

B.C.I.G. C.B.G.I.	2	1981	p. 17-33	Gent, 7-9 oktober, 1981 7-9 octobre, 1981
----------------------	---	------	----------	--

KARTERING MET LUCHTFOTO'S VAN HET OPPERVLAKTEVEEN, VOORMALIGE VEEN-  
EXPLOITATIES EN OPGEVULDE KREKEN TE ZEEBRUGGE

M. DEPRET\*

68513

Samenvatting :

Het gedetailleerd en nauwkeurig karteren van gesteente-  
lichamen van een grillig gebouwd complex vergt een voldoende dicht  
net van puntwaarnemingen. In de praktijk is dit vaak niet haalbaar.  
Ligt zo'n complex aan de oppervlakte, zoals te Zeebrugge-Dudzele,  
dan vormen luchtfoto's niet zelden een uitstekend alternatief.

Résumé :

La cartographie détaillée et précise des unités litho-  
logiques appartenant à un complexe de nature très compliquée  
exige un réseau de points d'observation suffisamment dense. Dans  
la pratique cela est souvent irréalisable. Si un tel complexe  
se trouve à la surface, comme à Zeebrugge-Dudzele, des photographies  
aériennes formeront souvent une alternative excellente.

VLIZ (vzw)  
VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE  
FLANDERS MARINE INSTITUTE  
Oostende - Belgium

\* M. DEPRET, Dr.Sc., Aangesteld navorsers van het N.F.W.O., Leerstoel  
voor Toegepaste Geologie (Prof. Dr. W. DE BREUCK), Rijksuniversiteit  
Gent, Krijgslaan 271, 9000 GENT

## 1. INLEIDING

Omvangrijke bemalingswerken of ophogingen in gebieden met een grillige geologische bouw houden steeds een risico in tot het veroorzaken van belangrijke differentiële zettingen. Denk bijvoorbeeld terug aan de verzakkingen die zich in het begin van de jaren zeventig te Zeebrugge hebben voorgedaan.

Het zich vergewissen van dergelijke risico's kan enkel maar goed gebeuren aan de hand van een gedetailleerde geotechnische voorstudie tot een voldoende diepte met onder meer opstelling van litostratigrafische kaarten en doorsneden.

Het gedetailleerd en nauwkeurig karteren van gesteente-lichamen van een grillig gebouwd complex vergt echter een voldoende dicht net van puntwaarnemingen. Financieel is dit vaak niet haalbaar. Ligt zo'n complex aan de oppervlakte, zoals bijvoorbeeld te Zeebrugge-Dudzele, dan vormen luchtfoto's niet zelden een uitstekend alternatief. Immers in vele gevallen kan men uit het foto-beeld waardevolle informatie afleiden over de bouw van de onmiddellijke ondergrond.

In het raam van een geotechnisch onderzoek van het toekomstig achterhavengebied van Zeebrugge (M. DEPRET, 1981) werd de litologie en de bouw van het Holoceen in kaart gebracht. Ondanks een gemiddelde van 30 puntwaarnemingen per km<sup>2</sup> werd een betrouwbare rekonstruktie slechts met luchtfoto's verkregen.

Het bestudeerde gebied beslaat de omgeving Zeebrugge-Heist-Dudzele-Lissewege en heeft een oppervlakte van 35 km<sup>2</sup> (fig. 1). Het omvat de toekomstige achterhaven en de huidige voorhaven van Zeebrugge. Met uitzondering van een kleine oppervlakte in het noorden die deel uitmaakt van de Noordzee, het Strand en de Duinstreek



De kilometrisch genummerde aanzetstreepjes duiden het Lambert-ruitennet aan

behoort het gehele gebied tot de Polderstreek.

## 2. BOUW VAN HET HOLOCEEN

Het Holoceen in de omgeving Zeebrugge-Dudzele is grillig samengesteld uit lichamen veen, klei, leem en zand die essentieel behoren tot het oppervlakteveen en de afzetting van Duinkerke.

De afzetting van Calais waarmee het Holoceen aanvangt is van weinig betekenis. Enkel in het westen van het gebied komt ze voor als een dun laagje (<70 cm) leemhoudende klei. Het oppervlakteveen rust bijgevolg grotendeels rechtstreeks op het Pleistoceen (M. DEPRET, 1981).

