) geeft het resultaat van de berekeningen. Ter vergroting van de leesbaarheid zijn de gevonden waarden gebruikt voor het samenstellen van een contourlijnenkaart.

Het blijkt dat grote verschillen in waarde optreden, hoewel maar zelden over korte afstanden grote veranderingen worden waargenomen. Hoge waarden werden waargenomen in een klein gebied ten noordwesten van Beverwijk, ten westen van Bergen, bij Hoorn en in het noordwesten van de Wieringermeerpolder. Het gebied tussen Schagen en Den Helder moest bij gebrek aan gegevens buiten beschouwing blijven. Het enige beschikbare gegeven betrof een boring in Den Helder waar een waarde van 93,6 m/dag werd berekend; extreem hoog dus. Een geringe waarde werd waargenomen tussen de Schermer en de Beemster wat echter gebaseerd is op de aanwezigheid van slechts één boring. De lijn van 10 m/dag kan wellicht beter vervallen. Dat is echter niet het geval met de lijn van 20 meter per dag, die op meer gegevens is gebaseerd.

Door de waarden van fig. 27 te vermenigvuldigen met die van fig. 28 ontstaan de gegevens voor een kaart van het doorlaatvermogen (kD-waarde). Het resultaat is gegeven in fig. 29.

Het eerste wat opvalt is dat vrijwel in het gehele beschouwde gebied een hoge kD-waarde is te verwachten. Het gebied is grofweg in een aantal noord-zuid lopende stroken te verdelen:

- in het oosten een strook met een zeer hoge kD-waarde met een kern met een extreem hoge waarde van meer dan 20 000 m²/dag in de omgeving van Hoorn
- westelijk van deze strook loopt een strook met een lagere waarde (ong. 5000 m²/dag) van de richting van Schagen over Heerhugowaard en Zaandam naar Amsterdam
- westelijk daarvan loopt een smalle strook met een hogere kD-waarde (ong. 10 000 m²/dag) van Petten over Alkmaar, Castricum, Uitgeest tot Amsterdam



