



LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE

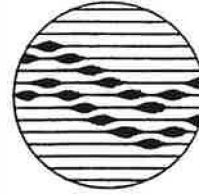
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING
MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE
SCHELDEVALLEI TE ZINGEM

86/86



RIJKSUNIVERSITEIT
GENT

MODELONDERZOEK VOOR
GRONDWATERWINNING MET
KUNSTMATIGE INFILTRATIE
IN DE SCHELDEVALLEI
TE ZINGEM



geologisch instituut S8
krijgslaan 281
B-9000 gent

telefoon 091-22.57.15

MINISTERIE VAN DE
VLAAMSE GEMEENSCHAP

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK
Verslag en studie : Lic. M. VAN CAMP
Lic. M. MAHAUDEN
Dr. L. LEBBE

Onderzoeksnummer : TGO 86/86

Datum : juni 1989

INHOUD

Lijst der figuren	IV
Lijst der tabellen	VII
1. Inleiding	1
2. Omschrijving van het studiegebied	2
2.1. Ligging	2
2.2. Geomorfologie - topografie	2
2.3. Hydrografie	4
2.4. Geologie	6
2.5. Hydrogeologie	10
3. Het kwasi-driedimensioneel regionaal grondwaterstromingsmodel	12
3.1. Inleiding	12
3.2. Algemene principes	12
3.3. Begrenzing van het modelgebied	15
3.4. Schematisering van het grondwaterreservoir	17
3.5. Ingevoerde gegevens	19
3.5.1. Hydraulische doorlatendheden	19
3.5.1.1. Horizontale doorlatendheden	19
3.5.1.2. Vertikale doorlatendheden	19
3.5.2. Bergingscoëfficiënten	22
3.5.3. Randvoorwaarden	22
3.5.4. Natuurlijke infiltratie	23
3.5.5. Waterlopen en infiltratiegrachten	25
3.5.6. Pompingen en injecties	27
3.6. Resultaten	30
3.6.1. Simulaties zonder kunstmatige infiltratie	30
3.6.1.1. Simulatie van de huidige toestand	30
3.6.1.2. Simulatie met een grondwaterwinning van 5.000 m ³ /d	33
3.6.1.3. Simulatie met een grondwaterwinning van 10.000 m ³ /d	33
3.6.1.4. Simulatie met grondwaterwinning van 12.000 m ³ /d	37

3.6.1.5. Besluit	37
3.6.2. Simulaties met kunstmatige infiltratie	39
3.6.2.1. Tijdsafhankelijke simulatie met een grondwaterwinning van 12.000 m ³ /d en een halfjaarlijkse infiltratie van 16.000 m ³ /d	39
3.6.3. Besluit	63
4. Het tweedimensioneel kwaliteitsmodel	64
4.1. Inleiding	64
4.2. Algemene principes	64
4.3. Voorstelling van de resultaten	65
4.4. Simulatie van de stroming vanuit een infiltratiegracht naar een pompput	66
4.4.1. Ingevoerde gegevens en randvoorwaarden	66
4.4.2. Resultaten	68
4.4.3. Besluit	71
4.5. Simulatie van de stroming vanuit de Schelde naar de waterwinning	71
4.5.1. Ingevoerde gegevens	71
4.5.2. Resultaten	73
4.5.3. Besluit	76
4.6. Simulatie van de stroming vanuit de Schelde naar de waterwinning waarbij getracht wordt de indringing van scheldewater in de waterwinning te verhinderen	79
4.6.1. Ingevoerde gegevens	79
4.6.2. Resultaten	79
4.6.3. Besluit	82
5. Grondwaterkwaliteit	83
5.1. Inleiding	83
5.2. Onderzochte parameters - normen	83
5.3. Resultaten	86
5.4. Besluit	89
6. Oppervlaktewaterkwaliteit	90
6.1. Inleiding	90
6.2. Onderzochte parameters - normen	90
6.3. Resultaten	92

III

6.4. Eisen gesteld aan het infiltratiewater	120
6.5. Besluit	121
7. Algemeen besluit	122
Referenties	126
Bijlagen	

LIJST DER FIGUREN

- Fig. 1. Ligging van het studiegebied (= modelgebied), het waterwinningsgebied en de Zwalm.
- Fig. 2. Geomorfologie en topografie in het studiegebied.
- Fig. 3. Hydrografie in het studiegebied.
- Fig. 4. Geologische doorsnede ter hoogte van het studiegebied.
- Fig. 5. Ligging van de pompproeven uitgevoerd door het LTG en hydrogeologische bouw van het grondwaterreservoir.
- Fig. 6. Eindig-verschil netwerk van het kwasi-driedimensioneel regionaal grondwaterstromingsmodel.
- Fig. 7. Situering van een eindig-verschil cel (I, J, K) met in het middelpunt het nodale punt (I, J, K) waar de stijghoogte van de cel F (I, J, K) aangegeven wordt.
- Fig. 8. Horizontale doorsnede van het kwasi driedimensioneel modelnetwerk met aanduiding van de ligging van de verticale doorsnede (tweedimensioneel kwaliteitsmodel).
- Fig. 9. Waarden van de horizontale doorlatendheid in de laag KZ1.
- Fig. 10. Waarden van de verticale doorlatendheid in de laag KDL.
- Fig. 11. Randvoorwaarden, ingevoerde waterlopen in het model.
- Fig. 12. Verband tussen de berekende stijghoogten en de vloerhoogte van een waterloop in een cel van het model.
- Fig. 13. Konfiguratie van de pompputten en infiltratiegrachten en waterlopen in het modelgebied bij de uitgevoerde berekeningen.
- Fig. 14. Netwerk, litologische bouw en hydraulische doorlatenheden van de verticale doorsnede infiltratiegracht - pompput.
- Fig. 15. Randvoorwaarden en pompingen in de verticale doorsnede infiltratiegracht - pompput.

- Fig. 16. Berekende kwaliteitsverdeling van het infiltratiewater en het oorspronkelijke aanwezige grondwater.
- Fig. 17. Netwerk, litologische bouw en hydraulische doorlatendheden van de verticale doorsnede Schelde - waterwinningsgebied.
- Fig. 18. Randvoorwaarden en pompingen in de verticale doorsnede Schelde - waterwinningsgebied.
- Fig. 19. Berekende kwaliteitverdeling van het scheldewater en het grondwater. De intreeweerstand van de Schelde bedraagt 10 dagen.
- Fig. 20. Berekende kwaliteitsverdeling van het scheldewater en het grondwater. De intreeweerstand van de Schelde bedraagt 100 dagen.
- Fig. 21. Berekende kwaliteitsverdeling van het scheldewater en het grondwater. De intreeweerstand van de Schelde bedraagt 10 dagen en in de infiltratiegracht tussen Schelde en pompput is de infiltratie verdrievoudigd.
- Fig. 22. Ligging van de bemonsterde peilputten.
- Fig. 23. Plaats van de monsternamen van het zwalmwater.
- Fig. 24. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter pH
- Fig. 25. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter kleur
- Fig. 26. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter gesuspendeerde materie
- Fig. 27. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter temperatuur
- Fig. 28. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter geleidbaarheid
- Fig. 29. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter nitraat
- Fig. 30. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter opgelost en totaal ijzer
- Fig. 31. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter zink
- Fig. 32. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter arsenicum
- Fig. 33. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter cadmium
- Fig. 34. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter chroom
- Fig. 35. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter lood
- Fig. 36. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter selenium
- Fig. 37. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter kwik

- Fig. 38. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter barium
- Fig. 39. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter cyanide
- Fig. 40. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter sulfaat
- Fig. 41. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter totaal fosfaat en orthofosfaat
- Fig. 42. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter fenol
- Fig. 43. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter oliën en vetten
- Fig. 44. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter COD
- Fig. 45. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter Kjeldahl-N
- Fig. 46. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter ammoniak
- Fig. 47. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter silicium
- Fig. 48. Kwaliteit van het zwalmwater - parameter UV (254 en 270 μm)

LIJST DER TABELLEN

Tabel 1. Technische kenmerken van de bemonsterde peilputten

Tabel 2. Analyseresultaten van de grondwatermonsters
(april 1988). De onderlijnde cijfers = norm overschreden.

Tabel 3. Analyseresultaten van de grondwatermonsters
(december 1988 - januari 1989). De onderlijnde cijfers = norm overschreden).

Tabel 4. Kwaliteit oppervlaktewater Zwalm.

1. INLEIDING

Met haar schrijven van 07 januari 1988, kenmerk LM/W/22/rs/OD/25-10.497, gaf het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu (AROL), Bestuur voor Leefmilieu, opdracht aan het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie van de Rijksuniversiteit Gent (LTG) tot het uitvoeren van de studie "Modelonderzoek voor grondwaterwinning met kunstmatige infiltratie in de Scheldevallei te Zingem."

Onderhavig verslag bevat de resultaten van dit onderzoek. In de volgende hoofdstukken wordt achtereenvolgens aandacht besteed aan :

- de omschrijving van het studiegebied : hoofdstuk 2
- het kwasi-driedimensioneel regionaal grondwaterstromingsmodel : hoofdstuk 3
- het tweedimensioneel kwaliteitsmodel : hoofdstuk 4
- de grondwaterkwaliteit : hoofdstuk 5
- de kwaliteit van het infiltratiewater : hoofdstuk 6.

De studie werd via regelmatige werkvergaderingen geleid door een stuurgroep bestaande uit :

- AROL - Hoofdbestuur - Bestuur voor Leefmilieu
- AROL - Buitendienst Oost-Vlaanderen - Bestuur voor Leefmilieu
- TMVW - Tussengemeentelijke Maatschappij der Vlaanderen voor Waterbedeling
- VWZ - Vlaamse Waterzuiveringsmaatschappij.

Het deel waterkwaliteit (grond- en infiltratiewater) kwam tot stand door een samenwerking LTG - TMVW.

Het definitief eindverslag van deze studie werd, na voorlegging van een voorlopige versie aan de stuurgroepleden, door deze laatste goedgekeurd.

2. OMSCHRIJVING VAN HET STUDIEGEBIED

2.1. LIGGING

Het studiegebied is gelegen in en rondom de als waterwinningsgebied aangegeven zone op het gewestplan Oudenaarde, bladen 30/1 Sint-Maria-Horebeke en 22/5 Gavere. Deze zone strekt zich uit tussen de dorpskern van Zingem en de Schelde en heeft volgende begrenzing :

- in het westen : de Dijkstraat
- in het noorden : nagenoeg de gemeentegrens Zingem - Gavere (Asper)
- in het oosten : deels de Schelde, deels een noordzuid verlopende grens (volgens de X-Lambert-coördinaat 101780).
- in het zuiden : het verlengde van de Boterhoek.

Het waterwinningsgebied is de zone waar bij de modelberekeningen alle grondwaterwinning en kunstmatige infiltratie gebeurt (zie hoofdstuk 3).

Het infiltratiewater wordt aangevoerd vanuit de Zwalm; deze mondt uit in de Schelde ongeveer 1,5 km stroomopwaarts het waterwinningsgebied.

In fig. 1 zijn de ligging van het studiegebied, het waterwinningsgebied en de benedenloop van de Zwalm aangegeven.

2.2. GEOMORFOLOGIE - TOPOGRAFIE

Geomorfologisch kunnen vier grote eenheden worden onderscheiden (M.C. VANMAERCKE - GOTTIGNY, 1967) :

- de alluviale scheldevallei die in het westen nagenoeg begrensd wordt door de Dijkstraat en haar verlengde en in het oosten door de 10 m hoogtelijn. Het is een relatief vlak

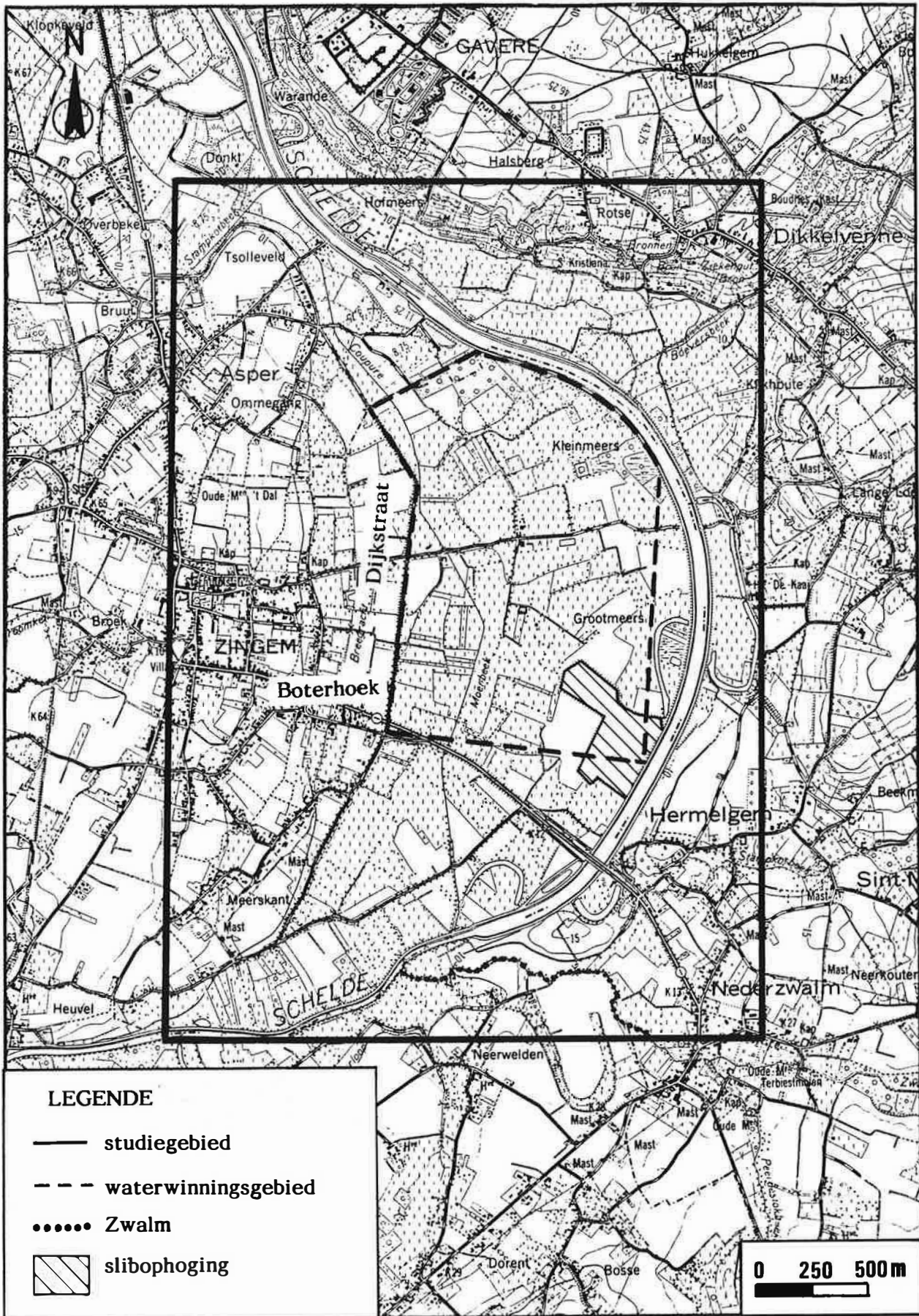


Fig. 1 - Ligging van het studiegebied (=modelgebied), het waterwinningsgebied en de Zwalm.

gebied dat gelegen is op + 8¹ tot + 8,5. Het waterwinningsgebied valt volledig binnen de alluviale scheldevallei.

- het laagterras dat van fluviale oorsprong is en waarschijnlijk gevormd is tijdens de Wurm. Het vormt de overgang tussen de alluviale vallei en het vlak op + 15.
- het vlak op + 15 dat een begraven erosieterras is. De dorpskern van Zingem is op dit vlak gesitueerd.
- de valleiwand die gevormd wordt door de tertiaire heuvels. In het NE van het studiegebied is deze valleiwand zeer abrupt en grenst rechtstreeks aan de alluviale vallei.

In fig. 2 zijn de geomorfologie en de topografie in het studiegebied voorgesteld.

2.3. HYDROGRAFIE

De Schelde, gekalibreerd tot 1350 ton, wordt in het studiegebied door de stuwsuis van Asper ingedeeld in twee panden. Het pand stroomopwaarts de sluis, Asper-Oudenaarde, heeft een gemiddeld waterpeil van + 8,07; voor het pand afwaarts de sluis, Asper-Merelbeke, bedraagt dit + 5,61.

Binnen het studiegebied ontvangt de Schelde, naast de Zwalm, enkele kleine zijriviertjes :

- op haar rechteroever : de Stampkotbeek en de Boeversbeek
- op haar linkeroever : de Stampkotbeek (afwaarts de stuwsuis van Asper). Deze beek ontvangt het water uit de Coupure - Moerbeek die naast de Schelde de belangrijkste waterloop is in het studiegebied. Hij voert immers het water af uit de laag gelegen alluviale gronden in en rondom het waterwinningsgebied.

Tevens komt hierin een gedeelte van de afvalwaters, afkomstig uit de gemeente Zingem (via de Breegracht) terecht.

¹ Alle peilen in deze studie zijn aangegeven t.o.v. TAW (Tweede Algemene Waterpassing).

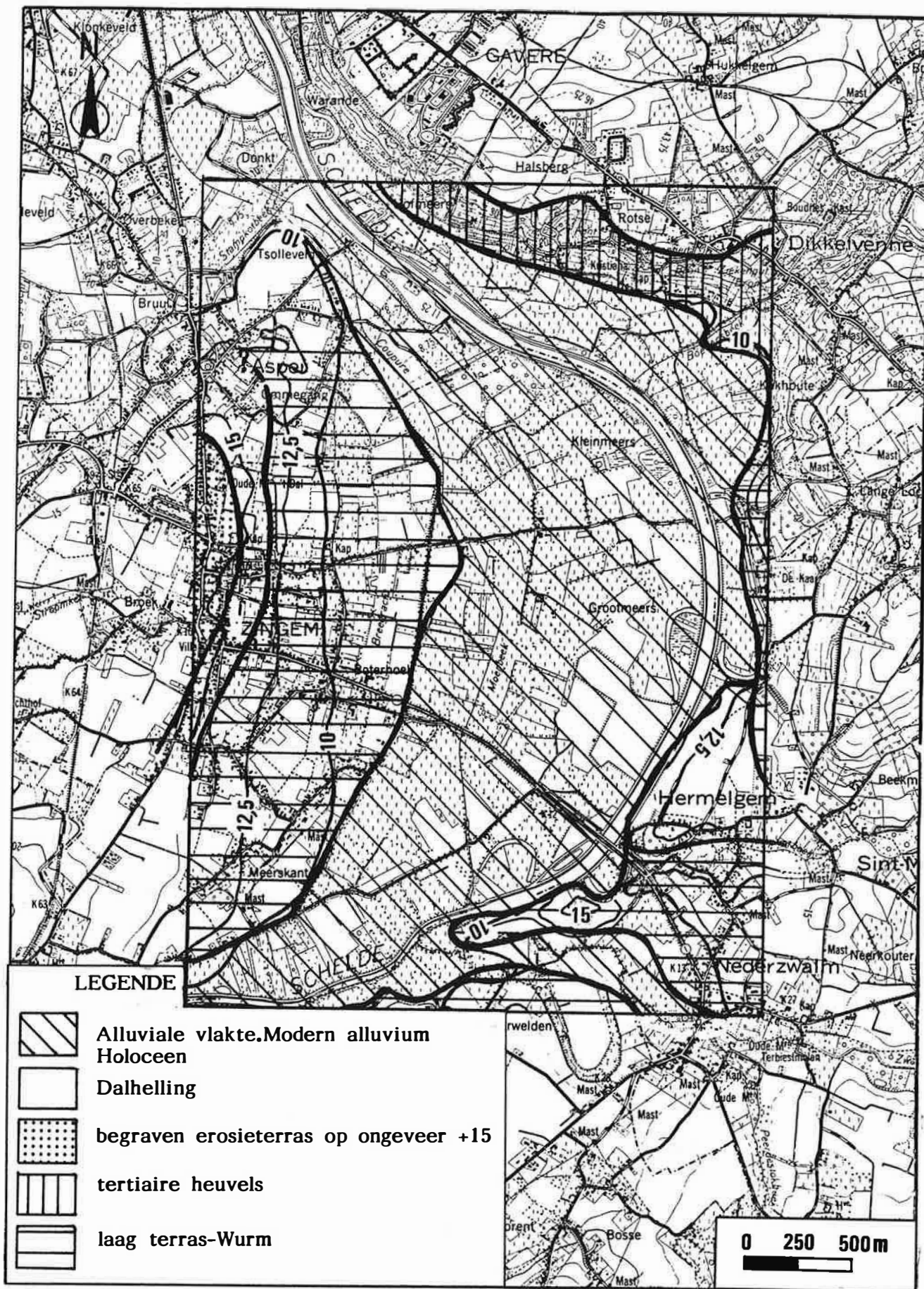


Fig. 2 - Geomorfologie en topografie in het studiegebied.

In hoofdstuk 3.2. wordt hierop verder ingegaan.

In fig. 3 is de hydrografie in het studiegebied geïllustreerd.

2.4. GEOLOGIE

In en rondom het studiegebied werden door het LTG reeds enkele studies en onderzoeken uitgevoerd :

- Hydrogeologische kaartenatlas van de Scheldevallei in Vlaanderen stroomopwaarts Gavere tot het kanaal Bossuit-Kortrijk (1981-1985) in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (M. MAHAUDEN et al., 1985).
- Hydrogeologische studie van de kwartaire afzettingen in de streek van Zingem - Asper (Gavere) (1983-1984) in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (P. DE WINTER et al., 1983, J. DE VOS et al., 1984).
- Hydrogeologisch onderzoek van de Scheldevallei te Zingem-Oudenaarde met behulp van geo-elektrische verkenningsmethoden (1983) - licentiaatswerk aan het LTG (J. STEENACKERS, 1983).
- Pompproeven te Zingem - terreinwerk in het bestek van een aggregaatsproefschrift (L. LEBBE, 1988).

In het bestek van deze studies en onderzoeken werden alle beschikbare gegevens geraadpleegd en werden tevens een aantal boringen, boorgatmetingen en geo-elektrische metingen uitgevoerd zodat de geologische bouw in en rondom het studiegebied duidelijk gekend is.

Op het peil -5 tot -10 treft men de top van de kleiige ieperiaansedimenten aan. De Ieperse klei die hiervan deel uitmaakt is ter hoogte van Zingem ongeveer 50 m dik. De top van het Ieperiaan is een erosieoppervlak uitgeschuurd gedurende het Pleistoceen. De uitgeschuurde vallei werd later in ver-

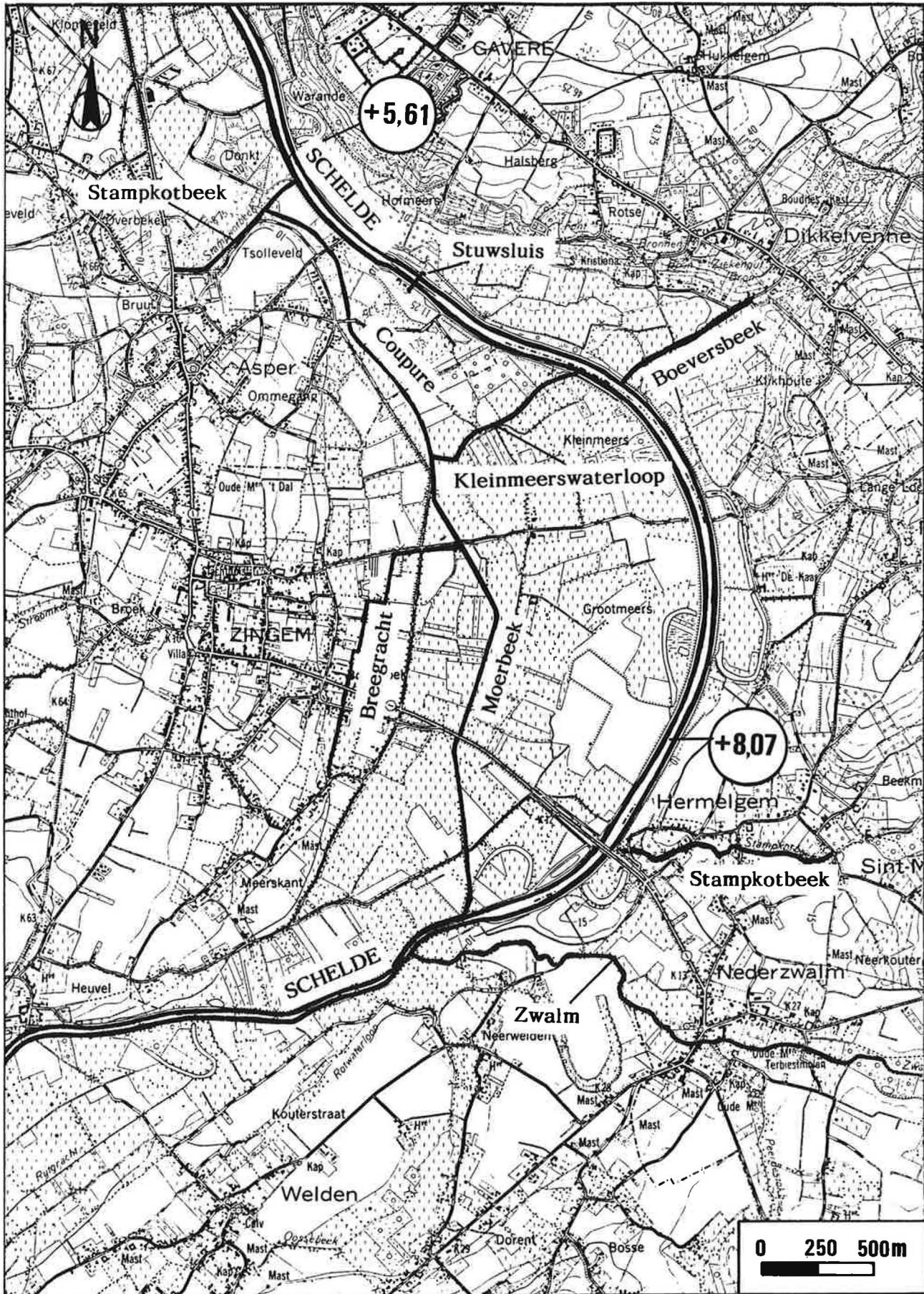


Fig. 3 - Hydrografie in het studiegebied.

schillende fasen opgevuld met fluviatiele afzettingen die nogal wisselen van samenstelling. Nochtans kan men ter hoogte van het waterwinningsgebied de geologische bouw van de kwartaire afzettingen schematisch voorstellen als volgt :

- Boven de kleiïge ieperiaansedimenten komt een zandlaag voor waarin verscheidene grindlaagjes aanwezig kunnen zijn. Onderaan deze laag treft men veelal een basisgrind aan van silexkeien en/of verspoelde tertiaire zandsteenfragmenten. Het zand is nogal heterogeen, soms een weinig glaukoniethoudend (verspoeld tertiair materiaal) en kan leemlaagjes bevatten.

Deze zandlaag wordt in de studie verder als KZ1 getypeerd.

- De KZ1 laag is bedekt door een leemhoudende- tot leemlaag met een complexe samenstelling gaande van veenhoudende leem, leem tot leemhoudend fijn zand. Deze laag wordt verder als KL aangegeven.

- Boven de KL laag liggen terug zandige afzettingen; het betreft meestal fijn zand dat soms leemhoudend is en aan de basis een grinthoudend niveau kan bevatten. Deze laag wordt verder als KZ2 getypeerd.

- De KZ2 laag is bedekt met leemhoudend fijn tot weinig leemhoudend fijn zand waarboven dan de slappe meestal leemhoudende en soms veenhoudende alluviale klei voorkomt.

Deze laag wordt verder als KDL getypeerd.

Buiten het waterwinningsgebied (buiten de alluviale Scheldevallei) is de opbouw enigszins anders. Ten westen ervan, treft men vanaf het maaiveld tot aan KZ1 leemhoudende afzettingen aan. In het noordoosten en oosten van het studiegebied zijn de valleiwanden opgebouwd uit tertiaire ieperiaan-paniseliaan sedimenten.

Een doorsnede (fig. 4) illustreert de geologische bouw in het studiegebied.

In hoofdstuk 3.4. wordt de geologische bouw in detail besproken.

2.5. HYDROGEOLOGIE

In het bestek van deze studie gaat nagenoeg alle aandacht naar het grondwaterreservoir in de kwartaire afzettingen. Men mag immers, voor de bestudeerde problematiek, de zeer slecht doorlatende kleiïge Ieperiaan afzettingen als ondoorlatend beschouwen.

De wisselende litologie van de kwartaire afzettingen (zie 2.4.) is er de oorzaak van dat het grondwaterreservoir gedifferentieerd is in doorlatende en slecht doorlatende lagen.

In het waterwinningsgebied treft men aldus, boven de als ondoorlatend beschouwde ieperiaanafzettingen, achtereenvolgens aan :

- de doorlatende laag KZ1
- de slecht doorlatende laag KL
- de doorlatende laag KZ2
- de slecht doorlatende laag KDL

Aan de hand van twee pompproeven in het studiegebied uitgevoerd door het LTG (in het bestek van vroegere studies, zie 2.4) werden de hydraulische parameters van deze lagen bepaald. Ze worden in hoofdstuk 3.5. vermeld.

In fig. 5 zijn de ligging van de pompproeven en de hydrogeologische bouw van het grondwaterreservoir aangegeven.

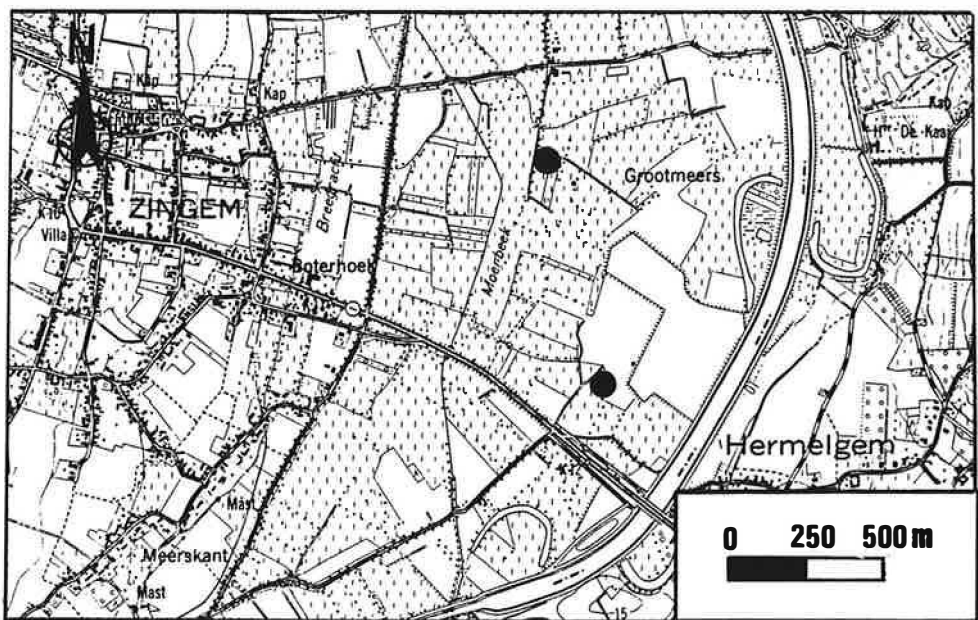
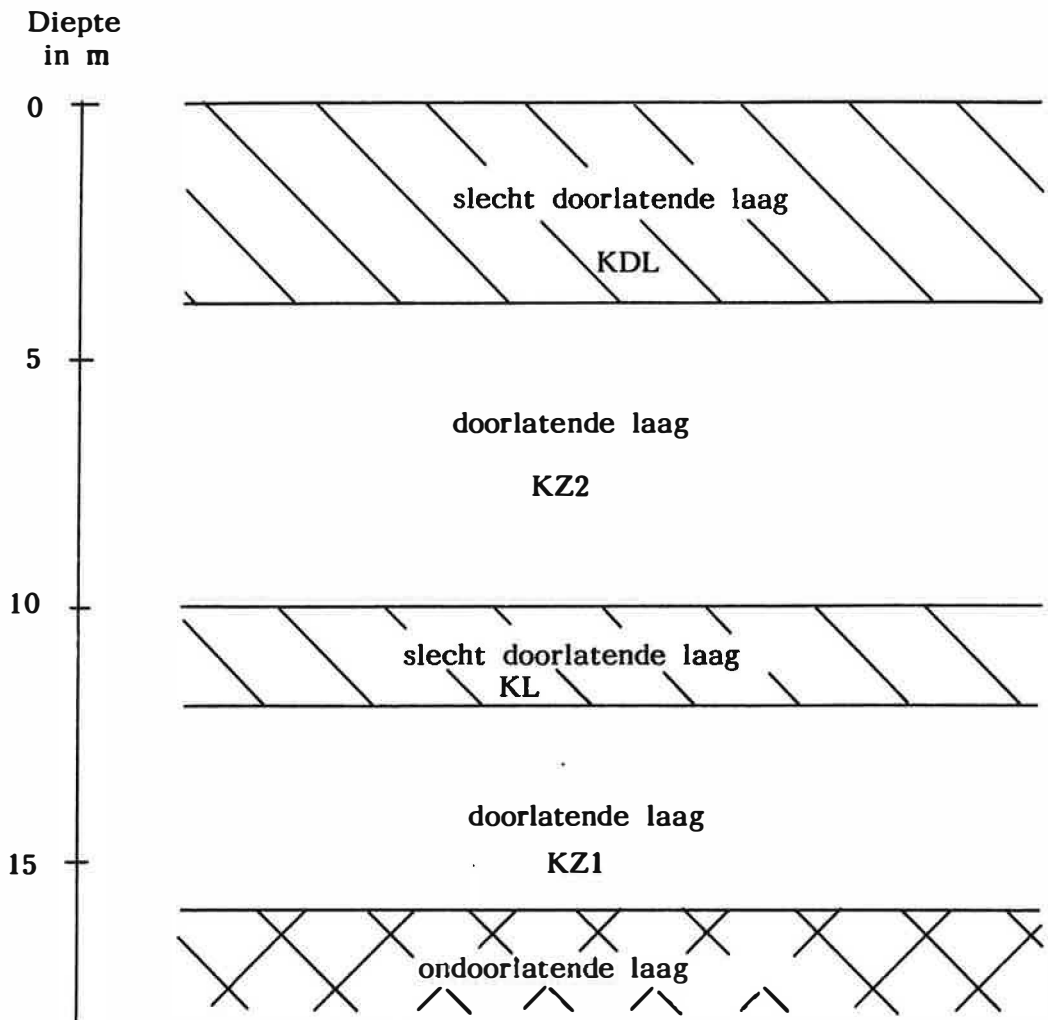


Fig. 5 - Ligging van de pompproeven uitgevoerd door het LTG en hydrogeologische bouw van het grondwaterreservoir.

3. HET KWASI-DRIEDIMENSIONEEL REGIONAAL GRONDWATERSTROMINGSMODEL

3.1 INLEIDING

Met het kwasi-driedimensioneel regionaal grondwaterstromingsmodel wordt nagegaan:

- welke grondwaterhoeveelheden, met of zonder kunstmatige infiltratie, uit het studiegebied kunnen gewonnen worden.
- welke de invloed is van een waterwinning, met of zonder kunstmatige infiltratie, op de stijghoogteverdeling in het kwartaal grondwaterreservoir.

In de eerste fase wordt het model gekalibreerd, d.w.z. dat voor de huidige toestand de door het model berekende stijghoogtekonfiguratie wordt vergeleken met de waargenomen stijghoogtekonfiguratie. Op basis van die vergelijking kunnen sommige ingevoerde gegevens aangepast worden.

Vervolgens wordt nagegaan wat de invloed van een grondwaterwinning in het gebied is, indien geen kunstmatige infiltratie wordt toegepast. Er werden berekeningen met verschillende winningsdebieten uitgevoerd.

Tenslotte werd bepaald hoeveel het maximaal haalbare winningsdebiet bedraagt indien men kunstmatige infiltratie toepast. Er werd aangenomen dat de kunstmatige infiltratie zou gebeuren via open te graven infiltratiegrachten.

3.2 ALGEMENE PRINCIPES

Een mathematisch model bestaat enerzijds uit een berekeningsprogramma en anderzijds uit een hoeveelheid gegevens, die in het berekeningsprogramma worden ingevoerd.

Steunend op de wet van Darcy en het continuïteitsprincipe, kan men de differentiaalvergelijking opstellen die de grondwaterstroming in het reservoir beschrijft.

Deze differentiaalvergelijking kan slechts voor een klein

aantal zeer eenvoudige gevallen exakt analytisch worden opgelost. Het is eerder aangewezen de differentiaalvergelijking benaderend op te lossen met een numerieke methode. Hiertoe kan men gebruik maken van een mathematisch model steunend op de eindigverschil methode (finite difference).

Door het model wordt de stijghoogte slechts voor een eindig aantal punten uit het reservoir berekend. De differentiaalvergelijking, die de grondwaterstroming in het reservoir beschrijft, wordt omgezet in een eindig-verschilvergelijking, die iteratief wordt opgelost. Dit wil zeggen dat bij het begin van het rekenproces aan elk punt een initiële waarde voor de stijghoogte toegekend wordt en dat daarna de eindig-verschilvergelijking herhaaldelijk volgens een bepaald algoritme wordt opgelost. Na elke cyclus van berekeningen is bij konvergentie de bekomen stijghoogte iets dichterbij de oplossing van de differentiaalvergelijking gekomen. De berekeningen worden onderbroken van zodra het verschil tussen twee opeenvolgende berekende stijghoogten niet groter is dan een vooraf bepaalde afwijking.

Bij de eindig-verschilmethode wordt het grondwaterreservoir in een eindig aantal cellen ingedeeld (fig. 6). Deze komen voor in kolommen, rijen en lagen.

Om de oriëntatie van het grondwaterreservoir ondubbelzinnig vast te stellen, gebruikt men de richtingen "noord", "zuid", "west" en "oost".

De nummering gebeurt voor de kolommen van west naar oost, voor de rijen van noord naar zuid, en voor de lagen van onder naar boven.

Het aantal lagen in het model komt overeen met het aantal doorlatende lagen uit het reservoir. De slecht-doorlatende lagen komen in de ruimtelijke voorstelling van het model niet expliciet voor.

De middelpunten van de cellen heten nodale punten. Het nodale punt van de cel gevormd door de kolom I, de rij J en de laag

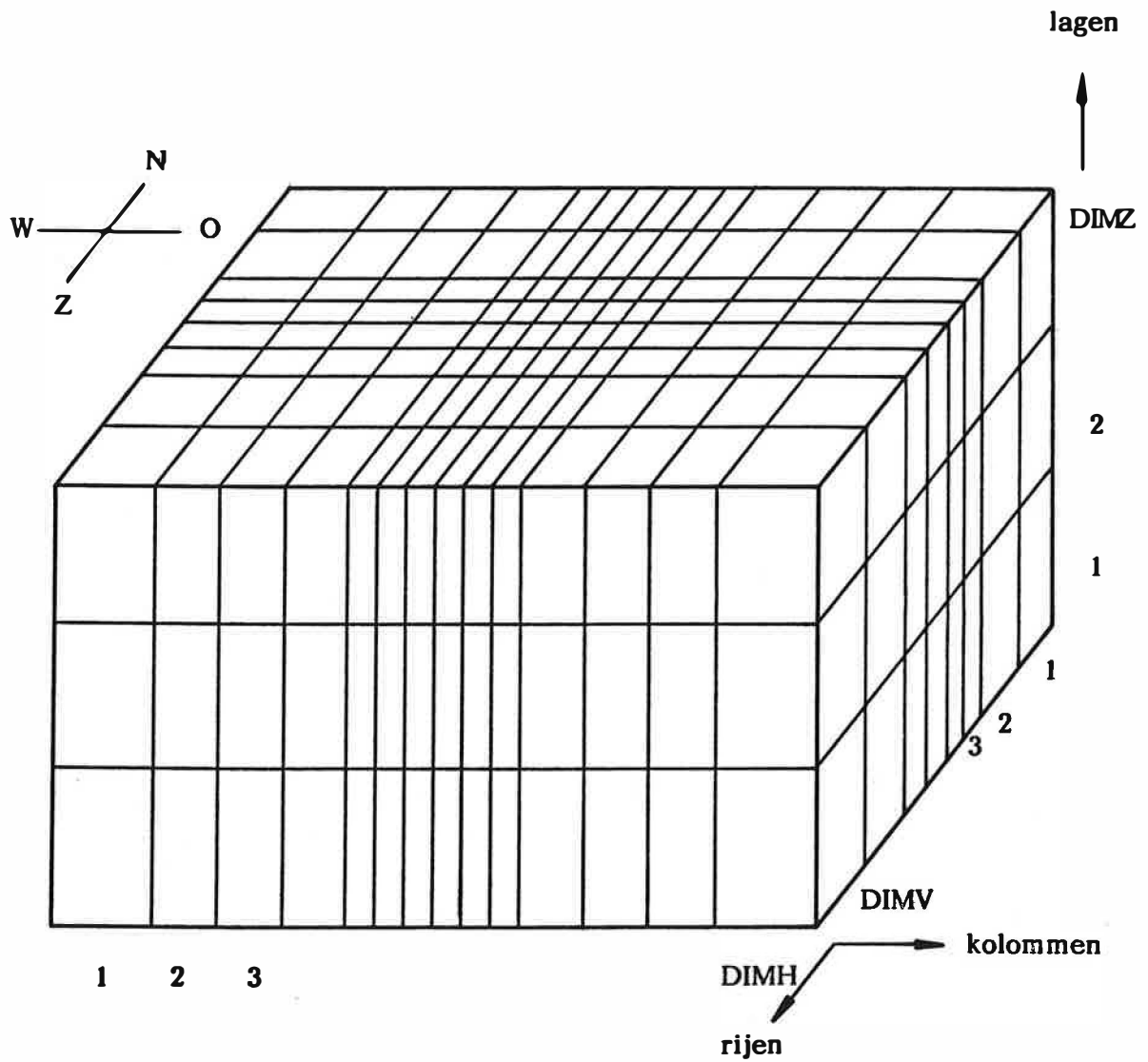


Fig. 6 - Eindig-verschil netwerk van het kwasi-driedimensioneel regionaal grondwaterstromingsmodel.

K geven we de koördinaat (I, J, K) (fig. 7).

De breedte van de kolommen en de rijen, alsook de dikte van de lagen hoeven niet konstant te zijn.

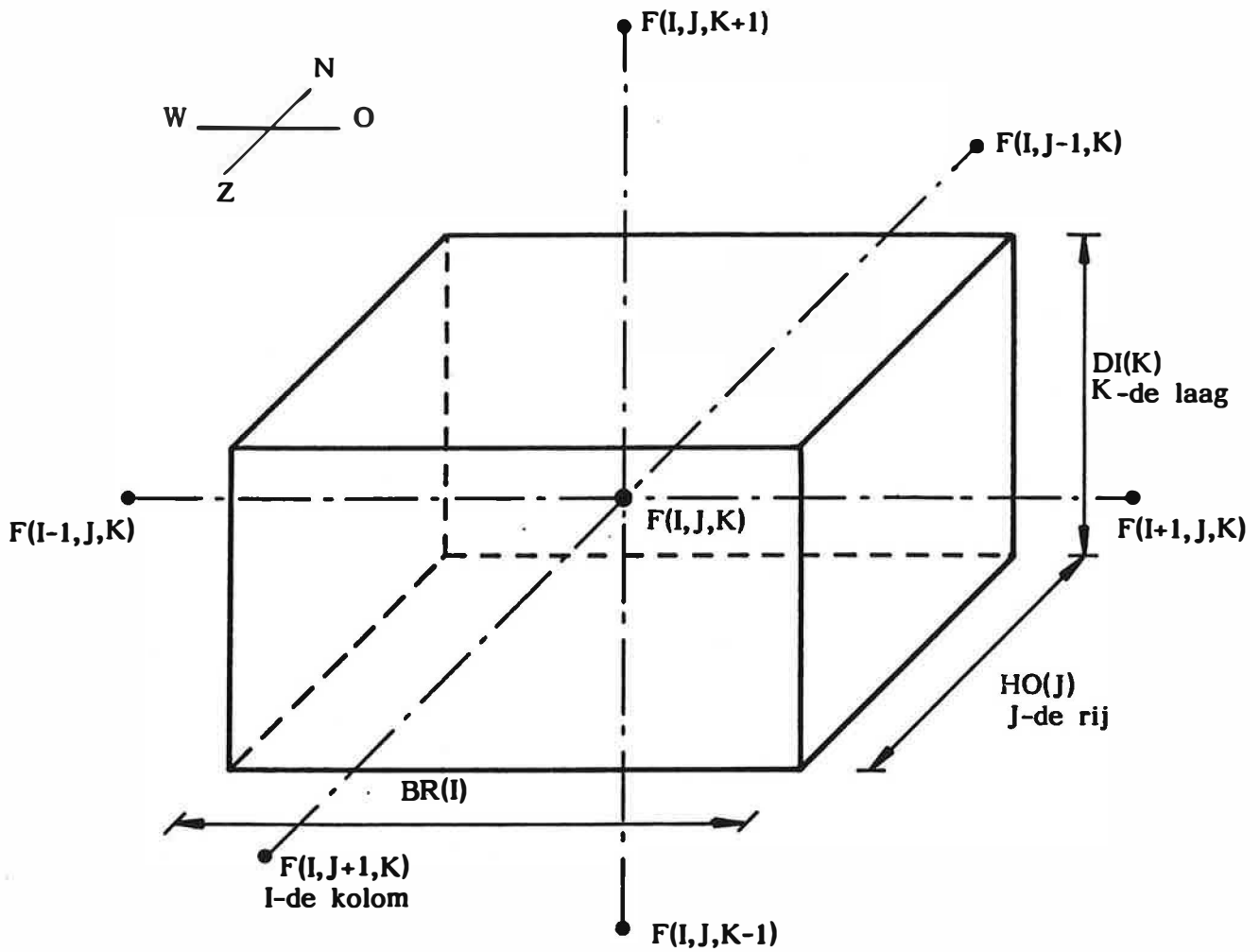
Men veronderstelt dat in het mathematisch model de hydraulische parameters in iedere cel konstant zijn. Zo bijvoorbeeld wordt de hydraulische stijghoogte in een cel als konstant verondersteld.

In een cel wordt slechts één stijghoogte beschouwd, namelijk de stijghoogte in het nodale punt. Deze stijghoogte geeft het gemiddelde peil van het grondwater in de cel aan.

In voorliggende studie is gebruik gemaakt van een kwasi-driedimensioneel model RMOQ3D (LEBBE et al., 1985). In dit model beschouwt men de stroming in een doorlatende laag uitsluitend horizontaal en in een slecht doorlatende laag uitsluitend vertikaal. Door deze vereenvoudiging kan het aantal lagen in het model worden beperkt. De eindig-verschilvergelijkingen worden iteratief met de afwisselende richting techniek opgelost. Deze bestaat erin dat de vergelijkingen achtereenvolgens eens per laag, eens per kolom en eens per rij worden opgelost; per iteratie worden de vergelijkingen dus driemaal opgelost. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het THOMAS algoritme.

3.3 BEGRENZING VAN HET MODELGEBIED

Het mathematische model beslaat een gebied van 2900 bij 4100 m (fig 1). De grenzen zijn noord-zuid en west-oost geörienteerd. De noordgrens ligt ongeveer 600 m ten noorden van de stuwsluis te Asper. De oostgrens ligt 300 m ten oosten van de Schelde ter hoogte van Grootmeers. De zuidgrens ligt nabij de plaats waar de Schelde een west-oost trace volgt, ongeveer 1800 m ten zuiden van Zingem. De westgrens valt ongeveer samen met de weg van Asper naar Zingem.



$1 \leq I \leq DIMH$
 $1 \leq J \leq DIMV$
 $1 \leq K \leq DIMZ$

Fig. 7 - Situering van een eindig-verschil cel (I, J, K) met in het middelpunt het nodale punt (I, J, K) waar de stijghoogte van de cel $F(I, J, K)$ aangegeven wordt

3.4. SCHEMATISERING VAN HET GRONDWATERRESERVOIR

Het modelnetwerk bestaat uit 48 kolommen en 63 rijen. De lengte en breedte van de cellen bedraagt 50,75 of 100 m. De kleinste cellen komen voor rond de geplande waterwinning (fig. 8).

In deze studie wordt enkel het grondwaterreservoir boven de kleiïge ieperiaansedimenten beschouwd. Deze kunnen hier als ondoorlatend substraat beschouwd worden. Aan de hand van litologische gegevens, de resultaten van pompproeven en de modeleigenschappen kan het grondwaterreservoir in 3 doorlatende en 2 slechtdoorlatende lagen onderverdeeld worden.

De onderste doorlatende laag KZ1 bestaat uit middelmatig tot fijn zand. De onderste slechtdoorlatende laag KL is een 2 meter dikke leemlaag die in het studiegebied wordt aangetroffen. De middenste doorlatende laag KZ2 bestaat uit fijn zand. De bovenste slechtdoorlatende laag KDL bestaat in de vallei uit alluviale afzettingen. In het westen van het studiegebied bestaat deze laag uit een dik leempakket. De bovenste doorlatende laag KZ3 is een dun zandlaagje dat op de laag KDL rust.

De geometrie van de verschillende lagen in het model werd bepaald uit de isohypsen- en isopachenkaarten van deze lagen. Deze werden voor alle lagen getekend volgens de kriging techniek, hierbij steunend op de resultaten van veldwaarnemingen uit boringen en diepsonderingen. Uit de isopachenkaarten werden de transmissiviteiten (kD-waarden) van de doorlatende en de hydraulische weerstanden van de slechtdoorlatende lagen afgeleid.

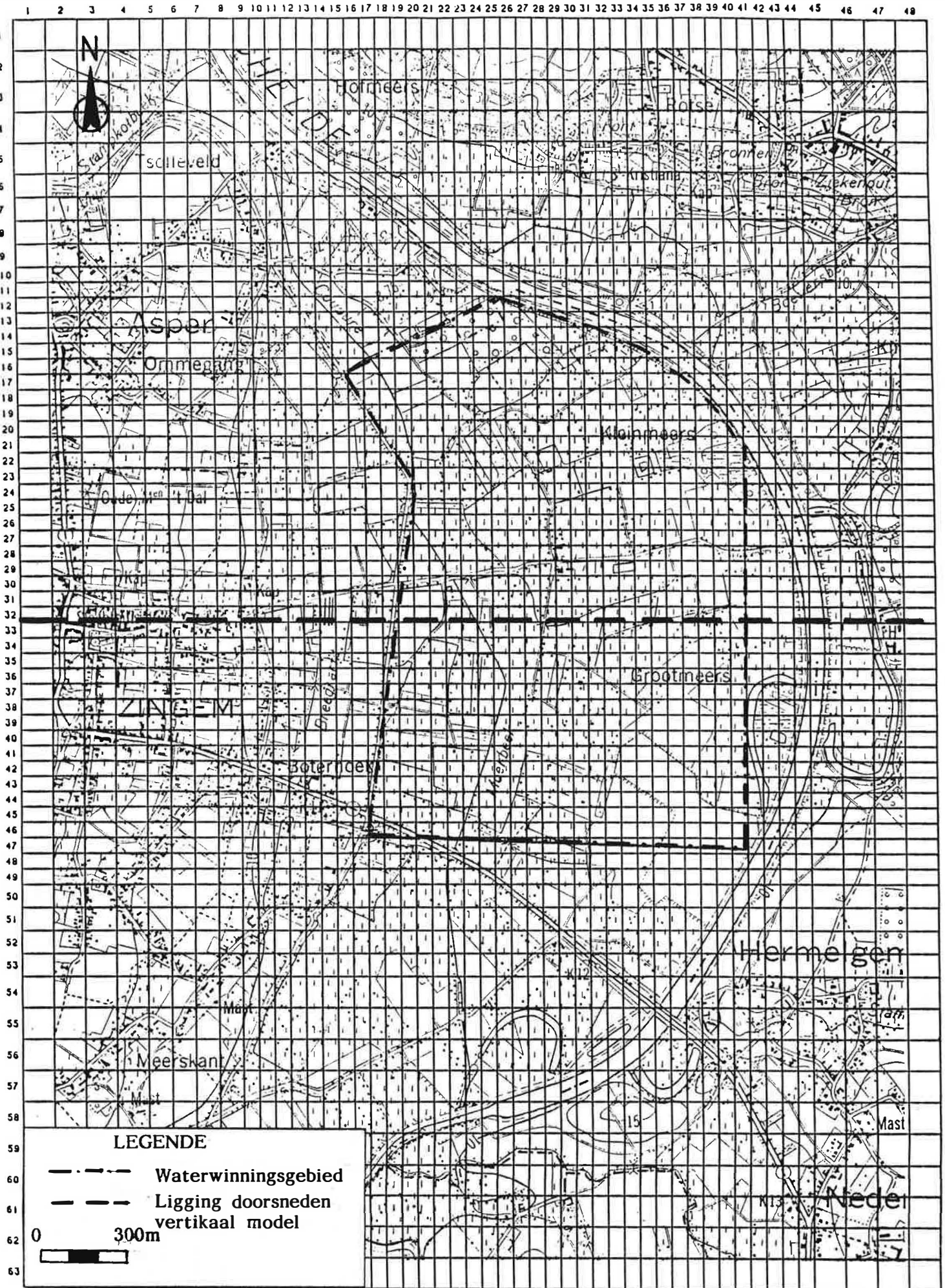


Fig. 8 - Horizontale doorsnede van het kwasi-driedimensioneel modelnetwerk met aanduiding van de ligging van de verticale doorsnede (tweedimensioneel kwaliteitsmodel).

3.5. INGEVOERDE GEGEVENS

3.5.1. Hydraulische doorlatendheden

3.5.1.1. Horizontale doorlatendheden

De ingevoerde horizontale doorlatendheden zijn gesteund op de interpretatie van twee pompproeven die voorheen in het studiegebied zijn uitgevoerd (L. LEBBE, 1988).

In de onderste watervoerende laag werden drie verschillende doorlatendheden ingevoerd (fig. 9). In het noordoostelijk deel werd 16.9 m/d ingevoerd, de doorlatendheid gevonden in de noordelijke pompproef. In het zuidoosten werd 31.0 m/d ingevoerd, nl. de doorlatendheid gevonden in de zuidelijke pompproef. In het westelijk deel van het gebied werd 8.45 m/d aangenomen. Deze laatste waarde werd gevonden door kalibratie van het model.

De doorlatendheid van de watervoerende laag KZ2 bedraagt 10.7 m/d. Deze waarde is het gemiddelde van de doorlatendheden gevonden in de twee pompproeven (resp. 10.1 en 11.4 m/d).

De bovenste watervoerende laag heeft een doorlatendheid van 2 m/d.

3.5.1.2 Vertikale doorlatendheden

Er wordt aangenomen dat de onderste slechtdoorlatende laag KL in gans het modelgebied 2 m dik is. In het model werd voor deze laag een konstante hydraulische weerstand van 34 dagen ingevoerd, overeenkomend met het geometrisch gemiddelde van de verticale doorlatendheden gevonden in de twee pompproeven (resp. 0.024 en 0.1428 m/d): $K_v = \sqrt{K_{v1} * K_{v2}}$ (L. LEBBE, 1988).