Het huidig aspekt van het Holoceen wordt in belangrijke mate beheerst door het voorkomen van het oppervlakteveen. De volledige dikte van deze laag bedraagt 1,5 à 3 m; haar basis bevindt zich op 2 à 6 m onder het maaiveld van de polders.

Tijdens het Subatlanticum (2.900 BP-heden) werd het oppervlakteveen verscheidene malen overspoeld door snel op elkaar volgende transgressies (Duinkerke 0, 1, 2, 3A, 3B) die, gepaard gaande met soms belangrijke erosie, zand, leem en klei hebben afgezet. Karakteristiek is het voorkomen van uitgebreide krekensystemen naast vlakke overstromingsgebieden (poelgronden en strandvlakten). Als gevolg daarvan loopt de dikte van de afzetting van Duinkerke zeer sterk uiteen van nul tot enkele meters in de poelgronden, tot verscheidene tientallen meters in de krekensystemen.

Door reliëfinversie kwamen de oorspronkelijk iets hoger gelegen klei-op-veen eilanden lager te liggen dan de krekensystemen, die thans als langgerekte zwakke verhevenheden in het reliëf kunnen waargenomen worden (R. TAVERNIER, 1947; J. AMERYCKX, 1959).



Het huidig uitzicht van het oppervlakteveen wordt niet alleen bepaald door natuurlijke factoren. Immers tot in de 19e eeuw werd veen ontgonnen als brandstof. Volgens J. AMERYCKX en F. MOORMANN (1956) gebeurde dit te Zeebrugge-Dudzele op niet-systematische wijze. Men groef onregelmatig begrensde veenputten die naderhand op slordige wijze werden opgevuld. Daardoor werd het terrein zeer oneffen achtergelaten. Dit verklaart er het veelvuldig voorkomen van moerassige laagten (oude veenputten).

Tenslotte werden de bovenlagen nog verstoord door kleien zandwinning en vergraving.

### 3. WAARNEMING IN FUNDERINGSLEUVEN

In de jaren 1977-78, gedurende de werkzaamheden aan het Insteekdok in de toekomstige achterhaven (fig. 1) werd een zeldzame kans geboden de complexe bouw van de bovenste afzettingen met het blote oog waar te nemen. Evenwijdig aan de twee te bouwen kaaimuren waren toen sleuven gegraven waardoor de kwartaire lagen over ongeveer 2400 m lengte tot 5 à 6 m diepte zichtbaar werden. Twee typeprofielen werden er opgenomen (fig. 2 en 3).

De voorgestelde eenheden zijn van natuurlijke of antropogene oorsprong. De natuurlijk afgezette lagen of lichamen zijn begrensd door litologische grensvlakken, erosievlakken en diastemen. De antropogene eenheden zijn begrensd door een kunstmatig erosievlak.

#### 3.1. Profiel W

Uit het profiel W (fig. 2) blijkt duidelijk de complexe geologische bouw in de omgeving van een veenloze (= doorheen het veen gesneden), zandige kreek. Het projektievlak van de doorsnede maakt een hoek van circa 70° met de as van de kreek waardoor de

