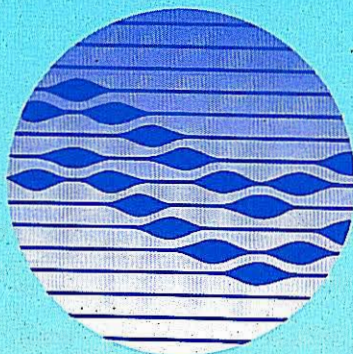


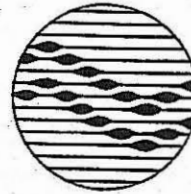
TGo 99/94



## TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE

BESCHOUWINGEN OVER DE STIJGHOOGTE- EN WATERTAFELSTAND  
OP HET NOORDELIJK EILAND TUSSEN DE NIEUWE ARM  
VAN HET ZEEKANAAL VAN WILLEBROEK  
EN DE RUPEL TE HINGENE (BORNEM)

Beschouwingen over de stijghoogte-  
en watertafelstand op het  
Noordelijk Eiland tussen de nieuwe arm  
van het Zeekanaal van Willebroek en de  
Rupel te Hingene (Bornem)



geologisch instituut S8  
krijgslaan 281  
B-9000 gent

telefoon 091/64 4647  
fax 091/64 4997

Opdrachtgever

G.T.E.  
Universitaire Instelling Antwerpen  
Universiteitsplein 1  
2610 WILRIJK

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK  
Studie en verslag : Dr. L. LEBBE  
Lic. D. DE SMET

Dossiernummer : TGO 92/044

Datum : oktober 1992

## INHOUD

Lijst der figuren	II
1. Inleiding	1
2. Ligging	1
3. Geologie	3
3.1. Kwartair	3
3.1.1. Aanvulling	3
3.1.2. Holoceen	3
3.1.3. Pleistoceen	3
4. Hydrogeologie	5
4.1. Algemeen	5
4.2. Stijghoogte in de doorlatende laag	5
4.3. Stijghoogte in de slecht doorlatende laag	8
4.4. Fluktuaties van de stijghoogte in de doorlatende laag	14
4.5. Fluktuaties van de stijghoogte in de slecht doorlatende laag	16
5. Besluit	17
Referenties	18

## LIJST DER FIGUREN

- Figuur 1 : Ligging van het "Noordelijk Eiland". Uittreksel van de topografische kaart op schaal 1/10.000 van het N.G.I. (Kaart 15/6 Temse, 2de uitgave 1987).
- Figuur 2 : Geologisch profiel ter hoogte van de nieuwe sluis.
- Figuur 3 : Schematische voorstelling van het grondwaterstromingsmodel tussen 2 kanalen (naar Edelman, 1972).
- Figuur 4 : Stijghoogte en grondwaterstromingspatroon in de doorlatende laag.
- Figuur 5 : Stijghoogte en grondwaterstromingspatroon in de slecht doorlatende laag.
- Figuur 6 : Verloop van de kritische  $k^v$ -waarden in het toekomstige natuurgebied.
- Figuur 7 : Stijghoogtefluctuaties ten gevolge van getijden op verschillende afstanden van de hoogtijlijn nabij de kust te De Panne (117DB12F1, 117DB10F1, 117DB2F1, 117DB9F1 op respectievelijk 0, 360, 635 en 800 m van de hoogtijlijn) (naar Lebbe, 1981).
- Figuur 8 : Stijghoogtefluctuaties op verschillende niveaus op 360 m van de hoogtijlijn in het duingebied te De Panne. Hoe ondieper de peilbuis, hoe groter de demping (naar Lebbe, 1981).

## 1. INLEIDING

Op 9 september 1992 verzochten Mevr. K. Nagels en Mevr. M. Lejeune van de G.T.E. het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie (L.T.G.H.) van de U.G. om een beschrijving te geven van het te verwachten verloop van de watertafel in een nieuw aan te leggen natuurgebied te Hingene (Bornem). Onderhavig verslag bevat vooreerst een bondige beschrijving van de ligging en de voor dit verslag belangrijke geologische lagen. Vervolgens werd stap voor stap uitgelegd hoe men het peil van de watertafel van het bovengenoemd gebied kan berekenen. Tenslotte werd erop gewezen dat de getijdenwerking op de Rupel invloed kan hebben op het peil van de grondwatertafel voor grotere of kleinere delen van het gebied.

## 2. LIGGING

Het gebied bevindt zich in het zuidwesten van de provincie Antwerpen, op het grondgebied van de deelgemeente Hingene (Bornem). Het strekt zich uit ten noordoosten van de dorpskern van Wintam. Het behoort tot de alluviale vlakte van de Rupel en de Schelde en stond voorheen bekend als Ruipenbroekpolder. Het oorspronkelijk maaiveldpeil van het gebied bedraagt ongeveer + 1,5<sup>1</sup>.

Na het voltooiën van de nieuwe arm en de nieuwe sluis van het Zeekanaal van Willebroek zal er een eiland ontstaan tussen de nieuwe arm, die uitmondt in de Schelde, de Schelde, de Rupel en de oude arm die uitmondt in de Rupel. Het is op het noordelijk gedeelte van het eiland, het zogenaamde "Noordelijk Eiland" dat het nieuwe natuurgebied gepland is.

Het wordt begrensd door (fig. 1) :

- de Rupel in het Oosten;
- de mondingen van de Rupel en van de nieuwe arm van het Zeekanaal in de Schelde in het noorden;
- de nieuwe arm en de nieuwe sluis van het Zeekanaal in het

---

<sup>1</sup> Alle peilen in dit verslag zijn aangegeven in m ten opzichte van het referentievlak van de T.A.W. (Tweede Algemene Waterpassing van het Nationaal Geografisch Instituut).