De bovenste slechtdoorlatende laag KDL werd in 2 zones ingedeeld (fig. 10). In het westen waar de laag bestaat uit een dik leempakket werd een hydraulische weerstand van 200 dagen per meter dikte toegekend. In de vallei bestaat de laag uit

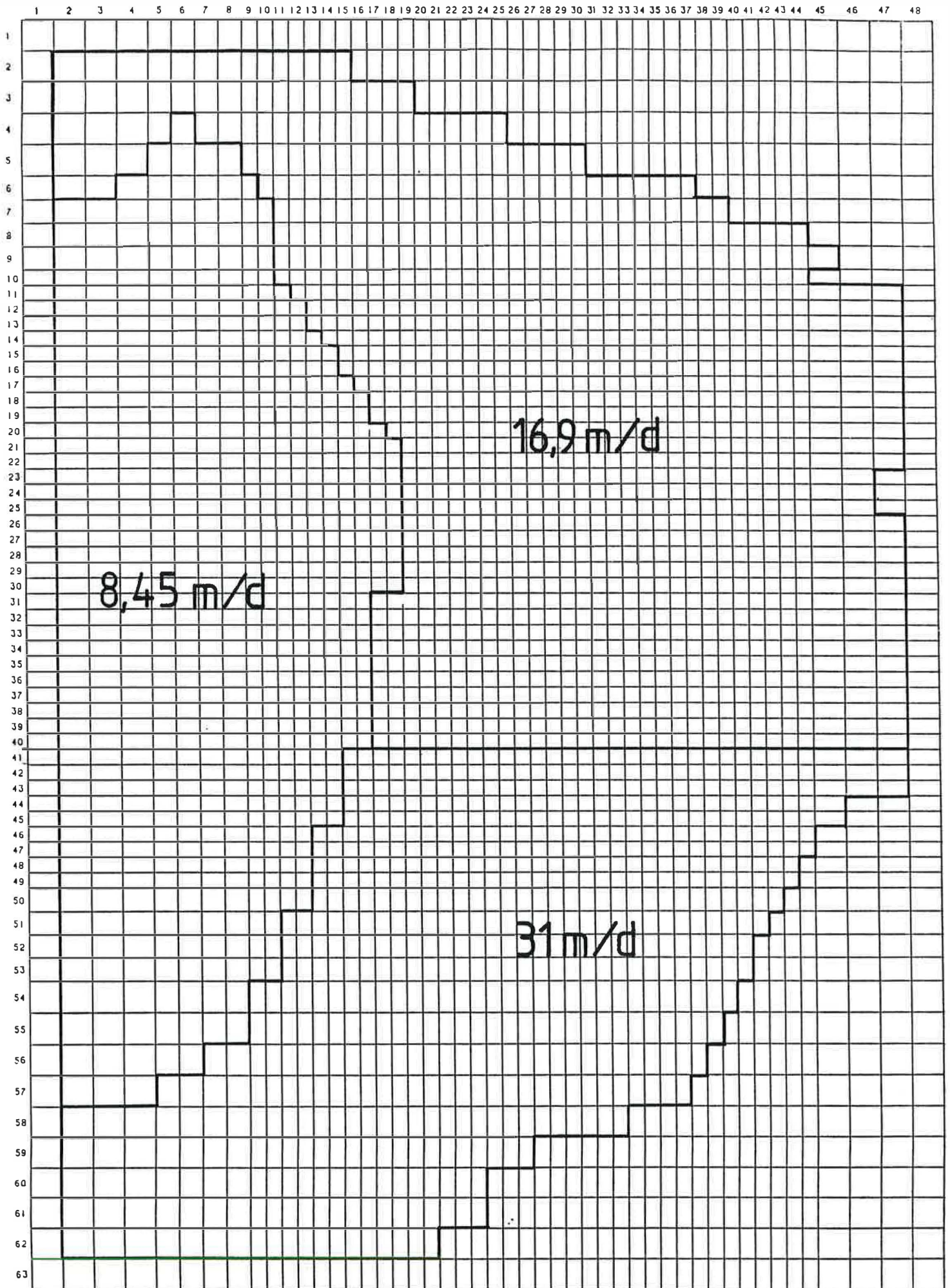


Fig. 9 - Waarden van de horizontale doorlatendheid in de laag KZI.

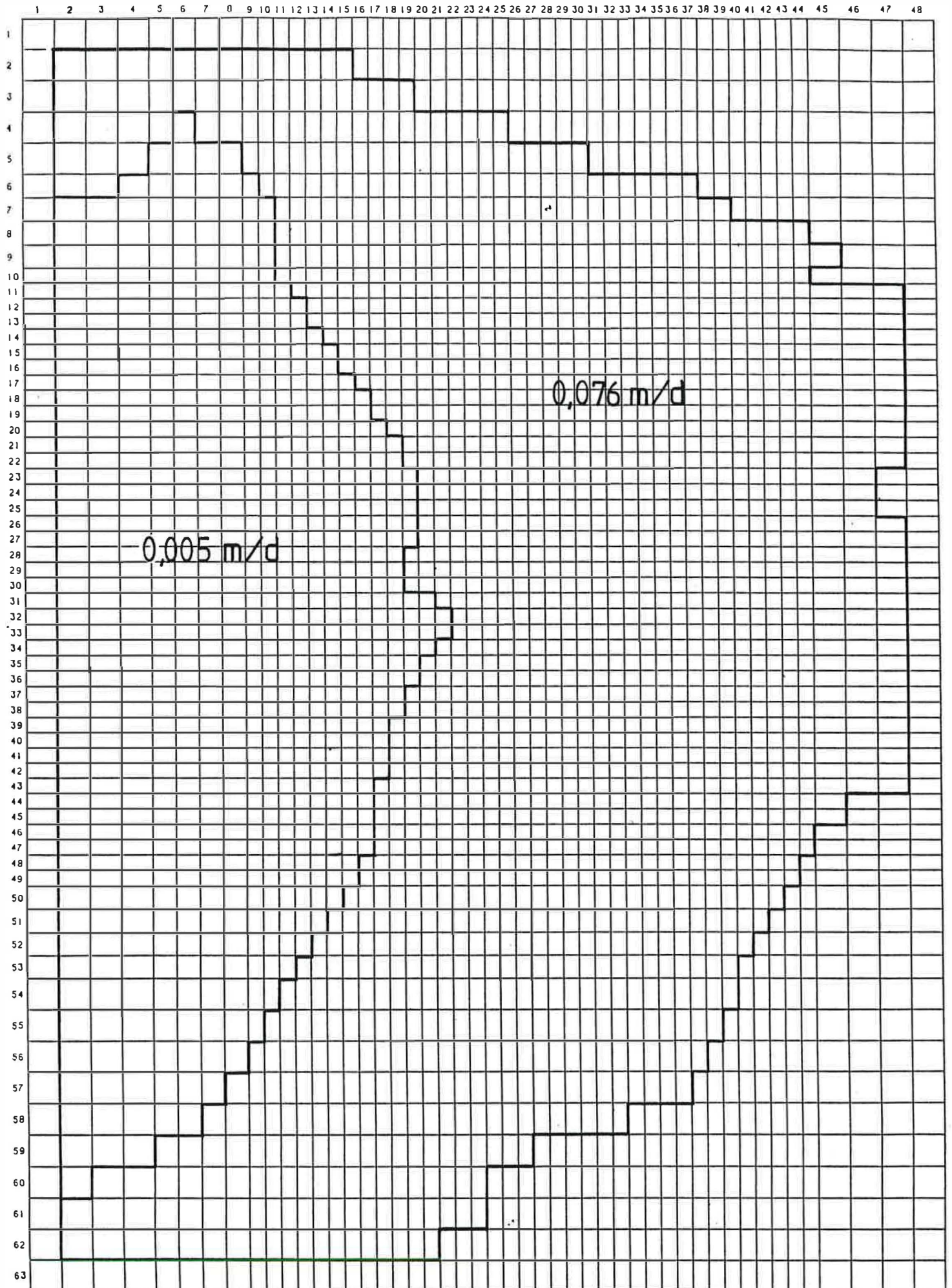


Fig. 10 - Waarden van de verticale doorlatendheid in de laag KDL.

alluviale kleiïge afzettingen met een verticale doorlatendheid van 0.076 m/d, het geometrisch gemiddelde van de waarden gevonden bij de twee pompproeven (resp. 0.095 en 0.061 m/d). Langs het trace van de Schelde, waar het bodempeil van de Schelde zich onder de basis van de slechtdoorlatende laag bevindt, werd de hydraulische weerstand van de laag KDL verminderd tot 20 dagen. Waar nog een deel van de alluviale afzettingen voorkomen, werd de weerstand hiervan opgeteld bij de 20 dagen.

3.5.2. Bergingscoëfficiënten

In de tijdsafhankelijke simulaties moeten de elastische bergingscoëfficiënten van de doorlatende lagen ingevoerd worden. Deze elastische bergingscoëfficiënten worden voor iedere cel afzonderlijk berekend. Deze waarden worden bekomen door het produkt te maken van de specifieke elastische berging met de dikte van de doorlatende laag.

De ingevoerde waarden voor de lagen KZ1, KZ2 en KZ3 bedragen resp. $7.0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$, $6.35 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ en $7.45 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. Het zijn de gemiddelden van de waarden berekend uit de twee pompproeven (L. LEBBE, 1988).

Voor de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel werd 0.15 aangenomen. In de cellen waar de infiltratiegrachten gelegen zijn is 0.58 ingevoerd aangezien deze cellen voor de helft uit open water bestaan.

3.5.3. Randvoorwaarden

De noordgrens valt nagenoeg samen met een stroomlijn en kan bijgevolg als een ondoorlatende grens beschouwd worden.

Langsheen de oostgrens werden in de cellen grenzend aan de rand vaste stijghoogten ingevoerd in alle lagen. De ingevoerde stijghoogten werden 1 m onder het maaiveld geschat.

Van rij 2 tot 46 is het +9, in rij 47 +10, van rij 48 tot 54 +11 en van rij 55 tot 62 +9.

De zuidgrens wordt gevormd door de Schelde, die hier west-oost loopt. Langsheen de zuidgrens werd in rij 62 van kolom 2 tot 10 het Scheldepeil +8.07 als vaste stijghoogte ingevoerd. De westgrens valt in het noorden van het model samen met de waterscheidingskam die de grens vormt tussen het stroombekken van de Stampkotbeek en het stroombekken van de Moerbeek. Deze scheidingskam kan als ondoorlatend beschouwd worden. Ten zuiden van Zingem heeft er wel een instroming over de westrand plaats. De waterscheidingskam loopt daar ten westen van het modelgebied. Hier werd geschat hoeveel water tussen de waterscheidingskam en de westrand van het modelgebied infiltreert. Deze geschatte debieten werd in de cellen grenzend aan de rand (kolom 2) in de onderste laag geïnjecteerd (zie 3.5.6) Het peil van de Schelde is vrij konstant. De Schelde werd als vaste stijghoogte in de bovenste watervoerende laag van het model opgenomen. In het pand stroomafwaarts van de stuwsluis te Asper is +5.61 als stijghoogte aangehouden, in het stroomopwaartse pand +8.07.

De randvoorwaarden worden geïllustreerd op fig. 11.

3.5.4. Natuurlijke infiltratie

Men neemt aan dat de natuurlijke nuttige neerslag in het gebied 300 mm per jaar bedraagt.

In de alluviale vallei is wegens een grote oppervlakkige afvoer de nuttige neerslag veel geringer. Gedurende de kalibratie van het model werd de natuurlijke infiltratie in de vallei herleid tot 1 % van de normale waarde. Op de slibop-hoging ten zuiden van Grootmeers (fig. 1) werd steeds 300 mm per jaar geïnfilteerd.

Bij de berekeningen met de waterwinning wordt in de vallei de watertafel verlaagd. De oppervlakkige afvoer wordt hierdoor sterk beperkt. Bij deze simulaties wordt aangenomen dat de nuttige neerslag in de vallei eveneens 300 mm per jaar bedraagt.

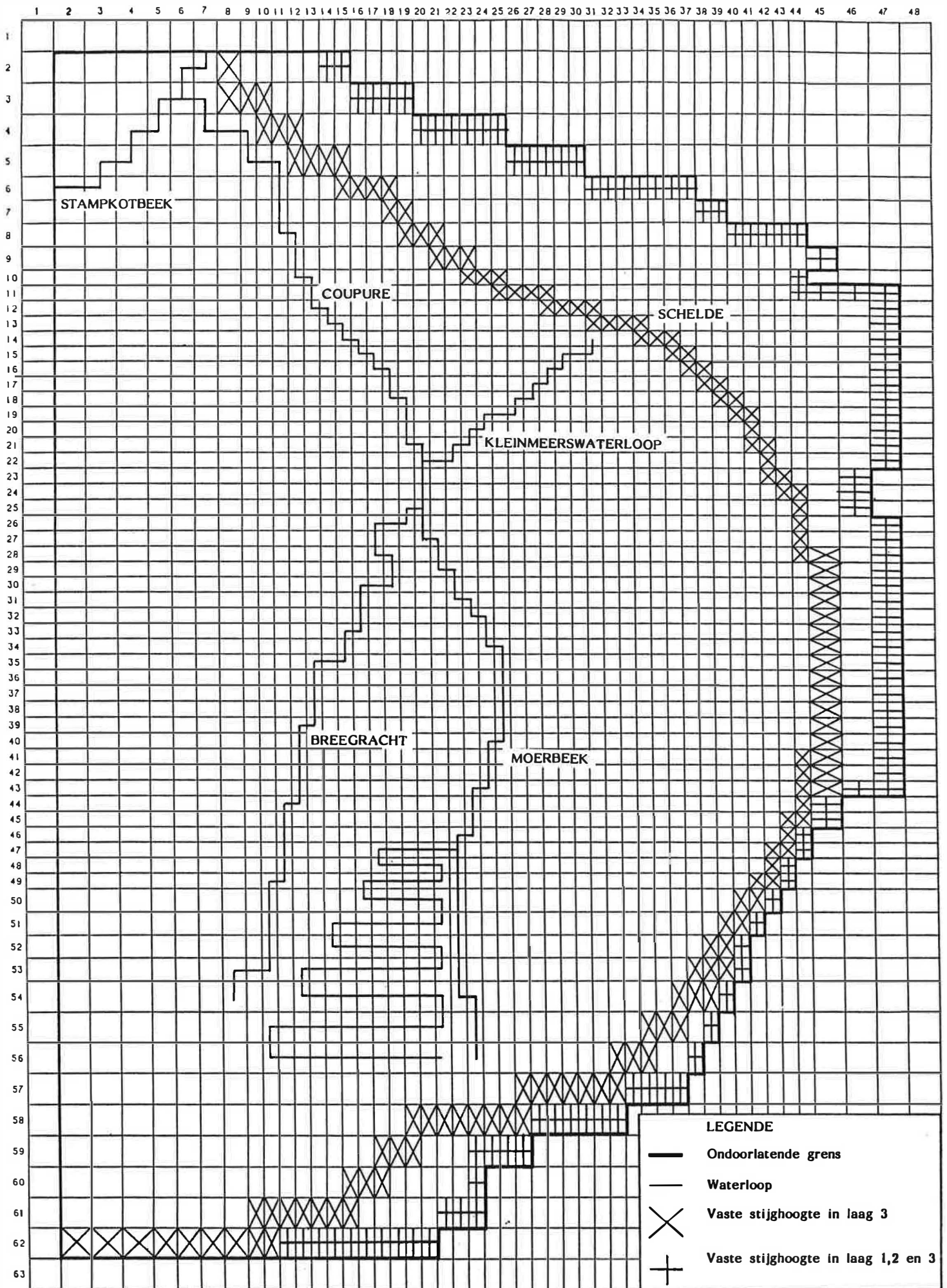


Fig. II - Randvoorwaarden, ingevoerde waterlopen in het model.

3.5.5 Waterlopen en infiltratiegrachten

Waterlopen worden in het model ingebracht door:

- het trace op te geven als een opeenvolging van cellen die de waterloop doorloopt.
- in elk van deze cellen de vloerhoogte op te geven. De vloerhoogte komt overeen met het gemiddeld waterpeil van de waterloop in de betreffende cel.
- in elk van deze cellen de kontaktfactor op te geven. De kontaktfactor is een maat voor het hydraulische contact tussen de waterloop en het grondwaterreservoir.

Een waterloop kan in het model in een andere waterloop uitmonden.

Waterlopen kunnen in het model draineren of irrigeren. Is de berekende stijghoogte in een cel van de bovenste watervoevende laag groter dan de vloerhoogte van een waterloop in die cel, dan zal de waterloop een hoeveelheid water uit het grondwaterreservoir opnemen (fig. 12). Deze hoeveelheid is het produkt van het stijghoogteverschil met de kontaktfactor. Is de berekende stijghoogte in een cel kleiner dan de vloerhoogte van een waterloop (fig. 12), dan zal, indien er genoeg water uit de stroomopwaarts gelegen cellen aanwezig is, de waterloop een hoeveelheid afstaan aan het grondwaterreservoir, gelijk aan het produkt van het stijghoogteverschil met de kontaktfactor. Is er in de waterloop minder water aanwezig, dan zal het volledig infiltreren.

Bij de simulatie van de huidige toestand werden de Breegracht, de Kleinmeersloop, de Moerbeek en de Stampkotbeek in het model ingevoerd (fig. 11). De ingevoerde vloerhoogten zijn geschatte waarden gebaseerd op veldwaarnemingen en topografische gegevens. Het gebied ten zuiden van de Boterhoek, tussen de Breegracht en de Moerbeek, werd eveneens als een waterloop ingevoerd. Dit gebied staat veelvuldig onder water zodat hier oppervlakkige afvoer kan plaatsvinden. De vloerhoogte werd hier 0.30 m onder het maaiveld genomen. Voor alle

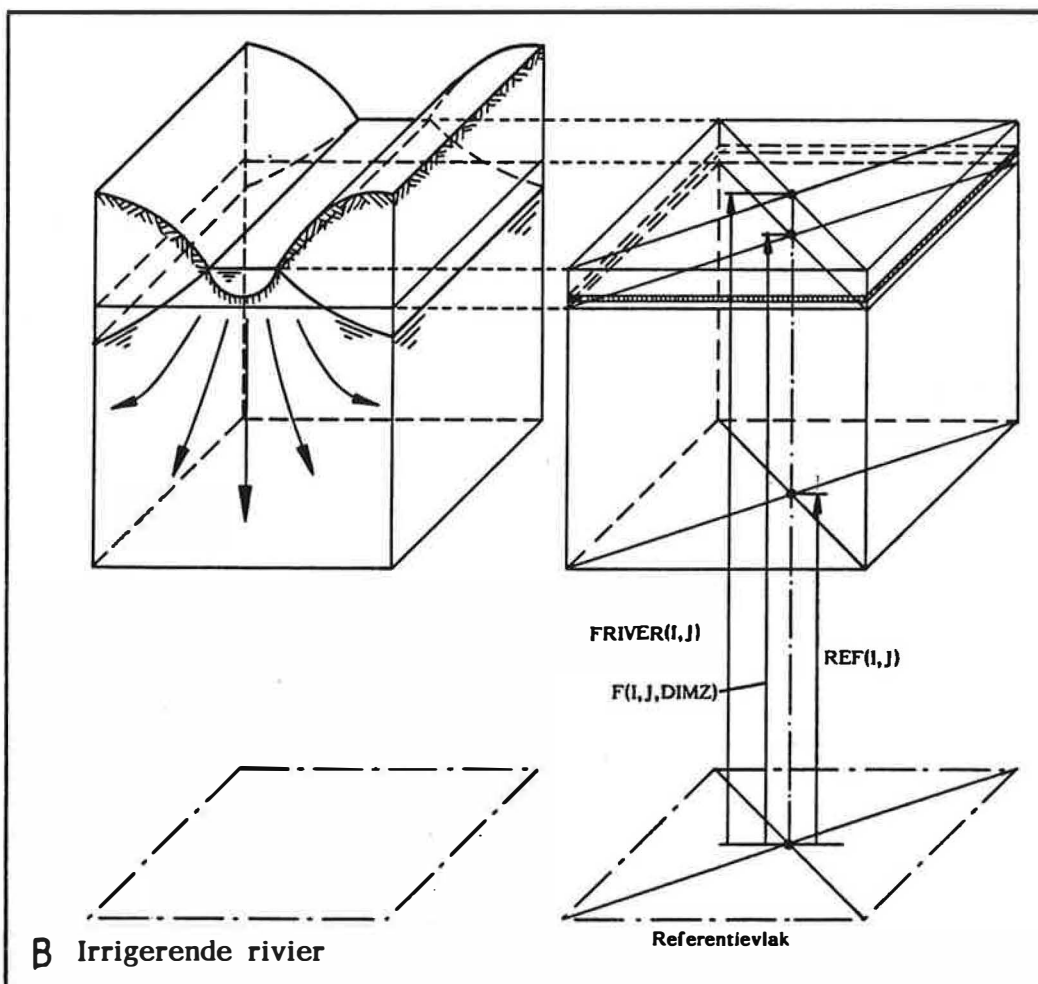
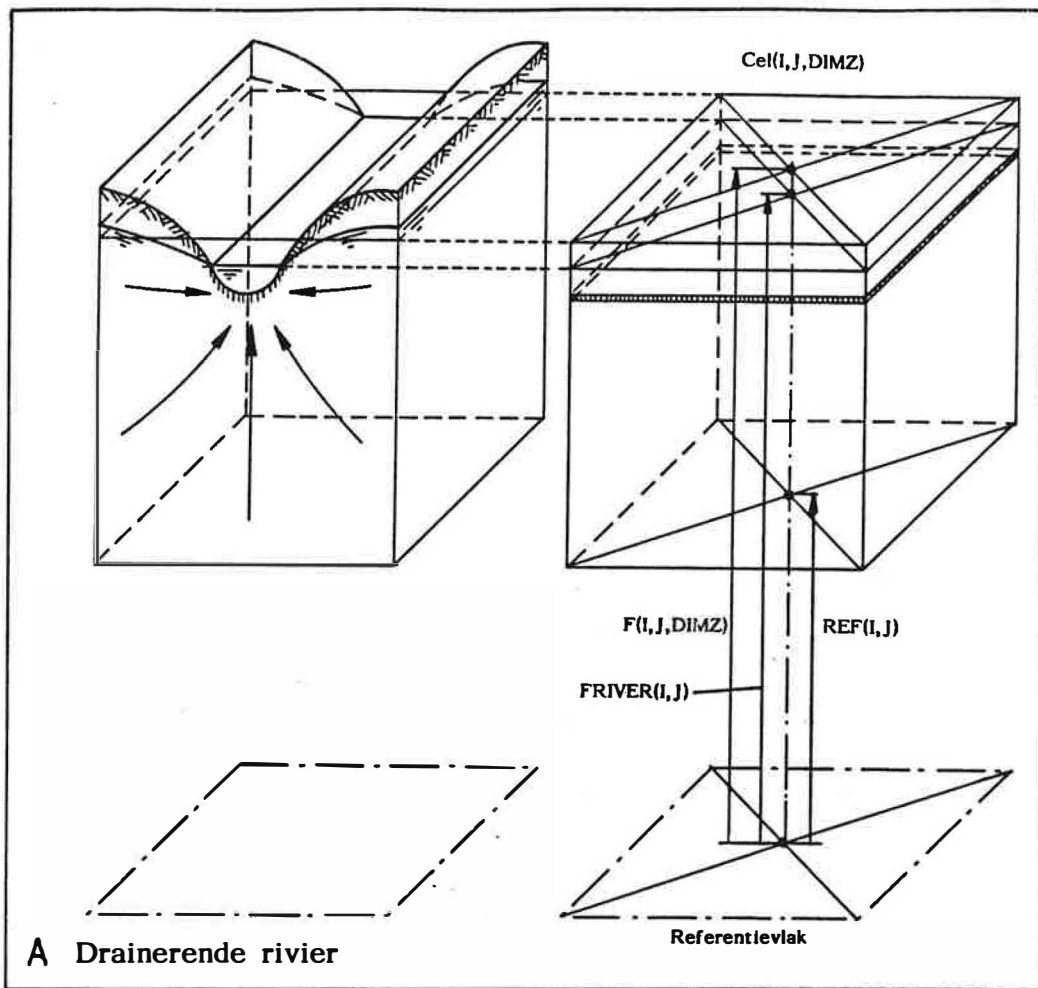


Fig. 12 - Verband tussen de berekende stijghoogten en de vloerhoogte van een waterloop in een cel van het model.

waterlopen werd de kontaktfaktor berekend door de lengte van de waterloop in de cet te vermenigvuldigen met 4 m/d.

Bij de berekeningen met kunstmatige infiltratie zijn de infiltratiegrachten als waterlopen in het model voorgesteld. Ze lopen noord-zuid in het waterwinningsgebied tussen en langs de raaien pompputten (fig. 13). In het westen van het waterwinningsgebied komen 2 grachten naast elkaar voor. Deze constructie werd aangenomen om verlagingen naar de dorpskern van Zingem toe af te zwakken. De grachten komen ten noorden van het waterwinningsgebied samen in een verzamelgracht die via een overloop het overtollige water in de Coupure (Moerbeek) stort. De infiltratiegrachten worden, rekening houdend met de oorsprong van het te infiltreren water (Zwalm), in het zuiden gevoed. In het model wordt dit gedaan door in de begincellen van de grachten debieten te injecteren (zie 3.5.6). Er wordt aangenomen dat het waterpeil op peil +8.25 wordt gehouden. Dit peil werd als vloerhoogte ingevoerd. In de meest westelijk gelegen infiltratiegracht lopen de vloerhoogten naar het zuiden op t.g.v. de hogere topografische ligging : peil +8.50 (rijen 22 tot 29) en peil +9.00 (rijen 30 tot 46).

Er wordt aangenomen dat het infiltratiestelsel in goed hydraulisch contact met de doorlatende laag KZ2 staat, praktisch wil dit zeggen dat de laag KDL onder de infiltratiegrachten volledig zou verwijderd moeten worden. De infiltratiegrachten nemen de helft van de cellen in, d.w.z. zijn 25 m breed. De oorspronkelijke loop van de Moerbeek wordt gedeeltelijk verplaatst en als centrale gracht aangenomen. Het trace van de Breegracht wordt aangepast zodat deze waterloop pas ten noorden van het waterwinningsgebied in de Coupure uitmondt.

3.5.6 Pompingen en injecties

Bij alle berekeningen werd in de cellen grenzend aan de westgrens van rij 43 tot 62 een hoeveelheid water in de onderste watervoerende laag geïnjecteerd. De westgrens kan hier niet

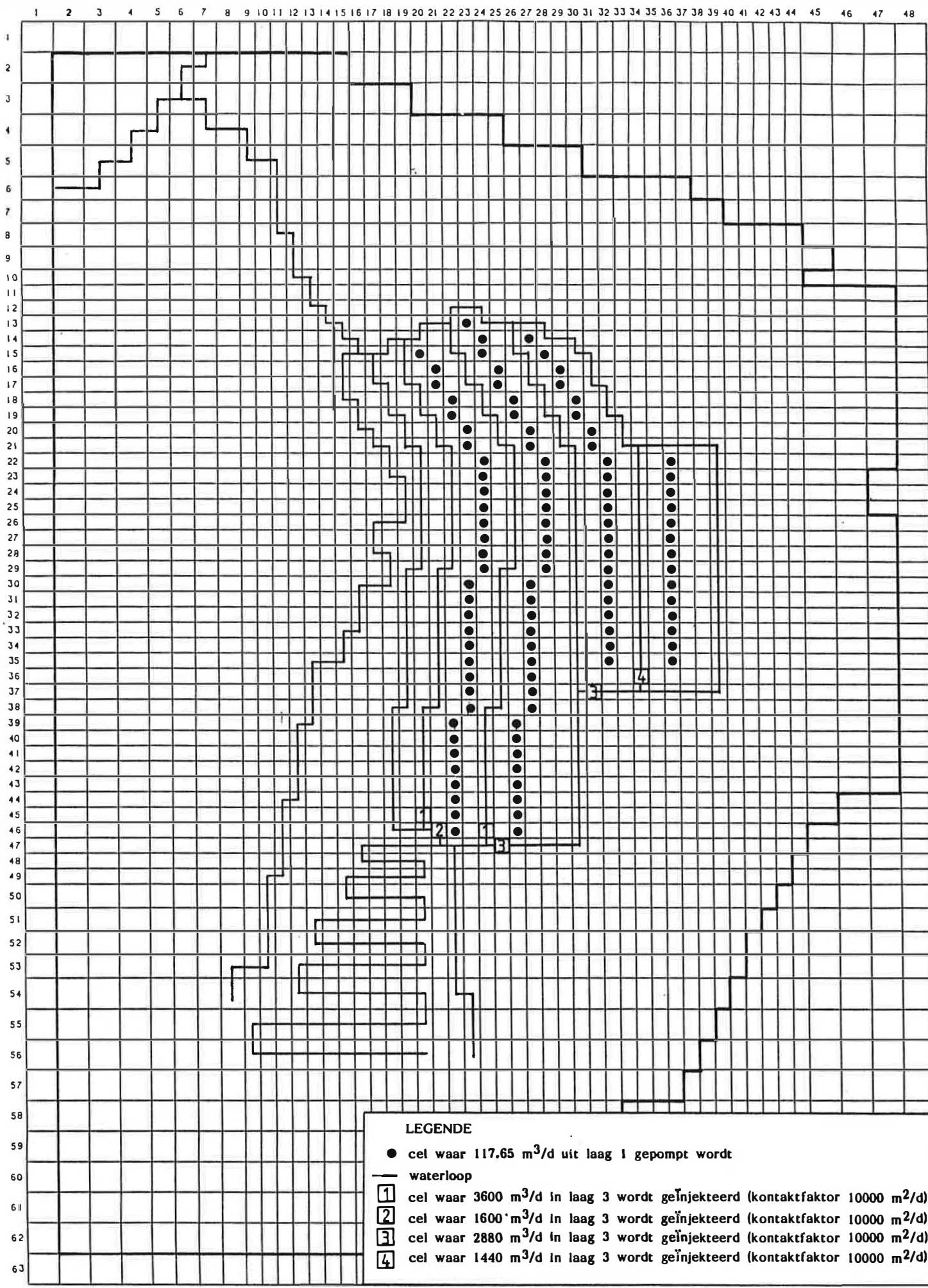


Fig. 13 - Konfiguratie van de pompputten en infiltratiegrachten en waterlopen in het modelgebied bij de uitgevoerde berekeningen.

als een ondoorlatende grens beschouwd worden aangezien de waterscheidingskam tussen het stroombekken van de Stampkotbeek en de Moerbeek zich verder naar het westen bevindt.

De hoeveelheden die geïnjecteerd worden zijn bepaald aan de hand van de geschatte oppervlakte van de westrand tot aan de waterscheidingskam en een natuurlijke infiltratie van 300 mm/jaar. Er werd aangenomen dat in dit gebied de watertafel zich in de bovenste slechtdoorlatende laag bevindt zodat de volledige nuttige neerslag doorheen de laag KDL infiltreert. De geschatte debieten werden enkel in de onderste watervoevende laag geïnjecteerd (fig. 11).

Voor de berekeningen waarbij een winning wordt gesimuleerd werd een configuratie van pompputten voorgesteld, waarbij de putten volgens noord-zuid gelegen raaien binnen het waterwinningsgebied opgedeeld zijn (fig. 13). De winning bestaat in totaal uit 102 winningsputten. Deze liggen op 4 lijnen, die uit resp. 32, 34, 22 en 14 putten bestaan. In de uiterste SE hoek van het waterwinningsgebied werden geen pompputten ingeplant. Op deze plaats bevindt zich immers een opgespoten terrein; de opspuiting gebeurde met slib afkomstig van kalibratiewerken van de Schelde. De analyses van grondwaterstalen afkomstig van onder deze opspuiting wezen op een mindere waterkwaliteit (zie hoofdstuk 5), zodat door de sturgroepleden besloten werd deze zone buiten de eigenlijke winning te laten.

De totale winningsdebieten werden gelijkmatig over alle putten verdeeld. Voor totale winningsdebieten van 5000, 10000, 12000 m³/d, bedraagt het debiet resp. 2.04, 4.08 en 4.9 m³/h. De pompingen gebeuren enkel in laag KZ1.

Bij de simulaties waarbij kunstmatige infiltratie plaatsvindt, worden in de infiltratiegrachten in totaal 16000 m³/d water ingebracht en dit gedurende een periode van zes maand per jaar. Uit bestaande debietsgegevens (AROL) blijkt dat van november tot mei deze hoeveelheid ruimschoots beschikbaar is. Deze hoeveelheid water wordt verdeeld over de 6 infiltratiegrachten die in de winning zijn opgenomen. De hoeveelheden

worden ingebracht in de eerste cel van elke gracht. In deze begincellen wordt het infiltratiedebiet als een injectie in de bovenste laag KZ3 ingebracht. De wanden van deze cellen zijn in de bovenste watervoerende laag ondoorlatend. De kontaktfactor is in deze cellen zeer groot genomen (100000 m²/d). Het totaal ingebracht debiet wordt aldus door de gracht opgenomen. De verdeling van de 16000 m³/d over de verschillende infiltratiegrachten werd door kalibratie bepaald zodat er tijdens de infiltratieperiode zo veel mogelijk water infiltreert.

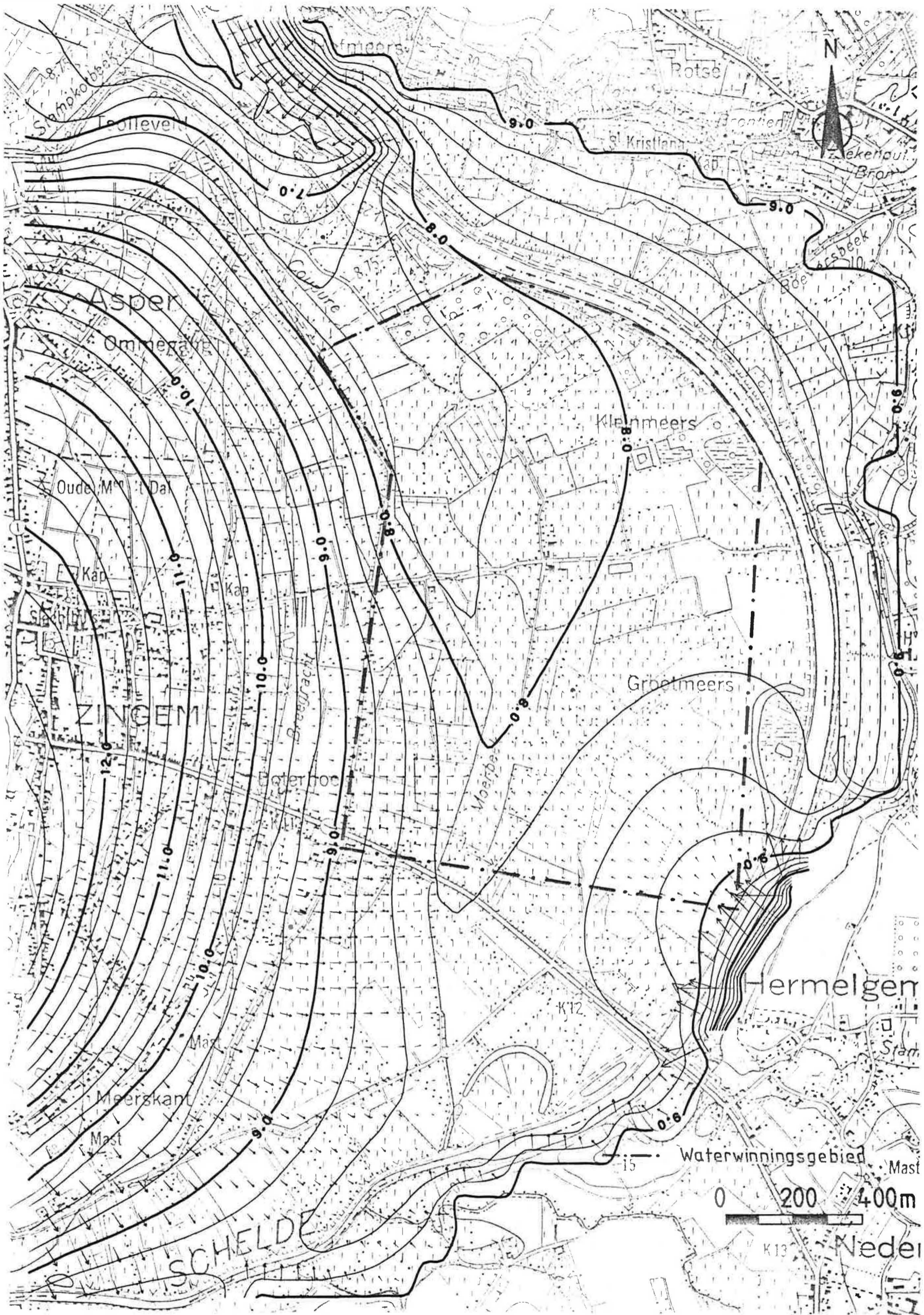
3.6 RESULTATEN

3.6.1 Simulaties zonder kunstmatige infiltratie

3.6.1.1 Simulatie van de huidige toestand

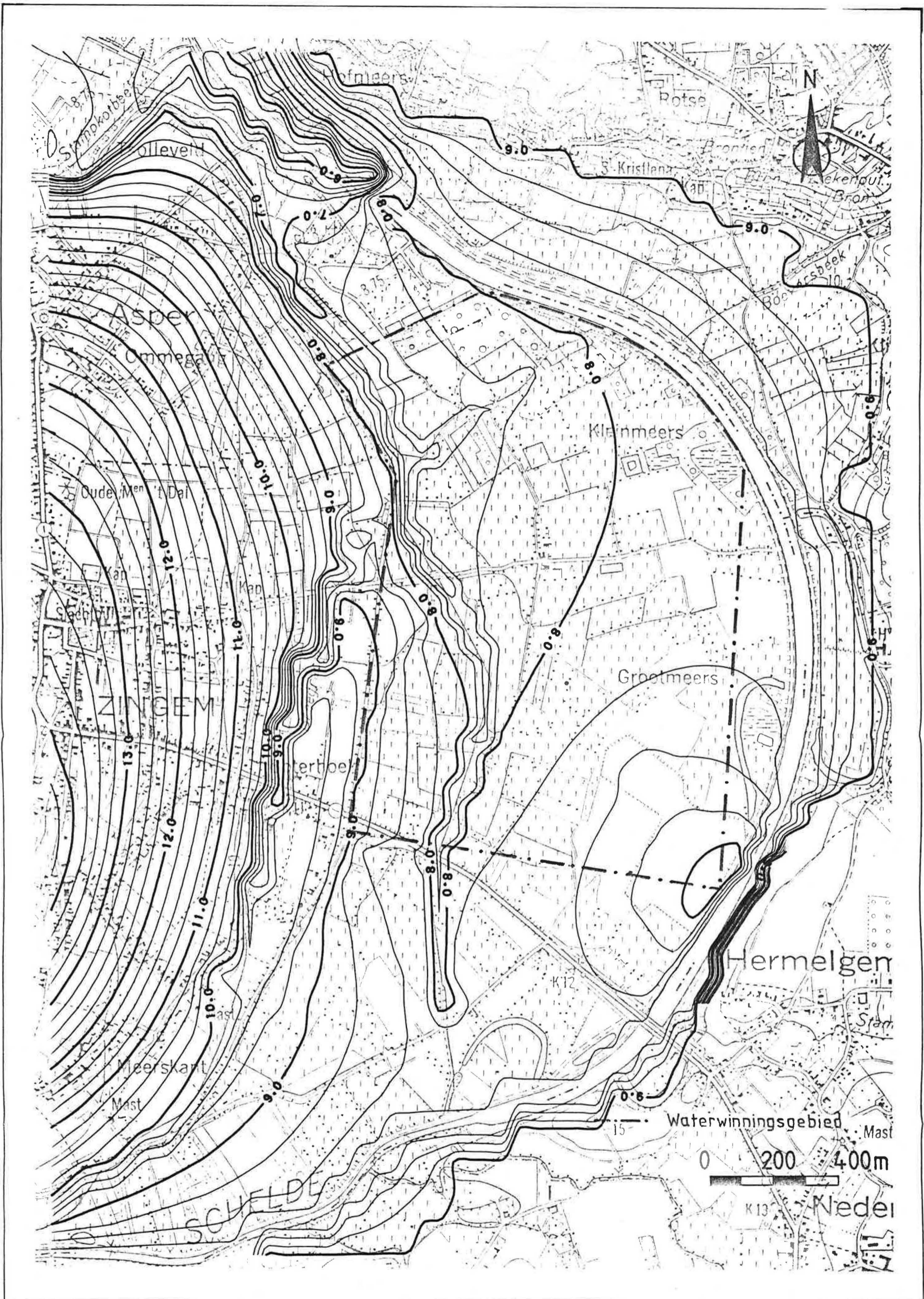
De berekende stijghoogten voor de huidige toestand in de onderste watervoerende laag KZ1 en de watertafel zijn voorgesteld op PLATEN 1 en 2. De horizontale stromingen zijn aangegeven met stromingsvectoren. De richting van een stromingsvektor geeft de grondwaterstromingsrichting aan, de grootte is gelijk aan de stromingssnelheid vermenigvuldigd met een tijdsconstante. De tijdsconstante bedraagt hier 91.3125 dagen. Aangezien de hydraulische weerstand van de laag KL klein is (34 dagen) zijn de stijghoogten in de tweede doorlatende laag nagenoeg gelijk aan deze in de onderste doorlatende laag. Op de platen zijn de stijghoogtelijnen aangegeven met een interval van 0.25 m. De stroming gebeurt loodrecht op de stijghoogtelijnen.

De hoogste stijghoogten komen voor aan de westrand van het model, ten zuiden van de dorpskom van Zingem. Van hier gebeurt de stroming in noordoostelijke, oostelijke en zuidoostelijke richting naar de vallei van de Moerbeek toe. Vanuit het oosten en het zuidoosten van het modelgebied vindt eveneens stroming plaats naar de vallei van de Moerbeek toe.



PLAAT 1: HUIDIGE TOESTAND: STIJGHOOGTE IN LAAG 1

LAAG 1	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	DARCIANSE HORIZONTALE SNELHEDEN → VEKTORLENGTE VAN 1.1000 M/D
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.		MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989
		RIJSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86



PLAAT 2: HUIDIGE TOESTAND: STIJGHOOGTE IN LAAG 3

<p>LAAG 3</p>	<p>ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER</p>	<p>DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN → VEKTORLENTE VAN 1.1000 M/D</p>	
<p>MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.</p>	<p>MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989</p>	<p>RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86</p>	

Waar de watertafel zich in de bovenste slechtdoorlatende laag KDL bevindt, is geen horizontale stroming in de laag KZ3 en zijn geen stromingsvectoren aangeduid. De stroming is hier uitsluitend vertikaal door de slechtdoorlatende laag.

Op PLAAT 3 zijn de gebieden aangegeven met opwaartse en neerwaartse stroming doorheen de bovenste slechtdoorlatende laag. In het grootste deel van het studiegebied is er neerwaartse stroming. Enkel onder de Schelde en onder de belangrijkste beekvalleien (Moerbeek, Breegracht) treedt er opwaartse stroming op.

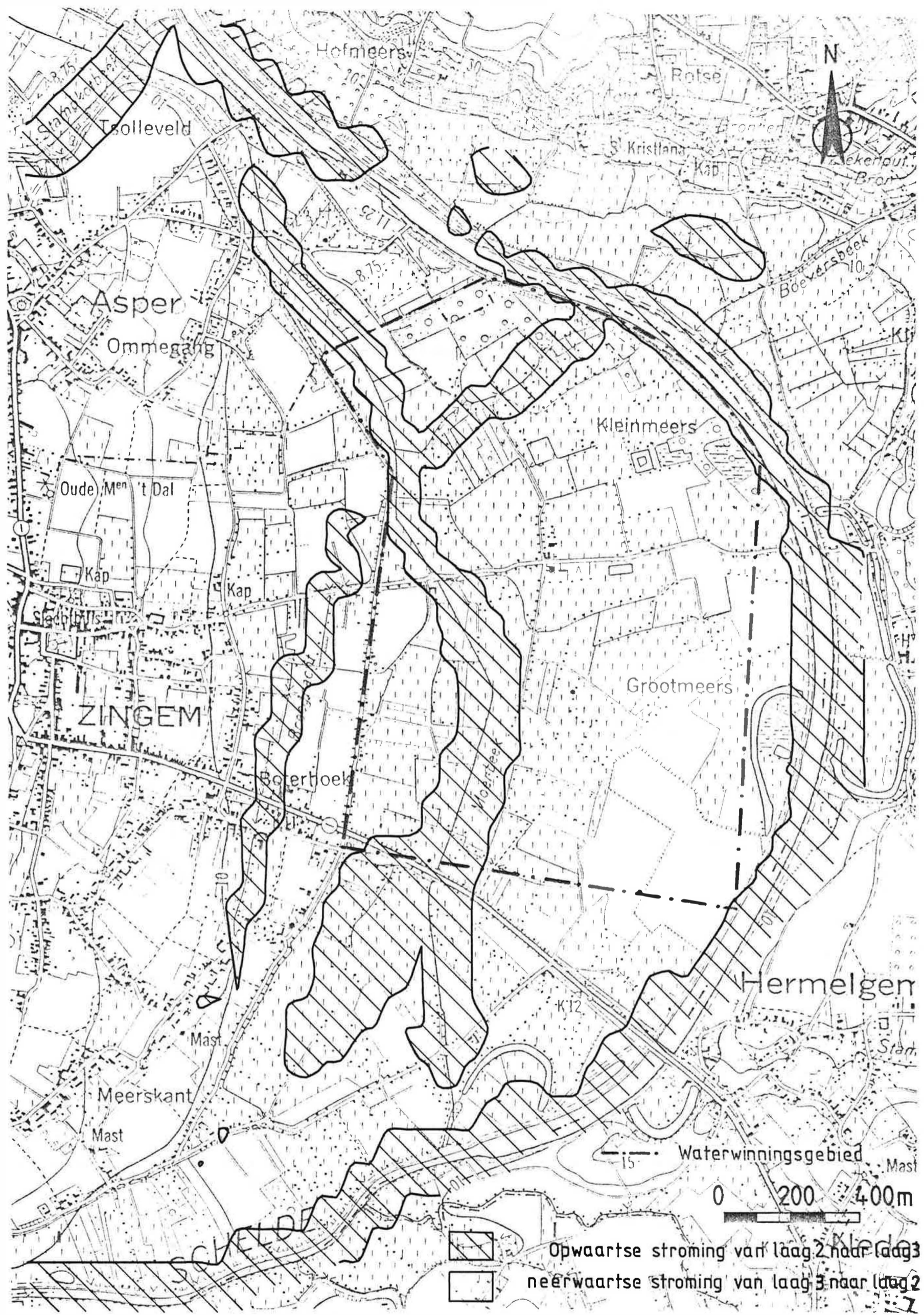
3.6.1.2. Simulatie met een grondwaterwinning van 5000 m³/d

Van deze simulatie zijn de berekende verlagingen van de watertafel voorgesteld (PLAAT 4). Het zijn de verlagingen in permanente toestand, d.w.z. na oneindig lange tijd pompen. De maximale verlaging in het centrum van de waterwinning bedraagt ongeveer 3 m. Buiten het waterwinningsgebied is de verlaging minder dan 1 m. Door de verlagingen van de watertafel zullen de Moerbeek en de Breegracht in het waterwinningsgebied irrigierend werken.

De verlagingen in de aangepompte, onderste watervoerende laag zijn groter dan de verlaging van de watertafel.

3.6.1.3. Simulatie met een grondwaterwinning van 10000 m³/d

De berekende verlagingen van de watertafel zijn voorgesteld op PLAAT 5. De maximale verlaging in het centrum van het waterwinningsgebied bedraagt nagenoeg 9.5 meter. Buiten het waterwinningsgebied kan de verlaging tot 5 m bedragen. In een groot deel van het gebied irrigeren de Moerbeek en de Breegracht .



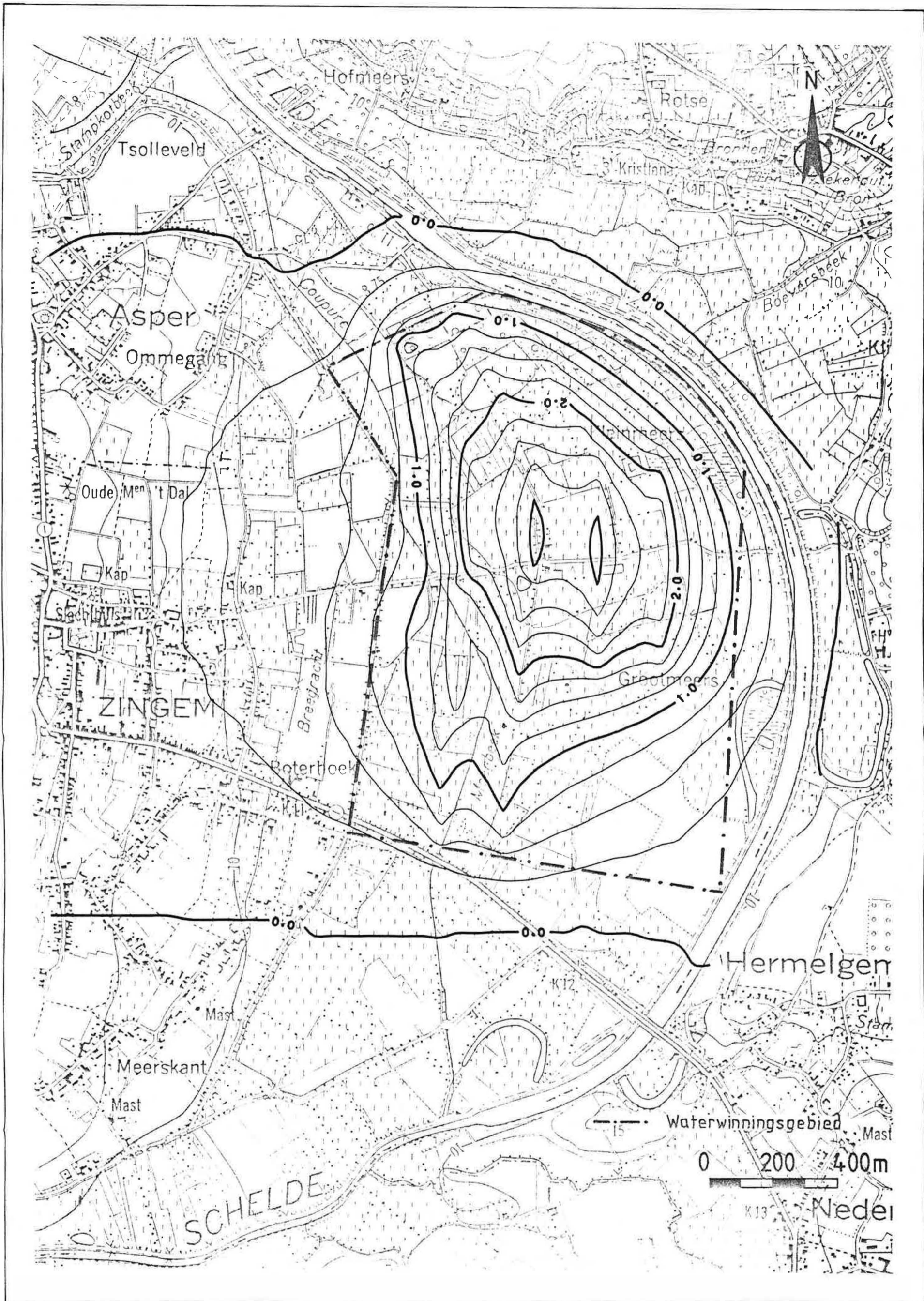
PLAAT 3 : HUIDIGE TOESTAND : VERTIKALE STROMING TUSSEN LAAG 2 EN 3

LAAG 1	ISOLIJNEN
	GEKOZEN WAARDEN IN

MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING
 MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE-
 VALLEI TE ZINGEM.

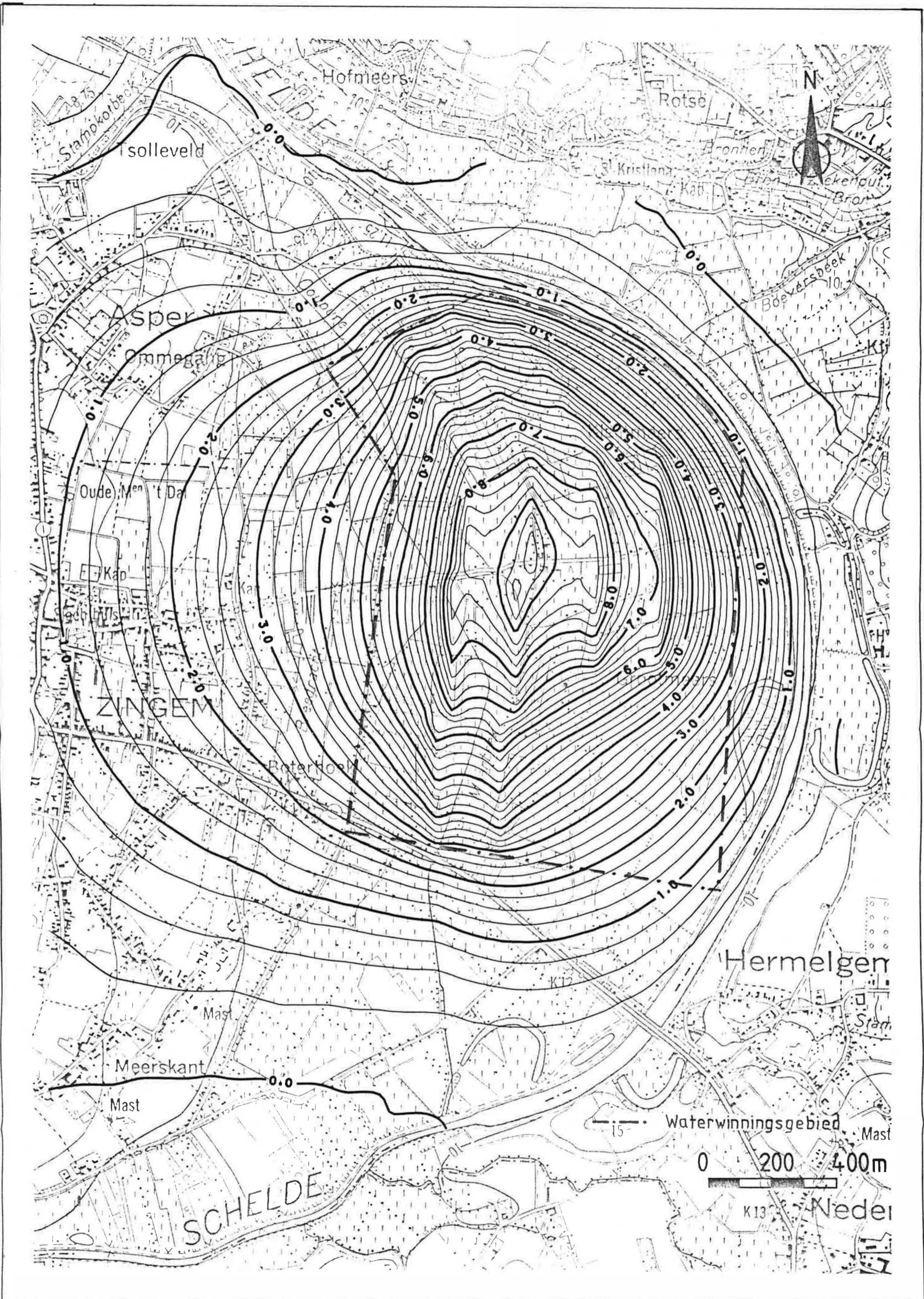
MINISTERIE VAN DE VLAAMSE
 GEMEENSCHAP
 AROL
 Dienst Water-en Bodembeleid
 Datum: JUNI 1989

RIKSUNIVERSITEIT GENT
 Laboratorium voor Toegepaste
 Geologie en Hydrogeologie
 PROF. DR. W. DE BREUCK
 TG 85/86



PLAAT 4: VERLAGING WATERTAFEL T.G.V. EEN WINNING VAN 5000 M³/DAG

<p>LAAG 1</p>	<p>ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER</p>		
<p>MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.</p>		<p>MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989</p>	<p>RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86</p>



PLAAT 5: VERLAGING WATERTAFEL T.G.V. EEN WINNING VAN 10000 M3/DAG

<p>LAAG 1</p>	<p>ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER</p>	<p>MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989</p>	<p>RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86</p>
<p>MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.</p>			

3.6.1.4. Simulatie met grondwaterwinning van 12000 m³/d

De berekende verlagingen van de watertafel zijn voorgesteld op PLAAT 6. De maximale verlagingen in het centrum van de waterwinning bedragen ongeveer 12 m. Buiten het waterwinningsgebied kan de verlaging tot 7 m bedragen. In een groot deel van het gebied irrigeren de Moerbeek en de Breegracht.