Fig. 2 - PROFIEL W

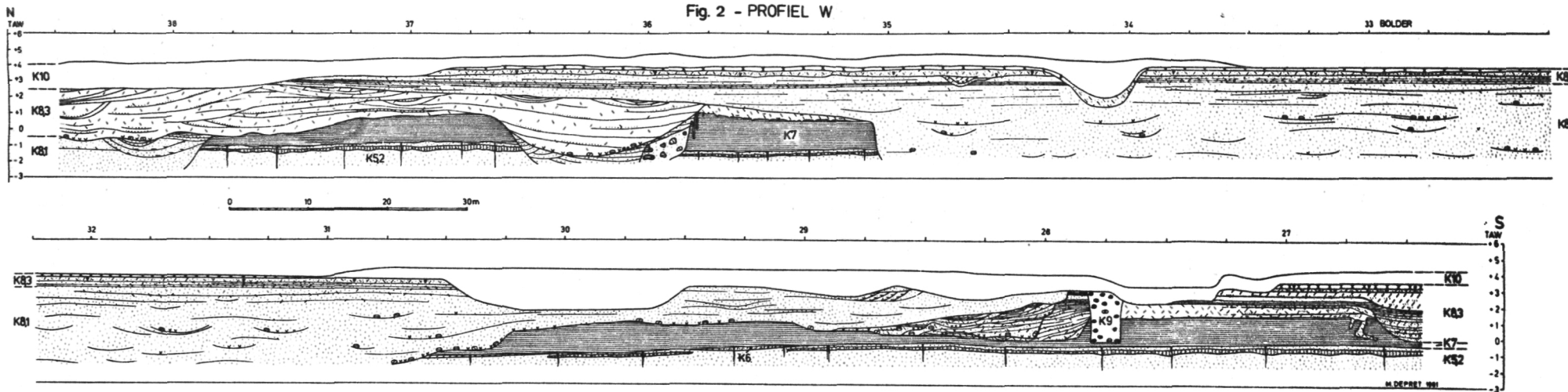
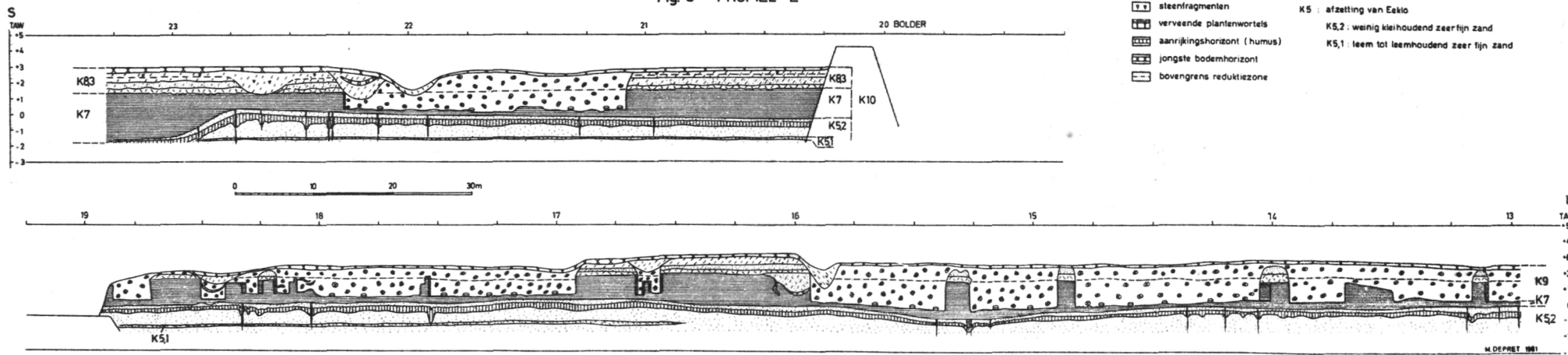


Fig. 3 - PROFIEL E



- LEGENDE
- |  |                              |      |  |
|--|------------------------------|------|--|
|  | fijn zand                    | K10  | aanvullingen en vergravingen           |
|  | leem, leembrokken            | K9   | opgevlude veenputten                   |
|  | klei, kleibrokken            | K8   | afzetting van Duinkerke                |
|  | veen, veenbrokken            | K8,3 | klei, leem, zandhoudende klei          |
|  | veenputopvullingsgrond       | K8,1 | fijn zand                              |
|  | geroerde grond               | K7   | oppervlakteveen veen                   |
|  | scheipen                     | K6   | afzetting van Calais leemhoudende klei |
|  | steenfragmenten              | K5   | afzetting van Eeklo                    |
|  | vervande plantenwortels      | K5,2 | wenig kleihoudend zeertfijn zand       |
|  | aanrijksingshorizont (humus) | K5,1 | leem tot leemhoudend zeer fijn zand    |
|  | jongste bodemhorizont        |      |  |
|  | bovengrens reductiezone      |      |  |

schijnbare horizontale afmetingen enigszins overdreven zijn. De lengte van het profiel bedraagt 370 m.

