De geologie van het havengebied van Antwerpen

Overdruk uit het Verslagboek van het Vierde Internationaal Havenkongres,

Antwerpen, 22 -27 juni 1964,

georganizeerd door de Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging

De geologie van het havengebied van Antwerpen

Ter gelegenheid van de viering van het tweede lustrum van het Geologisch Genootschap van de Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging, die plaatshad op 25, 26 en 21 september 1964, werd o. m. een studiedag georganizeerd, gewijd aan de diverse geologische problemen in verband met de haven van Antwerpen. De hierbij behandelde onderwerpen sluiten aan bij deze welke tijdens het 4e Internationaal Havenkongres in de afdeling 3: Grondmechanika en Geologie in verband met havenbouw, werden besproken. Om deze reden worden de tijdens deze studiedag gehouden voordrachten, samen met deze van het Havenkongres, in dit verslagboek opgenomen.

LA GEOLOGIE DU TERRAIN PORTUAIRE D'ANVERS
A l'occasion de la célébration du deuxième lustre de la Société géologique de la Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging (Société Royale Flamande d'Ingénieurs) qui se déroula les 25, 26 et 27 septembre, e. a. une journée d'études consacrée à des divers problèmes géologiques du port d'Anvers fut organisée. Les sujets traités étant connexes aux thèmes de la section 3 du 4ème Congrès International: « La Mécanique du sol et la Géologie appliquées à la construction portuaire », les conférences de la journée d'études sont reproduites dans le présent Compte-rendu avec les rapports de la section précitée.

THE GEOLOGY OF THE ANTWERP HARBOUR-AREA
At the occasion of the 2nd lustral feast of the Geologic Society of the Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging (Royal Flemish Society of Engineers) on 25th, 26th and 27th September 1964, a. o. a conference dedicated to the various geologic problems in the Antwerp harbour was organised. Since the topics dealt with are closely connected with the themes of the Section 3 of the 4th International Harbour Conference: « Soil mechanics and Geology in connection with harbours » the text of the lectures held on the conference are reproduced in these Proceedings together with the reports on section 3.

DIE GEOLOGIE IM HAFENGEBIET ANTWERPENS
Bei Gelegenheit der Feier des 2. Lustrums der « Geologischen Gesellschaft » der Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging (Königlicher Flämischer Verein Ingenieure) die am 25., 26. und 27. September stattfand, wurde u. a. einen Studientag, den verschiedenen geologischen Problemen in Bezug auf den Antwerpener Hafen gewidmet, veranstaltet. Die behandelten Themen schliessen sich denen der Abteilung 3 der 4. internationalen Hafentagung « Anwendungen der Bodenmechanik und Geologie im Hafenbau », an. Aus diesem Grunde werden die während des Studientages abgehaltenen Vorträge zusammen mit den Berichten des Hafenkongresses in diesem Tagungsbuch veröffentlicht.

Algemene geologische probleemstelling van het Antwerpse havengebied

door prof. dr. F. GULLENTOPS, Katolieke Universiteit te Leuven.

Het Symposium, dat ons hier samenbrengt, sluit aan bij het Internationaal Havenkongres georganizeerd door de K. VIV en heeft als doel de praktische gevolgen te bestuderen van de natuurlijke gesteldheid op de Antwerpse Haven. Deze inleiding heeft als doel een algemene schets van deze gesteldheid te brengen. Heel wat aspekten hiervan zijn nog onvoldoende gekend, sommige nog volkomen duister. Ook de problematiek zullen we daarom pogen te belichten, niet zozeer de akademische, maar de praktische problemen die een weerslag hebben op de haven.

Gerust mogen we stellen dat geen enkele onderneming zoveel eisen stelt aan de natuur als een grote haven. Niet alleen zijn er de waterwerken, van vaargeul tot dokken, maar de volledige nevenstruktuur van industrieën, wegen en grootstad, die bijna voor alle wereldhavens moet uitgebouwd worden op de gekompliceerde en steeds heterogene ondergrond eigen aan estuaria. Zoals er geen twee gelijke stromen bestaan, zijn er ook geen gelijke estuaria; in al de variaties van de natuur echter is het Schelde-estuarium een unicum met uitzonderlijke kenmerken, gunstige en ongunstige.

Om dit duidelijk te maken en tevens de problematiek in een logisch kader te plaatsen stellen we ons voor de opbouw van het gebied chronologisch voor te stellen.

1. De ondergrond

Zeer ver in het geologisch verleden hoeven we niet op te klimmen, want, afgezien van enkele problemen van waterwinning, speelt de diepere ondergrond geen rol in het Antwerpse.

Als vertrekpunt kan gelden de welbekende *Klei van Boom* (Oligoceen) die overal in de ondergrond wordt aangetroffen. Geëxploiteerd in een eindeloze rij kleigroeven van Rumst tot Elverzele zijn haar eigenschappen in dagzoom goed bekend. Het is een homogene, kompakte, weinig plastische en volledig ondoorlaatbare klei die in een regelmatige laag, 40 tot 60 m dik werd afgezet.

Vanaf het Boomse helt ze als een regelmatige plaat naar het noorden vrij sterk af om in Antwerpen-zuid het O-peil te bereiken en onder de dokken reeds 30 m diep te liggen.

Uit haar ondoorlaatbaarheid spruiten haar voornaamste eigenschappen voort: ze scheidt twee waterlagen met verschillende karakteristieken, leent zich tot de aanleg van ondergrondse gasreservoirs, vergemakkelijkt het graven van de eerste Scheldetunnel en in zekere zin het baggeren van de zinkgeul van de huidige tunnel. Nochtans dient er opgemerkt te worden dat haar geotechnische eigenschappen in de diepte niet dezelfde zijn als in ontsluiting, aangezien het grotere gewicht van de bedekkende lagen een sterkere kompaktie van de klei veroorzaakt hebben.

Deze klei van Boom was afgezet in een relatief diepe, kalme zee, waarvan het strand ver ten zuid-oosten in het Bekken van Parijs was gelegen. Als weerslag van de alpiene plooing werd de zee daarna ver naar het noorden teruggedrongen en ontstond een gans ander paleogeografisch beeld met de aanleg van het huidig Noordzeebekken. In het Mio-Plioceen registreren we dan nieuwe zeetransgressies, maar de kustlijn ligt nooit zeer ver ten zuiden van Antwerpen, zodat nu hoofdzake-

lijk ondiepe, kustnabije sedimenten worden afgezet. Hiertoe behoren de zanden van Antwerpen, Edegem, Deurne en de crags van het Scaldisien.

Slechts enkele meters dik in Antwerpen-zuid overtreffen ze reeds 25 m in het gebied der dokken. Door talrijke hiaten en faciesverschillen is hun stratigrafie nog niet volledig duidelijk. Dr. A. Paepe zal deze problematiek belichten. Voor de praktijk hebben ze echter een gemeenschappelijk karakter, het zijn dicht gelaagde, min of meer kleihoudende, min of meer glaukonietrijke fijne zanden, soms buitengewoon rijk aan fossielen. Het variabele kleigehalte beïnvloedt grotelijks hun permeabiliteit, waarmee rekening moet worden gehouden bij de bemalingen voor de talrijke graafwerken die onder de watertafel in deze formaties worden uitgevoerd.

Dit complex wordt ten noorden van Antwerpen bedekt door de Zanden van Merksem. Van enkele meter in de zuidelijke dokken worden ze snel dikker en overtreffen reeds 20 m aan de Frederiksluis. Ze werden afgezet praktisch aan het strand van de laatste zee die het Antwerpse heeft bedekt, in het begin van het Kwartair. Het zijn clan ook uitgewassen, grijze kwartszanden, vrij glaukonietarm, met vooral aan de basis laagjes door golfslag gebroken fossielen. Aangezien ze zo jong zijn en door geen andere lagen werden bedekt, is de pakking van de korrels gering, waardoor ze in droge uitgravingen na een tijd tot evenwichtshellingen afrollen en gemakkelijk verstuiven. Hun hoge porositeit en permeabiliteit vereisen anderzijds een dichte bemaling, aangezien hoge debieten kunnen optreden.
Zelfs dan gebeurt het nog dat wateraders kunnen ontstaan die tijdens de graafwerken moeilijkheden kunnen meebrengen.

In deze zanden komen eigenaardige konkreties voor, waarover Dr. Van Tassel zal spreken, en dunne, maar harde zandsteenplaten, waarmee bij baggerwerken rekening moet worden gehouden.

Deze evolutie bepaalt dus de ondergrond in het Antwerpse en dus het uitzicht van de geologische kaart. De geschiedenis gaat echter door en de individualiteit ontstaat slechts in het recente verleden.

2. *De laatste ijstijd*

Over de gebeurtenissen tijdens het Midden-Kwartair tasten we nog in het duister, maar het staat vast dat bij het begin van de laatste IJstijd het landschap een heel ander uitzicht had gekregen. De geleidelijke stijging van het land bracht een erosie mee die vooral in de zandige lagen werkzaam was. De Klei van Boom echter biedt meer weerstand tegen de afspoeling, bleef derhalve uitsteken en vormde de hoogten van het land van Boom en van het land Waas, naar het zuiden begrensd door een opvallende helling. Aan de voet hiervan was een diep dal ontstaan, de Vlaamse Vallei, waarin al de rivieren van Midden-België uitmondden om dan langs een oer-Rupel-Schelde over Gent, Maldegem de zee te bereiken. Het belang van deze vallei komt duidelijk tot uiting als men bedenkt dat ze tot 30 m onder het huidige zeepeil werd uitgeschuurd. De Scheldevallei van Rupelmonde tot Antwerpen bestond dus niet; mogelijk was daar wel een klein dal van een beek die naar de Vlaamse Vallei stroomde, bijv. het Schijn, maar dit is volkomen hypotetisch.

Zeker is echter dat tijdens de laatste IJstijd ontzaglijke hoeveelheden zand werden aangevoerd gedeeltelijk door de wind, gedeeltelijk door de rivieren zelf, waardoor dit reliëf nogmaals grondig werd gewijzigd. Het door de wind aangevoerde zand werd als een mantel over het bestaande reliëf uitgespreid: vandaar de naam dekzanden. Onder de vorm van fijne tot gemiddelde zanden, soms leemhoudend, meestal bruin van kleur, bedekken ze bijna overal de ondergrond. Dr. De Ploey zal hun aanwezigheid in het havengebied bespreken en de eigenschappen waaruit men kan opmaken dat ze in een zeer koud klimaat werden afgezet.

Een deel van deze zanden verspoelde met de sneeuwsmeltwaters en kwam samen met de erosieprodukten van de zuidelijke rivieren, in de Vlaamse Vallei terecht. De vracht was zo belangrijk dat deze vallei werd opgevuld tot op het peil 6 à 7 m. De Oer-Schelde verstikte als het ware haar eigen vallei met haar eigen afzettingen. Tegen het einde van de IJstijd, ongeveer 15 000 jaar geleden, vond de rivier dan en nieuwe uitweg naar het noorden vanuit Rupelmonde en instaureerde aldus de zeer jonge Scheldeloop naar Antwerpen. De Schelde had echter nog geen estuarium, want de zee was nog ver teruggetrokken.

Vermelden we nog hoe, op het einde van de IJstijd, de zanden die uit deze brede riviervlakten werden opgewaaid door west-zuid-westwinden, op de andere oever duincomplexen deden ontstaan. Het voornaamste is wel dit van Kalmthout, waarvan de uitlopers tot aan het noordelijke havengebied reiken.

3. *De Holocene Schelde*

De benedenloop van de Schelde is dus een zeer jong verschijnsel en heeft trouwens sinds zijn ontstaan, dus de laatste 10 000 jaren, ingrijpende wijzigingen ondergaan. Veel hiervan is nog duister, maar het bekende is belangrijk genoeg. Professor Dr. Snacken zal in detail hierover uitweiden.

De eerste gegevens over deze evolutie vinden we terug in het bestaan van zeer grote afgesneden meanders zowel in de Schelde van Gent als in de benedenloop van Dender, Zenne en Dijle. Ze zijn nu opgevuld door dikke veenlagen, maar toch nog gemakkelijk te herkennen, vooral wanneer het veen werd geëxploiteerd zoals te Overmeire of Tremelo. Het enorme gabarit van deze meanders in vergelijking met de huidige riviermeanders stelt een fundamenteel probleem. Ingesneden in de dekzanden van de Vlaamse Vallei veronderstelt hun erosie een belangrijk debiet. We meenden dit te kunnen verklaren door een getijdewerking in deze Holocene Schelde. De eerste resultaten van het veenonderzoek in deze meanders schijnen echter de vorming van deze meanders zo vroeg in het Holoceen te stellen, dat van een getijdewerking nog geen sprake kon zijn, aangezien het zeepeil toen nog onvoldoende was gestegen.

Een nog belangrijker feit is dat de Schelde toen in Lillo verder naar het noorden stroomde en dus een veel langere weg naar zee had af te leggen, misschien zelfs toen in de Maas uitmondde. Ten gevolge van de Duinkerke-trangressies werd later de Ooster-Schelde funktioneel. Pas in het laatste stadium echter zou de Wester-Schelde door getijde-uitschuring zo aan belang winnen dat ze bij Bath de Schelde kon aftappen en de huidige benedenloop zou ingesteld worden.

Deze jongste geschiedenis van de stroom heeft een grote weerslag op de samenstelling van het alluvium in het havengebied. De brede alluviale en poldervlakte verbergt een diepe, maar slechts smalle stroominsnijding in de voorheen besproken ondergrond. Aangezien deze kompakt en weerstandbiedend is, moeten de bochten als ingesneden meanders worden opgevat. Door de korte tijdsduur heeft de stroom de tijd nog niet gehad deze bochten sterk te verleggen en is die diepe insnijding praktisch tot de stroom beperkt. Het alluvium beperkt zich tot een dunne, maar uitgestrekte laag op deze ondergrond. Het is een transgressief alluvium, ontstaan door stijging van het zeepeil en hoofdzakelijk door toename van de getijdewerking. Dit brengt mee dat de havenwerken tot vlak bij de oever van de stroom slechts te kampen hebben met een dunne laag recent alluvium, klei en veen, en zeer snel een vaste funderingsbodem vinden in de ondergrond. Het is een buitengewoon gunstige situatie.

Dit mag echter niet doen vergeten dat de aanslibbing van het alluvium werd veroorzaakt door overstromingen van de Schelde, waarbij wielen en kreken werden geslagen in het aanslibbingslandschap. Op deze plaatsen is het alluvium dan ook veel dikker. Vooral de kreken ontstaan tijdens de 15de en 16de eeuw, samen met het overstromen van het Verdronken Land van Saaftinge, vormen een uitgebreid systeem. Ze zijn nog amper te zien in het landschap, omdat ze sindsdien, verlandden door opvulling met een organisch slijk, rijk aan diatomeeën. Over deze geulen, die nog op historische dokumenten voorkomen, zal Ir. Sterling, Direkteur van het Waterbouwkundig Laboratorium, handelen.

4. *De huidige stroom*

Nergens is het duidelijker dat het huidige de erfenis is van het verleden. Om de stroom te begrijpen is het nodig zijn verleden te kennen. Ir. Codde, Administrateur-Inspekteur-Generaal, zal ons aantonen waarom we onze Schelde beter moeten leren kennen.

Reusachtige werken zullen moeten ondernomen worden om de kenmerken van de stroom en de haven aan te passen aan de moderne scheepvaart en die van de toekomst.

Met zekerheid moet daarom worden bestudeerd waar de Schelde zich nu bevindt in het normale verzandingsproces van ieder estuarium. Staan we voor een kwijnende Schelde of is integendeel door het later in funktie treden van de Wester-Schelde het maximum nog niet bereikt, zoals de groeiende getijdewerking schijnt aan te tonen ?

Hoe evolueert de aanslibbing in de Schelde ? Is het puin inderdaad hoofdzakelijk afkomstig uit de Zeeschelde en welk is het belang van het sediment uit het Bovenbekken ? Het moderne sedimentologische onderzoek stelt een aantal technieken ter beschikking voor de studie van deze problemen en drs. Bastin zal ons de eerste resultaten van dergelijk onderzoek meedelen. De radioaktieve backgroundmetingen, voorbereidend voor traceronderzoek, hebben reeds de sedimentologische kenmerken van de huidige Scheldebedding vastgelegd.

De stroom zelf moet echter aangepast worden. De kenmerken van de vaargeul worden volledig bepaald door de getijdewerking, aangezien het bovendebiet volkomen te verwaarlozen is tegenover het getijdedebiet. Vooral de aanwezigheid van de jonge, nog niet in evenwicht zijnde, aantappingsknie van Bath stelt aan de scheepvaart ernstige problemen, die normalizatiewerken vereisen. Ir. Roovers, van het Waterbouwkundig Laboratorium, zal ons deze problemen belichten en de resultaten van de aangang zijnde modelstudies. Vermelden we hierbij nog dat de grootste moeilijkheden van dergelijke modelstudies voorkomen uit de noodzakelijkheid te werken met een losse bodem, met ekwivalente sedimentologische kenmerken. Een parallelle, grondige studie van de reële Schelde is daarom onmisbaar.

We hopen dat deze bondige inleiding en vooral de uiteenzettingen die hierna zullen volgen, zullen aangetoond hebben dat de Schelde wel degelijk en geologisch unicum is. We zouden haast zeggen een wonder, ten gevolge van die samenloop van omstandigheden kulminerend in het funktioneel worden van de Westerschelde.

De mariene afzettingen in het Antwerpse havengebied

door dr. R. PAEPE, Aardkundige Dienst van België.

Deze nota werd opgesteld als inleiding tot de exkursie in het Antwerpse havengebied ter gelegenheid van het tiende lustrum van het Geologisch Genootschap. De afzettingen die voor de werken in het havengebied van belang zijn, behoren tot het Neogeen (Mioceen en Plioceen) en tot het Onder-Pleistoceen. Tevens worden de afzettingen die in het aangrenzende gebied optreden aangestipt en de eventuele verwantschap met de formaties uit het havengebied toegelicht.

1. Kleien van de Kempen

Ze vormen een complex van kleien, zanden en silts, en kunnen ligniethoudend zijn. Zowel in ontsluitingen als in boringen vertonen ze zeer grote faciesveranderingen. Op sommige plaatsen kunnen twee kleifaciessen, gescheiden door een zandige zone, worden vastgesteld. De zuidelijke grens wordt gekenmerkt door een daling van het reliëf. Totale dikte van de orde van 25 m.

2. Zanden van Brasschaat

Ten zuiden van de kleien van de Kempen strekt zich in een brede zoom een grijze zandige afzetting uit, die gekenmerkt wordt door de aanwezigheid van glauconiet stippels. Hun assimilatie met de zanden van Mol is theoretisch en ze kunnen tot op heden moeilijk stratigrafisch worden bepaald (M. Gulinck, 1961).

3. Grove zanden van Merksplas

Onder de zanden van Brasschaat treden grove grintachtige zanden op, de zgn. zanden van Merksplas. Aan de basis ervan is een schelplaag voorhanden. Het materiaal is gedeeltelijk geremanieerd. Volgens F. Halet zouden ze in overeenstemming te brengen zijn met het Iceniaan van Nederland.

4. Zanden van Merksem
(deze afzettingen en volgende treden in het havengebied op).

Het is een formatie bestaande uit fijn groen zand, kriskras gelaagd en gestoord door het optreden van talrijke verharde sideriethoudende kleibanken. Heel vaak zijn de zandige lagen rijk aan schelpgruis of gave schelpen. Er kan een verdere onderverdeling worden gemaakt: aan de basis « grind van het Amerikadok » (G. Vicent, 1889), waarop de zanden van de Kruisschans en van Oosterweel (J. De Heinzelin, 1955) rusten. Zij zouden het ekwivalent van de zanden en de ferrugineuze zandstenen van Poederlee zijn. De Heinzelin wijst op de nauwe verwantschap met het Amsteliaan (Boven-Plioceen = Scaldisiaan). Door R. Tavernier en J. De Heinzelin (1961) wordt hier de plio-pleistocene grens gelegd. De zanden van Merksem stemmen dus overeen met het Villafranchien (Onder-Pleistoceen). De fauna is inderdaad warmer dan deze van het Scaldisiaan (Mya arenaria, Cardium parkinsoni; Corbulomya complanata) en de erin voorkomende vertebraten wijzen op een Villafranchiaan ouderdom.

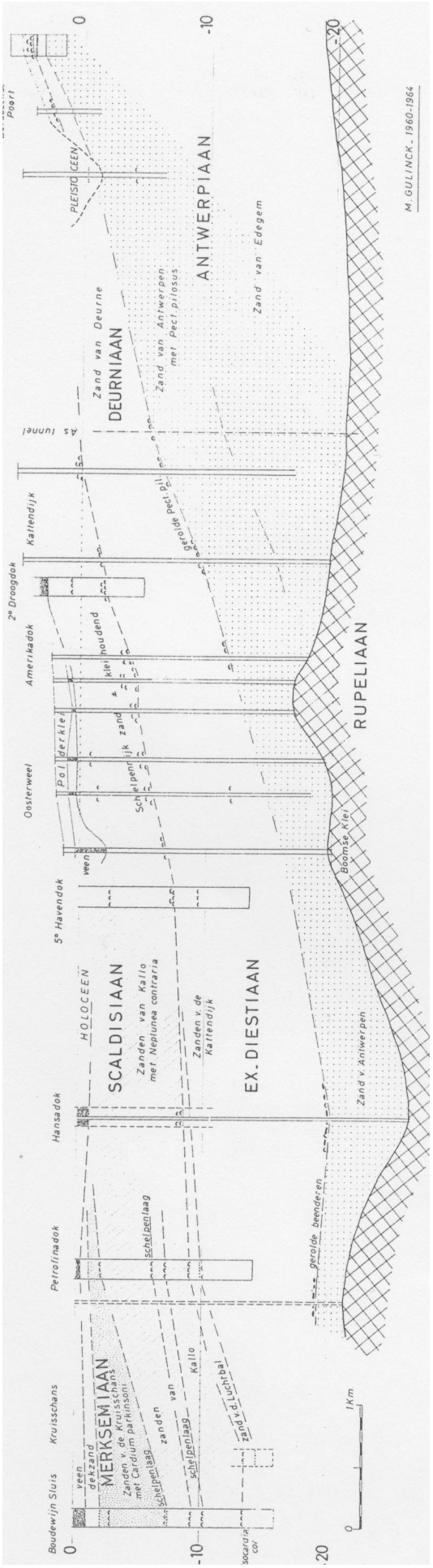
5. Zanden van Kallo

Dit zijn de zanden met Neptunea contraria (Cogels, 1874) van de geologische kaart. Zij zijn min of meer kleihoudend en schelpbanken kunnen optreden evenals vlothout in de bovenste zones. Tellina en Corbula duiden op een regressief en littoraal karakter en het geheel geeft de indruk van een waddenformatie. De fauna wordt gekenmerkt door het verdwijnen van warme mediterrane soorten en het optreden van boreale soorten, Er wordt hen een Scaldisiaan ouderdom toegeschreven.

6. Zanden van de Kattendijk

Deze zijn de zanden met Isocardia cor die op grond van hun fauna oorspronkelijk tot het Plioceen werden gerekend, meer bepaald tot het Boven-Diestiaan. Zij zouden immers in de verlenging van de fijne zanden met Ditrupa (Boven-Diestiaan) kunnen liggen. Volgens De Heinzelin, Cogels en Dumont zijn ze echter niet met de zanden van Deurne te korreleren en komen aldus terecht in het Onder-Scaldisiaan.

Geometrisch hiertegenoverstaand in het oosten zijn de zanden van Kasterlee (Kasterliaan facies), ofschoon de scheiding tussen laatstgenoemde zanden en het grove glauconiethoudende Diestiaan niet zo duidelijk is.



Algemeen schematisch geologisch profiel van het Antwerpse havengebied, samengesteld uit de detailopnamen van J. de Heinzelin - M. Gilbert en gegevens uit het archief van de Geologische Dienst van België (opgemaakt door M. Gulinck).

7. Glauconietzanden van Deurne en van Diest

Omwille van hun geometrische samenhang zijn beide afzettingen met elkaar te korreleren (M. Gulinck, 1961). In de haven van Antwerpen werden ze door De Heinzelin gesignaleerd als een klein strand, opgebouwd uit zeer fossielrijke zanden waarin Terebratula maxima de belangrijkste zijn. Op de geologische kaart komen ze voor onder de benaming: zanden van Deurne (Onder-Diestiaan = Onder-Plioceen). Thans worden ze gerekend tot het Boven-Mioceen (J. De Heinzelin).

8. Zwarte zanden van Antwerpen - zanden van Edegem

Deze zanden komen voor ten oosten van Antwerpen, doch verdwijnen ten westen ervan. De bovenste zone van het Antwerpiaan wordt gevormd door de zanden van Antwerpen, waarvan de topzone wordt gekenmerkt door een schelpbank met Pectunculus pilosus; de onderste zone wordt ingenomen door de zanden van Edegem, waarvan een goede fauna bekend is in het zuidoosten. Aan de basis wordt plaatselijk een grind aangetroffen in dezelfde stratigrafische positie als het grind van Elsloo, maar dat hier de naam « grind van Burcht » verkregen heeft. Men kan zich afvragen of deze formatie niet het ekwivalent is van het Bolderiaan, hoewel deze laatste iets ouder aandoet. De overgang tussen Antwerpiaan en Houthaleniaan (Bolderiaan) kan nog niet worden uitgemaakt, maar op basis van de fauna wordt aan het Antwerpiaan een Midden-Mioceen ouderdom toegekend.

