

Vlaams Instituut voor de Zee
Flanders Marine Institute

13076

**Geo-elektrisch onderzoek bij de geologische
overzichtskartering van West-Vlaanderen**

door G. DE MOOR en W. DE BREUCK (Gent)

Geo-elektrisch onderzoek bij de geologische overzichtskartering van West-Vlaanderen

door G. DE MOOR en W. DE BREUCK (Gent)

LA MÉTHODE GÉOÉLECTRIQUE APPLIQUÉE AU LEVÉ DE RECONNAISSANCE GÉOLOGIQUE DE LA FLANDRE OCCIDENTALE

Résumé. — Les cartes géologiques existantes montrent beaucoup d'imprécisions aussi bien lithologiques que stratigraphiques. Un nouveau levé de reconnaissance a été exécuté. Celui-ci comprenait surtout l'étude de l'épaisseur et de la lithologie des sédiments quaternaires et une étude lithologique et stratigraphique de la partie supérieure du substrat tertiaire.

Cette étude a été réalisée en grande partie à l'aide de sondages géoélectriques par courant continu d'après le dispositif Wenner.

Quelque 500 sondages ont été effectués sur le territoire de la Flandre occidentale. Ils sont groupés dans les zones où les conditions du terrain permettaient l'application de cette méthode.

Les données comprennent d'abord des valeurs de résistivité apparente qui ont été mesurées à chaque point pour des distances d'électrodes variant de 1 à 100 m. Les valeurs de la résistivité apparente, mesurées pour les distances de 10, de 20 et de 40 m ont été représentées sous forme de cartes de résistivité. Les valeurs de la résistivité spécifique ρ_0 pour la couche supérieure et celles de la résistivité spécifique ρ_b pour la couche sous-jacente sont reportées sur deux autres cartes. En second lieu l'interprétation des résultats des sondages a permis de dresser une carte des isopaques des sédiments quaternaires et une carte des isohypses des niveaux de contact géoélectrique.

Les résistivités mesurées pour les sédiments saturés d'eau sont données. Les cartes de résistivité ont permis de distinguer des régions électriquement homogènes, correspondant à des unités hydrologiques.

Le cordon des dunes constitue une région à haute résistivité, où la profondeur de l'argile yprésienne a pu être déterminée entre La Panne et Nieuport. A l'est, près de Knokke, la profondeur de l'argile bartonienne a été mesurée. Par contre, entre Nieuport et Heyst les mesures électriques n'ont pu être employées tantôt par suite de la similitude lithologique de la couverture quaternaire et du substrat tertiaire, tantôt par suite de la présence d'eau salée dans le sous-sol.

Dans les polders les variations horizontales rapides de la résistivité sont en rapport avec la salinité des eaux phréatiques.

Dans la région de transition entre les Polders et la Flandre intérieure, deux zones peuvent être distinguées. A l'ouest entre Bruges et Ghistelles des sables éoliens quaternaires sur un sous-sol tertiaire plongeant très fortement vers la plaine maritime forment une surélévation à grande résistivité. Près de Ghistelles le substrat est formé d'argile yprésienne. Aux environs de Roxem la résistivité du substrat correspond à celle du sable yprésien, tandis qu'entre Saint-André-lez-Bruges et Varsenare la résistivité de 20 Ω m indique l'argile sableuse du Panisélien inférieur dans le sous-sol.

A l'est de Bruges on trouve également de hautes résistivités pour le Quaternaire. Le substrat entre Sysle et Oedelem est formé par l'argile bartonienne donnant des résistivités très faibles. Entre Oedelem et Oostkamp de très hautes valeurs sont obtenues jusqu'à très grande profondeur, les sables tertiaires éocènes (Wemmeliën, Lédien et Panisélien) se confondant avec le Quaternaire sableux. Le contact P1d/P1c indique l'existence de sillons orientés sud-nord, qui pourraient avoir une importance hydrologique.

Dans la Flandre intérieure on peut distinguer une région centrale et méridionale où le substrat est formé par l'argile yprésienne et une région septentrionale où le sous-sol est constitué de formations éocènes plus récentes. La reconnaissance électrique a permis en premier lieu de

constater que le faciès argileux de l'Yprésien se retrouve à un niveau très supérieur à celui indiqué sur les cartes; l'argile yprésienne affleure donc sur une plus grande étendue. Le toit de l'argile semble indiquer deux anomalies. Au nord d'Ypres il présente une pente plus forte qu'au sud de cette ville. Dans les environs d'Ardoois, au nord de la vallée de la Mandel, il présente une cuvette allongée ouest-est, remplie de sable yprésien. Aussi a-t-on mesuré des différences de niveau brutales du sommet de l'argile, qui ont été confirmées par des sondages à main et des forages mécaniques. Les valeurs pour le substrat argileux varient par zone et indiquent l'existence d'horizons lithologiques différenciés.

Trois grandes vallées pléistocènes profondes se sont creusées dans le substrat argileux : celle de la Lys, celle de l'Escaut et celle de la Mandel. Leurs dimensions et l'épaisseur des sédiments quaternaires qui les ont colmatées se dessinent très bien sur les cartes isopaques et isohypses. Les valeurs de la résistivité spécifique pour ces sédiments quaternaires permettent de se former une idée de leur composition lithologique.

En remontant vers le nord dans la région au nord de la Mandel, on trouve d'abord une zone où les résistivités à faible profondeur indiquent encore la présence de l'argile yprésienne. Cette zone est bordée vers le nord par une région à plus fortes résistivités correspondant à une couverture quaternaire peu épaisse qui diffère très peu du faciès sableux de l'Yprésien sous-jacent. Encore plus vers le nord, on retrouve les niveaux de contact à une cote supérieure sur la cuesta Aersle-Hoogdele, formée par l'argile panisélienne. Au nord de cette cuesta les profondeurs du contact deviennent plus grandes et la résistivité correspond à celle d'un substrat argileux.

THE GEO-ELECTRICAL METHOD APPLIED TO THE GEOLOGICAL RECONNAISSANCE SURVEY OF THE WEST-FLANDERS

Summary. — The existing geological maps show many lithological as well as stratigraphical inaccuracies. A new reconnaissance survey has been made. This survey included a study of the thickness and the lithology of the Quaternary sediments and a lithological and stratigraphical study of the upper part of the Tertiary substratum.

The study has been realized mostly by geo-electric probings with direct current and the electrodes in Wenner arrangement.

About 500 probings were executed over the whole territory of the West-Flanders. They are grouped together in areas where terrain conditions allowed the application of this method.

The data comprise at first the values of the apparent resistivity, which have been measured in each point by electrode separations varying between 1 and 100 m. The values of the apparent resistivity, measured by the electrode separations of 10, 20 and 40 metres are represented by resistivity maps. The specific resistivity ρ_0 for the upper layer and ρ_b for the substratum are reported on two other maps. On the other hand by interpretation of the data, an isopach map of the Quaternary sediments and an isohyps map of the geo-electric contact level have been established.

The resistivities measured for sediments saturated with water are mentioned. The resistivity maps made it possible to distinguish different electrically homogeneous regions, which correspond also to hydrologic unities.

The Dune Belt forms a region of high resistivity, where the depth of the Ypresian clay has been determined between De Panne and Nieuwpoort. In the vicinity of Knokke the depth of the Bartonian clay has been measured. Between Nieuwpoort and Heist the geo-electric method could not be used since either the Tertiary sediments have the same composition as the Quaternary overburden, or salt water is present in the subsoil.

In the Polders the rapid horizontal variations in resistivity are connected with the degree of the salinity of the phreatic water.

In the Transition Region between the Polders and the Inner Flanders two zones can be

distinguished. To the West between Bruges and Gistel Quaternary drift sands and a Tertiary underground dipping very strongly under the coastal plain, form an elevation of high resistivity.

Near Gistel the substratum is formed by Ypresian clay. Near Roksem the resistivity of the substratum corresponds to that of Ypresian sand. Between Sint-Andries (near Bruges) and Varsenare, the resistivity of 20 Ω m indicates in the subsoil the sandy clay of the Lower Paniselian.

East of Bruges high resistivities are encountered in the Quaternary. The substratum between Sijsele and Oedelem is formed by Bartonian clay, which gives very low resistivities. Between Oedelem and Oostkamp very high values down to great depths are measured. The Tertiary sands (Wemmelian, Ledian and Paniselian) have here the same composition as the Quaternary sediments. The contact between P1d and P1c indicates the existence of north-south oriented gullies, which may have a hydrologic interest.

In the Inner Flanders one can distinguish between a central and southern region with an Ypresian clay substratum, and a northern region where more recent Eocene sediments are making out the subsoil. The electric prospection made it possible to understand that the clayey facies of the Ypresian occurs on a higher level than previously assumed, so that its outcrop has a much larger extension than mentioned on the previous map. The top of the clay indicates two anomalies. North of Ypres it shows a steeper slope than south of this town. In the vicinity of Ardoois, north of the Mandel valley, occurs a west-east oriented basin which is filled up with Ypresian sand. Sudden discrepancies in the top of the clay have also been measured. These have been confirmed by auger boring and mechanic drilling. The resistivity values of the clayey substratum vary from zone to zone, indicating the presence of different lithological horizons.

Three large Pleistocene valleys have been excavated in the clay substratum: the valleys of the Lys, the Scheldt and the Mandel. Their dimensions and the thickness of their Quaternary filling sediments are well visible on the isopach and isohyps maps. The values of the specific resistivity for the Quaternary sediments give an idea of their lithological composition.

From south to north in the northern region one comes first in a zone where the resistivity values at small depth indicate Ypresian clay. This zone is bordered by a region with higher resistivities corresponding to a thin sandy Quaternary cover on Ypresian sand. Further north the contact level occurs on higher altitude on the Aarsele-Hooglede cuesta, formed by Paniselian clay (P1c). Then depths of the contact level become greater again and the resistivity values indicate a clayey substratum.

1. INLEIDING

In sommige gebieden van Vlaanderen vertonen de bestaande geologische kaarten belangrijke onnauwkeurigheden, zowel wat betreft de litologie als de stratigrafie. Vooraleer over te gaan tot een detailstudie van de geologische gesteldheid, leek het dan ook aangewezen vooraf een nieuwe overzichtskaartering uit te voeren. Daar de ondergrond uit kwartaire en tertiaire sedimenten opgebouwd is, werd die overzichtskaartering opgevat als een studie van de wisselingen in dikte en litologische gesteldheid van het kwartaire dek en van de litologie en de stratigrafie van het bovenste deel van het tertiaire substraat.

In 1963-64 werd het grondgebied van de provincie West-Vlaanderen aldus in overzicht genomen. Daar tijd en middelen beperkt waren, moest worden uitgezien naar een vlugge maar betrouwbare opnamemethode.

De resistiviteitsmeting met gelijkstroom volgens de WENNER-opstelling, die ons reeds eerder goede resultaten opleverde, leek ons de meest geschikte.

De toepassing van deze geo-elektrische prospektiemethode bij de geologische kaartering berust op de interpretatie van de schijnbare-resistiviteitskurve. Op elke

waarnemingsplaats wordt een kurve voor de schijnbare resistiviteit (ρ_a) opgenomen, door de resistiviteit te meten bij toenemende elektrodenafstanden (a) en de daarmee gepaard gaande grotere indringingsdiepte.