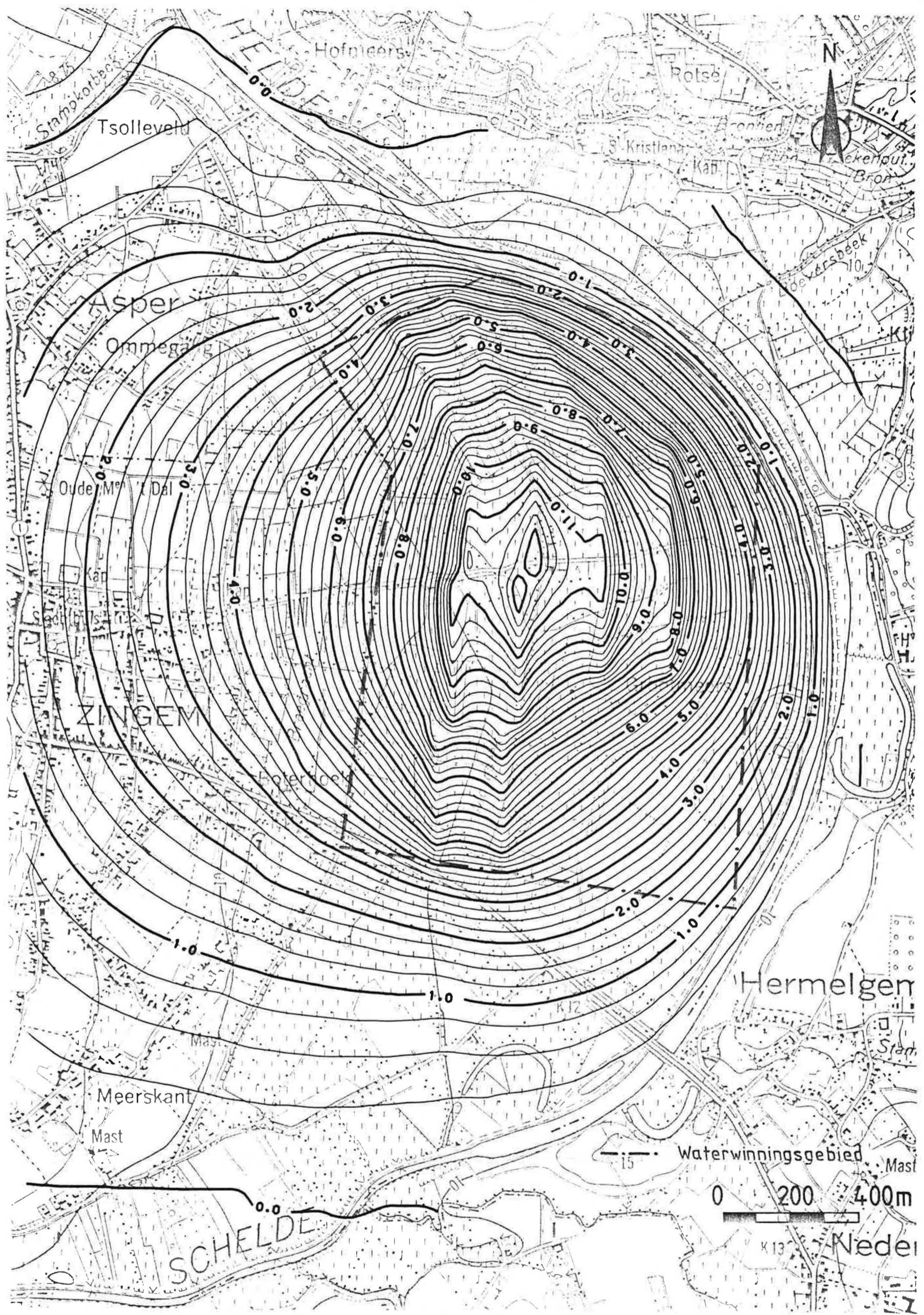
3.6.1.5. Besluit

Uit de simulaties bij permanente stroming kan men afleiden dat grondwaterwinning in het waterwinningsgebied zonder kunstmatige infiltratie beperkt is.

Bij een onttrekking van 5000 m³/d berekent het model verlagingen van de watertafel die buiten het waterwinningsgebied minder dan 1 m bedragen. Ter hoogte van de dorpskern van Zingem zou een dergelijke winning een verlaging van de watertafel voor gevolg hebben minder dan 0.25 m.

Bij een winning van 10000 m³/d veroorzaakt men in het centrum van het waterwinningsgebied verlagingen van ongeveer 9.5 m, in het centrum van de gemeente Zingem zou de watertafel nagenoeg 1 tot 1.25 m dalen.

Indien men 12000 m³/d zou pompen dan zou dit in het waterwinningsgebied een verlaging van de watertafel voor gevolg hebben van nagenoeg 12.0 m. Om technische en hydrogeologische redenen is dit niet haalbaar.



PLAAT 6: VERLAGING WATERTAFEL T.G.V. EEN WINNING VAN 12000 M³/DAG

LAAG 1	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.			

3.6.2 Simulaties met kunstmatige infiltratie

3.6.2.1. Tijdsafhankelijke simulatie met een grondwaterwinning van 12000 m³/d en een halfjaarlijkse infiltratie van 16000 m³/d

Aangezien een waterwinning met winningsdebieten van 10000 en 12000 m³/dag aanzienlijke verlagingen van de watertafel te weegbrengt in het studiegebied, is het interessant de mogelijkheid van kunstmatige infiltratie te onderzoeken. Er wordt voorgesteld om met een halfjaarlijkse cyclus te infiltreren, d.w.z. gedurende gans het jaar wordt een konstant debiet gewonnen, maar gedurende de periode november tot mei wordt een hoeveelheid water via een infiltratiestelsel geïnfiltreerd. Hierdoor wordt de afpompingsstreech die gedurende de 6 maanden pompen ontstaan is weer gedeeltelijk opgevuld. De bouw van het voorgestelde infiltratiestelsel wordt besproken in 3.5.5, de manier waarop de infiltratiedebieten in het model worden ingebracht in 3.5.6.

Uit verschillende modelberekeningen, die op de werkgroepvergaderingen in detail werden besproken, blijkt een konstant winningsdebiet van 12000 m³/d de maximaal haalbare waarde te zijn. Gedurende de halfjaarlijkse infiltratieperiode wordt meer water geïnfiltreerd dan gewonnen wordt nl. 16000 m³/d.

Aan de hand van een reeks modelberekeningen werd bepaald hoe de 16000 m³/d over het infiltratiestelsel diende te worden verdeeld teneinde een optimale infiltratie te bekomen, d.w.z. dat zo weinig mogelijk water het waterwinningsgebied verlaat. Om de stijghoogteëvolutie te kunnen volgen moeten de simulaties tijdsafhankelijk zijn. Het was aangewezen de stijghoogten gedurende enkele volledige hydrologische cycli te volgen omdat de maximale verlagingen mogelijk slechts na enkele jaren optreden.

De tijdsafhankelijke simulatie werd opgedeeld in perioden van 6 maanden, waarbij telkens een winningsperiode afwisselt met een infiltratieperiode. Elke periode is ingedeeld in 6 tijd-

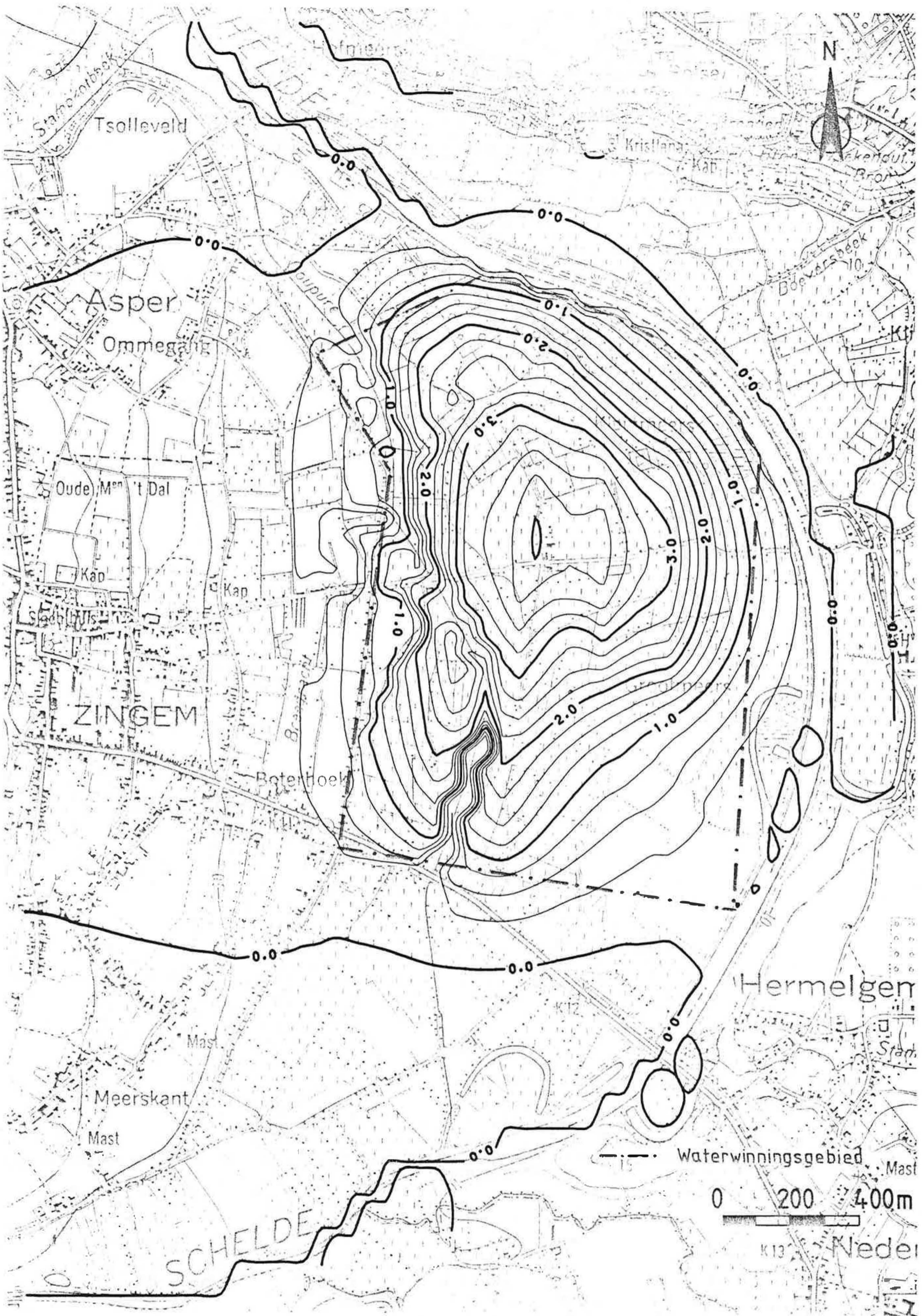
stappen waarvan de lengte logaritmisch toeneemt.

De resultaten van de berekeningen voor de eerste twee jaar zijn voorgesteld. De verlagingen van de watertafel zijn voorgesteld voor de vijfde en zesde tijdstap van elke periode, dus ongeveer om de 3 maanden (PLAAT 7 tot 14). In PLATEN 15 en 16 zijn de simulaties voorgesteld na respectievelijk 54 en 114 maanden. Dit zijn telkens toestanden juist voor de infiltratieperiode waarbij de grootste verlagingen optreden na 5 en 10 jaar pompen en halfjaarlijks infiltreren. De verlagingen in de aangepompte laag zijn voorgesteld om de 6 maanden (PLAAT 17 tot 20). De stijghoogten in de onderste, aangepompte laag en van watertafel en de horizontale stromingen in deze lagen zijn voorgesteld op het einde van elke periode, dus om de 6 maanden (PLAAT 21 tot 28).

Na 3 maanden pompen is de watertafel 4 m gedaald (PLAAT 7), na een half jaar meer dan 6 m (PLAAT 8). Buiten het waterwinningsgebied bedraagt de verlaging minder dan 2 m. In de aangepompte laag bedraagt de verlaging tot 7 m (PLAAT 17). Uit de stijghoogtekonfiguratie van de aangepompte laag (PLAAT 21) blijkt dat de stroming in het grootste deel van het gebied naar de winning toe gericht is. De watertafel bevindt zich t.g.v. de verlaging meestal in de bovenste slechtdoorlatende laag (in de vallei de alluviale afzettingen, in het westen de leemlaag), zodat er in de bovenste watervoerende laag bijna geen horizontale stroming plaatsvindt.

Na 6 maanden start een infiltratieperiode. In het begin van deze periode zal het infiltratiewater volledig in het zuiden van het waterwinningsgebied infiltreren. Pas wanneer de afpompingsstrecter in het zuiden terug is opgevuld, zal het infiltratiewater verder noordwaarts doorlopen en daar infiltreren. Pas op het einde van de infiltratieperiode zal de afpompingsstrecter in het noorden verdwenen zijn.

De evolutie van de maximale verlaging na verschillende jaren van winning kan afgeleid worden uit de platen 8, 12, 15 en 16. Hieruit blijkt dat reeds na 18 maanden nagenoeg een stabilisatietoestand verkregen wordt. De verlagingen in het



PLAAT 7: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING WATERTAFEL NA 3 MAANDEN

LAAG 3-LAAG 3

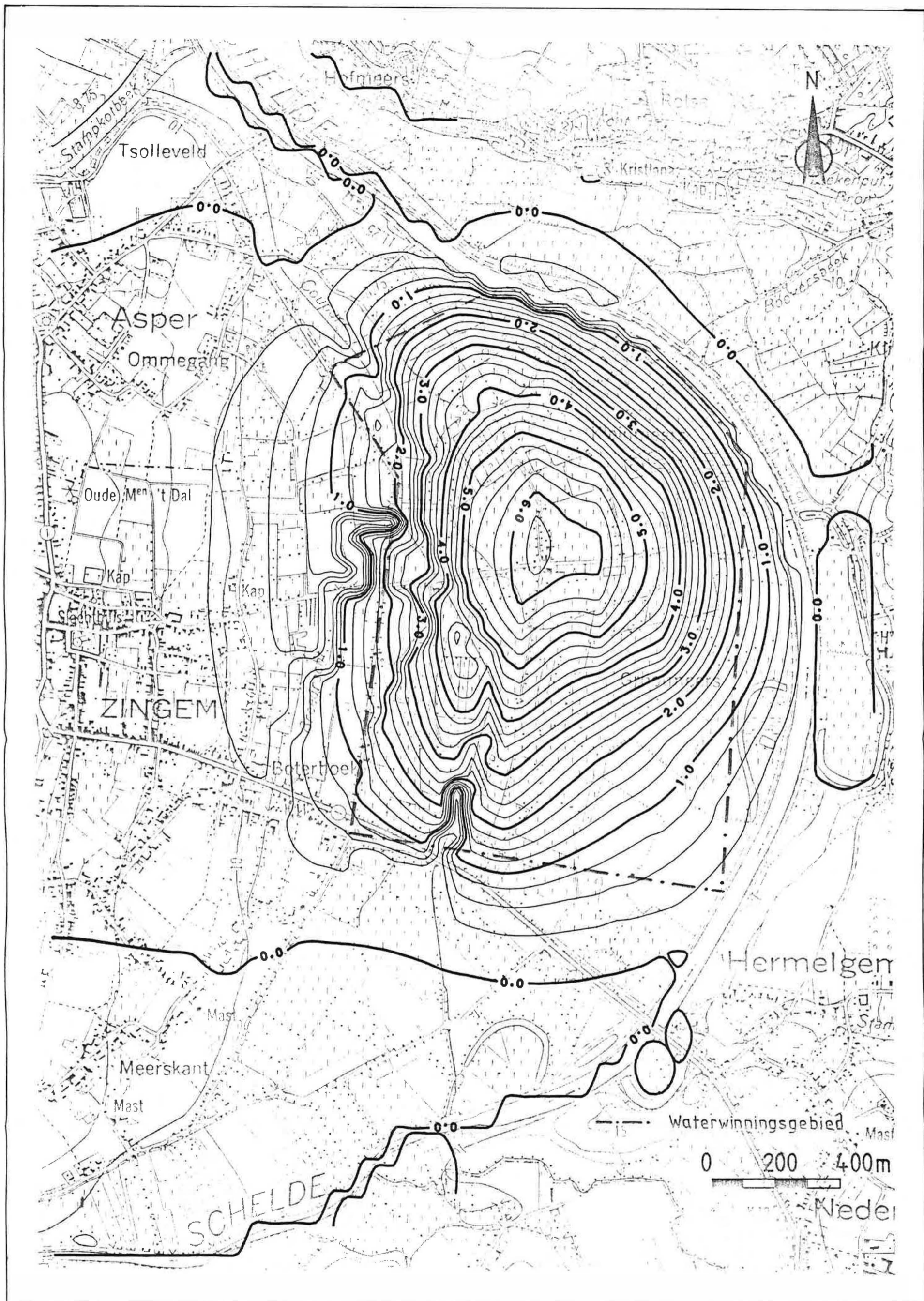
ISOLIJNEN

LIJNEN OM DE 0.25 METER

MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING
MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE-
VALLEI TE ZINGEM.

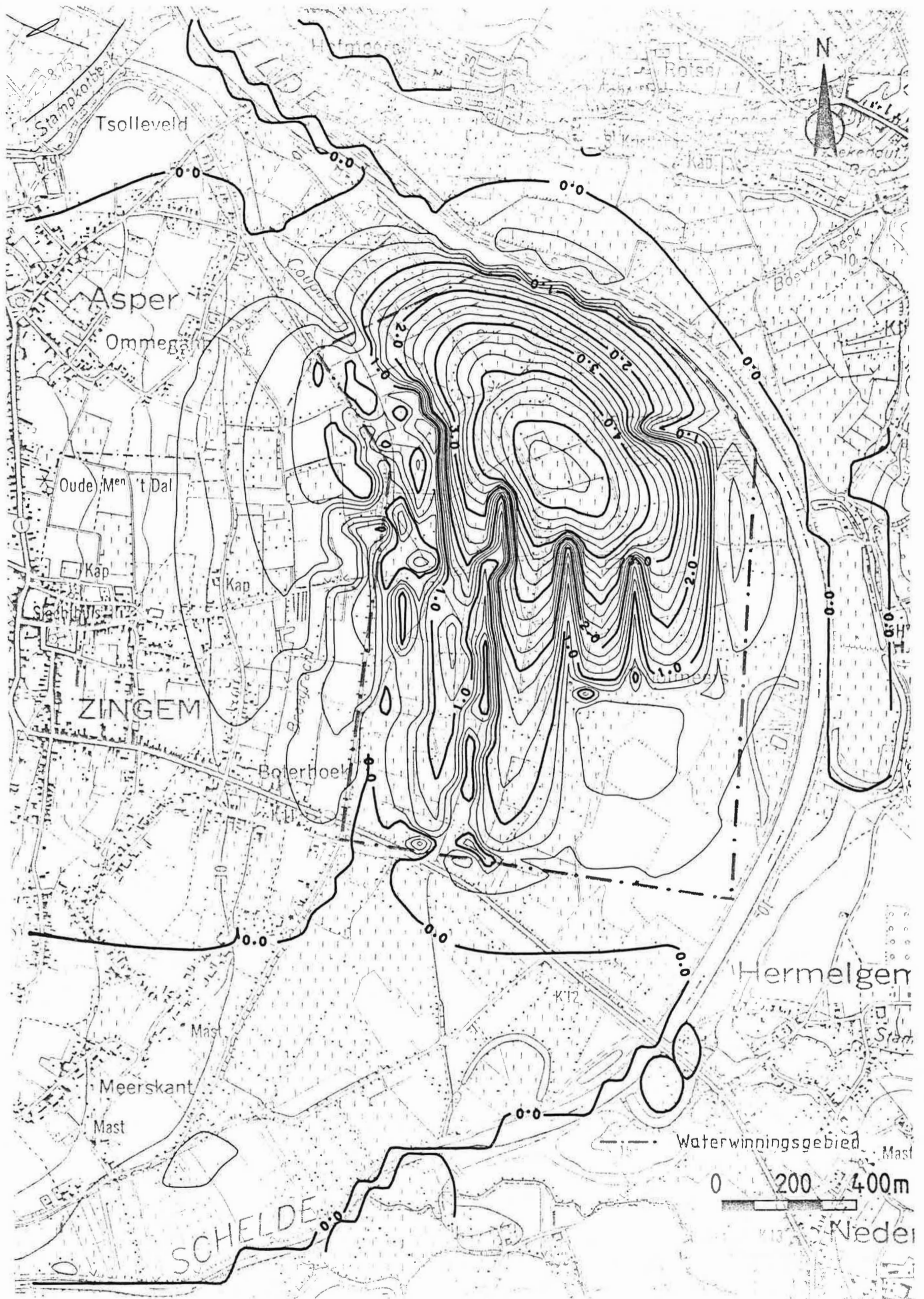
MINISTERIE VAN DE VLAAMSE
GEMEENSCHAP
AROL
Dienst Water- en Bodembeleid
Datum: JUNI 1989

RUIKSUNIVERSITEIT GENT
Laboratorium voor Toegepaste
Geologie en Hydrogeologie
PROF. DR. W. DE BREUCK
TGC 86/86



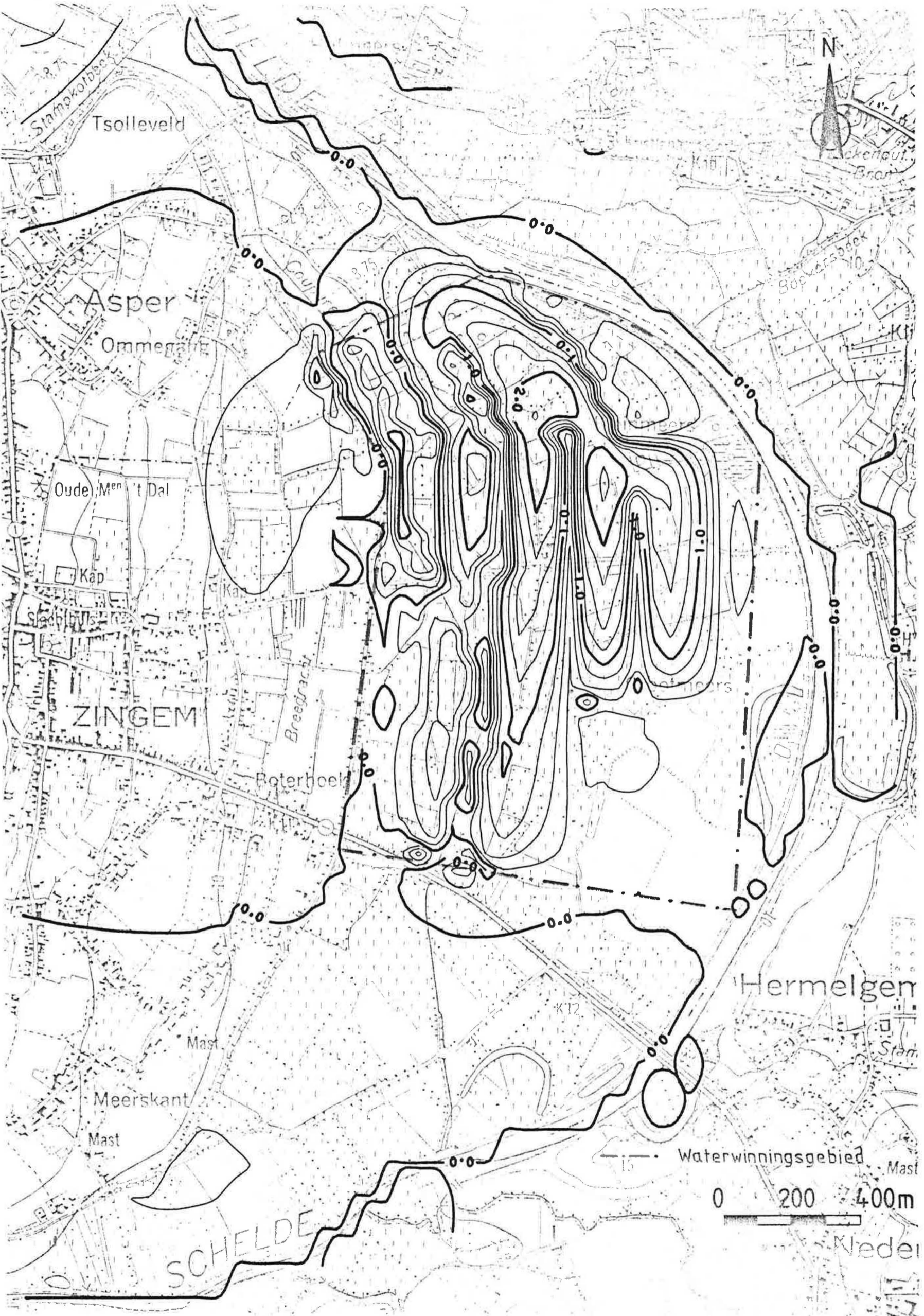
PLAAT 8: TIJDSEVOLUTIE: VERLACING WATERTAFEL NA 6 MAANDEN

<p>LAAG 3-LAAG 3</p>	<p>ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER</p>	<p>MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water- en Bodembeleid Datum: JUNI 1989</p>	<p>RIJKSWAARDERINGSBUREAU Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Geochemie PROF. DR. J. VAN DER PLIGT TGO 86/86</p>
<p>MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.</p>			



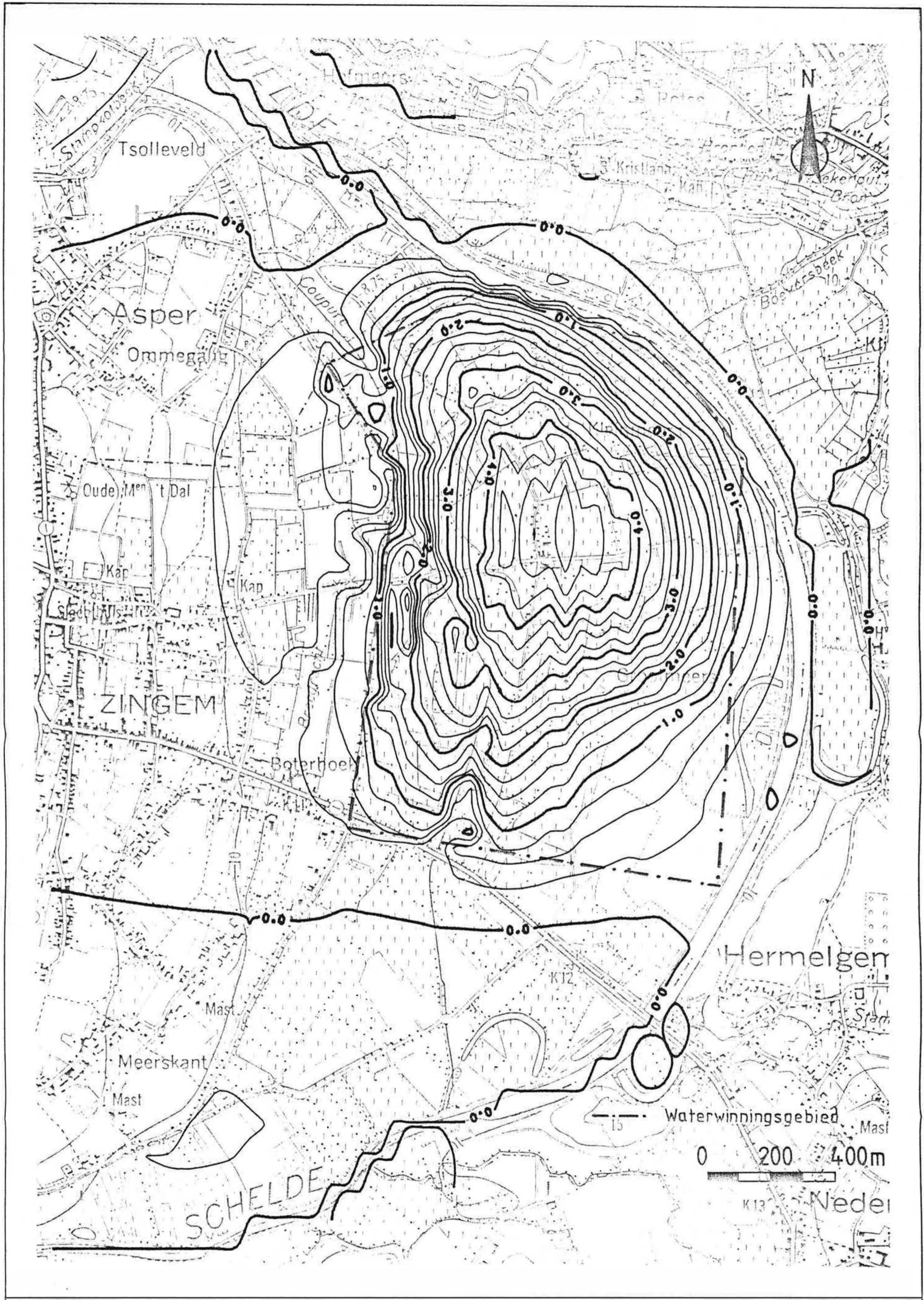
PLAAT 9: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING WATERTAFEL NA 9 MAANDEN

LAAC 3-LAAC 3	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER		
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.		MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembelief Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. M. DE BREUCK TGO 86/86



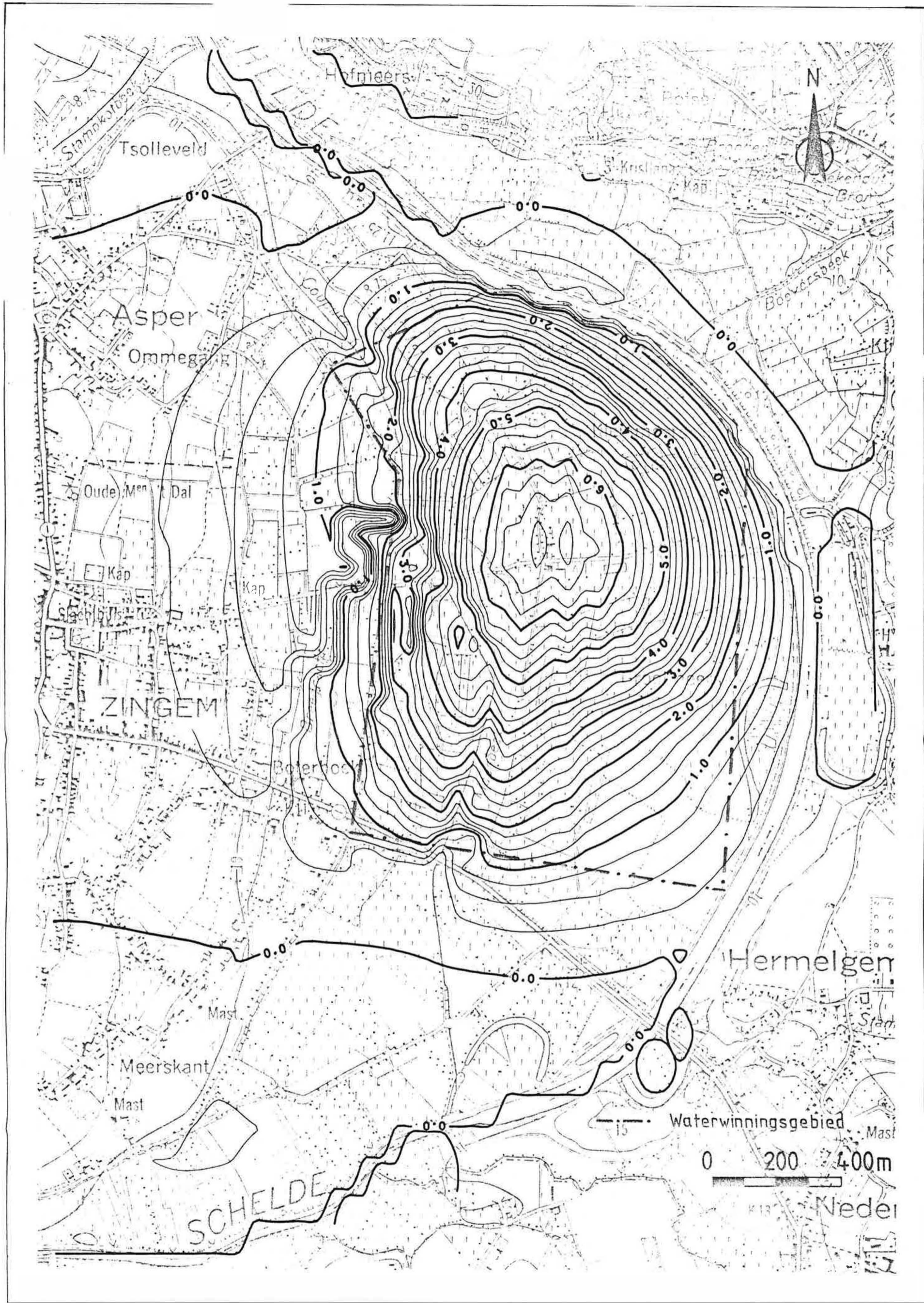
PLAAT 10: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING WATERTAFEL NA 12 MAANDEN

LAAG 3-LAAG 3	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water- en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.			



PLAAT 11: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING WATERTAFEL NA 15 MAANDEN

LAAG 3-LAAG 3	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER		
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.		MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86



PLAAT 12: VERLAGING WATERTAFEL NA 18 MAANDEN

LAAG 3-LAAG 3

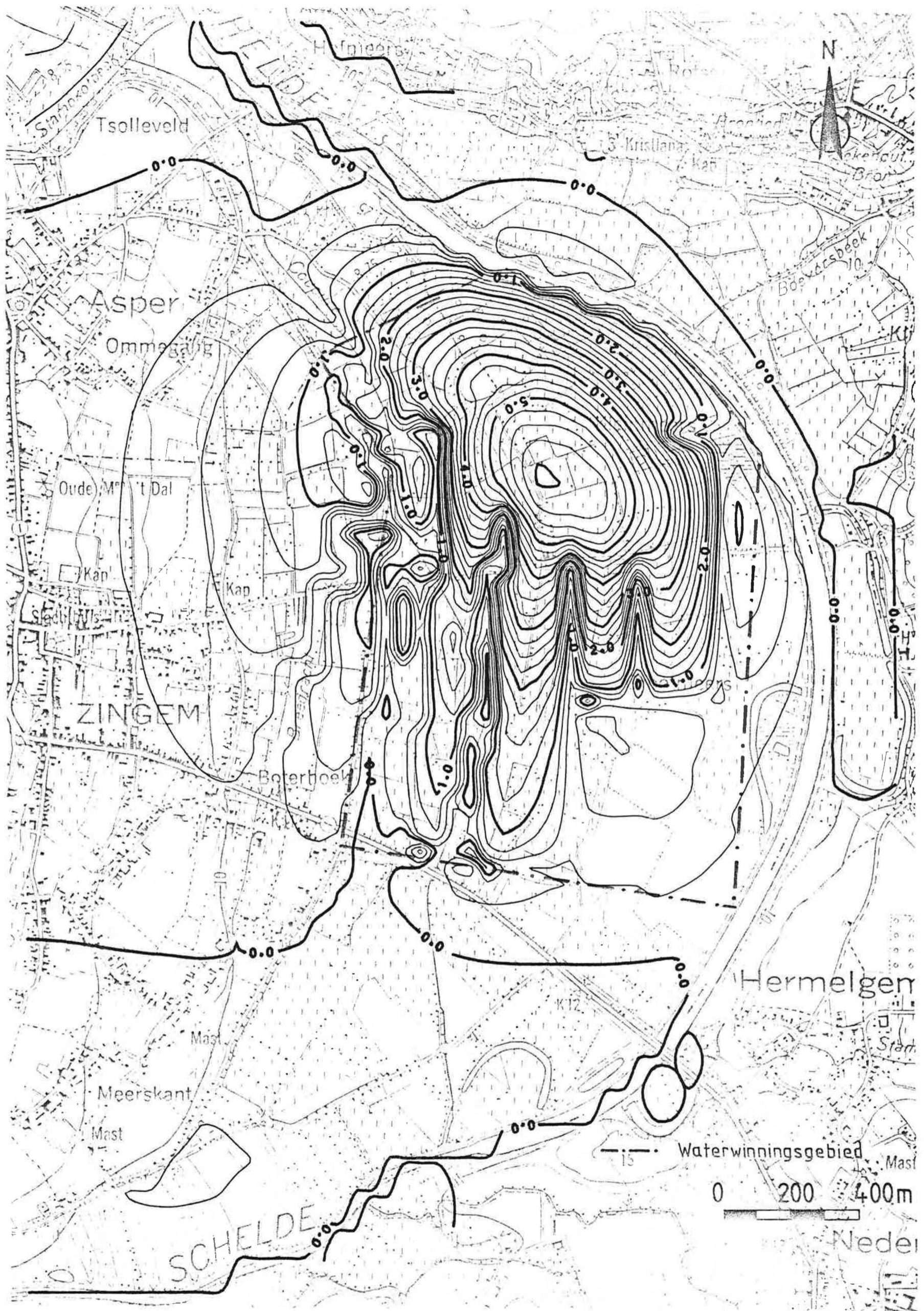
ISOLIJNEN

LIJNEN OM DE 0.25 METER

MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING
MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE-
VALLEI TE ZINGEM.

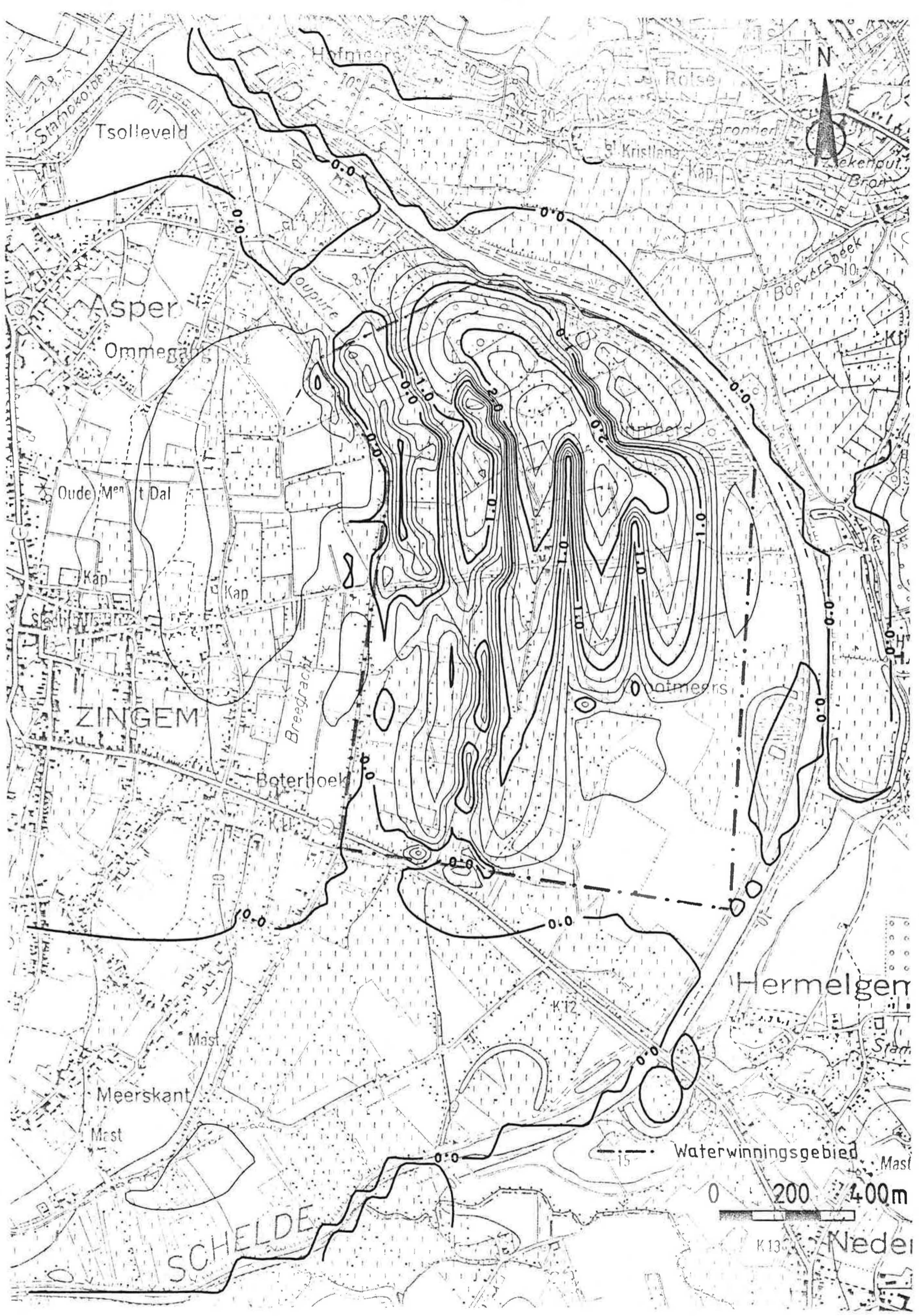
MINISTERIE VAN DE VLAAMSE
GEMEENSCHAP
AROL
Dienst Water- en Bodembeleid
Datum: JUNI 1989

RIJMSUNIVERSITEIT GENT
Laboratorium voor Toegepaste
Geologie en Hydrogeologie
PROF. DR. W. DE BREUCK
TGO 96/86



PLAAT 13: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING WATERTAFEL NA 21 MAANDEN

LAAG 3-LAAG 3	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water- en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.			



PLAAT 14: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING WATERTAFEL NA 24 MAANDEN

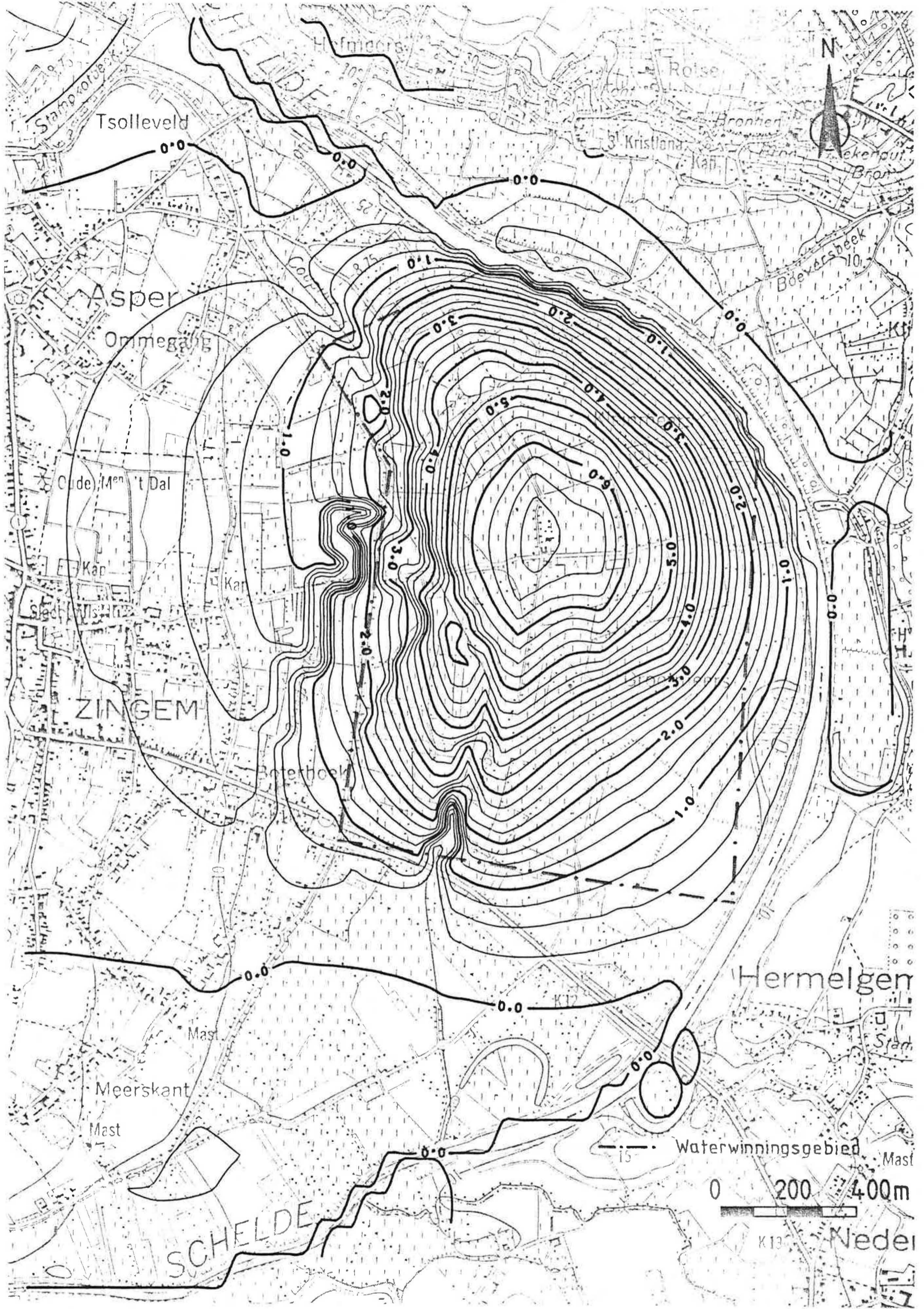
LAAG 3-LAAG 3

ISOLIJNEN
LIJNEN OM DE 0.25 METER

MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING
MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE-
VALLEI TE ZINGEM.

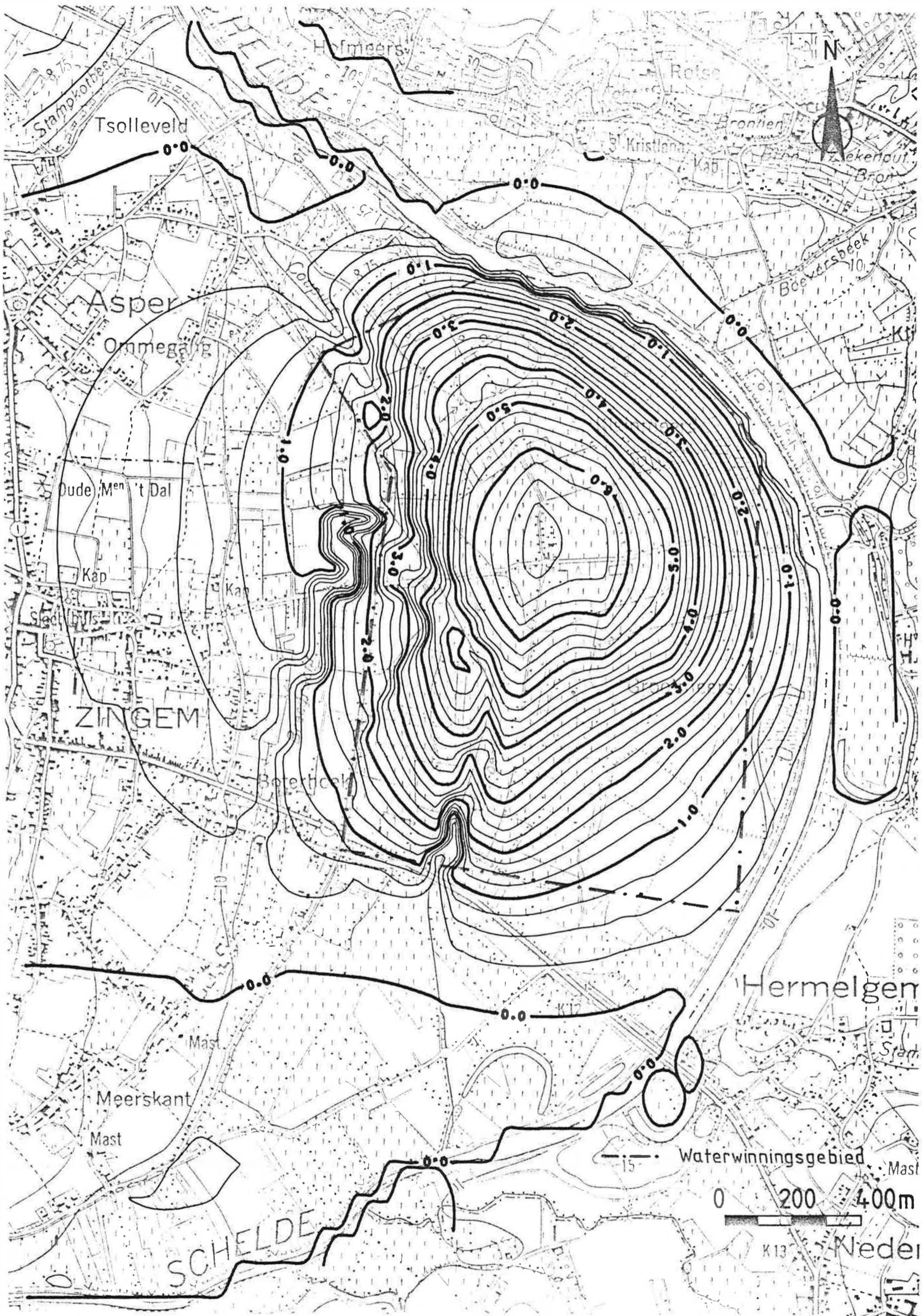
MINISTERIE VAN DE VLAAMSE
GEMEENSCHAP
AROL
Dienst Water- en Bodembeleid
Datum: JUNI 1989

RUIJSUNIVERSITEIT GENT
Laboratorium voor Toegepaste
Geologie en Hydrogeologie
PROF. DR. W. DE BREUCK
TGO 66/86



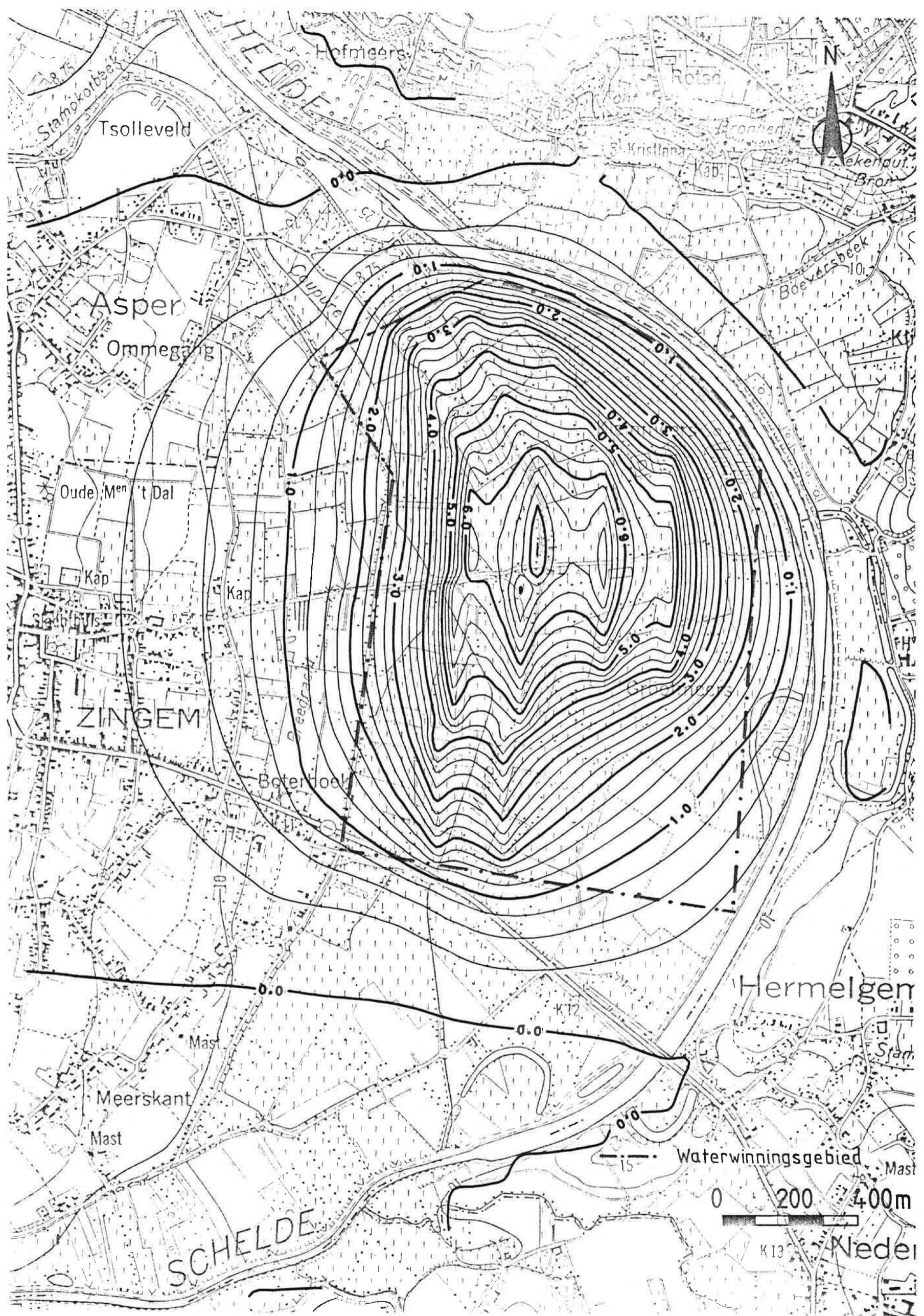
PLAAT 15: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING WATERTAFEL NA 54 MAANDEN

LAAG 3-LAAG 3	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.			



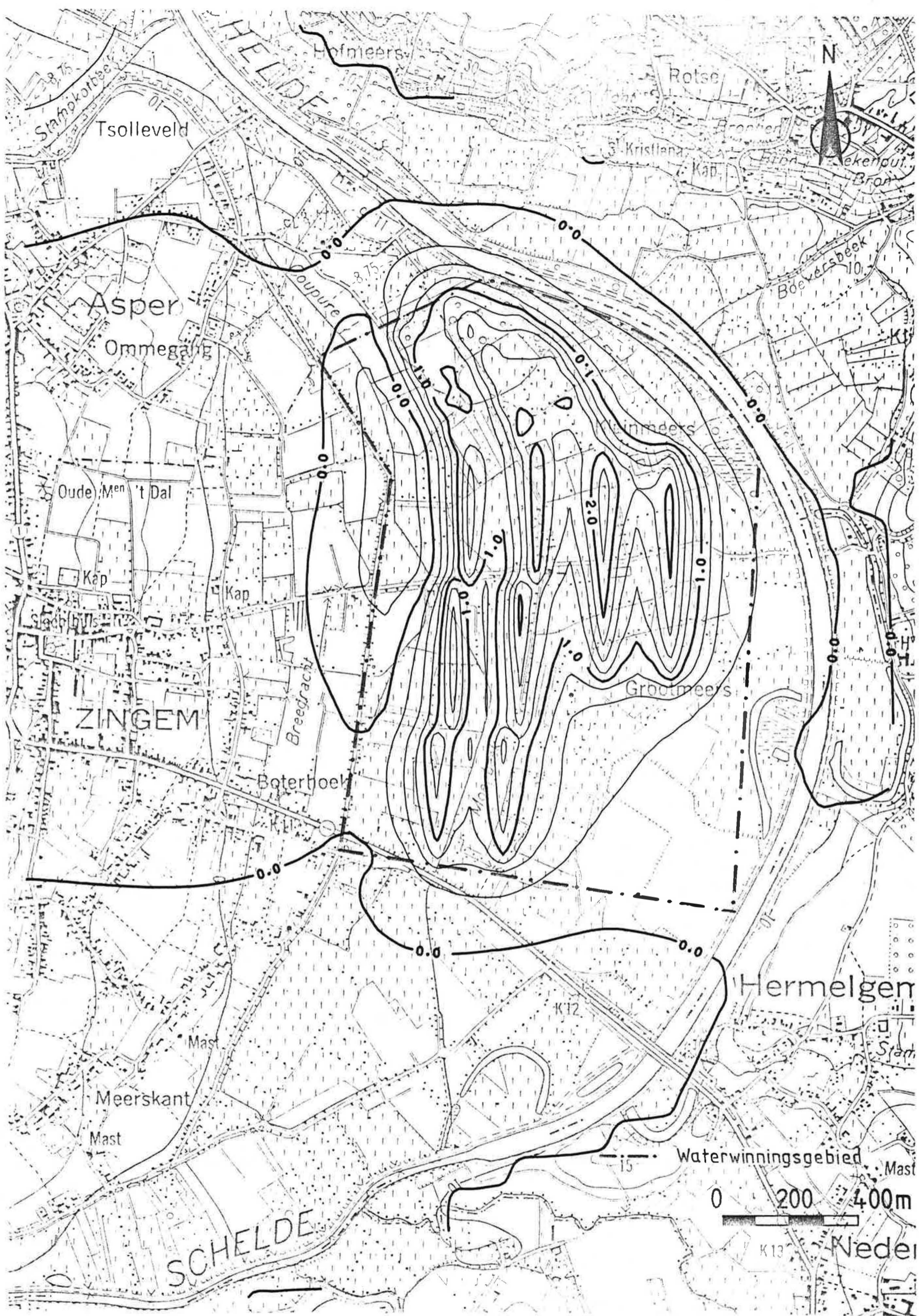
PLAAT 16: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING WATERTAFEL NA 114 MAANDEN

LAAG 3-LAAG 3 ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER		MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water- en Bodembereid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.			