De hier beschreven afzettingen die in het havengebied worden aangetroffen, komen voor op het dwarsprofiel lopende van de Borsbeekse Poort tot aan de Boudewijnsluis (opname M. Gulinck).

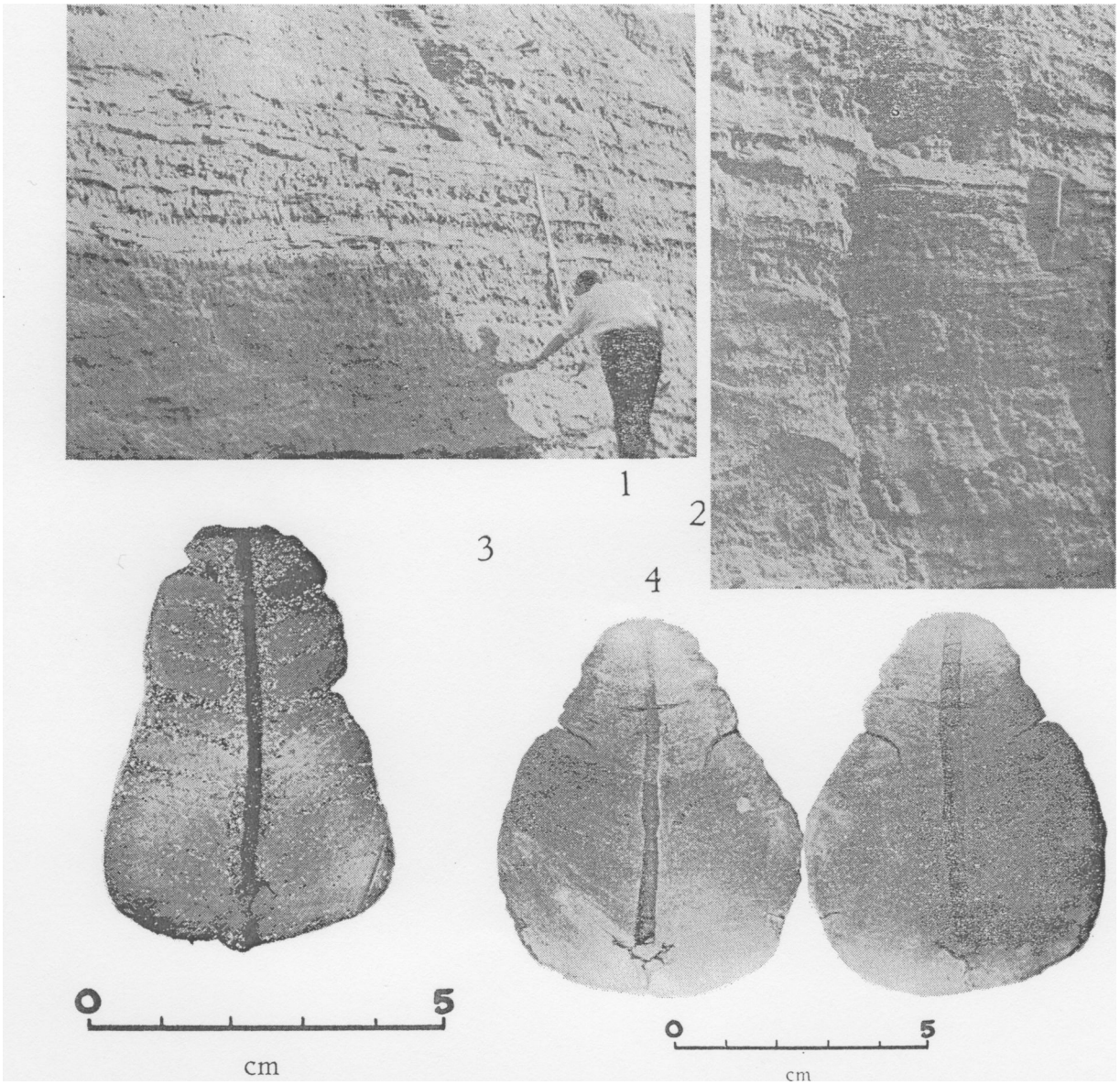
Merkwaardige konkreties in de pleistocene mariene afzettingen van Antwerpen

door dr. R. VAN TASSEL, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel.

In de mariene afzettingsreeks van het havengebied van Antwerpen komen schelpenrijke zandlagen voor, betiteld als Zanden van Merksem (Onderpleistoceen), waarin veelvuldig merkwaardige konkreties of knolvormige lichamen worden aangetroffen. Deze konkreties zijn, grof beschreven, cilindrisch, kegelvormig of subsferisch en kunnen soms best vergeleken worden met de vorm van een peer, een wortel (pee) of een appel. Ze werden opgemerkt tijdens de graafwerken van de Boudewijnsluis, het zevende havendok, het kanaaldok B 1 en de nieuwe zeesluis te Zandvliet, en zijn bijzonder talrijk in de streek van de Ordampolder te Oorderen.

Hun afmetingen zijn sterk uiteenlopend: lengte van 3 tot 30 cm, grootste doormeter van 2 tot 10 cm. Hun gewicht kan wel 4 kg bedragen. De knollen zijn meestal kompakt en vrij hard. Hun soortelijk gewicht ligt in het algemeen tussen 2,7 en 3, doch kan tot 3,3 opklimmen bij zeer kompakte specimens.

De konkreties staan bijna uitsluitend rechtop in het zand. Ze komen voor alleen, in groepen of laagsgewijs. Samengroeiingen van knollen werden eveneens aangetroffen, wel tot 15 bij elkaar. De konkreties zijn verspreid over een hoogte van 6 meter. In de bovenste lagen zijn ze van grote afmetingen, weinig talrijk en gekenmerkt door een hoog soortelijk gewicht. In de onderste lagen zijn ze van kleinere afmetingen (tot 10 cm lengte), bezitten een lager soortelijk gewicht en zijn bijzonder talrijk.



Foto's 1 en 2. Doorsneden in de Ordam Polder, tijdens de graafwerken van het kanaaldok. Verscheidene lagen met overvloedige konkreties zijn zichtbaar in het pleistoceen zand.

Foto 3. Doorsnede in een sideriet- en fosfaathoudende konkretie, Ordam Polder, Kanaaldok.

Foto 4. Doorgesneden harde siderietkonkretie, Ordam Polder, Kanaaldok.

Wanneer de konkreties aan verwering zijn blootgesteld, bijv. in het geval van opgespoten gronden, dan vallen de minder kompakte individuen uiteen in een reeks kegelvormige schijfjes. Dit verschijnsel houdt verband met de inwendige opbouw. Wordt een konkretie volgens een vertikaal vlak doorgesneden, dan valt een trechterstruktuur op die, naar de bodem van de knol toe, vervlakt en die onderstreept wordt door laagjes schelpengruis, kwarts- en glaukonietkorrels in een amorf uitziende grondmassa. De stand van de konkreties is zo dat de ineengeschoven trechters met de punt naar beneden zijn gericht.

De konkreties vertonen een zeer merkwaardige centrale buis, die bijzonder goed gedemonstreerd wordt in de kleine knollen tot ongeveer 10 cm lengte. De buis is dan scherp omlijnd, perfekt cirkelvormig en heeft een diameter van 2,5 mm. De buis verloopt rechtlijnig en vertoont geen enkele vertakking. Omheen de buis bevindt zich een opvallende koncentratie van schelpengruis en zandkorrels. Tegen de bodem van de konkretie aan, eindigt de buis in een platte kamer die horizontaal uitwigt. Onder deze kamer installeert zich, in de verlenging van de reeds vermelde buis, een dun buisje, van 1 mm diameter. De bovenste buis, de kamer en de onderste buis zijn meestal ledig, doch ze kunnen ook opgevuld zijn met zand, ijzercarbonaat of ijzersulfide. Dit laatste is pyriet en vormt een massa kleine, zwarte, aaneengekitte bolletjes van 5 tot 20 mikron.

De kleur van de konkreties is inwendig lichtgrijs, bruingrijs of bruin. De chemische samenstelling is hoofdzakelijk calciumfosfaat (apatiet) in de bleke konkreties, en ijzercarbonaat (sideriet) in de bruine. De lichtgekleurde knollen bevatten aldus 30 à 45 % apatiet, de bruine 45 à 60 % sideriet en beide 15 à 40 % in zuur onoplosbaar materiaal.

Wat bijzonder opvalt, vooral bij de bleke konkreties, is de aanwezigheid, over de gehele lengte van de 2,5 mm brede buis, van een zeer fijne horizontale streping met ongeveer iedere 0,2 mm een streepje en ongeveer iedere 5 mm een zekere segmentering. Het onderste, dunnere buisje is glad, zonder versiering.

De grote konkreties, in de bovenste lagen, vertonen een meer gevarieerd uitzicht. De centrale buis lijkt als uitgevreten, wordt onregelmatig in lijn en breedte.

In de aan schelpengruis rijke zandlagen van de Ordampolder tekent zich onder iedere knol een bruin, buisvormig uitlopertje in het zand. Dit buisje, uitermate broos, is glad aan de binnenzijde. Het loopt iets grillig vertikaal, heeft geen vertakkingen en kan, in uitzonderlijke gevallen, gevolgd worden tot 70 cm onder de knol.

De konkreties staan praktisch steeds rechtop, nochtans zijn er ook die neerliggen. In dit laatste geval zijn de transversale doorsneden, zowel van de knol, als van de centrale buis, elliptisch en liggen de knollen met de grootste as horizontaal. Schijnbaar zijn het omgekantelde konkreties, die reeds kunnen beginnen voorkomen ongeveer in dezelfde lagen waar de rechtstaande knollen zich aanmelden. Dit laat toe te besluiten dat de knollen, hoewel nog plastisch, reeds vroeg moeten gevormd zijn, tijdens of kort na de afzetting van de lagen.

Als verdere eigenschappen ten opzichte van het milieu dient te worden aangestipt dat de konkreties loodrecht staan ook daar waar de lagen schuin liggen in kriskras gelaagdheid, dat de gelaagdheid van het omgevende zand ofwel ongestoord is ofwel naar boven ombuigt, en verder dat op sommige plaatsen de knollen door gelaagdheidsvlakken van bovenliggend zand kunnen afgesneden of geërodeerd zijn. Ten slotte vertonen de konkreties de eigenschap zich laagsgewijs te installeren aan de onderkant van siderietbanken of -lenzen.

Een volledige afdoende verklaring voor de ontstaanswijze van deze knollen is nog niet gegeven. De goede bewaring van de delikate wandtekening der buis in de bleke knollen (apatiet) en de geleidelijke overgang, zoals uit het mikroskopisch onderzoek blijkt, van calciumfosfaat naar ijzercarbonaat, wijzen er op dat de knollen vroeger fosfaathoudend zijn geweest en een siderifikatie hebben ondergaan. Veronderstellingen zijn vroeger gemaakt geworden, naar aanleiding van eerder sporadische vondsten, dat de knollen omhullingen zijn van wortels voortkomend uit de turflaag. Ook kan men denken aan stengels van toenmalige strandplanten. Deze visies dienen waarschijnlijk te worden opgegeven en naar de mening van vooraanstaande paleontologen, zowel plantkundigen als zoölogen, dient eerder te worden gezocht in de richting van een dierlijk organisme met buisvormige woonst of lichaamsbouw.

Dek- en stuifzanden in het Antwerpse havengebied

door dr. J. DE PLOEY, Lovanium-Universiteit, Kongo.

De recente uitgavingen in het Antwerpse havengebied laten toe de kennis omtrent de geologische opbouw van deze streek te verruimen en te verfijnen.

Alle ontsluitingen vertonen daarbij een essentiële successie: 1) het onderste mariene substraat, 2) een bovenste serie deklagen bestaande uit klei, veen en ontkalkte zanden.

De doorsneden bij de nieuwe zeesluis te Zandvliet kenmerken zich door de volgende stratigrafische successie:

1) 0-2 m (gemiddelde diepte); roestbruine tot grijze alluviale klei. Plaatselijk vindt men ook fijnzandige intercalaties.
2) 2-4 m; veenformatie met houtresten. Plaatselijk werd het veen opgeruimd door kreken, die men terugvindt onder vorm van met zand en veenbrokken opgevulde geulen.
3) 4-6 m; ontkalkte zandige formatie rustend op de glauconietrijke Merksemiaan-zanden. Deze eenheid wordt gekenmerkt door een opvallende gelaagdheid wegens de afwisseling van mm- tot cm-dikke lemige fijnzandige en grofzandige laagjes, die over grote afstanden doorlopen. Bovenaan verschijnt soms een niet-gelaagd stuifzandfacies. Onderaan scheidt een grind- en keienvloer deze formatie af van de onderliggende mariene zanden.

Het lijdt geen twijfel dat de bovenste alluviale klei en zanden evenals het veen van holocene oorsprong zijn. Op grond van voorgaande onderzoekingen mag men immers aannemen dat de veengroei veelal vanaf het Atlanticum begon, terwijl de alluviale afzettingen vanaf het Subatlanticum werden afgezet, tijdens de doorbraak van het Schelde-estuarium (Duinkerkse transgressies).

Zoals blijkt uit de aanwezigheid van fossiele ijswiggen en gelaagdheidsverstoringen van kryoturbate oorsprong, werd de onderliggende zandige formatie blijkbaar aangevoerd in een periglaciaal milieu. Ook de basale grind en keienvloer, bestaande uit wind-gepolijste en door vorstwerking gebroken silex-knollen wijst op vorst- en windwerking.

De epidoot-groep naast granaat en alteriet, overheersen in de zware mineralen-associaties van deze periglaciale zandige formatie, terwijl hoornblende eerder zwak vertegenwoordigd is. In het mariene substraat daarentegen treedt hoornblende op de voorgrond. Bovendien zijn de mariene zanden duidelijk hoekiger; in de fraktie 350-500 mμ vindt men semi-hoekige en hoekige korrels, terwijl de periglaciale zanden vooral semi-afgeronde korrels bevatten.

Op grond van haar textuur, struktuur, zware-mineraleninhoud en morfoskopische kenmerken vertoont de periglaciale formatie een volledige overeenkomst met bepaalde facies van de Würm-pleniglaciale dekzanden, zoals deze, onder de naam van formatie van Wildert, beschreven werden in de Antwerpse Noorderkempen

(J. De Ploey)*. Deze zanden worden gekenmerkt door een overwegend eolisch facies; de oorsprong van dit eolisch facies werd uitvoerig besproken in onze studie over de periglaciale afzettingen in de Antwerpse Noorderkempen. We nemen tevens aan dat de basale, rechtlijnige grind- en keienvloer door deflatie ontstond. Ten slotte blijkt uit het mineralogische en morfoskopische onderzoek dat deze formatie, evenals in de Antwerpse Noorderkempen, minstens ten dele van allochtone oorsprong is.

In de uitgravingen van de zesde en zevende havendokken vinden we dezelfde formatie terug. Soms ontbreekt de typische gelaagdheid of de basale grindvloer, doch mineralogisch en morfoskopisch invidualizeert deze formatie zich steeds.

Uit de besproken waarnemingen blijkt dat Würmpleniglaciale dekzanden werden aangevoerd in een periglaciaal oer-Scheldedal. In tegenstelling met de Vlaamse vallei trad blijkbaar geen intense opvulling op. Evenmin vindt men duidelijke sporen van smeltwatererosie. Men zou er uit kunnen afleiden dat de «Schelde» gedurende de laatste ijstijd eerder een onbelangrijke rivier was, welke zich mogelijk in een smalle geul had ingesneden ten gevolge van de algemene zeespiegeldaling. Dit zou meteen verklaren waarom men, dicht bij de huidige Scheldeloop, een ongestoorde eolische dekzandformatie terugvindt.

Vanaf Zandvliet en Ossendrecht wordt het polderlandschap van de zandige Kempen afgescheiden door een convexe steilrand, die in de richting van Bergen-op-zoom overgaat in een 10-15 m hoge klifrand. Bij Ossendrecht wordt de randhelling overdekt door stuifzanden, welke van onder de polderklei opduiken. Deze stuifzanden sluiten aan bij het grote duinmassief dat zich langs de steilrand uitstrekt. De Kalmthoutse duinen vinden hun oorsprong in deze stuifzandformatie, de Formatie van Beerse, welke hoofdzakelijk van laatglaciale oorsprong is. Deze waarnemingen tonen aan dat het oer-Scheldedal bij het einde van de laatste ijstijd aan deflatie blootstond, hetgeen tevens de positie en het ontstaan van het grote stuifzandmassief verklaart.

Ook in de ontsluitingen van de nieuwe zeesluis en het zevende havendok worden plaatselijk stuifzanden aangetroffen aan de top van de dekzanden. Soms rust de alluviale klei of het veen op een min of meer ontwikkeld bodemprofiel, plaatselijk zelfs een heide-podzol, die zich aan de top van de zanden heeft gevormd. Slechts een nauwkeurig onderzoek zou kunnen uitwijzen tot welke formatie deze stuifzanden behoren. Mogelijk behoren zij tot de Formatie van Beerse doch men dient er rekening mee te houden dat vanaf het Neoliticum tevens verstuivingen konden optreden ten gevolge van de menselijke aktiviteit.

* J. De Ploey. Morfologie en kwartair-stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen. Acta Geographica Lovaniensia, 1961, vol. 1, 130 blz.

De ontwikkeling van het Scheldepolderlandschap

door prof. dr. F. SNACKEN, Rijksuniversiteit Gent.

Het is mogelijk, op grond van kartografisch materiaal en van historische dokumenten, op vrij nauwkeurige wijze na te gaan hoe, sedert de grote overstromingsfaze die in 1583 werd ingezet, het landschap zich in de Scheldepolders ten noorden van Antwerpen heeft ontwikkeld. Het is bekend welke polders door de strategische verwikkelingen van de 80-jarige oorlog werden onder water gezet, wanneer en hoe hun herinpoldering geschiedde. Door de bodemkartering van het gebied konden de littekens van de jongste en ook van sommige oudere overstromingen duidelijk gelokalizeerd worden en bovendien de aard, de dikte en de uitbreiding van de aanslibbingen bepaald[1]).

Geheel anders is het gesteld met de gegevens die betrekking hebben op het verder afgelegen verleden, dat niet alleen tot de vroegere tijdperken van de geschiedenis teruggaat, maar dat zich over de jongste geologische tijd uitstrekt. Immers is het in een gebied, waar het ingrijpen van de mens zou nauw met het optreden van natuurlijke verschijnselen samengaat, aangewezen de historische ontwikkeling in verband met de geologische processen te volgen.

Dit zullen we schetsmatig in deze bijdrage trachten te doen. Hierbij zal worden uitgegaan van het einde van het Pleistoceen, tijdstip waarop de naar het noordwesten gerichte « Vlaamse vallei » zover is gecolmateerd, dat de uitweg voor de wateren van het Scheldebekken meer en meer bemoeilijkt wordt[2]).

DE GEOLOGISCHE ONTWIKKELING

Nadat grote hoeveelheden zand en, in mindere mate, leem zich tijdens het *Würmglaciaal* op de tertiaire en oud-kwartaire formaties van noordelijk Vlaanderen hadden afgezet, werd daarbij ook de Vlaamse vallei grotendeels opgevuld. De eolische verwerking van dit materiaal tijdens het *Tardiglaciaal* bracht dwarsrichels tot stand, waardoor ten slotte de geulen die het « Schelde »-water vervoerden, werden versperd.

Het is kort daarop, vermoedelijk bij de aanvang van het *Boreaal*, dat het toenmalig onbelangrijke zijdal van Hoboken-Rupelmonde de nieuwe en enige afvoergeul werd, langswaar de rivierwateren van het Scheldebekken een uitweg vonden naar zee. Het lage waterscheidingsgebied tussen de bekkens van Maas en Schelde, ten noorden van Antwerpen, was daartoe geen voldoende hindernis. Het aangevoerde Scheldewater heeft vanaf een bepaald ogenblik een noord-zuid gerichte beekdepressie gevolgd en daarbij de stroomrichting omgekeerd.

Ten gevolge van de toenmalig nog lage zeespiegelstand en van het definitief verdwijnen van de permanent bevroren ondergrond, kon de nieuwe benedenScheldeloop zich tamelijk snel insnijden. In het zuiden, tussen Rupelmonde en Schelle, is de bedding spoedig op de Rupelse klei terecht gekomen en werd het vertikaal erosieproces enigszins geremd, doch verder noordwaarts kon de insnijding des te gemakkelijker doorgaan in het losse zandsubstraat.

Van deze boreale vallei zijn er tot nog toe slechts weinige sporen teruggevonden. Nabij Doel werd onder het veen een fijn grijsblauw veenhoudend zand aangeboord, dat als zodanig kan worden geïnterpreteerd [3]).

In de talrijke ontsluitingen die ten gevolge van de havenuitbreiding ten noorden van Antwerpen werden gemaakt, rust echter het veen steeds direkt op het oud-kwartaire of op het tertiaire substraat.

De vallei bevindt zich dus ofwel ten westen van de huidige Schelde, ofwel verliep zij ongeveer op dezelfde plaats, maar werd zij grotendeels door de jongere stroom opgeruimd. Haar tracé dient gesitueerd ergens tussen de uiteinden van twee belangrijke barrières: op de linkeroever het oostelijke uiteinde van de rug De Klinge-Kieldrecht, op de rechteroever het westelijke uiteinde van de rug Stabroek-Oud-Lillo. Naarmate de zeespiegel rees, werd de boreale vallei geleidelijk opgevuld. In Zeeland treedt het mariene karakter van het opvullingsmateriaal op de voorgrond, waar het in verband staat met de Flandriaanse transgressie[4]). Het is bekend als «oud blauw» zeezand of zeeklei en vormt het ekwivalent van de Assise van Kales in de Vlaamse kustvlakte.

Toen op het einde van het *Atlanticum* de transgressiebeweging van de zee tijdelijk ophield, kon er *veen* tot ontwikkeling komen. Het ontstond aanvankelijk in de laagste delen en nam bij voorkeur uitbreiding in de wijde depressies, die zich vaak tussen de naar het oostnoord-oosten gerichte ruggen uitstrekten. Het ontwikkel-

de zich tot 4 à 5 meter dikte, daar waar het nu, door kompaktie, nog 1 à 2 meter bedraagt. De vondst nabij het Vlaams Hoofd van een bronzen speld aan de basis van het veen wijst erop dat de veenvorming hoofdzakelijk tijdens het *Subboreaal* plaatsvond [5]).

De algemene verbreiding van de woudvegetatie in het beschouwde gebied, alsmede over geheel het stroombekken, had voor gevolg dat slechts zeer geringe hoeveelheden sleeplast werden afgevoerd. De eventuele afzetting ervan beperkte zich tot de bedding van de Schelde en tot de beeklopen die er in uitmondden.

Ongetwijfeld heeft de opeenvolgende reeks *dwarsruggen*, waardoor het water een weg had gevonden, de ligging van de stroom in sterke mate gestabiliseerd. Immers, deze ruggen, die van het west-zuid-westen naar het oost-noord-oosten de Scheldevlakte doortrekken, zijn niet geheel uit los stuifzand opgebouwd, doch bevatten vaak een kern bestaande uit *fossiele bodems met* rood-bruine, verkitte horizonten. Dit meer kompakte materiaal heeft laterale verplaatsing van de stroom op de aanvankelijke doorgangspunten belet. Vandaar dat de Schelde tussen Antwerpen en Bat geen meanderend verloop had, maar toen reeds in *zig-zag* van het ene doorgangspunt naar het andere stroomde. Later heeft er zich wel stroomverbreding en -verdieping voorgedaan, maar het tracé is, in zijn grote trekken, behouden gebleven.

Uit bijgaande kaart (fig. 1) blijken meerdere van de ruggen op de linkeroever vrij goed bij deze van de rechterover aan te sluiten: deze van Zwijndrecht vindt men voortgezet bij Merksem, deze van Beveren, met de opduiking van Kallo, kan aan de overzijde gevolgd worden vanaf de «Rode Weel», oostwaarts naar Wilmarsdonk. De zandrug van Verreboek wijst in de richting van Oud-Lillo, op een donk gelegen, terwijl deze van Kieldrecht op Berendrecht aanloopt. Het eilandje aangegeven in het Verdronken Land van Saaftingen is niet gekontroleerd: het is gesteund op een mondelinge mededeling van een schapenboer, die zijn kudde in het schor van Saaftingen laat weiden en die er een plaats kent, waar zoet water ontspringt (dus een donk), plaats die geregeld door de kudde wordt opgezocht.

Tot wanneer de ontwikkeling van het veen zich heeft voortgezet is, bij gemis aan archeologische vondsten, niet uitgemaakt. Men zou geneigd kunnen zijn, naar analogie met de toestand in de kustvlakte, het einde ervan bij de aanvang van de Duinkerkiaanse transgressie te plaatsen.