Wij gebruikten niet-polariseerbare elektroden met kopersulfaat. Bij iedere meting werd de stroomrichting geïnverseerd.

De interpretatie van de schijnbare-resistiviteitskurven gebeurde met behulp van standaardkurven opgesteld volgens de betrekking van HUMMEL.

De gegevens die door interpretatie van de schijnbare-resistiviteitskurve voor elke waarnemingsplaats bekomen worden zijn de kontaktdiepte (d_c), de specifieke resistiviteit van de bovenlaag (ρ_0) en van de onderlaag (ρ_b). Daar de resistiviteit van een laag o.m. afhankelijk is van de litologische samenstelling, kunnen op die manier litologische eenheden in de ondergrond bepaald en begrensd worden. Om voor een geologische kartering bruikbaar te zijn, dienen de geo-elektrisch bepaalde kontakvlakken ook met stratigrafische grenzen overeen te stemmen.

In een bepaald gebied zijn de schijnbare-resistiviteitskurven meestal tot enkele types te herleiden. Om deze typekurven te interpreteren dient men een inzicht te hebben in de opbouw van de ondergrond. Daarom voert men gidsboringen uit op plaatsen waar typekurven opgenomen worden. Tijdens en na het geo-elektrische onderzoek worden boringen als controle uitgevoerd. De resultaten van geo-elektrische sonderingen hebben steeds een hydrologische betekenis daar hiervoor alleen de litologie in aanmerking komt.

2. GEOLOGISCHE OPBOUW

De ondiepe geologische lagen waaruit de ondergrond van West-Vlaanderen is samengesteld, zijn bijna alle opgebouwd uit losse gesteenten. Het paleozoïsch substraat, bestaande uit kalkstenen, zandstenen, schievers, kwartsieten en magmatische gesteenten, ligt in het zuiden op 150 m en in het noorden op 450 m diepte. Diskordant daarop liggen de mesozoïsche formaties van het Krijt bestaande uit mergel en krijt. De top ligt op —50 m in het zuiden en op —350 m in het noorden. Op het Krijt rusten de tertiaire afzettingen waarin volgende etages onderscheiden worden: Landeniaan, Ieperiaan, Paniseliaan, Lediaan, Bartoniaan (Wemmeliaan en Assiaan) en Diestiaan. Alle formaties (behalve het continentale en lagunaire Boven-Landeniaan) bestaan uit mariene sedimenten en hebben een zwakke naar het noorden gerichte helling.

Het Landeniaan is in West-Vlaanderen nergens dikker dan 50 m en bevindt zich in het zuiden op 30 m diepte en in het noorden op 280 m. Het mariene facies bestaat uit fijne glaukoniethoudende zanden (L1d) en glaukoniethoudende zandige klei met soms zandsteenvorming (L1c). Geleidelijk gaat deze formatie over tot kontinentaal zand, dat soms ligniethoudend is (L2).

Het Ieperiaan bedekt het Landeniaan op continue wijze met een zeer dik pakket grijze Ieperiaanklei (Yc) dat soms 150 m dikte bereikt (Hertsberge). Die klei gaat over in een topfacies (Yd), dat bestaat uit groen fijnkorrelig zand met

kleiige tussenlaagjes. Het Ieperiaan dagzoomt¹ over de zuidelijke helft van West-Vlaanderen.

Boven het Ieperiaan-zand komt meestal een 10 m dikke laag plastische klei (P1m) voor met erboven grof tot fijn zand (P1b). Hierop rusten kleiige zanden met lokale zandsteenvorming (P1d). Het topfacies bestaat uit glaukonietrijke, fossilrijke, kleiige zanden (P2). Het Paniseliaan ontsluit ten noorden van de Ieperiaan-zone en komt voor op enkele hooggelegen punten in het zuiden.

Het Lediaan bestaat uit fijn kalkrijk zand, plaatselijk verhard tot kalkzandsteen. Het komt voor op de Zuidvlaamse heuvels en aan de voet van de cuesta van Oedelem.

Het Bartoniaan bestaat hoofdzakelijk uit de grijze glauconiethoudende klei van Asse waaruit de cuesta van Oedelem is opgebouwd. Het zand van Wemmel komt slechts aan de voet van deze heuvelrij voor.

Op de hoogste toppen van de Zuidvlaamse heuvels treft men nog resten van Diestiaan aan. Ze bestaan uit groene en bruine zanden met limonietzandsteen.

Detailgegevens over de opbouw en de geometrische kenmerken van de tertiaire lagen ontbreken meestal.

Op het Tertiair ligt een kwartair dek van wisselende dikte. De geschiedenis van het Kwartair is uiterst belangrijk daar deze periode een bepalende rol heeft gespeeld in de opbouw van de huidige bodem en in het ontstaan van de morfologie.

Gedurende de opeenvolgende erosiefazen die zich in de loop van het Onder- en Midden-Pleistoceen in het beschouwde gebied voorgedaan hebben, werden de tertiaire mariene sedimenten aan een zeer intense denudatie onderworpen. Op het einde van de Pre-Würm-insnijdingsperiode werd in de grote valleien het diepste insnijdingspeil bereikt. In de uitlopers van de Vlaamse Vallei bevindt het zich op —10 tot —15 m O.P., en in de Kustvlakte op —25 m O.P. In gebieden met een dun kwartair dek kan men met handboringen het contact tussen de tertiaire facies rechtstreeks bepalen en indien getuigeheuvels voorkomen, ook verder zuidwaarts vervolgen. Afgezien van eventuele storingen van tektonische of sedimentologische aard kunnen door interpolatie de litologische en stratigrafische kontaktylakken in de gebieden, die tussen getuigeheuvels gelegen zijn, gerekonstrueerd worden.

In het beschouwde gebied vertoont het kwartaire dek een grote horizontale verscheidenheid. In de Kustvlakte komen holocene zandige en kleiige afzettingen voor die een belangrijke uitbreiding kunnen aannemen en die boven-pleistocene sedimenten bedekken. In Binnen-Vlaanderen is het kwartaire dek hoofdzakelijk niveo-colisch en niveo-fluviaal afgezet gedurende de Würm-periode. Dit boven-pleistocene dek dagzoomt als zandige afzettingen in het noorden en ook gedeeltelijk in de Leievallei. Naar het zuiden toe wordt het steeds meer lemig en gaat in de hogere delen van het zuiden en het zuidwesten tot leem over. Op talrijke plaatsen komt evenwel gesolifluëerd tertiair materiaal voor. Epipleistocene afzettingen hebben er meestal slechts een lokale betekenis en vertonen weinig belangrijke litologische verschillen. Alleen in de alluviale gedeelten van de grote valleien bedekken holocene kleiige afzettingen de boven-pleistocene sedimenten.

1 Als dagzoom beschouwen we de zone die onmiddellijk onder het kwartaire dek ligt.

TABEL I. — Interpretatie van de schijnbare-resistiviteitskurven

TABLEAU I. — *Interprétation des courbes de résistivité apparente*/TABLE I. — Interpretation of apparent resistivity curves

Kurve	Elektrische sondering n°	Plaats	Hoogte	Kontaktdiepten		ρ_0	ρ_b	Geologische Verklaring	
<i>Courbe</i>	<i>Sondage électrique n°</i>	<i>Localité</i>	<i>Altitude</i>	<i>Niveaux de contact</i>		(Ωm)	(Ωm)	<i>Interprétation géologique</i>	
Curve (Fig. 1)	Electric probing n°	Place	Altitude (m)	Contact levels (m)				Geologic interpretation	
A 1	215/25	Ardoioie	+24,0	dc	2,5	48	8,7	2,5	q/Yc
A 2	287/1	Warneton	+21,0	dc	27,5	28	7,1	27,5	q/Yc
A 3	287/10	Geluwe	+20,0	dc	3,1	21	6,9	3,1	q/Yc
B 1	132/6	Maldegem	+13,0	dc	3,4	46	5,8		
				dc'	13,0	5,8	36	3,4	q/9,6 Asc/Asb-Le
B 2	132/28	Oedelem	+16,0	dc	1,2	27	6,9		
				dc'	15,0	6,6	37,4	1,2	q/13,8 Asc/Asb-Le
B 3	118/6	De Panne	+4	dc	25,0	105	5,0	25,0	q/Yc
C 1	127/5	Roksem	+15,0	dc	1,5	66	7,2		
				dc'	8,0	7,2	25	1,5	q/6,5 Plm/Yd
C 2	124/6	Varsenare	+9,0	dc	4,0	64	22	4,0	q/Plc
D 1	292/2	Vichte	+15,0	dc	1,1	20	8,6	1,1	q/Yc
D 2	292/9	Sint-Eloois-Vijve	+13,0	dc	20,0	41	7,4	20,0	q/Yc
D 3	215/7	Ardoioie	+17,0	dc	4,8	34	8,2	4,8	q/Yc
E 1	286/5	Warneton	+19,5	dc	24,0	23	7,6	24,0	q/Yc
E 2	362/11	Ploegsteert	+19,0	dc	5,0	15,5	6,6	5,0	q/Yc
E 3	211/5	Zwevezele	+36,0	dc	25,0	28	9,2	25,0	(q+Yd)/Yc
F 1	123/7	Ettelgem	+3,0	dc	14,0	45	6,0	14,0	q/Yc
F 2	203/11	Handzame	+13,0	dc	9,0	31	5,7	9,0	q/Yc
F 3	56/2	Knokke	+5,0	dc	5,0	99	2,8		verziltig, salure, salination
G 1	124/9	Jabbeke	+4,0	dc	4,3	28	6,9		
				dc'	13,5	7,0	28	4,3	q/9,2 Plm/Yd
G 2	127/12	Moere	+4,5	dc	2,1	29	6,2	2,1	q/Yc
H 1	216/4	Sint-Baafs-Vijve	+16	dc	8,6	36	9,0	8,6	q/Yc
H 2	296/2	Zwevegem	+41	dc	0,5	60	10,8	0,5	q/Yc