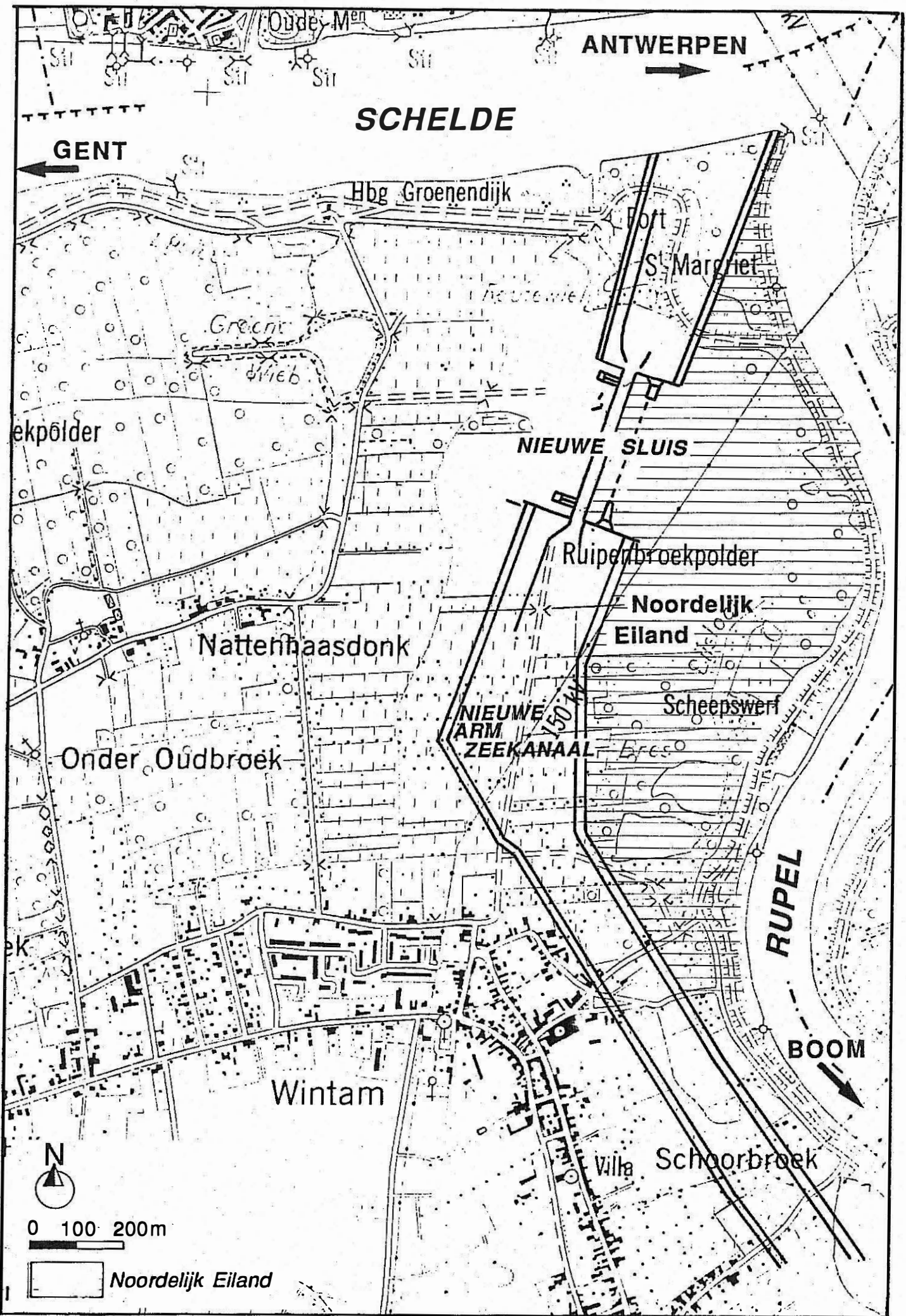


Fig. 1 - Ligging van het "Noordelijk Eiland". Uittreksel van de topografische kaart op schaal 1/10.000 van het N.G.I. (Kaart 15/6 Temse, 2de uitgave 1987)

westen;

- de versmalling die ontstaat tussen een meander van de Rupel en de nieuwe arm van het Zeekanaal in het zuiden.

### 3. GEOLOGIE

De geologie van het gebied werd gebaseerd op een boring uitgevoerd ter hoogte van de nieuwe sluis in 1965 door de N.V. Smet uit Dessel (Mol) voor de Belgische Geologische Dienst (B.G.D.). De boring werd beschreven en geïnterpreteerd door M. Gulinck.

De bespreking van de geologische lagen werd beperkt tot degene van belang voor de geologie van het te realiseren natuurgebied en werd geïllustreerd aan de hand van een profiel (fig. 2).

Van boven naar onder (van jong naar oud) onderscheiden we volgende geologische lagen :

#### 3.1. Kwartair

##### 3.1.1. Aanvulling

Het terrein zal ongeveer 5 meter opgehoogd worden, namelijk van het oorspronkelijk peil + 1,5 tot het peil + 6,5. Hiervoor zal baggerslib uit het Zeekanaal gebruikt worden. De samenstelling van dit slib is zeer heterogeen.

##### 3.1.2. Holoceen

De holocene lagen bestaan uit een complex van alluviale klei, silt en veen met plantenresten. Het zijn polderafzettingen van de Rupel en de Schelde. De dikte van deze laag bedraagt ongeveer 2 m. De basis bevindt zich ongeveer op het peil - 0,5 en rust op het Pleistoceen.

##### 3.1.3. Pleistoceen

De pleistocene laag bestaat in het studiegebied uit groengrijs glimmerhoudend siltig fijn zand met veensporen. Aan de basis vindt men veelal een grint terug bestaande uit silex en uit