Onder het oppervlakteveen (K7) vindt men de afzetting van Eeklo (K5) terug. De afzetting van Calais (K6) is beperkt tot een diskontinu laagje leemhoudende klei gelegen tussen de bolders 29-31.

Het oppervlakteveen bereikt tussen 35-36 een maximum dikte van 2,5 m. Enkel tussen 26-28 en gedeeltelijk tussen 35-36 is de oorspronkelijke top te zien. Op de andere plaatsen is het veen grotendeels geërodeerd door de afzetting van Duinkerke.

De afzetting van Duinkerke is in het profiel vooral vertegenwoordigd door de met fijn zand (K8,1) opgevulde veenloze kreek tussen 31-35. Lateraal wigt deze kreek uit boven het veen. De zijdelingse stroken zijn breed ontwikkeld (+ 80 m). Links wordt de veenloze kern scherp begrensd door een steilrand gevormd door het samenhangevee. Rechts is het veen over een aanzienlijke afstand (+ 80 m) onregelmatig ingesneden.

De kleine kreekjes ter hoogte van 36 en 38 zijn ouder dan de voorgaande. Beide vertonen een gelijkaardige bouw. De kernen zijn onderaan opgevuld met fijn zand K8,1. Nadien werden ze, evenals de tussenliggende veenplaat, overdekt met een mikrogelaagd klei-leem pakket (K8,3).

Rechts van 28 bestaan de sedimenten van de afzetting van Duinkerke vooral uit subhorizontale laagjes leemhoudende klei, zandhoudende klei en klei (K8,3). Tussen 27 en 28 ligt er een kleine opgevulde veenput.

### 3.2. Profiel E

Het profiel E meet 285 m lengte en snijdt doorheen een zone waarin belangrijke ontvening heeft plaatsgegrepen.

Alhoewel aanzienlijk in omvang gebeurde de veenuitbating duidelijk niet-systematisch. Belangrijke partijen veen zijn onaan-geroerd gebleven. De breedte van de veenputten varieert van minder dan 1 m (tussen 16-17) tot meer dan 90 m (tussen 13-16). Deze laatste bestaat eigenlijk uit een aaneenschakeling van kleinere putten (10-25 m breedte) die van elkaar gescheiden zijn door smalle 2-3 m brede veenmuurtjes. In de veenputten is het veen nooit helemaal weggenomen. Overal bevindt er zich aan de basis nog een 20 tot 60 cm dikke laag veen. De veenputten zijn steeds door een loodrechte wand begrensd.

Op de intact gebleven partijen veen liggen de kleiige en lemige sedimenten K8,3 van de afzetting van Duinkerke. Koepel-vormig begrensd en meestal zonder topzone kan men die gewoonlijk ook op de veenmuurtjes herkennen.

De veenputten zijn zeer heterogeen opgevuld met overwegend klei-, leem-, veen-, en in geringe mate zandbrokken ingebed in een meestal kleiige matrix.

Op te merken valt dat de basis van het oppervlakteveen meestal zeer vlak is gelegen. Evenwel ter hoogte van 23 neemt de dikte van het veen over nog geen 10 m afstand toe van 1 m tot bijna 3 m.

### 3.3. Analyse van het maaiveldpeil

Beide profielen illustreren ook het verband tussen de hoogte van het oorspronkelijk poldermaaiveld en de ondergrond.

Ter hoogte van de veenloze zandige kreek (fig. 2) treffen we dit maaiveld (enkel tussen 31-37 te zien) aan op + 4 m. In de poelgronden (niet ontgonnen percelen in fig. 3) ligt het op + 3 m. De uitgeveende percelen liggen gemiddeld nog lager op +2,5 m. In de zones met veenexploitatie blijken de meer omvangrijke niet ontgonnen percelen een weinig uit te steken boven dit gemiddeld peil, de veenmuurtjes echter niet.

#### 4. KARTEREN MET LUCHTFOTO'S

Een dergelijke complexe bouw was nog moeilijk met puntwaarnemingen te rekonstrueren. Met luchtfoto's kon dit echter veel beter.