midden- en oudpleistocene afzettingen

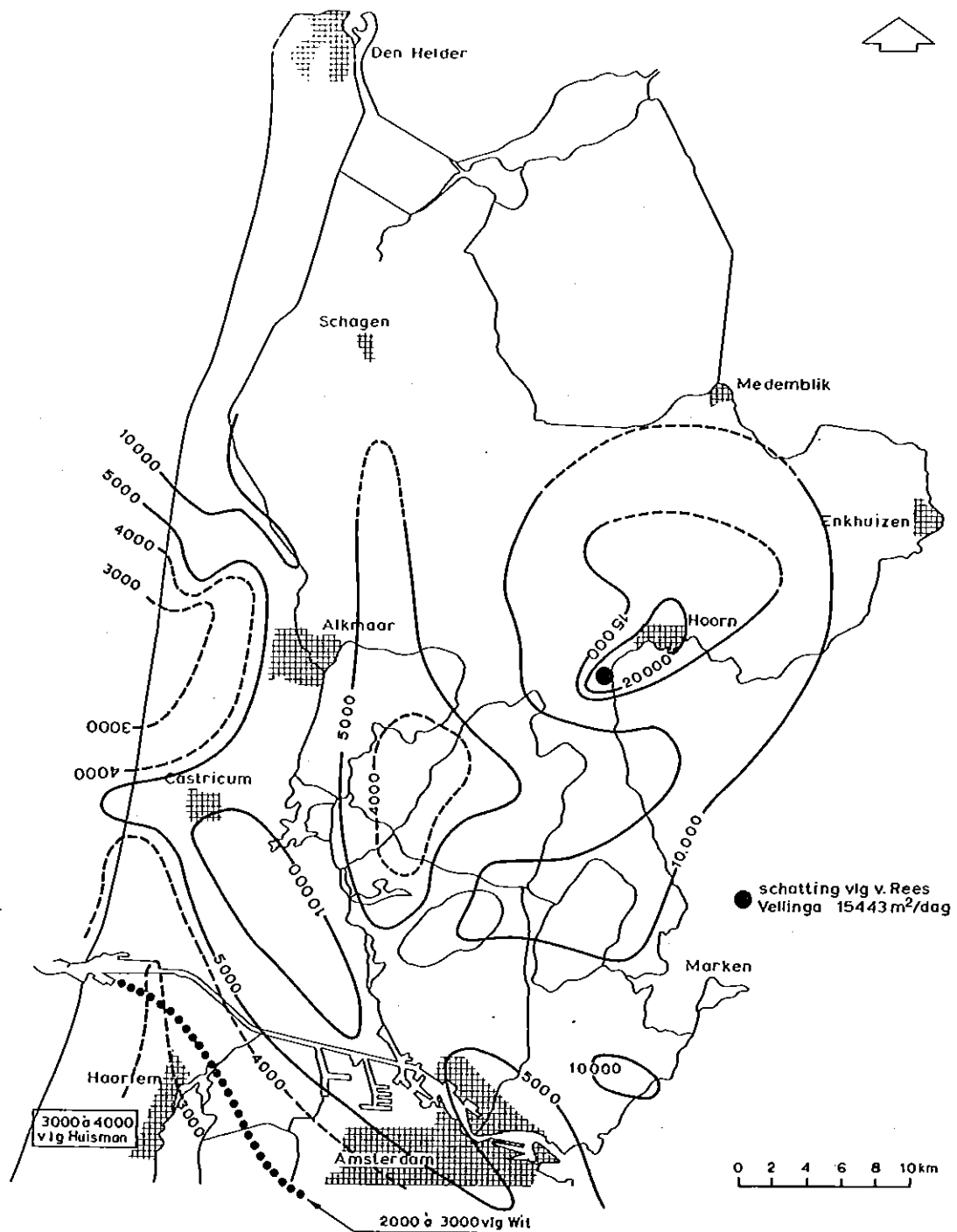


Fig. 29. De geschatte waarden voor het doorlaatvermogen van de midden- en oudpleistocene afzettingen in Noord-Holland

- tenslotte langs de kust een strook beginnend bij Bergen over Velzen in de richting van Haarlem. Deze staat bij Amsterdam in verbinding met de eerder genoemde strook-met-lage-waarde. De waarde van deze strook bedraagt circa 3000 m²/dag.

Helaas zijn in het gebied geen pompproef-gegevens beschikbaar om het getoonde beeld te toetsen. Alleen in het zuiden is dit mogelijk aan de hand van twee pompproeven (Velzer Tunnel en Hoogovens), de resultaten van het onderzoek Middenwest Nederland en het onderzoek van Huisman in het Waterleidinggebied van Amsterdam bij Zandvoort.

De pompproef van de Velzer Tunnel geeft een aanzienlijk lagere waarde dan die welke werd berekend. Bij het onderzoek van de Hoogovens werd echter vastgesteld dat dit resultaat kritisch moet worden bekeken. Laat men dit gegeven nu weg dan valt te constateren dat er een redelijke overeenstemming is tussen de berekende en de gemeten waarden. Dit is overigens geen reden om aan te nemen dat in de rest van het afgebeelde gebied hetzelfde het geval zal zijn.

Het bovenstaande in aanmerking nemend, komt men tot de noodzaak de afzonderlijke waarden nog eens kritisch in beschouwing te nemen. Als basis hiervoor werden de waarden van de gemiddelde doorlaatfactor nader bekeken (fig. 29).

In fig. 30 is te zien dat er geen duidelijke relatie is tussen de gemiddelde doorlaatfactor en de dikte van het pakket waarover deze werd berekend. Wat ook opvalt dat genoeg moest worden genomen met een zeer groot aantal boringen, waarbij minder dan 20 meter van het beschouwde pakket werd aangeboord. Slechts vier boringen beslaan meer dan 100 meter van het pakket, grofweg dus meer dan de helft van het totale pakket. Alleen deze kunnen dus als redelijk representatief worden beschouwd.