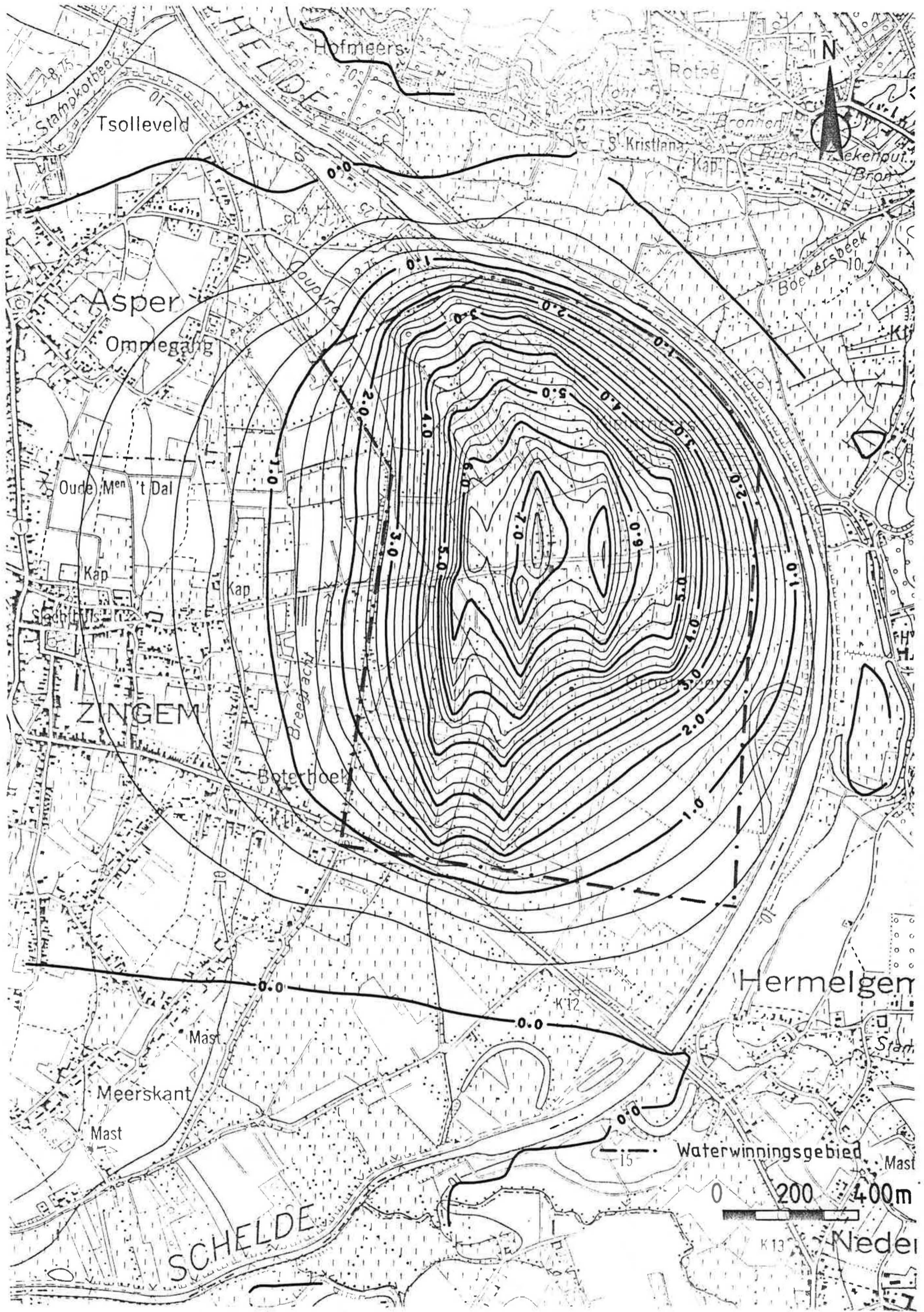
PLAAT 17 : VERLAGING IN LAAG 1 NA 6 MAANDEN

LAAG 1-LAAG 1	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.			



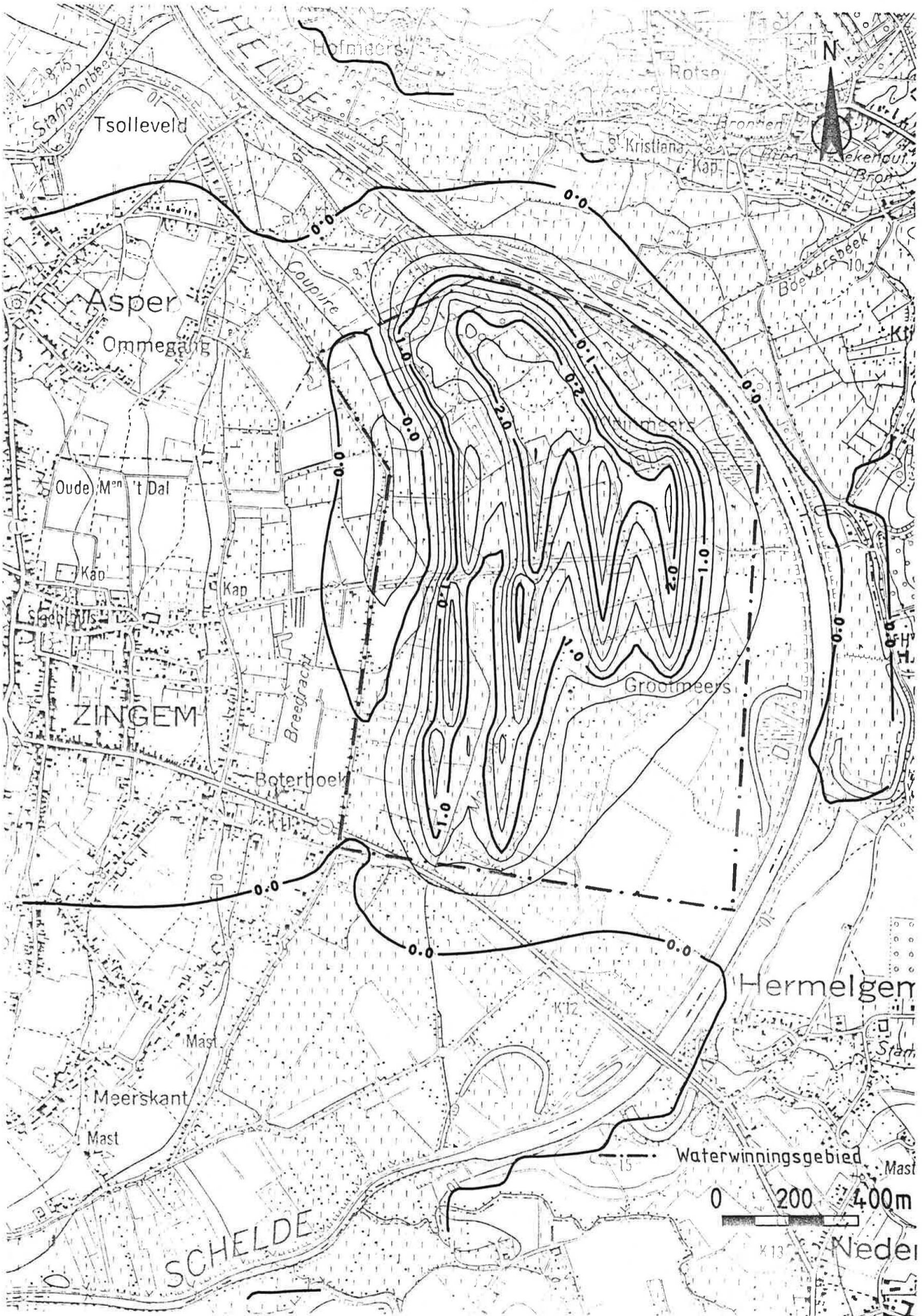
PLAAT 18: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING IN LAAG 1 NA 12 MAANDEN

LAAG 1-LAAG 1	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER		
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.		MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86



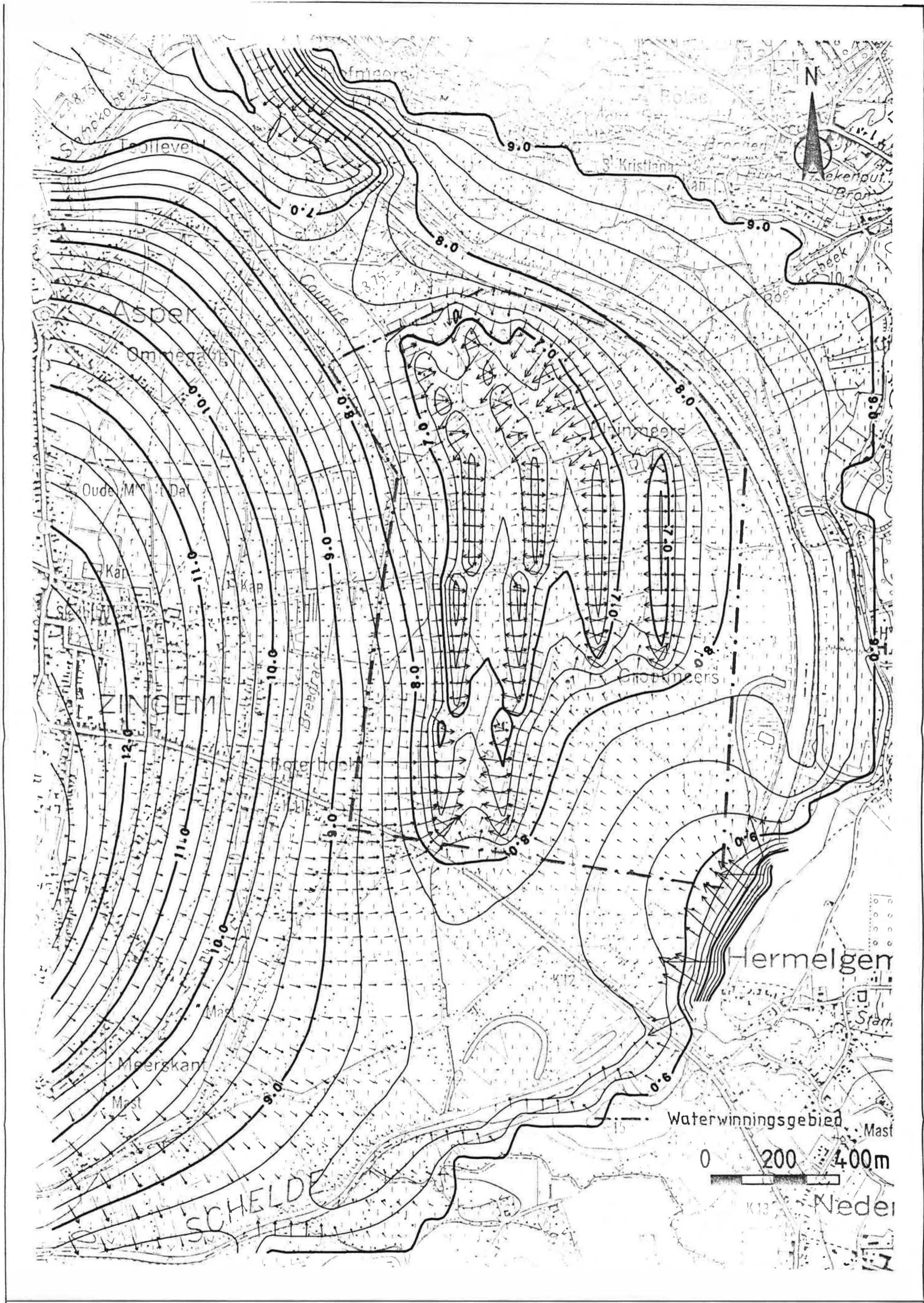
PLAAT 19 : TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING IN LAAG 1 NA 18 MAANDEN

LAAG 1-LAAG 1	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER		
<p>MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.</p>		<p>MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water- en Bodembeteid Datum: JUNI 1989</p>	<p>RIJSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86</p>



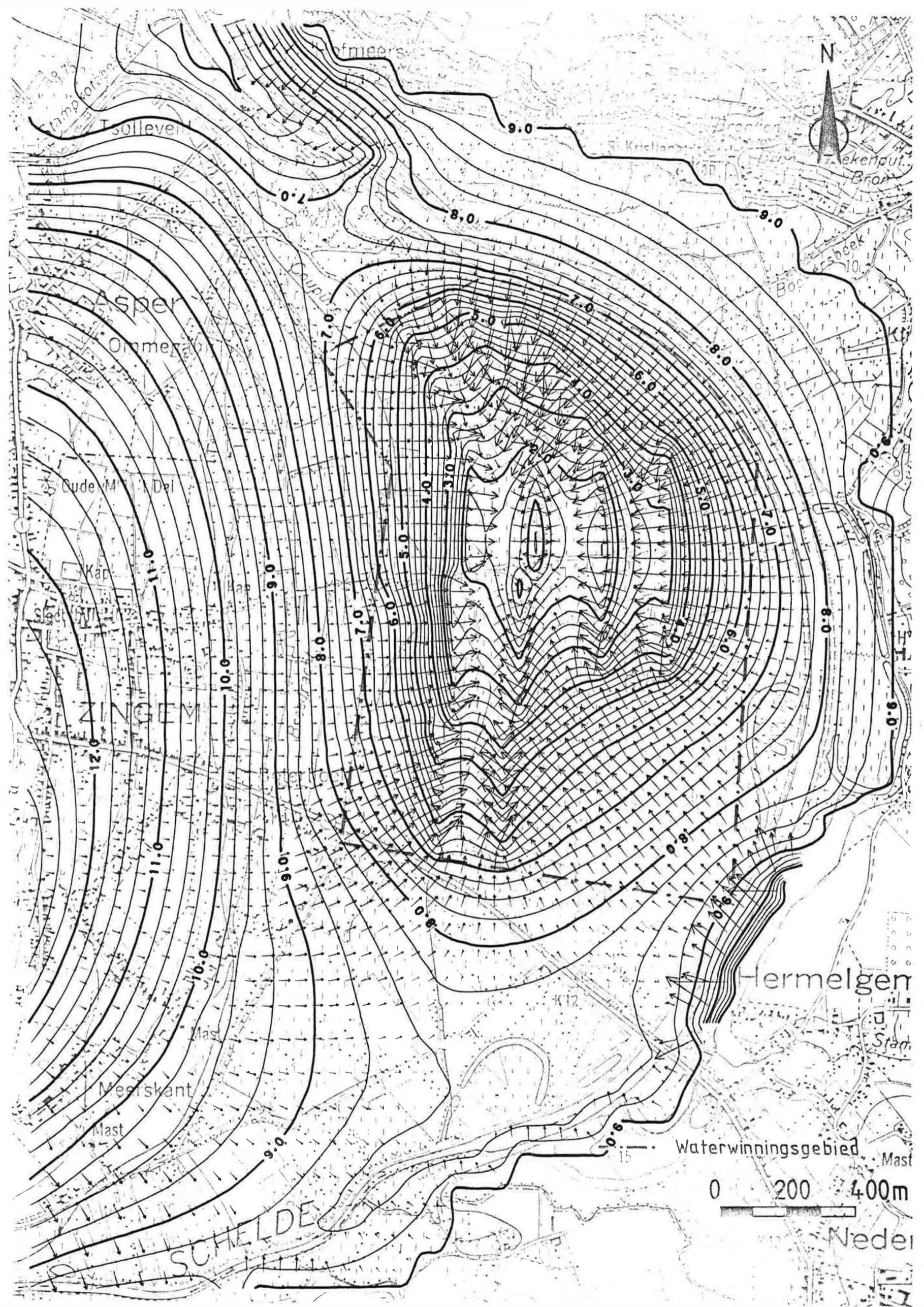
PLAAT 20: TIJDSEVOLUTIE: VERLAGING IN LAAG 1 NA 24 MAANDEN

LAAG 1-LAAG 1	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.			

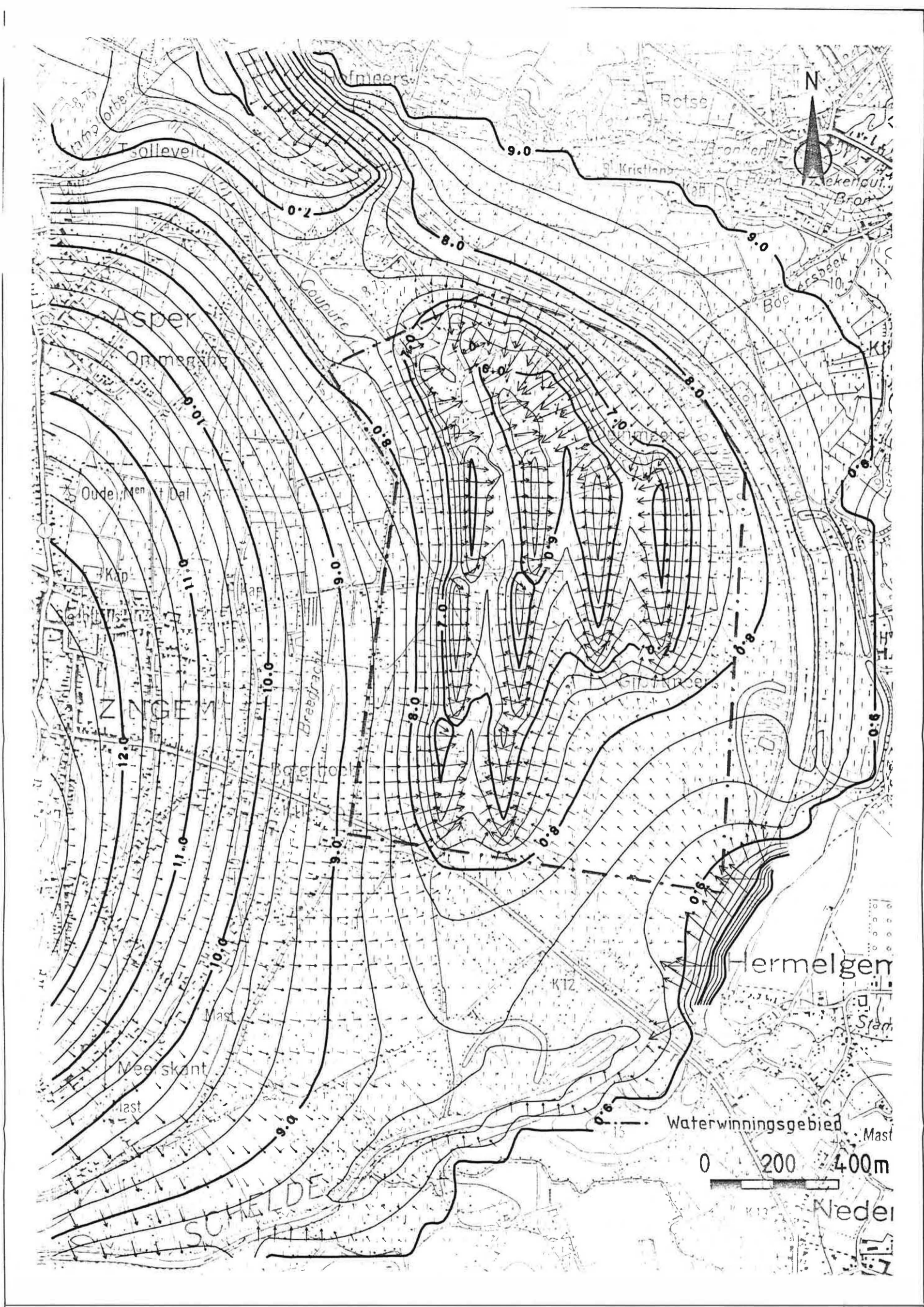


PLAAT 21 : TIJDSEVOLUTIE : STIJGHOOGTE IN LAAG 1 NA 6 MAANDEN

<p>LAAG 1</p>	<p>ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER</p>	<p>DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN → VEKTORLENGTE VAN 1.1000 M/D</p>
<p>MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.</p>	<p>MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid</p>	<p>RIJSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK</p>
	<p>Datum: JUNI 1989</p>	<p>TGO 86/86</p>

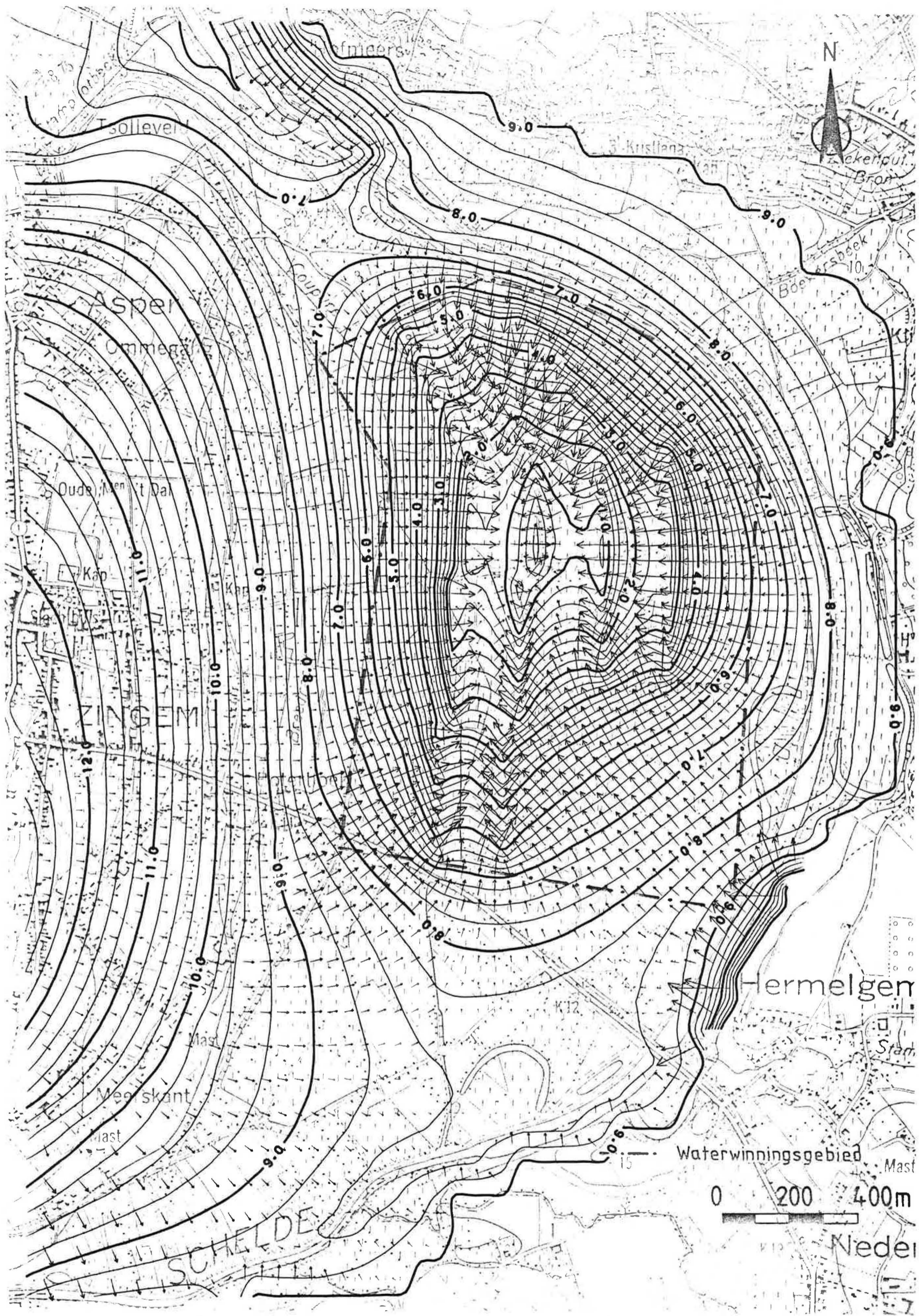


PLAAT 22: TIJDSEVOLUTIE: STIJGHOOGTE IN LAAC 1 NA 12 MAANDEN			
LAAC 1	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	JARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN → VEKTORLENGTE VAN 1.1000 M/D	
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.		MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK
		Datum: JUNI 1989	TGO B6/86



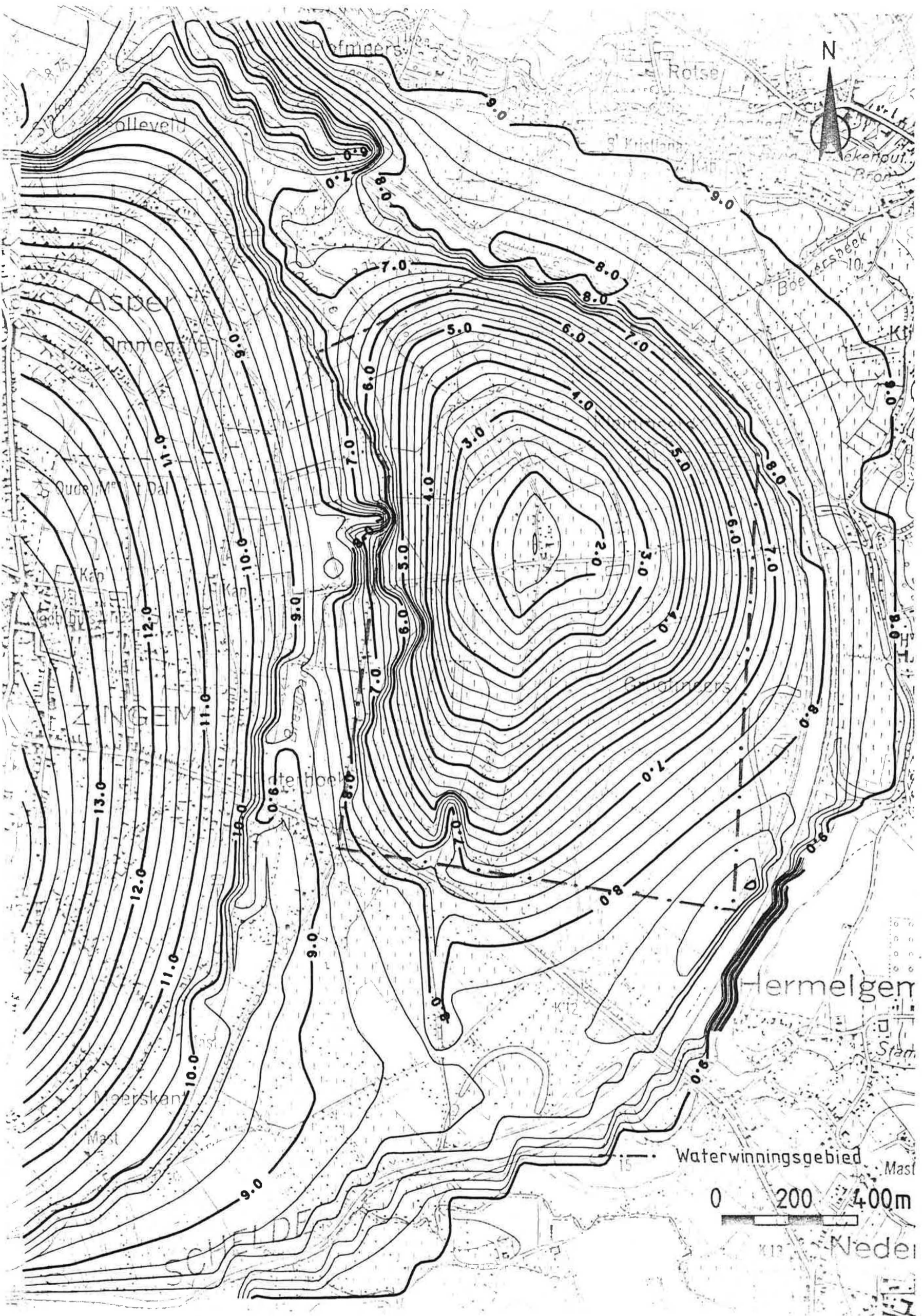
PLAAT 23 : TIJDSEVOLUTIE : STIJGHOOGTE IN LAAG 1 NA 18 MAANDEN

LAAG 1	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN → VEKTORLENGTE VAN 1.1000 M/D
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.	MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86



PLAAT 24 : TIJDSEVOLUTIE : STIJGHOOGTE IN LAAG 1 NA 24 MAANDEN

LAAG 1	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN → VEKTORLENGTE VAN 1.1000 M/D	
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.		MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86



PLAAT 25 : TIJDSEVOLUTIE : STIJGHOOGTE IN LAAG 3 NA 6 MAANDEN

LAAG 3

ISOLIJNEN

DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN

LIJNEN OM DE 0.25 METER

→ VEKTORLENCTE VAN 1.1000 M/D

MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING
MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE-
VALLEI TE ZINGEM.

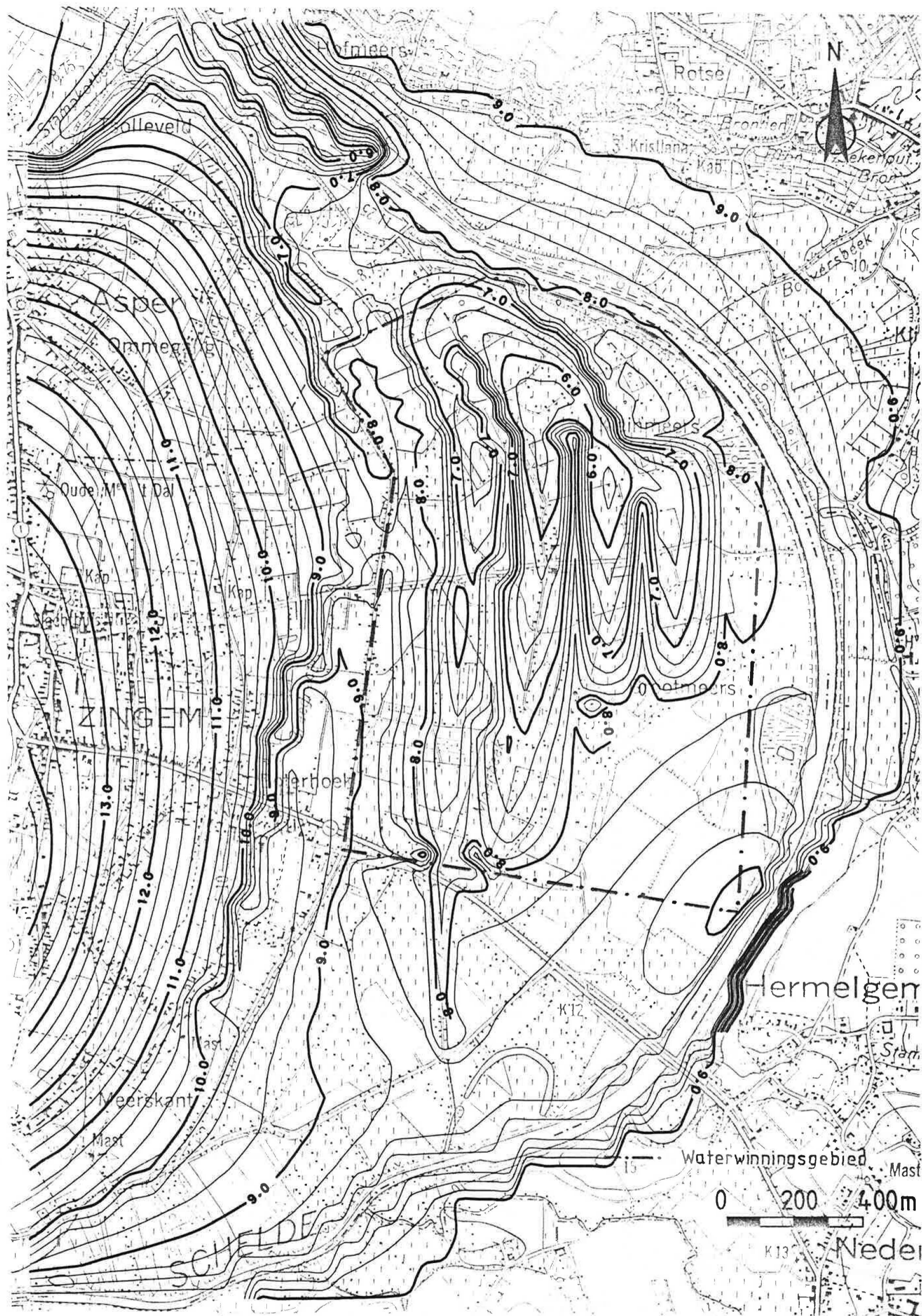
MINISTERIE VAN DE VLAAMSE
GEMEENSCHAP

AROL
Dienst Water- en Bodembeleid

Datum: JUNI 1989

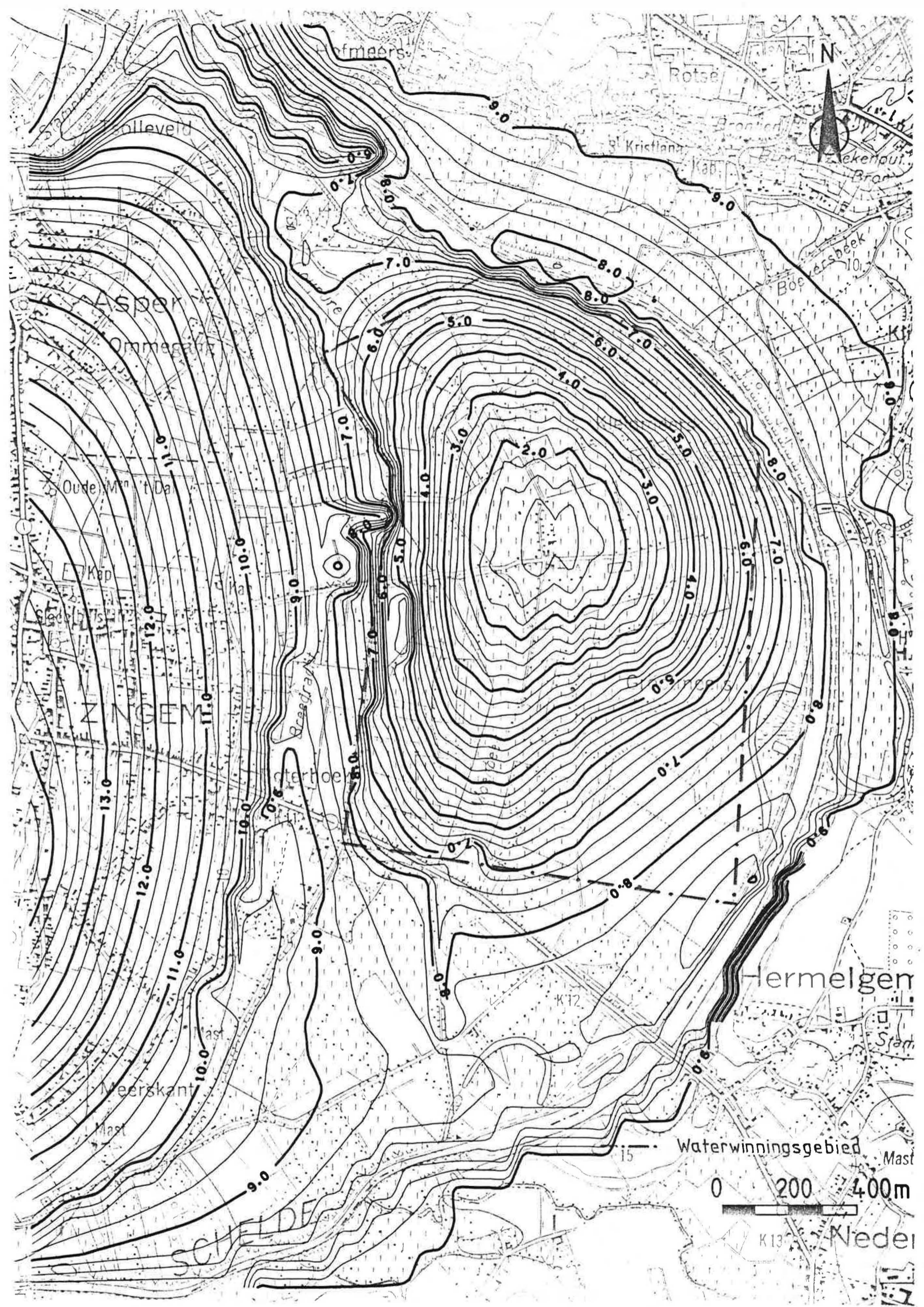
RIJKSUNIVERSITEIT GENT
Laboratorium voor Toegepaste
Geologie en Hydrogeologie
PROF. DR. W. DE BREUCK

TGO 86/86



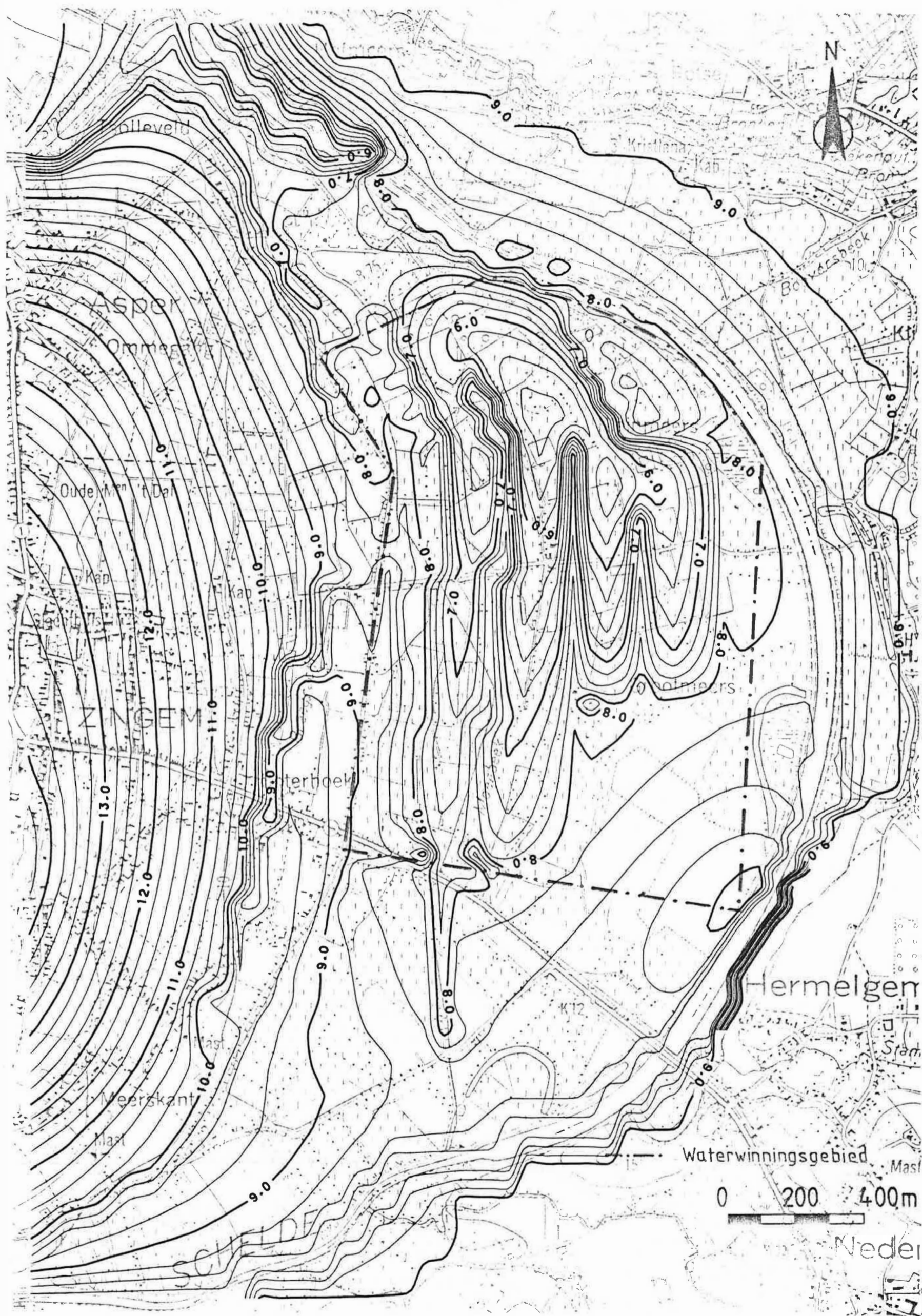
PLAAT 26 : TIJDSEVOLUTIE : STIJGHOOGTE IN LAAG 3 NA 12 MAANDEN

<p>LAAG 3</p>	<p>ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER</p>	<p>DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN → VEKTORLENGTE VAN 1.1000 M/D</p>	
<p>MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.</p>		<p>MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989</p>	<p>RIJSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86</p>



PLAAT 27 : TIJDSEVOLUTIE : STIJGHOOGTE IN LAAG 3 NA 18 MAANDEN

LAAG 3	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN → VEKTORLENGTE VAN 1.1000 M/D
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.	MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	RIJKSUNIVERSITEIT GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86



PLAAT 28 : TIJDSEVOLUTIE : STIJGHOOGTE IN LAAC 3 NA 24 MAANDEN

LAAC 3	ISOLIJNEN LIJNEN OM DE 0.25 METER	DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN → VEKTORLENGTE VAN 1.1000 M/D	
MODELONDERZOEK VOOR GRONDWATERWINNING MET KUNSTMATIGE INFILTRATIE IN DE SCHELDE- VALLEI TE ZINGEM.		MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP AROL Dienst Water-en Bodembeleid Datum: JUNI 1989	BUNDELAARSDIENST GENT Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie PROF. DR. W. DE BREUCK TGO 86/86

waterwinningsgebied bedragen dan maximaal 6.75 m, buiten het waterwinningsgebied minder dan 2 m en ter hoogte van de dorpskom van Zingem minder dan 0.25 m.

3.6.3. Besluit

Een grondwaterwinning van 12000 m³/d of 4.38.10⁶ m³/jaar in het waterwinningsgebied waarbij gedurende zes maanden 16000 m³/d oppervlaktewater wordt geïnfiltreerd veroorzaakt fluctuerende verlagingen van de watertafel. De maximale verlagingen worden telkens bereikt juist voor de aanvang van een infiltratiecyclus. Na 18 maanden wordt een kwasi stabilisatietoestand bereikt, hierbij treden verlagingen op van de watertafel die ongeveer 6.75 m bedragen in het centrum van het waterwinningsgebied en 1.5 m erbuiten. Ter hoogte van de dorpskom van Zingem is de veroorzaakte verlaging kleiner dan 0.25 m.

4. HET TWEEDIMENSIONEEL KWALITEITSMODEL

4.1 INLEIDING

Naast de kwantitatieve aspecten had deze studie ook tot doel de wisselwerking tussen grondwater, infiltratiewater en scheldewater vanuit het oogpunt kwaliteit na te gaan. In de winning te Zingem kunnen twee verschijnselen de kwaliteit van het opgepompte water in belangrijke mate beïnvloeden:

- de stroming van het infiltratiewater vanuit de infiltratiegrachten naar de pompputten
- de stroming vanuit de Schelde naar de waterwinning toe

Deze verschijnselen werden onderzocht m.b.v. een tweedimensioneel kwaliteitsmodel. Dit laat toe de evolutie van de kwaliteitsverdeling in een verticale doorsnede te berekenen, zodat ook verticale variaties in het grondwaterreservoir worden nagegaan. Met het model werden twee berekeningen uitgevoerd : de eerste volgt de verspreiding van infiltratiewater vanuit een infiltratiegracht naar een nabijgelegen pompput, de tweede berekent de stroming vanuit de Schelde naar het centrum van de waterwinning.

De tweedimensionale kwaliteitsmodellen liggen volgens rij 32 van het stromingsmodel.

4.2 ALGEMENE PRINCIPES

In deze studie werd gebruik gemaakt van het model van L.F.KONIKOW & J.D.BREDEHOEFT (1978). Het simulatieprogramma werd gekoppeld aan een tekenprogramma dat toelaat de berekende grondwaterstijghoogten, snelheden en concentraties voor te stellen.

Het numeriek model simuleert het transport van opgeloste stoffen in een grondwaterreservoir. Het berekent de opeenvolgende concentratieveranderingen van een chemisch inerte opgeloste stof. Het programma lost gelijktijdig twee partiële differentiaalvergelijkingen op. Het zijn de grondwaterstromingsvergelijking, waarbij rekening wordt gehouden met de dichtheidsverdeling en de vergelijking die het transport van

opgeloste stoffen weergeeft.

Het model berekent de menging van twee primaire waters. In de eerste berekening (4.4) is het eerste primaire water het grondwater dat in de huidige toestand het grondwaterreservoir vult. Het tweede primair water is het zwalmwater dat vanuit de infiltratiegrachten infiltreert.

In de tweede berekening (4.5) is het eerste primair water een mengtype water bestaande uit om het even welke verhouding van oorspronkelijk grondwater en geïnfiltreerd zwalmwater. Het tweede primair water is hier het scheldewater.

De grondwaterstromingsvergelijking wordt afgeleid van de uitgebreide wet van DARCY, waarin de dichtheidsverschillen verwerkt zijn, en van de continuïteitswet. De opgeloste-stoffentransportvergelijking wordt opgelost met de methode van de karakteristieken.

Het mathematisch model combineert beide vergelijkingen en houdt hierbij rekening met:

- dichtheidsveranderingen
- konvektief transport
- hydrodynamische dispersie

De berekeningen geschieden volgens de techniek gekend als "particle tracking". Hierbij volgt men de beweging van een groot aantal waterdeeltjes doorheen het netwerk.

4.3 VOORSTELLING VAN DE RESULTATEN

Op elke figuur zijn de stijghoogtelijnen getekend met een interval van 0.25 m. De grondwatersnelheid wordt weergegeven door een vektor. Deze vektor wordt afgeleid uit de verticale en horizontale snelheidscomponenten. De lengte van deze componenten wordt bepaald door de snelheid te vermenigvuldigen met een tijdsduur, hier gelijkgesteld aan een kwart jaar (91.3125 dagen).

De mengingsgraad van de twee primaire waters wordt aangegeven door lijnen van gelijke vermenging. De vermenging wordt uitgedrukt in percentage irrigatiewater. De getekende lijnen

korresponderen met 99,95,84,50,16,5 en 1%.

4.4. SIMULATIE VAN DE STROMING VANUIT EEN INFILTRATIEGRACHT NAAR EEN POMPPUT

4.4.1 Ingevoerde gegevens en randvoorwaarden

De gesimuleerde doorsnede loopt in west-oost richting van de middenste infiltratiegracht in het westen tot de dichtste raai pompputten in het oosten. Het profiel ligt ter hoogte van rij 32 van het stromingsmodel (fig. 8) en is 100 m lang. Het netwerk is opgebouwd uit 20 kolommen en 17 rijen (fig. 14), waarbij de buitenste kolommen en rijen van het model niet berekend worden. Elke cel is 5.55 m lang en 1 m hoog.

De litologische bouw is vereenvoudigd in het model opgenomen (fig. 14). Er wordt verder aangenomen dat de verschillende lagen horizontaal verlopen en een konstante dikte hebben. De aangenomen dikten zijn gemiddelden in het waterwinningsgebied. De totale dikte van het reservoir bedraagt 15 m. De onderste doorlatende laag KZ1 is in het model 3 m dik en heeft een horizontale doorlatendheid van 16.9 m/d. De leemlaag KL is 2 m dik en heeft een doorlatendheid overeenkomend met een hydraulische weerstand van 34 dagen. De doorlatende laag KZ2 is 6 m dik en heeft een horizontale doorlatendheid van 10.7 m/d. De laag KDL heeft een verticale doorlatendheid van 0.38 m/d en is 4 m dik. In de kolommen 2 en 3 ligt de infiltratiegracht. Hier bedraagt de doorlatendheid van de laag KDL 10.7 m/d.

De pompput is in kolom 19 van het model opgenomen als 3 cellen in de laag KZ1 waaruit water wordt gewonnen. Het opgepompte debiet bedraagt 11.95 m³/d per cel. Deze hoeveelheid komt overeen met de helft van het debiet dat in het stromingsmodel per pompput wordt onttrokken voor een winning van 12000 m³/d, rekening houdend met de breedte van het gemodelleerde profiel. Het midden van de pompput kan als een ondoor-

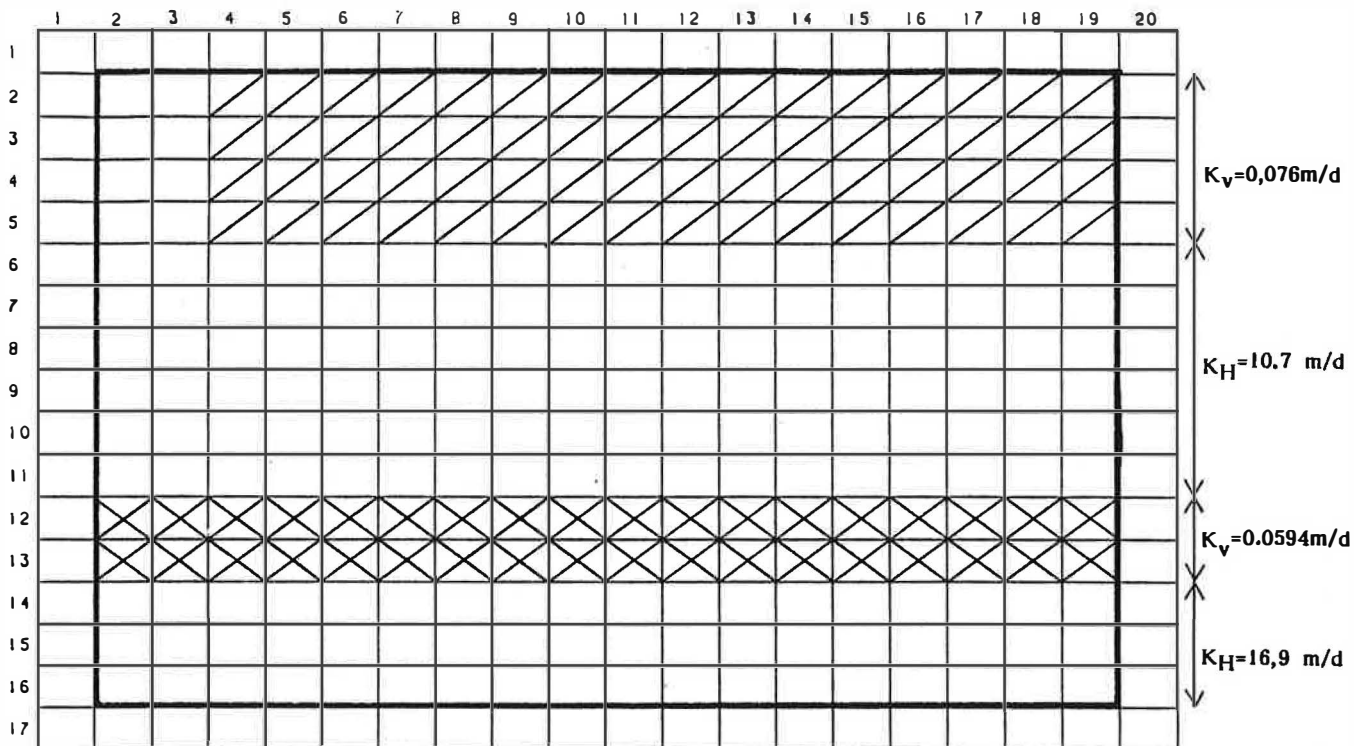
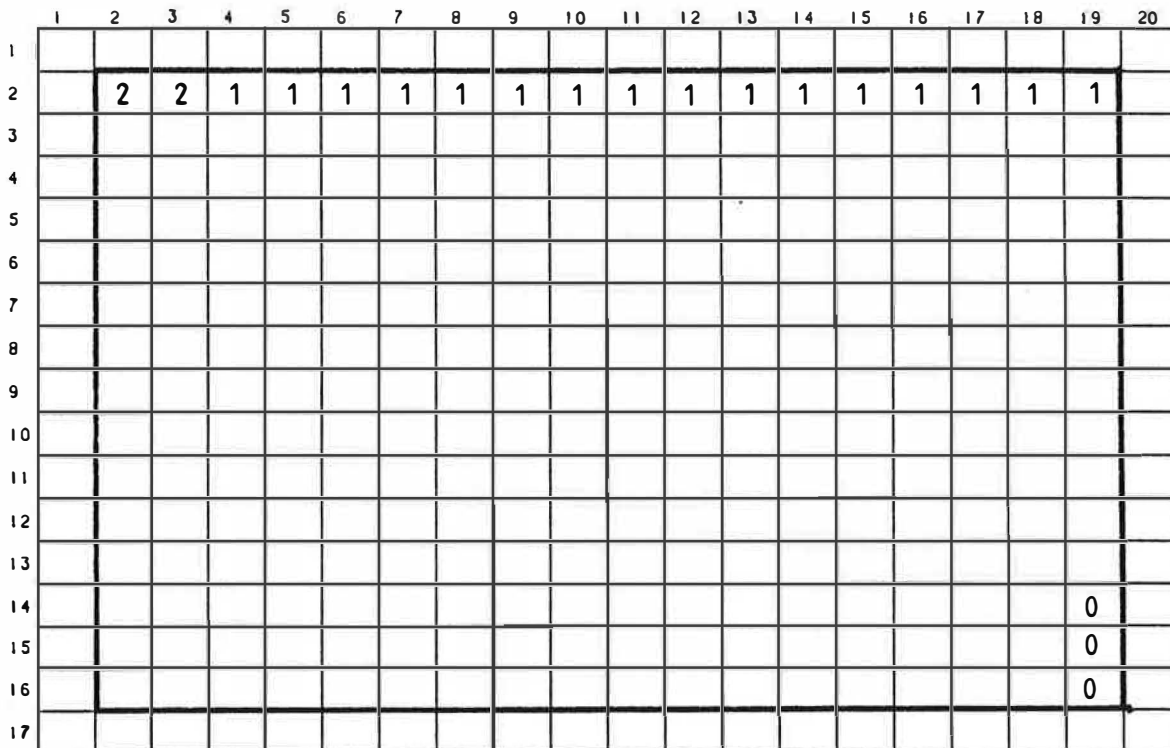


Fig. 14 - Netwerk, litologische bouw en hydraulische doorlatendheden van de verticale doorsnede infiltratiegracht-pompput



0 = cel waaruit 11,95 m³/d gepompt wordt 1 = cel met 300 mm/jaar infiltratie
 2 = cel met 2082 mm /jaar infiltratie — = ondoorlatende grens

Fig. 15 - Randvoorwaarden en pompingen in de verticale doorsnede infiltratiegracht-pompput.

latende grens beschouwd worden. De overige helft van het debiet wordt uit het oosten aangetrokken.