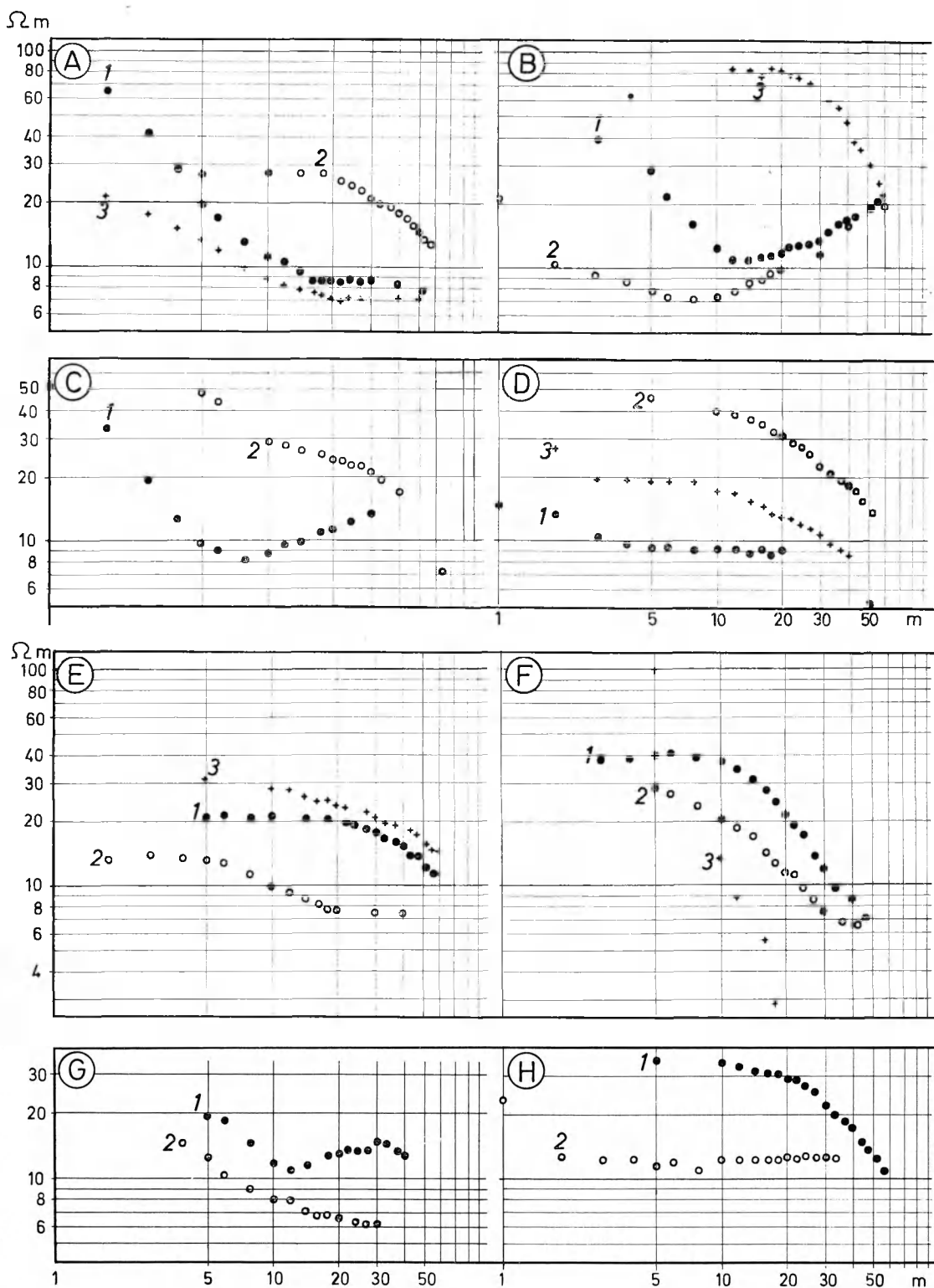


Fig. 1

Schijnbare resistiviteitskurven (zie ook Tab. I)
 Courbes de résistivités apparentes (voir aussi Tab. I)
 Apparent resistivity curves (see also Tab. I)

Over de vertikale opbouw van het kwartaire dek zijn zeer weinig detailgegevens bekend.

3. HET ELEKTRISCH ONDERZOEK VAN DE KWARTAIRE DEKLAAG [Tab. I. Fig. 1]

De mogelijkheid om door geo-elektrische sonderingen de dikte van de deklaag te bepalen hangt af van het resistiviteitscontrast tussen de deklaag en de ondergrond. Een geo-elektrisch gemeten kontaktdiepte geeft slechts een litologisch kontakt aan en kan dus zowel op de grens tertiair zand/tertiaire klei als op de grens kwartair zand/tertiaire klei betrekking hebben. Een onderscheid is evenwel mogelijk door het gemeten kontaktpaas te vergelijken met het vermoedelijk toppeil van de onderliggende tertiaire klei. Wanneer het gemeten kontaktpaas lager ligt dan het toppeil van de tertiaire klei, dan kan de hele bovenlaag als kwartair aangezien worden. Horizontale facieswisselingen en tektonische of pseudo-tektonische storingen in de lagen kunnen de interpretatie van de geo-elektrische kontaktpaasen bemoeilijken. In dergelijke gevallen moet men zijn toevlucht nemen tot boringen en litologisch-geometrische rekonstrukties om een stratigrafische interpretatie mogelijk te maken.

De vertikale litologische wisselingen zijn eveneens een bron van moeilijkheden bij de interpretatie van de schijnbare-resistiviteitskurven. Indien de holocene kleiige afzettingen in de Kustvlakte en in de alluviale gedeelten van de grote opgevolde boreale valleien dik genoeg zijn, komen zij in de schijnbare-resistiviteitskurven tot uiting. Anderzijds is het bekend dat in de diepste pleistocene valleien, die tot de Vlaamse Vallei of tot de Kustvlakte en hun belangrijkste uitlopers behoren, de Würm-afzettingen plaatselijk op grofzandige estuarius-sedimenten van het Eemian rusten waarvan de dikte evenwel meestal gering is. In sommige gevallen kan het geo-elektrisch onderzoek worden aangewend bij de studie van de opbouw van het kwartaire dek.

De resistiviteit van een laag is echter in de eerste plaats afhankelijk van de aard van het poriënwater. In de Kustvlakte wijzigt de verzilting de resistiviteit van de lagen dermate dat de litologische verschillen of ook de litologische homogeniteit niet meer tot uiting komen. Geo-elektrische metingen in een dergelijk gebied laten niet meer toe de opbouw of de dikte van het Kwartair te onderzoeken maar zijn wel van belang bij het karteren van de verzilting.

4. HET ELEKTRISCH ONDERZOEK VAN HET TERTIAIR SUBSTRAAT [Tab. I. Fig. 1]

Uit de schijnbare-resistiviteitskurven wordt een waarde voor de resistiviteit van de onderlaag afgeleid die een aanwijzing vormt voor haar litologische samenstelling.

Uit de vorm van de schijnbare-resistiviteitskurve krijgt men tevens een idee van de dikte van de tweede laag. Indien b.v. de tweede laag zeer dik is t.o.v. de bovenste laag, vertonen de schijnbare-resistiviteitskurven een asymptotisch verloop.

Is de dikte daarentegen gering, dan bekomt men een meerlagige schijnbare-resistiviteitskurve. Hieruit kan men dan besluiten afleiden aangaande de kenmerken van de tweede laag.

Men kan ook het vermoedelijk toppeil van een laag bepalen aan de hand van geo-elektrische sonderingen, die diep genoeg indringen en die uitgevoerd worden volgens profielen loodrecht op de strekking. Dit peil kan verder worden gecontroleerd en aangevuld door metingen op getuigeheuvels. Hierbij dient men echter zeer voorzichtig te zijn daar elektrisch dikwijls geen onderscheid te merken is tussen een getuigeheuvel en een heuvel waarin het contact overeenstemt met een erosievlak.

Bij de geologische kartering dient men er zorg voor te dragen niet een gehele isoeresistieve zone zo maar aan het ontsluitingsgebied van een enkele tertiaire laag gelijk te stellen. We weten immers dat de tertiaire lagen, die afwisselend uit zandige en kleiige sedimenten bestaan, volgens nagenoeg evenwijdige oost-west gerichte zones van zuid naar noord ontsluiten. Dit heeft voor gevolg dat in sommige zones Kwartair en Tertiair één litologisch geheel vormen en dat het eerste contrastpeil overeenstemt met het scheidingsvlak van twee tertiaire lagen. Vooral in de randzone, waar een jongere tertiaire laag een oudere komt bedekken die dezelfde samenstelling heeft als het Kwartair, stelt men een plotse daling in de kontaktdiepten vast. Die daling in kontaktdiepte gebeurt veel geleidelijker en is veel minder opvallend in de zone waar een jongere tertiaire laag, die litologisch weinig van het kwartaire dek verschilt, op een oudere kontrasterende laag uitwigt. Liggen de gevonden peilen lager dan het diepste lokale insnijdingspeil, dan moet men besluiten dat boven het contactvlak nog een tertiaire laag met dezelfde samenstelling als het Kwartair voorkomt. Meer dan in andere gebieden zullen aan de randen van de ontsluitingszones van tertiaire lagen boringen noodzakelijk zijn.

5. RESULTATEN

a. Gegevens over de sedimenten

Bij dit onderzoek werden een 500-tal geo-elektrische metingen uitgevoerd. De waarnemingspunten vertonen geen regelmatige spreiding en dekken ook niet de volledige oppervlakte van de provincie West-Vlaanderen. Geo-elektrische metingen werden systematisch verricht in de Leievallei en op haar randen, in de vallei van de Mandel en op haar noordelijk randgebied, en in het Brugse. De overige waarnemingen gebeurden in kleine verspreide zones (De Panne, Gistel, Knokke) die eerder als proefgebieden dienen beschouwd te worden. Wegens de verzilting in de Polders werden er geen metingen verricht.

De gegevens omvatten in de eerste plaats de verschillende schijnbare-resistiviteitswaarden, die op elke waarnemingsplaats bij de opeenvolgende elektrodenafstanden bepaald werden. Op elke waarnemingsplaats werd de schijnbare resistiviteit opgemeten voor 20 tot 25 opeenvolgende elektrodenafstanden (a) begrepen tussen 1 en 100 m. De waarden voor de schijnbare resistiviteit opgemeten bij elektrodenafstanden van 10, 20 en 40 m werden weergegeven aan de hand van de resistiviteits-

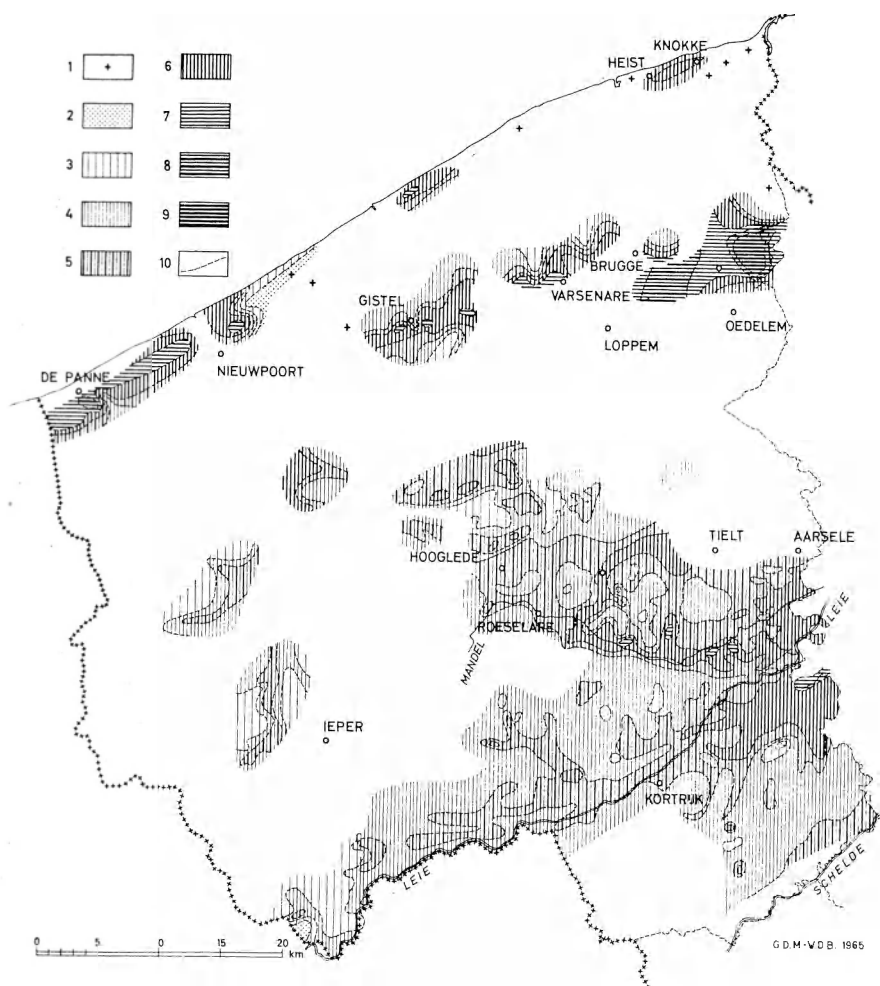


Fig. 2

Resistiviteitskaart voor de bovenlaag Q_0
 Carte des résistivités Q_0 pour la couche supérieure
 Resistivity map for the upper layer Q_0