Rekening houdend met de geringe breedte van de stroom, met het feit dat getijden zich nog niet deden gevoelen en met de grote afstand tot een monding, die niet de zee was maar de Maas, dit alles maakt de kansen op een zo vroegtijdige mariene beïnvloeding onwaarschijnlijk. Het is inderdaad uit bodemkundig onderzoek gebleken dat bij het begin van onze jaartelling noch de Oosterschelde noch de Westerschelde als estuaria bestonden. De toenmalige Schelde liep toen langs een geul die aan de oostzijde van het eiland Tolen ligt, in noordoostelijke richting, via de Striene, naar de Maas, feit dat in overeenstemming is met de aan Cesar toegeschreven bevinding [6]). De Maasmonding zelve was toen nog niet tot een estuarium van enige betekenis uitgebouwd. Getijde-invloeden bleven uiter-

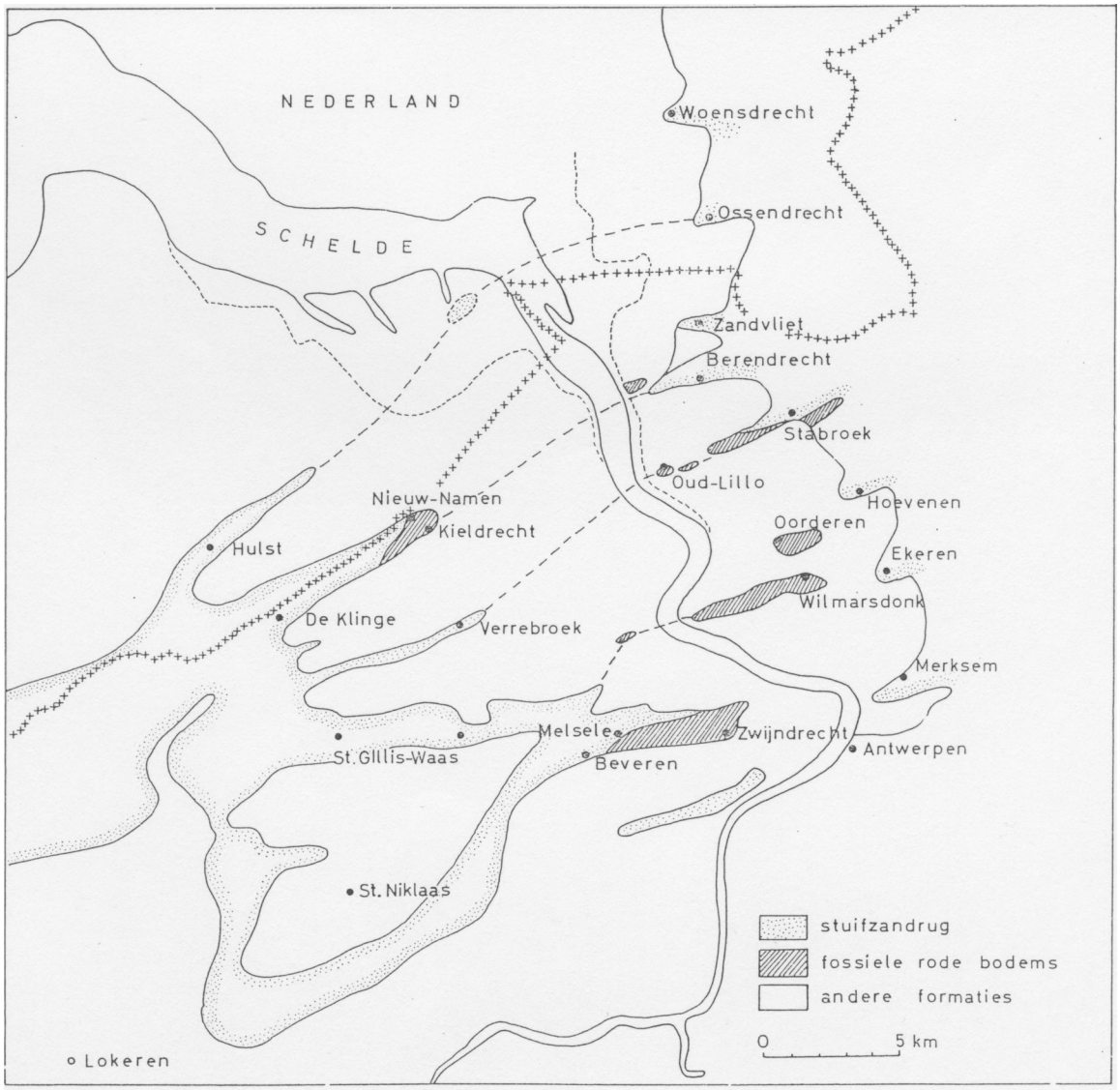


Fig. 1.

aard beperkt tot de gedeelten van Zeeland die nabij de kust waren gelegen.

DE HISTORISCHE ONTWIKKELING

Wat in geheel het veengebied ten zuiden van de lijn Wilmarsdonk-Kallo opvalt, is de langzame verdrinking van het veen. Aan de top gaat het moerasveen over naar een kleiig veen, dat over een dikte van 5 à 10 cm een geleidelijke overgang vormt tussen het veen en de daarover uitgespreide klei. Deze laatste doet zich voor als een taaie, grijze, kalkloze kleilaag, waarvan de dikte meestal niet meer dan 50 à 60 cm bedraagt. Deze laag kon het best gevolgd worden in de polder van Austruweel, die tijdens de karteringswerkzaamheden, in 1950, nog niet met baggerzand opgespoten was. Op drie plaatsen werden in het kleidek en reikend tot aan de basis van het veen geulen aangetroffen die met grijs fijn gestratifieerd zand waren opgevuld. Aan de basis alterneerden deze zandlaagjes met dunne veenlaagjes. Sommige niveaus bevatten kleine broze fossielen, vnl. Bythinia en Planorbis. Het rustige en tevens *zoetwaterkarakter* van deze afzettingen vormde een uitgesproken kontrast met de daarboven gelegen estuariumafzettingen.

Het feit dat zowel in de polder van Austruweel als in de Melselepolder deze komklei tot vlak bij de Scheldedijk reikt, wijst er bovendien op dat de toenmalige Schelde veel smaller was dan de huidige, op dezelfde plaats.

Het lijdt geen twijfel dat de verdrinking van het veen en de bedekking met deze zgn. *klei van Austruweel* verband houdt met de D*uinkerkiaanse transgressie.* De afzetting vastknopen aan een bepaalde transgressiefaze is niet aangewezen, in de huidige stand van onze kennis, omdat de duidelijke regressieve fazen, die het in de kustvlakte mogelijk maken de horizonten goed te onderscheiden, zonder effekt blijken geweest te zijn in de Scheldepolders.

Door de bodemkartering op Tolen is aangetoond dat omstreeks 500 na Chr. de erosie en sedimentatie vanuit zuidwestelijke richting plots zijn toegenomen [7]). Dit wijst erop dat de verbinding met de zee meer direkt is geworden, wat normaal dient samen te gaan met de ontwikkeling van de *Oosterschelde.* Hierbij is vastgesteld dat de Striene grotendeels werd gecolmateerd en niet meer de afvoer van het Scheldewater naar de Maas verzekerde: de Oosterschelde is dan het nieuwe mondingsgebied van de Schelde geworden. De getijde-invloed is toegenomen, maar heeft zich niet aanmerkelijk ten zuiden van Bergen-op-Zoom doorgezet: oorzaak daarvan was de gevoelige *regressie*, die zich gedurende de *Karolingische* tijd heeft voorgedaan en die bewoning mogelijk maakte o.a. op Tolen en op Schouwen. Deze bewoning bezette in hoofdzaak de geïnverseerde kreekruggen in een overigens *onbedijkt* land.

Hoe het toen precies met de Honte gesteld was is nog niet volkomen duidelijk. Het is evenwel niet uitgesloten dat tijdens deze regressiefaze het kontakt met het Walcherse krekenstelsel werd verbroken en dat de Honte, in de VIIIste en IXde eeuw, een naar het oosten gerichte waterloop was die zich nabij Bat in de Schelde wierp.

Met de aanvang van de *Duinkerke-III-faze* traden grondige wijzigingen op in de Vlaamse kustvlakte en, een weinig later, *tussen de jaren 1000 en 1200,* in geheel Zeeland. Het zeepeil steeg derwijze dat bewoning op onbedijkt land onmogelijk werd. Ondertussen hadden de Noormannen, die gedurende de IXde eeuw de vlakte beheersten, het gebied verlaten en werd het de plattelandsbevolking mogelijk zich te organizeren. Aanvankelijk werden afdammingswerken uitgevoerd, doch kort daarop — dit is tussen 1000 en 1100 — is men tot dijkbouw overgegaan.

Ook op Belgisch grondgebied deden de getijden zich veel sterker gevoelen en drong *brak water* steeds dieper het land binnen: zowel op de linker- als op de rechteroever werd het bedreigde land ingedijkt. In 1124 werd de polder van Lillo heringedijkt, wat dus inpoldering van het gebied vóór die datum betekent. In 1239 kwam het Noordland onder Zandvliet aan de beurt. Op de linkeroever viel de indijkingsfaze een weinig later: in 1260 is er vermelding van bedijking in de streek van Doel en in 1262 werd de polder van Harnesse door Dirk van Beveren aan de Sint-Pietersabdij afgestaan.

Buitendijks ontwikkelen zich *schorren* waarvan de vlakte door vertakte kreekstelsels werd versneden.

Zolang het indijken zich beperkte tot het beschermen van aanwassen (door zgn. «sidewinden»), geschiedde het aanslibbingsproces zeer langzaam en waren overstromingen met rampspoedig karakter zeldzaam. Van zodra echter de indijking de bescherming van uitgestrekte gebieden omvatte zoals algemeen vanaf 1260 geschiedde,

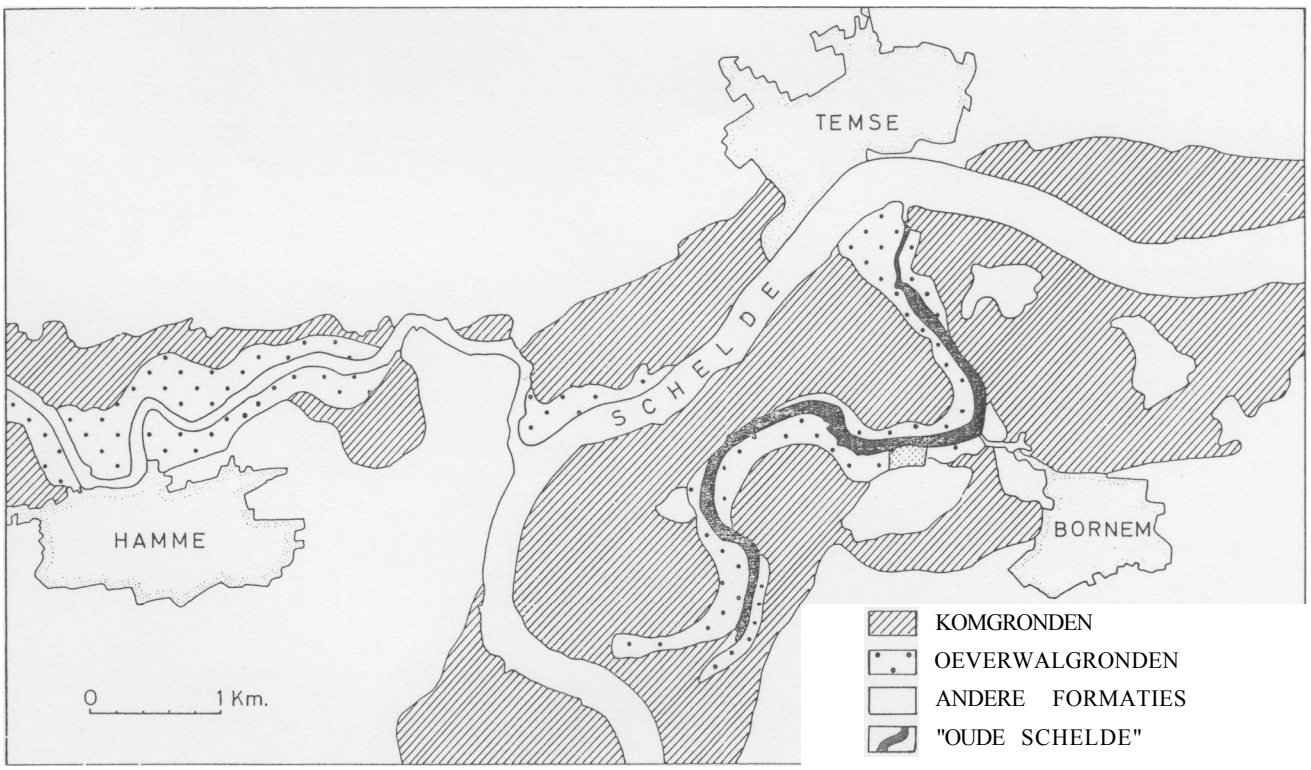


Fig. 2.

werd de stroom tussen sterk vernauwde banen geleid en van zijn natuurlijk overstromingsareaal afgesneden. Hierdoor werd een tweevoudig verschijnsel veroorzaakt: buitendijks *hogere opstuwing* van het vloedwater en versnelling van de sedimentatie in het opengebleven schorgebied, binnendijks kunstmatige ontwatering en daardoor *inklinking* van de kleiige afzettingen en vooral van het veen. Kortom, ophoging buitendijks, verlaging en dus natter wordend binnendijks.

Deze binnendijkse verlaging werd, vooral in de Wase polders, in de hand gewerkt door de zeer uitgebreide *uitvening* die in geheel het gebied heeft plaatsgehad, vnl. gedurende de XIIIde, XIVde en XVde eeuw. Turf was niet alleen een gegeerde brandstof, maar ook een grondstof voor zoutwinning. De steden Antwerpen en Mechelen waren er de grote afnemers van. Het is dan ook niet te verwonderen dat de stormvloeden, vooral vanaf de XIIIde eeuw, een biezonder rampspoedig karakter verkregen. Toen een dijk doorbrak, belette niets de doortocht van het overstromingswater. Er is meer: door hogere opstuwing bij vloed reikte het overstromingswater ver over de oude grenzen van de alluviale vlakte. Immers, in de randgebieden werden de voormalige zandgronden met het zoute water bedekt, dat er, bij het inzetten van de eb, een laagje bruine kalkrijke estuariumklei achterliet. Het is vooral in de vlakke gebieden, gelegen tussen de pre-atlantische zandruggen, dat de laterale uitbreiding van de estuariumklei het grootste is geweest: in dit geval verkeert op de rechteroever het poldergebied van Stabroek en dat van Hoevenen, terwijl op de linkeroever geheel de streek ten westen van de lijn Kieldrecht, Verrebroek, Vrasene sterk werd aangetast. In het licht van deze gebeurtenissen is het meteen ook begrijpelijk dat de bewoners hun woningen, hun dorpen bij voorkeur op de natuurlijke zandopduikingen hebben gebouwd [9]). Op Belgisch grondgebied was er toen in geheel het beschouwde polderland geen enkel dorp op polderklei gelokalizeerd. Alle waren op de zandruggen gevestigd, zoniet op de zandkopjes die er in het verlengde van liggen (zgn. «donken»). Op één uitzondering na (het dorp Doel) is ook heden nog de toestand ongewijzigd. Wilmarsdonk en Meerdonk verraden aldus de aard van hun site door hun naam.

Met het overstromen van een polder werd wel de landbouwbedrijvigheid stilgelegd, maar niet de moernering. Aan de oevers van de vers uitgeschuurde kreken kwam bij lage tij het veen bloot. Met vletten en diverse vaartuigen konden deze plaatsen bereikt worden bij hoog water en het volstond, ter plaatse, de eb af te wachten om daarop tot het uithalen van de veenlaag te kunnen overgaan. Het werk kon tot bij opkomend water worden voortgezet, totdat de schuit vlot kwam en met haar lading de kreek kon uitvaren. Een sprekende getuigenis van deze werkwijze blijkt uit de bodemkaart van de Doelpolder waar, langsheen de geul aansluitend bij het « Grote Gat» en een brede boog doorheen de Doelpolder beschrijvend, de *uitgeveende gronden langs de kreekoevers* zijn gekarteerd [10]).

Deze renderende, maar vaak noodlottige bedrijvigheid werd dan ook mettertijd aan een strikte reglementering onderworpen. Zeer vroeg moet deze reeds van toepassing zijn geweest op de polders van Austruweel en Borgerweert, waarin ondanks de algemene verbreiding van een behoorlijke veenlaag op geringe diepte (50 à 70 cm) nooit enig veen werd gestoken.

Vandaar dan ook dat deze polders minder van de overstromingen hebben te lijden gehad.

Bij de *stormvloed van 1375-76*, die ten oosten van Biervliet een aangrijpingspunt vond in de «Breckmene», werd een bres geslagen in de gordel van de beschermende kustpoldertjes [11]). Het water overstroomde het achterliggend dekzandgebied tot aan de stuifzandrug van Bentille en in het oosten werd, nadat de inbraak zich in 1377 tot de polder van Saaftingen had uitgebreid, ook een groot gedeelte van het land beoosten Hulst overstroomd. Het uitgebreide gebied dat aldus verloren ging, werd, terwijl de herindijkingen aan gang waren, nogmaals in 1394 en in 1404 geteisterd. Het aandeel van elk van deze overstromingsfazen is niet precies bekend.

Een van de belangrijkste gevolgen van deze reeks overstromingen is de aanzienlijke *verbreding en verdieping* welke de *Westerschelde* hierdoor onderging met toename van het getij als rechtstreeks gevolg.

De eilanden Wulpen en Koezand gingen definitief verloren, terwijl Biervliet als een eilandje voor eeuwen van het vasteland werd gescheiden. Ook het grootste gedeelte van het noordelijke Waasland werd overstroomd. Zo is het uit de Chronycke van Vlaanderen bekend [12]), dat de polders van Melsele en Beveren, die pas waren ingedijkt, op 9 november 1404 terug aan het drijven gingen. De verkoop van de gronden van Melselebroek en Kalvingsheertsweert werd bevestigd door een oktrooi van Jan van Bourgondië, op 1 oktober 1414, de voorwaarde inhoudend dat het gebied binnen de vijf jaar zou worden ingedijkt. Uit de beschrijving blijkt dat de Blokkersdijk, bij Zwijndrecht, de Meikader, bij Kallo, en de Kille, bij Kieldrecht, bestonden. Het is zelfs waarschijnlijk dat beide laatste ten gevolge van de overstromingen van 1376-1404 zijn ontstaan. In 1416 is er met het indijkingswerk begonnen en werd, stuk na stuk, het overstroomde gebied teruggewonnen. Ondertussen is het getij ook stroomopwaarts van Antwerpen in sterke mate toegenomen.

Van deze toename getuigt de stroomverlegging, die zich aan de monding van de Durme heeft voorgedaan.

In 1240 is het land van Weert nog *onbedijkt.* Op dat ogenblik vloeit de Schelde nog via de « Oude Schelde » naar Temse, waar ze de Durme opvangt [13]). Omstreeks 1354 zijn er in de Oude Weert indijkingswerken aan gang, maar tot een algehele inpoldering schijnt het niet te zijn gekomen. Er blijkt dus regiemverandering op til te zijn. De vloeden worden agressiever. Op een tijdstip dat we geneigd zijn in de tweede helft van de XIVde eeuw te plaatsen, wordt de rechteroeverwal van de Durme doorbroken en ontstaat een verbinding met de Schelde bij Sint-Amands. Hierdoor wordt de *Durmemonding* naar Drijgoten, onder Tielrode, *verlegd* en komt de «*Oude Schelde*» als verlaten arm tot stand. Deze arm zal, tijdens de latere en definitieve indijking, in het nieuwe poldercomplex worden opgenomen. In 1523 is het werk voltooid (fig. 2).

Op een gelijkwaardige ontwikkeling wijst de indijking van sommige *broeken.* Bij Steendorp wordt, in 1435, het Schouselebroek ingedijkt. Er zijn geen aanwijzingen dat er voordien enige indijking heeft plaatsgehad. Ook hier blijkt de behoefte tot inpoldering met de stijging van het vloedpeil, dus met de toenemende getijdeamplitude gepaard te gaan.

Alhoewel het delven van veen in de heringedijkte polders werd hernomen, maar geleidelijk aan een strengere reglementatie onderworpen, toch valt het op dat zowel in de Wase als in de Antwerpse Scheldepolders voortaan het aksent van de ekonomische aktiviteit verschuift naar *landbouw.* De XVde en XVIde eeuw zijn dan ook tijden van relatieve welstand. Op de rijke, toen pas opgeslibde gronden werd voornamelijk *akkerland* aangelegd, terwijl de polders van Austruweel en Borgerweert, die nagenoeg geen vers alluvium hadden ontvangen en waar de klei van Austruweel aan het oppervlak of op geringe diepte lag, in *weiland* werden gelegd. Het is op deze weilanden dat het slachtvee, ter bevoorrading van de Antwerpse markt, geteeld werd.

De Antwerpse haven ontwikkelt zich tot een centrum van grote bedrijvigheid en de karakken en galjassen, die, zwaar beladen, de Schelde opvaren, kiezen voortaan uitsluitend de Westerschelde als toegangsweg.

DE JONGSTE ONTWIKKELING

De overstromingen die ten gevolge van stormvloeden nu eens hier, dan weer elders het polderland teisterden, zijn tussen 1404 en 1570 als herstelbare accidenten te beschouwen. De novembervloed van het jaar 1570 zet echter een reeks rampen in, die geheel de konfiguratie van het Wase en Antwerpse polderland gaan wijzigen.

Maar veel meer nog dan de natuurlijke oorzaken spelen van dat ogenblik sociale ontreddering en vooral militaire aktie een doorslaggevende rol. Met het uitbreken van de *80-jarige oorlog* wordt de Schelde het bij uitstek betwiste gebied en worden de dijken met schansen en forten versterkt.

De reeks *strategische dijkdoorstekingen* begon in 1576 met de polder van Borgerweert; deze polder werd het jaar nadien opnieuw ingedijkt toen de Spanjaar-

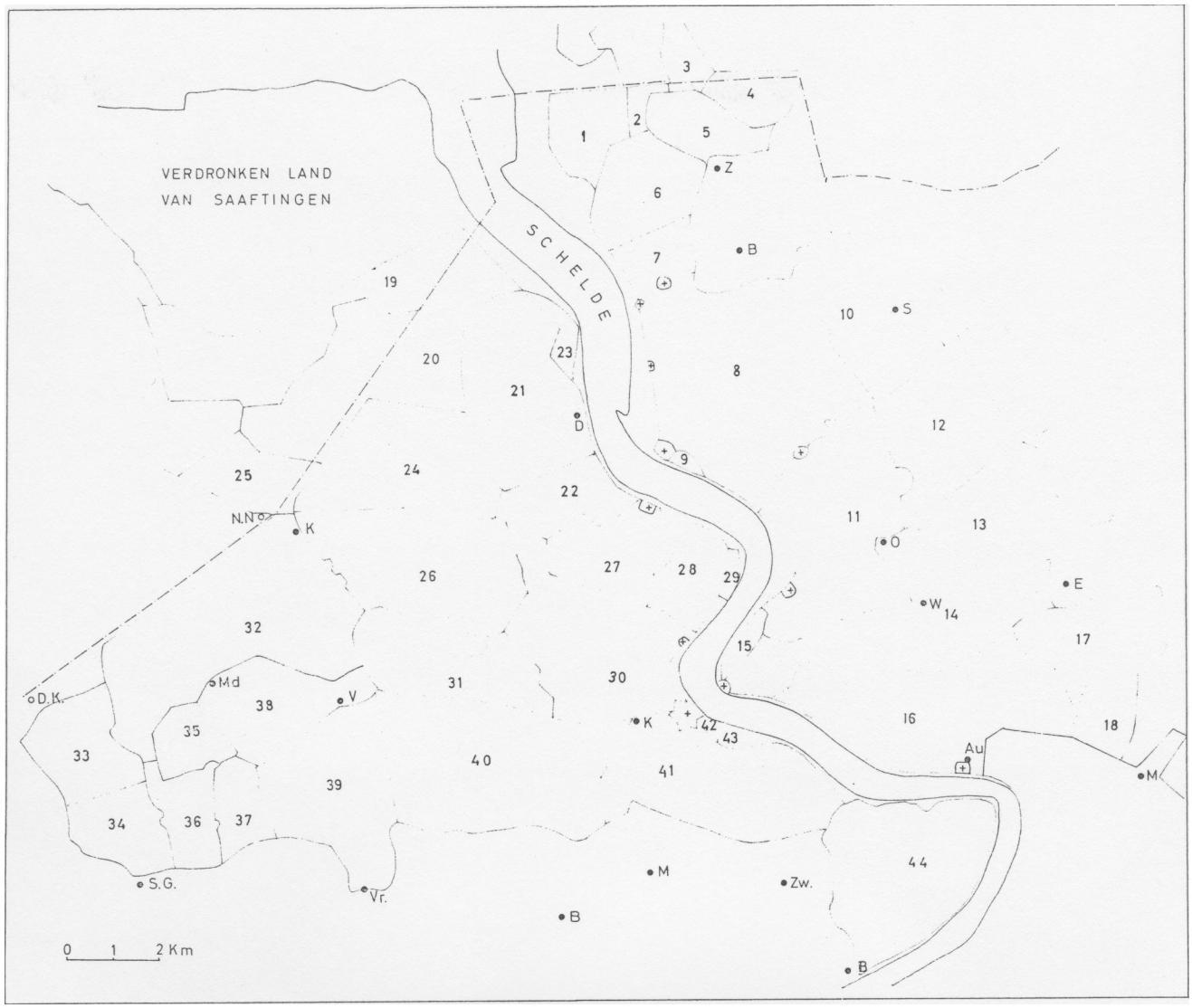


Fig. 3. — Kaart van de polders met hun benaming

Rechteroever

1. Nieuwe Westland
2. Haegemans
3. Nieuwe Zuid
4. Kabeljauw
5. Noordland
6. Zandvliet
7. Berendrecht
8. Lillo
9. Potpolder Lillo
10. Stabroek
11. Oorderen
12. Ettenhoven
13. Muisbroek
14. Wilmarsdonk
15. Wijtvliet
16. Austruweel
17. Ekeren
18. Merksem

Linkeroever

19. Hedwige
20. Prosper
21. Grote Doel
22. Kleine Doel
23. Peerdschor
24. Nieuw Arenberg
25. Saaftingen
26. Oud Arendberg
27. St. Anna
28. Ketenisse
29. Potpolder Ketenisse
30. Kallo
31. Sint-Niklaas
32. Konings Kieldrecht
33. Rode Moer
34. St. Gillis Broek
35. Turfbanken
36. Saliegem
37. Rietland, enz...
38. Hoog Verrebroek
39. Vrasene
40. Beveren
41. Melsele
42. Royal
43. Krankloon
44. Borgerweert

den Antwerpen tijdelijk verlieten. Doch in 1583 werd de stad door Farnèse belegerd en werden de dijken zowel op de linker- als op de rechteroever doorgestoken. De Doelpolder bleef nog een paar jaar gespaard, doch werd in 1585 eveneens geïnundeerd. De bevolking vluchtte eerst op de dijken en nadien, toen geen herindijking in het vooruitzicht kwam, naar het « hoogland » of naar andere streken.