De infiltratiegracht is in het model opgenomen door in de kolommen 2 en 3 de infiltratie te verhogen tot 5.7024 mm/d. Deze waarde is de gemiddelde jaarlijkse infiltratiesnelheid in rij 32 die in het stromingsmodel werd berekend voor de infiltratie van de middenste infiltratiegracht (fig. 15).

Bovenop de doorsnede bedraagt de nuttige neerslag 300 mm/jaar.

De longitudinale dispersie bedraagt 0.15 m. De verhouding transversale op longitudinale dispersie is 0.30. De verhouding verticale op horizontale doorlatendheid bedraagt 0.20. De porositeit is 0.38. Deze waarden zijn gesteund op ervaring en zijn relevant voor de aard van de afzettingen in Zingem.

4.4.2 Resultaten

De resultaten zijn voorgesteld op fig. 16. Er werd een tijdsperiode van 3 jaar gesimuleerd. De toestand na telkens 6 maanden wordt weergegeven.

Er wordt aangenomen dat er konstant geïnfiltreerd en gepompt wordt. Uit de berekeningen blijkt dat in de doorlatende laag KZ2 de grondwatersnelheid het grootst is onder en nabij de infiltratiegrachten en verkleint naar de pompput toe. Onder deze grachten is de stroming hoofdzakelijk vertikaal. In de laag KZ1 is de grondwatersnelheid het kleinst onder de infiltratiegracht en vergroot naar de pompput toe.

De verticale stroming doorheen de slechtdoorlatende laag KL is steeds neerwaarts gericht, de grootste snelheid wordt aangetroffen onder de infiltratiegracht en nabij de pompput.

Gedurende het eerste jaar wordt vooral de laag KZ2 gevuld met infiltratiewater; de 50% mengverhouding bevindt zich na één jaar reeds op nagenoeg 70 m afstand van de infiltratiegracht. De mengverhouding in de onderste laag KZ1 is kleiner; tengevolge van de grotere snelheid komt in de pompput reeds een geringe mengverhouding voor.

Infiltratiegracht

Pompput

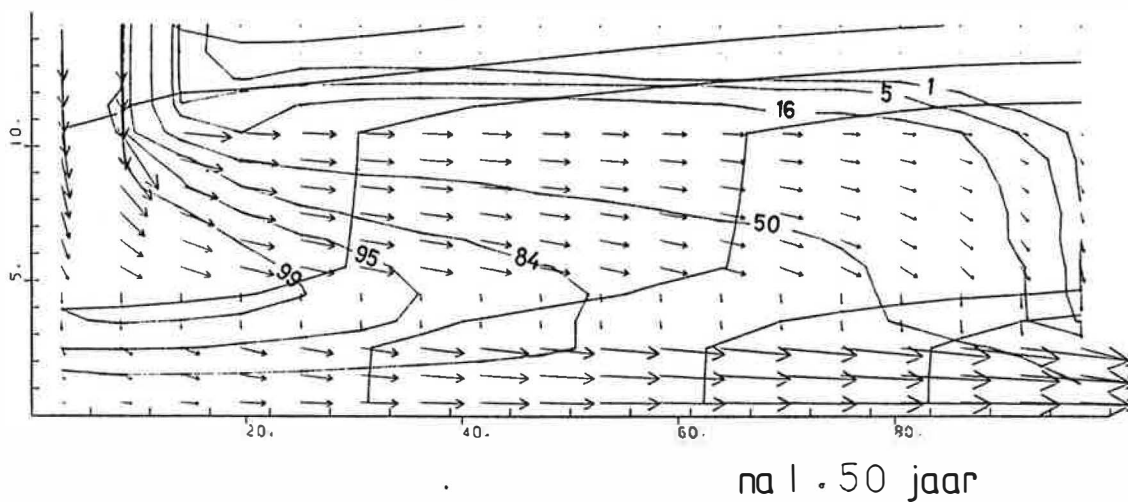
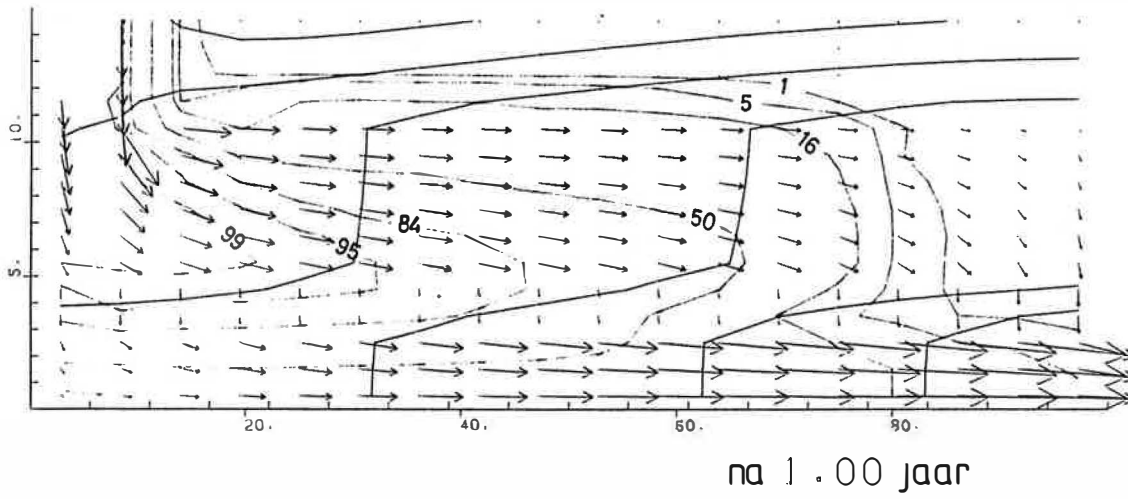
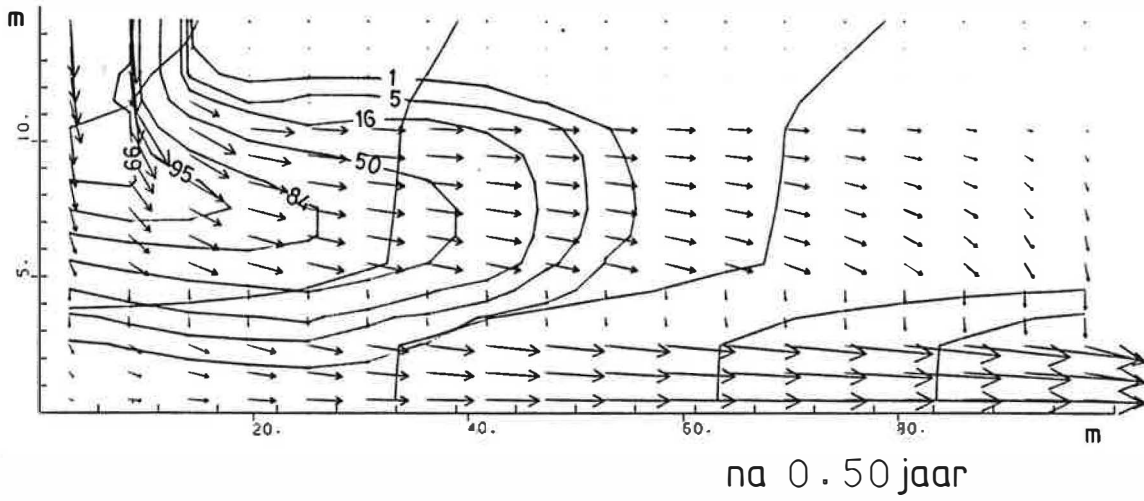


Fig. 16 - Berekende kwaliteitsverdeling van het infiltratiewater en het oorspronkelijk aanwezige grondwater.

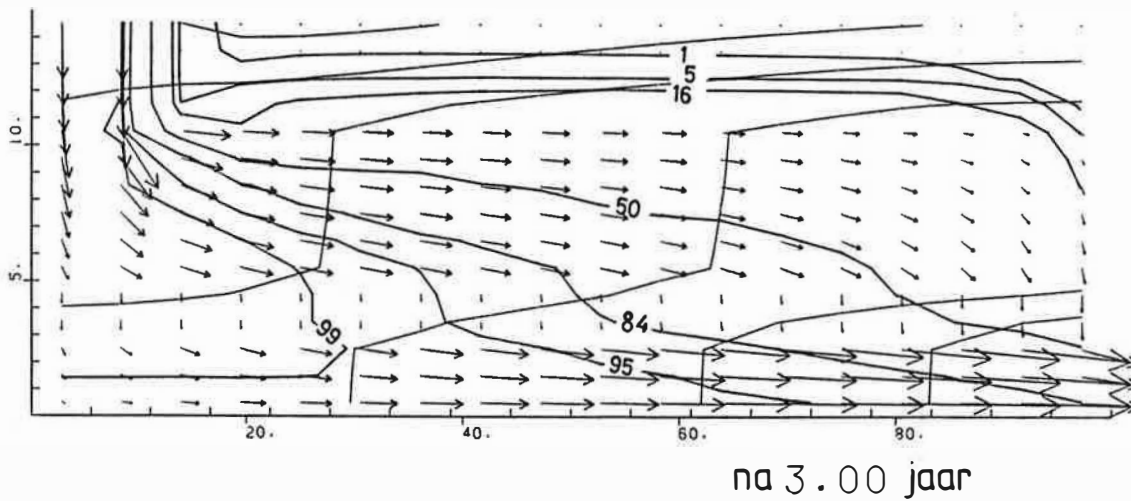
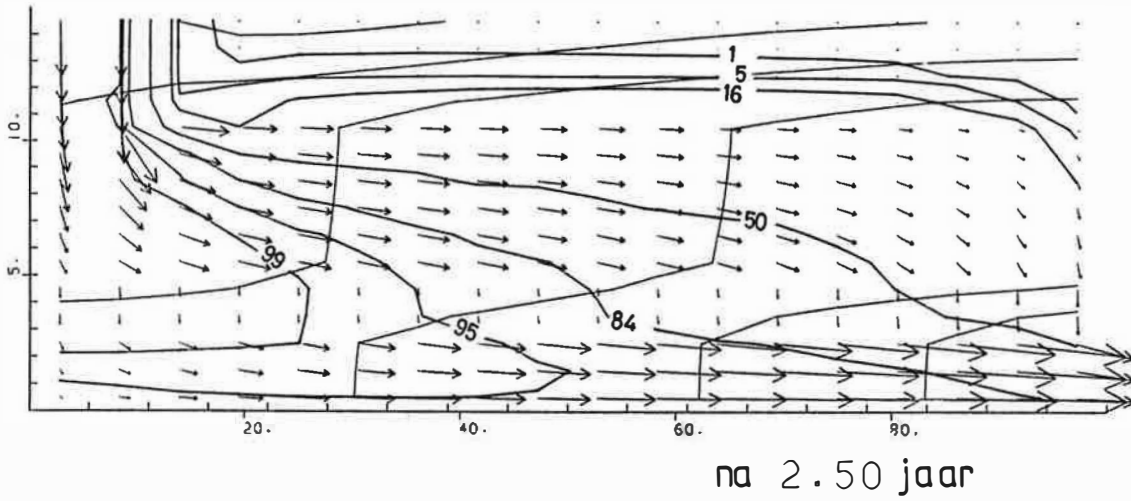
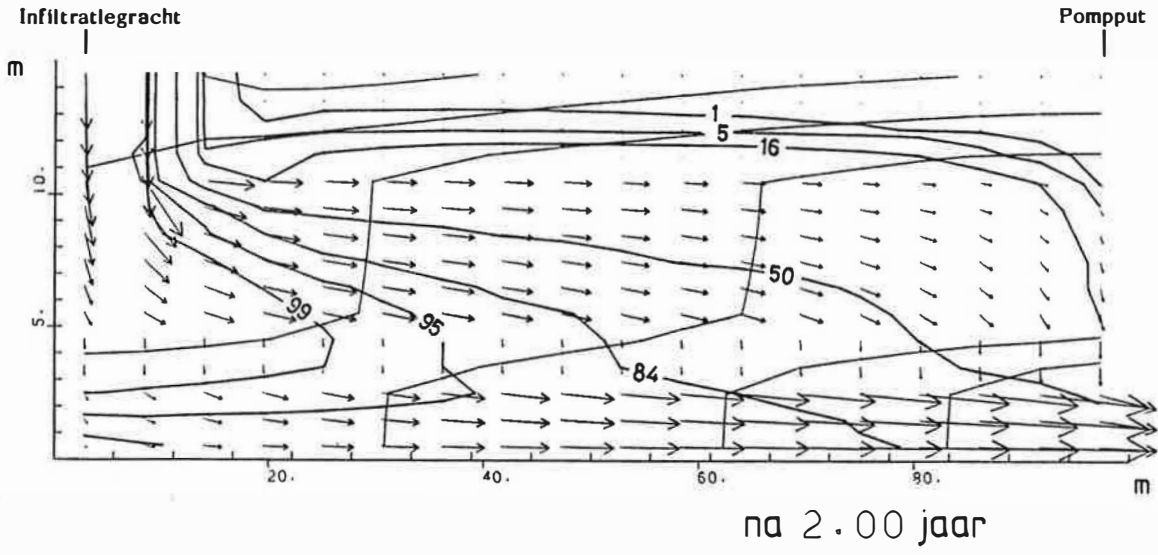


Fig. 16 - Vervolg.

Na twee jaar is de toestand geëvolueerd als volgt : in KZ2 wordt nabij de pompput een geringe mengverhouding aangetroffen. In KZ1 bedraagt de mengverhouding er meer dan 50%.

Na drie jaar is de mengverhouding in KZ2 nagenoeg dezelfde als na twee jaar, daarentegen is ze in KZ1 nog toegenomen.

4.4.3 Besluit

Bij een grondwaterwinning van 12000 m³/d (4.38.10⁶ m³/jaar) en een halfjaarlijkse infiltratie van 16000 m³/d volgens het gekozen winnings- en infiltratiedispositief werd in het centrum van de waterwinning berekend dat reeds na 1 jaar pompen infiltratiewater uit de grachten de pompputten bereikt. Na twee jaar heeft het opgepompte water reeds een mengverhouding oorspronkelijk grondwater-infiltratiewater bepaald door meer dan 50% infiltratiewater.

4.5. SIMULATIE VAN DE STROMING VANUIT DE SCHELDE NAAR DE WATERWINNING

4.5.1 Ingevoerde gegevens

De verticale doorsnede is 1025 m lang en loopt west-oost ter hoogte van rij 32 van het driedimensioneel stromingsmodel. De westgrens valt in het midden van de middenste infiltratiegracht in het waterwinningsgebied. De oostgrens valt samen met de 10 meter hoogtelijn op de rechteroever van de Schelde. Het netwerk is opgebouwd uit 84 kolommen en 11 rijen, waarbij de buitenste rijen en kolommen niet berekend worden. Elke cel is 12.5 m lang en 2 m hoog (fig. 17).

De litologische bouw is geschematiseerd in het model opgenomen (fig. 17). De basis van het reservoir wordt gevormd door de kleiige ieperiaansedimenten. Er wordt aangenomen dat de verschillende lagen horizontaal verlopen en een konstante dikte hebben. De ingevoerde doorlatendheden zijn aangeduid op fig 17.

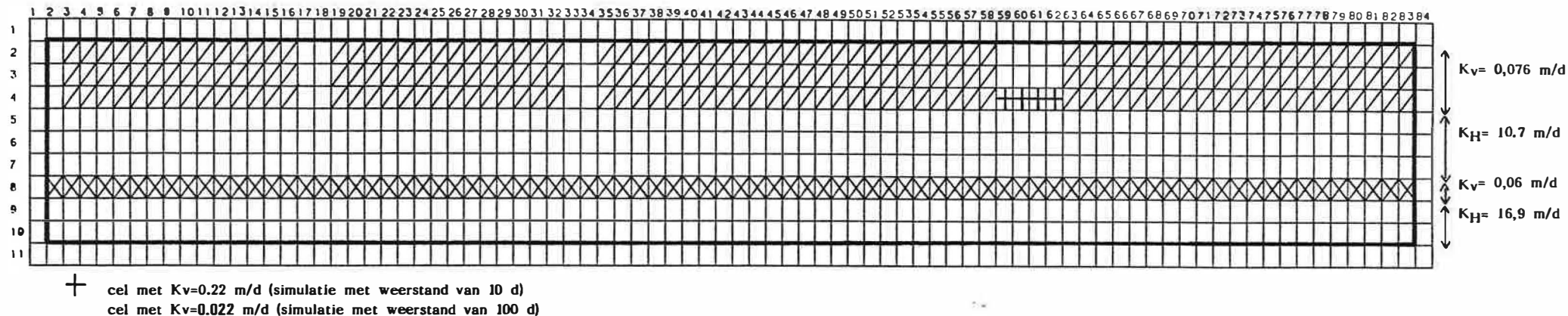


Fig. 17 - Netwerk, litologische bouw en hydraulische doorlatendheden van de verticale doorsnede Schelde- waterwinningsgebied

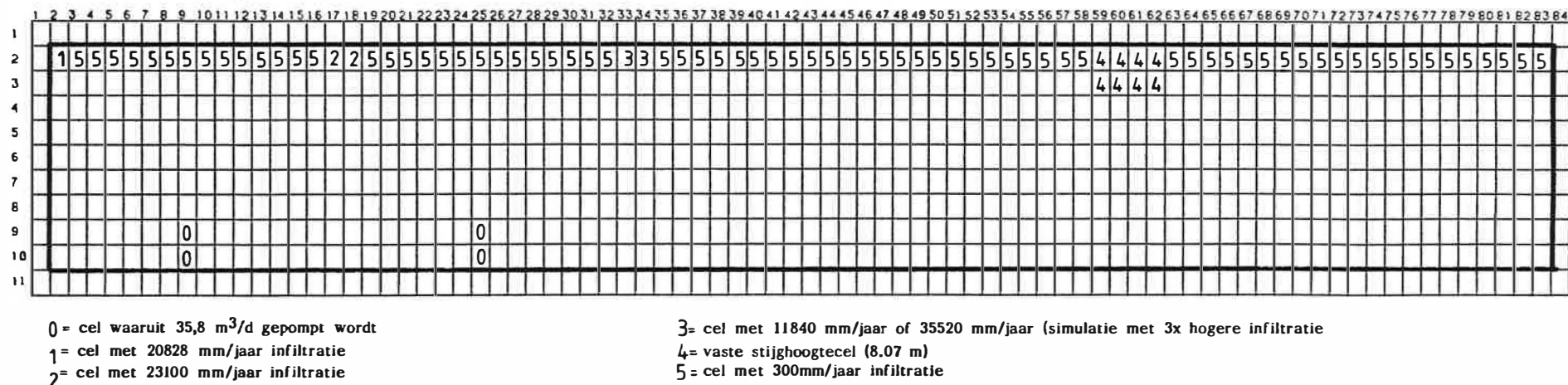


Fig. 18 - Randvoorwaarden en pompings in de verticale doorsnede Schelde- waterwinningsgebied

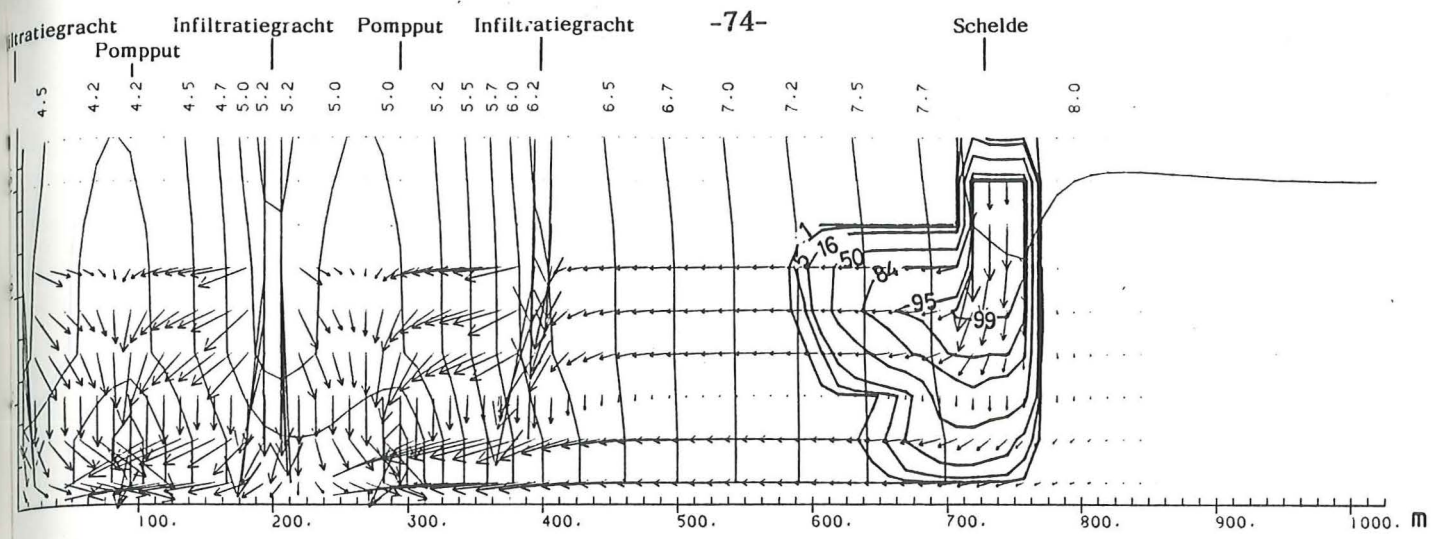
In het profiel zijn 3 infiltratiegrachten en 2 raaien van pompputten opgenomen. De ligging hiervan is aangegeven op fig. 18. De westgrens ligt onder het midden van een infiltratiegracht en kan als een ondoorlatende grens beschouwd worden. De ingevoerde infiltratiesnelheden zijn de gemiddelde jaarlijkse waarden in rij 32 berekend met het stromingsmodel. Elke pompput wordt door 2 cellen voorgesteld. Uit elke cel wordt 34,13 m³/d gepompt. Deze hoeveelheid komt overeen met een totaal winningsdebiet van 12000 m³/d voor de hele winning. Onder de infiltratiegrachten is de doorlatendheid 10.7 m/d.

De Schelde is ingevoerd als vaste stijghoogtecellen op peil +8.07 (fig. 18) van kolom 59 tot 62 in rij 2 en 3. De doorlatendheid van deze cellen werd groot genomen (100 m/d). De doorlatendheid van de cellen in rij 4 kolommen 59 t.e.m. 62 korrespondeert met de intreeweerstand van de Schelde. Omdat deze intreeweerstand niet precies bekend is werden 2 simulatiereeksen uitgevoerd met een intreeweerstand van resp. 10 en 100 dagen.

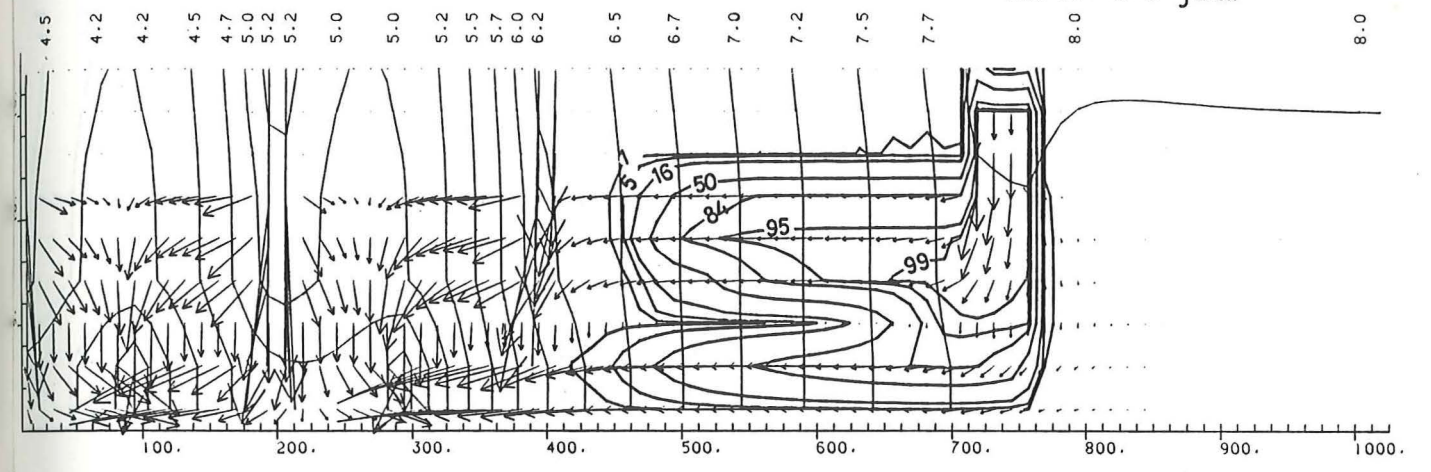
4.5.2. Resultaten

De resultaten van de simulatie waarbij de Schelde een intreeweerstand van 10 dagen heeft, zijn voorgesteld op fig. 19. Er werd een tijdsperiode van 20 jaar gesimuleerd. De kwaliteitsverdeling is om de 2.5 jaar weergegeven.

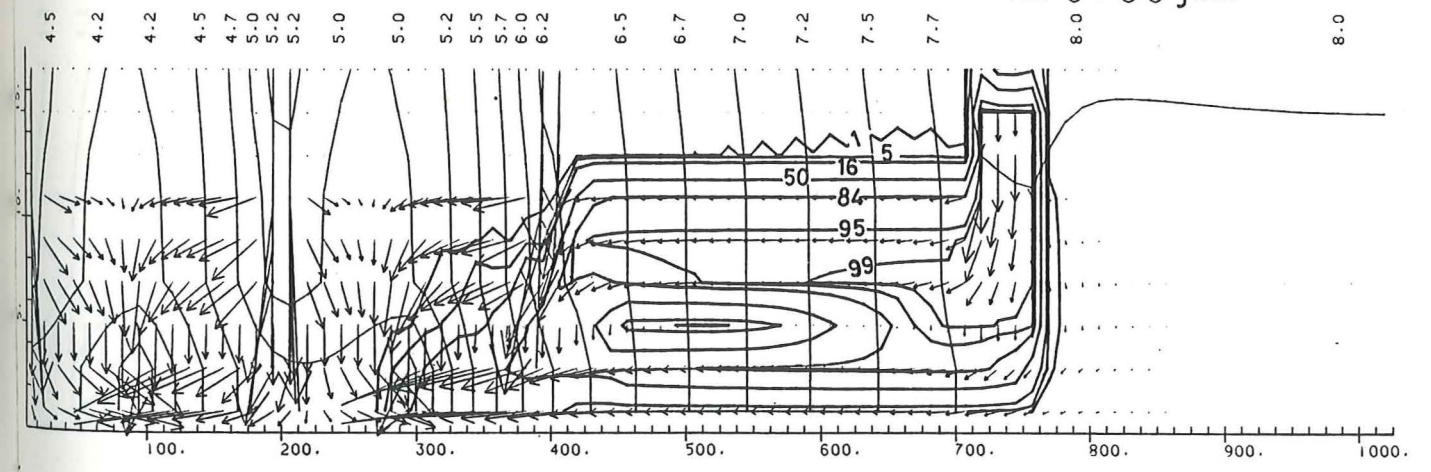
De sterkste stroming in de doorsnede treedt op tussen de infiltratiegracht en de pompputten. Vanuit de Schelde treedt er infiltratie op. Onder de Schelde is de verticale stromingskomponent belangrijk. Vanonder de Schelde treedt er hoofdzakelijk een horizontale stroming op naar de waterwinning in de lagen KZ1 en KZ2. Het vanuit de Schelde geïnfiltreerd water zal zich eerst via de doorlatende laag KZ2 verspreiden en pas later ook via de onderste doorlatende laag KZ1. Aangezien de stroming in KZ1 echter groter is dan in KZ2 zal het scheldewater zich vlugger in KZ1 bewegen. Na 7.5 jaar bereikt het eerste scheldewater de winning. Pas na 17.5 jaar bereikt de 50% mengverhouding de winningsput.



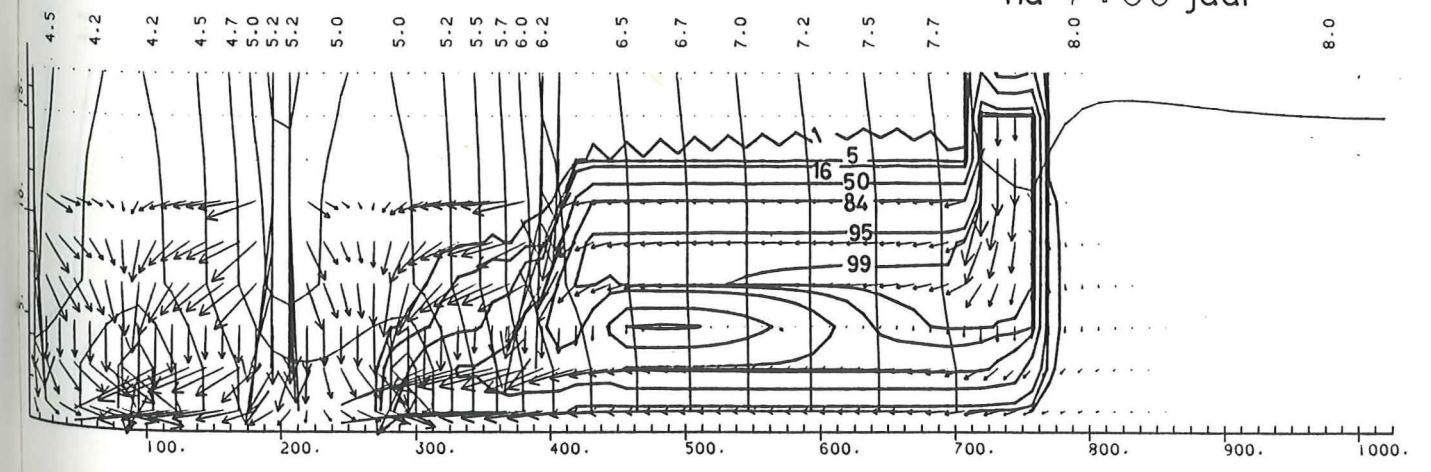
na 2.50 jaar



na 5.00 jaar

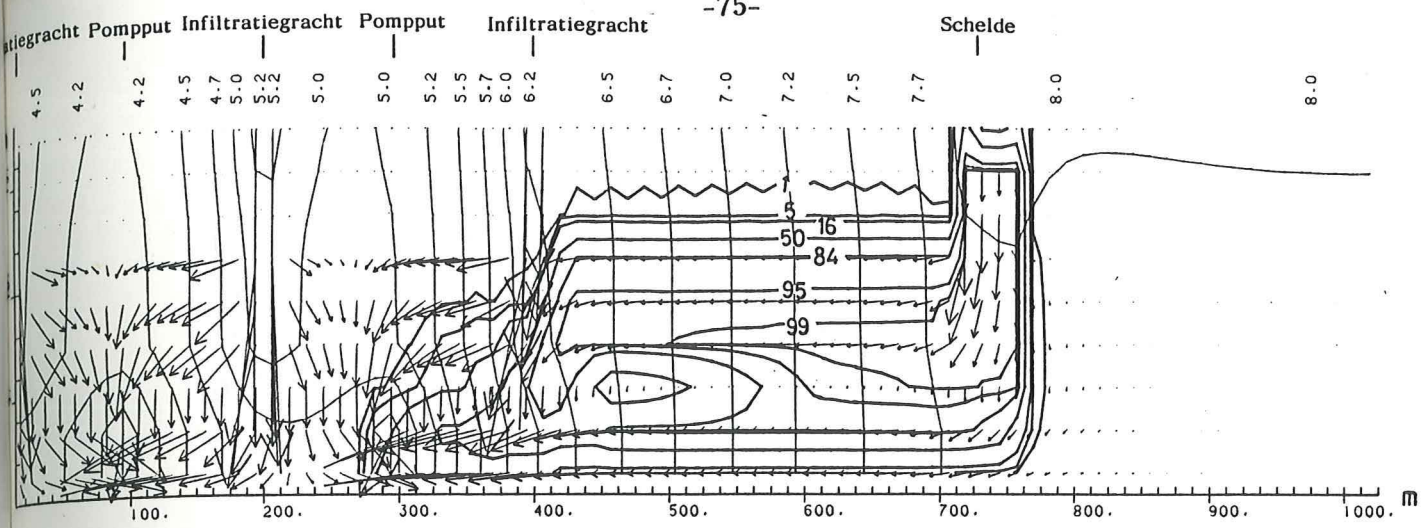


na 7.50 jaar

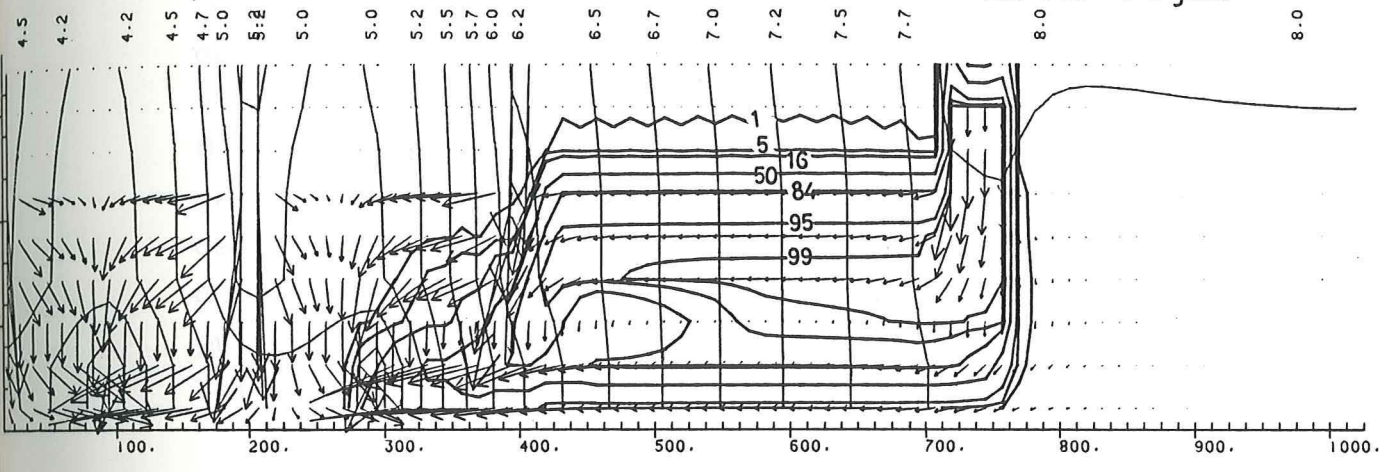


na 10.00 jaar

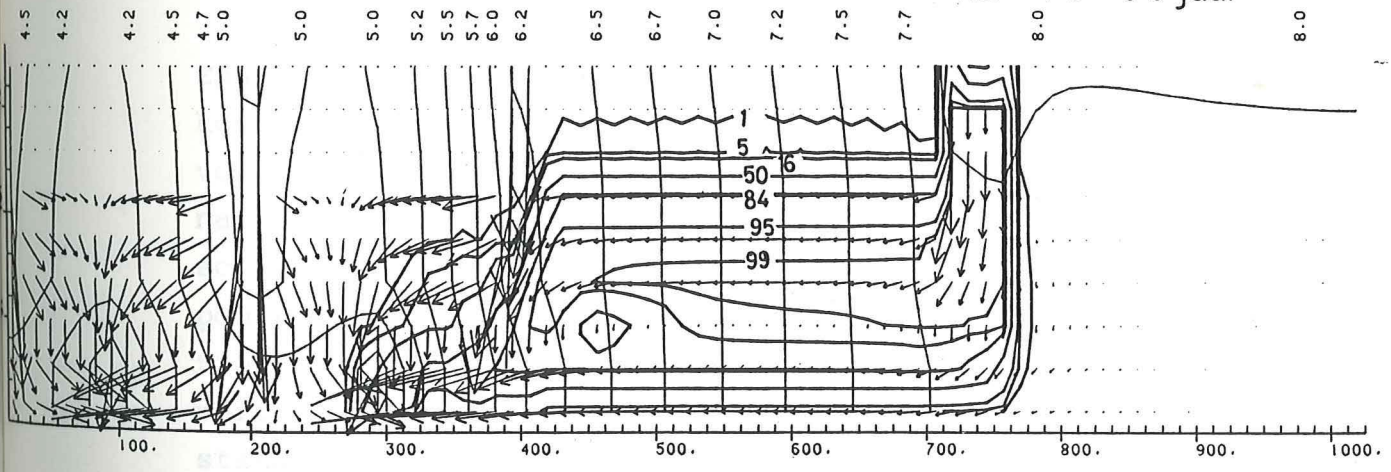
Fig. 19 - Berekende kwaliteitsverdeling van het scheldewater en het grondwater De intreeweerstand van de Schelde bedraagt 10 dagen.



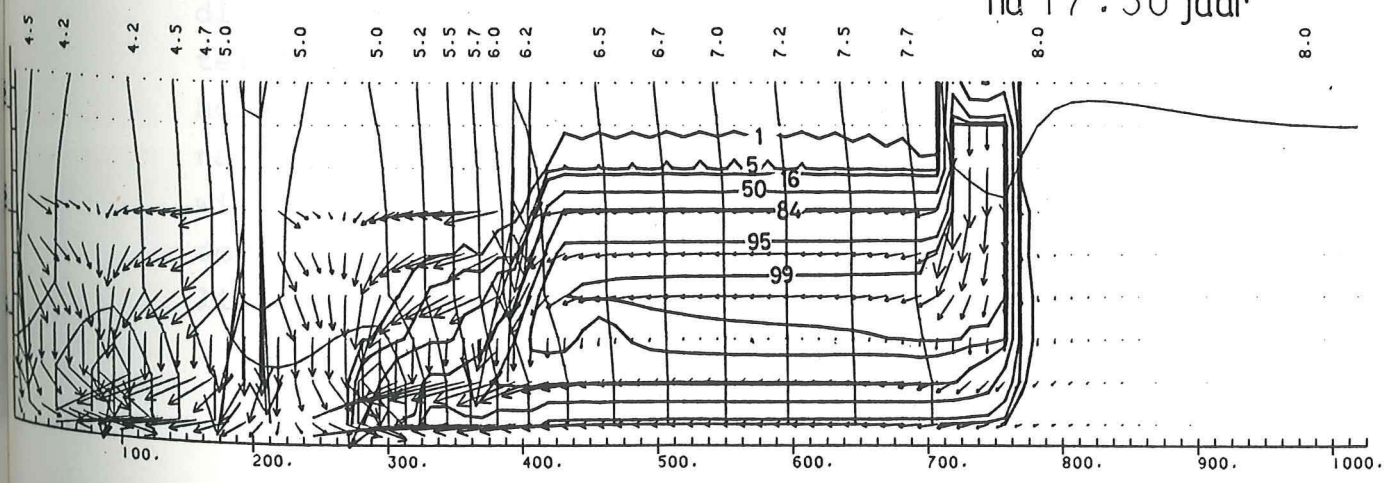
na 12.50 jaar



na 15.00 jaar



na 17.50 jaar



na 20.00 jaar

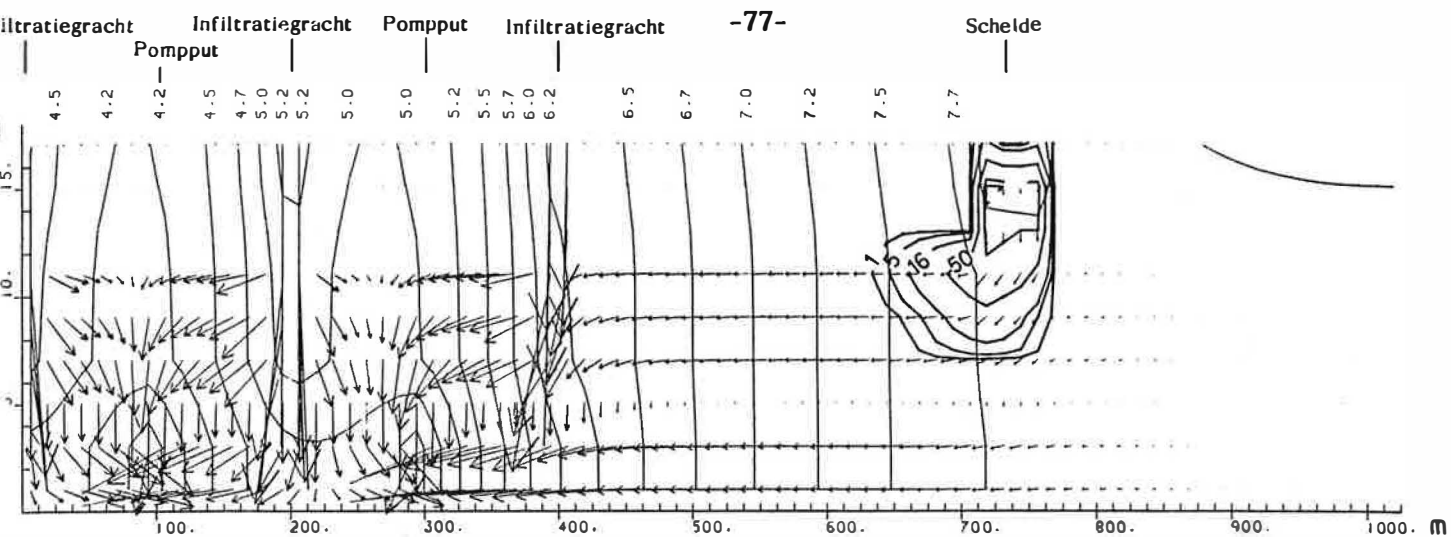
Fig. 19 - Vervolg.

De resultaten van de simulatie waarbij de Schelde een intreeweerstand van 100 dagen heeft zijn voorgesteld op fig. 20. De verticale stroming onder de Schelde is kleiner. Hier blijft de verspreiding van het scheldewater beperkt tot de watervoerende laag KZ2. Pas wanneer het scheldewater onder de eerste infiltratiegracht komt, zal het door de neerwaartse stroming naar de onderste watervoerende laag stromen en de pompputten bereiken. Dit zou na ongeveer 10 jaar plaatsvinden. Na 20 jaar winning is de 16% mengverhouding nog niet in de winningsput.

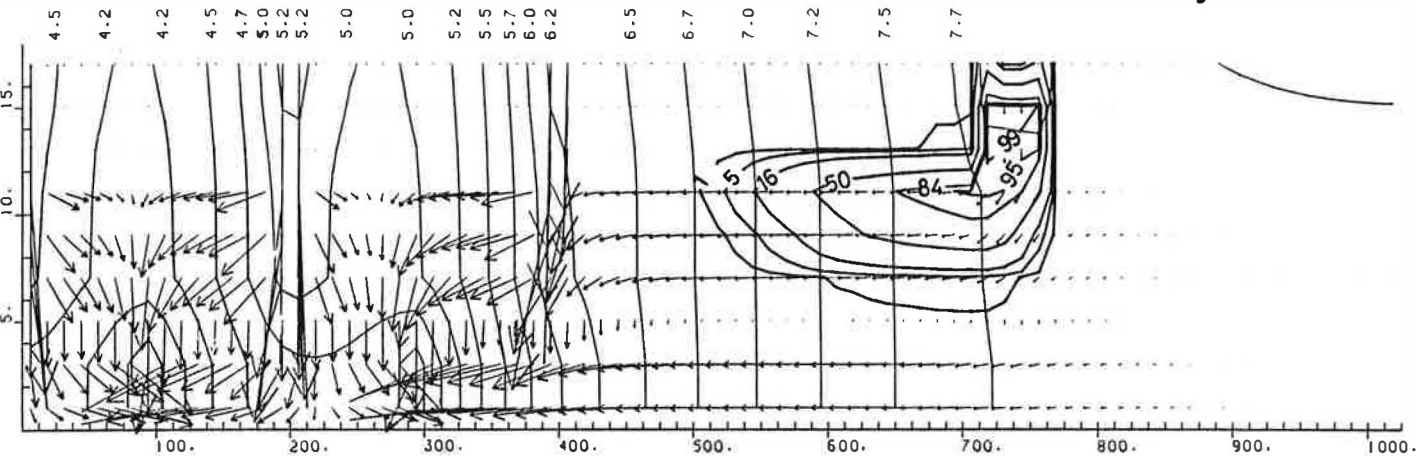
Uit de berekeningen blijkt dat zowel met een kleine (10 dagen) als een grote (100 dagen) intreeweerstand van de Schelde, er vanuit de Schelde infiltratie zal optreden. Het scheldewater kan na langere tijd de meest oostelijk gelegen pompputten bereiken. De andere raaien pompputten zullen niet beïnvloed worden.

4.5.3 Besluit

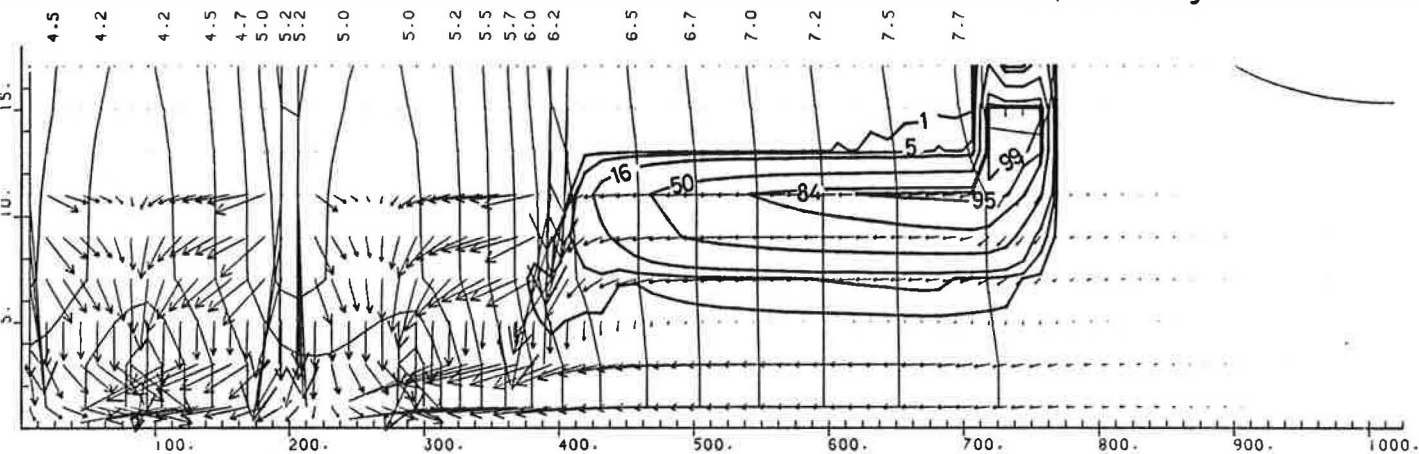
Een grondwaterwinning van 12000 m³/d (4.3.10⁶ m³/jaar) gekombineerd met een halfjaarlijkse infiltratie van 16000 m³/d volgens het gekozen winnings- en infiltratiedispositief zal na een zekere tijd beïnvloed worden door binnendringend scheldewater. Dit water kan enkel de 22 dichtsbijgelegen pompputten bereiken. Afhankelijk van de (veranderlijke) intreeweerstand onder de Schelde gebeurt dit voor het berekende vertikaal profiel na respectievelijk 7.5 jaar (intreeweerstand 10 dagen) en 10 jaar (intreeweerstand 100 dagen). Na dit tijdsverloop heeft het opgepompte water in de meest oostelijk gelegen putten een kwaliteit bepaald door een mengverhouding waarbij maximaal 5% scheldewater aanwezig is. Slechts na 17.5 jaar pompen bereikt de 50% mengverhoudingslijn de winningsput voor een intreeweerstand van 10 dagen. Bedraagt deze laatste 100 dagen dan bereikt slechts de 16% mengingslijn de winningsput na 20 jaar.



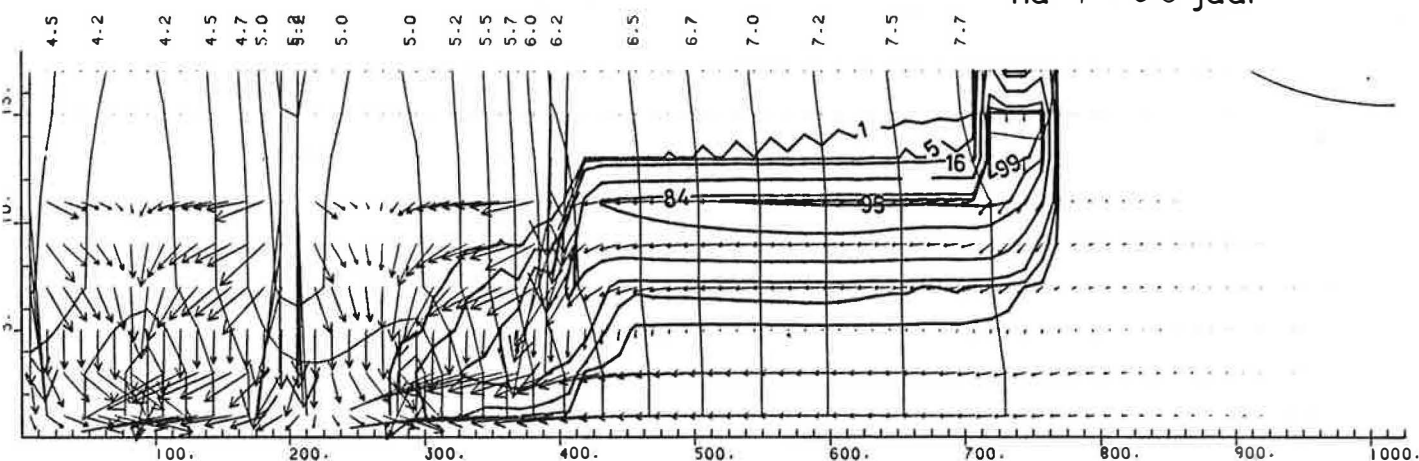
na 2.50 jaar



na 5.00 jaar



na 7.50 jaar



na 10.00 jaar

Fig. 20 - Berekende kwaliteitsverdeling van het scheldewater en het grondwater.
De intreeverstand van de Schelde bedraagt 100 dagen.

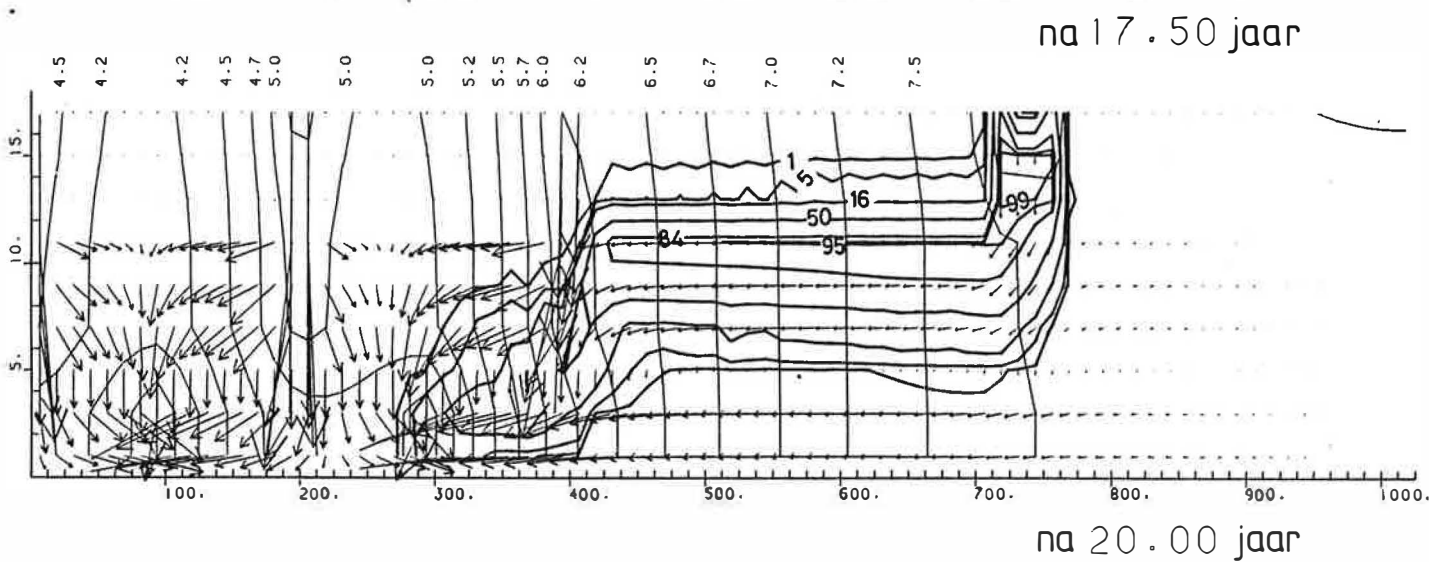
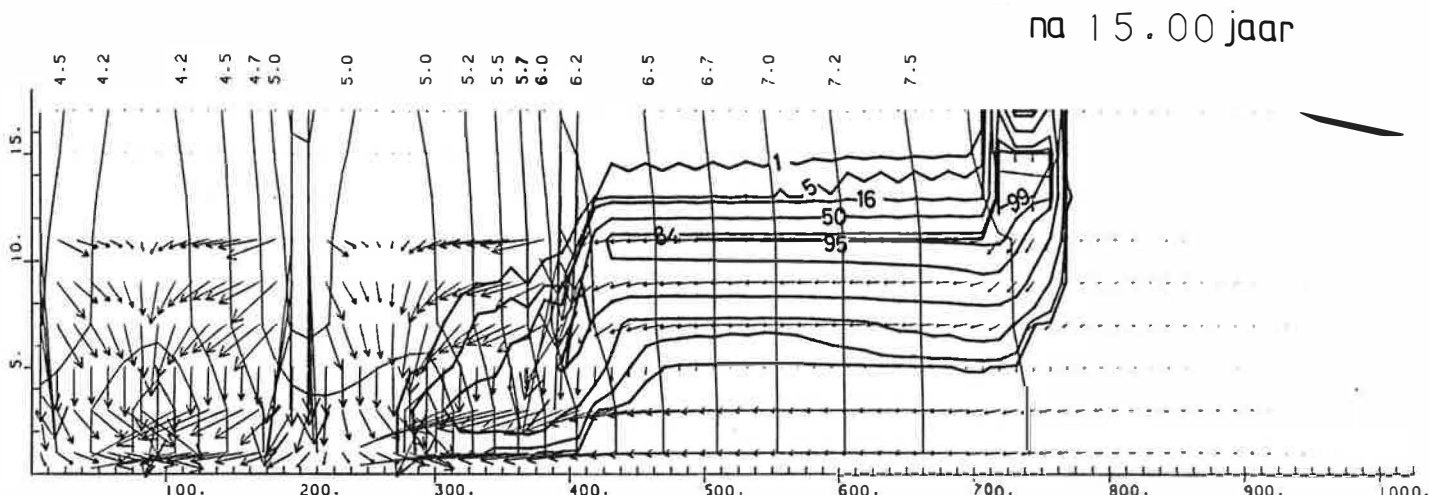
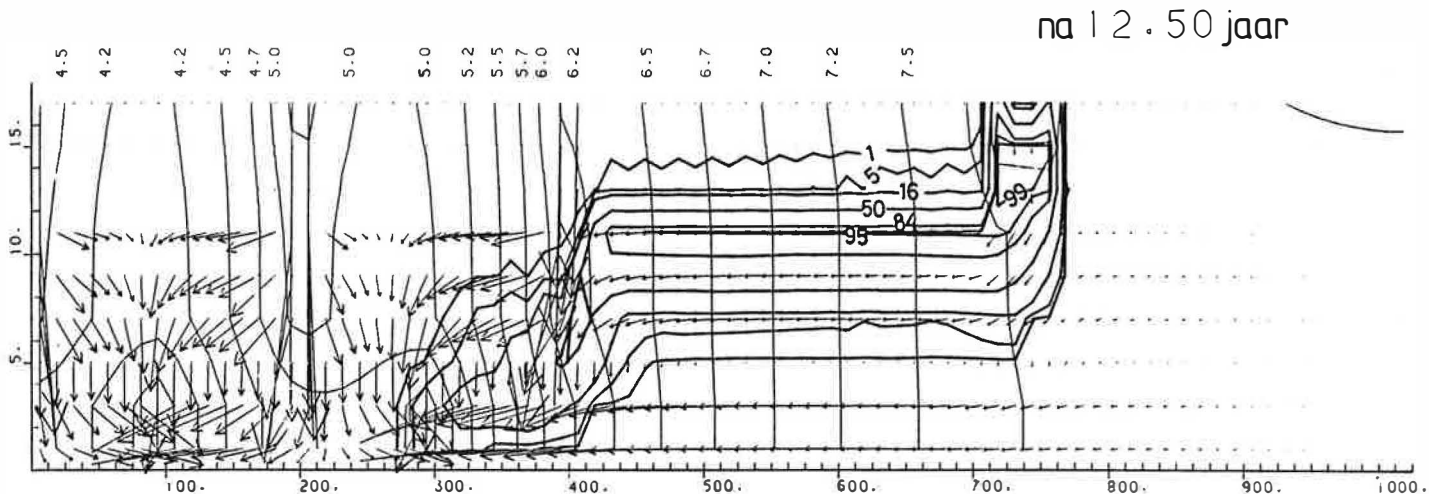
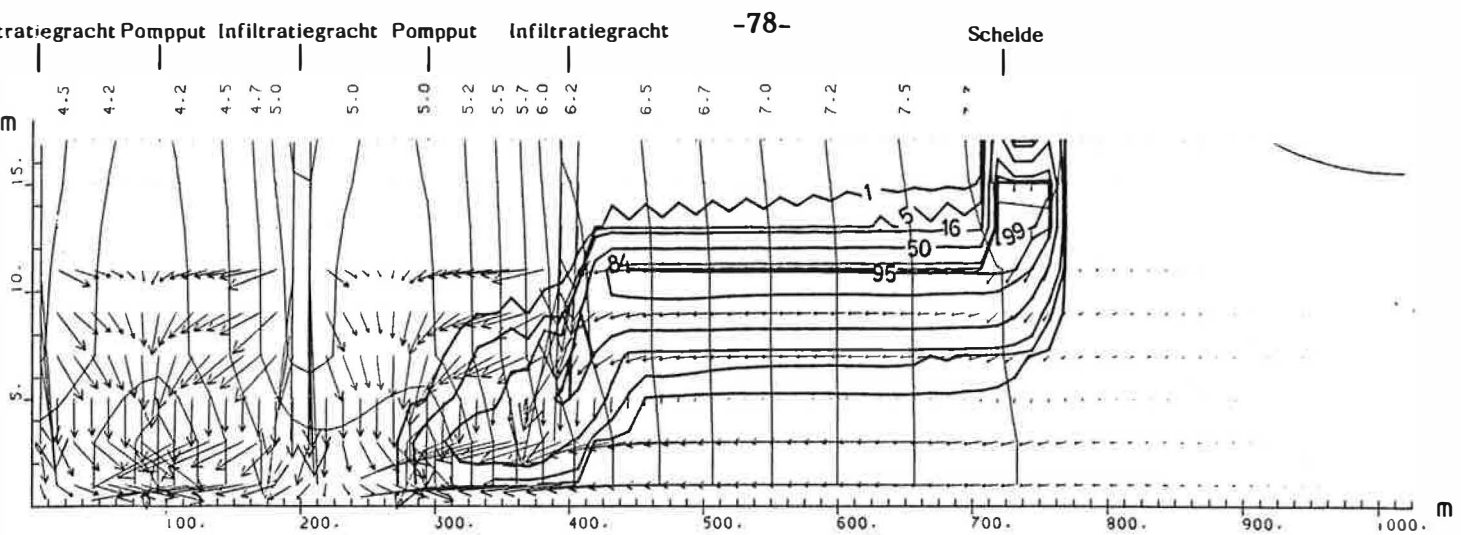


Fig. 20 - Vervolg.