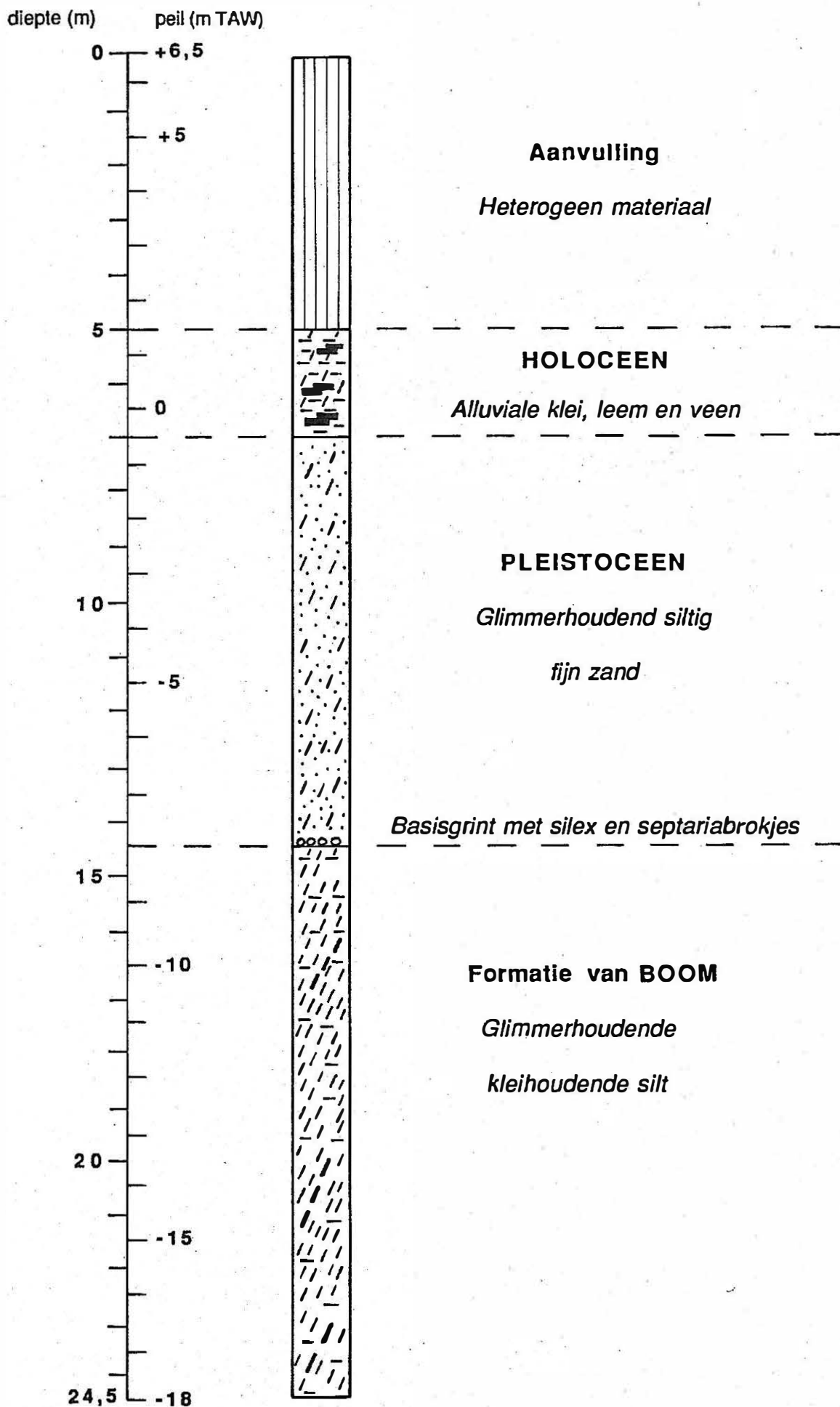


Fig. 2 - Geologisch profiel ter hoogte van de nieuwe sluis.



brokjes van septaria. De basis bevindt zich ongeveer op het peil - 8 en rust op de tertiaire Formatie van Boom. Deze Formatie bestaat overwegend uit een grijsbruine glimmerhoudende kleihoudende silt en is ongeveer 10 m dik.

#### 4. HYDROGEOLOGIE

##### 4.1. Algemeen

In eerste instantie kunnen we de geologische lagen in punt 3 besproken als volgt hydrogeologisch interpreteren. De aanvulling en de holocene laag zullen een slecht doorlatende laag vormen. Het Pleistoceen vormt een doorlatende laag. De Formatie van Boom kan voor het behandelde probleem als "ondoorlatend" beschouwd worden.

##### 4.2. Stijghoogte in de doorlatende laag

Vooreerst zullen we de invloed van de infiltratie door neerslag buiten beschouwing laten. Het peil van het Zeekanaal,  $h_{KA}$ , wordt op + 4.40 gehouden, het gemiddelde peil van de Rupel,  $h_{RU}$ , bedraagt ter plaatse + 2.74. In een profiel dat ongeveer loodrecht op het Zeekanaal en de Rupel staat, verkrijgen we dan de situatie zoals voorgesteld op fig. 3a. De stijghoogte vormt een rechte met als vergelijking :

$$h_1(x) = h_{KA} - \frac{h_{KA} - h_{RU}}{L} x$$

met :  $x$  = de afstand tot het Zeekanaal

$L$  = de afstand tussen Zeekanaal en Rupel langs het beschouwde profiel.

Beschouwen we nu het geval voorgesteld op fig. 3b. We veronderstellen hier dat het peil van het Zeekanaal en de Rupel gelijk zou zijn. Wanneer we dan rekening houden met het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot ( $n$ ) en met het doorlaatvermogen ( $kD$ ) van de doorlatende laag gaat de stijghoogte in profiel een parabool beschrijven. Het doorlaatvermogen ( $kD$ ) drukt het vermogen uit van de doorlatende laag om water door te laten in de horizontale richting. Dit hangt in grote mate

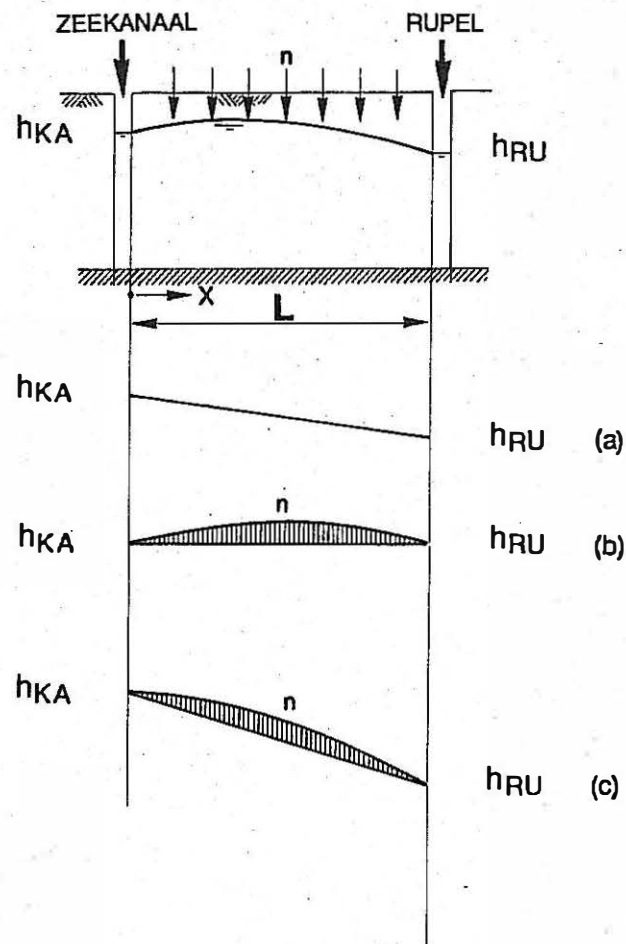


Fig. 3 - Schematische voorstelling van het grondwaterstromingsmodel tussen 2 kanalen (naar Edelman, 1972).