Op de linkeroever is het vooral vanuit Saaftingen dat zich een groot kreekstelsel ontwikkelt, dat de Grote Geul bij Kieldrecht vervoegt en dat ook in verbinding treedt met de Meikader bij Kallo.

Het is vanuit dit stelsel dat het schor aanwast en dat geulen het oppervlak doorsnijden. In het achterland breidt het kleidek zich uit tot bij De Klinge. Het is dan ook in deze afgelegen gebieden dat de eerste herindijkingen werden aangevat, waarbij de opduiking van Verrebroek-Meerdonk tot steunpunt wordt gekozen: achtereenvolgens komen de Rode Moer (1615), St.-Gillis Broek (1615), Hoog Verrebroek ((1616), Beveren (1619) en Vrasene-polder (1622) aan de beurt. Het zijn alle polders die tot het westelijke randgebied behoren en die niet van eerste strategische betekenis zijn.

Op de rechteroever duurt de overstroming aanmerkelijk langer: het eerste grote werk is de aanleg van de Wilmarsdonkse dijk in 1649, waarvan de as op de opduiking van Wilmarsdonk wordt gelegd en waardoor de indijking van de «weipolders» mogelijk wordt [14]). Omtrent hetzelfde tijdstip worden in het noorden de polders van Lillo, Zandvliet en Berendrecht heringedijkt, en ook daar wordt een landwaartse uitbreiding van het alluvium vastgesteld. De kreekstelsels (Snelle kreek, Stoofgat) hebben er niet de uitbreiding van het Saaftingse kreekstelsel, maar ze bezorgen het land een nieuwe verdeling. In 1688 volgt de indijking van de Kabeljauwpolder en in 1713 is het gebied heringedijkt.

Tussen de noordelijke en de zuidelijke zone blijft nog tot 1722 het centrale gedeelte rondom Oorderen drijvend. Een belangrijk kreekstelsel vertakt zich vanuit de Grote Geul. De andere polderdijken zijn hersteld, wat een snelle opslibbing van het schor voor gevolg heeft. Hierdoor wordt de bodemgesteldheid op biezondere wijze verbeterd, zodat na de ingebruikneming in 1723 de oogsten uiterst renderend zijn. Met de indijkingen van de jongste aanwassen worden enkele kleinere polders toegevoegd: Wijtvliet (1774), Haegemans (1863), Potpolder-Lillo (1916) en Nieuw Westland (1942).

Op de Linkeroever worden de nog te verrichten indijkingen eveneens vanaf 1649 hernomen (St. Anna en Ketenisse), doch de gebieden zijn veel groter, zodat hier slechts stapsgewijze wordt vooruitgegaan. Hierbij worden enerzijds de opduikingen van Kieldrecht, Verreboek en Kallo en anderzijds de ringvormige dijk van de Doelpolder tot steunpunten van het nieuwe dijkstelsel gekozen.

Deze dijkbouw verloopt niet steeds met het gewenste sukses: sommige dijkdoorbraken doen zich kort na de herindijking voor, zoals deze in de oostflank van de Konings-Kieldrechtpolder in 1654. In het drijvend polderland wordt het opslibbingsproces niet alleen bepaald door de ligging van de grote kreekgeulen, maar ook door het verloop van de dijken, die voor hun voet meestal een dik dek van zware klei zien ontstaan.

Dit heeft voor gevolg dat elke heringedijkte polder uit een zwaar en uit een licht gedeelte bestaat, waarvan de begrenzing meestal dwars over de as van het Saaftingse kreekstelsel verloopt.

Dit verschijnsel is biezonder goed te bemerken op de bodemkaart, kaartblad Lillo, betreffende de polders van St. Niklaas (1653), Oud Arenberg (1688), Nieuw Arenberg (1784) en Prosper (1846).

In deze polders is het wegennet en het site van de bewoning nauw aan de zandige afzettingen gebonden, met voorkeur op de oeverwallen [15]).

Het beeld van de indijkingsgeschiedenis is met deze bondige vermelding ver van volledig. Opzoekingen zoals deze van Broeder Aloïs en van A. Havermans zijn substantiële bijdragen die de kennis van het voormalige polderland vervolledigen [16]).

Wat het meest treft wanneer men in de Scheldepolders de toestand van vóór 1583 met deze van nadien vergelijkt, is de zeer intense opslibbing die vanuit het inbraakgat van Saaftingen heeft plaatsgegrepen. Al wat in de invloedszone ervan heeft gelegen, is met een dik pakket stroomzand of schorklei, van meestal meer dan 2 meter, bedekt. Daarbij werden de sporen van het oudere polderland uitgeveegd, zodat er bij de herverkaveling nagenoeg geen getuigenissen meer zijn overgebleven. Wil men, op de linkeroever, van de oudere toestand iets weervinden, dan dient daartoe het zuidelijke poldergebied met de polders van Borgerweert, Melsele, Beveren en Vrasene te worden nagegaan. Ook in de Doelpolder werd de oudere struktuur minder aangetast.

Op de rechteroever is de opslibbing het verst doorgegaan in de polder van Oorderen, maar voor het overige, gaande van Austruweel tot Zandvliet, is het jonge sedimentatiedek zelden dikker clan 2 meter en soms aanmerkelijk dunner. Aanwijzingen over vroegere toestanden zijn frekwenter. Ze waren het meest evident in de Oudlandpolders van Austruweel en Wilmarsdonk.

De XVII-eeuwse en latere verkavelingen vertonen, globaal beschouwd en op enkele lokale aanpassingen na langsheen de kreekgeulen, een zeer regelmatig geometrisch patroon. Men kan bij een eerste kennismaking met het gebied bezwaarlijk verwachten dat onder dit beeld van regelmatigheid een zo ingewikkelde geschiedenis schuilgaat.

Toch kan het onderwerp niet worden afgesloten zonder vermelding te maken van de grootscheepse wijziging die het polderland thans op de rechteroever ondergaat. Op een vrij smalle strook na, die aan de oostelijke rand is gelegen, wordt het gebied hetzij uitgebaggerd hetzij met baggerzand opgespoten. Tijdens deze werkzaamheden konden interessante ontsluitingen worden nagegaan, wat toeliet de kennis omtrent de geologische opbouw van de ontsloten formaties te verruimen, doch wat ook het einde betekent van een landschap, waar de mens gedurende meerdere eeuwen voor gezwoegd en gevochten heeft.

BIBLIOGRAFIE

1. F. SNACKEN, Kaart en verklarende teksten bij de kaartbladen Kieldrecht-Lillo, Antwerpen, Beveren-Waas, St. Gillis-Waas (dir. prof. dr. R. TAVERNIER, CVB-I.R.S.I.A.), Gent, 1960-62.
2. De pre-holocene geologische ontwikkeling van het beschouwde gebied is in dit volume door F. GULLENTOPS behandeld.
   Begrenzing, opbouw en morfologie van de « Vlaamse vallei » worden voornamelijk door R. TAVERNIER en G. DE MOOR bestudeerd:
   R. TAVERNIER, Les formations quaternaires de la Belgique en rapport avec l'évolution morphologique du pays, Bull. Soc. Belge de Géologie, t. LVII, 1948, blz. 609-641.
   R. TAVERNIER, L'évolution du Bas Escaut au Pleistocène supérieur, Bull. Soc. Belge de Géologie, t. LV, 1946, pp. 10-125.
   G. DE MOOR, Bijdrage tot de kennis van de fysische landschapsvorming in Binnen-Vlaanderen, Tijdschr. Belg. Ver. Aardr. Studies, jg.. 32, 1963; blz. 329-433.
3. Boringsregister Geologische Dienst, Brussel, kaartblad Lillo.
4. S.F. KUIPERS, Een bijdrage tot de kennis van de bodem van Schouwen-Duiveland en Tholen naar de toestand vóór 1953, Wageningen, 1960, 192 blz., inz. blz. 3-12.
5. L. DE PAUW en G. WILLEMSEN, La sépulture néolithique de la tête de Flandre, Ann. Oudheidk. Kring Land van Waas, dl. 23, 1904, blz. 18-26.
6. U. TUINSTRA, Bijdrage tot de kennis van holocene landschapsontwikkeling in het noordwesten van Noordbrabant, Groningen 1951, blz. 138.
7. S.F. KUIPERS, op. cit. blz. 30.
8. F.G.C. DE MEYER, Beschrijving van het dorp Berendrecht, Antwerpen,. 1855.
   F. DE POTTER en J. BROECKAERT, Geschiedenis van de Gemeenten der Provincie Oost-Vlaanderen, Gent, 1878.
9. F. SNACKEN, Het verband tussen bewoning en bodemgesteldheid in de Scheldepolders, Natuurw. Tijdschr., 38, Gent, 1958, blz. 191-212.
10. F. SNACKEN, Bodemkaart van België, kaartblad Lillo.
11. I. OVAA, Overzicht van de bodemgesteldheid van Westelijk Zeeuws-Vlaanderen, gezien in het licht van genese en historie, Boor en Spade, IX, 1958, blz. 70-88.
    J. DE BUCK, Bodemkundige kennismaking met Oostelijk Zeeuws Vlaanderen. Boor en Spade, IX, 1958, 88-96.
    M.K.E. GOTTSCHALCK, Historische geografie van Westelijk-Zeeuws Vlaanderen, 2 dln. Assen, 1957.
12. H. VERBRAECKEN, Geschiedenis van de gemeente Melsele, Oudheidk. Kring Land van Waas, dl. 13, 1891, blz. 133.
13. J. VAN RAEMDONCK, Le pays de Waas préhistorique, St. Niklaas, 1878, 153 blz., vnl. blz. 13-15.
14. F. PRIMS, Polderdijkstudiën, Antverpiensia, 22e reeks, Antwerpen, 1952.
15. F. SNACKEN, op. cit. (9), vnl. Pl. XI.
16. R. HAVERMANS, De Haven groeit, de Polder sterft, 6 bijdragen in Antwerpen, Tijdschr. stad Antwerpen, 1956, 1957, 1958, 1959.
    Br. ALOIS, P.J. VANDERVEE, Het Land van Waas, 28-59, 1953, blz. 1-112.

Oude geulen in de polders ten noorden van Antwerpen

door ir. A. STERLING, Hoofdingenieur-Direkteur van Bruggen en Wegen, Direkteur van het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout-Antwerpen.

1. INLEIDING

Tijdens de uitvoeringswerken van het kanaaldok dat de huidige Antwerpse haven zal verbinden met de nieuwe zeesluis te Zandvliet, stuitte men op een zeer dikke sliblaag ter plaatse van de samenvloeiing van de Grote Geul en de Zandvoortkreek, ongeveer 1000 m westelijk van Oorderen. Deze alluviale sliblaag met een dikte van 6 à 7 m rustte op het zeer harde schelpzand, waarin de oostelijke kaaimuur van het kanaaldok moest gefundeerd worden. Met behulp van konventionele metoden was het onmogelijk een sleuf doorheen deze sliblaag te maken; de taluds stelden zich in onder een helling van ongeveer 5 %. Het optreden van grondverschuivingen, die aangrenzende kunstwerken in gevaar brachten, noodzaakte tot het stopzetten der werken. Na uitgebreid grondmechanisch onderzoek werd, door samenwerking tussen de uitvoerende firma en het Rijksinstituut voor Grondmechanika, een metode op punt gesteld die toeliet de werken voortgang te doen vinden en met sukses te voltooien. Voor een gedetailleerde beschrijving van deze metode verwijzen we naar het artikel van professor dr. ir. E. DE BEER en ir. M. WALLAYS (1).

De aanwezigheid van deze sliblaag aan de Grote Geul was voor het Waterbouwkundig Laboratorium de aanleiding om te onderzoeken of er in de uitgestrektheid van de polders ten noorden van Antwerpen nog andere kreken bestonden. Het ingestelde onderzoek zou tevens een uitgebreider inzicht verschaffen in de vorming van de huidige geografische situatie en in de wijzigingen die zich in de loop der tijden voorgedaan hebben aan de Schelde en haar regime. Deze studie kon van betekenis zijn in verband met de verbetering van de bevaarbaarheid der Schelde, waarvoor het Laboratorium uitgebreide modelproeven uitvoert.

2. ENKELE GEGEVENS OVER DE EVOLUTIE VAN DE SCHELDE EN HAAR GETIJREGIME

In de eerste eeuwen van onze tijdrekening was de Westerschelde slechts een kreek die later in de 11e of 12e eeuw door verschillende oorzaken in rechtstreekse verbinding is komen te staan met de Noordzee en in belangrijkheid is toegenomen door het geleidelijk doordringen van het getij. De bedijkingen werden ook geleidelijk uitgevoerd vanaf de monding naar landinwaarts, hetgeen een der redenen is voor het stijgen van de tijamplitude. Om zich tegen dit stijgen te beschermen, hebben de bewoners de dijken steeds verhoogd. Op het huidige ogenblik bereiken deze dijken een hoogte van ongeveer 8m boven laagwater in de omgeving van Antwerpen, terwijl de polders achter deze dijken op het peil 2 à 3,00 m boven laagwater liggen.

Steunend op archiefstukken mag met grote zekerheid worden aangenomen dat het huidige beeld van de Schelde met de omringende polders, op enkele uitzonderingen na, zich reeds voordeed in de 15e of 16e eeuw, tijdens de oorlogen in de 16e en 17e eeuw en tijdens de vijandelijkheden van 1830 werden de polders langs de Westerschelde herhaalde malen overstroomd. Van de polders van Oorderen en Oordam is bekend dat deze onafgebroken gedurende 90 jaar, tot in 1722, in open verbinding met de Schelde gestaan hebben. In de loop der eeuwen werden ook veel polders geteisterd door dijkdoorbraken en overstromingen veroorzaakt door stormvloeden.

Vermelden we nog dat het Land van Saeftinge in de 16e eeuw overstroomd is en sindsdien niet meer herdijkt. Geleidelijk en tot op onze dagen is dit verdronken land gaan verlanden.

De eerste bruikbare gegevens betreffende het getij in de Schelde dateren van het begin der 18e eeuw. Het is echter pas sinds het begin van de 19e eeuw dat men kan beschikken over kontinue waarnemingen van het getij. In België werden de eerste registrerende peilschalen langs de Schelde en haar bijrivieren geplaatst in **1888.**

Uit de beschikbare gegevens is af te leiden dat de getijamplitude in de Schelde voortdurend toegenomen is en dat dit verschijnsel zich thans nog voortzet. De stijging van de amplitude is klein aan de monding te Vlissingen, maar aanmerkelijk groter te Antwerpen, zoals blijkt uit de volgende tabel 1:

Tabel 1: Gemiddelde getijamplitude (in m) langs de Schelde

	1885-95	1921-30	1951-60
Vlissingen	3, 68	3, 76	3, 79
Antwerpen	4, 37	4, 65	4, 81
Dendermonde	2, 76	3. 04	3, 30
Gentbrugge	1, 42	1, 83	1, 98

Op figuur 1 is de frekwentieverdeling getekend van de getijamplitude te Antwerpen voor de jaren 1842-3 en 1960. Uit deze figuur is af te leiden dat het zwaartepunt van de frekwentiekromme in 1960 veel meer bij de grotere waarden valt dan in 1842-3.

De duur van de getijdaiing, welke ongeveer overeenkomt met de duur van de eb, bedroeg op de dagen van volle of nieuwe maan in 1960 7 u 20 min; in 1842-3 was dit 6 u 19 min. Dit betekent dus een toename van 1 uur.

Aan de grens van het aan tij onderhevige gebied, namelijk te Gentbrugge, is de vergroting van de getijamplitude bijzonder merkbaar. In de 18e eeuw zou de amplitude daar slechts enkele decimeters bedragen hebben. In het tijdvak 1850-1860 neemt de amplitude echter plots toe tot ongeveer 1,40 m. Deze plotselinge verhoging dient vermoedelijk te worden toegeschreven aan een afleiding van het bovendebiet van Schelde en Leie direkt naar zee toe. Inderdaad, het verbeteren van de Bovenschelde opwaarts Gent en landwinningswerken op de Schelde afwaarts Gent, hadden als gevolg dat overstromingen in Gent frekwenter voorkwamen. Om hieraan het hoofd te bieden werden de kanalen Gent-Terneuzen, Gent-Brugge en het afleidingskanaal van de Leie verruimd om direkt een deel van het debiet van Schelde en Leie naar zee af te voeren. Sinds 1860 verloopt de stijging der amplitude te Gentbrugge gelijkaardig aan deze te Antwerpen.

Op figuur 2 zijn ten slotte nog voor enkele waarnemingsposten langs de Schelde de krommen van het gemiddelde getij van 1960 getekend.

3. SITUATIE DER OUDE GEULEN

Door opzoekingen in archieven zijn kaarten gevonden waarop oude geulen ten noorden van de Grote Geul voorkomen.

Op de kaart van Roelans (2), daterend van 1732, is een kreek, de Snelle Kreek, aangegeven. De kaart van Van Gelre (3) van 1655 geeft het opwaartse deel van deze kreek aan en de overblijfselen van het Lillose Gat. De kaart van Van Goethem (4) van 1723 toont andere kreken, nl. de Cauwensteinse Geul (5) en de Grote Geul met haar vertakkingen. Deze drie kadastrale kaarten zijn opgenomen na de drooglegging van de polders. Op de kaart van Henselmans en Bollaert (6) van 1961 en op een kaart uit 1642, waarvan de auteur onbekend is, komen de polders van Oordam en Oorderen voor met de Grote Geul. Het betreft hier hydrografische kaarten opgenomen toen deze polders nog drijvende waren.

Beschouwen we eerst de kaarten welke betrekking hebben op de Grote Geul en de polders van Oorderen en Oordam. Op de kaart uit- 1642 (figuur 3) komen voor:

de forten van Kruisschans, Lillo, Liefkenshoek en Frederik. Verschillende geulen zijn aangegeven: de Grote Geul, het Lillose Gat en de Snelle Kreek. De Grote Geul is nog niet ver ontwikkeld. Op dit tijdstip waren al de polders tussen Antwerpen en Zandvliet overstroomd.

In 1661, volgens de hydrografische kaart van Henselmans en Bollaert (figuur 4) is het geulenstelsel belangrijk toegenomen. De grootste aangegeven diepte bedraagt 30 voet. Uit de ligging der kreken is op te maken dat de polders van Oorderen en Oordam op dat tijdstip slechts met één stroomgat in verbinding stonden met de Schelde. Er is slechts één geul met aan de monding in de Schelde een vertakking onder de Cauwensteinse dijk, welke later de Cauwensteinse geul zal worden.

Op de kaart van Van Goethem (figuur 5) is een krekenstelsel aangegeven dat grote verschillen vertoont met dit voorkomend op de kaart van Bollaert. Dit is logisch, daar in de periode die deze twee kaarten scheidt, het geulenstelsel zeker veranderd zal zijn.
Op de kaart uit 1723 van Van Goethem zijn duidelijk twee geulen, de Cauwensteinse en de Grote Geul, waar te nemen, welke zeer waarschijnlijk apart uitmondden in de Schelde. Meer naar het zuiden is nog een derde geul waar te nemen ter plaatse van de huidige Frans Van Cauwelaertsluis. Dergelijk geulenstelsel heeft zich kunnen ontwikkelen, daar de polders van Oorderen en Oordam gedurende 90 jaar overstroomd waren. Ook blijkt uit deze kaart dat het afsluiten van de polder landinwaarts geschied is met een ringdijk.

De kadastrale kaarten van Van Goethem (1722), Van Gelre (1655) en Roelans (1732) geven zeer nauwkeurig de situatie weer. Deze laatste is tot op onze dagen praktisch geheel bewaard gebleven. Langs fotografische weg werd, met behulp van deze drie kaarten, één kaart samengesteld (figuur 6) welke, met een stafkaart (figuur 6 bis) vergeleken, duidelijk laat zien dat de huidige grote perceelsindeling reeds in de 17e en 18e eeuw bestond.

Op de huidige stafkaart verschijnt de Grote Geul in de vorm van een afvoergracht, waarvan de afmetingen nooit zouden hebben doen vermoeden dat zij aanleiding zou kunnen geven tot zulke grote moeilijkheden.

De grote breedte van de sliblaag in de Grote Geul schijnt een gevolg te zijn van het turfsteken langs de oevers toen de polder nog overstroomd was. Een kaart uit het begin der 19de eeuw (7) (figuur 7) toont de plaatsen waar turf gestoken werd in de polders van Oorderen en Oordam. Het zijn plaatsen gelegen langs de kreken. Door het uitschuren van de oevers der geulen was de turf blootgekomen en dus gemakkelijk te steken. Op deze plaatsen heeft zich dan later slib gevormd zoals verder beschreven.

Beschouwen we nu de Snelle Kreek die aangegeven is op de kaart van Roelans in 1732 (figuur 8). Op de huidige stafkaart staat wel de naam Snelle Kreek vermeld, doch zij heeft slechts betrekking op een afvoersloot die overeenkomt met het oostelijke gedeelte van de kreek. Het westelijke gedeelte ervan is geheel verdwenen. Buitengewone omstandigheden hebben nochtans toegelaten op een huidig document het tracé van de Snelle Kreek aan het licht te brengen. Tijdens de overstromingen van februari 1953 werd een luchtfoto genomen. De Snelle Kreek, welke zich ten zuiden van het overstromingsgebied bevindt, komt in het zwart uit op een met sneeuw bedekte achtergrond (zie bovengedeelte figuur 9), omdat de samenstelling van de ondergrond van de Snelle Kreek verschilt van deze der omliggende gronden. Het benedengedeelte van figuur 9 toont dezelfde luchtfoto in normale omstandigheden genomen: de Snelle Kreek is niet meer zichtbaar. Het boven- en het benedengedeelte van figuur 10 tonen respektievelijk een detail van de kaart van Roelans (1732) en van de huidige stafkaart.

Van het Lillose Gat, dat vermeld werd op de kaart van 1642 (figuur 3) verschijnt nog slechts een overblijfsel op de kaart van Van Gelre in 1655 (figuur 11). Op de huidige kaarten is het Lillose Gat helemaal verdwenen. De Cauwensteinse Geul, die op de kaart van Van Goethem aangeduid is (zie fig. 5), verschijnt op de huidige kaarten onder de naam van Moerekreek en is nog slechts een afvoergracht.