De mogelijke verontreinigende invloed van het indringend scheldewater op de winning blijft echter beperkt:

- slechts een klein aantal winningsputten betreft water uit de Schelde; voor de voorgestelde configuratie van winningsputten bedraagt dit 22 putten op 102
- de betreffende 22 putten betrekken slechts gedeeltelijk indringend scheldewater
- de mengverhoudingen gelden voor chemisch inerte stoffen; met fysico-chemische processen die tijdens het verblijf van scheldewater in het grondwaterreservoir kunnen optreden wordt bij de berekeningen geen rekening gehouden.

4.6. SIMULATIE VAN DE STROMING VANUIT DE SCHELDE NAAR DE WATERWINNING WAARBIJ GETRACHT WORDT DE INDRINGING VAN SCHELDEWATER IN DE WATERWINNING TE VERHINDEREN

4.6.1. Ingevoerde gegevens

Uit de voorgaande simulaties blijkt dat steeds een hoeveelheid scheldewater, zij het na soms lange tijd, de winning bereikt. Teneinde dit te verhinderen werd gevraagd de stroming te simuleren indien in de infiltratiegracht nabij de Schelde de verhoogde infiltratie zou plaatsgrijpen.

De ingevoerde gegevens zijn analoog als voor de vorige simulatie (intreeweerstand Schelde 10 dagen), met dit verschil dat in de infiltratiegracht gelegen tussen de Schelde en de meest oostelijk gelegen pompput, een driemaal hogere infiltratie is ingevoerd.

De resultaten van deze simulaties zijn weergegeven in fig. 21.

4.6.2. Resultaten

Uit de berekeningen volgt dat de verhoogde infiltratie voor gevolg heeft dat de stroming in KZ2 en KZ1 naar de pompput

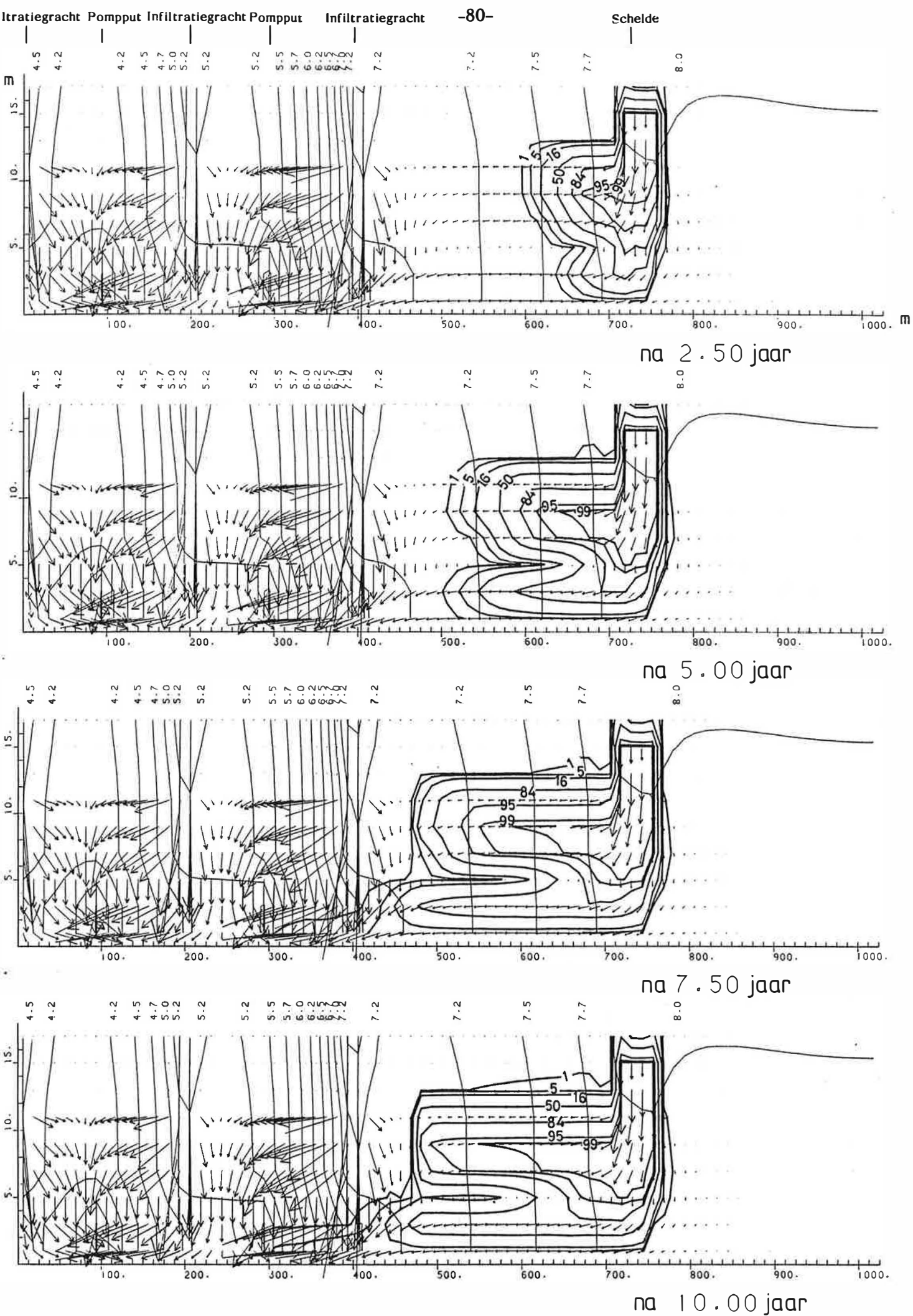


Fig. 21 - Berekende kwaliteitsverdeling van het scheldewater en het grondwater. De Intreeweerstand van de Schelde bedraagt 10 dagen en in de infiltratiegracht tussen Schelde en pomput is de infiltratie verdrievoudigd.

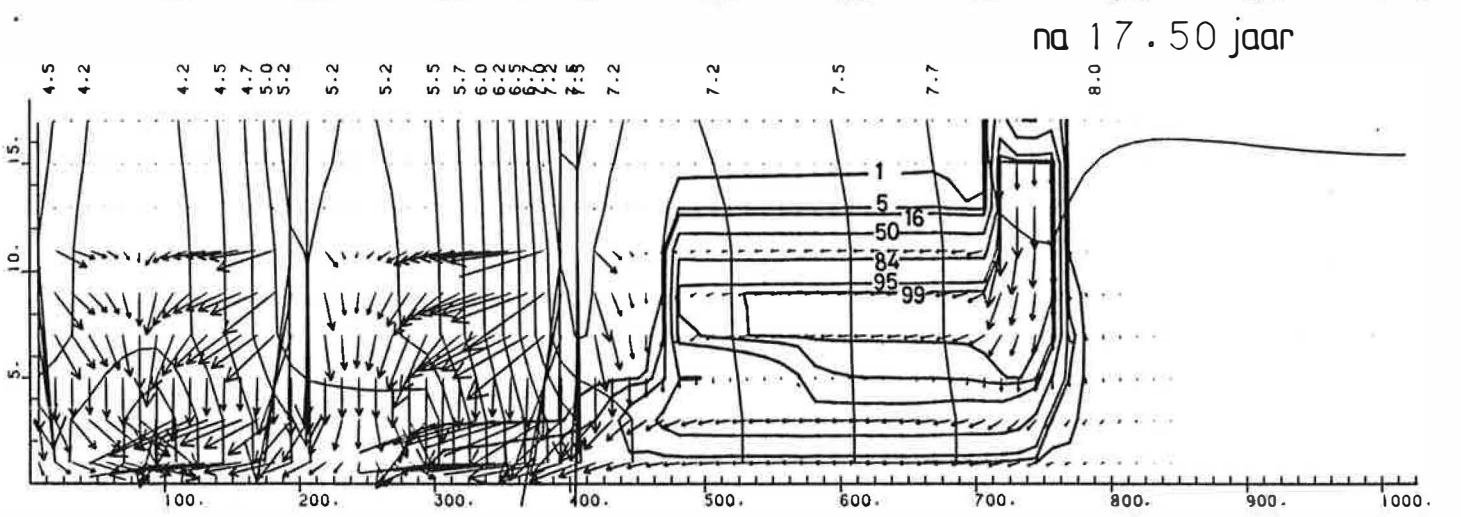
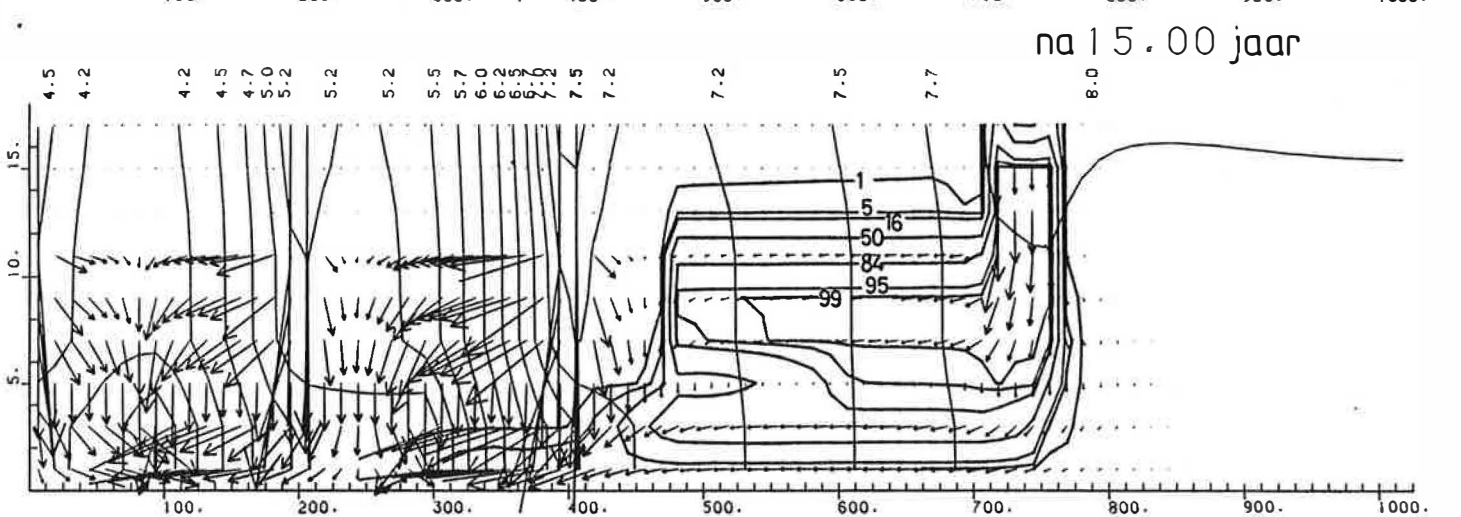
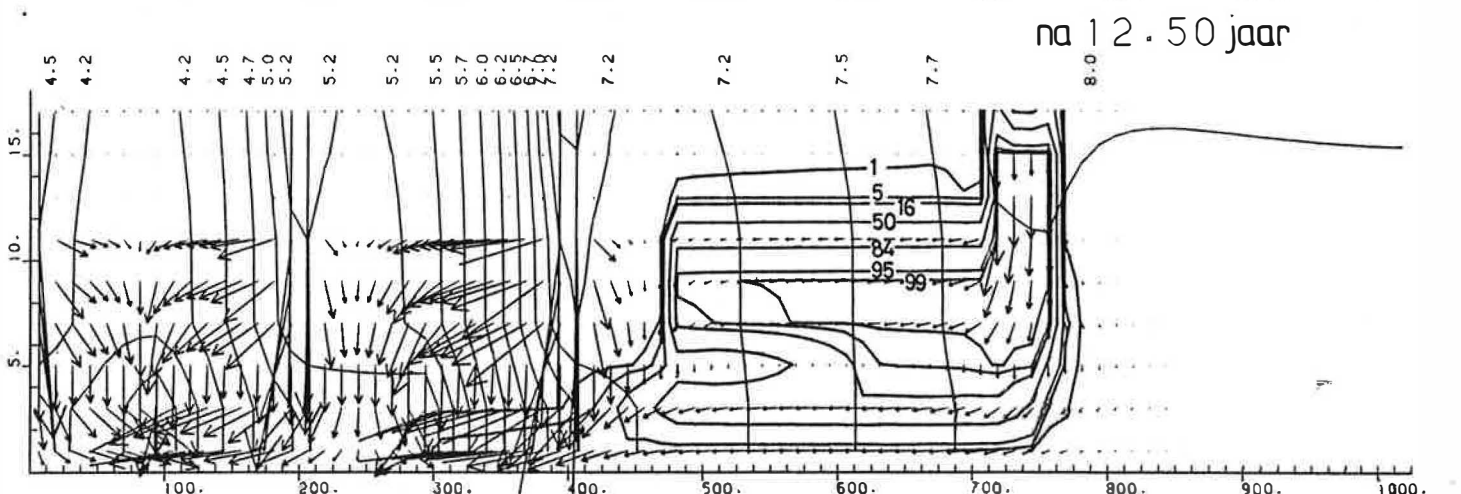
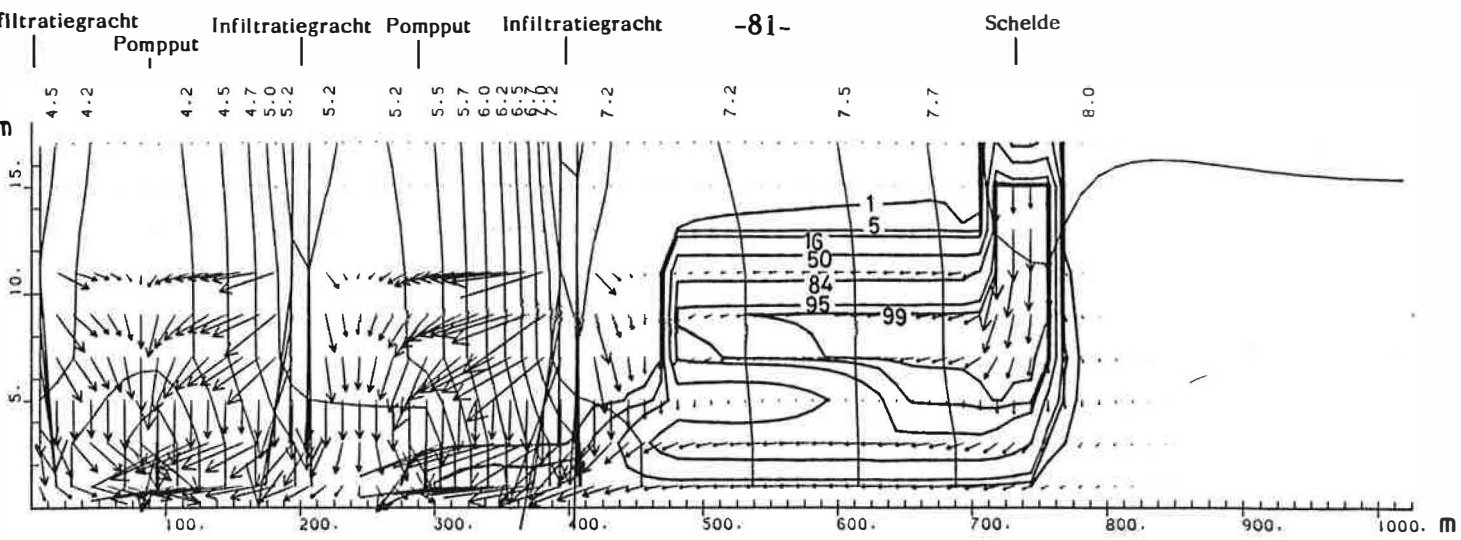


Fig. 21 - Vervolg.

toe iets verkleint. Nabij de infiltratiegracht wordt alle Scheldewater ook naar de laag KZ1 gedrukt, hierdoor wijkt het patroon van de door scheldewater beïnvloede zone in het profiel af van fig. 19.

Na 10 jaar pompen bereikt de 5% mengverhoudingslijn deze pompput die het dichtst tegen de Schelde gelegen is. Na 10 jaar pompen heeft de mengverhouding tussen de infiltratiegracht en deze laatste pompput een dynamisch evenwicht bereikt.

4.6.3. Besluit

Het verdrievoudigen van de infiltratie in de gracht gelegen tussen de Schelde en de winningsput verhindert niet het indringen van scheldewater in de meest oostelijk gelegen winningsput ter hoogte van rij 32. Het brengt wel mee dat de mengverhouding na 20 jaar in de winningsput minder scheldewater zou bevatten dan ingeval de gewone infiltratie wordt aangenomen (zie fig. 19 - ca. 5% ten opzichte van ongeveer 50%).

5. GRONDWATERKWALITEIT

5.1. INLEIDING

De grondwaterkwaliteit werd bepaald op 10 plaatsen in het studiegebied; dit gebeurde op bestaande peilputten geboord in het bestek van voorgaande studies. Een eerste grondwatermonstername gebeurde eind april 1988, een tweede monstername dateert van de periode december 1988 - januari 1989.

In de zuidoostelijke hoek van de als waterwinningsgebied aangegeven zone op het gewestplan komt een slibophoging voor. De grondwaterkwaliteit onder en in de omgeving van deze ophoging werd onderzocht. Hiertoe werden in het bestek van onderhavige studie op 5 plaatsen nieuwe peilputten geboord. In deze 5 nieuwe peilputten werden eind april 1988 grondwatermonsternames voor kwaliteitsbepaling verricht.

De analyses werden uitgevoerd door het BECEWA en gedeeltdeljk door het TMVW.

De ligging van de bemonsterde peilputten is op fig. 22 aangegeven. De technische kenmerken van deze putten zijn in tabel 1 samengebracht. De boorbeschrijving van de nieuw geboorde peilputten is in bijlage aangegeven.

5.2. ONDERZOCHE TE PARAMETERS - NORMEN

Op alle grondwatermonsters werden volgende parameters bepaald:

chloride, sulfaat, calcium, magnesium, natrium, kalium, aluminium, totale hardheid, droogrest, nitraat, nitriet, ammoniak, Kjeldahl-stikstof, kaliumpermanganaat verbruik, chemisch zuurstofverbruik, fenol, anionische detergenten, ijzer, mangaan, koper, zink, ortho-fosfaat, fluoride, zwevende stoffen, vrij chloor, zilver, arseen, cadmium, totale cyanide, chroom, kwik, nikkel, lood, antimoon, selenium, bicarbonaat en olieën en vetten.

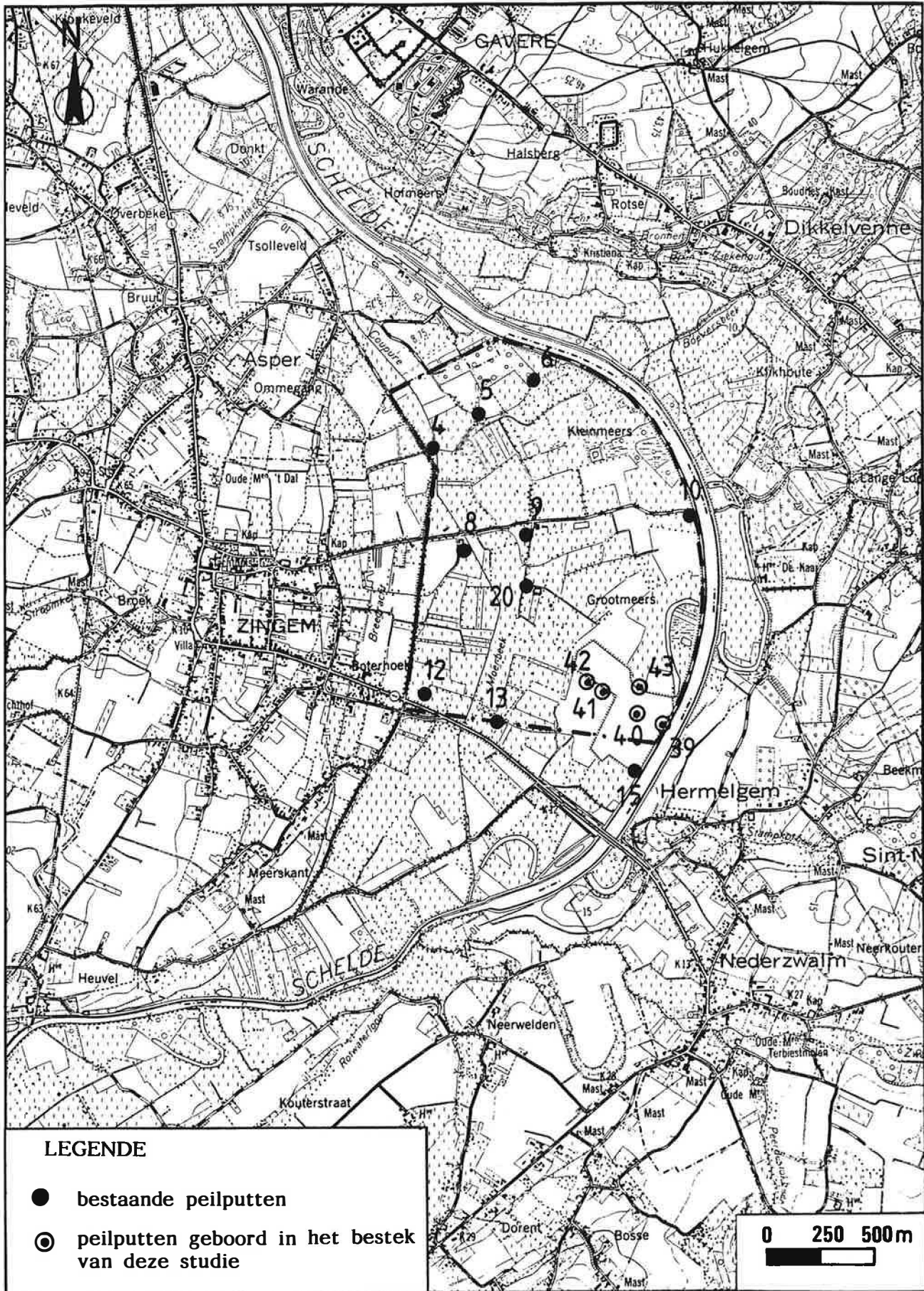


Fig. 22 - Ligging van de bemonsterde peilputten.

Tabel 1. Technische kenmerken van de bemonsterde peilputten

Peilput nr.	Filterdiepte in m onder maaiveld	Maaiveldpeil
SB4	12,75 tot 14,75	8,69
SB5	13,50 tot 15,50	8,68
SB6	8,0 tot 10,0	8,73
SB8	11,75 tot 13,75	8,05
SB9	13,0 tot 15,0	8,27
SB10	7,0 tot 9,0	8,50
SB12	11,6 tot 13,6	8,60
SB13	13,0 tot 15,0	8,53
SB15	10,0 tot 12,0	10,15
SB20	14,7 tot 15,7	8,04
SB39	8,8 tot 9,8	10,74
SB40	9,0 tot 10,0	10,36
SB41	9,0 tot 10,0	9,61
SB42	9,0 tot 10,0	8,98
SB43	8,0 tot 9,0	9,73

Een tweede reeks parameters werd enkel bepaald op de monsters uit de vijf nieuw geboorde peilputten (rondom de slibophoging) en op één reeks van de monsters uit de bestaande peilputten. Het betreft de trihalomethanen, de pesticiden en de polyaromaten.

De monsternamen op het terrein gebeurde met een membraanpomp type DELASCO. De parameters temperatuur, pH, geleidbaarheid en opgeloste zuurstof werden er in een doorstroomcel gemeten. De analyses werden uitgevoerd volgens de methoden konform aan de lijst van het Koninklijk Besluit van 27.04.1984 betreffende de kwaliteit van het leidingwater.

De resultaten worden vergeleken met de normen voor leidingwater volgens het KB 27.04.1984.

5.3. RESULTATEN

De analyseresultaten zijn in tabellen 2 en 3 verzameld.

Uit de resultaten blijkt dat voor verschillende parameters de normen overschreden worden. De belangrijkste hierbij zijn : ijzer, mangaan, ammoniak, gesuspendeerde materie, bicarbonaat en fenol. IJzer, mangaan, gesuspendeerde materie en bicarbonaat overschrijden in alle putten de norm; ammoniak in nagenoeg alle putten.

De in de wettekst opgenomen parameters geëmulgeerde of opgeloste KWS werd niet als dusdanig bepaald maar wel het olie- en vetgehalte. Deze laatste parameter is niet opgenomen in het KB voor leidingwater maar wel in dit van 25.09.1984 voor het gebruik van oppervlaktewater bestemd voor produktie.

De te hoge waarden gevonden voor fenolen (april 1988) zijn te wijten aan de analysetechnieken. Zonder distillatie worden immers de natuurlijke fenolen mee bepaald. Bij de resultaten

Tabel 2. Analyseresultaten van de grondwatermonsters (april 1988). De onderlijnde cijfers = norm overschreden.

Parameters	Eenheid	Norm	SB04	SB05	SB06	SB08	SB10	SB12	SB13	SB15	SB20	SB25	SB39	SB40	SB41	SB42	SB43
Kleur	mg/l Pt-schaal	20	38,5	52,2	6,9	47	17,5	75,9	81,3	22,7	11,2	11,4	11,3	>500	131,8	191,8	251,9
Troebelingsgraad	FTU	4	1,43	32	285	29	62	2,5	84	31	36	56	23	48	29	17	59
Temperatuur	°C	25	11	11	10,3	10,5	10,8	12,4	10,6	11,9	10,2	9,9	11,5	10,6	10,8	10,7	10,5
pH		6,5-9,2	6,94	7,15	6,86	6,91	7,03	7,17	6,93	7,27	7,08	7,13	7,42	6,6	7,07	6,83	6,88
Geleidbaarheid	µS/cm	2100	413	592	1003	916	680	470	751	708	556	558	516	1000	577	516	1438
Chloriden	mg/l Cl	200	19,56	24,25	86,06	78,24	26,6	25,04	71,98	49,29	18,78	17,21	39,32	45,06	28,17	25,82	55,55
Sulfaten	mg/l SO ₄	250	35,48	34,51	13,36	51,66	7,76	17,25	63,18	101,29	4,36	4,49	85,9	395,02	37,7	13,25	367,33
Calcium	mg/l Ca	270	71,7	120,9	222,8	177,3	123,8	87,1	143	155,5	80,8	112,1	138,5	398,3	139,1	120,6	415,3
Magnesium	mg/l Mg	50	5,22	2,65	1	9	3,4	5,4	9,9	13,4	7,6	3,2	12,7	44,8	6,4	10,2	32
Natrium	mg/l Na	150	28,57	19,55	48,55	56,76	50,31	23,42	21,91	23,86	53,78	25,56	18,05	55,85	5,06	3,55	46,4
Kalium	mg/l K	12	6,03	5,35	10,5	6,59	6,76	3,88	6,73	4,13	8,32	3,28	3,52	8,30	4,97	2,15	4,73
Aluminium	mg/l Al	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Totale hardheid	Becewa	67	20,38	32,42	58,36	48,87	32,82	24,31	41,85	45,24	24,47	30,56	39,91	118,23	38,95	34,84	122,98
	TMW	-	19,6	31,9	55,8	41	32,4	23,8	39	44	23,8	31,5	35,5		39,6	34,3	145
TAP	°F	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAM	°F	-	19,8	29,55	55	44	39,9	23,1	30,5	32,5	33,5	34	28,3	87,90	32,5	30,8	84,7
Droogresten	mg/l	1500	300	445	836	712,6	464,6	341,3	588,8	603,1	441,4	414,4	621,7	2904,6	498,5	404,6	10663,6
Opgeloste zuurstof	mg/l O ₂	-	1,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
Vrij kooldioxyde	mg/l CO ₂	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitraten	mg/l NO ₃ -N	11,3	0,108	0,2	0,274	0,202	0,25	0,178	0,298	0,378	0,144	0,24	0,084	0,268	0,272	0,183	0,726
Nitrieten	mg/l NO ₂ -N	0,03	0,009	0,007	0,012	0,008	0,014	0,014	0,007	0,007	0,012	0,017	0,001	0,010	0,008	0,012	0,009
Ammonium	mg/l NH ₃ -N	0,39	0,963	2,571	2,984	2,757	3,328	1,375	3,038	0,327	3,336	5,522	1,212	1,073	2,19	2,293	0,58
Oxydeerbaarheid (KMnO ₄)	mg/l O ₂	5	2	1,9	3	3,6	6,2	2	1,9	0,8	3,5	3,8	3,5	7,4	1,2	1,1	3,2
Oliën en vetten	µg/l		7600	0	0	0	940	0	0	5940	100	100	5260	0	0	1740	0
Fenolen	µg/l	0,5	4	3	8	4	10	9	5	10	7	10	8	2	7	8	2
Oppervlakteactieve stoffen	µg/l	200	30	27	6	26	22	33	25	41	32	37	38	36	11	12	19
Trihalomethanen	µg/l	100	< 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	< 1	< 1	< 1	< 1
IJzer	Becewa	200	1870	6415	19725	5100	2855	1930	11600	5080	6590	7025	645	2047	8800	3060	34380
Opgelost ijzer	TMW	200	1600	2700	700	1800	130	3000	3500	1200	150	180	500	4000	5400	32000	
Totaal ijzer	TMW	200	1750	5900	12000	4500	5500	3700	9700	3400	3700	3800	3800	9500	9500	34000	
Mangaan	µg/l Mn	50	89	160	480	247	713	151	217	417	136	196	444	1960	533	492	1425
Koper	µg/l Cu	1000	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5	9	< 5	< 5	7
Zink	µg/l Zn	5000	200	107	130	33	65	125	144	116	139	104	379	124	163	529	420
Orthofosfaat	mg/l PO ₄	6,68	0,142	0,038	0,056	0,134	0,571	0,024	0,117	0,147	0,543	0,52	0,456	0,745	0,408	0,353	0,032
Fluor	µg/l F	1500	270	240	200	280	510	310	360	270	220	240	280	600	400	350	490
Gesuspendeerde materie	µg/l G.M.	0	3600	4150	47850	21250	24250	9050	32000	10500	20250	19400	8800	45450	17750	16100	79500
Vrije chloorresten	µg/l Cl	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arsenicum	µg/l As	50	< 1	7	5	1	7	1	17	8	11	5	2	9	5	9	9
Cadmium	µg/l Cd	5	0,5	1,2	0,2	0,1	0,1	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,9	0,1	0,5	0,5
Chroom	µg/l Cr	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kwik	µg/l Hg	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Nikkel	µg/l Ni	50	11	16	9	1	4	1	2	29	1	1	1	5	1	2	66
Lood	µg/l Pb	50	< 2	< 2	2	3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Selenium	µg/l Se	10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	8	< 1	< 1
Pesticiden	µg/l	0,5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Polyaromaten	µg/l	0,2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
HCO ₃	mg/l HCO ₃	30	241,56	360,51	671	536,8	486,78	281,82	372,1	396,5	408,7	414,8	345,26	1072,38	396,5	375,76	1033,34
COD	mg/l O ₂		4	7	25	39	15	2	33	11	6	4	22	55	4	5	25
UV (254)	./m		17,3	21,58	8,92	22,7	21,8	26,68	23,82	11,68	12,22	13,64	6,7		35	39	67,6
UV (270)	./m		16,06	19,98	7,32	20,58	18,22	25,06	22,5	10,62	10,38	11,48	6,02		33,34	37,64	63,6

Parameters	Eenheid	Norm	SB04	SB05	SB06	SB08	SB10	SB12	SB13	SB15	SB20	SB25
Kleur	mg/l Pt-schaal	20	31	166	266	111	201	90	220	146	127	153
Troebelingsgraad	FTU	4	9,2	73	163	47	64	30	131	54	47	66
Temperatuur	°C	25	10,1	10,2	10,7	10,2	10,5	10,8	10,3	11,5	10,3	10,3
pH		6,5-9,2	7,31	7,07	6,89	7,35	6,98	7,12	7,2	7,24	7,22	7,09
Geleidbaarheid	µS/cm	2100	370	505	851	740	680	418	708	702	467	466
Chloriden	mg/l Cl	200	19,89	24,04	89,92	79,98	28,59	20,72	74,18	50,56	26,11	28,18
Sulfaten	mg/l SO ₄	250	26,69	27,1	8,68	41,76	6,94	9,67	58,36	83,55	8,17	10,97
Calcium	mg/l Ca	270	65,91	116,88	198,16	166,97	111,19	79,56	141,26	148,27	86,81	115,36
Magnesium	mg/l Mg	50	5,17	6,75	6,42	12,07	3,91	3,55	11,82	7,56	9,12	7,72
Natrium	mg/l Na	150	22,95	16,05	33,19	51,85	44,8	19,05	18,41	21,31	45,62	23,63
Kalium	mg/l K	12	6,56	5,63	10,45	6,45	6,88	3,87	6,69	3,53	8,88	3,5
Aluminium	mg/l Al	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Totale hardheid	Becewa °F	67	18,92	33,13	55,62	47,42	30,94	21,9	41,98	41,01	26,31	32,93
	TMW °F	67	19	32	55	46	29	23	41	44	25	32
TAP	°F	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAM	°F	-	18,2	30,1	51,3	43,4	38,3	22,6	30,1	32,7	33,7	34,1
Droogresten	mg/l	1500	259,7	387,4	738,1	660,7	492,5	300,7	570,8	572,9	454,5	448,4
Opgeloste zuurstof	mg/l O ₂	-	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	1,8	0,9	0,7	0,5	0,6
Vrij kooldioxide	mg/l CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitraten	mg/l NO ₃ -N	11,3	0,038	0,088	0,179	0,085	0,211	0,085	0,246	0,097	0,093	0,092
Nitrieten	mg/l NO ₂ -N	0,03	0,006	0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,005	<0,001	0,002	0,004	<0,001
Ammonium	mg/l NH ₃ -N	0,39	0,661	2,305	2,834	2,288	3,28	1,204	0,163	2,529	3,376	4,336
Kjeldahl-N	mg/l N	1	1,792	3,228	4,4	3,772	4,413	1,663	0,959	3,076	8,164	12,456
Oxydeerbaarheid (KMnO ₄)	mg/l O ₂	5	1,29	2,4	2,4	2,58	6,5	2,4	1,75	0,92	3,99	4,93
Oliën en vetten	µg/l	-	1380	2040	1960	300	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	700	1040
Fenolen	µg/l	0,5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Oppervlakteactieve stoffen	µg/l	200	1	<1	<1	<1	<1	<1	10	10	3	3
Thrihalomethanen	µg/l	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ijzer	Becewa µg/l Fe	200	1866	6462	19455	4181	8695	3171	10223	4828	4883	5255
Opgelost ijzer	TMW µg/l Fe	-	30	420	620	380	400	70	80	680	420	570
Totaal ijzer	TMW µg/l Fe	200	1630	5930	18180	3610	6200	3510	9500	3840	5800	5700
Mangaan	µg/l Mn	50	<1	<1	692	237	851	174	421	566	154	189
Koper	µg/l Cu	1000	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zink	µg/l Zn	5000	35	47	27	21	22	14	18	19	11	9
Orthofosfaat	mg/l PO ₄	6,68	0,725	0,149	<0,001	0,391	0,186	0,042	0,040	0,401	3,339	2,596
Fluor	µg/l F	1500	410	440	390	450	850	340	530	390	350	460
Gesuspendeerde materie	µg/l G.M.	0	3,5	12,2	35,26	7,25	15,7	12,1	31,65	6,55	19,6	18,65
Vrije chloorresten	µg/l Cl	250	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Zilver	µg/l Ag	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Arsenicum	µg/l As	50	<1	<1	3	<1	<1	<1	<1	5	5	<1
Cadmium	µg/l Cd	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Totaal Cn	µg/l CN	10	1	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	1	<1
Chroom	µg/l Cr	50	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Kwik	µg/l Hg	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1
Nikkel	µg/l Ni	50	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Lood	µg/l Pb	50	<2	<2	<2	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Antimoon	µg/l Sb	10	<10	113	<10	46	<10	<10	51	<10	<10	<10
Selenium	µg/l Se	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pesticiden	µg/l	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyaromaten	µg/l	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCO ₃	mg/l HCO ₃	30	222,04	367,04	626,66	529,48	467,26	275,72	367,22	398,94	442,86	452,62
COD	mg/l O ₂	-	5,1	6,2	11,2	14,5	21,4	13	8,7	9,8	7,8	8,6
UV (254)	./m	-	18,74	34,94	42,4	28,28	69,6	27,04	36,26	14,36	41,88	46,5
UV (270)	./m	-	17,8	34,6	41,76	27,26	64	26,26	36,04	14,16	40,3	44,08

van december - januari 1988-1989 worden in alle putten waarden gevonden kleiner dan 2 µg/l.

De parameters kleur en troebelingsgraad alsook gesuspendeerde materie dienen met de nodige omzichtigheid te worden geïnterpreteerd. Deze werden bepaald enkele uren na monsternamen. Gedurende die periode kunnen tengevolge van oxidaties hogere waarden worden gemeten o.a. door oxidatie van ijzer, mangaan
....

Ter hoogte van de slibophoging merkt men duidelijk in de putten SB40 en SB43 een anorganische belasting van o.a. calcium, sulfaat en bicarbonaat.

5.4. BESLUIT

Uit de vergelijking van de **analyseresultaten** met de normen betreffende de kwaliteit van het leidingwater (KB van 27.04.1984) kan vastgesteld worden dat :

- de hoge waarden gevonden voor kleur, troebelingsgraad en gesuspendeerde materie waarschijnlijk te wijten zijn aan nevenreacties welke opgetreden zijn na monsternamen (oxidatie).
- bij de bepaling van fenolen de natuurlijke fenolen mee werden bepaald hetgeen de hoge waarden verklaart.
- de parameter geëmulgeerde of opgeloste koolwaterstoffen in deze studie werd bepaald als olie- en vetgehalte, norm welke niet opgenomen is in het K.B.
- ter hoogte van de slibophoging in twee putten een hogere anorganische belasting aanwezig is.
- de parameters ijzer, mangaan, bicarbonaat en ammoniak nagevoel steeds de norm overschrijden.

De hoge waarden van ijzer, mangaan en bicarbonaat zijn eigen aan de grondwaterkwaliteit in dergelijke geologische substraten. De hoge ammoniakconcentraties zijn waarschijnlijk te wijten aan de bemesting van de wei- en akkerlanden.

6. OPPERVLAKTEWATERKWALITEIT

6.1. INLEIDING

De kwaliteit van het Zwalmwater werd gedurende 1 jaar halfmaandelijks bepaald. De eerste monsternamen gebeurde op 15 maart 1988. De plaats van monsternamen is aangegeven op fig. 23.

6.2. ONDERZOCHE PARAMETERS - NORMEN

Op alle monsters werden volgende parameters bepaald : pH, kleur, gesuspendeerde materie, temperatuur, geleidbaarheid, nitraat, opgelost ijzer, totaal ijzer, zink, arseen, cadmium, chroom, lood, selenium, kwik, barium, totaal cyanide, sulfaat, totaal fosfaat, orthofosfaat, fenol, olieën en vetten, Kjeldahl-N, ammoniak, silicium.

Een tweede reeks parameters werden om de maand bepaald; het betreft polyaromaten en pesticiden.

De bekomen resultaten worden geëvalueerd ten aanzien van de in de lijst opgenomen parameters van het KB van 25.09.1984 tot vaststelling van de algemene normen die de kwaliteitsobjectieven bepalen van zoet oppervlaktewater dat bestemd is voor de produktie van drinkwater en meer specifiek ten aanzien van de zwakste A3I-norm. Bij afwezigheid van een A3I-waarde wordt de A3G-norm gehanteerd (norm welke als streefwaarde gedefinieerd wordt).

De bemonstering gebeurde steeds aan het wateroppervlak (schemonsters). In de maanden juni en juli werden ook twee pompmonsters genomen; de parameter olieën en vetten werd ter controle zowel op deze pomp- als op de schemonsters bepaald.



Fig. 23 - Plaats van de monstername van het zwalmwater

6.3. RESULTATEN

De resultaten van de analyses zijn in tabel 4 naast de gebruikte normen weergegeven. De evolutie van de waarde is verduidelijkt in de figuren 24 tot 48.

Voor een aantal parameters wordt de norm frekvent overschreden; het betreft :

Ammoniak, Kjehldahl-N, olieën en vetten, totaal fosfaat en orthofosfaat.

Verder is het COD gehalte vaak te hoog en viermaal werd de norm voor Pb en Cd overschreden. Bij enkele zware metalen wordt ook een éénmalige overschrijding vastgesteld, bv. Cr, Se, Hg en Ba. De oorzaak voor de vastgestelde eenmalige overschrijding van de norm van bepaalde zware metalen dient genuanceerd te worden : naast de onnauwkeurigheden tijdens de analyses kan ook een toevallige lozing of een opwoeling van het sediment de oorzaak hiervan zijn.

Uit fig. 46 blijkt dat de hoge ammoniakgehalten hoofdzakelijk optreden vanaf april tot en met de maand november. Het optreden van hoge waarden gedurende voormelde maanden is een normaal verschijnsel, ook vastgesteld bij vroegere watercontroles.

Uit fig. 43 blijkt dat de manier van monsternamen voor de bepaling van olieën en vetten het resultaat duidelijk beïnvloedt. De monsters genomen onder het wateroppervlak vertonen lagere waarden dan deze van de schepmonsters (faktor ≈ 2).

Uit fig. 41 blijkt duidelijk dat het fosfaat-gehalte seizoenaal beïnvloed wordt. Gedurende de winterperiode worden voor het fosfaatgehalte doorgaans lagere waarden gemeten dan in de zomerperiode. Voor het Kjeldahl-N gehalte blijkt geen duidelijk seizoenaal verband te bestaan.

Hoge COD-waarden (fig. 44) worden frekwenter vastgesteld vanaf juni tot januari. De resultaten blijken debietsafhankelijk te zijn; lage debieten stemmen overeen met hoge COD-waarden.

Parameters		A31-Norm	15.03 1988	31.03 1988	14.04 1988	02.05 1988	16.05 1988	02.06 1988	16.06 1988	30.06 1988	17.08 1988	01.09 1988	15.09 1988	30.09 1988	17.10 1988
pH		A3G:5,5-9	7,14	7,47	7,59	7,52	7,52	7,59	7,77	7,81	7,63	7,61	7,49	7,6	7,54
Kleur	mg/l Pt-schaal	200	52,9	16,4	10,8	14,8	15,7	18,4	18,4	28,3	15,1	18,2	28,6	24,3	21,4
Gesuspendeerde materie	mg/l	-	41	39	11	7,2	6	19	19	12	7	6	11	5	3
Temperatuur	°C	25	6,4	7	8,2	12,1	16,5	13,9	14,9	17,1	16	15,5	13,8	12,4	12,8
Geleidbaarheid	µS/cm	A3G:1000	545	722	978	738	772	738	856	955	764	885	666	876	737
Nitraten	mg/l NO ₃ -N	11,3	4,423	3,25	3,67	3,371	3,259	3,375	2,123	0,656	3,267	1,52	0,355	1,07	1,62
Opgelost ijzer	mg/l Fe	A3G:1	0,19	0,14	0,11	0,09	0,15	-	0,19	0,18	0,16	0,12	0,17	0,16	0,22
Totaal ijzer	mg/l Fe	n.o.	0,97	0,43	0,28	0,21	0,31	0,3	0,48	0,3	0,35	0,33	0,28	0,3	0,54
Zink	mg/l Zn	5	0,09	0,031	0,052	0,12	0,065	0,19	0,052	0,051	0,01	0,166	0,148	0,178	0,195
Arsenicum	mg/l As	0,1	0,005	0,003	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,005	0,003	0,023	<0,001	<0,005	<0,005
Cadmium	mg/l Cd	0,005	<u>0,007</u>	<u>0,013</u>	0,0023	<0,005	<0,005	<0,005	<u>0,008</u>	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chroom	mg/l Cr	0,05	0,04	0,01	0,03	0,02	0,02	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<u>0,09</u>	0,03	0,02
Lood	mg/l Pb	0,05	0,02	0,04	<0,002	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	0,05	<0,01	<u>0,06</u>	0,004	<u>0,1</u>
Selenium	mg/l Se	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<u>0,02</u>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kwik	mg/l Hg	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Barium	mg/l Ba	1	<0,01	<0,01	<0,01	0,71	0,88	<0,01	<0,01	0,45	0,066	0,057	0,035	<0,01	0,066
Cyanide	mg/l CN	0,05	0,004	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002	0	0,002
Sulfaten	mg/l SO ₄	250	53,32	84,27	94,71	91	184,6	102	91,2	89,6	71,78	96,93	65,71	88,8	83,88
Totaal fosfaat	mg/l P	A3G:0,3	<u>1,02</u>	<u>0,45</u>	<u>0,86</u>	<u>1,4</u>	<u>4,6</u>	<u>1,29</u>	<u>1,12</u>	<u>2,81</u>	<u>1,49</u>	<u>3,7</u>	<u>1,69</u>	<u>2,64</u>	<u>1,16</u>
Orthofosfaat	mg/l P	n.o.	0,3	0,24	0,63	0,96	3,9	0,96	0,35	2,39	1,16	1	1,39	2,15	0,86
Fenol	mg/l	0,1	0,005	0,002	0,008	0,011	0,012	0,003	0,008	0,006	0,004	0,004	0,005	0,005	0,002
Olien en vetten	mg/l	1	<u>10,54</u>	<u>16,86</u>	<u>19,96</u>	<u>7,74</u>	<u>31,72</u>	0,14	<u>5</u>	0,7	0	<u>2,52</u>	0	<u>2,02</u>	5,32
Polyaromaten	mg/l	0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-
Pesticiden	mg/l	0,005	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-
COD	mg/l O ₂	A3G:30	<u>41</u>	20	19	25	26	28	28	<u>41</u>	<u>32</u>	18	<u>37</u>	28	<u>32</u>
CODf	mg/l O ₂	n.o.	13	18	15	19	19	17	18	24	21	9	32	26	26
Kjeldahl-N (Becewa)	mg/l N	A3G:3	<u>6,109</u>	<u>18,16</u>	-	<u>4,852</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kjeldahl-N (TMW)	mg/l N	A3G:3	<u>2,3</u>	<u>4,5</u>	<u>6,7</u>	<u>5,04</u>	<u>3,9</u>	<u>8</u>	<u>8,6</u>	<u>18</u>	<u>11,0</u>	<u>16,3</u>	<u>11,2</u>	<u>14</u>	<u>10,6</u>
Kjeldahl-Nf (TMW)	mg/l N	n.o.	0,1	3,4	3,9	1,7	3,4	6,7	8,4	12,3	10,1	12,5	10,1	10,6	5,6
Ammoniak	mg/l NH ₃ -N	3,1	0,475	0,532	<u>7,47</u>	<u>3,28</u>	<u>3,21</u>	<u>3,278</u>	<u>6,67</u>	<u>9,66</u>	<u>7,17</u>	<u>7,12</u>	<u>4,1</u>	<u>6,826</u>	<u>3,896</u>
Silicium	mg/l SiO ₂	n.o.	5	2,7	4,1	5,5	3,9	2,4	32	6	14	5,5	16	11	6
UV (254)	./m	n.o.	28,12	15,18	11	12,94	13,32	15,04	14,12	17,38	12,56	15,4	20,3	17,36	17,64
UV (270)	./m	n.o.	24,42	12,84	9,42	11,1	11,48	12,9	12,38	15,18	11	13,42	17,48	15	15,5

Opmerkingen : 1. n.o. : niet opgenomen parameter in de KB lijst

2. Op 16 en 30 juni 1988 werden er voor de bepalingen van olien en vetten 2 stalen genomen, namelijk een schepmonster en een staal bemonsterd met een pomp. De resultaten van het schepmonsters zijn opgenomen in bovenstaande tabel. De resultaten van de pomp waren als volgt : 16 juni 1988 : 3,26 mg/l en 30 juni 1988 : 0,32 mg/l.