- | | |
|-----|--|
| 1. | < 5 Ωm (verzilting, salure, salination) |
| 2. | 5 - 12 Ωm |
| 3. | 12 - 20 Ωm |
| 4. | 20 - 30 Ωm |
| 5. | 30 - 40 Ωm |
| 6. | 40 - 60 Ωm |
| 7. | 60 - 80 Ωm |
| 8. | 80 - 100 Ωm |
| 9. | > 100 Ωm |
| 10. | Isoresistieven - Lignes isorésistives - Isoresistivity lines |

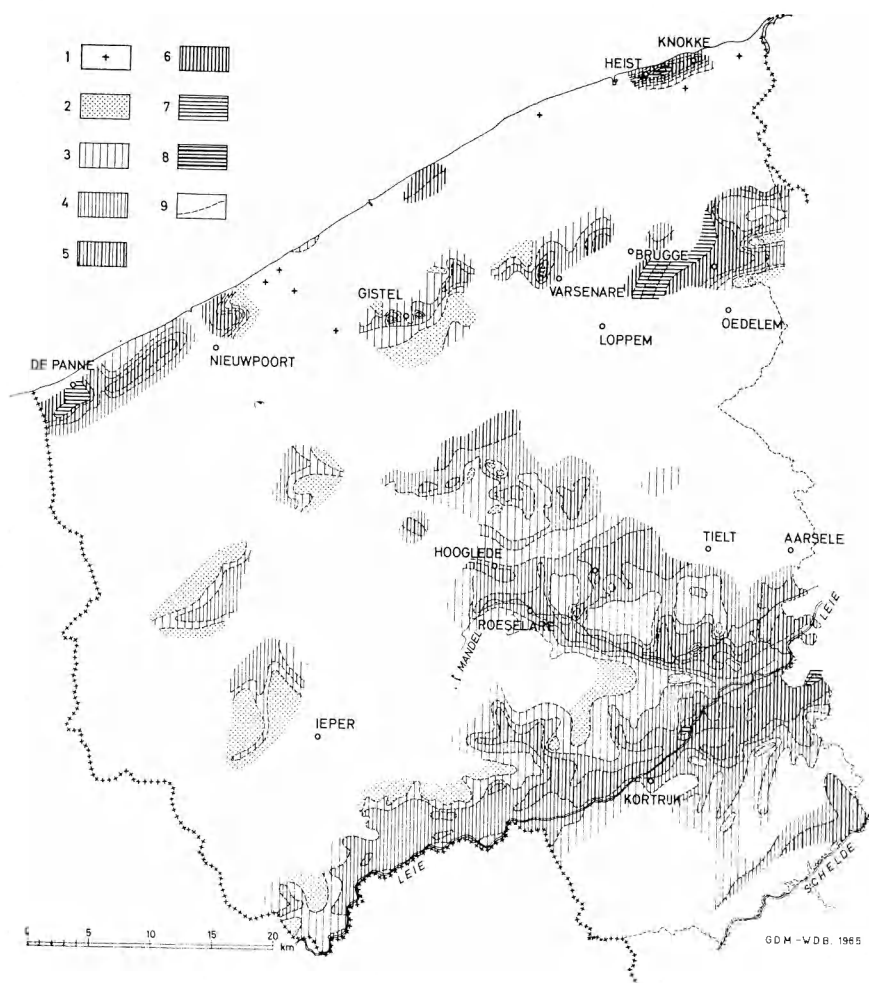


Fig. 3

Resistiviteitskaart voor Q_{10} Carte des résistivités Q_{10} Resistivity map for Q_{10}

- | | | |
|----|---|--|
| 1. | < 5 | Ωm (verziltig, salure, salination) |
| 2. | 5 - 12 | Ωm |
| 3. | 12 - 20 | Ωm |
| 4. | 20 - 30 | Ωm |
| 5. | 30 - 40 | Ωm |
| 6. | 40 - 60 | Ωm |
| 7. | 60 - 80 | Ωm |
| 8. | 80 - 100 | Ωm |
| 9. | Isoresistieven - <i>Lignes isorésistives</i> - Isoresistivity lines | |

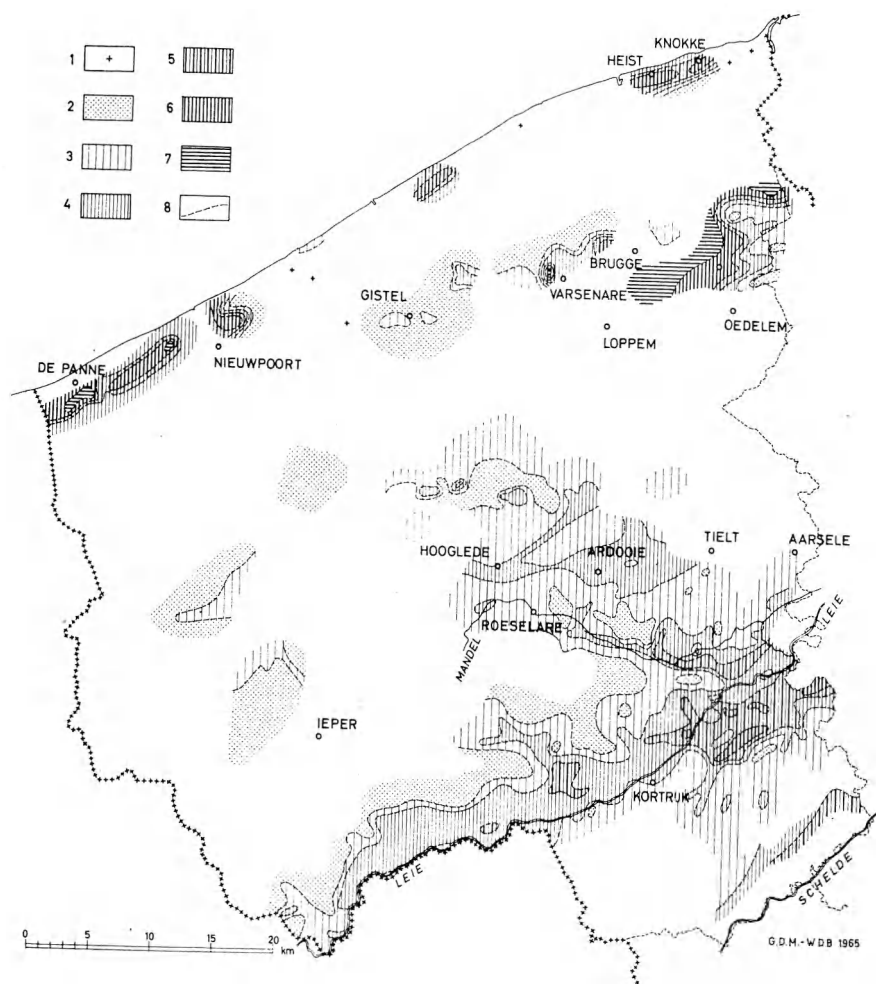


Fig. 4

Resistiviteitskaart voor Q_{20} Carte des résistivités Q_{20} Resistivity map for Q_{20}

- | | | |
|----|---|--|
| 1. | < 5 | Ωm (verziltig, <i>salure</i> , salination) |
| 2. | 5 - 12 | Ωm |
| 3. | 12 - 20 | Ωm |
| 4. | 20 - 30 | Ωm |
| 5. | 30 - 40 | Ωm |
| 6. | 40 - 60 | Ωm |
| 7. | 60 - 80 | Ωm |
| 8. | Isoresistieven - <i>Lignes isorésistives</i> - Isoresistivity lines | |

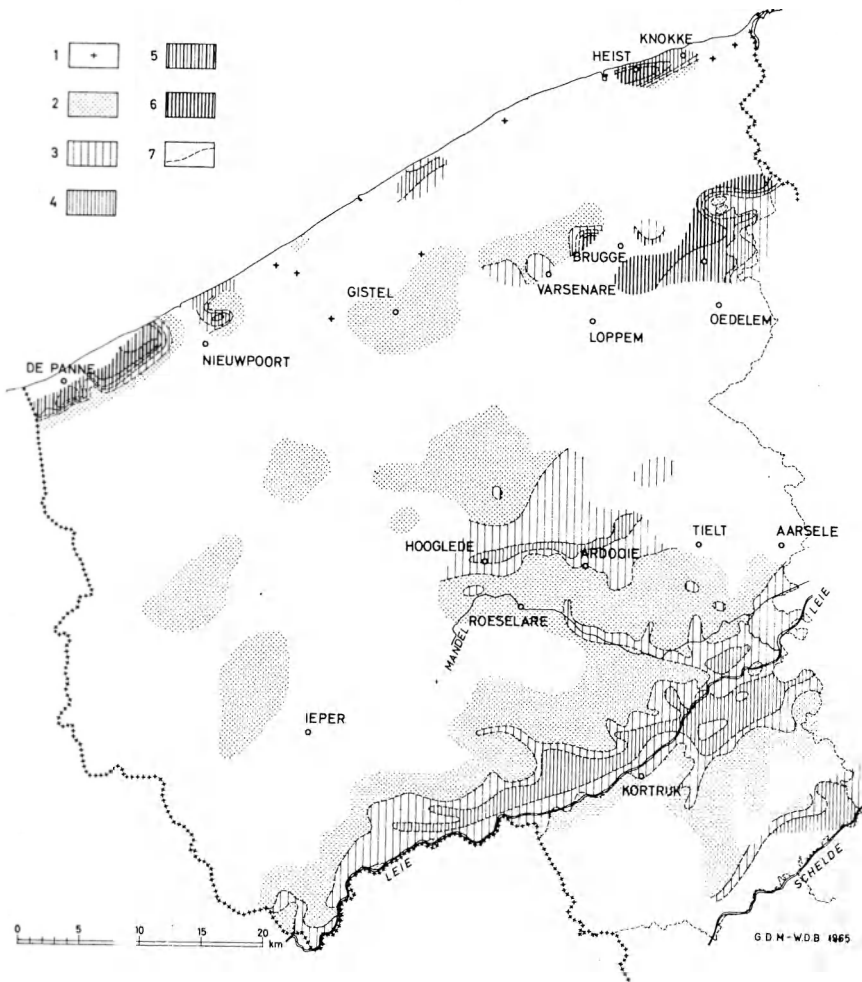


Fig. 5

Resistiviteitskaart voor Q_{40} Carte des résistivités Q_{40} Resistivity map for Q_{40}