af van de waterdoorlatende karakteristieken, de dikte van de watervoerende laag en in mindere mate van de viskositeit van het water. Intuïtief kan men gemakkelijk inzien dat hoe kleiner  $kD$  is, hoe hoger de parabool wordt. Immers het water gaat meer weerstand ondervinden om weg te vloeien. Het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot ( $n$ ) is de hoeveelheid water die werkelijk de grondwatertafel bereikt. Hoe groter  $n$ , hoe hoger de parabool.

De stijghoogte vormt aldus een parabool met als vergelijking :

$$h_2(x) = h_{KA} + \frac{n}{2kD}(L-x)x$$

met  $n = 0,3 \text{ m/j}$

$kD = 57,5 \text{ m}^2/\text{d}$ .

$x$  = de afstand tot het Zeekanaal

$L$  = de afstand tussen Zeekanaal en Rupel langs het beschouwde profiel.

We merken op dat de waterscheidingskam in het geval van gelijke peilen in de beide waterlopen zich in het midden tussen de Rupel en het Zeekanaal zou bevinden. Een dergelijke situatie zal zich voordoen stroomafwaarts van de nieuwe sluis, tussen het nieuwe Zeekanaal en de Rupel.

Ter hoogte van en stroomopwaarts van de nieuwe sluis hebben we de situatie zoals voorgesteld op fig. 3c. Hier hebben we een peilverschil tussen het Nieuwe Zeekanaal of de nieuwe sluis en de Rupel. We moeten dan de 2 vorige gevallen superponeren.

Dus :

$$h(x) = h_{KA} - \frac{h_{KA} - h_{RU}}{L} x + \frac{n}{2kD} (L-x)x$$

met  $n = 0,3 \text{ m/j}$

$kD = 57,5 \text{ m}^2/\text{d}$

$x$  = de afstand tot het Zeekanaal

$L$  = de afstand tussen Zeekanaal en Rupel langs het beschouwde profiel.

Wanneer we nu de stijghoogten berekenen langs verscheidene profielen tussen het Zeekanaal en de Rupel kunnen we aan de hand daarvan de lijnen van gelijke stijghoogte tekenen op kaart. Wiskundig kunnen we ook de plaats van de waterschei-

dingskam langs het profiel berekenen. Zo kunnen we dan het grondwaterstromingspatroon rekonstrueren. Het resultaat van zo'n berekening vindt u voorgesteld op fig. 4.

Voor profielen ter hoogte van de sluis kan men aannemen dat de overgang van de stijghoogte in de doorlatende laag vlak naast en langs de sluis van + 4.40 naar + 2.74 lineair verloopt. We merken op dat de stijghoogte van de doorlatende laag overal hoger is dan het oorspronkelijk maaiveldpeil (+ 1,5).

Dus wanneer er geen aanvulling is, staat het gebied onder water. Verder blijkt dat er in het grootste gedeelte van het gebied een waterstroming in de richting van de Rupel is. In het zuidelijke deel is er zelfs alleen maar een stroming in de richting van de Rupel.

#### 4.3. Stijghoogte in de slecht doorlatende laag

Wanneer we een peilbuis in de doorlatende laag steken meten we de stijghoogte berekend in punt 4.2. Wanneer we nu een peilbuis in de slecht doorlatende laag steken meten we een hogere stijghoogte. Deze hogere waarde wordt veroorzaakt door de weerstand die het water ondervindt bij het doorstromen van de slecht doorlatende laag. In een slecht doorlatende laag is enkel de verticale stromingsrichting van betekenis. De hydraulische gradiënt is overwegend vertikaal.

Dit verschil in stijghoogte wordt bepaald door :

- n : het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot uitgedrukt in m/j. Hoe groter n, hoe groter het verschil.
- z : de dikte van de slecht doorlatende laag, uitgedrukt in m. Hoe groter z, hoe groter het verschil.
- $k^v$ : de verticale doorlatendheid van de slecht doorlatende laag, uitgedrukt in m/d. Hoe groter  $k^v$ , hoe kleiner het verschil.

De term die men bij de formules van punt 4.2 moet bijtellen voor het bekomen van de stijghoogte in de slecht doorlatende laag luidt :