4. VORMING EN EIGENSCHAPPEN VAN HET SLIB

Beschouwen we nu hetgeen zich voordoet bij het vullen en ledigen van een polder, welke in open verbinding staat met een getijrivier. Bij opkomend getij stroomt het water met grote snelheid de polder binnen door de gevormde bres en vult geleidelijk de polder op. Het instromende water bevat een grote hoeveelheid vaste stoffen, afkomstig uit de rivier en uit de bres. Rond stroomkentering na hoogwater is er een periode gedurende welke de meegevoerde materialen kunnen bezinken. Het meegevoerde slib zal zich eerst op de hoge gedeelten van de polder afzetten. Bij afgaand getij zullen de kreken nog uitgeschuurd worden, daar nog veel water afstroomt van de omringende gronden. Naarmate de aanslibbing echter vordert, verkleint het bergingsvolume van de polder en verminderen de snelheden in de kreken. Indien dit proces zich lang genoeg kan voortzetten, zullen ook de kreken, daar hun kapaciteit geleidelijk afneemt, aanzanden. Uiteindelijk zou men dus een toestand verkrijgen, waarbij het oorspronkelijke maaiveld van de polder bedekt is met een laag slib en de kreken gedeeltelijk opgevuld zijn met zand. Het is dit proces dat zich op onze dagen nog voordoet op het Land van Saeftinge. Wanneer op deze wijze een nieuwe polder gevormd is, kan zich door professor R. Tavernier beschreven verschijnsel van reliëfinversie voordoen (8).

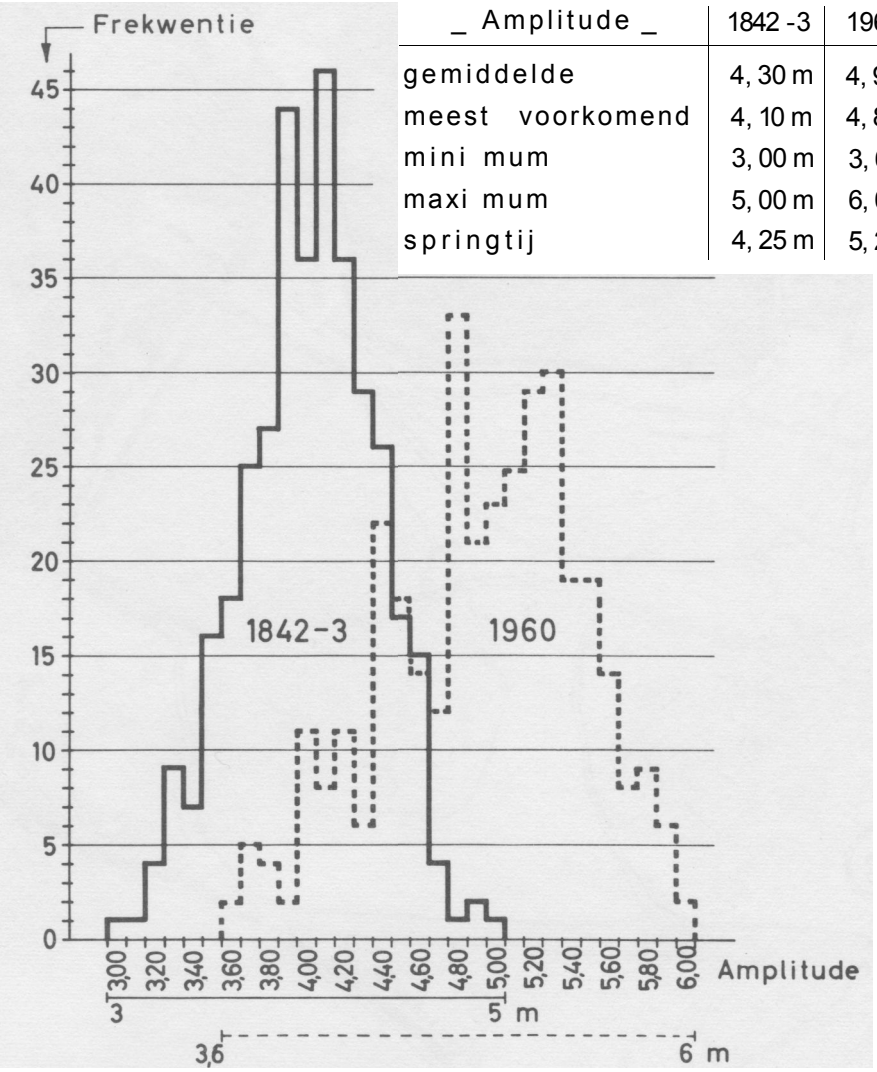
De vorming van het slib in de Grote Geul is geschied na de sluiting van de polders van Oorderen en Oordam. De Grote Geul, evenals de Cauwensteinse Geul, waren als ontwateringsgracht van de polder blijven bestaan. Door drainage van de poldergrond naar deze geulen werden de fijnste deeltjes van het slib, dat zich tijdens de overstroming afgezet had, meegevoerd; ze hebben zich neergezet in de Grote Geul. Afstervende en verrottende planten, welke langs de Grote Geul groeiden, hebben vermoedelijk samen met het uitgespoelde zeer fijne slib aanleiding gegeven tot de vorming van de gevonden sliblaag. Het nog uit te voeren mineralogisch en paleontologisch onderzoek zal hierin een duidelijker inzicht verschaffen. De samenstelling van deze sliblaag is sterk afhankelijk van de diepte. De geleidelijke vermindering van het zoutgehalte heeft aanleiding gegeven tot het ontstaan van verschillende flora en fauna, welke op de achtereenvolgende diepten teruggevonden worden.

5. SONDERINGEN EN BORINGEN

Nadat het historisch onderzoek het bestaan van geulen en kreken in de Antwerpse polders had aangetoond werd een uitgebreid programma van puntsonderingen en boringen opgemaakt. Het doel van deze sonderingen en boringen was het nauwkeurig lokalizeren van deze geulen en het bepalen van de hoedanigheden van het gevormde slib en de dikte van de sliblaag. In totaal werden 256 sonderingen verricht. Enkele sonderingen werden uitgevoerd in goede grond om als vergelijkingsbasis te kunnen dienen. Het aantal punten in een raai, waar sonderingen werden uitgevoerd, varieerde van 3 tot 7.

De meeste metingen vonden plaats in de vorstperiode (februari en maart) van de winter 1963. Dank zij de vorst kon gemeten worden op plaatsen welke anders niet toegankelijk waren. De bovenste grondlaag was over een diepte van 0,30 m à 1,00 m een dragende laag geworden. Op alle sonderingsdiagrammen is deze bevroren laag duidelijk waarneembaar door het direkt oplopen van de indringingsweerstand tot 100 à 150 kg/cm^2.

Beschouwen we nu één sonderingsdiagram in het bijzonder, nl. dit van een punt ten zuiden van Fort Frederik, waar vroeger de Snelle Kreek uitmondde in de Schelde. Dit punt is gelegen aan de teen van het binnentalud van de Scheldedijk (fig. 12). We bemerken direkt onder het maaiveld een zeer hoge conusweerstand (125 kg/cm^2) te wijten aan de bevroren grondlaag. Vanaf 1 m onder het maaiveld daalt deze weerstand om tussen 3 en 4 m praktisch nul te worden, wat reeds op een eerste laag slib wijst. Tussen 4 en 8 m neemt de druk weer toe, maar daalt toch nog enkele malen bijna tot de nulwaarde. Dit wijst er op dat we



_ Amplitude _	1842 -3	1960
gemiddelde	4, 30 m	4, 95 m
meest voorkomend	4, 10 m	4, 80 m
mini mum	3, 00 m	3, 60 m
maxi mum	5, 00 m	6, 00 m
springtij	4, 25 m	5, 25 m

fig. 1

diagramma der frequenties van de tijamplitudes te Antwerpen in 1842 en 1960

GEMIDDELDE GETUEN 1960

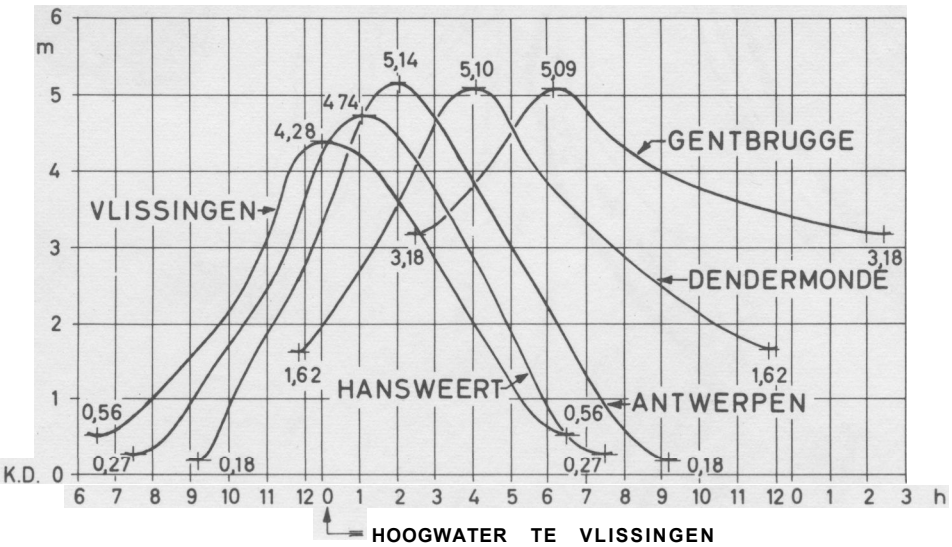


fig. 2

plaatselijke tijcurven langs de schelde in 1960

fig. 3

kaart van 1642

algemeen rijksarchief - c. & pl. n° 7022(bibl. 2)

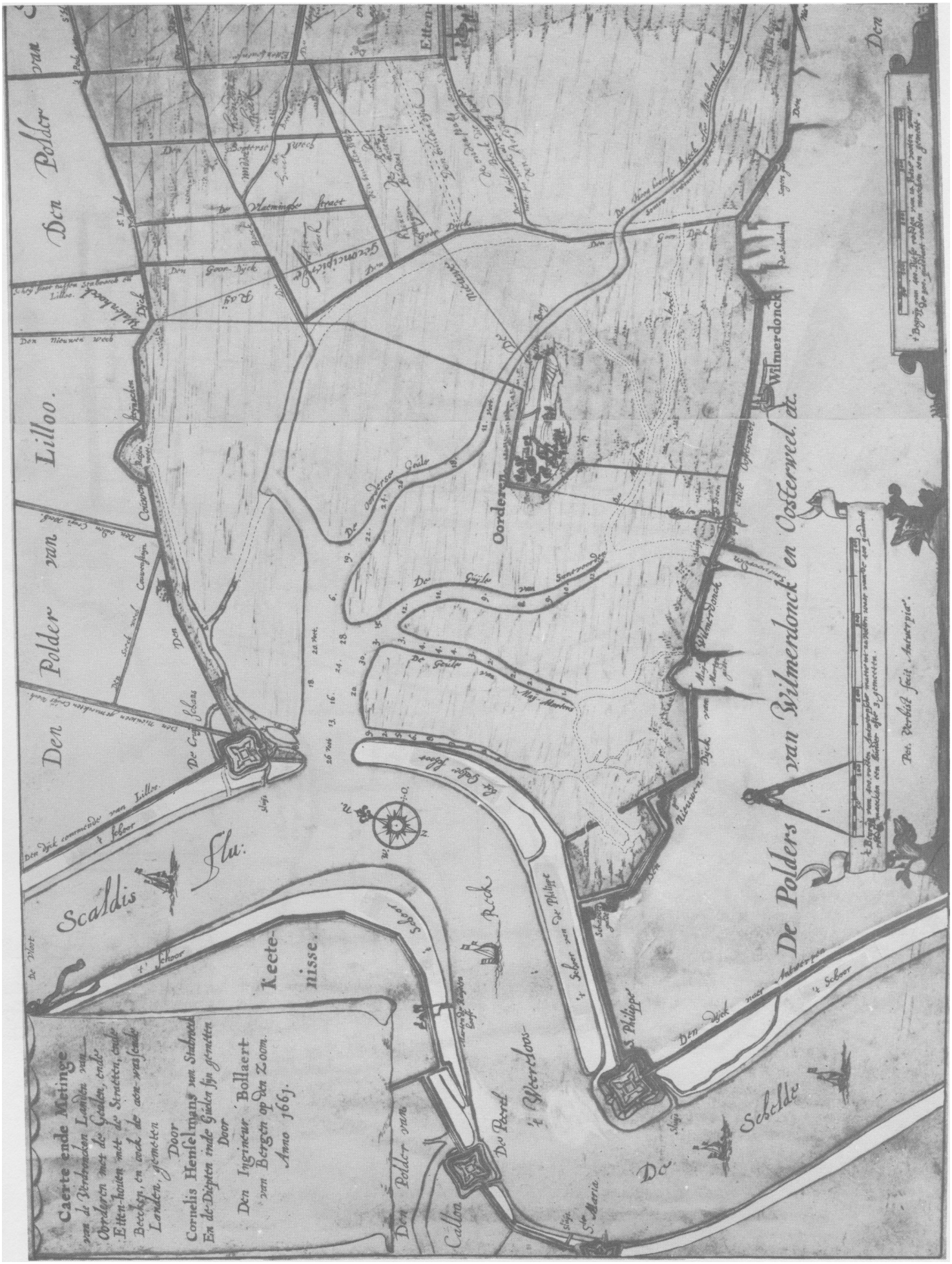


fig. 4

kaart van henselmans en bollaert van 1661

algemeen rijksarchief - c. & pl. n°2660(bibl.3)

fig. 5

kaart van van goethem van 1723

rijksarchief antwerpen (bibl. 4)

fig. 6

samenvoeging van kaarten van 1655, 1723 en 1732

vergeleken bij een huidige kaart

0 1000 2000 m

Nieuw-Westendpolder
Groot-Buiten-Schoor
Kerkhof
Nieuw-
Landpolder
Zandvliet
Stofgat
Graventland
Joos
Vitsfleek
West
Molengeest
Oostmolengeest
De Zouten
Oude Dijk
Berendrechtpolder
Berendrecht
Dorpsbeek
Paardenschoor
of
Schrampolder
OUD FORT FREDERIK
Opstalbeek
Goudhoek
Briehoek
BATTERIJ VAN BLAUWGARBEN
Gatgeschoor
Doel
Oud Lillo
Kruisweg
De Plaat
Lillo
Lillo-Fort
t. Boomken
Walenhoek
SCHANS VAN OORDEN
Polder
Gesleche
FORT LIEFKENSHOEK
Ordampolder
Oude Kruisschans
Vormingstation
St. Annapolder
Ketenispolder
Oude Dijk
Plaathuis
Oorderense
Polder
Oorderen
Willmarsdonk
H
E
L
D
E
S
C
H
E
L
D
E

FIG. 6bis

FIG. 6bis

0 1000 2000 m

vergeleken bij een huidige kaart

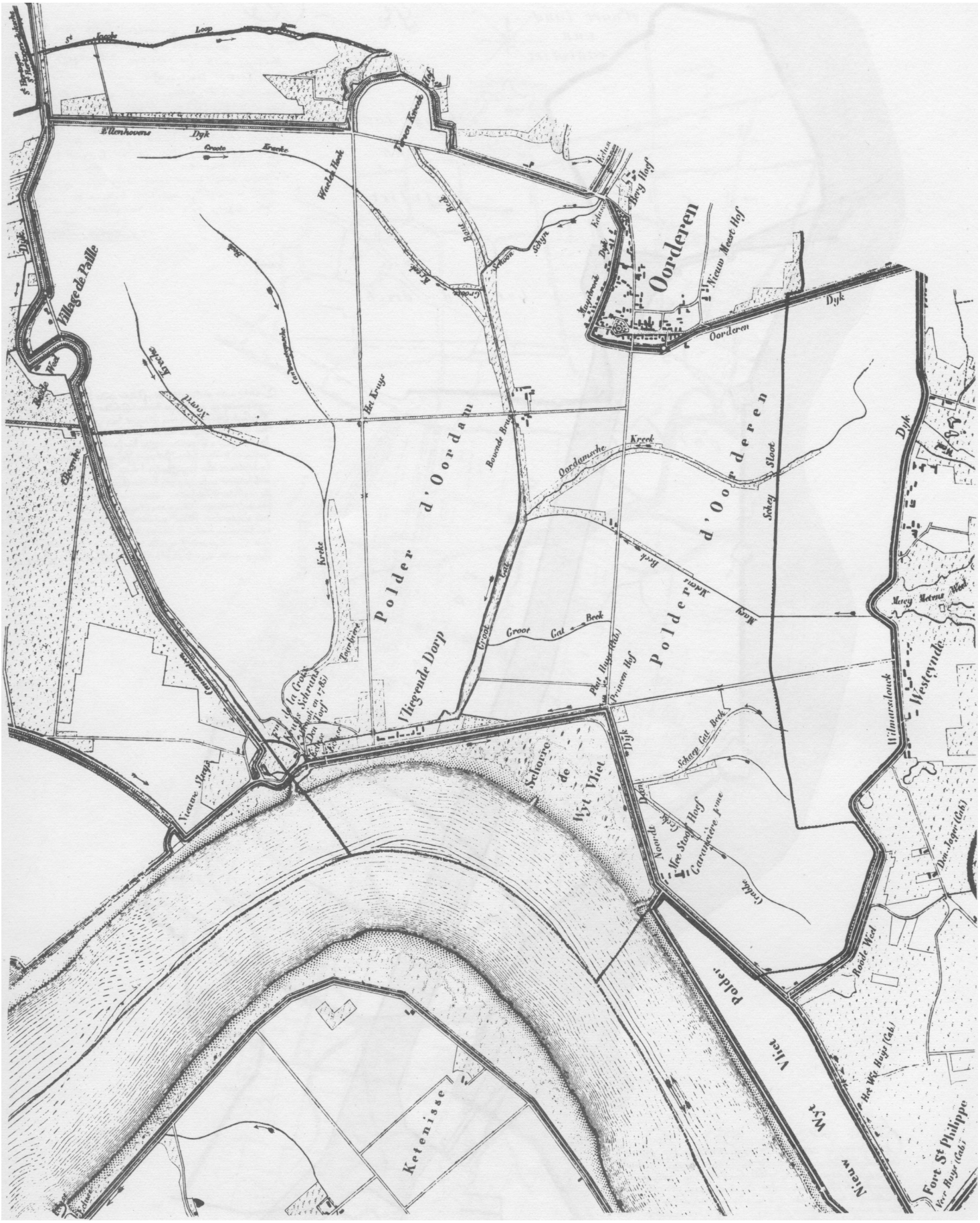
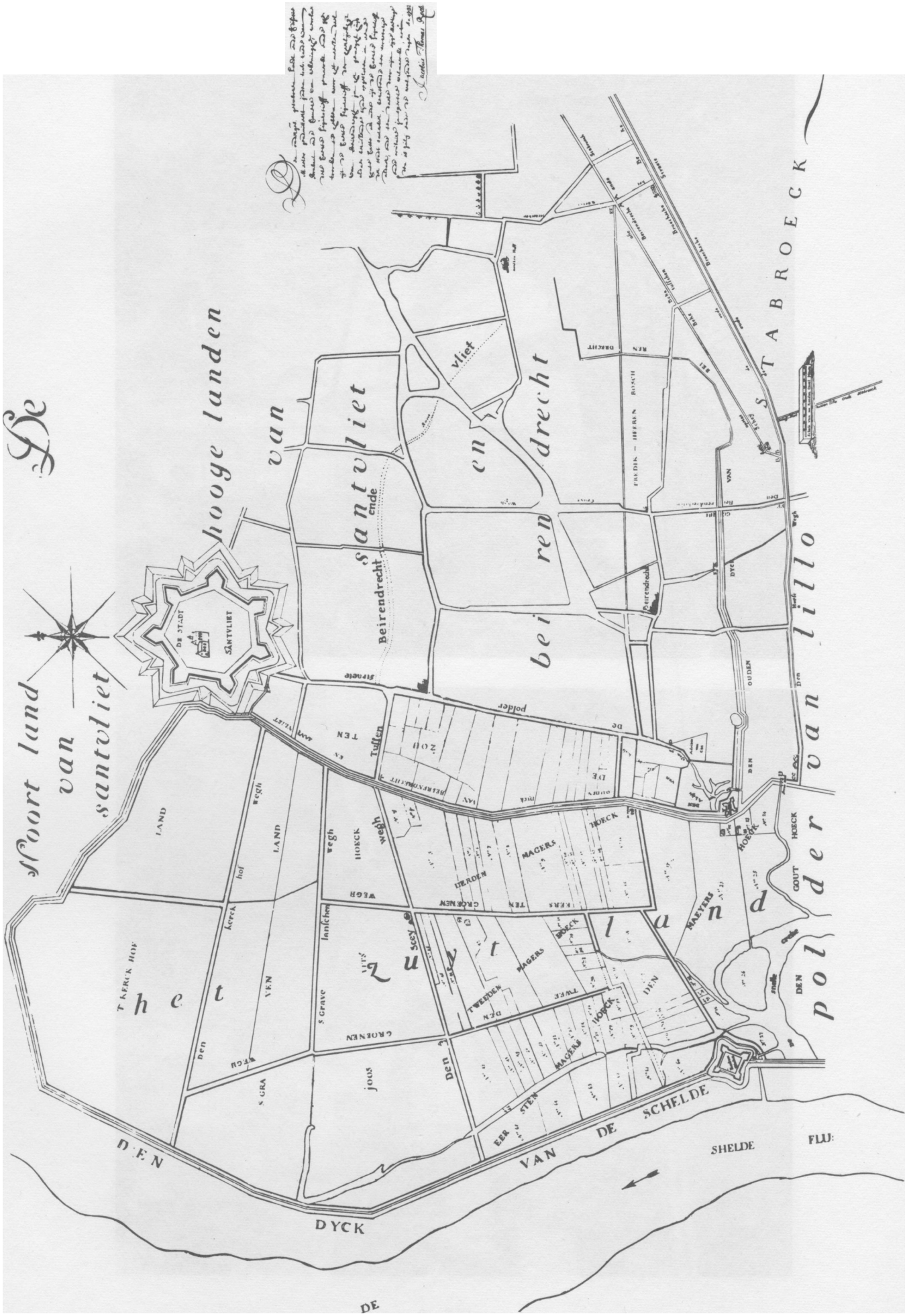
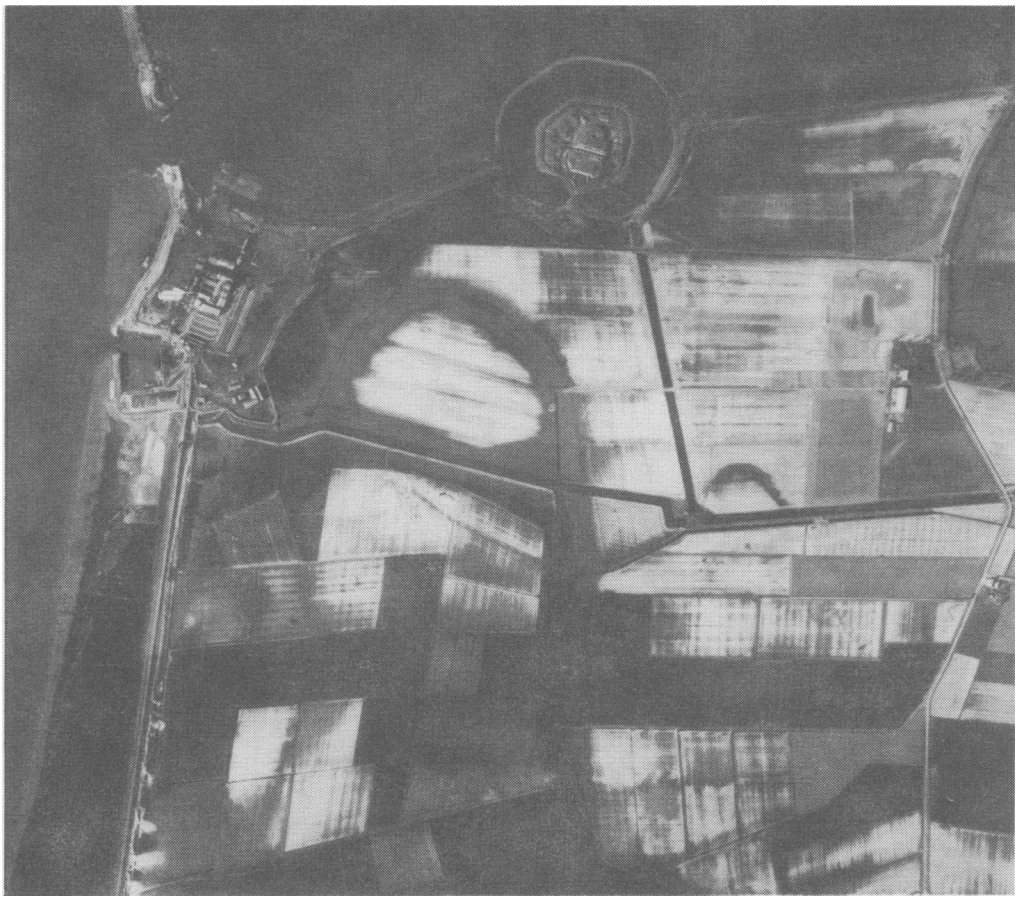


FIG. 7

KAART VAN VANDERMAELEN VAN 1846 WAAROP TURFSTEKERIJEN VOORKOMEN

KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK - BLAD 3 - PL. 10 - S. III. 1306 (BIBL. 5)