Om wat meer overzicht over het geheel van berekende doorlaatfactoren te krijgen, is voor zover mogelijk, de stratigrafie door middel van verschillende signatures in de figuur aangegeven. Op deze manier kon worden vastgesteld dat de grootste spreiding in waarden wordt gevonden in de sedimenten die jonger zijn dan de Formatie van Harderwijk. Ook de bovenste vijftig meter van de sedimenten uit

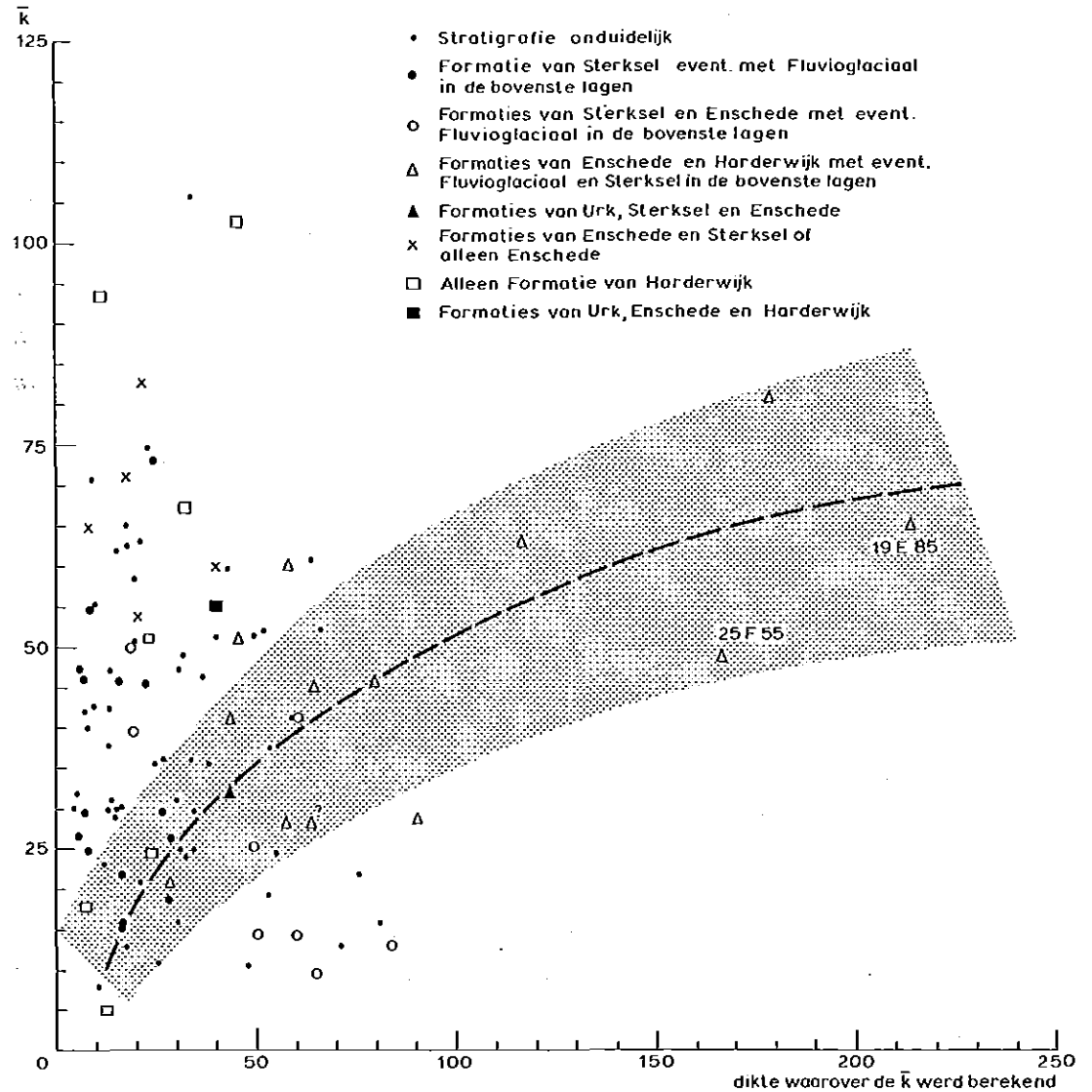


Fig. 30. De gemiddelde doorlaatfaktor versus de dikte waarover deze werd berekend met de globale stratigrafie van een groot aantal boringen in Noord-Holland

de Formatie van Harderwijk geven een dergelijke grote spreiding te zien, blijkens de waarden die aangegeven zijn met een , welke boringen aangeven waar de Formaties van Urk, Sterksel en Enschedé alsmede het - vage - 'Fluvioglaciaal' ontbreken en dus alleen de Formatie van Harderwijk werd aangeboord. Het betreft een groep boringen welke zijn uitgevoerd in de omgeving van Velzen, waar in het Saalien een diep glaciaal bekken is ontstaan.