##### 4.1. Analyse van de fotoreeksen

Voor de luchtfoto-interpretatie hadden we de beschikking over panchromatische opnamen. De overlapping in de reeks bedroeg circa 60 %.

Bij de interpretatie is het waarnemen van hoogteverschillen van essentieel belang. Dit gebeurt in stereovisie. Gezien de kleine hoogteverschillen is een voorafgaande kennis van de stereoskopische drempel vereist. De stereoskopische drempel is het kleinste in stereovisie waarneembare hoogteverschil en wordt benaderd gegeven door :

$$h = \frac{100}{F \cdot R} \cdot \frac{H}{b} \quad (\text{C. MARIUS en M. ANTROP, 1976})$$

waarin : h : stereoskopische drempel (cm)

H : vlieghoogte (m)

b : fotobasis (m)

R : effectief oplossend vermogen van de foto  
(in lijnen per mm) (hier 20 lijnen/mm)

F : faktor die het verband uitdrukt tussen R en de minimale parallax en gemiddeld 2,5 bedraagt

In tab. 1 zijn voor de drie reeksen enkele algemene gegevens en de waarden voor h samengevat.

Tabel 1

reeks	H m	focusafstand f mm	f/H	b mm	h cm	datum vlucht
1	3340	153,16	1/21800	85	79	09/06/69
2	1600	153,16	1/10500	82	39	23/08/76
3	800	153,22	1/5200	85	19	06.06/75

Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat met de reeks 1 hoogteverschillen van minder dan 79 cm niet meer worden opgemerkt.

Ook de schaal van de foto's is van belang. Met het oog op waarneming van langgerekte kreeklichamen (orde van km) is een schaal groter dan 1/10 000 minder geschikt.

Een andere moeilijkheid ligt bij het gewas. Daar de waar te nemen hoogteverschillen van de orde van grootte zijn van het gewas kunnen deze laatste de eerste verdoezelen. Een opname in het voor- of najaar inplaats van in de zomer, zoals voor de drie reeksen, zou gunstiger zijn geweest.

#### 4.2. Interpretatiecriteria

Het vastleggen van de relaties tussen de bouw van de ondergrond en het fotobeeld gebeurde aan de hand van enkele vooraf goed gekende proefgebieden.

Alhoewel het veengebied Zeebrugge-Dudzele anders gestructureerd is kon worden uitgegaan van het door F. SNACKEN en A. VERHOEVE (1965) uitgewerkte verband tussen het fotobeeld en de bouw

van het polderlandschap te Houtave. Dit verband is gesteund op het niveauverschil dat door de reliëfsinversie en de uitveningen is ontstaan tussen de (veenloze) kreken en de komgebieden, op tonaliteitskontrasten en op het verband tussen de in kultuurname van het gebied en de fysische omstandigheden.

In het studiegebied is de reliëfsinversie evenwel minder uitgesproken dan te Houtave omdat er op het veen drie afzettingen liggen. Wel is het veen te Zeebrugge aanzienlijk meer geëxploiteerd wat het reliëfscontrast in de hand heeft gewerkt.

Op de foto's onderscheiden de kreken zich als langgerekte rechtlijnige of gebogen, zwak konvexe meestal symmetrische lage ruggen met een lichte tonaliteit en vrij uniform uitzicht (fig. 4). In tegenstelling met Houtave, waar de veenplaat door nagenoeg parallelle kreken is versneden, heeft men te Zeebrugge-Dudzele te doen met een zeer grillig krek patroon, wat de interpretatie bemoeilijkt.

De veengebieden liggen iets lager, zijn donkerder van tonaliteit en hebben een complex uitzicht. Daarin kontrasteren vooral de uitgestrekte uitgeveende partijen, die gekenmerkt zijn door hun nog lagere ligging, zeer onregelmatige topografie, rechtlijnige begrenzing en donkere tonaliteit (fig. 4). Niet zelden onderscheid men de eigenlijke veenputten als hoekig afgelijnde depressies en plassen.

Door hun essentieel zandige kern en hogere ligging zijn de kreeklichamen veel beter inwendig gedraineerd dan de lager gelegen kleiige en venige poelgronden. Deze laatste hebben dan ook een veel dichter uitgebouwd drainagenetwerk. Ondanks dat lijden deze gebieden aan een nagenoeg permanente wateroverlast.