De
Poort land van santvliet
hooge landen van
santvliet
en
drecht
beirendrecht
Beirendrecht
vliet
STABROECK
lillo
der
polder van
het
land
DE STADT SANTVLIET
DYCK
DE
DEN
VAN DE SCHELDE
SHELDE
FLU:
T KERCK HOF
LAND
hof
kerck
VEN
S GRA
jous
Den
wegh
HOECK
WEGH
lanichen
S Grave
GROENEN
Tulten
TEN
ZOM
MAGERS
HOECK
TWEEDEN
DEN
EERSTEN
MAETERS
GOUT
HOECK
DEN
OUDEN
DYCK
poldere
strooie
Beirendrecht
FREDIK - HEEREN BOSCH
DRECHT
REN
VAN
DEN
Bussemaker
Bussemaker
Bussemaker



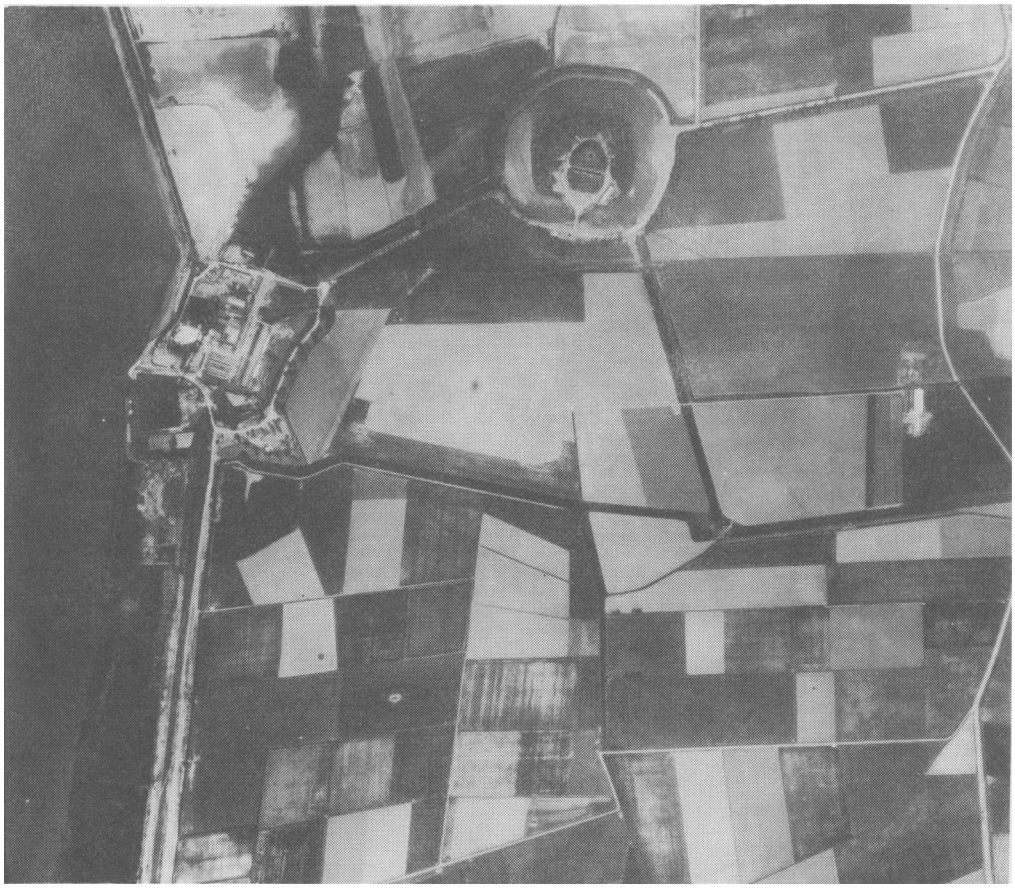
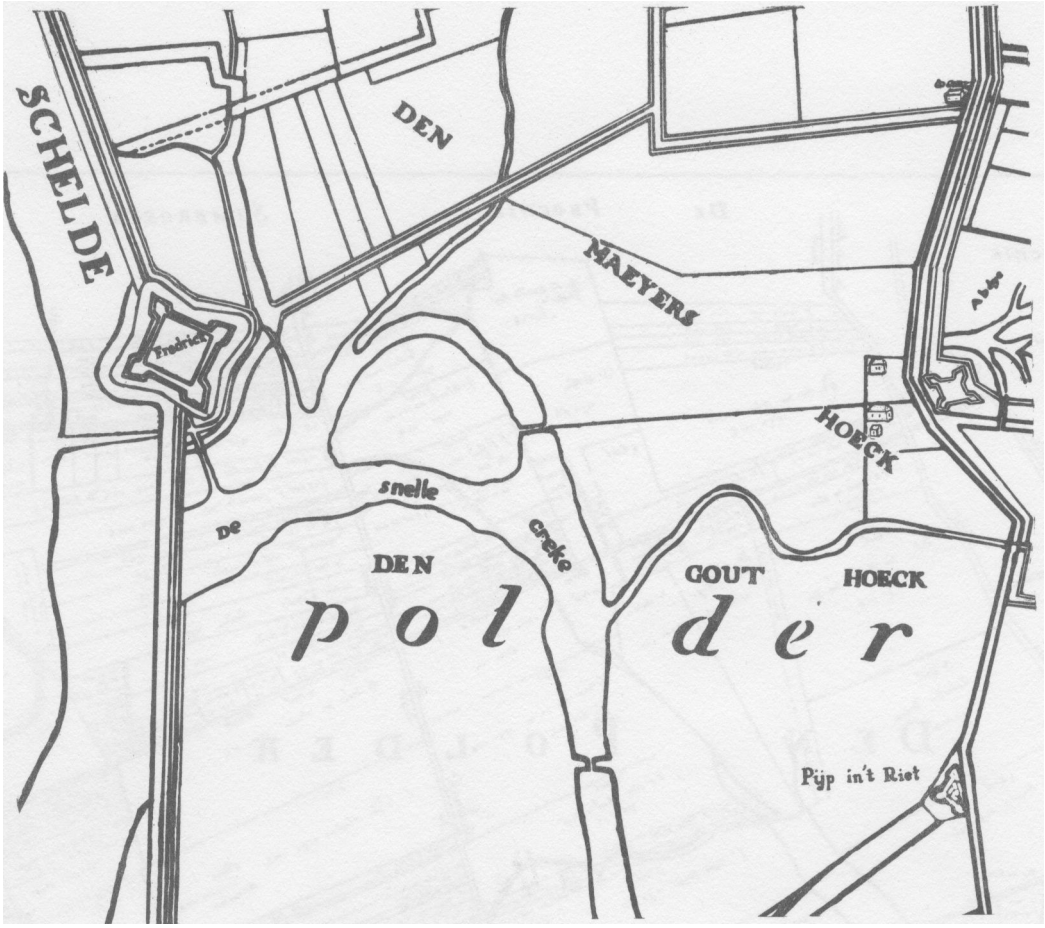


fig. 9

luchtfoto's van de omgeving der snelle kreek

bovengedeelte: tijdens dooi in maart 1953: snelle kreek zichtbaar

benedengedeelte: normale omstandigheden in 1954: snelle kreek niet zichtbaar



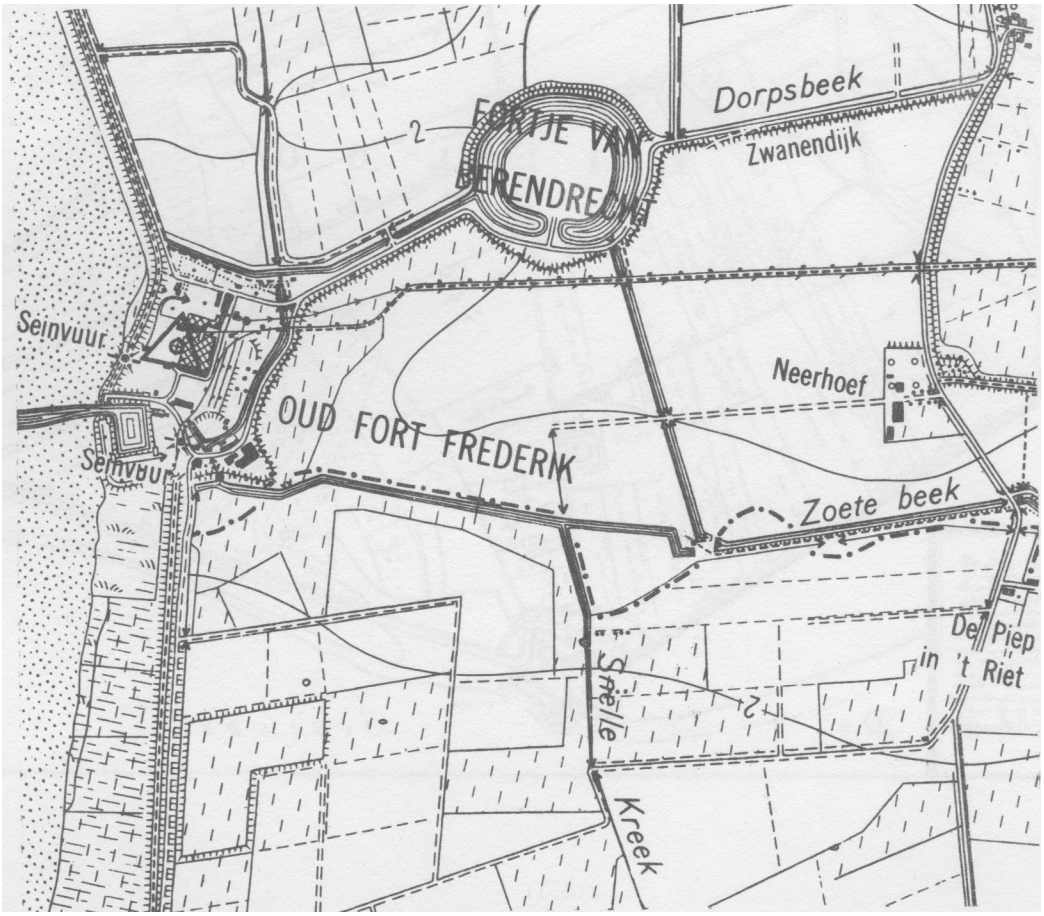


FIG. 10

OMGEVING SNELLE KREEK

BOVENGEDEELTE: DETAIL VAN DE KAART VAN ROELANS (1732)

BENEDENGEDEELTE: HUIDIGE STAFKAART

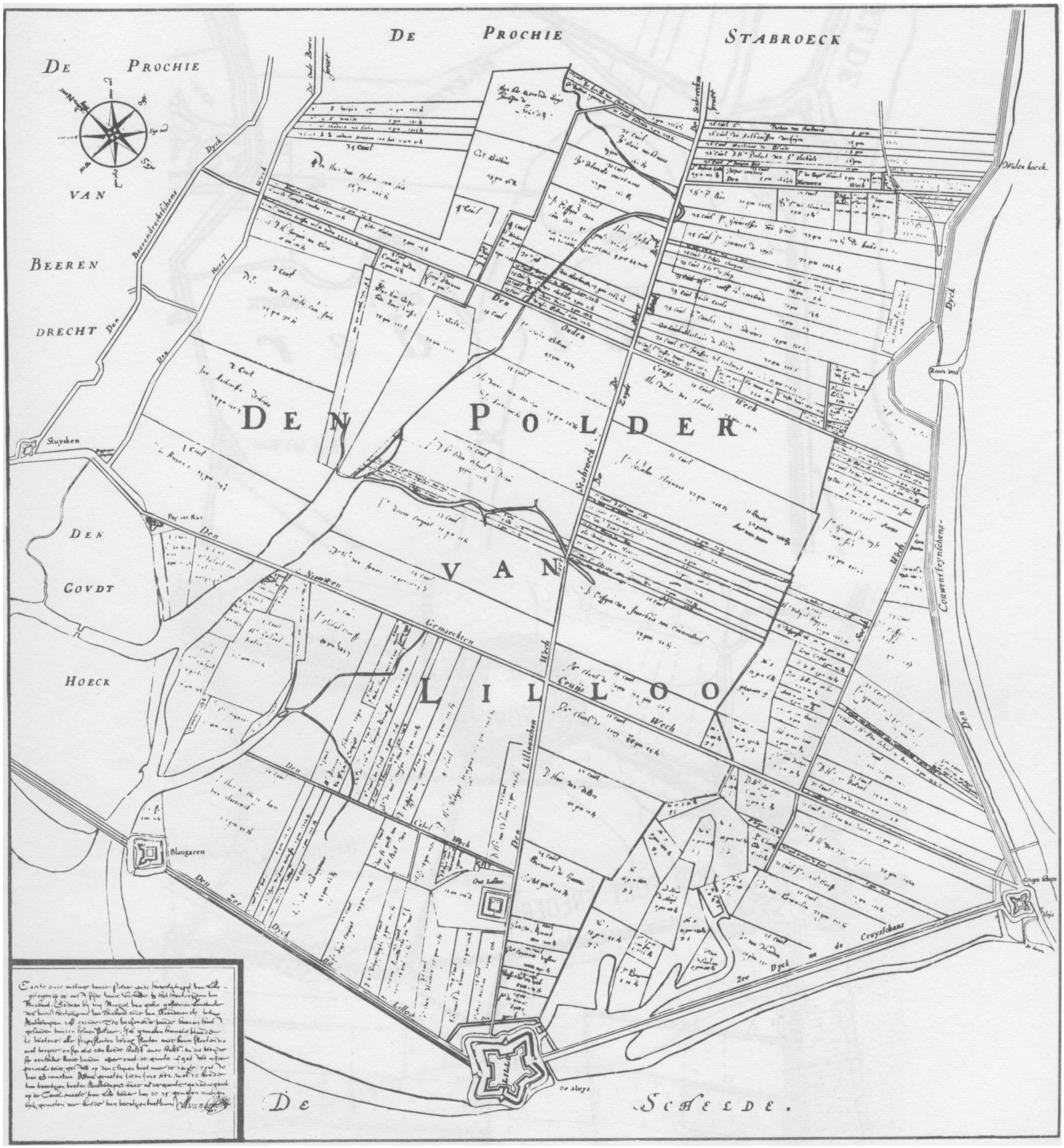
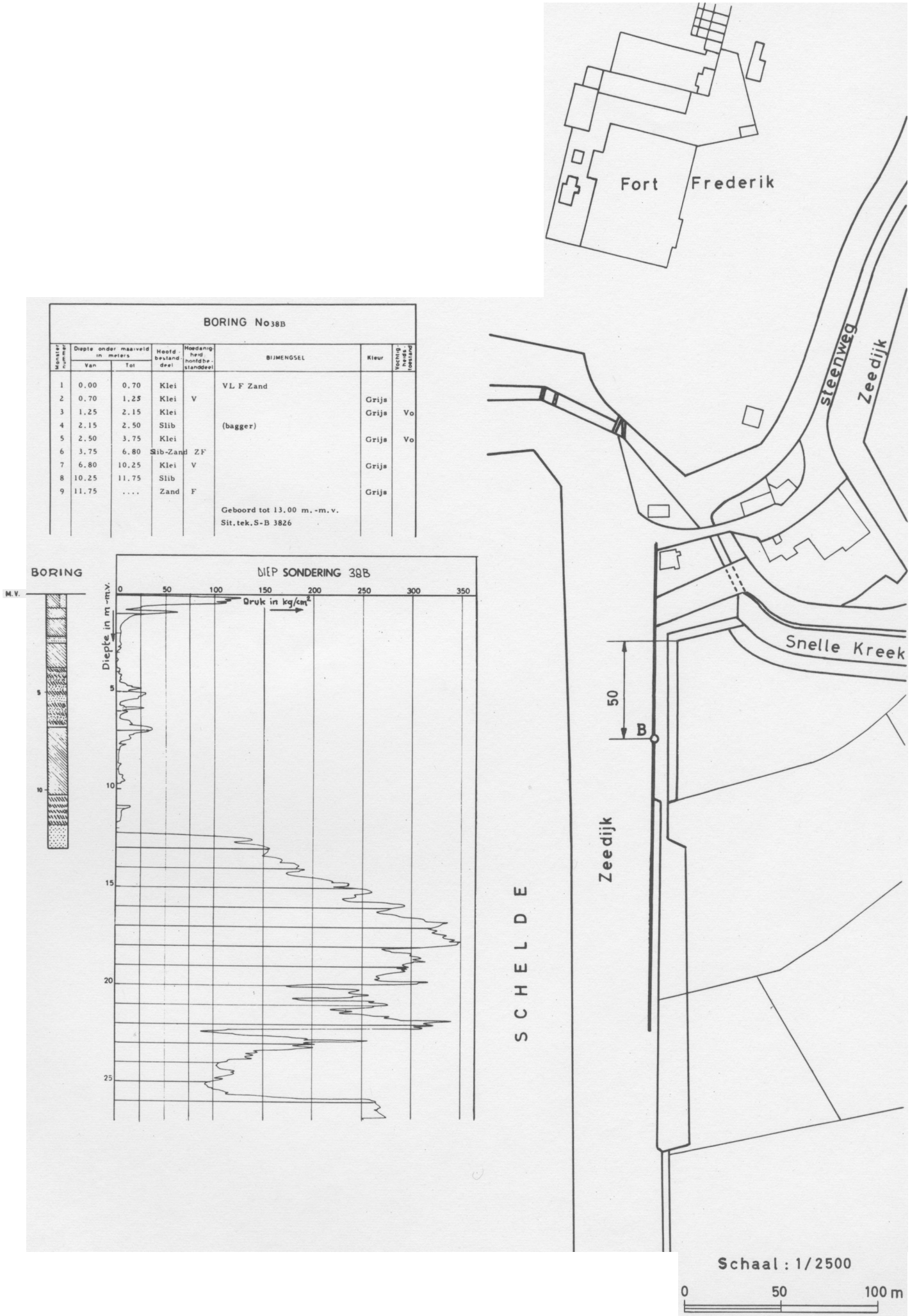


fig. 11

kaart van van gelre van 1655

algemeen rijksarchief- c. & pl. n°407 (bibl. 7)



BORING No 38B

Monster nummer	Diepte onder maaiveld in meters Van	Tot	Hoofd-bestand-deel	Hoedanigheid hoofdbestanddeel	BIJMENGSEL	Kleur	Vochtigheids toestand
1	0.00	0.70	Klei		VL F Zand		
2	0.70	1.25	Klei	V		Grijs	
3	1.25	2.15	Klei			Grijs	Vo
4	2.15	2.50	Slib		(bagger)		
5	2.50	3.75	Klei			Grijs	Vo
6	3.75	6.80	Slib-Zand	ZF			
7	6.80	10.25	Klei	V		Grijs	
8	10.25	11.75	Slib				
9	11.75	....	Zand	F		Grijs	
					Geboord tot 13.00 m.-m.v.		
					Sit.tek.S-B 3826		

fig. 12

voorbeeld van sondeer-en boordiagrammen

hier te doen hebben met grond, waarvan de samenstelling vermoedelijk bestaat uit lagen zand, veen of klei, welke elkaar onregelmatig opvolgen. Vanaf 8 tot 12 m stijgt de druk nog nauwelijks boven de nulwaarde: hier treffen we een tweede zeer slappe sliblaag aan. Pas vanaf 12 m verkrijgen we een sonderingsdiagram dat wijst op de aanwezigheid van een harde zandlaag. Op enkele details na wordt dergelijk sonderingsbeeld gevonden op alle plaatsen waar zich eeuwen geleden kreken hadden gevormd.

De resultaten van de boring, uitgevoerd in hetzelfde punt, zijn aangegeven op figuur 12.

6. HET NOG UIT TE VOEREN ONDERZOEK

Vermelden we nu nog enkele karakteristieken van het slib. Het Rijksinstituut voor Grondmechanika heeft vier monsters van het slib onderzocht. De gevonden resultaten mogen niet worden veralgemeend, daar de samenstelling van het slib, zoals reeds werd opgemerkt, in sterke mate afhankelijk is van de diepte waarop het slib ontnomen werd. Uit deze enkele ontledingen is komen vast te staan dat het slib bestaat uit een organische silthoudende klei met een groot gehalte kalkhoudende bestanddelen. Het watergehalte bedraagt 100 à 200 % en is groter dan de vloeigrens, waardoor de zeer slappe konsistentie en de flauwe natuurlijke helling van ongeveer 5 % verklaard kunnen worden. Korrelverdelingsdiagrammen tonen aan dat ongeveer 50 % een korreldiameter heeft kleiner dan 5 mikron. Ook blijkt uit proeven en uit de natuur dat het slib niet draineerbaar is, noch met gewone draineringsmiddelen (geperforeerde buizen) noch met bronbemaling.

Nu de geulen en kreken door het uitgevoerde onderzoek gesitueerd werden en dus de plaats van de slechte grondlagen kon bepaald worden, stelt zich een ander probleem, nl. hoe het mogelijk is van uit algemeen technisch oogpunt deze sliblagen te stabilizeren.

Verschillende oplossingen zijn mogelijk. Het toegepaste procédé der kartonnen wieken, gecombineerd met elektro-osmose voor de bouw van de kaaimuur ter plaatse van de Grote Geul, heeft zijn waarde bewezen. Dit procédé is echter moeilijk toepasbaar voor het stabilizeren van uitgestrekte sliblagen, daar het kostbaar is. Het zal dus hoofdzakelijk voor lokale problemen kunnen worden aangewend.

Een andere metode is het verwijderen van het slib met behulp van graafwerktuigen of baggermolens. Het slib moet dan ergens gestort worden. De Schelde komt hiervoor niet in aanmerking, daar de kans groot is dat zich het slib op de drempels zou neerzetten waar het weer zou moeten verwijderd worden. Opslaan in de polder op aan te duiden plaatsen is evenmin een blijvende oplossing, daar, voor zover al de beschikbare ruimten nog niet zouden ingenomen zijn, dit toch het geval zal zijn binnen afzienbare tijd. Een andere oplossing zou er in bestaan het slib te mengen met zand, bijv. in de verhouding 80 % zand en 20 % slib.

De vraag dient derhalve te worden gesteld of het niet mogelijk is de karakteristieken van het slib zodanig te wijzigen, dat het water op een eenvoudige manier kan verwijderd worden, bijv. door middel van een mechanisch procédé zoals de ultrageluidsgolven of een chemisch procédé zoals het toevoegen van een zout in de persleiding.

In samenwerking met de Vrije Universiteit van Brussel zal voor een groot aantal monsters een uitgebreid mineralogisch en paleontologisch onderzoek worden uitgevoerd. Het programma omvat volgende punten:

1) Bepalen van de verschillende bestanddelen van het slib. Hiervoor zal gebruik worden gemaakt van een analyse door diffraktie van X-stralen en een elementaire analyse door fluorescentie. Beide analysen beogen een kwalitatieve studie van het slib. Een scheikundige analyse zal kwantitatieve gegevens verschaffen.
2) De inlichtingen, bekomen door de genoemde analyse, zullen aangevuld worden met mineralogische en paleontologische gegevens, verkregen door waarnemingen in de optische, en elektronenmikroskoop.
3) Het onderzoek zal afgesloten worden met een termisch differentiële en een termogravimetrische analyse. Indien nodig zal de korrelverdeling van het slib worden bepaald.