3. onderlijnd = norm overschreden

Parameters		A3I-Norm	07.11 1988	21.11 1988	29.11 1988	14.12 1988	04.01 1989	16.01 1989	01.02 1989	15.02 1989	02.03 1989	15.03 1989	30.03 1989
pH		A3G:5,5-9	7,51	7,58	7,71	7,67	7,74	7,97	7,89	7,77	8,01	8,11	7,82
Kleur	mg/l Pt-schaal	200	25,9	27,4	27,7	41,9	31,3	26,9	31,4	50,5	98,9	101	108
Gesuspendeerde materie	mg/l	-	146	39	8	14	12,4	9,6	9,2	21,6	34,8	36,4	16
Temperatuur	°C	25	4,8	4,5	6	8	5,5	7	4	5,5	6	8	11,5
Geleidbaarheid	µS/cm	A3G:1000	839	656	877	788	874	792	880	790	763	784	835
Nitraten	mg/l NO ₃ -N	11,3	1,29	4,31	5,32	4,74	3,78	4,65	3,76	3,23	5,92	5,3	3,73
Opgelost ijzer	mg/l Fe	A3G:1	0,23	0,15	0,36	0,34	0,12	0,09	0,14	0,1	0,69	0,12	0,2
Totaal ijzer	mg/l Fe	n.o.	0,65	0,85	0,6	0,72	0,56	0,58	0,72	0,78	0,72	0,76	0,77
Zink	mg/l Zn	5	0,168	0,154	0,131	0,026	0,203	0,117	0,225	0,159	0,141	0,189	0,167
Arsenicum	mg/l As	0,1	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,01
Cadmium	mg/l Cd	0,005	<0,01	<0,01	<u>0,51</u>	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chroom	mg/l Cr	0,05	0,04	0,03	0,05	0,01	0,03	0,02	<0,01	0,02	0,03	<0,01	0,02
Lood	mg/l Pb	0,05	0,005	0,05	<u>0,23</u>	<u>0,06</u>	0,04	0,05	<0,01	0,03	<0,01	0,02	0,04
Selenium	mg/l Se	0,01	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kwik	mg/l Hg	0,001	<0,001	<0,001	<u>0,003</u>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Barium	mg/l Ba	1	<0,01	0,052	0,051	0,055	<u>2,82</u>	0,048	0,055	0,03	0,045	0,055	0,04
Cyanide	mg/l CN	0,05	0,001	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002
Sulfaten	mg/l SO ₄	250	89,32	69,38	85,55	86,11	90,63	88,99	87,96	76,97	83,53	88,1	97,57
Totaal fosfaat	mg/l P	A3G:0,3	<u>1,56</u>	<u>1,58</u>	<u>3,63</u>	<u>1,91</u>	<u>1,98</u>	<u>0,72</u>	<u>0,94</u>	<u>0,89</u>	<u>0,42</u>	<u>1,03</u>	<u>0,97</u>
Orthofosfaat	mg/l P	n.o.	1,18	0,99	1,98	0,73	0,75	0,48	0,6	0,58	0,26	0,6	0,73
Fenol	mg/l	0,1	0,002	0,004	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,008	0,008	0,005	0,007	0,005
Olien en vetten	mg/l	1	<u>3,46</u>	<u>3,24</u>	<u>1,16</u>	<u>2,18</u>	<u>1,54</u>	<u>1,68</u>	<u>1,46</u>	<u>2,36</u>	<u>3,96</u>	<u>3,76</u>	<u>3,76</u>
Polyaromaten	mg/l	0,001	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001
Pesticiden	mg/l	0,005	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	<0,001
COD	mg/l O ₂	A3G:3	<u>30</u>	<u>38</u>	<u>39</u>	<u>43</u>	<u>48</u>	25	16	23	9,2	<u>36</u>	<u>59</u>
CODf	mg/l O ₂	n.o.	16	29	32	32	30	10	9	18,4	4,6	24	45
Kjeldahl-N (Becewa)	mg/l N	A3G:3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kjeldahl-N (TMW)	mg/l N	A3G:3	<u>10,6</u>	<u>8,52</u>	<u>10,6</u>	<u>6,7</u>	<u>8,9</u>	<u>12,3</u>	<u>13,5</u>	<u>16,6</u>	<u>17,4</u>	<u>22,4</u>	<u>21,3</u>
Kjeldahl-Nf (TMW)	mg/l N	n.o.	6	8,4	8,7	3,9	5	8,4	10,1	12,3	16,3	19,6	13,4
Ammoniak	mg/l NH ₃ -N	3,1	<u>6,342</u>	<u>4,314</u>	<u>6,322</u>	1,977	<u>3,402</u>	2,326	2,477	<u>4,1</u>	1,566	<u>3,244</u>	<u>3,332</u>
Silicium	mg/l SiO ₂	n.o.	10	18	27	20	21	19,6	12,4	17	13,9	18,6	14,4
UV (254)	./m	n.o.	18,96	20,94	26	27,76	22,84	22,34	21,3	32,78	29,3	25,6	29,12
UV (270)	./m	n.o.	16,92	18,54	23,32	25,18	20,84	20,5	19,16	29,24	26,4	23,28	26,36

Opmerkingen : 1. n.o. : niet opgenomen parameter in de KB lijst
3. onderlijnd = norm overschreden

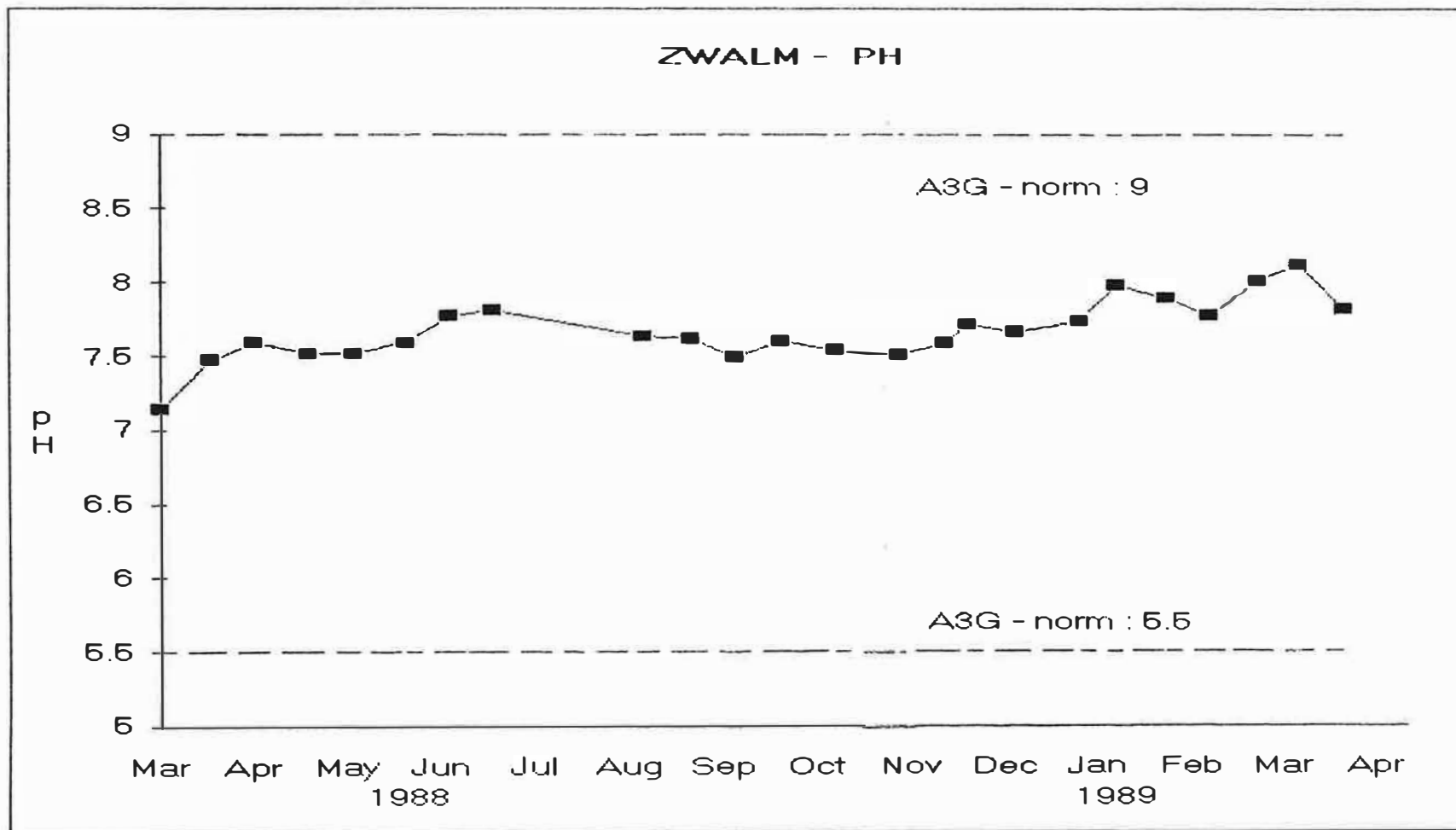


Fig. 24 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter pH

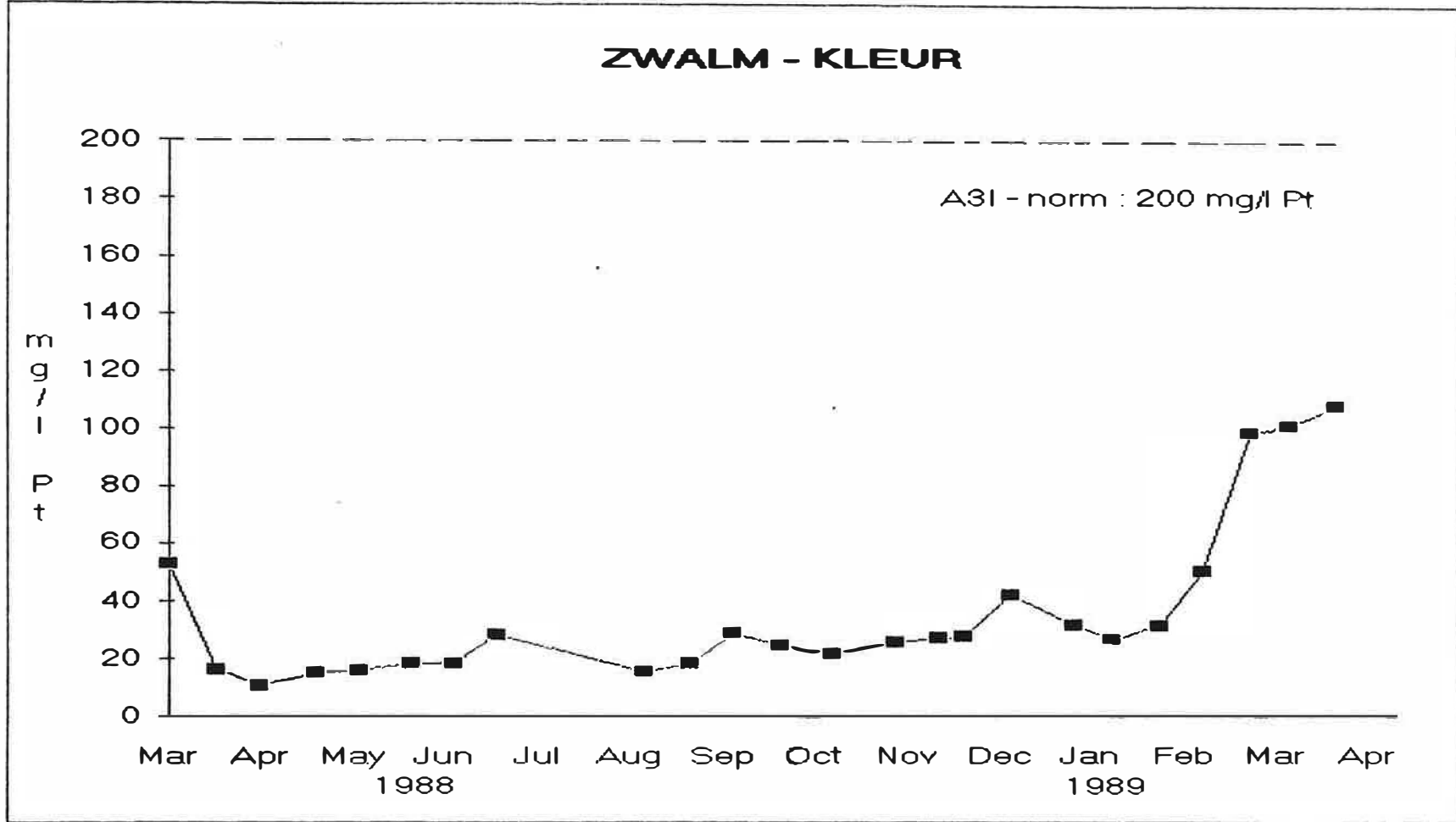


Fig. 25 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter kleur

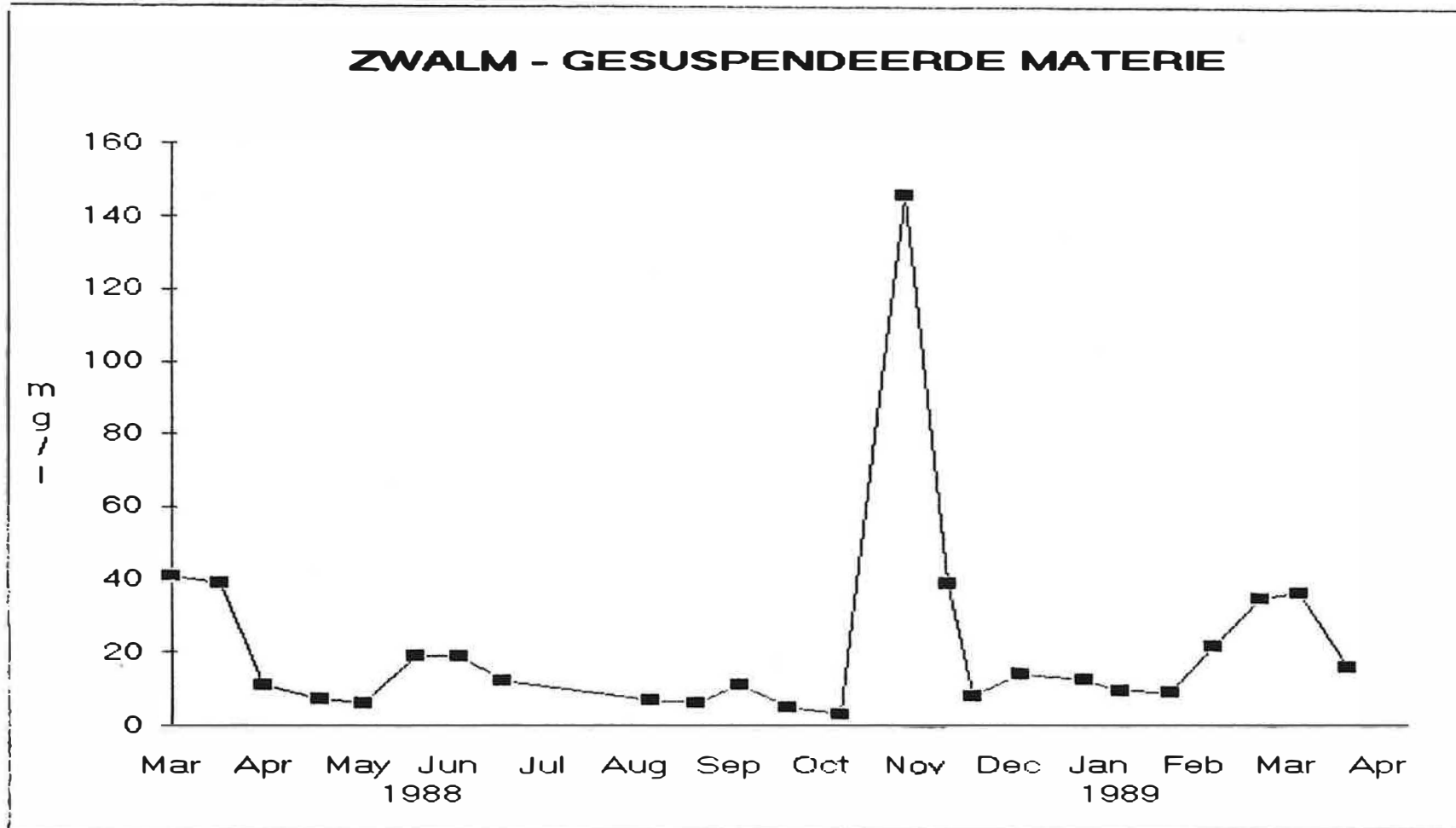


Fig. 26 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter gesuspendeerde materie

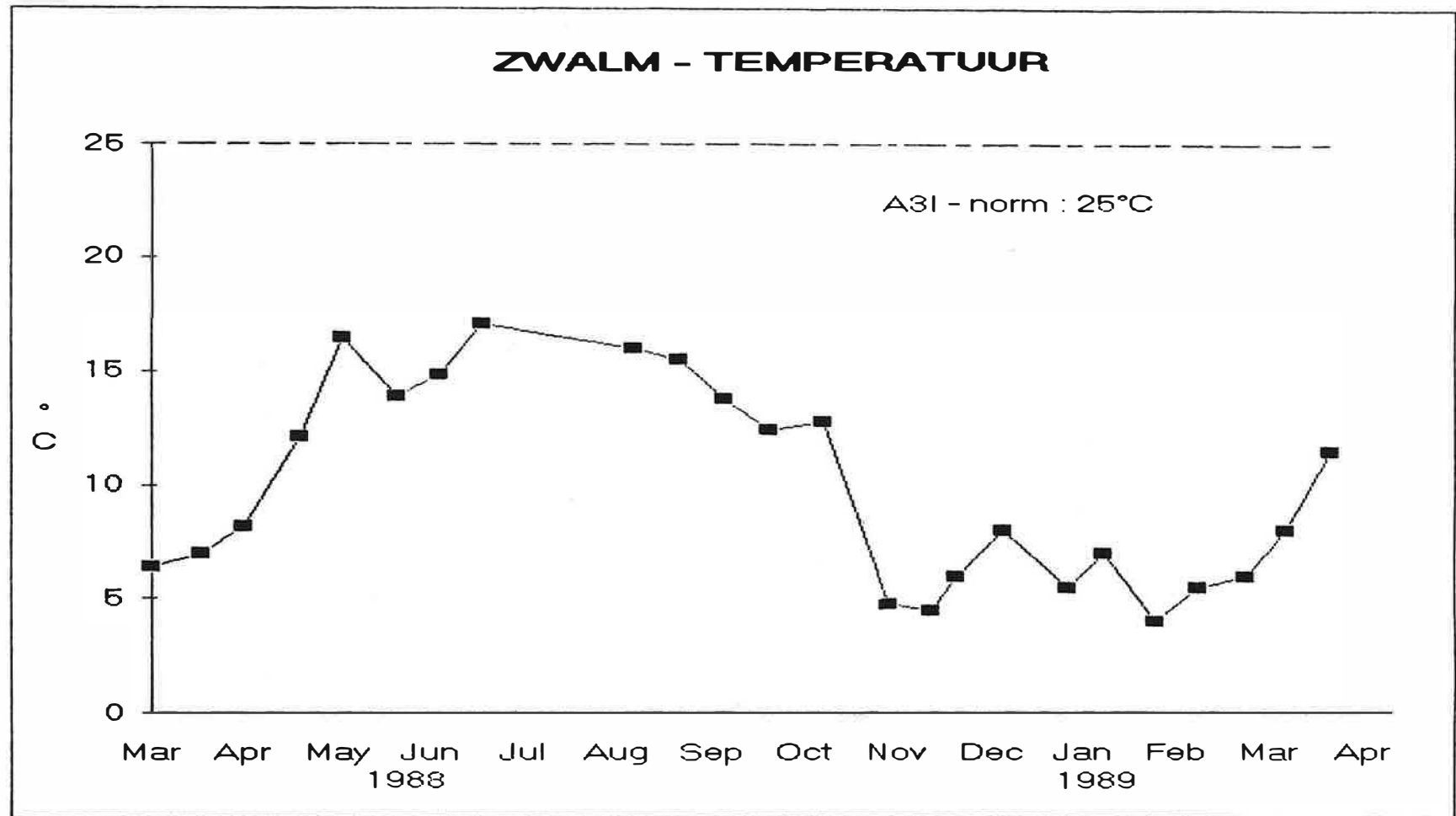


Fig. 27 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter temperatuur

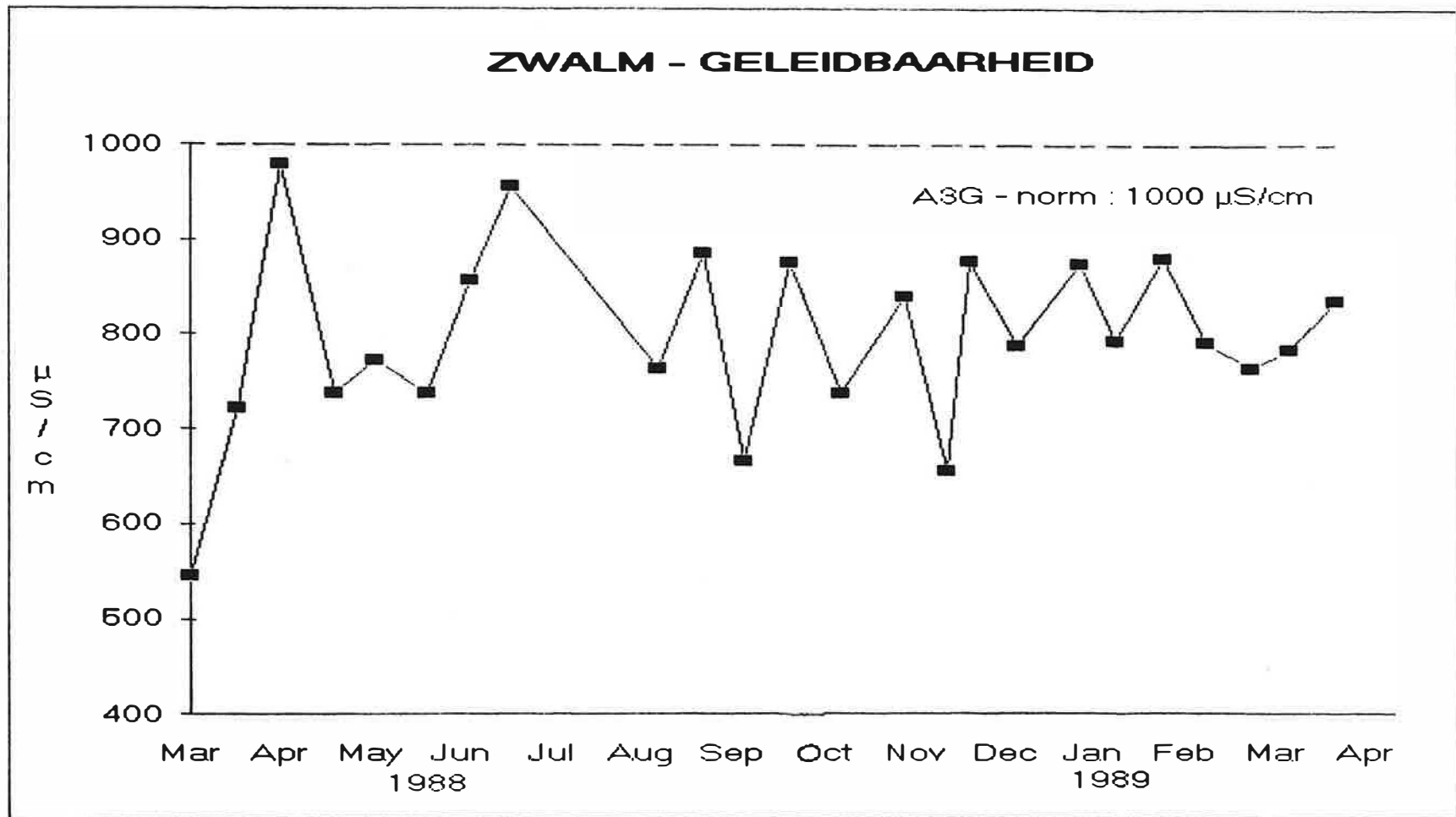


Fig. 28 : Kwaliteit van het zwalmwater - parameter geleidbaarheid

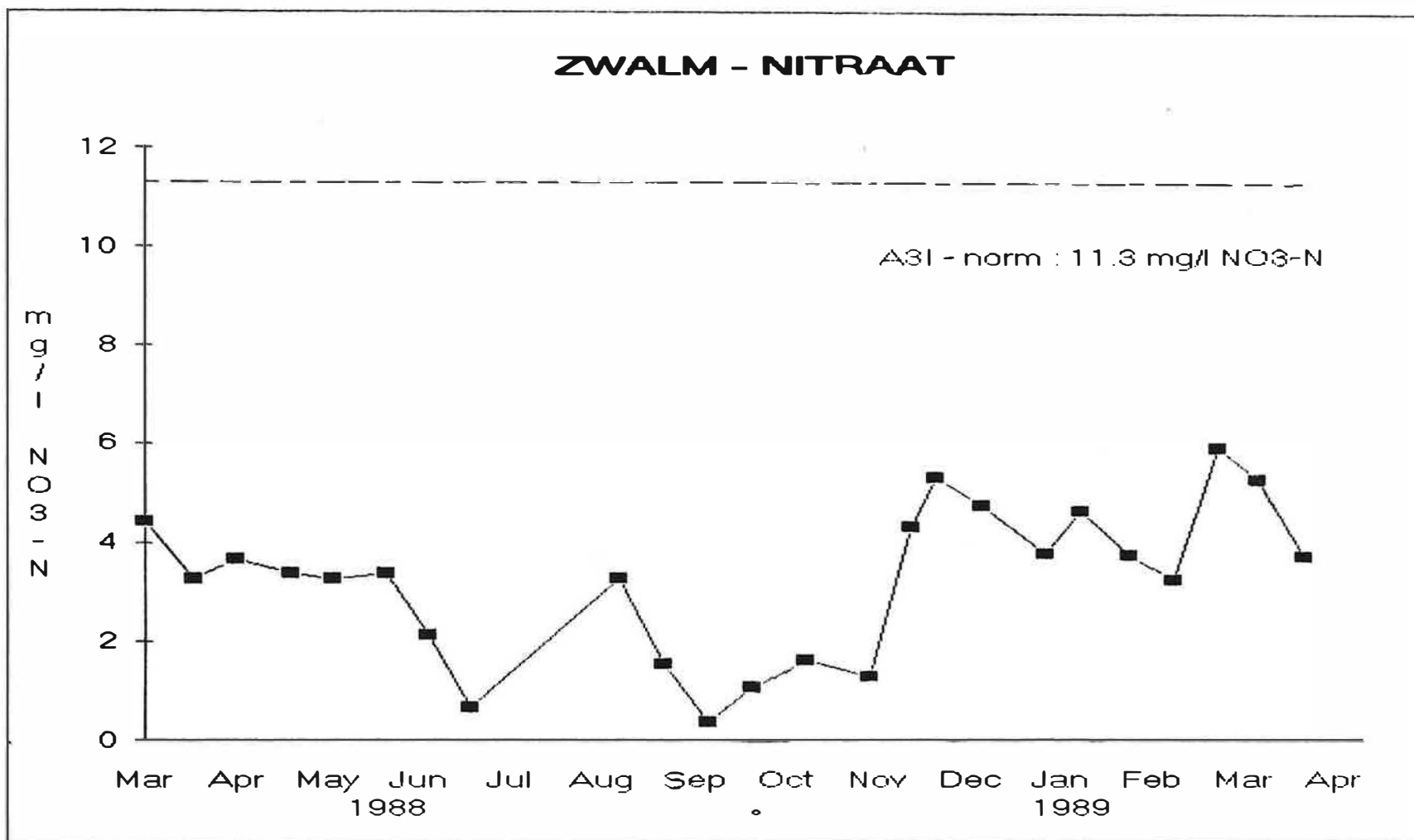


Fig. 29 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter nitraat

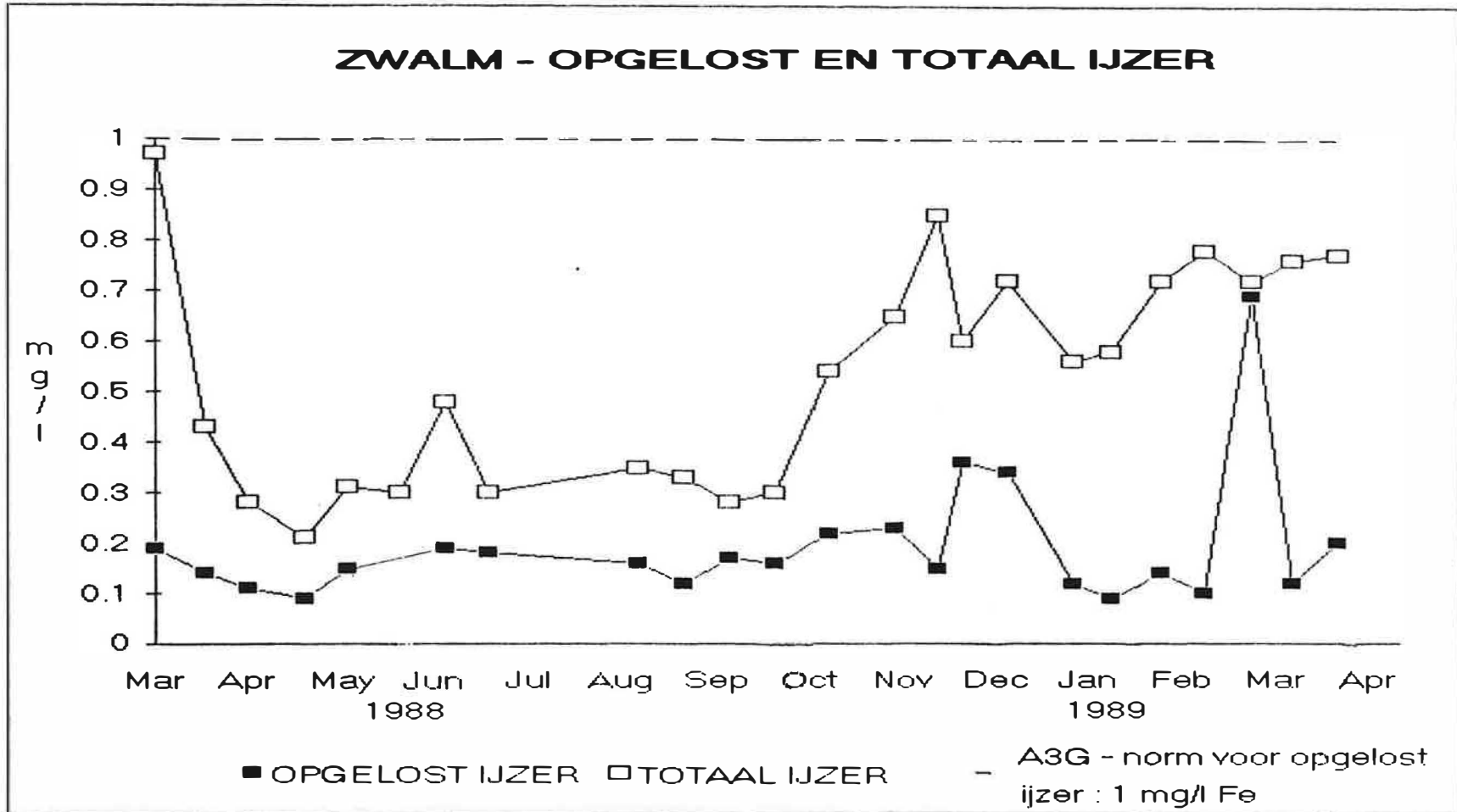


Fig. 30 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter opgelost en totaal ijzer