$$h(Z) = \frac{n \cdot z}{k^v}$$

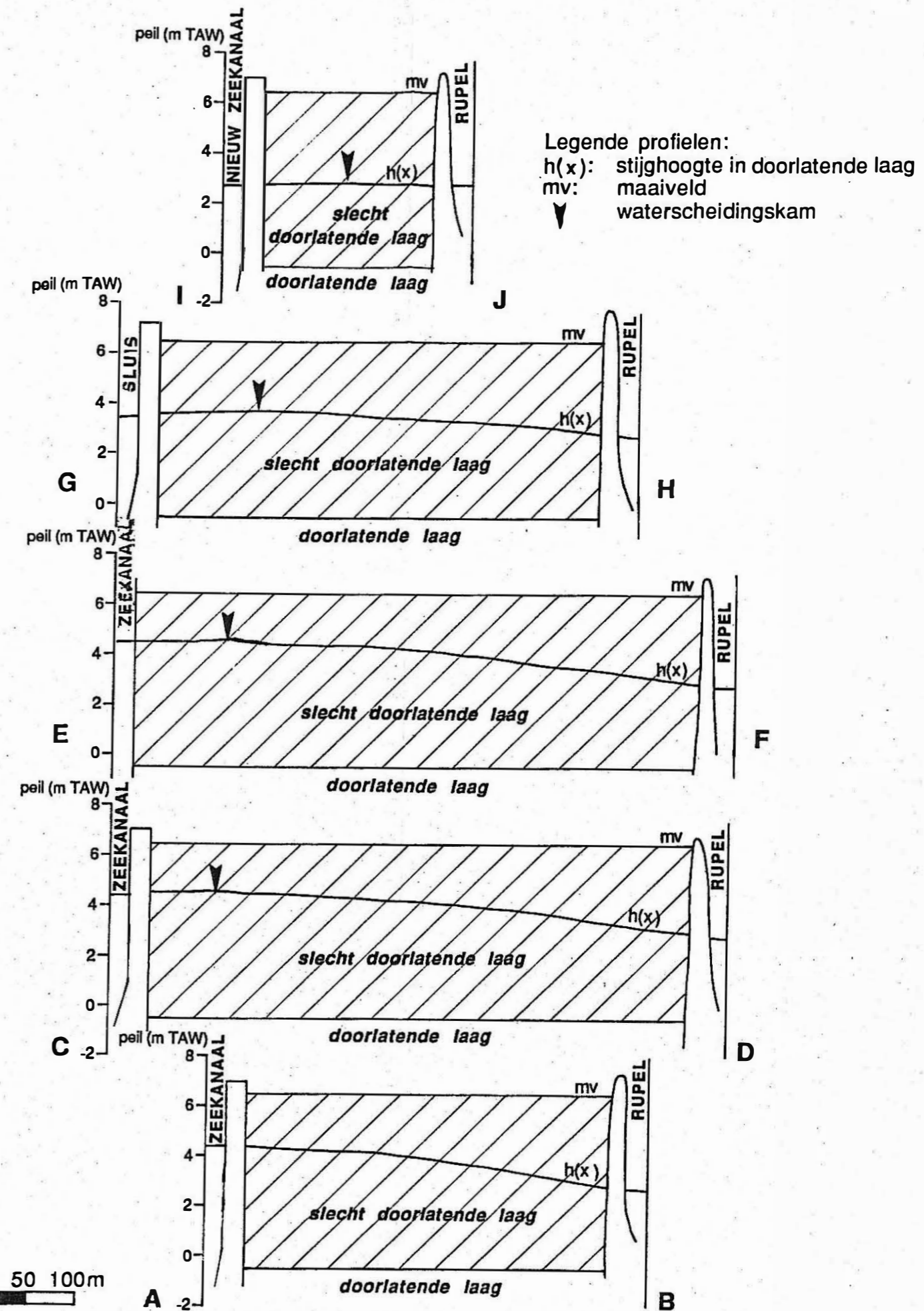
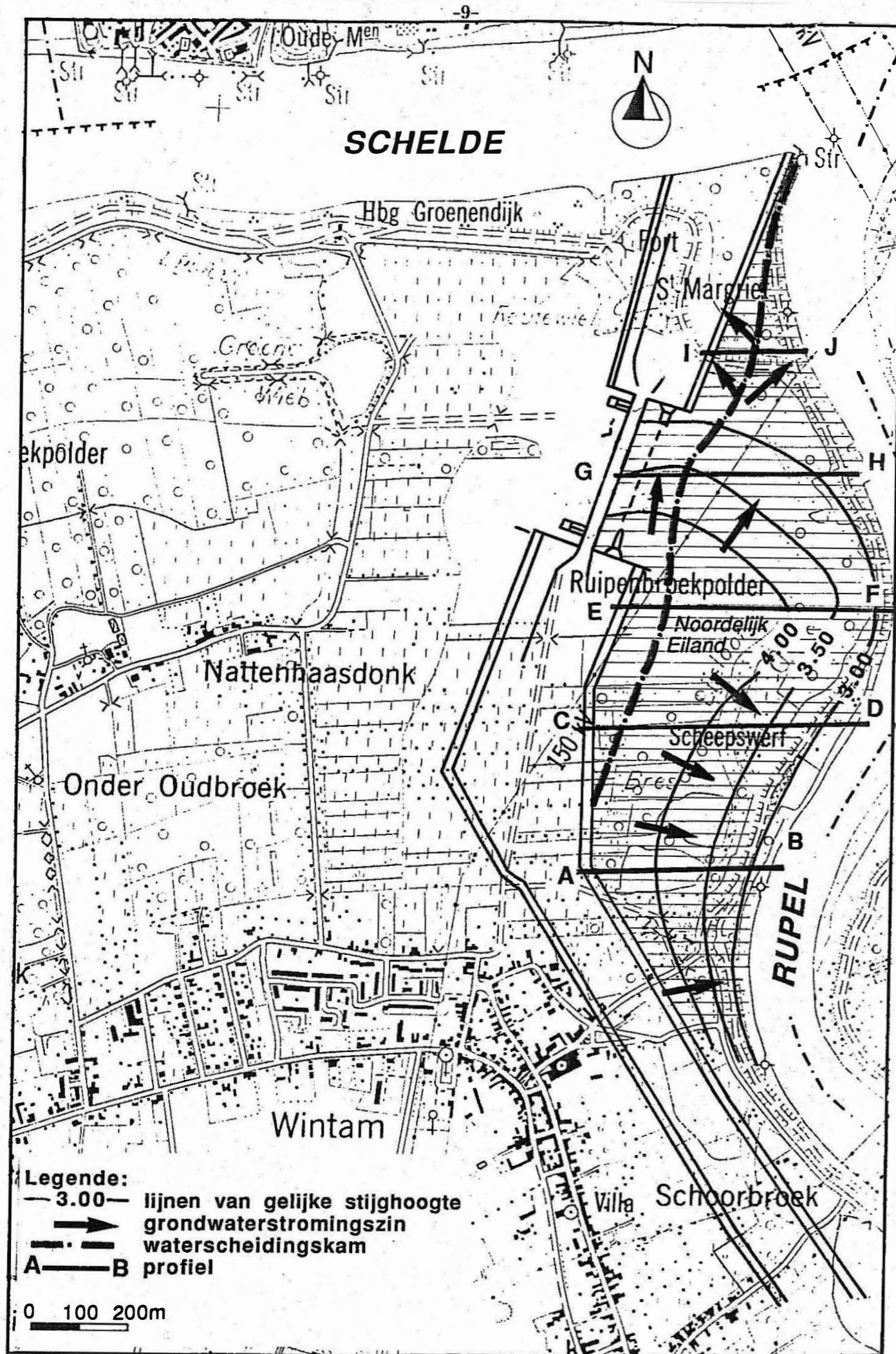


Fig. 4 - Stijghoogte en grondwaterstromingspatroon in de doorlatende laag.