De boringen 25F55 en 19E85 zijn de enige boringen die het gehele pakket boven het Icénien geven. Zij liggen met een achttal boringen, waar de Formatie van Harderwijk onder een pakket Middenpleistocene lagen werd aangeboord, in een brede strook waarvan de gemiddelde doorlaatfaktor naar een evenwichtswaarde van circa 65 m/dag lijkt te gaan naarmate meer materiaal van Harderwijk is vertegenwoordigd.

Fig. 30 overziend lijkt het beter om van de kD-waardenkaart (fig. 29) een nieuwe versie samen te stellen waarbij eerst een aparte kaart wordt gemaakt van de sedimenten uit de Middenpleistocene formaties, waarbij dan de waarden van de Formatie van Harderwijk wordt opgeteld. Op dit ogenblik is het nog niet mogelijk een dergelijke procedure uit te voeren omdat nog te weinig details bekend zijn over de diepte waar de bovenkant van de sedimenten uit de Formatie van Harderwijk kan worden verwacht. Te verwachten is dat aan de extreem hoge waarden in het gebied weinig meer zal veranderen, terwijl met name de gebieden waar op fig. 29 lage waarden voorkomen hogere waarden naar voren blijken te komen. Vooral ten aanzien van de strook-met-lage-waarden tussen Schagen en Amsterdam zal dit het geval blijken te zijn omdat de gegeven waarden gebaseerd zijn op een gering aantal (en dan nog gebrekkige) boringen.

In het kader van de onderhavige beschouwingen werd aandacht besteed aan het geo-elektrisch onderzoek dat in Noord-Holland werd uitgevoerd door de Rijkswaterstaat (VAN DAM, 1962). Fig. 31 geeft de uit deze publikatie overgenomen kaart van de diepteligging van het zoet-zout-vlak. Het betreft de grenswaarde van 1000 mg/l. Als fig. 30 wordt vergeleken met fig. 28 (gem. doorlaatfaktor) dan vallen toch merkwaardige overeenkomsten in de beelden van