- | | | |
|----|---|--|
| 1. | < 5 | Ωm (verziltig, salure, salination) |
| 2. | $5 - 12$ | Ωm |
| 3. | $12 - 20$ | Ωm |
| 4. | $20 - 30$ | Ωm |
| 5. | $30 - 40$ | Ωm |
| 6. | $40 - 60$ | Ωm |
| 7. | Isoresistieven - <i>Lignes isorésistives</i> - Isoresistivity lines | |

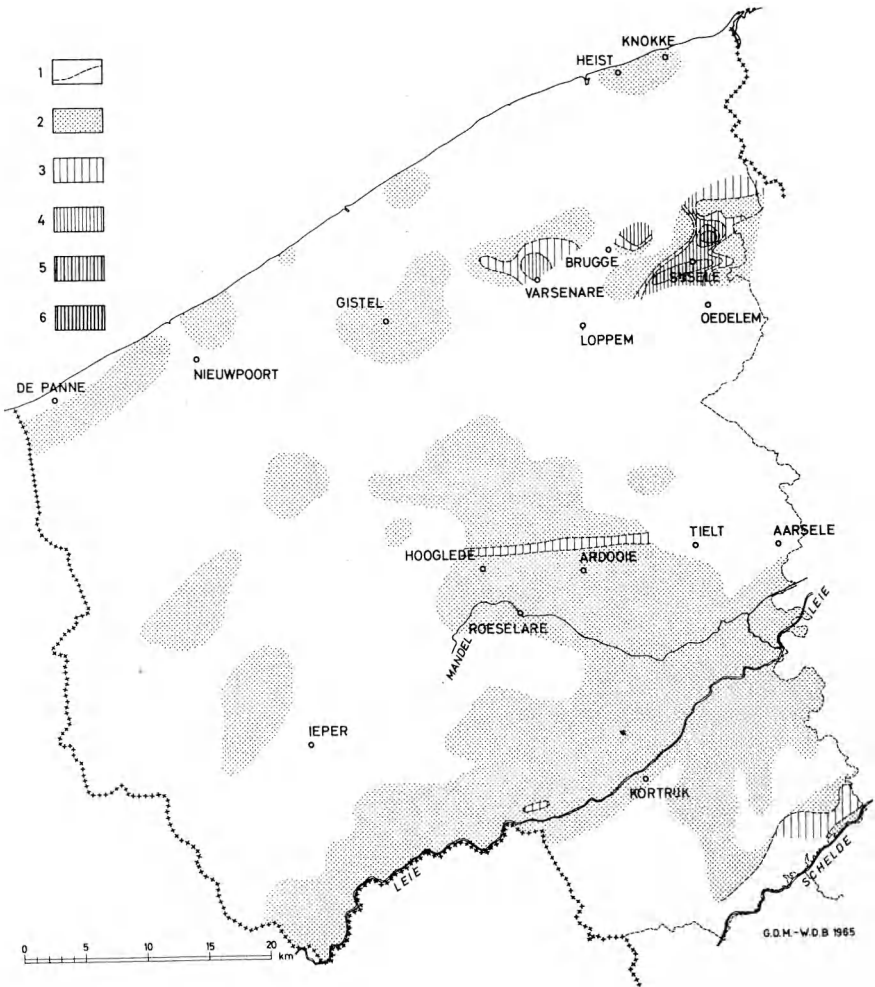


Fig. 6

Resistiviteitskaart voor de tweede laag Q_b
 Carte des résistivités Q_b pour la seconde couche
 Resistivity map for the second layer Q_b

- | | |
|----|---|
| 1. | Isoregistieven - <i>Lignes isorésistives</i> - Isoresistivity lines |
| 2. | 6 - 12 Ωm |
| 3. | 12 - 20 Ωm |
| 4. | 20 - 30 Ωm |
| 5. | 30 - 40 Ωm |
| 6. | 40 - 60 Ωm |

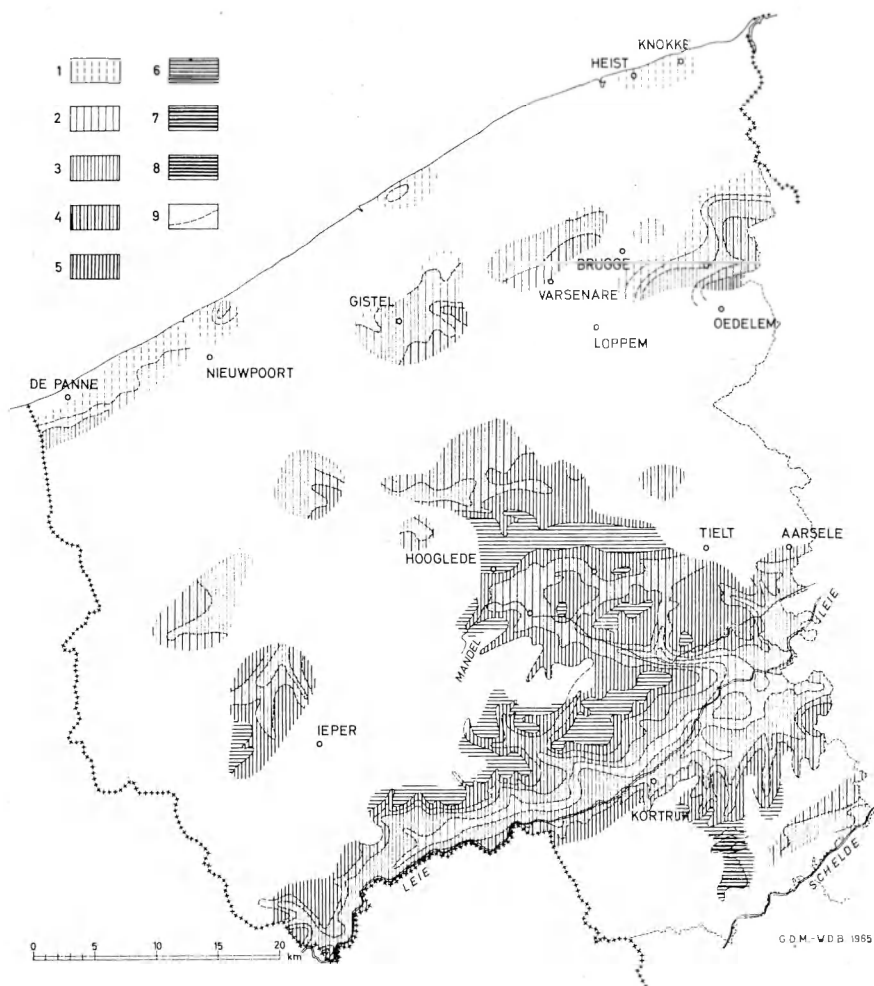


Fig. 7

Geo-elektrisch kontaktpiel (Oostends peil)

Niveau du contact géoélectrique (Niveau d'Ostende)

Geo-electric contact level (Ostend Level)

- | | |
|--|--|
| 1. beneden -20 m
<i>plus bas que -20 m</i>
lower than -20 m | 6. $+20$ tot $+30$ m
<i>à/to</i> |
| 2. -20 tot -10 m
<i>à/to</i> | 7. $+30$ tot $+60$ m
<i>à/to</i> |
| 3. -10 tot 0 m
<i>à/to</i> | 8. hoger dan $+60$ m
<i>plus haut que $+60$ m</i>
higher than $+60$ m |
| 4. 0 tot $+10$ m
<i>à/to</i> | 9. Isohypse
<i>Isohypse</i> |
| 5. $+10$ tot $+20$ m
<i>à/to</i> | Isohyps |

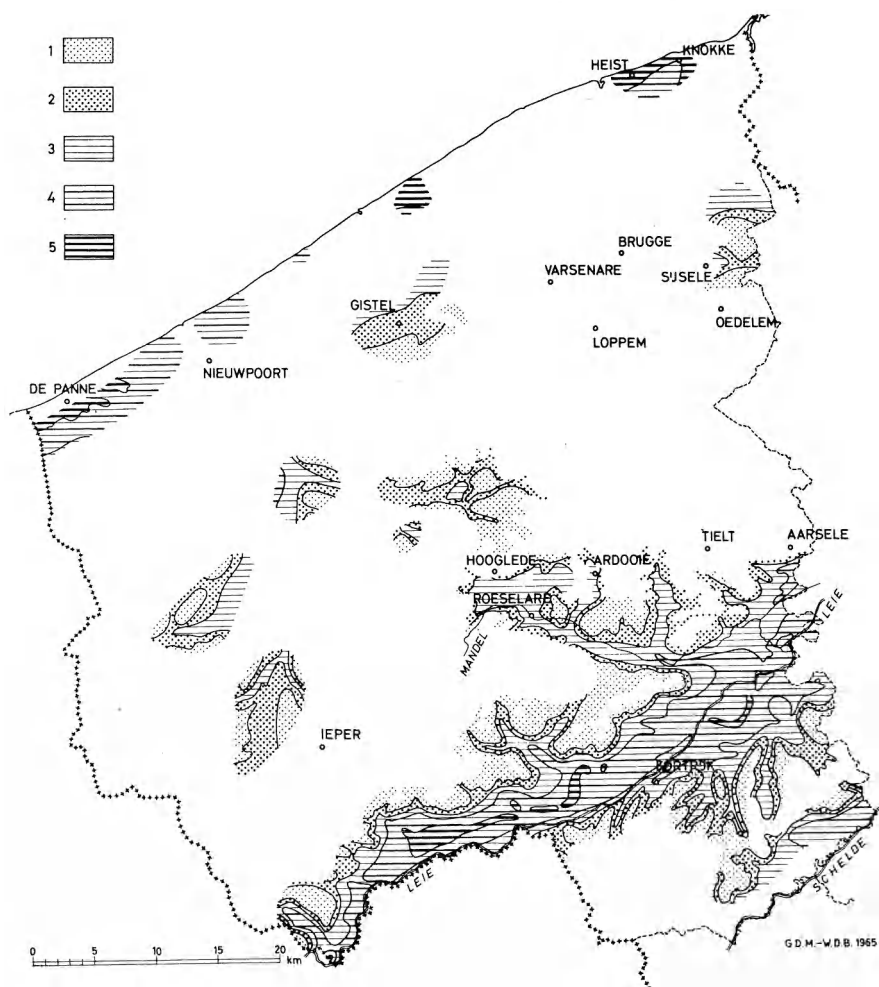


Fig. 8

Dikte van het kwartaire dek
 Interpretatie van de elektrische sonderingen
Epaisseur de la couverture quaternaire
Interprétation des sondages électriques
 Thickness of the Quaternary cover
 Interpretation of the electric probings

1. < 5 m
2. 5 - 10 m
3. 10 - 20 m
4. 20 - 30 m
5. > 30 m

kaartjes voor ρ_{10} , ρ_{20} en ρ_{40} [Fig. 3, 4, 5]. De specifieke resistiviteit voor de bovenlaag (ρ_o) en voor de onderlaag (ρ_b) wordt weergegeven door de resistiviteitskaartjes voor ρ_o [Fig. 2] en ρ_b [Fig. 6]. In de tweede plaats werden de geïnterpreteerde resultaten opgesteld onder de vorm van een isohypsenkaart [Fig. 7] van het kontakvlak (de peilen zijn berekend door vergelijking met de bestaande topografische kaarten) en een isopachenkaart van de kwartaire sedimenten [Fig. 8].