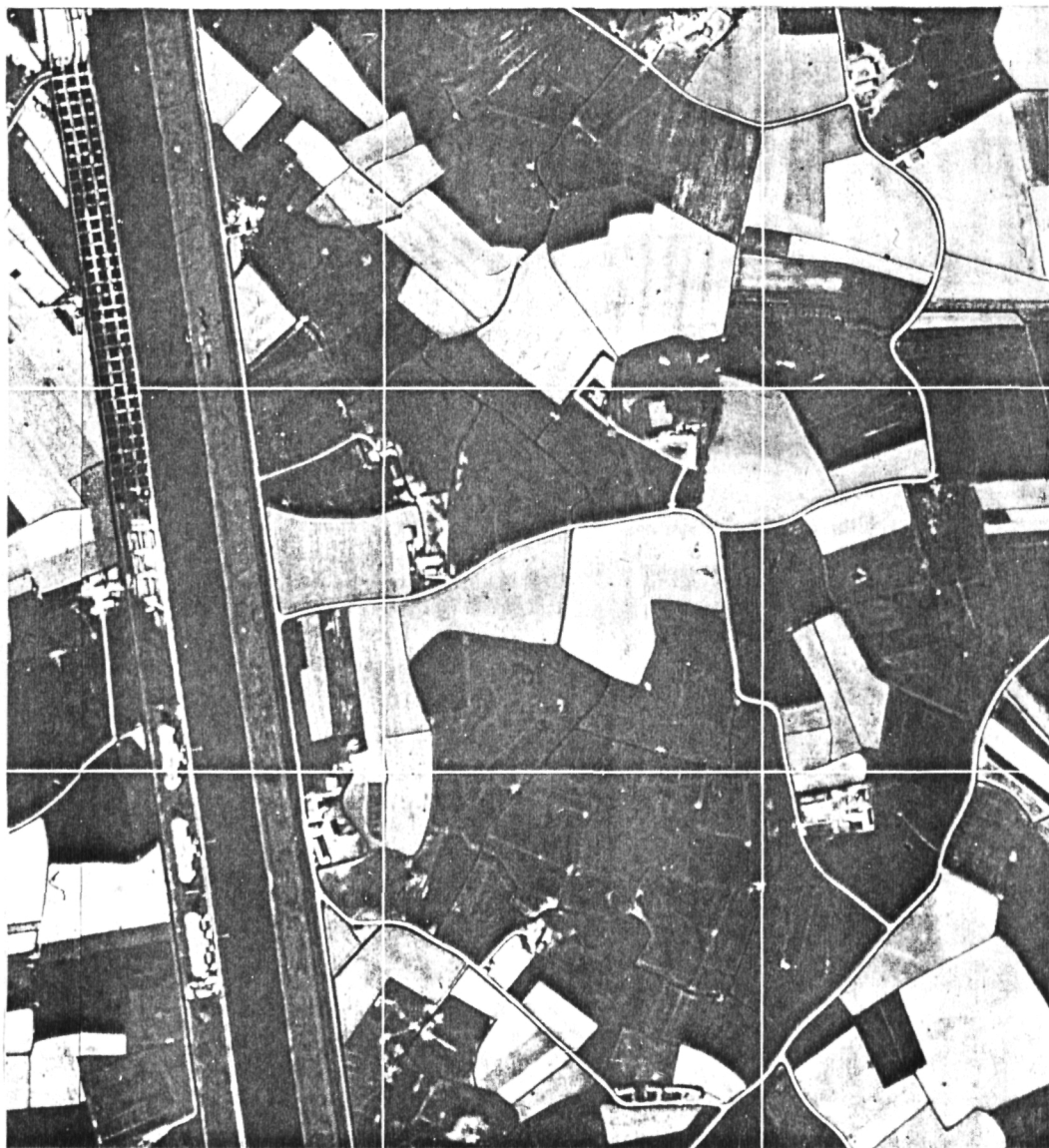


FIG. 4 - ORTHOFOTOPLAN EN FOTO-INTERPRETATIE  
(detail orthofotoplan 5d1 Aero Survey)