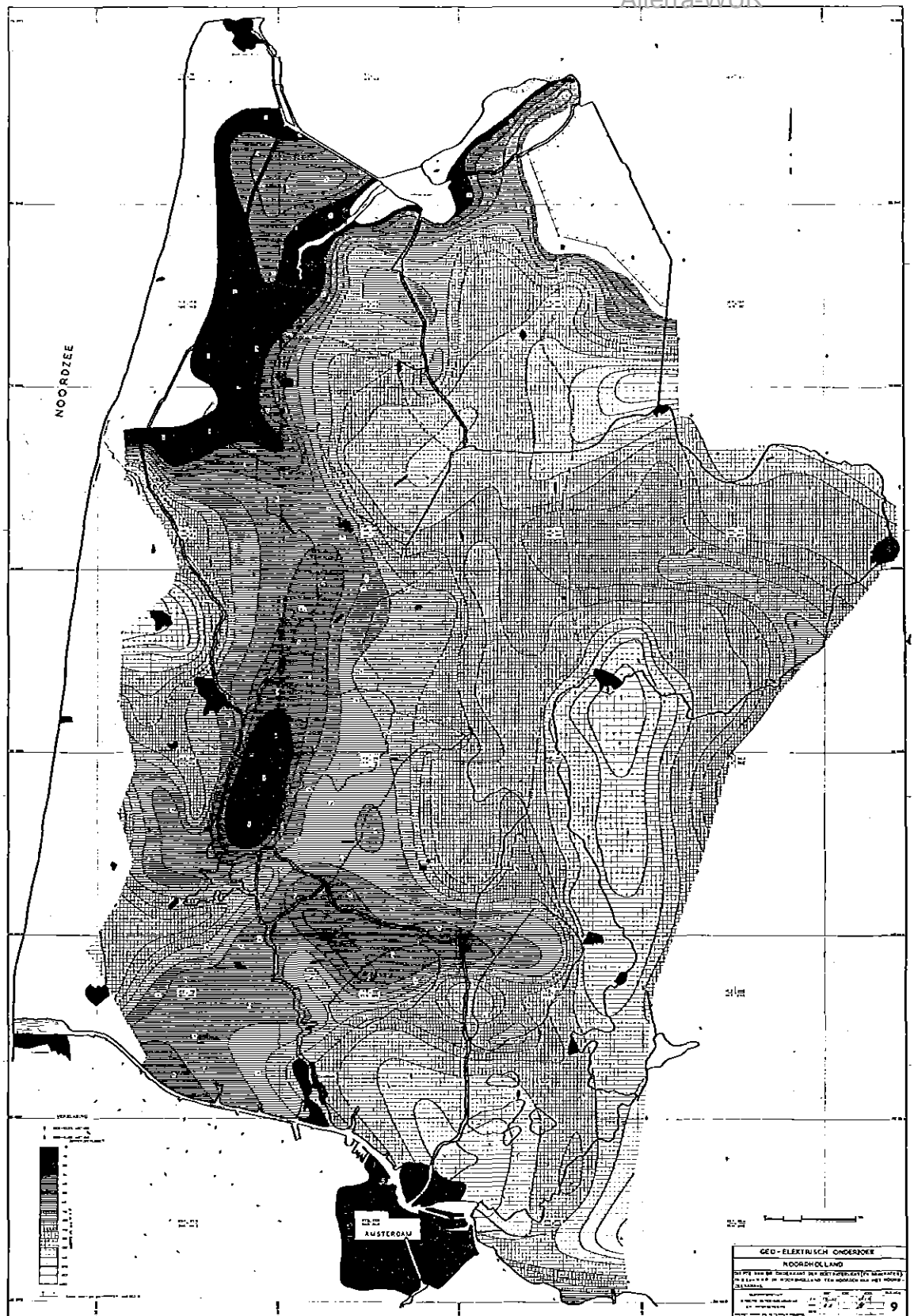


Fig. 31. De ligging van het zoet-zout-vlak volgens VAN DAM (1962)

beide figuren waar te nemen. Opvallend is bijvoorbeeld dat de strook-met-lage-doorlaatfactoren tussen Schagen en Amsterdam overeenkomt met een strook-met-een-hoge-ligging van het zoet-zout-vlak. Een dergelijke correlatie bestaat tussen de hoge k-waarden bij Hoorn en Bergen en een diepe ligging van het zoet-zout vlak. Het is te voorbarig om aan deze correlaties verregaande conclusies te verbinden.

Conclusies:

- te verwachten is dat hoge (tot extreem hoge) waarden voorkomen voor het doorlaatvermogen van het midden- en oudpleistocene fluviatiele watervoerend pakket. Waarden van $10\ 000\ \text{m}^2/\text{dag}$ en meer zullen frequent voorkomen
- de invloed van de middenpleistocene afzettingen op de geschatte k-waarden van het bestudeerde pakket is onevenredig groot
- bij de beschouwing van de ligging van het zoet-zout vlak en de verklaring van de waarnemingen zal de waarde van de gemiddelde doorlaatfaktor van het middenpleistocene pakket moeten worden betrokken.

4. AANBEVELINGEN VOOR HET VERDER GAANDE ONDERZOEK

Het bovenstaande overziend komt duidelijk naar voren dat veel aandacht moet worden besteed aan een uitbreiding van de gegevens over de diepere lagen van het gebied. In het in uitvoering zijnde boorprogramma wordt hierin reeds ten dele voorzien. Niettemin zullen wegen gezocht moeten worden voor uitbreiding van het tot nu toe beschikbare potentieel van zeer diepe boringen, wil het hydrologisch onderzoek tot een redelijk betrouwbaar resultaat komen. De ligging en het aantal zal nog nader moeten worden bestudeerd, temeer daar de financiële mogelijkheden hierbij een belangrijke rol zullen spelen.

Het gebied waar een zeer sterke behoefte aan een belangrijke uitbreiding van de beschikbare gegevens is in fig. 32 aangegeven met . Daarnaast is er ook nog een gebied waar een kleine uitbreiding van het beschikbare materiaal op zijn plaats is.