### Opmerkingen

1.  $\frac{z}{k^v}$  wordt veelal de hydraulische weerstand (c) genoemd en uitgedrukt in d (dagen).
2. De verticale doorlatendheid,  $k^v$ , in het aangevulde materiaal zal sterk plaatsafhankelijk zijn. Zo zal er bij de aanvulling nabij de mond van de buis een energierijk milieu heersen. In dit energierijk milieu zullen enkel de grovere korrels uit het heterogene baggerslib in staat zijn om te bezinken. De fijnere korrels zullen verderop in stilstaande plassen bezinken. Dit effect zal nog versterkt worden wanneer men de buizen verhoogt in plaats van ze te verplaatsen wanneer de aanvulling te hoog wordt.  
In dit verslag werd een  $k^v$  waarde aangenomen van 0,001 m/d. Deze waarde is realistisch wanneer we ze vergelijken met de waarde bekomen uit interpretatie van pompproeven die in gelijkaardige situaties uitgevoerd zijn.

De formule voor het berekenen van de grondwatertafel wordt dus:

$$h(x, z) = h(x) + h(z)$$

$$h(x, z) = h_{KA} - \frac{h_{KA} - h_{RU}}{L} x + \frac{n}{2kD} (L-x)x + \frac{nz}{k^v}$$

met :  $n = 0,3 \text{ m/j}$

$$kD = 57,5 \text{ m}^2/\text{d}$$

$$k^v = 0,001 \text{ m/d}$$

$x$  = de afstand tot het Zeekanaal

$L$  = de afstand tussen Zeekanaal en Rupel langs het beschouwde profiel.

Op fig. 5 werden de resultaten van de toepassing van deze formule naar analogie met fig. 4 voorgesteld. Hieruit blijkt dat ook na de geplande ophoging het gebied onder water zal staan, indien uiteraard geen drainagekanalen aangelegd worden. De grondwaterstroming blijft gelijk aan deze berekend in punt 4.3. We wijzen er nogmaals op dat voor deze berekening slechts een geschatte  $k^v$ -waarde werd gebruikt. Wanneer deze  $k^v$ -waarde in werkelijkheid groter blijkt te zijn zou een gedeelte van



het gebied toch droog komen te staan. Zoals reeds gezegd is deze  $k^v$ -waarde plaatsafhankelijk (punt 4.3.).

Daarom werd op fig. 6 een kaart voorgesteld met de kritische  $k^v$ -waarden. Wanneer een bepaalde plaats een  $k^v$ -waarde heeft kleiner dan of gelijk aan deze kritische waarde staat het gebied onder water. Is de  $k^v$ -waarde groter dan de kritische waarde dan staat de watertafel beneden maaiveld. Hierbij werd aangenomen dat de dikte van de aanvulling 5 m bedraagt, de dikte van de holocene laag 2 m en het maaiveld zich bevindt op het peil + 6,5 . Wanneer deze waarden op een bepaalde plaats niet representatief blijken te zijn dient men in bovenstaande formule een andere waarde voor  $z$  te nemen.