BIBLIOGRAFIE

1) Prof. Dr. ir. E. DE BEER en ir. M. WALLAYS. «Aanwending van kartonnen Kjellman-Frankiwieken en van het procédé der elektro-osmose voor de bouw van een kaaimuur in de alluviale vallei van de Grote Geul te Antwerpen» in dit verslagboek.
2) Jacobus Thomas ROELANS. De ondergeschreven, gesworen Landt ende Edifitie Meester geadmitteert inden souvereinen raade van Brabant ende Kamere van rekeningen, verklaart deze Caerte figuratieff gemaekt ende getrocken te hebben voor het meesten deel uyt de Caerte figuratieff der heerlijckhijt van Beirendreght in het gereghtshuys aldaer berustende sijnde opgesloten in eene houte Casse alsmede uyt de Caerte figuratieff der Stadt Santvliet, berustende ter secretarije aldaer, ende ten deele door mijn eijgen metinge ende oculaire inspectie volmaeckt, actum den 15 July ende de volgende dagen. Anno 1732 (g.) Jacobus Thomas ROELANS (Algemeen Rijksarchief C. & PI. nr 2667).
3) M. VAN GELRE. Caerte ende metinge van den Polder ende heerlijckheyt van Lillo, gelegen op de Oostsijde vande Schelde, in het hertogdom van Brabant, gedaan bij mij Migiel Van Gelre gesworen Landtmeter des voorsijden hertogdoms van Brabant ende van Vlaenderen etc. tot Antwerpen residerende', ten versoucke van de heeren hooftgelanden vanden selven Polder, is gemeten hemelsbreede te wetene, alle schijslooten, wegslooten, ende barmslooten die niet wijder en sijn als een roede halff ende halff, en die wijder sijn een halve roede vanden oppercant de groote is gestelt in ieder parceel, ende gestelt op den klijnen voet naer de regte conste van Geometria. Aldus gemeten inden jare 1652 met de roede van veertien voeten Antwerps ende is de groote gereduceert op de Cavelmaete van Lillo, waervan de 75 gemeten maken 69 1/2 gemeten der roede van veertien voetvoorsijde. (g.) van Gelre - 1655
(Algemeen Rijksarchief C. & PI. nr. 407).
4) VAN GOETHEM. Carteringhe ende Metinge gedaen bij den onderschreven geswooren Lantmeter geadmitteert door sijne Mat van alle de landen gelegen inden nieuw bedijckten Polder van Oorderen Wilmersdonck ende Ordam besloten **den** jaere 1722 de selve landen gedelineert in hunne **Straeten ende** weghen ende verdeelt in hooftcavels ende smalcavelingen als in deze Carte te sien is. Alles gemeten met waeterlantse maete van derthien en een derde voeten Antwerps inde roede rontsomme ten alfvenslooten teghen de Straeten en Dijcken, inden waeterganck tegen den Nieuwen Dijck een quaert Roede, int waeter onder aen de Creken tot soo verr de Paelen bij neutrale persoonen sijn gestelt op **'t** ordinaire Winters waeter. Actum tot Nieukercken Lande van Waes desen 28e July 1723.
(g.) G. Van GOETHEM Geometra.
(Rijksarchief Antwerpen).
5) Caerte figuratieve verthoonende principalijck de verdronken landen, gebroken dijcken, schorren, creecken, blicken, drooghten ende Invliet ende beecken vant hooger Landt affcomende beginnende van den Cauwestijnschen Dijck, noortwaerts langs de Schelde tot aen den ligger toe en weeromme van daer naer hooger toe keerende langs Santvliet tot aen het Peckgat en soo langs den voornoemde Cauwestijnschen Dijck weerom aende Schelde, mitsgader oock de Creecken ofte geullen int verdroncken Lant van Oosterweel, gelijck het selve bevloijt wordt over de goten, soo inde Schelde Dijck als door den Cauwestijnschen dijck, alles gedaen ende geobserveert bij den onderschreven Cap^{n} ende Ingenieure ten dienste van sijne Con. Mt. In de maent April 1642.
(Algemeen Rijksarchief C & PI. nr. 7022)

6) HENSELMANS & BOLLAERT. Caerte ende metingen van de verdroncken landen van Oorderen, met de Geulen, ende Ettenhoven, met de Straeten ende beecken, en oock de aenwassende landen gemeten door Cornelis Henselmans van Stabroeck ende diepten in de geulen sijn gemeten door den ingenieur Bollaert, van Bergen op den Zoom anno **1661.**
(Algemeen Rijksarchief C & PI. nr. 2660).
7) Kaart « Calloo » - blad 3^{10} - Grande carte topographique de la Belgique, door Ph. VANDERMAELEN 1846 - 1854.
(Koninklijke Biblioteek - Blad 3 - PI. 10 - S. III 1306).
8) R. TAVERNIER. L'évolution de la plaine maritime belge. - (Extrait du Bulletin de la Société de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, T. LVI, fasc. 3, année 1947).
9) R. HAVERMANS. «De Haven groeit, de Polder sterft». (Tijdschrift «Antwerpen» nrs. 1 en 3 van 1956, nr. van 1957, nrs. 2 en 3 van 1958, nr. 1 van 1959).

De sedimentologie van het Schelde-estuarium

door drs. A. BASTIN, Assistent bij het Geologisch Instituut van de Katolieke Universiteit te Leuven.

Inleiding

De sedimentologie van het Scheldebekken is zeer complex en variabel. Dit is te wijten aan het feit dat de Schelde een stroom is met sterke getijdenwerking en variabele dynamiek. Het is deze complexiteit die de hoofdreden is waarom tot op heden al wat sedimentologie aangaat meer tot het domein van de hypotese behoort dan tot het werkelijk gekende.

Nochtans verdienen de sedimenten een vooraanstaande plaats te bekleden in het onderzoek. Het zijn zij immers die de parten spelen. Zij maken de basis uit van de moeilijkste problemen in een haventoegang. Het is wegens de aanwezigheid van de sedimenten en de beweging die deze ondergaan dat al de hydrografische metingen en stroomobservaties dienen te worden verricht, waarom men op vele plaatsen met baggeren moet ingrijpen of waarom ten slotte men normalizatiewerken moet uitvoeren. Het is zo dat de sedimenten en hun beweging, die in feite de kern van de zaak uitmaken, misschien niet altijd de nodige aandacht kregen die ze verdienden.

Vorm, samenstelling en herkomst der sedimenten

Wat is er nu bekend over deze sedimenten ?

— Men kent zeer goed de vorm die ze aannemen uit de hydrografische peilingen.
— De samenstelling is in grote trekken bekend.

Vorm van de sedimenten

Wegens de trechtervorm en wegens de hoge amplitudo van de Noordzee heersen in de Schelde sterke getijdestromingen. Deze sterke stromingen geven aanleiding tot het ontstaan van banken. Op deze banken treft men gewone currentripples of ripplemarks en megaripples aan (dit zijn zandgolfjes van kleine en grotere afmetingen).

Deze ripples zijn asymmetrisch en migreren in de richting van hun steilste zijde. Men vindt zowel ripples met de steilste zijde zeewaarts als landwaarts. Dit komt doordat de alternatie van eb- en vloedscharen het sedimenttransport leidt tot de vorming van speciale eb- en vloedscharen. (Een schaar is een doodlopende vertakking op de bodem). In deze scharen overheersen ofwel eb- ofwel vloedbodemstromingen en dus ook eb- of vloedtripples. De uitwerking van het omkeren der tij op deze laatste megaripples bestaat enkel in het omkeren der toppen van de ripples.

De richting van het zandtransport op deze banken, waarvan sommige blootkomen bij lage tij, is gemakkelijk uit te maken uit de richting der ripples.

Samenstelling van de sedimenten

Hoe verder afwaarts hoe meer zand men aantreft; hoe meer opwaarts hoe meer klei. Aldus bestaat het Nederlandse gedeelte hoofdzakelijk uit zand met nog enkel klei op de randen. Het Belgische gedeelte, vooral bij de haven, bestaat vooral uit klei en slib en enkele zandplaten.

Het zand is van gemiddelde korrelgrootte en is plaatselijk soms rijk aan schelpenresten. Onder deze vindt men veel tertiair en pleistoceen geremanieerd materiaal, geërodeerd uit diepere delen van het estuarium.

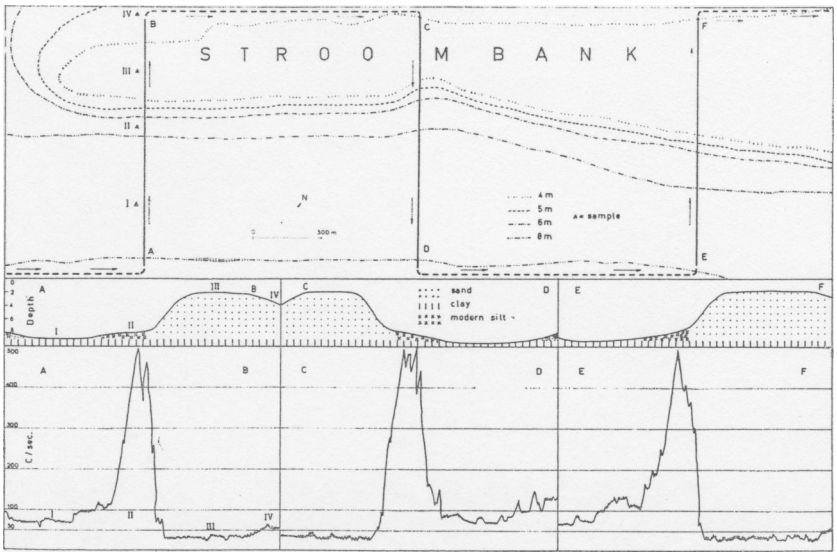


Fig. 1.

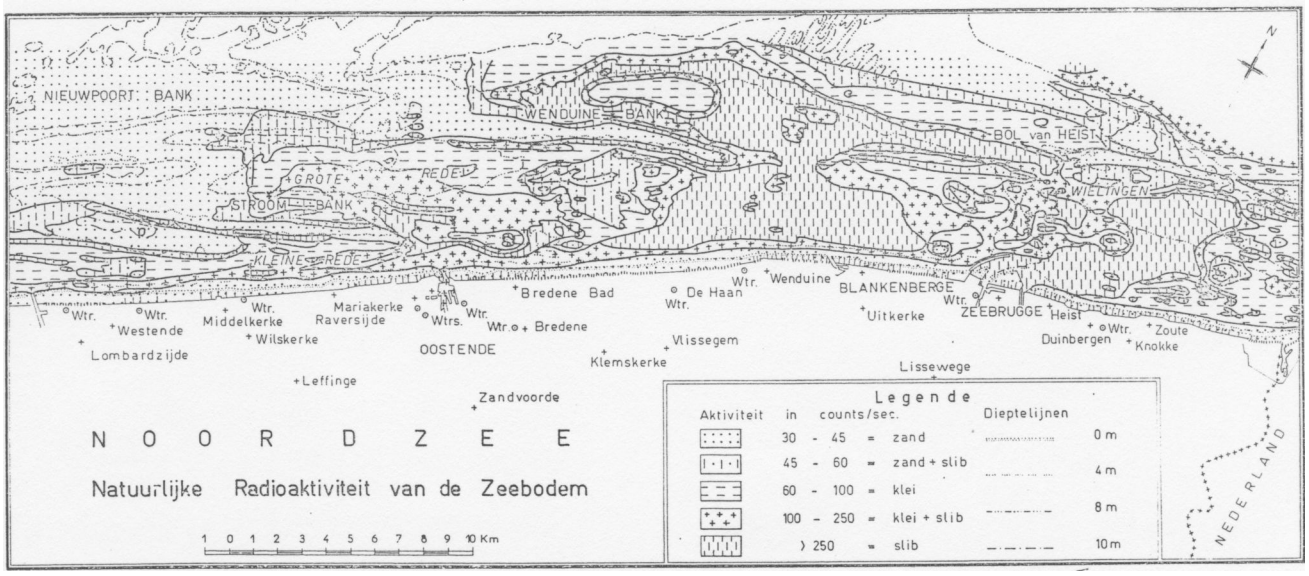


Fig. 2.

De korrelverdeling is zeer variabel en het is niet gemakkelijk om uit deze basis een onderscheid te maken tussen de fluviatiele en mariene sedimenten.

Detailkaarten omtrent de samenstelling van de bodem werden van sommige gedeelten vroeger reeds opgesteld door de Antwerpse Zeediensten en worden nu voortgezet. Dus de samensteling is nog relatief goed gekend.

De herkomst der sedimenten en het mechanisme der bewegingen daarentegen is ofwel onbekend ofwel hypotetisch.

Een getijdestroom zoals de Schelde heeft de natuurlijke neiging zichzelf in te dijken. Dit komt door het feit dat hij ebkentering er afzetting gebeurt in de diepe kanalen. Hier wordt deze bij de volgende vloed gemakkelijk opnieuw opgenomen. Bij een vloedkentering daarentegen gebeurt de afzetting overal en is er plaatselijk op de hoge gedeelten geen wederafvoer, omdat de volgende ebstromingen eerst doorkomen wanneer het water reeds aanmerkelijk gedaald is. Aldus gebeurt er aanslijking van oevers en schorren. Nu is het mogelijk dat er enkelvoudige aanvoer gebeurt door de vloed.

Inderdaad wanneer deze stroomstoot krachtig genoeg is om materialen te vervoeren en wanneer er geen voldoende bovendebiet is, waardoor de eb te zwak wordt om aan transport te doen, is er gevaar voor verzanding van zee uit.

Dit verzandingsgevaar bestaat reëel daar het bovendebiet van de Schelde van zichzelf zeer klein is vergeleken bij de vloeddebieten en dat dit bovendebiet nog verminderd is door aftapping voor kanaalwater.

Verscheidene auteurs hebben omtrent de oorsprong en beweging der sedimenten hypotesen opgesteld. Wij vernoemen enkel de laatste twee die wegens hun modernere metode van onderzoek tot interessante bevindingen zijn gekomen.

M. DELLA FAILLE leverde in 1962 een bijdrage tot de fysico-chemische studie van het suspensiemateriaal van de Schelde en bijrivieren en van de Noordzee voor de Belgische kust. Hij kwam tot de bevinding dat er een grote stabiliteit bestaat in de samenstelling der kleimineralen van de Noordzee, de Schelde en bijrivieren. Dit heeft hij bewezen uit zijn analysen. Het was dus onmogelijk om uit de evolutie, die de kleimineralen normaal chemisch doormaken, een besluit te trekken over het leveringsgebied der kleimineralen in het Estuarium. Uit turbiditeits- en saliniteitsmetingen zou hij evenwel besluiten dat de Schelde weinig of geen slib in zee brengt en dat de zee in sommige gevallen wel slib in de Schelde brengt. Doch het was niet mogelijk om een begrenzing te maken tot waar dit zou gebeuren. Hij meent in elk geval dat er geen mariene invloed is waar te nemen in het Belgische gedeelte van het estuarium. Hij blijkt dus een onderscheid te maken tussen het gedeelte stroomafwaarts van de bocht van

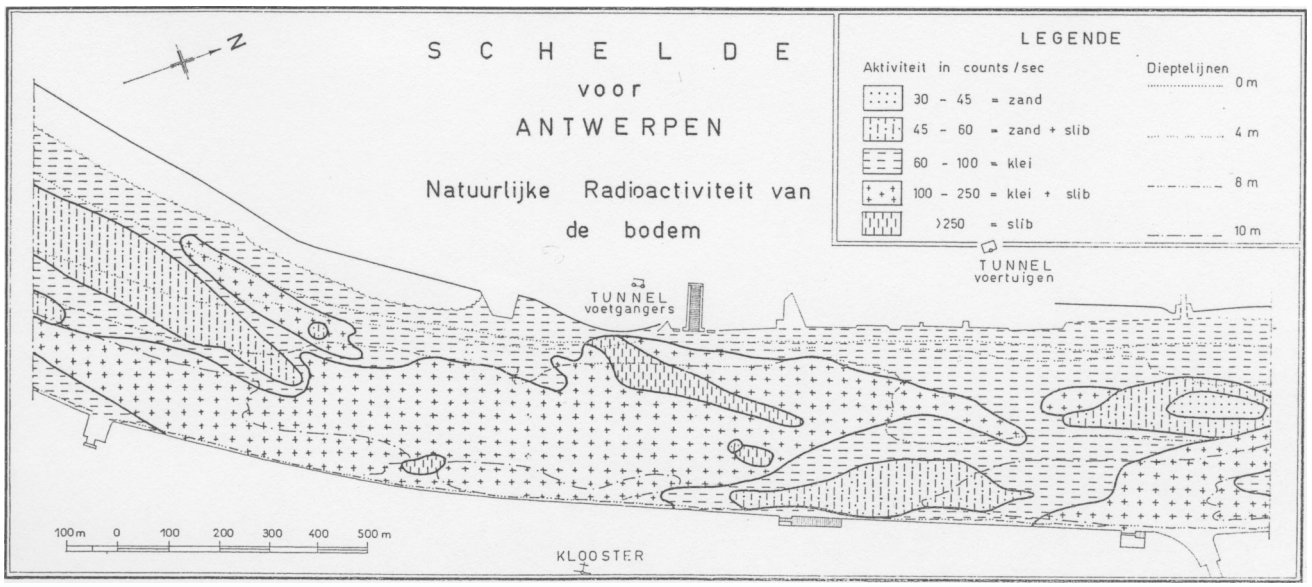


Fig. 3.

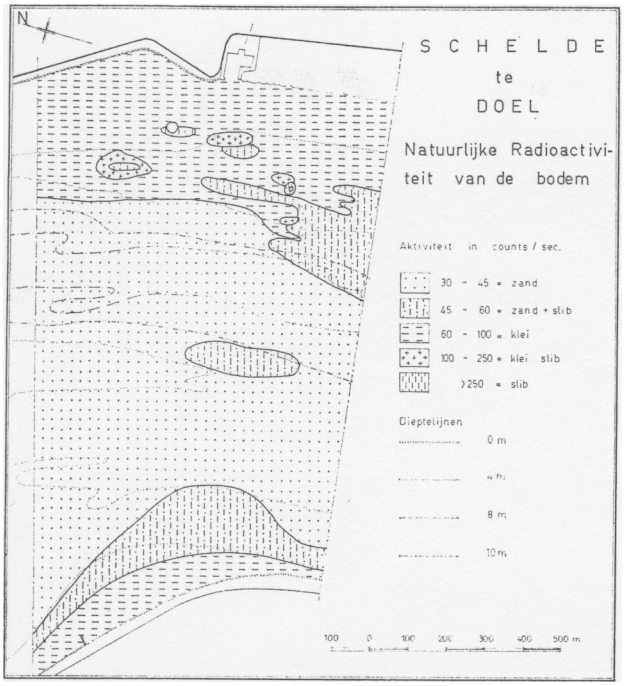


Fig. 4.

Bath, dat eerder marien zou zijn, en het gedeelte stroomopwaarts van deze bocht dat enkel kontinentale sedimenten zou bevatten.

De Nederlander DE GROOT maakte eveneens een studie over de oorsprong en het transport van de slibfraktie in de Westerschelde en publiceerde dit in 1963. Hij baseerde zich vooral op de verschillen in mangaangehalte van dit slib en gebruikte deze mangaantoestand als een natuurlijke tracer.

Ook hij kwam tot de bevinding dat het slib in de Westerschelde slechts voor een klein gedeelte afkomstig is van de Schelde zelf. De rivierinvloed is het sterkst in het oostelijke gedeelte en ook hij blijkt de grens te leggen bij de bocht van Bath. De meeste der afzettingen in het westelijke gedeelte vanaf Bath zouden afkomstig zijn van de Noordzee. Hij denkt dat dit slib in de Schelde evenals dit van de Noordzee voor onze kust waarschijnlijk afkomstig is uit het Kanaal.

Men lette er wel op dat beide onderzoekers het hadden over slib en suspensiemateriaal.

De kennis van het echte bodemtransport is maar nauwelijks uit het domein der hypothese getreden.

Projekten

Uit het voorgaande blijkt dus dat er slechts weinig-positief bekend is. Talrijke problemen blijven nog op te lossen, zowel kwalitatief als kwantitatief, aangaande de herkomst en het transportsysteem der sedimenten in het Schelde-estuarium.

Een zeer belangrijk probleem is bijv. welke hoeveelheid materiaal, zowel suspensie- als bodemmateriaal, wordt door de bijrivieren aangevoerd ? Ook het probleem tot waar de zee zand inbrengt en hoeveel. Ook hoe de sedimentbeweging is in de toegangsgeulen op zee. Er is dus blijkbaar nog veel te doen. En het programma dat voorgesteld wordt is grosso modo het volgende.

De studie der suspensiematerialen dient te worden voortgezet daar dit hoofdstuk nog niet volledig is afgehandeld; de voorgestelde methode is deze van de Fransman BERTHOIS, waarmede door DELLA FAILLE werd begonnen. Verder een doorgedreven onderzoek naar de toestand van de sedimenten zelf en hun evolutie. Voor het ogenblik zijn de opmetingen van deze toestand op een goede baan. Een gemakkelijk middel wordt ons thans geboden door de eigenschap dat de litologische bodemverschillen tot uiting komen in verschillen in natuurlijke radioaktiviteit. Het volstaat dus deze radioaktiviteit in kontinu op te meten om een litologische bodemkaart te kunnen opstellen. Volgens deze werkwijze was het ons bijv. mogelijk om tijdens de zomercampagne van 1963 op 16 vaardagen 600 km^2 zeebodem in detail op kaart te brengen.

Fig. 1 geeft een uittreksel van de metingen voor de kust; alleen de vaarlanen werden verbreed om een klaar beeld te geven.

Uit deze tekening komt goed tot uiting hoe er juist voor de «stroombank», die een zandbank is, hoge waarden werden geregistreerd. Deze registratie, die ook geijkt werd met monsters, bewees dat er een strook recent slib aanwezig is vlak voor deze bank.

Fig. 2 geeft een overzicht van de toestand voor de Belgische kust in juli-augustus 1963.

Deze kaart is ondertussen een historisch dokument geworden voor wat betreft de radioaktieve backgroundwaarden. Inderdaad de hoge waarden die toen te meten waren wegens de recente fall-out van de fusieprodukten van Russische kernproeven, zijn voor het ogenblik niet meer waar te nemen. De onderlinge verschillen, alhoewel niet meer zo sterk, blijven echter bestaan.

Fig. 3 en 4 geven de toestand op gedeelten van de Schelde in 1963.

Voor het ogenblik zijn de metingen op zee uitgevoerd over ca. 1000 km^2 en op de Schelde over 20 km afwaarts Antwerpen. Wanneer er regelmatig zulke opmetingen over de bodemtoestand zullen verricht worden, zal het mogelijk zijn om de evolutie te volgen. In feite heeft een bodemkaart van een bepaald ogenblik slechts een waarde als een statistich gegeven, dit wegens de variabiliteit van bepaalde zones. Ze dienen dus te worden herhaald en men moet liefst geen 60 jaar meer wachten zoals men het gedaan heeft na de zeebodemkaart van wijlen ir. VAN MIERLO (1899).

Verder staan op het programma een reeks kernboringen tot op enkele meters diepte, waarbij ongeroerde monsters dienen genomen te worden. Een boring geeft immers de statistiek weer van het verleden. Er wordt voor het ogenblik studie gemaakt van een toestel dat op vlugge en goedkope wijze, hiertoe in staat is.

Het werkelijke systeem van de verplaatsingen der bodemmaterialen en de herkomst kan ons gebracht worden door het gebruik van radioaktieve en fluorescerende tracers, waarover sprake is in een artikel in « Het Ingenieursblad » van augustus 1964.

Verder zullen de exploraties onder water worden voortgezet. Deze zomer werden inderdaad talrijke autonome duiktochten ondernomen op de «Vlaamse banken » voor de Belgische kust, waar er helder water is.

Zo is het mogelijk om in situ de zandvormen en de zandbewegingen te bestuderen en te fotograferen.

Dankbetuiging

Wij maken van de gelegenheid gebruik om de autoriteiten van het Bestuur der Waterwegen die deze plannen daadwerkelijk steunen te danken, inzonderheid ir. R. Codde, Administrateur Inspekteur-Generaal van de Antwerpse Zeediensten, en ir. J. Verschave, Hoofdingenieur-Direkteur van de Dienst der Kust.

Bibliografie

1. BASTIN A. Het gebruik van tracers voor sedimentologisch onderzoek. Het Ingenieursblad, 33 (1964), nr. 8.
2. DE GROOT A.J. Mangaantoestand van Nederlandse en Duitse holocene sedimenten in verband met slibtransport en bodemgenese. Tesis. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, mei 1963.
3. DE GROOT A.J. Origine and transport of mud (fraction < 16 microns) in coastal waters from the Western Scheldt to the Danish frontier. Developments in Sedimentology. Volume I (1964). Deltaic and Shallow Marine Deposits. Proceedings of the Sixth Intern. Sediment. Congr., The Netherlands and Belgium, 1963.
4. DELLA FAILLE M. Etude sédimentologique de l'Escaut fluviomarin. Rapport. Lab. de Chemie Minerale, Heverlee - Louvain 1962.

Modelstudie betreffende de normalizatiewerken van de Westerschelde te Bath

door ir. A. STERLING. Hoofdingenieur-Direkteur van Bruggen en Wegen, Direkteur van het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout-Antwerpen,

en ir. P. ROOVERS, Hoofdingenieur-Direkteur van Bruggen en Wegen, Hoofd van de Afdeling Tijrivieren te Borgerhout-Antwerpen.

INLEIDING

Op het gedeelte der Westerschelde, gelegen tussen Hansweert en Antwerpen, is de natuurlijke diepte van het vaarwater op de drempels onvoldoende voor de zeescheepvaart. Om deze te verzekeren worden omvangrijke onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd. Overigens vereisen de steeds toenemende afmetingen der zeeschepen, zowel in lengte als in diepgang, dat deze baggerwerken meer en meer opgedreven worden.

De drempels die door de fig. 1 aangegeven worden zijn diegene waarop regelmatig moet worden gebaggerd. In totaal dient er aldus jaarlijks circa 8,5 miljoen m^3 zand gebaggerd te worden.

Aangezien men niet door onderhoudsbaggerwerken alléén een nog verdere verbetering der vaargeul verwachten kan, moeten zekere normalizatiewerken van de rivier in overweging genomen worden. Het moeilijkste deel van de Schelde is de omgeving van Bath.

Hiernavolgende problemen worden door het vaarwater in deze omgeving gesteld:

1) de onderhoudsbaggerwerken, om er de nodige diepte te behouden, zijn uiterst omvangrijk en zeer kostbaar;
2) de schepen zijn bij sterke vloed op sommige plaatsen aan gevaarlijke dwarsstromen blootgesteld;
3) de bocht van Bath is zeer uitgesproken, met daarbij een te geringe breedte, hetgeen de vaart der diepliggende schepen bemoeilijkt.

Voor de studie der verbeteringswerken in de omgeving van Bath werd een model met beweegbare bodem gebouwd; fig. 2 geeft een algemeen overzicht van het model.

BESCHRIJVING VAN HET MODEL

Het gedeelte der Westerschelde, gaande van Hansweert tot aan de huidige toegangssluizen van de haven van Antwerpen, werd in model weergegeven.

Als schalen werden gekozen: 1/333 horizontaal - 1/100 vertikaal. Dit geeft aldus een distorsie (vertrekking) van 3,33.