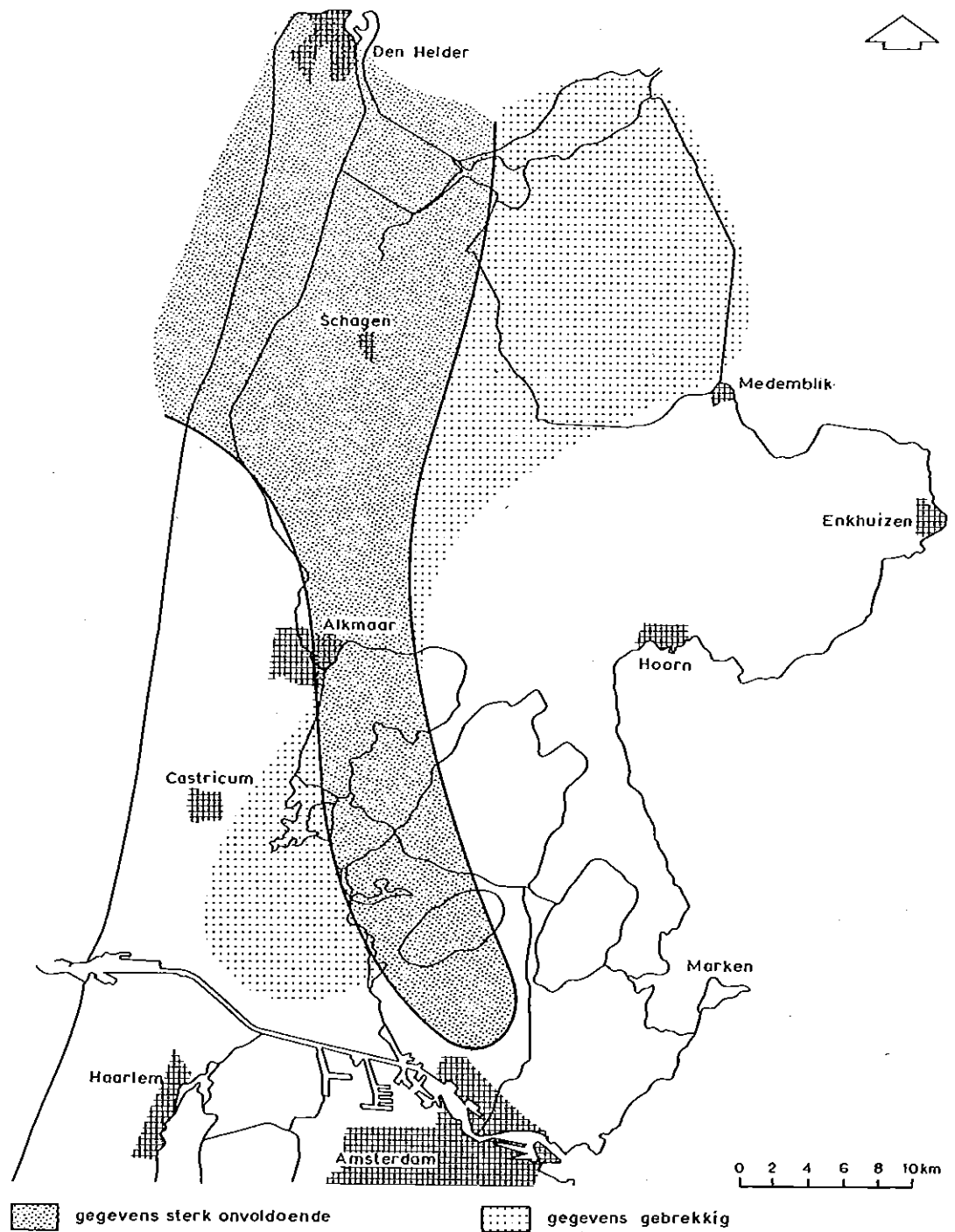


Fig. 32. Gebieden met sterk onvoldoende of te beperkt aantal gegevens

Een onderwerp dat in de komende tijd ook veel aandacht zal moeten hebben is de vraag waar nu precies de klei kan worden verwacht die aansluit bij de Tegelen klei (blz.27) en wat nu de hydrologische betekenis van deze klei is. Het plaatsen van waarnemingsfilters direkt onder en boven de klei is daarvoor van essentiële betekenis. Een vraag die bijvoorbeeld ook moet worden beantwoord is waar de noordelijke begrenzing van deze klei kan worden verwacht. Over de situering van deze grens bestaat grote onzekerheid.