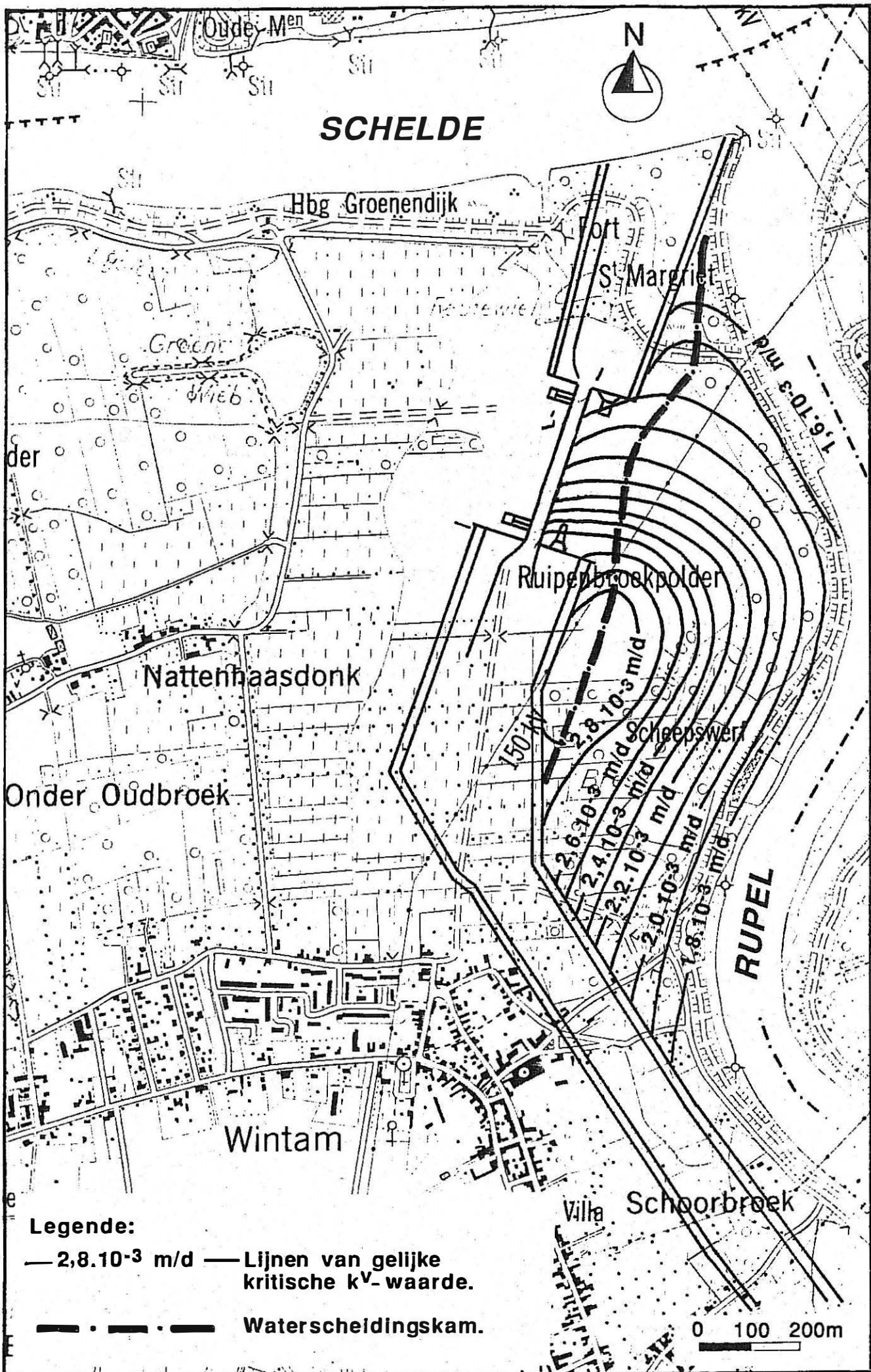


Fig. 6 - Verloop van de kritische  $k^v$ -waarden in het toekomstig natuurgebied.

#### 4.4. Fluktuaties van de stijghoogte in de doorlatende laag

In voorgaande beschouwingen heeft men voor het peil van de Rupel steeds het gemiddelde peil genomen. Dit peil is echter onderhevig aan getijdenwerking. Dit heeft tot gevolg dat de stijghoogten in de doorlatende laag ook onderhevig zullen zijn aan fluktuaties ten gevolge van de getijden.

Wanneer men tegen de Rupel een peilbuis in de doorlatende laag plaatst, gaat men de getijden van de Rupel waarnemen. In een peilbuis tegen het Zeekanaal blijft de stijghoogte constant op + 4.4 . Tussen de Rupel en het Zeekanaal worden de stijghoogtefluktuaties in de doorlatende laag gedempt naarmate men zich meer in de richting van het Zeekanaal beweegt.

Uitgebreide waarnemingen van dit verschijnsel werden uitgevoerd door Lebbe, 1981 voor het duingebied nabij de kust te De Panne. Fig. 7 toont de resultaten van de waarneming voor 4 peilbuizen op verschillende afstand van de hoogtijlijn.

De grootte van afname van de amplitude is in de eerste plaats afhankelijk van de specifieke elastische berging ( $S'_A$ ) van de natuurlijke doorlatende laag. Deze parameter wordt gedefinieerd als de hoeveelheid water die geleverd wordt door een eenheidsvolume van de doorlatende laag als de waterdruk vermindert met één eenheid en is functie van de elasticiteit van de laag. Hoe groter  $S'_A$ , hoe sterker de demping. Men heeft immers meer water nodig om de waterdruk in de afzetting te doen toenemen of te doen afnemen bij een laag met grote  $S'_A$ .

Ten tweede is de demping afhankelijk van de  $kD$ -waarde van de natuurlijke doorlatende laag. Hoe groter de  $kD$ -waarde hoe minder demping. Deze waarde stemt overeen met het produkt der gemiddelde horizontale doorlatendheid van de laag met de dikte ervan. Hoe sneller het water erdoor beweegt, hoe minder de getijdengolf kan gedempt worden.

Ten derde is de demping afhankelijk van de hydraulische weerstand ( $c$ ) van de slecht doorlatende laag. Hoe groter deze  $c$ -waarde, hoe minder demping in de doorlatende laag. Doordat het water vertikaal niet of moeilijk weg kan, gaat het horizontaal zijn weg zoeken.

Tenslotte is het nog vermeldenswaardig dat de demping afhanke-

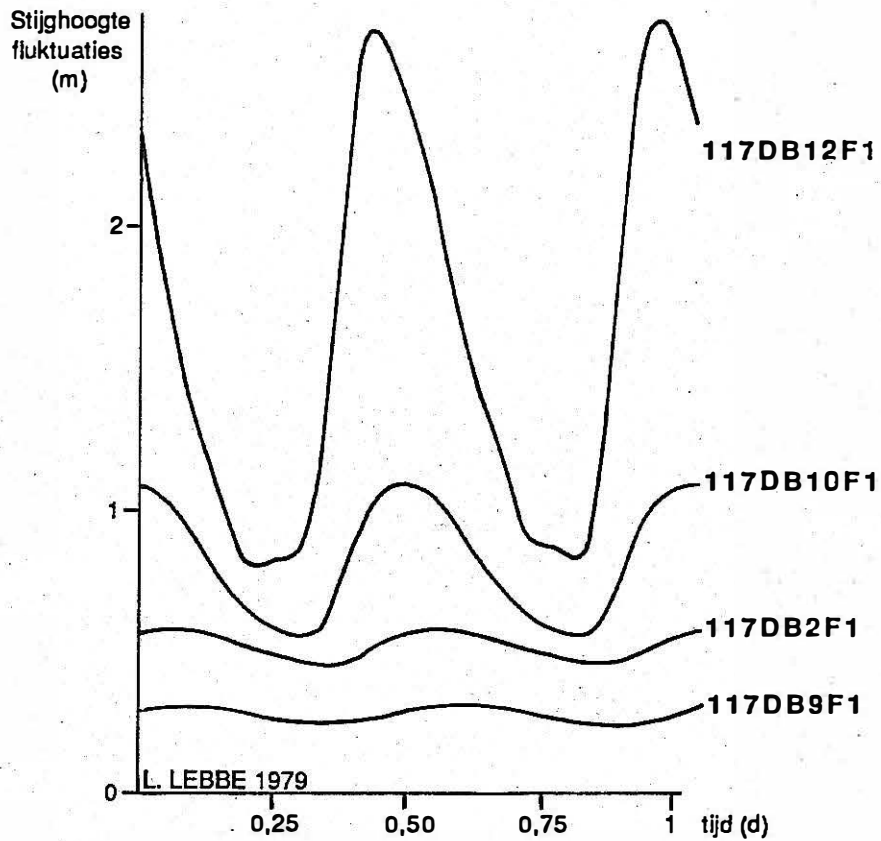


Fig. 7 - Stijghoogtefluctuaties ten gevolge van getijden op verschillende afstanden van de hoogtijlijn nabij de kust te De Panne (117DB12F1, 117DB10F1, 117DB2F1, 117DB9F1 op respectievelijk 0, 360, 635 en 800m van de hoogtijlijn) (naar Lebbe, 1981).