De opeenvolgende resistiviteitskaartjes geven voor elke plaats een idee van het verloop van de resistiviteitskurve. Men verkrijgt aldus tot op maximale indringingsdiepte een drielimensioneel beeld van de geo-elektrische kenmerken van het gebied. Door interpretatie bekomt men een inzicht in zijn geologische opbouw.

Voor met water verzadigde sedimenten werden specifieke resistiviteiten vastgesteld die weergegeven zijn in Tabel II.

Indien de sedimenten niet met water verzadigd zijn, dan ligt de specifieke resistiviteit hoger en voor middelmatige zanden boven de grondwatertafel gelegen, bereikt ze 200 Ωm . In verzilte gebieden werden resistiviteiten beneden 3 à 4 Ωm gemeten.

Voortgaande op de specifieke resistiviteit is het soms mogelijk een onderscheid te maken tussen stratigrafische eenheden (Tabel III). Uit de ρ_b -waarden kon eveneens een kaartje met de uitbreiding van de verschillende facies van het tertiaire substraat worden opgesteld [Fig. 9].

TABEL II — TABLEAU II — TABLE II

Textuur <i>Texture</i> Texture	Specifieke resistiviteit <i>Résistivité spécifique</i> Specific Resistivity
middelmatig zand - <i>sable moyen</i> - medium sand	50 — 80 Ωm
lemig fijn zand - <i>sable fin limoneux</i> - loamy fine sand	35 — 50 Ωm
zandleem tot leem en kleiig zand <i>limon sableux à limon et sable argileux</i> sandy loam to loam and clayey sand	25 — 35 Ωm
zandige klei en lichte klei <i>argile sableuse et argile légère</i> sandy clay and light clay	15 — 25 Ωm
venige klei en zwaar leem <i>argile tourbeuse et limon lourd</i> peaty clay and heavy loam	12 — 20 Ωm
zwarte klei, lemige klei en klei <i>argile lourde, argile limoneuse et argile</i> heavy clay, loamy clay and clay	6 — 12 Ωm

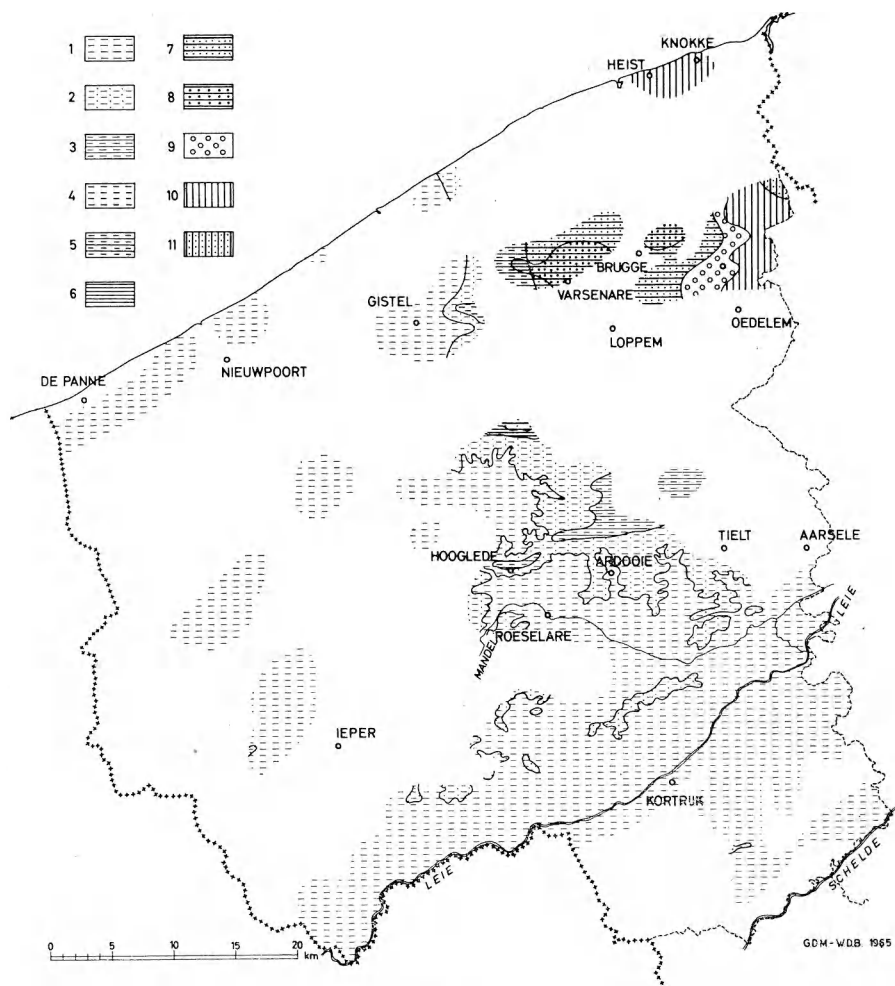


Fig. 9

Tertiair substraat
Interpretatie van de elektrische sonderingen
Substrat tertiaire
Interprétation des sondages électriques

Tertiary substratum
Interpretation of the electric probings

Elektrisch kontakt op
Contact électrique sur
Electric contact on

Het Kwartair rust op
Le Quaternaire repose sur
The Quaternary rests on

1.	Yc	Yc
2.	Yc	Yd
3.	Yc	Yd + P ₁ c(m)
4.	P ₁ m	P ₁ m
5.	P ₁ m	P ₁ c
6.	P ₁ c(m)	P ₁ c
7.	P ₁ c(m)	P ₁ d
8.	P ₁ c	P ₁ d
9.	P ₂	P ₂ + Le + We + Asa (b)
10.	Asc	Asc
11.	Asc	Asd + R ₁

TABEL III — TABLEAU III — TABLE III

Stratigrafie <i>Stratigraphie</i> Stratigraphy	Resistiviteit <i>Résistivité</i> Resistivity
Ieperiaan-klei - <i>argile yprésienne</i> - Ypresian clay	6 — 12 Ω m
Ieperiaan-zand - <i>sable yprésien</i> - Ypresian sand	25 — 30 Ω m
Onder-Paniseliaan-klei <i>argile du Panisélien inférieur</i> Lower-Paniselian clay	6 — 15 Ω m
Onder-Paniseliaan-zandige-klei <i>argile sableuse du Panisélien inférieur</i> Lower-Paniselian sandy clay	15 — 25 Ω m
Onder-Paniseliaan-zand <i>sable du Panisélien inférieur</i> Lower-Paniselian sand	50 — 80 Ω m
Bartoniaan-klei - <i>argile bartonienne</i> - Bartonian clay	7 — 14 Ω m

b. Elektrisch-homogene gebieden

In West-Vlaanderen kan men enkele min of meer elektrisch-homogene gebieden onderscheiden, die met hydro-geologische eenheden samenvallen.

1) Het Duingebied

In het Duingebied worden tot op grote indringingsdiepte hoge waarden voor de schijnbare resistiviteit gemeten, omdat hier een dik en vertikaal vrij homogeen zandig (jong-kwartair) dek voorkomt waarin het freatisch grondwater niet verzilt is. Alleen in het axiale gedeelte van het Duingebied lopen de hoge waarden voor de schijnbare resistiviteit door tot op het tertiaire substraat. Aan de duingrens daalt de schijnbare resistiviteit sneller met toenemende indringingsdiepte dan volgens het reliëf van het kleilig tertiair substraat te verwachten zou zijn. Dit moet worden toegeschreven aan verziltingsverschijnselen in de Polders.

Reeds in 1942 werden geo-elektrische metingen in de Westhoek uitgevoerd door H. THIELE, die onder de duinen het zand-klei-kontakt met de verziltingsgrens gelijkstelde.

Het Duingebied met zijn hoge resistiviteit is zeer breed ten Westen van Nieuwpoort en omvat er het duinmassief van Ghyvelde. Ten oosten van Nieuwpoort komt het alleen fragmentair voor of vormt slechts een zeer smalle strook. Veelal komt daar de verziltingsgrens zelfs in de as van het Duingebied hoger te liggen dan het oppervlak van het tertiaire substraat (o.a. tussen Oostende en Klemskerke) of reikt op sommige plaatsen tot dicht bij de oppervlakte. Op de smalle duinenrijen ten oosten van Nieuwpoort worden de geo-elektrische metingen ook bemoeilijkt door de lage grondwaterstand en door de aanwezigheid van de tramlijn.

Waar geen verzilting optreedt worden ten westen van Oostende specifieke resistiviteiten voor de onderlaag gemeten; zij wijzen op een kleisubstraat, dat in het gebied uit Ieperiaan-klei is opgebouwd. Tussen Klemskerke en Heist heeft het tertiaire substraat onder de duinen een zandig karakter. Elektrische metingen kunnen er derhalve voor deze kartering niet worden aangewend. Ten oosten van Heist wijzen de specifieke resistiviteiten op een kleisubstraat dat hier uit Bartoniaan bestaat.

2) *Het Poldergebied*

In het Poldergebied treedt meestal reeds vanaf geringe diepte verzilting op. De verziltingsdiepte is echter niet gelijkvormig, maar houdt verband met het mikroreliëf en de holocene genese. Dat is gebleken uit vroegere metingen in de Polders van de Westhoek en aangrenzende gebieden.

3) *Het Randgebied*

a. *Het westelijk Randgebied*

Het westelijk Randgebied tussen de Polders en Binnen-Vlaanderen werd vanaf Brugge over Gistel tot Sint-Pieters-Kapelle geo-elektrisch gekarteerd. Het gebied vormt een smalle rug met hoge resistiviteit, die vooral goed te merken is op het resistiviteitskaartje voor Q_{10} : de specifieke resistiviteit van de bovenlaag ligt er herhaaldelijk boven de $60 \Omega m$. In noordelijke richting komen reeds op geringe diepte zeer lage resistiviteiten voor (meestal beneden $5 \Omega m$) hoofdzakelijk te wijten aan verzilting en niet aan het voorkomen van een kleilig substraat onder een dun zandig dek.

De rug is grotendeels veroorzaakt door de aanwezigheid van jong-kwartaire stuifzanden in een zone waar het oppervlak van de tertiaire formaties zeer snel onderduikt naar de Kustvlakte.

De gemeten kontaktdiepten en het verloop van de schijnbare-resistiviteitskurven laten evenwel toe een onderscheid te maken tussen een westelijke zone Zande-Gistel en een oostelijke zone Roksem-Varsenare-Sint-Andries. Tussen Zande en Gistel dalen de schijnbare resistiviteiten Q_{10} en Q_{20} snel naar het zuiden toe en bereiken er meestal reeds bij Q_{20} een lage waarde die aan het voorkomen van een kleilig substraat toe te schrijven is. Om geometrische redenen en gelet op de waarde voor de specifieke resistiviteit van de onderlaag, gaat het hier om de Ieperiaan-klei. Tussen Roksem en Sint-Andries ligt de specifieke resistiviteit van de bovenlaag eveneens hoog maar de schijnbare resistiviteit die bij toenemende indringingsdiepte gemeten wordt, daalt slechts langzaam in oostelijke en in zuidelijke richting. De hoge waarde voor Q_{20} in de omgeving van Roksem kan aan de aanwezigheid van Ieperiaan-zand toegeschreven worden. Te Varsenare en te Sint-Andries bedraagt de resistiviteit van de onderlaag nog ongeveer $20 \Omega m$; het betreft hier de zandige klei van het Paniseliaan (P1c).