LITERATUUR

- BROUWER, A., 1963. Cainozoic history of the Netherlands. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen., Geol. serie, dl 21-1, 1963
- VAN DAM, J.C., 1962. Noord-Holland, Geo-elektrisch onderzoek. Rijks-waterstaat-Dienst voor de waterhuishouding
- DOPPERT, J.W.CHR., G.H.J. RUEGG, C.J. VAN STAALDUINEN, W.H. ZAGWIJN, en J.G. ZANDSTRA, 1975. Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland, Toelichting bij Geologische Kaarten van Nederland, Rijks Geologische Dienst, 1975
- EDELMAN, 1950. Soils of the Netherlands. Noordhollandse Uitg. Mij.
- EMILIANI, C., 1966. Paleotemperature analyses of Caribbean cores P.6304-8 and P.6304-9 and a generalized temperature curve for the past 435 000 years. Journ. Geol., 74
- FABER, F.J., 1947. Geologie van Nederland. dl. 3 Nederlandse Landschappen, J. Noorduyt en zoon N.V., Gorichem, 1947
- 1960. Geologie van Nederland dl. 4, Aanvullende Hoofdstukken, J. Noorduyt en zoon N.V., Gorichem, 1960
- FLORSCHÜTZ, F. en VAN SOMEREN, A.M.H., 1948. Microbotanische verschillen tussen de klei van Reuver en de klei van Tegelen, Geol. en Mijnb., 10
- JELGERSMA, S. en BREEUWER, J.B. Toelichting bij de kaart glaciële verschijnselen gedurende het Saalien, 1 : 600 000. Toelichting bij Geologische kaarten van Nederland, Rijks Geologische Dienst, 1975
- KEIZER, J. en LETSCH, W.J., 1963. Geology of the Tertiary in the Netherlands. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen. Geologische Serie, dl. 21-1, 1963
- LORIE, J., 1912. Het verzonken gat te Hillegom. Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen. XXIX
- VAN MONTFRANS, H.M., 1975. Toelichting bij de ondiepe breukenkaart met diepteligging van de Formatie van Maassluis, 1 : 600 000, Toelichting bij Geologische kaarten van Nederland, Rijks Geologische Dienst, 1975
- PATIJN, R.J.H., 1963. Tektonik von Limburg und Umgebung, Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen., Geol. serie, dl. 21-1, 1963

- PENCK, A. en BRÜCKNER, E., 1901. Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig
Tauchnitz
- POMPER, A.B., 1972. De topografie van het bovenste begrenzingsvlak
en de mogelijke samenstelling van de afzettingen van de
Formatie van Kedichem in Midden West-Nederland, Nota ICW 692
- _____ 1976. The occurrence of pleistocene erosion levels in the Middle
Western Netherlands. Voordracht Eerste Benelux Symposium over
Geomorfologie, Leuven
- RAPPORT MIDDEN WEST NEDERLAND, 1976. Hydrologie en Waterkwaliteit van
Midden West-Nederland, ICW-Regionale Studies 9
- REINHOLD, TH. en A. TEN DAM, 1941. Die stratigraphische Gliederung
des Niederländischen Plio-Pleistozäns nach Foraminiferen,
Med. Geol. Stichting, serie C-V-1
- DE RIDDER, N.A., J.H. VAN VOORTHUYSEN, J.H. VAN DER GRIENDT, J.H.
BELTMAN en J.A. VAN 'T LEVEN, Agrohydrologische profielen
van Zeeland, Staatsdrukkerij, 1957
- RIJKS GEOLOGISCHE DIENST, 1966. Geologische kaart van Nederland
1 : 50 000, blad Steenwijk, Oost (16 O)
- VOORTHUYSEN, J.H., 1950. The Plio-Pleistocene boundary in the
Netherlands based on the ecology of foraminifera, Geol. en
Mijnb. 12
- _____ K. TOERING en W.H. ZAGWIJN, 1972. The Plio-Pleistocene Boundary
in the North Sea Basin revision of its position in the marine
beds. Geol. en Mijnb. 51
- WOLDSTEDT, P., 1958. Das Eiszeitalter, Grundlinien einer Geologie
des Quartärs, Stuttgart, Enke Verlag
- ZAGWIJN, W.H. en J.I.S. ZONNEVELD, 1956. The interglacial of
Westerhoven, Geol. en Mijnb. 18
- _____ 1974. The Paleogeographic Evolution of the Netherlands during
the Quarternary, Geol. en Mijnb., 53
- ZONNEVELD, J.I.S., 1958. Litho-stratigraphische eenheden in het
Nederlandse Pleistoceen, Med. Geol. Stichting, Nieuwe
Serie, nr. 12