Daar het een getijmodel betrof, mocht er in geen geval van de modelwetten van Froude worden afgeweken.

Uit de keuze der horizontale en vertikale schaal volgen dan, naar Froude, de andere schalen; zo is onder meer:

de hydraulische tijdschaal: 3/100,
de schaal voor de snelheden: 1/10,
de schaal voor de debieten: 3/1 000 000

De periode van het gemiddeld getij (12 u 25 min. natuur) duurt dus in het model

745 min X 0,03 = 22 min. 21 sec.

De totale lengte van het model is circa 100 m en stelt circa 33 km van de rivier voor.

Het model is volledig automatisch uitgerust; de getijbeweging wordt op schaal volledig natuurgetrouw weergegeven.

Aan beide uiteinden van het model wordt, op ieder ogenblik, de juiste waterstand opgelegd op de volgende wijze:

Er wordt afwaarts in het model een konstant debiet ingebracht dat groter is dan het grootste vloeddebiet, en opwaarts een konstant debiet groter dan het grootste ebdebiet. Het overtollige debiet, d.i. het debiet dat aan elk der uiteinden moet worden verwijderd om aldaar de ogenblikkelijke juiste waterhoogten te verwezenlijken, stort over kleppen beweegbaar rond een horizontale as, waarvan de helling opgelegd wordt door een elektromotor.

Voor de tijopwekking wordt gebruik gemaakt van elektrisch gedreven mechanismen, zodanig aangepast dat zij toelaten aan beide uiteinden van het model de juiste getijkrommen op te leggen.

De hydraulische ijking van het model heeft de kontrole omvat van de getijkrommen, de debietkrommen van de kombergingsberekening, de debietverdeling over scharen en vaarwaters, de snelheden in grootte en richting en de stroombanen.

Op de gladde vaste cementbodem werd de gelijkvormigheid van het getij op de uitgestrektheid van het model met dit van de natuur verkregen door het aanbrengen van de gepaste ruwheid, in dit geval steenslag 20/40.

Ten einde proeven in verband met normalizatiewerken te kunnen uitvoeren, is het nodig de modelbodem beweegbaar te maken, namelijk deze bodem uit te voeren in een materiaal dat zich ingevolge de stromingen, die zich in het model voordoen, laat verplaatsen, zodanig dat uitschuringen en aanzandingen, welke in de rivier voorkomen, ook in het model kunnen worden nagebootst. Een beweegbare bodem, bestaande uit polystyreenkorrels met een gemiddelde diameter van circa 2,5 mm en een soortelijk gewicht van circa 1,05, werd in het model aangebracht vanaf afwaarts Valkenisse tot Lillo. Bij de uitvoering van deze beweegbare bodem heeft men echter rekening moeten houden met de samenstelling van de rivierbodem.

Inderdaad, de bodem bestaat niet overal uit fijn zand, plaatselijk wordt namelijk klei, jonge zandsteenformatie, veen enz. aangetroffen, welke, praktisch gesproken, niet uitschuurbaar zijn.

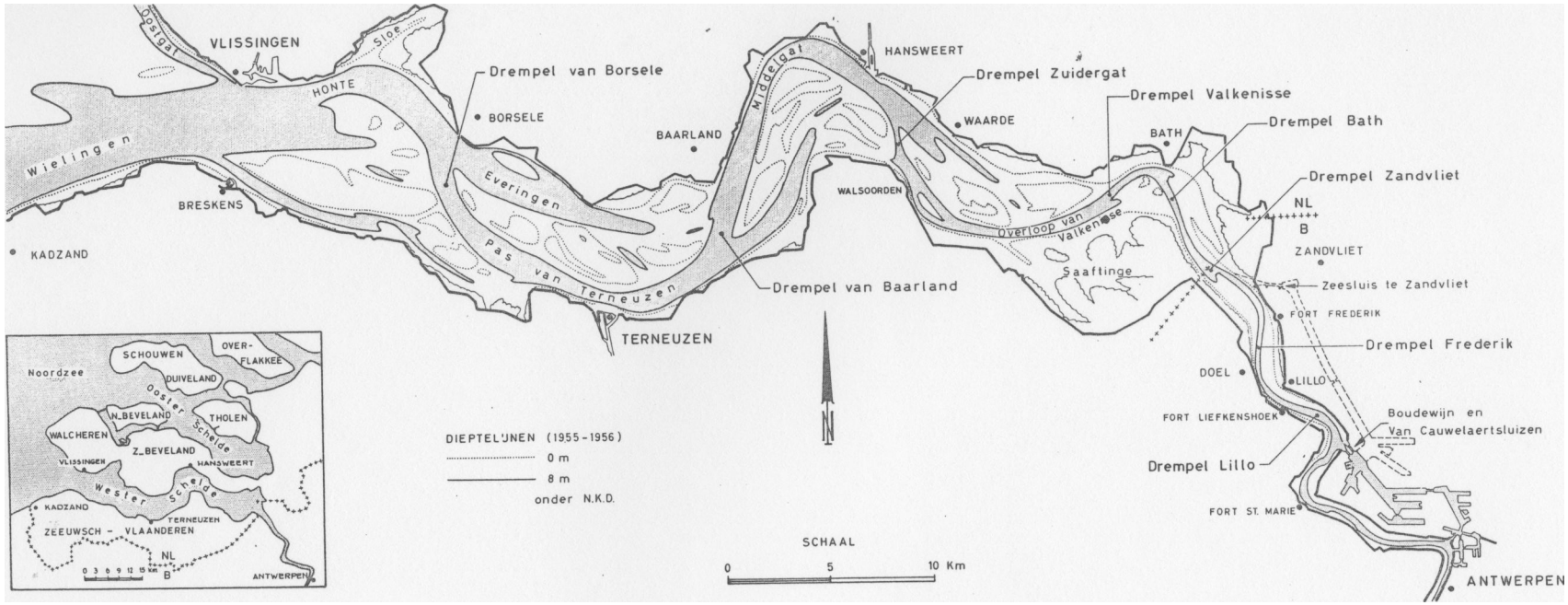
Het was alleen het uit zand bestaande gedeelte der bedding, dat in model beweegbaar werd uitgevoerd, het overige gedeelte werd in vaste cementbezetting gehouden. Aan dit beweegbaar materiaal werd de eis gesteld dat het zich in model volledig gelijkvormig ging gedragen met de beweging der fijne zandkorrels in de natuur. Ten einde dit na te gaan, diende ook het model te worden geijkt aangaande het transport van vaste stoffen.

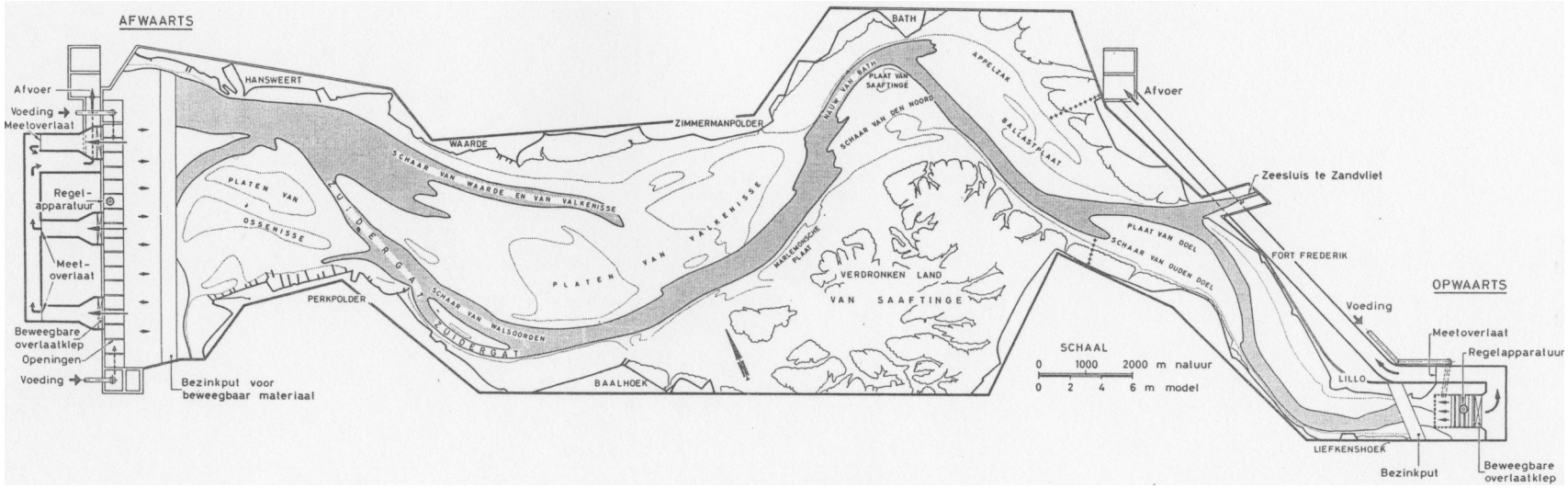
De ijkingsmetode welke werd toegepast, was de zogenaamde « historische metode»; deze zou ons tevens toelaten de tijdschaal te vinden voor de veranderingen der bodemkonfiguratie.

Het nabootsen der onderhoudsbaggerwerken, gepaard gaande met storten dezer specie in nevenvaarwaters, is praktisch gesproken onmogelijk, gezien het zeer ingewikkelde en uiteenlopende karakter van deze werken. Het is echter zo dat deze onderhoudsbaggerwerken, waarmede sedert 1930 een aanvang werd gemaakt, de rivier in een zekere kunstmatige toestand herschapen hebben. Het historische onderzoek moet zich bijgevolg uitstrekken over een periode vóór 1930, wanneer de rivier zich nog in haar natuurlijke toestand bevond.

De evolutie van het platen- en geulenstelsel is goed gekend en verloopt met een zekere periodiciteit, welke gemiddeld circa 3 jaar bedraagt; zij varieert echter tussen vrij uiteenlopende grenzen; maxima: 58 maanden, minima: 16 maanden, dit naar gelang van de situatie van het bankengebied van Saeftinge, de grootte van het optredend bovendebiet en de zwaarte van de tijgolf. Om deze redenen was het noodzakelijk dat het historische onderzoek zich uitstrekte over een periode welke een veelvoud was van drie jaar.

De natuurlijke faktor, welke de bodemkonfiguratie in hoofdzaak beïnvloedt, is de getijbeweging. Deze getijbeweging is zeer complex en in de loop van een jaar treft men een zeer grote verscheidenheid van getijencyclussen aan. Modeltechnisch is het niet mogelijk zulk


VLISSINGEN
Oostgat
Sloe
HONTE
Wielingen
BRESKENS
KADZAND
Drempel van Borsele
BORSELE
Everingen
Pas van Terneuzen
BAARLAND
Middelgat
HANSWEERT
Drempel Zuidergat
WAARDE
Drempel Valkenisse
BATH
Drempel Bath
Drempel Zandvliet
WALSOORDEN
Overloop van Valkenisse
Saaftinge
NL
B
ZANDVLIET
Zeesluis te Zandvliet
FORT FREDERIK
Drempel Frederik
DOEL
LILLO
FORT LIEFKENSHOEK
Boudewijn en Van Cauwelaertsluizen
Drempel Lillo
FORT ST. MARIE
ANTWERPEN
Drempel van Baarland
TERNEUZEN
DIEPTELIJNEN (1955-1956)
0 m
8 m
onder N.K.D.
SCHAAL
0
5
10 Km
Noordzee
SCHOUWEN
OVER-FLAKKEE
DUIVELAND
Ooster Schelde
N_BEVELAND
THOLEN
WALCHEREN
Z_BEVELAND
VLISSINGEN
HANSWEERT
Wester Schelde
KADZAND
TERNEUZEN
ZEEUWSCH - VLAANDEREN
NL
B
ANTWERPEN


AFWAARTS
Afvoer
Voeding
Meetoverlaat
Regel-apparatuur
Meet-overlaat
Beweegbare overlaatklep
Openingen
Voeding
Bezinkput voor beweegbaar materiaal
HANSWEERT
WAARDE
ZIMMERMANPOLDER
PLATEN VAN OSSENISSE
SCHAAR VAN WAARDE EN VAN VALKENISSE
ZUIDERGAT
PERKPOLDER
SCHAAR VAN WALSOORDEN
PLATEN VAN VALKENISSE
BAALHOEK
MARIEKONINGSCHE PLAAT
VERDRONKEN LAND VAN SAAFTINGE
BATH
MUIW VAN BATH
PLAAT VAN SAAFTINGE
SCHAAR VAN DEN NOORD
APPELZAAK
BALLASTPLAAT
Afvoer
Zeesluis te Zandvliet
PLAAT VAN DOEL
SCHAAR VAN OUDEN DOEL
FORT FREDERIK
OPWAARTS
Voeding
Meetoverlaat
Regelapparatuur
LILLO
LIEFKENSHOEK
Bezinkput
Beweegbare overlaatklep
SCHAAL
0
1000
2000 m natuur
0
2
4
6 m model

een verscheidenheid van getijen in een model na te bootsen; men is dus verplicht zich te beperken tot het inbrengen van een kombinatie van een zeker aantal tijtypen.

Het onderzoek heeft aangetoond dat het model bij machte was om de in de natuur waargenomen natuurlijke evoluties volledig natuurgetrouw na te bootsen. Daarbij leidde dit onderzoek tot de hoofdinformatie naar dewelke gestreefd werd, namelijk de tijdschaal voor de evolutie van de bodemkonfiguratie. Als tijdschaal werd hiervoor 1/1500 gevonden, d.w.z. 15 modeltijen korresponderen ongeveer met één jaar in werkelijkheid of nog' circa 5,5 modeluren komen overeen met één jaar in natuur.

Het grote voordeel van de ijking van het model, volgens de metode waardoor de natuurlijke evoluties, die zich in het verleden in de natuur hebben voorgedaan, in het model konden worden verwezenlijkt, ligt hierin: wanneer het model de natuurlijke gedragingen van de *rivier* in het verleden heeft kunnen weergeven, zal het ook de gedragingen van de rivier, nadat zekere normalizatiewerken werden ingevoerd, natuurgetrouw weergeven, m.a.w. het zal dus mogelijk zijn, kennende de tijdschaal, de toestand van de rivier in de toekomst te voorzien.

STUDIE DER NORMALIZATIEWERKEN

De verschillende voorgestelde voorontwerpen van riviernormalizatie in de omgeving van Bath konden in verschillende kategorieën onderverdeeld worden, dit naargelang van de aard van het ingrijpen in de bestaande situatie van de vaargeul.

Drie kategorieën van ontwerpen kunnen onderscheiden worden:

1) De werken waarbij getracht wordt, mits zoveel mogelijk het bestaande algemene tracé van het vaarwater te behouden, de vaargeul geleidelijk te verbeteren en aan te passen.
2) De werken waarbij in het gebied Zandvliet-Valkenisse een gans nieuw tracé van de vaargeul beoogd wordt, echter mits hetzelfde aantal inflektiezones of drempels te behouden.
3) De werken waarbij in het gebied Zandvliet- Valkenisse het huidige tracé van het vaarwater vervangen wordt door één enkele zachtverlopende bocht, alzo twee inflektiezones of drempels uitschakelend, namelijk de drempels van Bath en Zandvliet.

Verder moet gedurende de uitvoering der verbeteringswerken de veiligheid van de scheepvaart verzekerd blijven.

De modelstudie heft aangetoond dat de oplossing van het vraagstuk ligt in de werken onder 1) aangegeven waarbij het bestaande algemene tracé van het vaarwater behouden wordt. Deze werken worden op het huidige ogenblik aan een grondige studie onderworpen.

De andere studies voor de Schelde en die reeds voltooid zijn hadden betrekking op:

1) het bepalen der beste plaatsen voor het storten der baggerspecie,
2) de verbeteringswerken in de omgeving van Zandvliet,
3) het bestrijden der dwarsstromingen uit de Zimmermanpolder,
4) de verbeteringswerken in de omgeving van Walsoorden.

Enkele beschouwingen over het geologisch onderzoek in bouwtechnische problemen

door ir. M. GULINCK, Aardkundige Dienst van België bij het Ministerie van Ekonomische Zaken.

De inrichters van deze studiedagen hebben gedacht dat er een goede gelegenheid geboden was om de praktische betekenis van het geologisch onderzoek te beklemtonen.

Er wordt inderdaad af en toe geklaagd over het feit dat er te weinig een beroep gedaan wordt op geologen bij de studie van belangrijke grondwerken en dat dit vaak aanleiding geeft tot zware misrekeningen. Ik meen dat, in verband hiermede, het nuttig kon zijn de toestand op nuchtere wijze te bekijken.

Wij stuiten onmiddellijk op de vraag: Welke zijn de problemen en onderzoekingen die tot het specifieke domein van de Geologie behoren ?

Aan de ene kant zien wij dat de ingenieur, telkens hij terreinsoorten beschrijft, hun eigenschappen, voorkomen nagaat, «fait de la géologie sans le savoir», om het gezegde van Mr. Jourdain hier toe passen (ik hoop dat mijn kollega's ingenieurs deze parafrase niet zullen kwalijk nemen). Anderzijds is de geoloog er toe gebracht, ten gevolge van de verfijning van zijn onderzoekingen, een beroep te doen op werkmethoden die feitelijk thuishoren bij andere wetenschappelijke disciplines.

Bijvoorbeeld: Om een goede verklaring te krijgen voor het ontstaan van sedimentaire formaties moet men het transportmechanisme ervan begrijpen. Onderzoekingen gedaan door waterbouwkundige ingenieurs in het laboratorium en in de natuur, zijn dus van onschatbare waarde door de geoloog. Anderzijds kan de geoloog bepaalde natuurlijke schema's aan de waterbouwkundigen voorleggen en van hem een mechanische interpretatie verwachten, die in het raam van zijn algemene geologische waarnemingen past.

De steeds verdere specialisatie van de wetenschappen, zowel als het konvergeren van sommige onderzoekingen, brengt met zich mede dat er een soort van no man's land ontstaat, dat men niet zonder enig risico van uit twee richtingen kan betreden.

Het specifieke werk van de geoloog is vooral gekenmerkt door het situeren in de ruimte en in de tijd van zijn feitenmateriaal. Laten wij niet vergeten dat dit feitenmateriaal hem grotendeels gegeven wordt door de ingenieurs die dokken, kanalen, tunnels graven, stuwdammen oprichten, petroleum of grondwater opzoeken, enz. Verder, dat hij zijn interpretaties dikwijls moet aanpassen aan de nieuwere gegevens en niet moet aarzelen om zijn theorieën af en toe overboord te gooien.

In mijn verder betoog, wil ik mij beperken tot omstandigheden in ons eigen land, d.w.z. in een gebied waar men reeds over een vrij belangrijke geologische dokumentatie beschikt en waar de samenstelling van de ondergrond tamelijk goed bekend is.

Identifikatie van gesteenten

Grind, zand, silt, klei, kalksteen, zandsteen... zijn standaardmaterialen waarmede geotechnici en geologen dagelijks omgaan.

Er bestaan echter verschillende gesteentesoorten die slechts in uitzonderlijke omstandigheden waarneembaar zijn en niet altijd eenvoudig te definiëren zijn. Een aanvullend mineralogisch onderzoek, indien dit nog niet in andere omstandigheden verricht werd, is dan zeker wenselijk.

Men moet bijzondere aandacht wijden aan de verweringsgesteenten, oplossingsresten van krijt en kalkstenen, schiefers tot klei verweerd, verkiezelde kalkstenen, «rotte» eruptieve gesteenten... Dit is een domein dat veel te gevaarlijk is om door een niet ervaren geoloog betreden te worden.

De geoloog zal ook moeten beoordelen of sommige elementen zoals limoniet, kalk,... al dan niet sekundair zijn ofwel intrinsiek deel uitmaken van het bestudeerde gesteente.

Dit is belangrijk, omdat hierdoor sommige anomalieën in het draagvermogen te verklaren zijn. De brusseliaanse zanden kunnen bijv. op zeer onregelmatige wijze ontkalkt zijn. Loess en zijn ontkalkte facies hebben ook verschillende geotechnische eigenschappen.

Interpretatie van boringen en boorprofielen

Men moet eerst rekening houden met de boringsmetoden en betrouwbaarheid van de monsteropnamen. Het gebeurt soms wel dat monsters omgewisseld worden, maar met enige kennis van de plaatselijke geologie kan dit opgemerkt worden. Er bestaan zelfs verhalen over systematisch « gezeurde » boringen.

Een der moeilijkheden die zich soms voordoen bij het opmaken van een boorprofiel, is te weten of de harde gesteenten die men in de monsters aantreft als losse konkreties te beschouwen zijn, of doorlopende lagen vormen. Dit heeft inderdaad een grote invloed op de kostprijs van de uitgravingen, op het toe te passen bemalingsschema... Een verkeerde interpretatie geeft aanleiding tot betwisting, procedures...

Men zal in andere omstandigheden rekening moeten houden met faciesveranderingen, lokale verweringsverschijnselen, karstdepressies, breuken... om een korrekte interpretatie te geven.

In al dergelijke omstandigheden is er een zekere «feeling» en vooral een stevige geologische ervaring nodig.

Studie van voorontwerpen — Inplanting van boringen

Het is zeker dat de keuze van het site van een kanaal, een autosnelweg, een havendok... aan verschillende eisen moet beantwoorden die niet altijd volledig verenigbaar zijn.

Zo kan het bijv. gebeuren dat deze site, op grond van de bestaande geologische gegevens, niet gunstig uitvalt.

Het projekt is dus vatbaar voor kritiek indien men dit voorafgaandelijke onderzoek, bewust of onbewust genegeerd heeft, ten ware men a priori andere imperatieven moet aanvaarden.

Ook bij de inplanting van verkenningsboringen moet rekening worden gehouden met de beschikbare gegevens, dit om het boorschema zo efficiënt mogelijk te maken. Tegen dit princiep wordt, jammer genoeg, vaak gezondigd.

Op basis van deze voorlopige gegevens zal men de afstand en diepte der boringen kiezen, vooral tussen de verplichte punten.

Het is wenselijk een voldoende marge te nemen om het profiel behoorlijk af te werken, nl. derwijze dat de dikte van de dalafzettingen, de diepte van een dichtbijgelegen belangrijk substratum te bepalen zijn. Niets is zo ontgoochelend als een boring te zien stoppen op slechts enkele meters boven een interessante grenslaag die men beslist mocht verwachten.

Gebieden die minder goed bekend zijn t.o.v. de praktische problemen die zich stellen kunnen, indien de tijd het toelaat, in twee etappen onderzocht worden: eerst om de grote lijnen te schetsen, dan om de details uit te werken.

Het is in elk geval onvoorzichtig blindelings op de voorzienigheid te steunen en belangrijke werken zonder voorafgaandelijk onderzoek te doen starten.

Men mag wel betreuren dat er van hogerhand niet altijd de nodige tijd gegeven wordt om de problemen op rustige en grondige wijze te behandelen.

Aanleg van stuwdammen

Niemand betwist dat de aanleg van een stuwdam een ernstige voorafgaandelijke geologische studie vereist. Wij zullen slechts aanstippen dat dit een zeer uitgebreid veldwerk vraagt, waarbij dient te worden gelet op de verweringsgraad van de gesteenten, het verloop der breuken, de schistositeit, de tektonische structuren, de porositeit van het gesteente enz., verder aan te vullen door boringen.

Verantwoordelijkheid bij geologische adviezen
Samenwerking tussen geologen en ingenieurs

Al bestaat er zoiets als de titel van ingenieur-geoloog, toch meen ik dat, in het algemeen, het praktisch onmogelijk is tegelijkertijd een ervaren en alzijdig geoloog, en een goed getrainde ingenieur te worden. Wel kan een ingenieur, die zijn aktiviteit beperkt tot een bepaalde streek, uiteindelijk een grote lokale ervaring krijgen en zelfs geologisch interessante feiten waarnemen.

Civiel-ingenieurs krijgen een kursus in de geologie, maar deze kursus beantwoordt niet altijd aan de praktische noodwendigheden van hun verdere loopbaan en wordt trouwens vlug vergeten.

Bij speciale werken zoals stuwdammen zou, volgens sommigen, de geoloog een doorslaggevend advies moeten geven bij de keuze van de konstruktiemetode. Dit lijkt mij een zeer gewaagde en gevaarlijk opvatting, ook in verband met de vaststelling van de verantwoordelijkheid.

De beste en meest efficiënte wijze van samenwerking bestaat in een permanente dialoog tussen de twee disciplines.

Aan de ene kant zal de ingenieur zijn matematische of technische beschouwingen versoepelen en aanpassen aan de wispelturigheid van de geologische feiten, maar misschien ook soms er toe komen zekere geotechnische konklusies te durven extrapoleren, op basis van een geologische argumentatie, namelijk in geval van kontinuïteit van zekere lagen.

Anderzijds zal de geoloog er wel bij varen, zijn onderzoekingen op konkrete en praktische wijze doorte voeren en vatbaar maken voor praktische toepassingen. Er zullen hem dikwijls vragen gesteld worden die tot verder nadenken stemmen en ook soms onverwachte geologische problemen stellen. Ik denk hier bijv. aan het probleem van de vóórbelasting van geologische formaties.