Hoewel de kontaktdiepten vrij groot zijn, is het jong-kwartaire dek in deze zone meestal niet dik: het rust evenwel op tertiair zand dat litologisch weinig van

het Jong-Kwartair verschilt en dat op geometrische gronden als Onder-Paniseliaan-zand te beschouwen is. Er dient evenwel opgemerkt dat in dit gebied het contactvlak P1c/P1d een geulvormig uitzicht vertoont. Tot nog toe werd het verloop in noordelijke richting niet met geo-elektrische sonderingen vervolgd, wegens verzilting in de Polders. Het zuidoostelijk deel van het gebied Varsenare-Sint-Andries vertoont een geo-hydrologische overeenkomst met de zone rond Oostkamp.

b. Het oostelijk Randgebied

Ten oosten van Brugge werden eveneens geo-elektrische metingen uitgevoerd in de zone Oostkamp-Oedelem-Sijsele, die noordwaarts aan de Polders grenst. Dit gebied vertoont hoge waarden voor de specifieke resistiviteit van de bovenlaag; zowel in de omgeving van Oostkamp als tussen Sijsele en Oedelem overschrijdt ze 80 Ω m. Het verloop van de schijnbare-resistiviteitskurven en bijgevolg de contactpeilen evenals de oriëntatie van de iso-resistiviteitszones verschillen sterk in beide gebieden. Inderdaad worden tussen Oedelem en Sijsele reeds op betrekkelijk geringe indringingsdiepten (Q_{10}) lage waarden bereikt voor de schijnbare resistiviteit. Het substraat wordt nl. gevormd door de Bartoniaan-klei. De hoge resistiviteiten op geringe indringingsdiepte zijn er toe te schrijven aan een dunne, droge, kwartaire zandlaag rustend op de klei. De kleilaag is niet dik want reeds bij Q_{40} neemt de schijnbare resistiviteit onder invloed van het zand onder de klei toe. Op de Q_b -kaart wordt slechts de specifieke resistiviteit van de Bartoniaan-klei vermeld.

Ten noorden van Moerkerke wordt de rand van de Polders bereikt en treden ook verziltingsverschijnselen op. De specifieke resistiviteit voor de onderlaag aldaar wijst eerder op een zandsubstraat, alhoewel de dikte van de Bartoniaan-klei er door de diepe kwartaire insnijding ook te gering kan zijn om in de resistiviteitskurve tot uiting te komen. Bij Den Hoorn werd een zeer dik zandpakket op klei aangetroffen. Misschien moet dit worden toegeschreven aan de aanwezigheid van oligoceen zand op de Bartoniaan-klei of aan een diepe uitgeschuurde geul.

Tussen Oostkamp en Oedelem daarentegen worden voor de schijnbare resistiviteit tot op grote indringingsdiepte hoge waarden gemeten, meer nog in het oostelijk dan in het westelijk gedeelte. De contactpeilen liggen evenwel zo laag dat het hier bezwaarlijk om een zeer dik zandig kwartair dek zou gaan. Blijkbaar komen onder de zandige deklaag litologisch weinig of niet verschillende zanden van het Paniseliaan voor, die op Paniseliaan-klei tot zandige klei rusten. Ook hier vertoont het contactvlak P1d/P1c zuid-noord gerichte geulen waarvan het verdere verloop wegens verzilting ten noorden van Brugge geo-elektrisch niet te volgen is. Hydrologisch zijn deze geulen van groot belang en het zal zeker de moeite lonen om een verder onderzoek aan hun genese en hun morfologische betekenis te wijden.

4) Binnen-Vlaanderen

a. Gebieden met Ieperiaan-kleisubstraat

(1) Het tertiaire substraat

In deze gebieden werd vooreerst het toppeil van het kleilig facies van het Ieperiaan afgeleid. Vanaf de lijn Aarsele-Kortemark waar het toppeil op +10 m

gelegen is, loopt het stratigrafisch oppervlak langzaam op tot +20 à +25 m in de omgeving van Roeselare en Meulebeke. Ten zuiden van de lijn Anzegem-Ieper stijgt de top van het kleilig Ieperiaan sneller en bereikt +50 tot +60 m O.P. ter hoogte van de kamlijn van de Vlaamse Ardennen (zoals tussen Zwevegem en Bellegem en ook te Ploegsteert-Haubourdin). De geo-elektrische metingen hebben aangetoond dat in dit gebied het kleilig facies van het Ieperiaan op een relatief veel hoger peil voorkomt dan tot nog toe aangenomen is. Rekening houdend met het reliëf volgt hieruit dat het kleilig facies van het Ieperiaan ook over een veel groter gebied dagzoomt.

Tussen de Vlaamse Ardennen en de Mandelvallei komen outliers van jongere tertiaire lagen slechts op de hoogste gedeelten voor. Dit oppervlak vertoont evenwel twee anomalieën. Ten noorden van Ieper daalt het veel sneller en komt de top op +10 m O.P. te liggen (Zonnebeke). In de omgeving van Ardooie, ten noorden van de Mandelvallei, vertoont het een oost-west georiënteerde ovaalvormige kom waarin zandig Ieperiaan voorkomt. Deze strekt zich uit aan de voet van de cuesta Aarsele-Koolskamp en schijnt niet door kwartaire insnijding veroorzaakt te zijn. De geo-elektrische metingen hebben ook aangetoond dat de top van de Ieperiaan-klei in deze zone plotse en vrij belangrijke hoogteverschillen vertoont, hetgeen door boringen bevestigd werd.

Buiten de Kustvlakte en haar uitlopers komen drie grote en diepe jongpleistocene insnijdingen voor in het erosie-oppervlak van de Ieperiaan-klei, nl. de valleien van de Leie, van de Schelde en van de Mandel.

Uit de isohypsenkaart blijkt duidelijk dat de Leievallei een zeer belangrijke geul vormt die breder is dan de Scheldegeul en die ver zuidwaarts diep ingesneden is. Te Komen ligt de bodem van de bedolven thalweg op -14 m O.P. en in de zgn. Leievakke te Ploegsteert komt de basis van het Jong-Kwartair nog op -5 m O.P. voor, alhoewel de thalweg daar reeds heel wat smaller geworden is. De afmetingen van de valleien en de dikte van het kwartaire dek komen duidelijk tot uiting in de resistiviteitskaarten. Aan beide kanten van de Leiegeul komen zijtakken voor waarvan de Mandel de belangrijkste is. Het diep ingesneden gedeelte van de thalweg van de Mandel reikt evenwel niet ver stroomopwaarts.

Vooraf in het westelijk deel van de Mandelvallei komen uitlopers voor, die dieper ingesneden zijn in tertiaire kleilige zanden, die zelf op de Ieperiaan-klei rusten.

De thalweg van de Schelde is eveneens diep ingesneden maar is binnen het bestudeerde gebied smaller dan die van de Leie en vertoont er geen zo belangrijke zijarmen.

De begrenzing van het gebied dat diep in de Ieperiaan-klei ingesneden is, komt reeds duidelijk tot uiting op de Q_{10} -kaart en blijft eveneens bij de andere kaarten bijna ongewijzigd voortbestaan, zodat de bedolven thalweg er uitziet als een brede valleibodem met steile wanden.

De specifieke resistiviteit van de Ieperiaan-klei schommelt tussen 6 en 12 Ωm . De resistiviteitswaarden komen echter gegroepeerd voor in zones die evenwijdig met de strekking verlopen, d.w.z. dat ze met verschillende horizonten in de Ieperiaan-kleilaag overeenstemmen. Er blijkt dus een verticale litologische zone-

ring te bestaan die belangrijk genoeg is om in de geo-elektrische metingen tot uiting te komen. In de diepe delen van de Schelde-thalweg werd een hogere specifieke resistiviteit voor het kleisubstraat gemeten. Ze moet waarschijnlijk toegeschreven worden aan een zandiger karakter van de klei, maar ook aan een geringere dikte waardoor het Landenaan-zand zijn invloed kan doen gelden.

(2) Het kwartaire dek

Aan de hand van de uitslagen van de geo-elektrische metingen kan men de dikte van het kwartaire dek op kaart brengen en ook een benaderend beeld van de opbouw van het jong-kwartaire dek verkrijgen. De diepe jong-pleistocene insnijdingen zijn met dikke jong-kwartaire afzettingen opgevuld.

De holocene Leie volgt morfologisch de jong-pleistocene geul niet. Ten zuiden van Kortrijk ligt de Leie ten oosten ervan en stroomt dicht bij de rand waar het tertiaire substraat oprijst. Ten noorden van Kortrijk is ze westwaarts verschoven. In de depressie van de Gavers — die ten oosten van de holocene Leievallei tussen Harelbeke en Waregem voorkomt — treft men nochtans holocene sedimenten aan. De samenvloeiing van holocene Mandel en Leie is stroomafwaarts verschoven en gebeurt over een drietal verbindingen. De holocene Mandel stroomt immers ten westen en evenwijdig met de Leie dicht tegen de rand waar het tertiaire substraat oprijst. In dit verband dient gewezen op de belangrijke morfogenetische rol van de rugvormige akkumulaties van jong-kwartair materiaal die zich vooral op de westzijde van de vallei van Leie en Schelde voordoen en waardoor het kwartaire dek er plaatselijk meer dan 30 m dik wordt.

In verband met de opbouw van het kwartaire dek kan men uit de resistiviteitsmetingen o.a. het volgende afleiden : in de Leievallei daalt de specifieke resistiviteit van de bovenlaag wanneer men zich — buiten het holocene alluvium — van de as van de pleistocene geul verwijderd. Dit is hoofdzakelijk te wijten aan de textuurverzwaring (zandleem, leem, fijn zand met kleilaagjes) van het jong-kwartaire dek, vooral in de hogere interfluvia. Het is mogelijk dat buiten de jong-pleistocene thalweg, de ondiepe Ieperiaan-klei het bepalen van de q_0 -waarde beïnvloed heeft. Er dient echter opgemerkt dat ook in de Leievallei de specifieke resistiviteit van de bovenlaag naar het zuiden toe daalt. Zelfs in de as van de jong-pleistocene thalweg van de Leievallei verzwaart het kwartaire dek naar het zuiden toe. Ten zuiden van Komen vertakt de Leievallei zich. Een deel vertoont er reeds op de q_0 -kaart een lage resistiviteit daar de Ieperiaan-klei dicht bij het oppervlak voorkomt. Een ander gedeelte heeft eveneens lage q_0 -waarden maar de gemeten schijnbare resistiviteit neemt er slechts zeer langzaam af met de indringingsdiepte. Het Kwartair blijft er dus wel dik maar is zwaarder van textuur. Ook buiten de holocene vallei omvat het een kleig dek dat uit jong-kwartair (post-Würm) alluviaal (verwilderde rivierafzetting) of solifluxiemateriaal bestaat. Toch komen ook daar de hoogste waarden voor de specifieke resistiviteit van de bovenlaag en voor de gemeten resistiviteit op de verschillende indringingsdiepten voor volgens de as van de jong-pleistocene thalweg en van de belangrijkste zijgeulen.