-  Fotografisch niet interpreteerbare zone
-  Kreeklichaam : zandige veenloze kern met zijstroken
-  Klei, leem of zand op veen
-  Grondig uitgeveend
-  Weinig uitgeveend



De verschillen in fysische omstandigheden tussen de kreek-  
ruggen en de poelgronden liggen aan de grondslag van een verband dat  
is ontstaan met de in kultuurname van het gebied. De bewoning en het  
akkerland liggen vooral op de kreek-  
ruggen, de weilanden op de poel-  
gronden. Door de onregelmatige begrenzing en de omvang van de veenpla-  
ten is het verband wegennet-kreek-  
krug minder uitgesproken dan te  
Houtave.

#### 4.3. Opstelling

De interpretaties werden onmiddellijk op een orthofoto-  
plan op schaal 1/10 000 uitgetekend (fig. 4). De begrenzingen van  
de (zandige) kreeklichamen werden genomen op de hellingsverandering-  
lijnen in de concave hellingen van de kreek-  
ruggen (fig. 5). De uit-  
geveende percelen waren meestal vrij eenvoudig af te lijnen. Tussen  
beide grenzen liggen dan de niet-uitgeveende zones waar hetzij zand,  
hetzij klei+leem+zand op veen voorkomen.

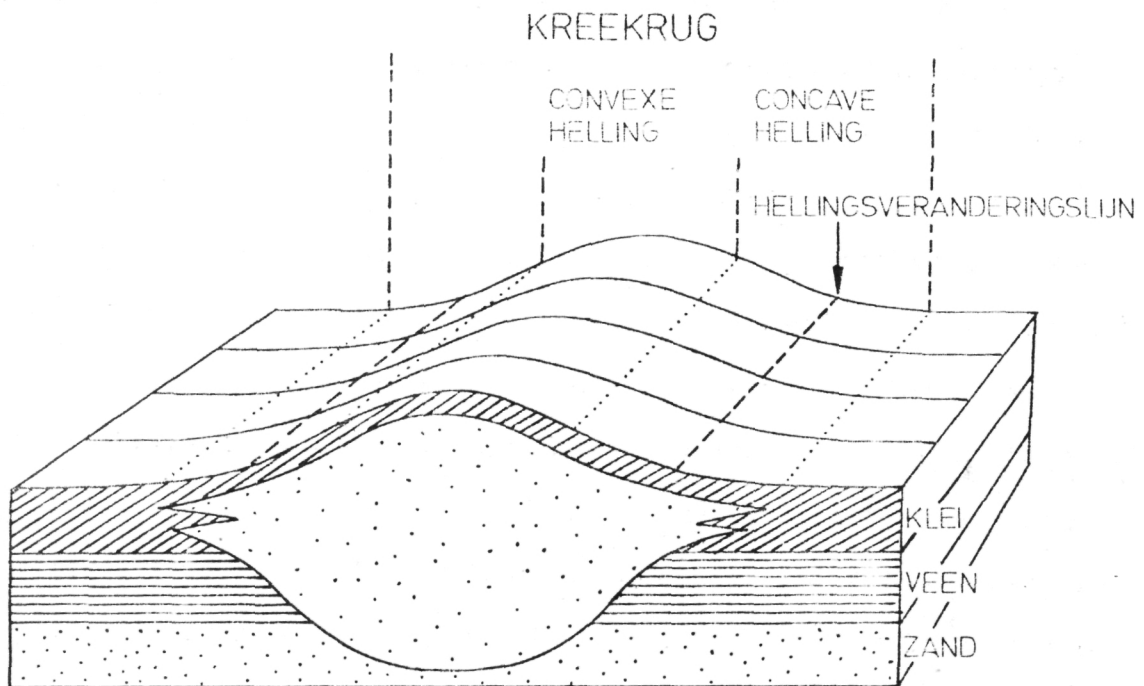


Fig. 5 - Begrenzing van een (zandig) kreeklichaam

In de uitgeveende zones werd verder onderscheid gemaakt tussen grondig uitgeveende (laag gelegen, zeer onregelmatige topografie) en weinig ontgonnen percelen (hoger gelegen, weinig verstoorde topografie).