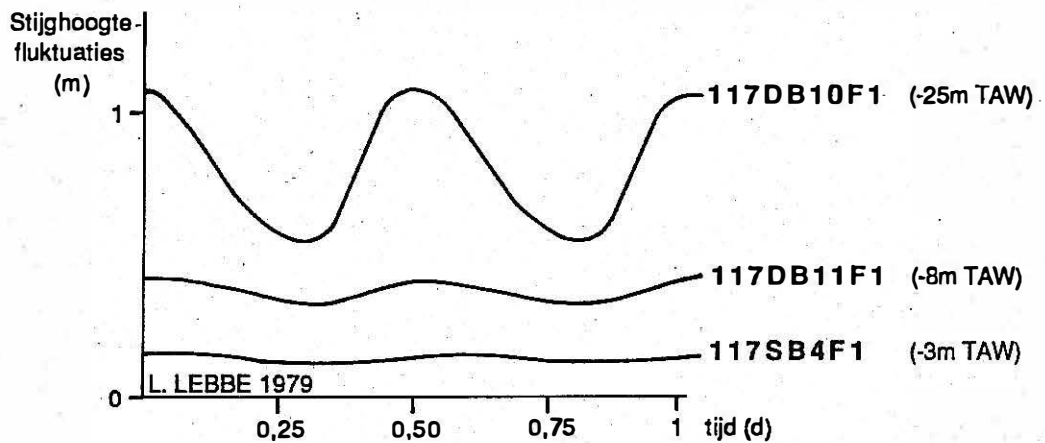


Fig. 8 - Stijghoogtefluctuaties op verschillende niveaus op 360m van de hoogtijlijn in het duingebied te De Panne. Hoe ondieper de peilbuis, hoe groter de demping (naar Lebbe, 1981).

lijk is van de frekwentie van de getijdengolf. Een golf met een lage frekwentie gaat minder gedempt worden omdat hij meer tijd krijgt om zich op te bouwen. Het is nu zo dat de getijdengolf van de Rupel door Fourieranalyse gesplitst kan worden in verscheidene harmonische trillingen met verschillende frekwentie. Degene met de hoogste frekwentie zal dus het snelst gedempt zijn. Dit heeft voor gevolg dat de golf zal vervormd worden. We merken op dat de getijdengolf van de Rupel reeds gedempt en dus vervormd is.

#### 4.5. Fluktuaties van de stijghoogte in de slecht doorlatende laag

Wanneer we een peilbuis plaatsen onderaan de slecht doorlatende laag gaan we fluktuaties meten die sterk gelijken op de fluktuaties gemeten in de doorlatende laag. Naarmate we hoger gaan meten zal de demping toenemen. Deze diepteafhankelijkheid werd ook waargenomen door Lebbe, 1981. Fig. 8 toont de resultaten van deze waarnemingen.

In de slecht doorlatende laag nabij de watertafel zijn de fluktuaties afhankelijk van de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel ( $s_0$ ). Deze laatste is de hoeveelheid water die geleverd wordt per oppervlakteëenheid van de watertafel als de hoogte van de watertafel 1 m verandert. Hoe groter  $S_0$ , hoe sterker de demping.

Ze zijn ook afhankelijk van de hydraulische weerstand ( $c$ ) van de slecht doorlatende laag. Dus hoe dikker of hoe minder doorlatend de slecht doorlatende laag is, hoe groter  $c$ , hoe sterker de demping.

Tenslotte zijn de fluktuaties ook afhankelijk van de specifieke elastische berging ( $S_A$ ) van de slecht doorlatende laag. Hoe groter  $S_A$ , hoe sterker de demping.

Minder belangrijk in de slecht doorlatende laag zijn de afhankelijkheid van  $kD$  en van de frekwentie.

Daar de bergingsverandering nabij de watertafel ( $S_0$ ) veel groter is dan de bergingsverandering ten gevolge van de elasticiteit van de laag kunnen verwachten dat de fluktuaties van de watertafel ten gevolge van de fluktuaties van de waterstand

in de Rupel over het ganse gebied zeer klein zullen zijn, dit is kleiner dan enkele centimeters.

## 5. BESLUIT

In dit verslag werd vooreerst de ligging en de geologie van het toekomstige natuurgebied bondig besproken. Vervolgens werd getracht het peil van de toekomstige watertafel te berekenen. Bij het hanteren van een waarde van 0,001 m/d voor de verticale doorlatendheid ( $k^v$ ) blijkt dat het ganse gebied moeras wordt indien het gebied niet zou voorzien worden van een drainagestelsel. Deze waarde is afgeleid uit ervaring, doch kan nog variëren omdat ze sterk materiaal- en plaatsgebonden is. Daarom werden de kritische  $k^v$ -waarden berekend voor het ganse gebied. Toch kan men nu reeds stellen dat op bepaalde plaatsen drainages nodig zullen zijn.

Tenslotte werd erop gewezen dat fluktuaties van de stijghoogte tengevolge van getijden van de Rupel zich vooral zullen voordoen in de doorlatende laag. De fluktuaties van de watertafel zal over het ganse gebied zeer beperkt zijn, dit is minder dan enkele centimeters. Het belang van die fluktuaties is afhankelijk van verscheidene parameters die in het gebied niet bekend zijn.

Om werkelijk een goed zicht te hebben op het peil van de watertafel dienen al deze parameters duidelijk kwantitatief omschreven te zijn. Ook met het oog op eventuele drainages die men dan op de meest economische manier kan plannen.

Om deze parameters te berekenen op een representatieve manier is het uitvoeren van een pompproef onontbeerlijk.

**REFERENTIES**

- Belgische Geologische Dienst, Archief kaartblad 42E (15/6) Temse.
- Edelman J.H. (1972). Groundwater Hydraulics of Extensive Aquifers. International Institute for Land Reclamation and Improvement ILRI, Bulletin 13. Wageningen, The Netherlands
- Lebbe L.C. (1981). A hydrogeological study of the dune area of De Panne (Belgium). Proc. of the Sixth Salt Water Intrusion Meeting in Hannover, 1979. Geologisches Jahrbuch, Reihe C., Heft 29. Hannover.