Specifieke resistiviteiten q_0 , die met een zuiver zandige samenstelling van het kwartaire dek overeenstemmen, worden in de Leievallei weinig aangetroffen ten zuiden van Beveren-Leie.

Vanaf de samenstromingsplaats van de jong-pleistocene geulen van Mandel en Leie en verder stroomafwaarts, komt hoofdzakelijk een overwegend zandig jong-kwartair dek voor. Het is vooral ontwikkeld langs de oostzijde van de holocene Leievallei, hetgeen tevens met een verschil in mikromorfologie aan beide zijden van de Leie samenvalt. Verder stroomopwaarts in de Leievallei komen de hoogste resistiviteitswaarden voor aan de monding van de zijvalleitjes. Ze kunnen overeenstemmen met puinkegels opgebouwd uit grof materiaal. De jong-pleistocene Mandelvallei blijkt volgens de hoge resistiviteitswaarden tot ver stroomopwaarts opgevuld met zandig Kwartair. Ook hier worden aan de monding van de zijvalleitjes de hoogste resistiviteitswaarden aangetroffen.

In het Leie-Schelde-interfluvium komen meestal lage waarden voor die op zwaardere texturen van de kwartaire bovenlaag wijzen (leem, kleilig solifluxie-materiaal). Meestal daalt de schijnbare resistiviteit er zeer snel tot de waarde van de specifieke resistiviteit van de Ieperiaan-klei. In de dieper ingesneden beekvalleien en ook op enkele plaatsen waar de hoogte boven de 70 m stijgt is dit niet het geval. Enerzijds is het kwartaire dek immers dikker terwijl anderzijds jongere tertiaire afzettingen voorkomen die nog tamelijk kleilig zijn.

De metingen verricht tussen Ieper en Diksmuide hebben betrekking op minder belangrijke beekvalleien die uitlopers vormen van de IJzervallei op de rand van de Kustvlakte. Reeds bij ρ_{10} is, buiten de thalwegen zelf, gewoonlijk de specifieke resistiviteit van de Ieperiaan-klei bereikt. Het kwartaire dek is er meestal dun en het wordt alleen in de belangrijkste jong-pleistocene thalwegen dikker, waar het tevens zandiger blijkt te zijn (ρ_0 -waarden tot 50 Ω m).

b. Het noordelijk gebied

In Centraal West-Vlaanderen, ten noorden van de Mandel, wordt de noordelijke begrenzing van de Mandelvallei duidelijk aangegeven door een zone waar de schijnbare resistiviteit ρ_{10} zeer laag is en de specifieke resistiviteit van de Ieperiaan-klei benadert. Hier is nog een substraat van Ieperiaan-klei op geringe diepte aanwezig en vormt er een rug. Deze rug is plaatselijk doorbroken. Noordwaarts volgt een zone met hogere resistiviteitswaarden die tot op vrij grote indringingsdiepte merkbaar blijven. Die zone komt grotendeels overeen met een gebied met een zeer dun jong-kwartair dek, dat litologisch weinig gedifferentieerd is van het onderliggende zandige facies van het Ieperiaan.

Deze zone waar het topoppervlak van de Ieperiaan-klei een komvormige allure vertoont, leunt noordwaarts aan tegen een langwerpige strook waar de kontaktpaalen veel hoger gelegen zijn. De resistiviteitswaarden zijn er aanvankelijk lager maar dalen weinig of niet bij toenemende indringingsdiepte. Ook de specifieke resistiviteit van de onderlaag blijft er hoger. De strook komt overeen met het hoogste deel van de cuesta Aarsele-Hooglede, opgebouwd uit Paniseliaan-klei die slechts door een zeer dunne kwartaire laag bedekt wordt en op min of meer kleilig Ieperiaan-zand rust. Deze interpretatie wordt bevestigd door de resultaten van gewone waarnemingsmethodes.

Meer noordwaarts nemen de kontaktdiepten opnieuw toe en wijzen de

specifieke resistiviteiten voor de onderlaag op een kleisubstraat. Uit de vergelijking van de resistiviteitskaarjes voor toenemende indringingsdiepten kan men drie zones onderscheiden.

1) Een eerste zone strekt zich uit ten zuiden van de uitlopers van de Waardamme en ten zuiden van de Handzame. Op de hoge delen van het gebied worden de hoogste beginwaarden voor de resistiviteit aangetroffen en in deze oostelijke helft blijven ook nog bij ρ_{30} de gemeten resistiviteiten hoger dan voor klei. In de laagste delen van deze zone en ook ten zuiden van de Handzame worden echter reeds vlug lage waarden voor de schijnbare resistiviteiten gemeten. In deze zone hebben Waardamme en Handzame zich doorheen het Paniseliaan ingesneden.

2) In het gebied ten zuiden van Torhout dagzoomt Ieperiaan-zand dat in oostelijke richting minder door de erosie werd aangetast en waarvan het basispeil lager gelegen is. In westelijke richting is het Ieperiaan-zand veel dunner of reikt de kwartaire insnijding tot aan de Ieperiaan-klei die er minder diep voorkomt. In de Handzamevallei zelf is het kwartaire dek niet zeer dik. Het noordelijk deel van de Handzamevallei vertoont over 't algemeen hoge beginwaarden voor de resistiviteit die behalve in enkele eivormige zones, snel dalen. In de zone ten zuiden van de rand van het plateau van Wijnendale komen plaatselijk dikkere akkumulaties van kwartair zand voor.

3) Een derde zone omvat een hoger gelegen gebied, dat met de zuidrand van het Plateau van Wijnendale overeenstemt en waar de ρ_0 -waarden de 50 Ωm overschrijden. De resistiviteit daalt echter tamelijk snel om reeds bij ρ_{40} de specifieke resistiviteit voor klei te bereiken. Hier zou een tamelijk dun dek van Paniseliaan-zand voorkomen op Paniselaa-klei. Deze laatste heeft een lage resistiviteit, hetgeen op een sterk kleilig karakter wijst (P1m-facies).

BESLUIT

In de zones waar de stratigrafische grens met een duidelijk litologisch contact samenvalt, werd de dikte van het kwartaire dek elektrisch gemeten. Op snelle en economische wijze werd op die manier een groot aantal betrouwbare resultaten bekomen. Een detailkartering is uitgevoerd geworden in gebieden waar de deklag een grote dikte (meer dan 5 m) bereikt en niet met de handboor kan onderzocht worden. Aldus konden de diepte en de uitgestrektheid van sommige opgevulde jong-pleistocene thalwegen zoals die van de Leie, de Schelde en de Mandel tamelijk nauwkeurig vastgesteld worden.

Over het tertiaire substraat werden nieuwe gegevens verkregen. Zo werd o.m. vastgesteld dat het kleilig facies van het Ieperiaan over een veel uitgebreider gebied dagzoomt dan vroeger gedacht werd. Uit de elektrische resultaten blijkt een duidelijke verticale litologische zonering van de Ieperiaan-klei. In het studiegebied schijnen de stratigrafische kontakvlakken knikken en undulaties te vertonen in plaats van een ongestoorde monoklinale bouw.

Wat de hydrologie betreft, de grenzen van de verschillende gebieden werden in brede trekken vastgesteld. Het geo-elektrisch onderzoek kan worden uitgebreid tot het bepalen van de voorraden en de kwaliteit van het water. In verband met dit laatste feit zou men in de Polders de verbreiding van het zoutgehalte kunnen nagaan.

De uitvoering van het veldwerk was mogelijk dank zij de steun van het Comité voor Bodemstudie. Wij wensen hiervoor Prof. Dr. R. Tavernier te bedanken. Het onderzoek werd doorgevoerd in verband met een studie van de geologische gesteldheid van de provincie West-Vlaanderen waarvan Prof. Dr. R. Maréchal de leiding had. Wat het technisch aspekt betreft, we zijn veel verschuldigd aan Ir. J. Colle, geassocieerd docent bij het Laboratorium voor Theoretische Elektriciteit van de Rijksuniversiteit te Gent. Ten slotte wensen wij onze medewerkers van de veldploegen te danken om hun ijver en het goede werk dat ze hebben geleverd.

BIBLIOGRAFIE

- BENTZ, A. — Lehrbuch der angewandten Geologie — Bl. 1. Stuttgart, 1961.
- CAGNIARD, L. — La prospection géophysique des eaux souterraines. (Actes du Colloque d'Ankara sur l'Hydrologie de la Zone Aride. Unesco. pp. 184-190). Paris, 1953.
- DE BREUCK, W. et DE MOOR, G. — Premiers résultats d'une prospection électrique dans la « Vallée flamande » (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. LXXI, pp. 518-543). Bruxelles, 1962.
- DE MAGNEE, I. — Les méthodes d'exploration géophysiques et le laboratoire de géologie (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. LXII, pp. 199-228). Bruxelles, 1944.
- DE MOOR, G. — Bijdrage tot de kennis van de fysische landschapsvorming in Binnen-Vlaanderen (*Tijdschr. Belg. Verenig. Aardrijks. Studies*, jg. 32. nr. 2, Verh., pp. 329-433). Gent, 1963.
- DE PAEPE, J. en DE BREUCK, W. — Drinkwatervoorziening van de Landbouwbedrijven in West-Vlaanderen, 184 pp. Brugge, 1958.
- GULINCK, M. et HACQUAERT, A. — L'Eocène in Prodrome d'une description géologique de la Belgique, pp. 451-491. Liège, 1954.
- HALET, F. — La géologie de la crête de partage Lys-Escaut entre Swevegem et Moen (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XLIX, pp. 250-255). Bruxelles, 1939.
- LASFARGUES, P. — Prospection électrique par courants continus, 290 p. Paris, 1957.
- MARECHAL, R., DE BREUCK, W., DE MOOR, G., VERHEYE, W. — Geologie. Survey West-Vlaanderen, 54 p. Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit. Gent, 1964.
- STEVENS, C. — Le relief de la Belgique (*Mém. Instit. Géol. Univ. Louvain* t. XII, pp. 33-429). Louvain, 1938.
- TAVERNIER, R. — De kwartaire afzettingen van België (*Natuurwet. Tijdschr.*, jg. 25, pp. 121-137). Gent, 1945.
- TAVERNIER, R. — Le Quaternaire in Prodrome d'une description géologique de la Belgique, pp. 565-589. Liège, 1954.
- TAVERNIER, R. en AMERYCKX, J. — Geologie en Bodem in West-Vlaanderen, pp. 36-57. Brussel, 1958.
- TAVERNIER, R. en MARECHAL, R. — De bodemassociatiekaart van België (*Natuurwet. Tijdschr.*, jg. 41, pp. 161-204). Gent, 1959.
- THIELE, H. — Tiefenkarte der Grenze Süßwasser-Salzwasser bezogen auf Normal-Null (französisch und belgisch Flandern), 1/25.000, 8 Blätter, Deutsche Heereskarten, 1943.
- THIELE, H. — Die Geoelektrik in der Wassererschliessung in *Die Wassererschliessung*, Teil II, pp. 287-375. Essen, 1952.

Rijksuniversiteit Gent
Laboratorium voor Fysische
Aardrijkskunde en Bodemkunde

(Ingekomen 20 april 1965)