#### 4.4. Grondkontrolle

De foto-interpretatie werd nadien getoetst aan alle beschikbare boringen, diepsonderingen en profielopnamen. Indien nodig werden in de sleutelzones aanvullende handboringen verricht. Op die manier waren volgende situaties af te bakenen : veenloze zandige kreek, veen bedekt door zand, veen bedekt door klei, leem of zand, grondig en weinig uitgeveende zones.

In fig. 6 is de rekonstruktie van het gebied Zeebrugge-Dudzele gegeven. De isohypsen van de basis van de veenloze kreek werden uit puntwaarnemingen afgeleid.

#### 4.5. Opmerkingen

- 1° Bij de kontrolle met de puntwaarnemingen is gebleken dat de hellingveranderingslijnen in de concaviteiten van een kreekkrug niet de veenloze kern maar meestal het geheel veenloze kern met zijwaartse stroken, waar het kreekzand boven het veen uitwigt, afbakent. In sommige gevallen bleken hoger gelegen zandige kreek niet doorheen het oppervlakteveen gesneden te zijn (bv. kreek ten zuidwesten van het Insteekdok, fig. 6).
- 2° De breedte van de smalste herkenbare (zandige) kreek, zijstroken inbegrepen, bedroeg ongeveer 50 m.
- 3° Aangezien met de foto-analyse zelden kleiige (veenloze) kreek werden opgemerkt kan dit betekenen dat er weinig aanwezig zijn of dat ze zich op de foto niet duidelijk onderscheiden van de komgronden. Opnamen in kleureninfrarood kunnen hier eventueel tot



FIG. 6 - UITBREIDING VAN HET OPPER-  
VLAKTEVEEN, VOORMALIGE VEEN-  
EXPLOITATIES EN OPGEVULDE KREKEN

Legende

- Zone waarbinnen geen foto-interpretatie werd verricht
- Zone waarbinnen geen interpretaties werden verricht
- Isohypte van de basis van een veerloze kreek

- Zand of veen
- Zand, leem, klei op veen
- Zone met belangrijke veenexploitatie
- Zone met geringe veenexploitatie
- Zandige veerloze kreek
- Kleiige veerloze kreek
- Zone met veenondergrond (niet verder gespecificeerd)
- Recente uitgravingen al of niet aangevuld

een beter resultaat leiden.

## 5. BESLUIT

De studie op de luchtfoto's heeft toegelaten op snelle wijze de ingewikkelde bouw van het bovenste dek (Holoceen) van het gebied Zeebrugge-Dudzele te rekonstrueren. De tracés van de (zandige) kreeklichamen, de veenplaten en de zones met veenexploitatie waren betrouwbaar te identificeren.

Nauwkeurige informatie over de litologische opeenvolging en de dikte van de gesteentelichamen diende evenwel met puntwaarnemingen te worden bepaald. Zo was het bijvoorbeeld niet steeds mogelijk te weten of een kreek al dan niet veenloos was.

Het inplanten van aanvullende boringen of diepsonderingen kon echter op grond van de foto-analyse veel oordeelkundiger worden doorgevoerd en tot een minimum worden herleid.

## REFERENTIES

- AMERYCKX, J.B. (1959). De ontstaansgeschiedenis van de zeepolders. Biekorf 60, 377-400.
- DEPRET, M. (1981). Litostratigrafie van het Kwartair en van het tertiaire substraat te Zeebrugge - Litologische en stratigrafische interpretatie van diepsonderingen met de konus van Begemann, 338 p. Gent : Geologisch Instituut - Rijksuniversiteit (onuitgegeven doctoraatsproefschrift).
- MARIUS, C. & ANTROP, M. (1976). Mogelijkheden van de kleureninfraroodfilm voor kartering van milieuverontreiniging. Natuurwet. Tijdschr. 58, 209-225.

SNACKEN, F. & VERHOEVE, A. (1965). Structure de paysage poldérien.

Photo Interprétation 2, 29-35.

TAVERNIER, R. (1947). L'Evolution de la Plaine Maritime Belge. Bull.

Soc. belge Géol. Paléont. Hydrol. 56, 332-343.