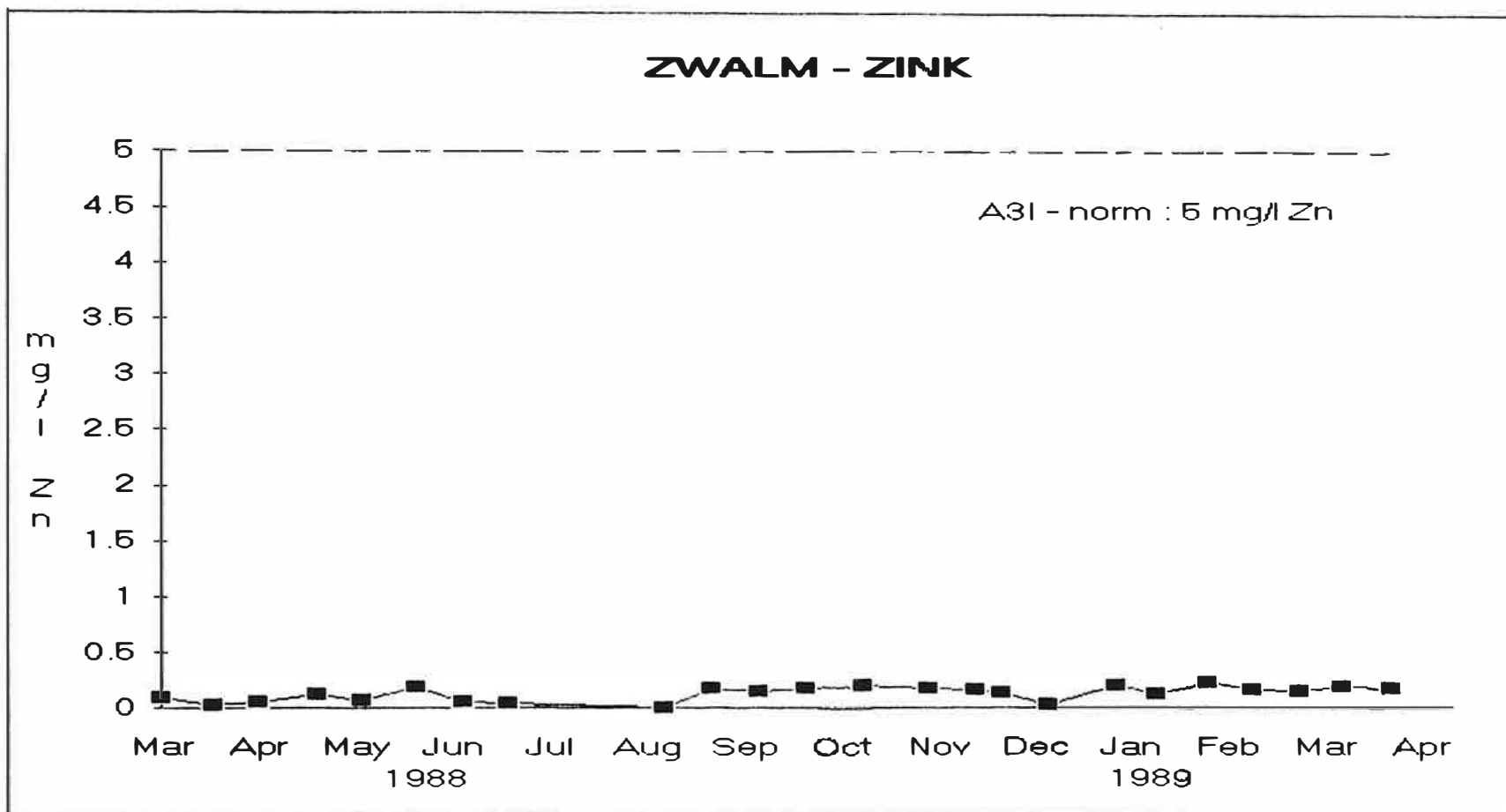


Fig. 31 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter zink

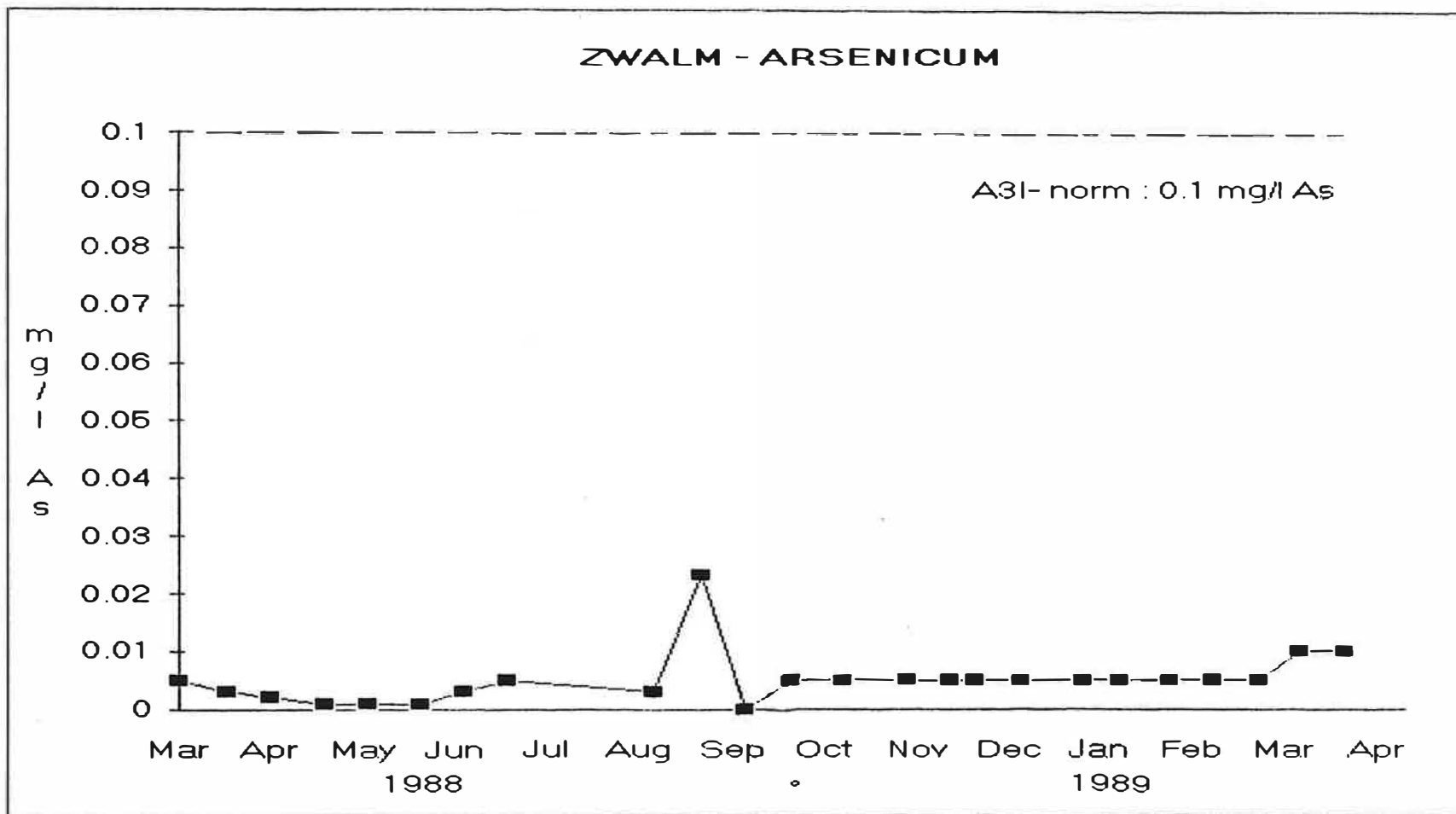


Fig. 32 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter arsenicum

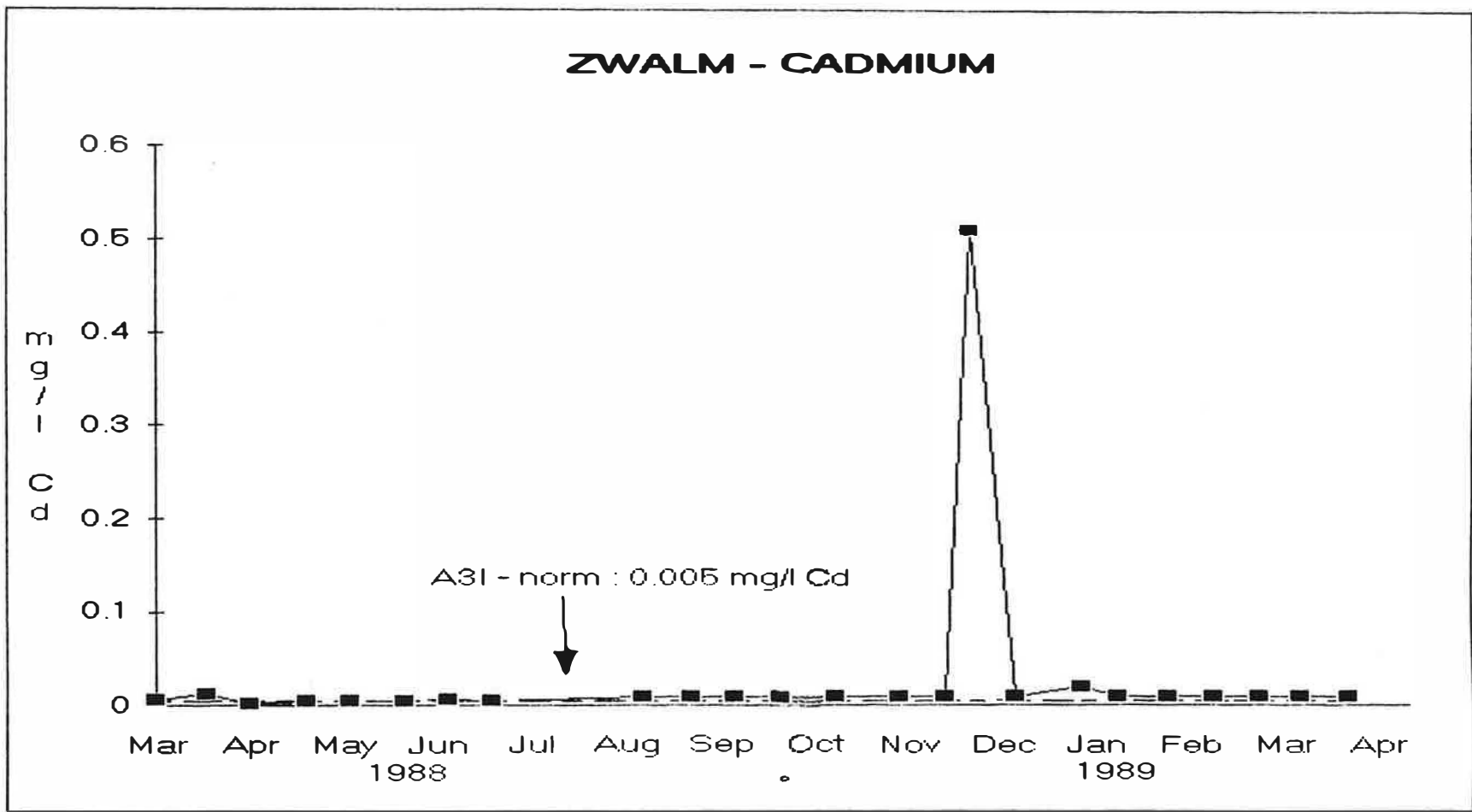


Fig. 33 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter cadmium

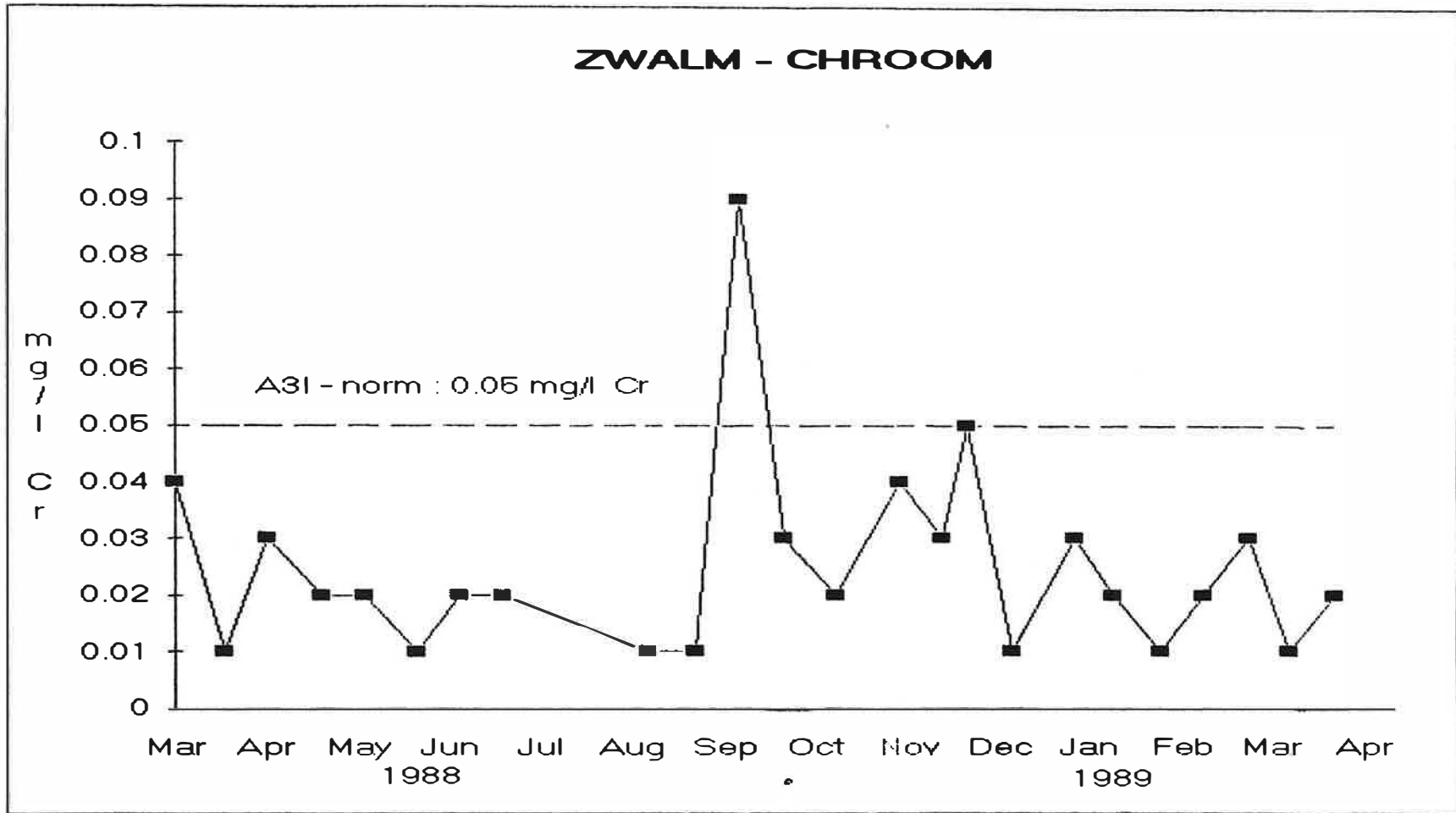


Fig. 34 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter chroom

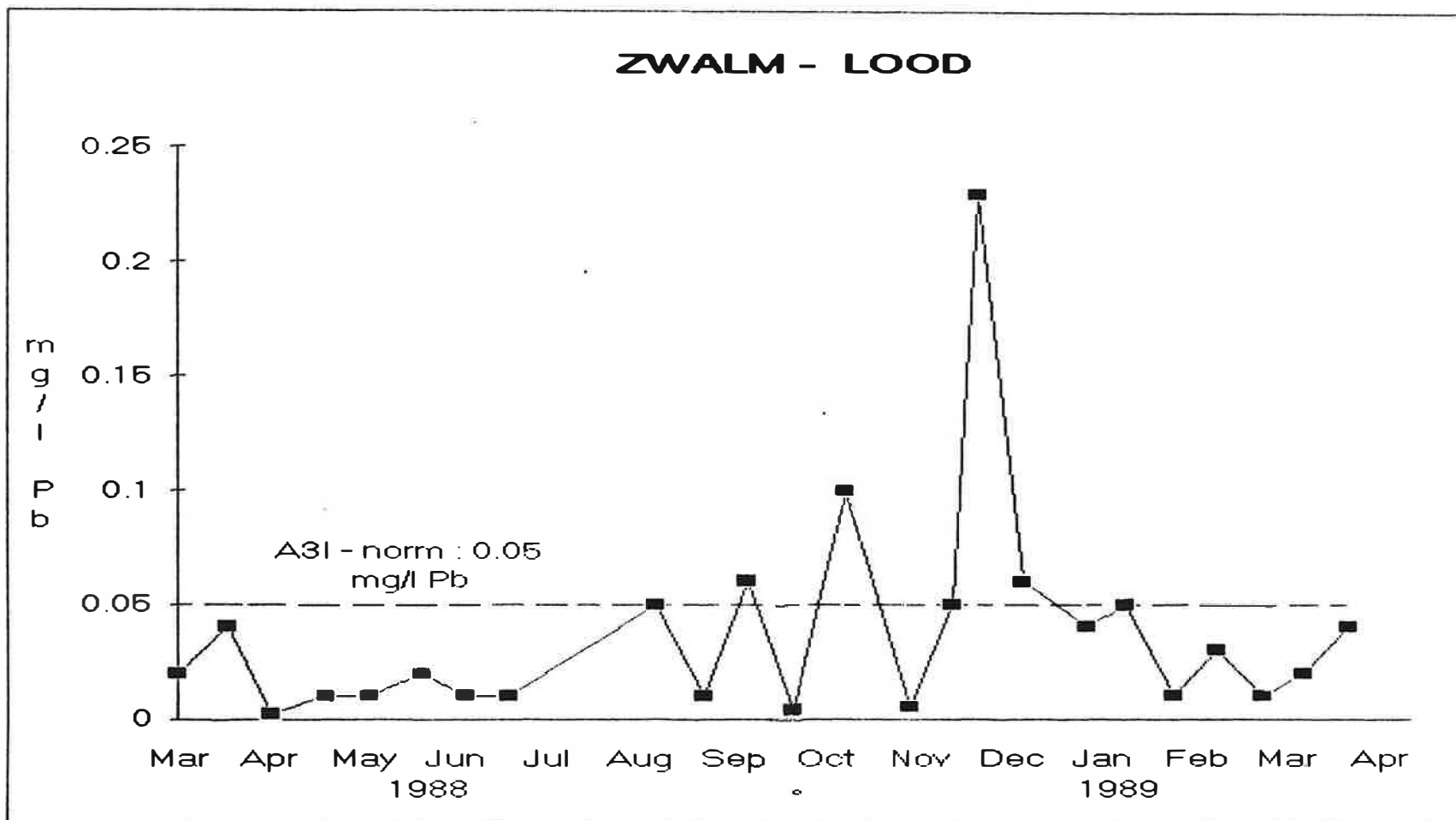


Fig. 35 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter lood

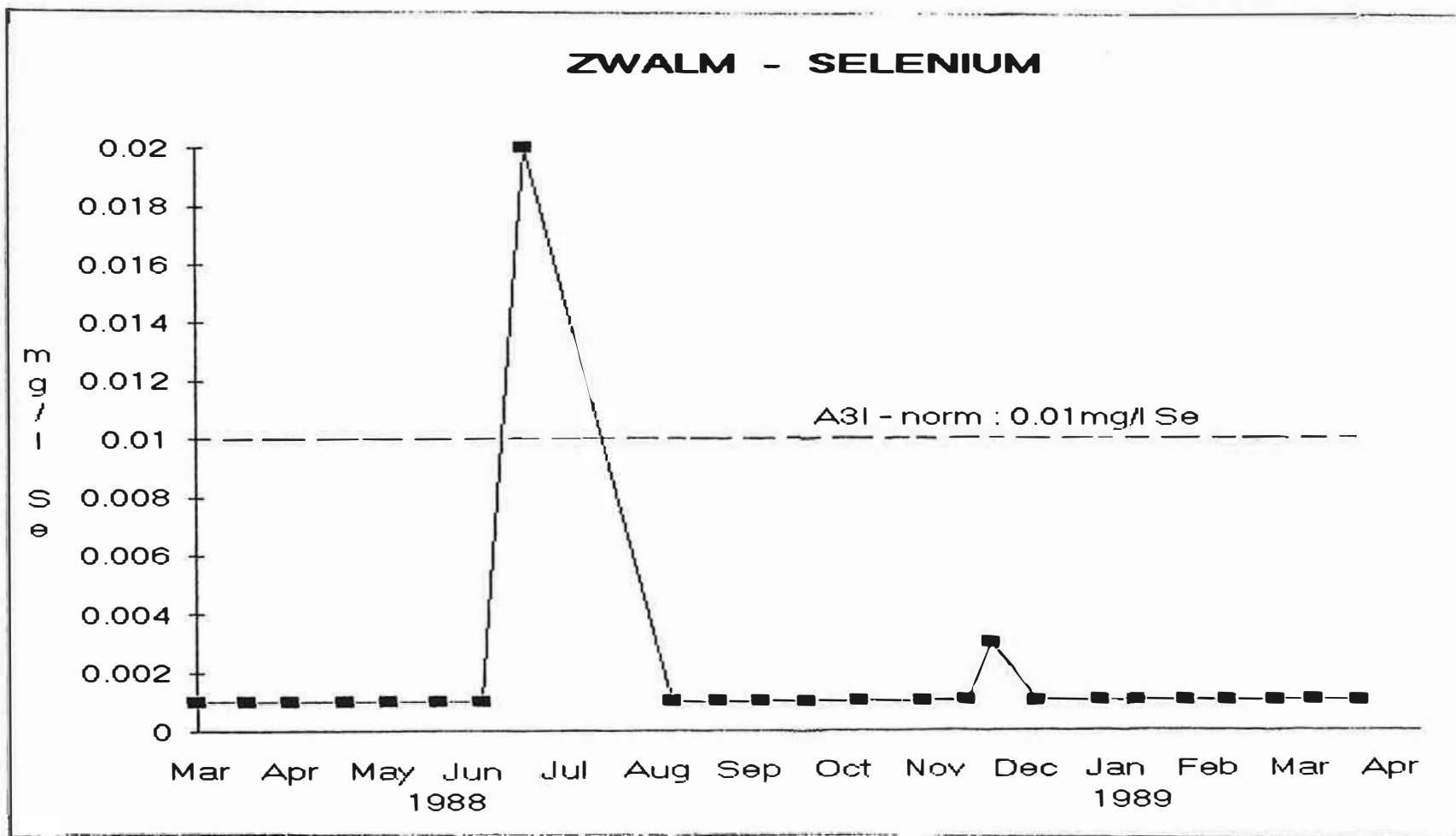


Fig. 36 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter selenium

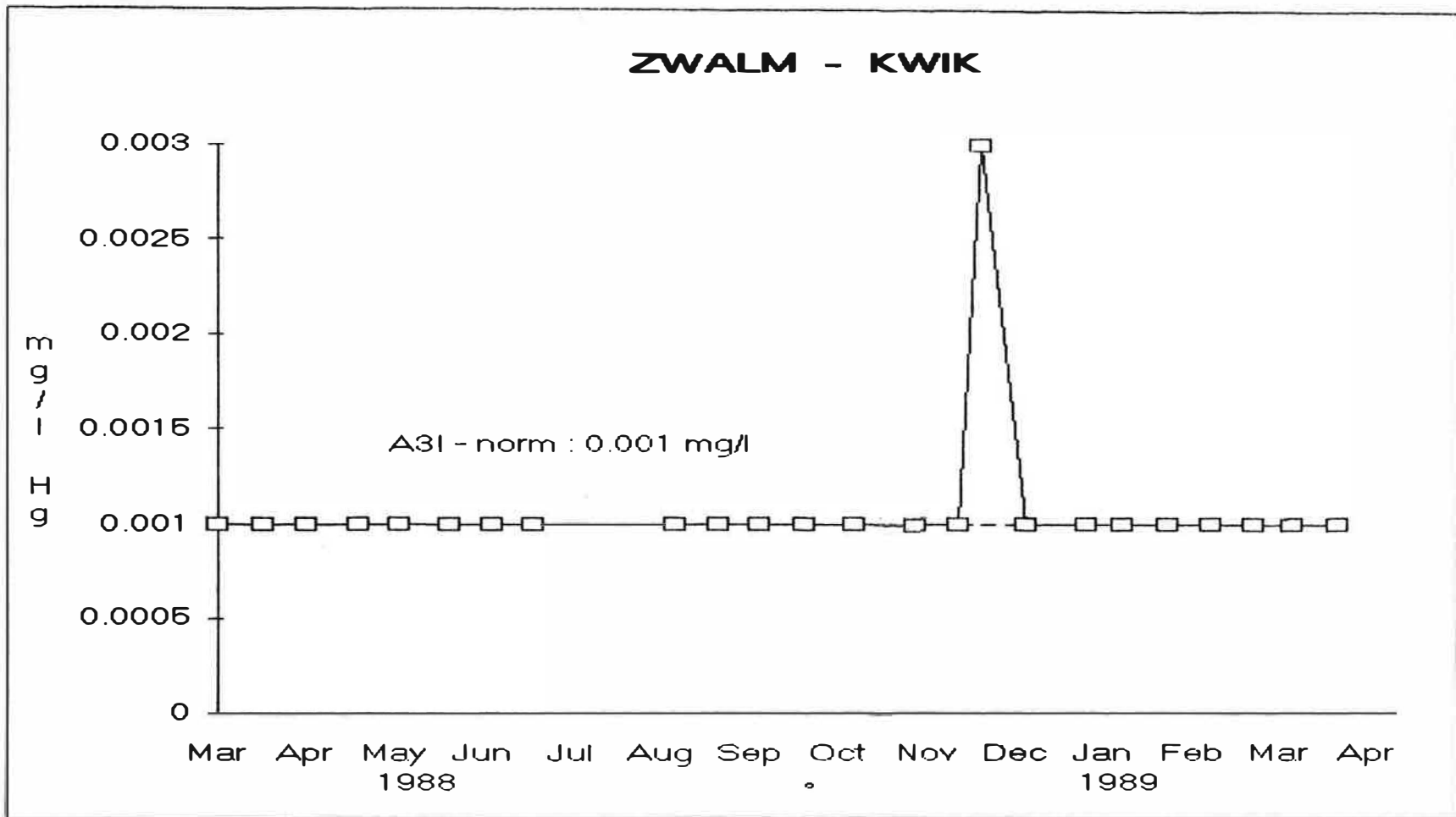


Fig. 37 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter kwik

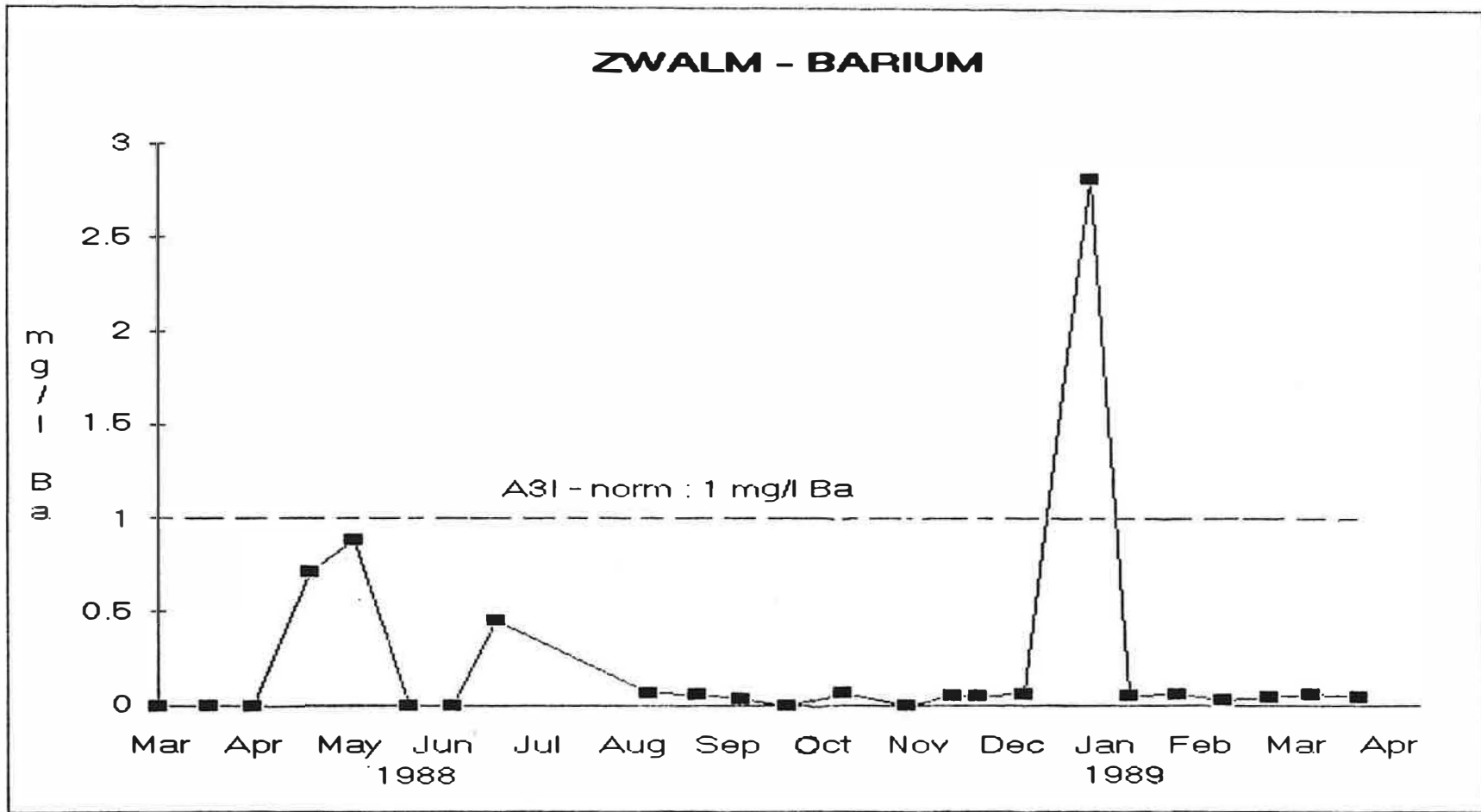


Fig. 38 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter barium

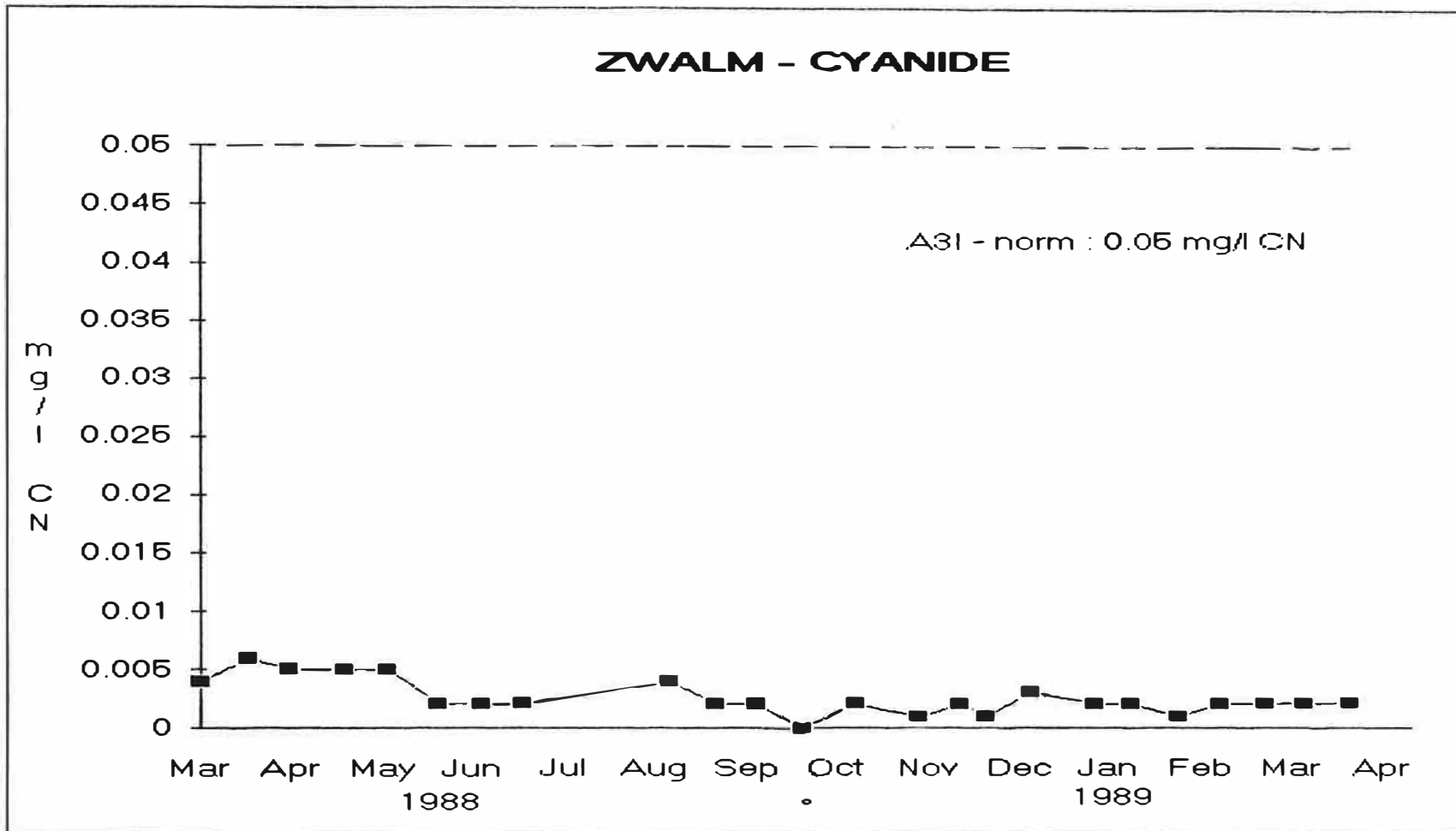


Fig. 39 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter cyanide

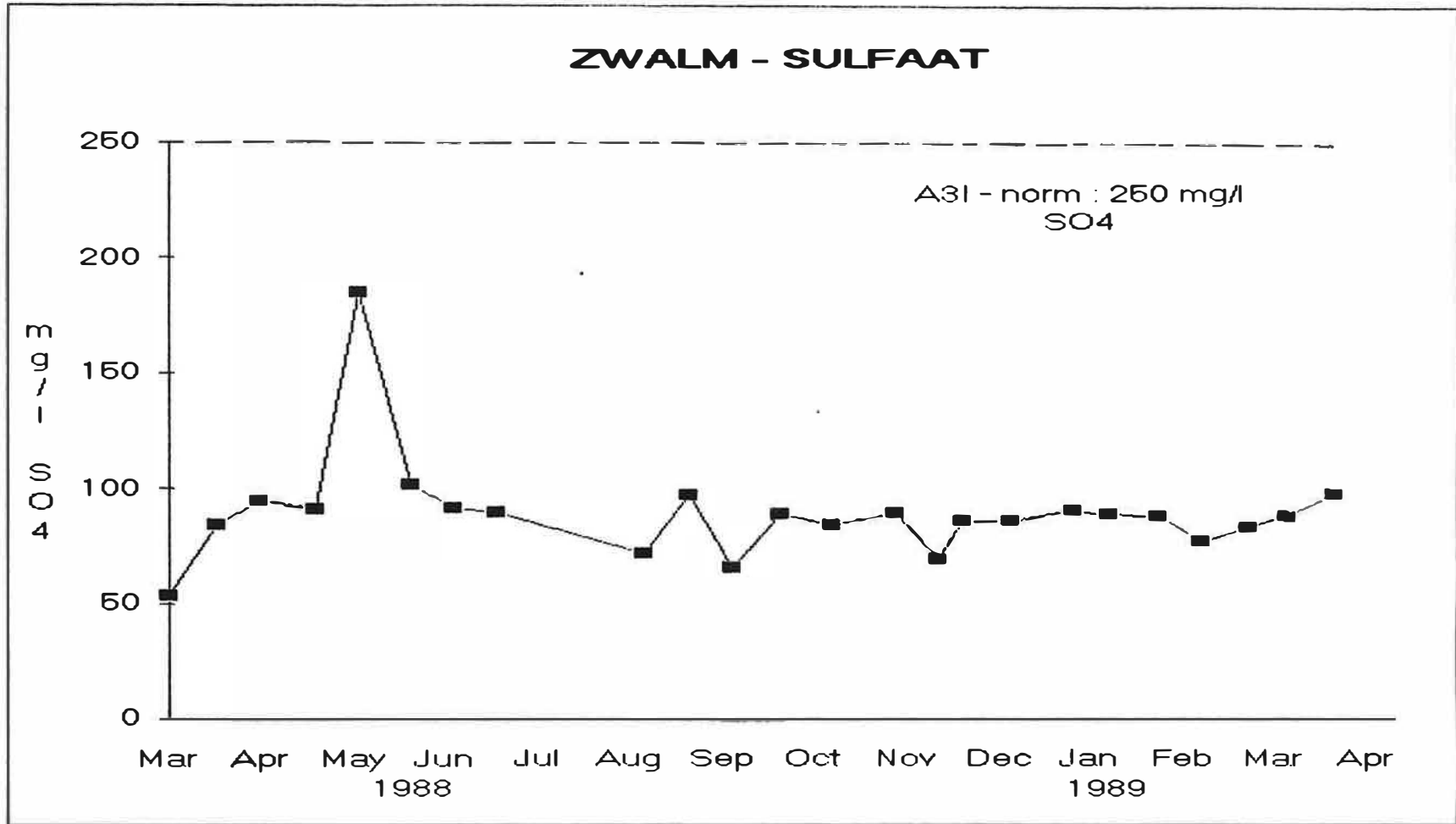


Fig. 40 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter sulfaat

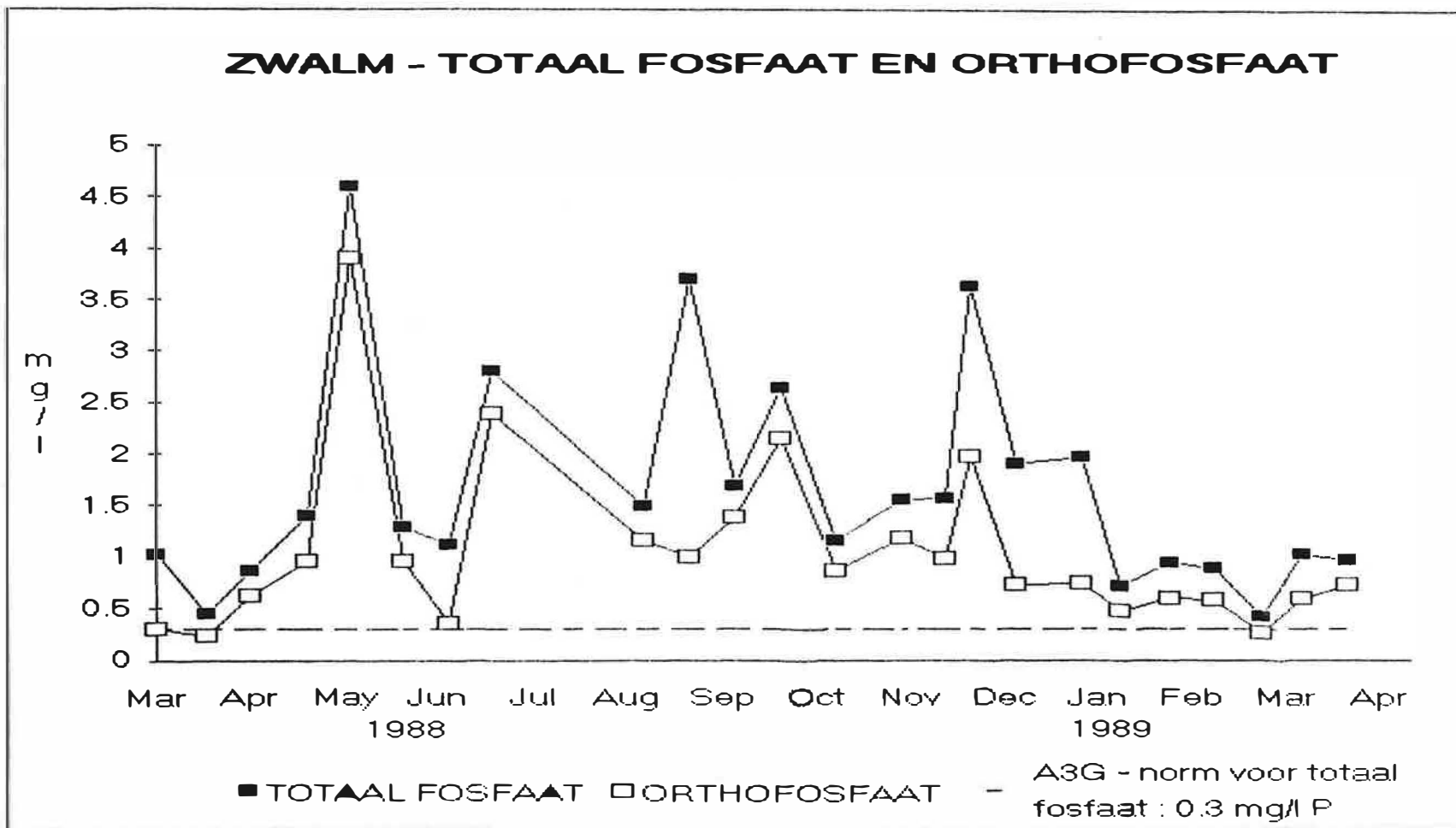


Fig. 41 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter totaal fosfaat en orthofosfaat

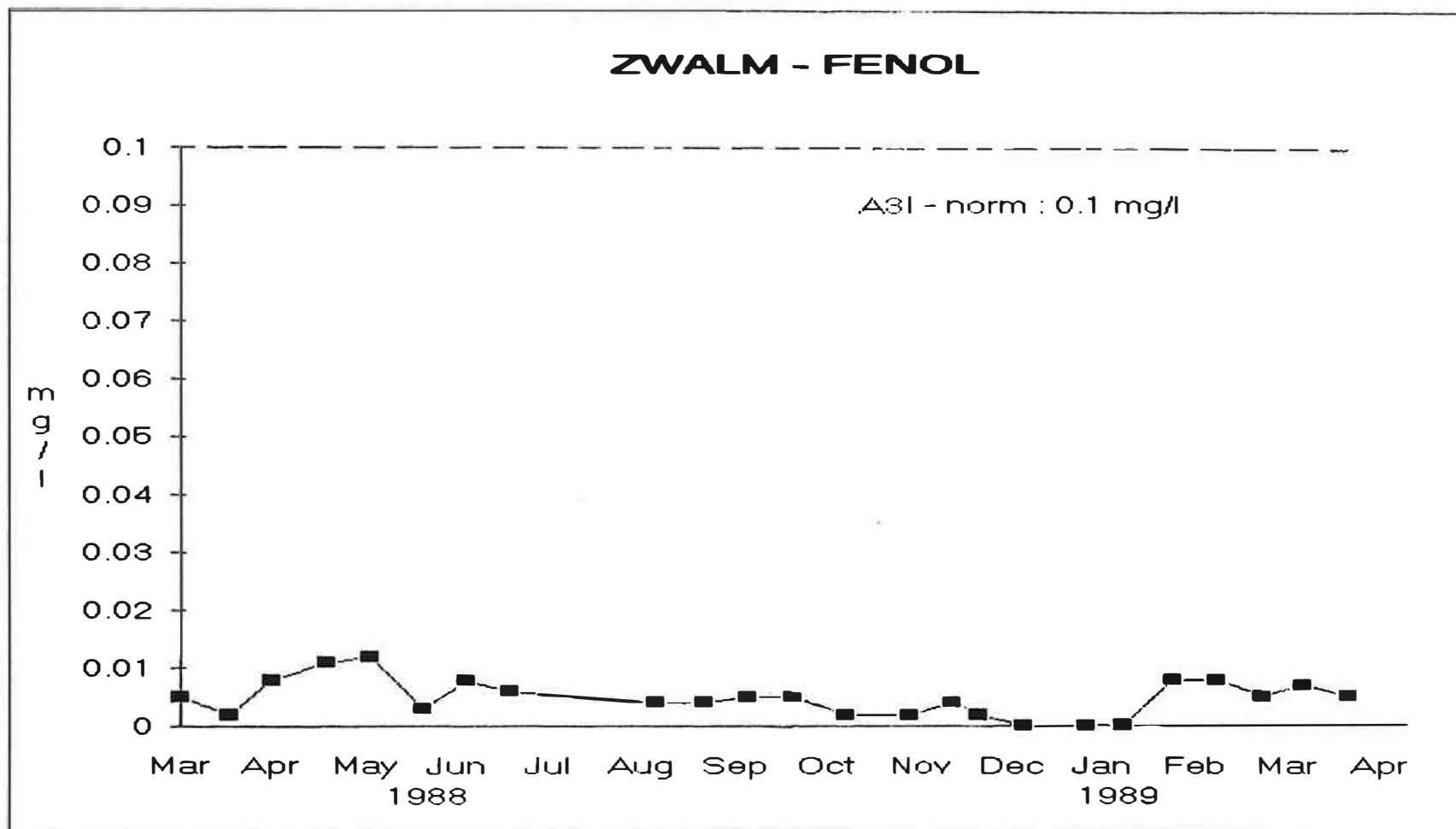


Fig. 42 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter fenol

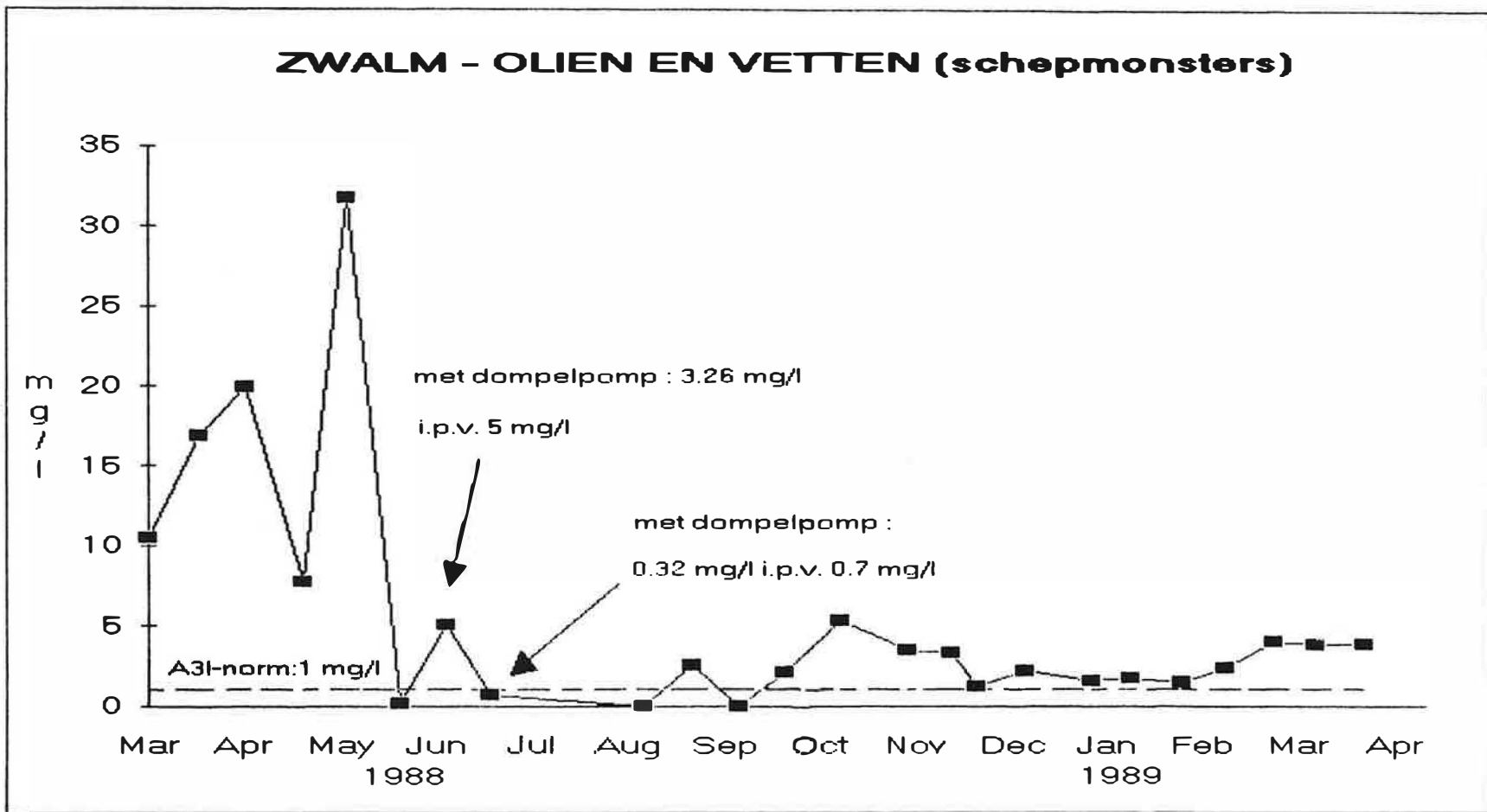


Fig. 43 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter oliën en vetten

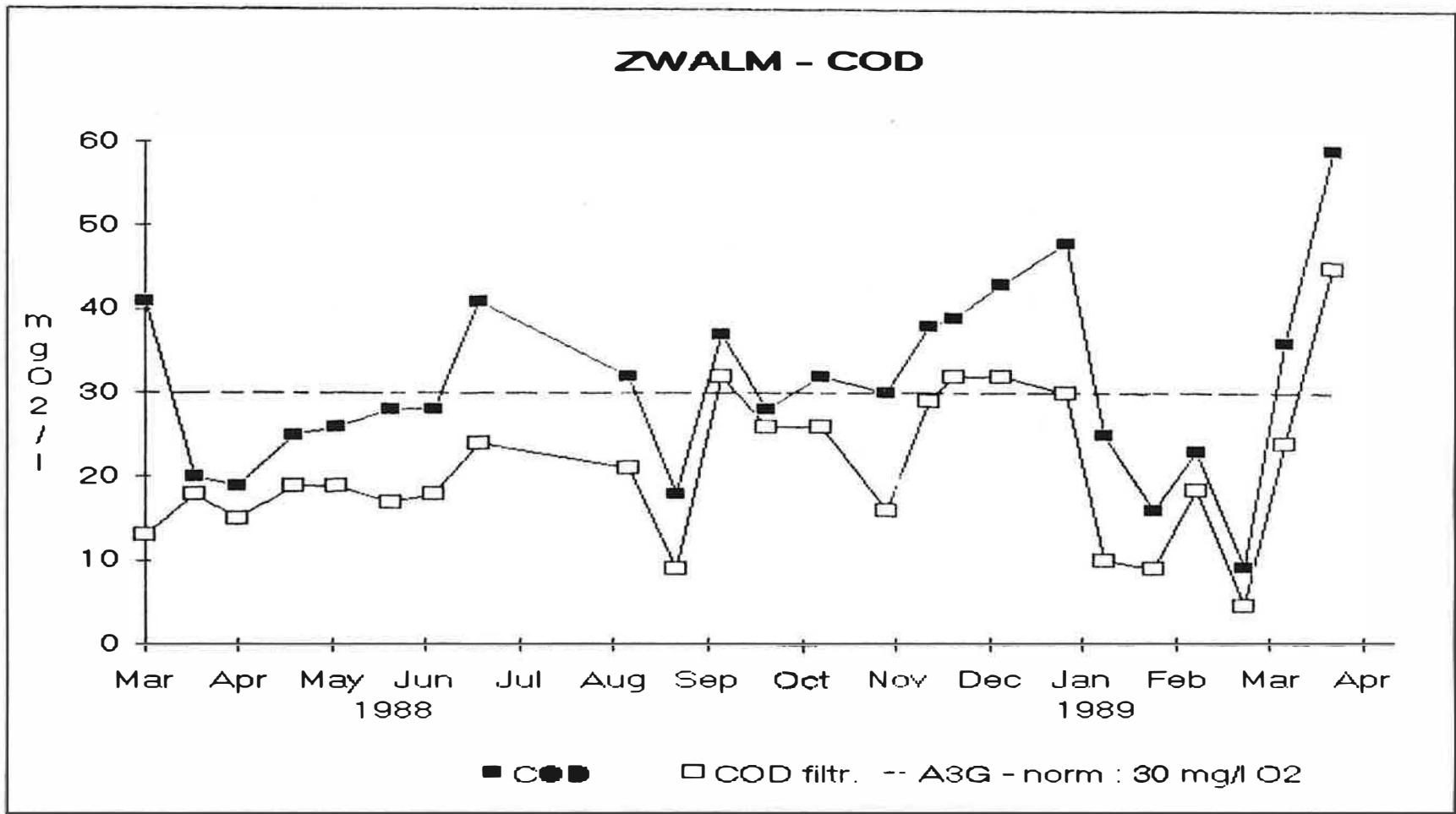


Fig. 44 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter COD

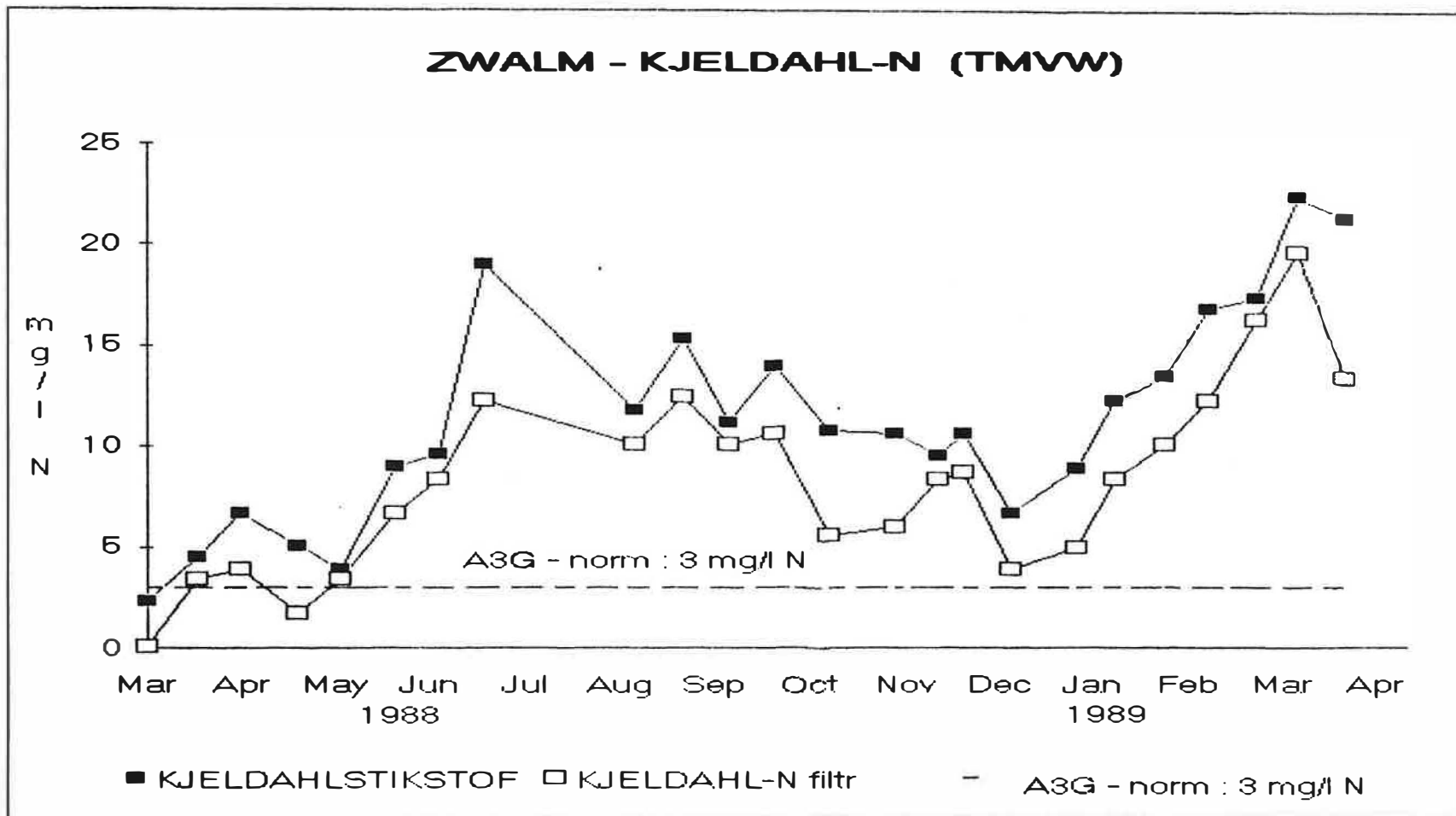


Fig. 45 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter Kjeldahl-N

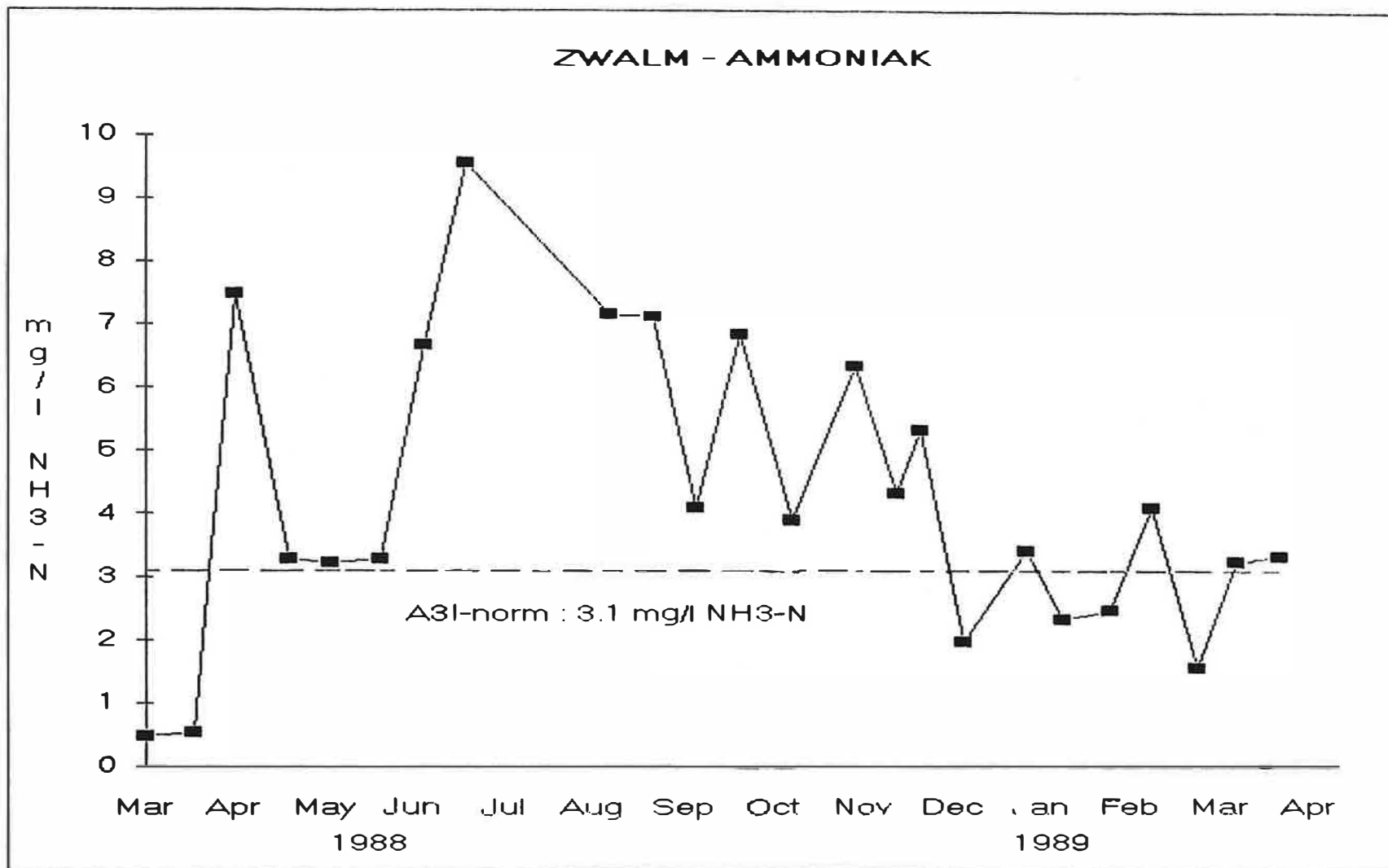


Fig. 46 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter ammoniak

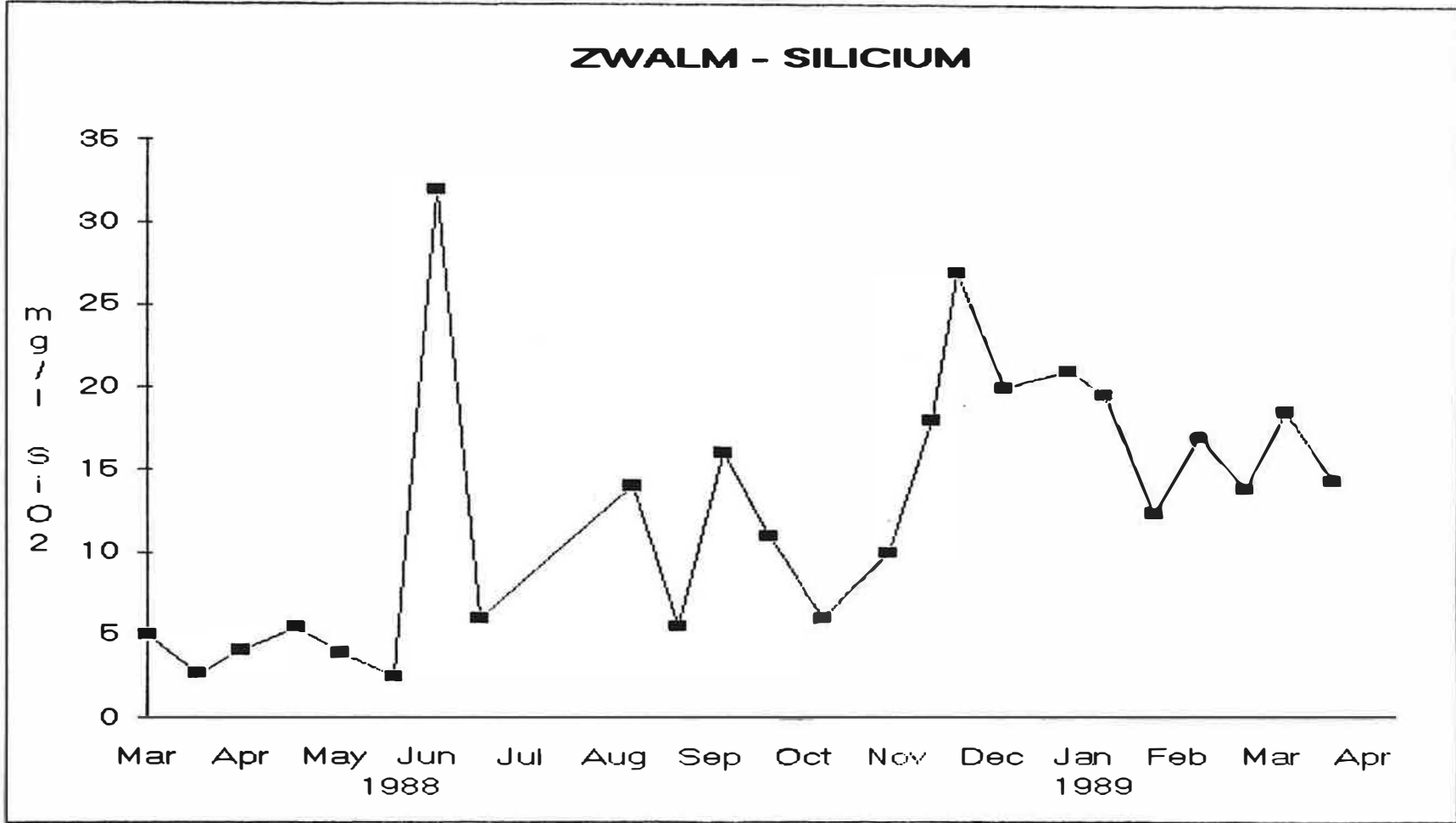


Fig. 47 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter silicium

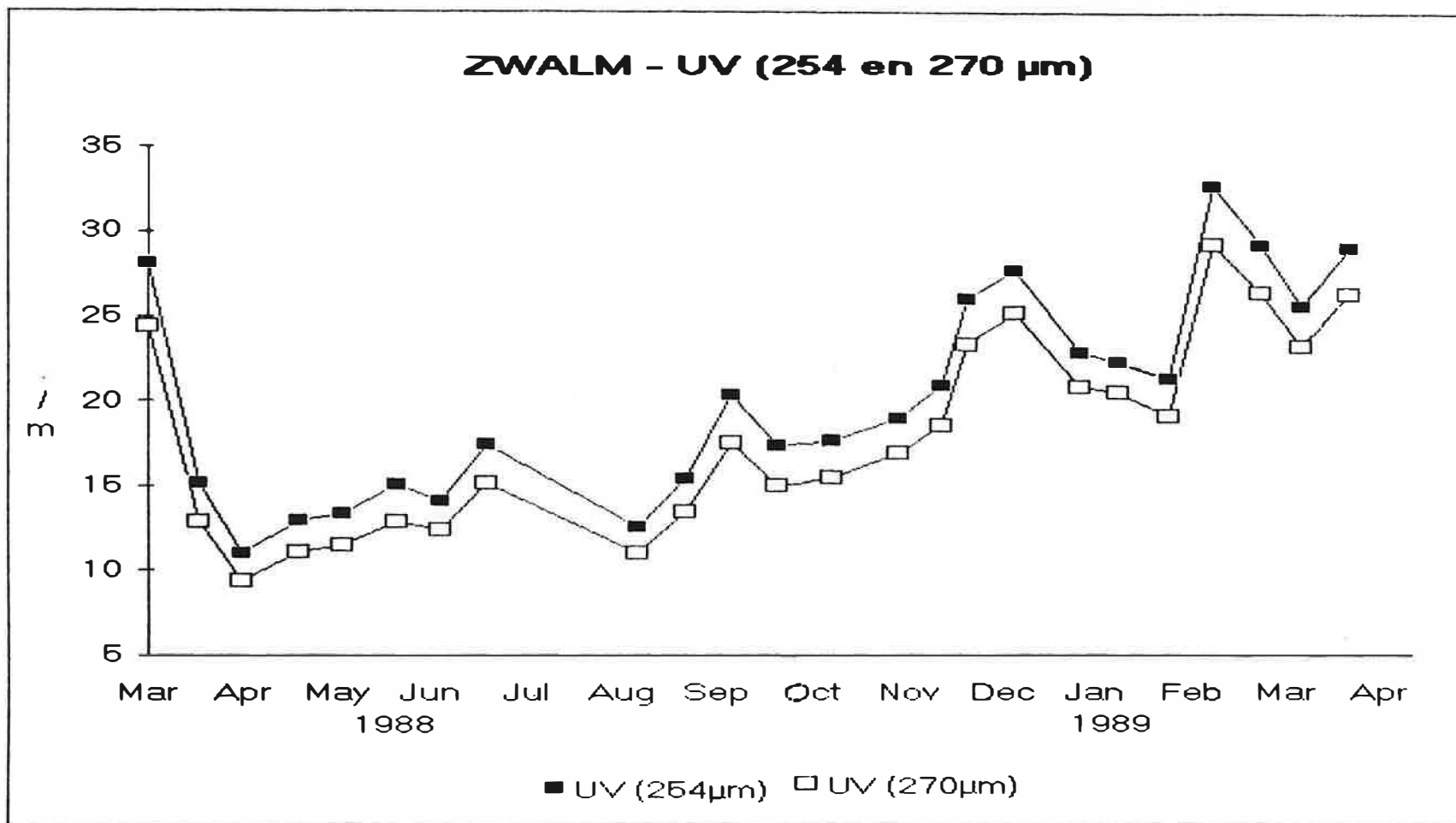


Fig. 48 . Kwaliteit van het zwalmwater - parameter UV (254 en 270 μm)

De parameters Pb en Cd zijn van antropogene oorsprong. De bronnen hiervoor zijn hoofdzakelijk industriële emissies, landbouw en vervoer. Algemeen mag gesteld worden dat de overschrijding van de norm voor beide zware metalen beperkt is.

De Vlaamse Waterzuiveringsmaatschappij beschikt over een AWP (Algemeen Waterzuiverings Programma) voor de Zwalm. Deze maatschappij heeft tevens speciale lozingsnormen opgelegd aan de aanwezige bedrijven in het stroomgebied van de Zwalm zodat in 1991 geen verontreiniging, te wijten aan lozingen door de desbetreffende bedrijven, meer zou optreden.

6.4. EISEN GESTELD AAN HET INFILTRATIEWATER

Het infiltratiewater dat uiteindelijk in de grachten infiltreert moet aan bepaalde fysico-chemische eisen voldoen. De kwaliteit van het ruwe water uit de Zwalm zoals deze is vastgesteld over de bemonsterde periode voldoet niet aan de eisen om rechtstreeks als infiltratiewater te worden gebruikt. Via een relatief eenvoudige voorbehandeling van dit ruwe water kan een geschikt infiltratiewater worden bekomen. Naast de te hoge waarden ten opzichte van de normen (6.3.) is hoofdzakelijk de parameter gesuspendeerde materie belangrijk. Verwijdering van gesuspendeerd materiaal wordt uigevoerd teneinde snelle verstopping van de infiltratiegrachten te voorkomen.

De wisselwerking nagaan tussen enerzijds het zwalmwater en anderzijds het grondwater in het reservoir is op dit ogenblik niet opportuun rekening houdend met de vooropgestelde verbetering van de kwaliteit van het zwalmwater (AWP).

6.5. BESLUIT

Gedurende de periode maart 1988 - maart 1989 voldeed het zwalmwater niet aan de normen opgenomen in de lijst opgenomen parameters van het KB van 25.09.1984 tot vaststelling van de algemene normen die de kwaliteitsobjectieven bepalen van zoet oppervlaktewater dat bestemd is voor de produktie van drinkwater. Er werden frekvent te hoge waarden gemeten voor de parameters ammoniak, Kjeldahl-stikstof, oliën en vetten, totaal fosfaat en orthofosfaat. Verder werden ook meermaals te hoge COD- en viermaal te hoge Pb- en Cd-gehalten vastgesteld.

Rekening houdend met de soms relatief hoge waarden voor gesuspendeerde materie is dit ruwe water als dusdanig zonder voorbehandeling als infiltratiewater niet te gebruiken.

De voorziene periode voor infiltratie, op basis van het kwaliteitsonderzoek, beperkt zich tot de maanden november tot en met april. Gedurende die periode is ook een voldoende hoeveelheid zwalmwater beschikbaar.

Het AWP voor de Zwalm en de speciale lozingsnormen die aan de bedrijven in het stroomgebied van deze waterloop door de VWZ zijn opgelegd zou de sterk verontreinigende invloed van de lozingen van de bedrijven in 1991 sterk reduceren. In deze kontekst is het niet opportuun de eventuele wisselwerking zwalmwater en oorspronkelijk grondwater voor de aktuele toestand te bestuderen.

7. ALGEMEEN BESLUIT

In het eerste deel van deze studie werden de mogelijkheden berekend van een grondwaterwinning in de als waterwinningsgebied bestemde zone.

Een grondwaterwinning van 5.000 m³/d of 1,825.10⁶ m³/jaar zou een verlaging van de watertafel veroorzaken die in het centrum van het waterwinningsgebied nagenoeg 3 m bedraagt, er buiten zou deze verlaging minder dan 1 m zijn, ter hoogte van de dorpskern van Zingem ongeveer 0,25 m.

Bij een verdubbeling van het winningsdebiet, nl. 10.000 m³/d of 3,65.10⁶ m³/jaar zou de verlaging van de watertafel binnen en buiten het waterwinningsgebied respectievelijk 9,5 en minder dan 5 m zijn. Ter hoogte van de dorpskern van Zingem zou dit 1,0 tot 1,25 m bedragen.

Hogere winningsdebieten zonder kunstmatige infiltratie, zijn om technische en/of hydrogeologische redenen niet meer realistisch.

Het winningsdebiet kan voor gelijkaardige of kleinere verlagingen van de watertafel ruim verhoogd worden indien men in het waterwinningsgebied een hoeveelheid geschikt oppervlaktewater infiltreert. De Zwalm die ongeveer 1500 m ten zuiden van het waterwinningsgebied in de Schelde uitmondt kan gedurende de periode november - mei ruimschoots 16.000 m³/d water leveren. Aldus werd berekend wat de invloed is indien in het waterwinningsgebied 12.000 m³/d of 4,38.10⁶ m³/jaar grondwater zou gewonnen worden terwijl gedurende 6 maanden per jaar (periode november - mei) 16.000 m³/d oppervlakte water wordt geïnfiltreerd.

De kunstmatige infiltratie gebeurt bij alle berekeningen door middel van infiltratiegrachten die uitgegraven zijn tot in de doorlatende laag KZ2. Deze grachten zijn 25 m breed en alterneren met raaien van pompputten. In totaal werden 4 noord-zuid verlopende raaien ingeplant. Tussen en langs deze raaien komen infiltratiegrachten voor.

De hierbij optredende watertafelverlagingen fluktuëren en zijn maximaal juist voor de aanvang van de infiltratieperiode.

De maximale verlagingen die optreden na 10 jaar winning bedragen in het waterwinningsgebied 6,75 m en erbuiten 1,0 m. Ter hoogte van de dorpskern van Zingem is dit steeds minder dan 0,25 m.

Bij de berekeningen wordt gedurende de eerste zes maanden van winning niet geïnfiltreerd. De verlaging van de stijghoogte gedurende deze periode heeft als praktische voordelen dat enerzijds de aanleg van het infiltratiestelsel wordt vergemakkelijkt en anderzijds de infiltratiesnelheid bij het starten van de infiltratie gunstig is.

Uit de berekening blijkt dat de Breegracht in het waterwinningsgebied tijdens bepaalde perioden irrigeert. Aangezien deze waterloop de huishoudelijk afvalwaters van inwoners uit Zingem bevat verdient het **aanbeveling** in het geval van eventuele waterwinning hiermee rekening te houden.

In het tweede deel van de studie werd voor een windebiet van 12.000 m³/d en een halfjaarlijkse infiltratie van 16.000 m³/d de wisselwerking tussen het grondwater, het geïnfiltreerd zwalmwater en het scheldewater bestudeerd. Uit de berekeningen in het centrum van de waterwinning leidt men af dat na 2 jaar een water opgepompt wordt dat voor meer dan 50% uit geïnfiltreerd zwalmwater bestaat.

De indringing van scheldewater in de waterwinning werd onderzocht voor een intreeweerstand onder de Schelde van 10 dagen en voor een intreeweerstand van 100 dagen. In beide gevallen dringt na een zekere tijd scheldewater in de pompputten die het dichtst bij de Schelde gelegen zijn. In het geval van een intreeweerstand van 10 dagen bereikt de 50% mengverhouding de pompput na 20 jaar pompen. Bedraagt de intreeweerstand 100 dagen dan zal na 20 jaar pompen de mengverhouding ongeveer 16% scheldewater bevatten.

De indringing van scheldewater kan door een verdrievoudigde infiltratie in de gracht gelegen tussen de Schelde en de meest oostelijke pompput niet verhinderd doch wel verminderd worden. Voor een intree weerstand van de Schelde van 10 dagen zal na 20 jaar winning in de winningsput de 5% mengverhoudingslijn aanwezig zijn. De mogelijke verontreinigende invloed van het indringend scheldewater op de winning blijft beperkt. Men dient in acht te nemen dat slechts de putten die het dichtst bij de Schelde gelegen zijn een gedeelte van hun water uit de Schelde betrekken en dat berekende mengverhoudingen geen rekening houden met de fysico-chemische processen die tijdens het verblijf van het scheldewater in het grondwaterreservoir kunnen optreden.

Het grondwaterkwaliteitsonderzoek heeft uitgewezen dat bij vergelijking met de normen betreffende de kwaliteit van het leidingwater (KB van 27.04.1984) er te hoge waarden worden vastgesteld voor de parameters ijzer, mangaan, bicarbonaat en ammoniak. Ter hoogte van de slibophoging werd ook in twee putten een anorganische belasting gemeten.

De hoge waarden van ijzer, mangaan en bicarbonaat zijn eigen aan de grondwaterkwaliteit in dergelijke geologische substraten. De hoge ammoniakconcentraties zijn waarschijnlijk te wijten aan de bemesting van de wei en akkerlanden.

Het kwaliteitsonderzoek van het zwalmwater in de periode maart 1988 - maart 1989 heeft uitgewezen dat het zonder voorbehandeling niet als infiltratiewater gebruikt kan worden. Bij vergelijking van de gemeten waarden met de normen opgenomen in het KB van 25.09.1984 tot vaststelling van de algemene normen die de kwaliteitsobjectieven bepalen van zoet oppervlaktewater dat bestemd is voor de produktie van drinkwater merkt men frekvent te hoge waarden voor de parameters ammoniak, Kjelhdahl-stikstof, oliën en vetten, totaal fosfaat en orthofosfaat. Verder werden ook meermaals te hoge COD- en

viermaal te hoge Pb- en Cd-gehalten vastgesteld.

Het AWP voor de Zwalm en de speciale lozingsnormen die aan de bedrijven in het stroomgebied van deze waterloop door de VWZ zijn opgelegd zou de sterk verontreinigende invloed van de lozingen van de bedrijven in 1991 sterk reduceren. Het is aldus voorbarig de eventuele wisselwerking zwalmwater en grondwater voor de aktuele toestand te bestuderen.

Het doel van deze studie, voor wat het kwantiteitsaspect betreft, was na te gaan welke grondwaterhoeveelheden, met of zonder kunstmatige infiltratie, uit het studiegebied kunnen gewonnen worden en wat hiervan de invloed zou zijn op de stijghoogteverdeling in het Kwartair grondwaterreservoir. Alle modelberekeningen dienaangaande steunen enerzijds op terreinwaarnemingen en -proeven die in vroegere studies of onderzoeken werden uitgevoerd en anderzijds op literatuurgegevens.

De twee belangrijkste algemene punten vanuit hydrogeologisch oogpunt, vooraleer tot de realisatie van een grondwaterwinning met kunstmatige infiltratie over te gaan, zijn het op het terrein nagaan wat het bergend vermogen is van het kwartair grondwaterreservoir en hoe de voeding gebeurt van het grondwaterreservoir met infiltratiewater. Vooral wat betreft dit laatste punt is er in het studiegebied op dit ogenblik nog geen terreinervaring. In dit opzicht is het aan te bevelen een proefinstallatie in het waterwinningsgebied in te planten teneinde deze problematiek te bestuderen.

REFERENTIES

DEVOS, J., LEBBE, L. & DE BREUCK, W. (1984). Hydrogeologische studie van de kwartaire afzettingen in de streek van Zingem-Asper (Gavere). Fase 2. 25 p. Rijksuniversiteit Gent : Leerstoel voor Toegepaste Geologie (studie uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap).

DE WINTER, P. & DE BREUCK, W. (1983). Hydrogeologische studie van de kwartaire afzettingen in de streek van Zingem - Asper (Gavere). Fase 1. 42 p. Rijksuniversiteit Gent : Leerstoel voor Toegepaste Geologie. (Studie uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap).

KONIKOW, L.F. & BREDEHOEFT, J.D. (1978). Computer model of two-dimensional solute transport and dispersion in groundwater. 90 p. U.S. Geol. Survey Techniques of Water-Resources Inv., Book 7, Chap. C2.

LEBBE, L., VAN CAMP, M., RAMAN, B. & DE BREUCK, W. (1985). Hydrogeologisch matematisch model van het Nederlands-Belgisch grensgebied in de omgeving van de Kalmthoutse Heide. 89 p. Rijksuniversiteit Gent : Leerstoel voor Toegepaste Geologie (Studie uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap).

LEBBE, L. (1988). Uitvoering van pompproeven en interpretatie door middel van een invers model, Rijksuniversiteit Gent. (Aggregaatsproefschrift).

MAHAUDEN, M., BOLLE, I. & DE BREUCK, W. (1985). Hydrogeologische kaartenatlas van de Scheldevallei in Vlaanderen stroomopwaarts Gavere tot het Kanaal Bossuit-Kortrijk (kaartbladen N.G.I. nrs. 29 en 30). Rijksuniversiteit Gent : Leerstoel voor Toegepaste Geologie (Studie uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap).

STEENACKERS, J. (1983). Hydrogeologisch onderzoek van de Scheldevallei te Zingem-Oudenaarde met behulp van geo-elektrische verkenningsmethoden, Rijksuniversiteit Gent : Geologisch Instituut (Lic. verh.).

VANMAERCKE-GOTTIGNY, M.C. (1967). De geomorfologische kaart van het Zwalmbekken. Verh. Koninkl. Vlaamse Acad. Wet., Letteren, Schone Kunst van België (Klasse Wetensch.) 99, p. 84.

BIJLAGEN

Rijksuniversiteit Gent Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie Prof. Dr. W. De Breuck	Onderzoek nr.: 86086	Boring nr.: 39
--	----------------------	----------------

ONDERZOEK : Modelonderzoek van grondwaterwinning met kunstmatige infiltratie in de Scheldevallei te Zingem

OPDRACHTGEVER : Vlaamse Executieve - Gemeenschapsminister van Volksgezondheid en Leefmilieu

- DATUM : 880310
 - BOORPLOEG (ev. FIRMA) : R.B - A.D.S
 - BOORTOESTEL : Spobo I BOORMEESTER : R.B.
 - GRONDBESCHRIJVING DOOR : M.M.
 - KAART N.G.I. Nr. : 30/1 GEOL./PEDO. KAART Nr. : 85W
 - GEMEENTE : Zingem
 - X = Y = ZMV = (m TAW)
 - ZMV* = (m TAW)
- (ZMV = hoogtepeil maaiveld; ZMV* = geschat hoogtepeil maaiveld)

BOORWIJZE	Ø	DIEPTE ONDER MAAIVELD (in m)				
	(mm)	van - tot	van - tot	van - tot	van - tot	van - tot
D.R.	120	0 - 11				

- TYPE BOORSPOELING : water VERBRUIK (in l) :
- TYPE BOORGATMETING(EN) : resistiviteit KN en LN

Filter nr.	DFB	DFO	ZMP	ZMP*	GWDP	L	ST	P
F1	8,75	9,75	10,198	10,74		1	KZ	2

- DFB = Diepte onder maaiveld (in m) van de filterbovenkant
- DFO = Diepte onder maaiveld (in m) van de filteronderkant
- ZMP = Hoogtepeil van het meetpunt (b.v. top peilbuis) (in m TAW)
- ZMP* = Geschat hoogtepeil van het meetpunt (in m TAW)
- GWDP = Grondwaterdiepte onder meetpunt (in m)
- P = 1 = Piëzometer; 2 = Peilbuis; 3 = Ringput; 4 = Pompput

- Filters in zelfde boorgat : neen
- Type en kenmerken - stijgbuizen : PVC Ø 63/57 mm
 - filters : PVC Ø 63/57 mm
 - verbindingen : gelijmd
- Onderkant bezinkbuis (m onder maaiveld) : 9,95 m
- Filteropeningen - vorm : horizontale zaagsnede
 - afmeting (mm) : 0.3
 - nuttig oppervlak (%) : -
- Centreerbeugel(s) - plaats (m onder maaiveld) : 8,5 en 9,9
- Omstorting - type en kenmerken : kwartszand Ø 0.7 - 1.25 mm
 - volume (l.) : 35 l
- Stop(pen) - type en kenmerken : cementstop δ ≈ 1,86
 - volume (l.) : 40 l
- Materiaal boorgatopvulling: cementstop tot ca. 1.5 m onder maaiveld + klei erboven
- Schoonpompen - methode : pomping met bovengrondse centrifugaalpomp
 - datum - duur (h) : 880314 1 h
 - debiet (m³/h) : ca. 0.8 m³/h
- Manier van afwerking : 0,5 m onder maaiveld met betonblok en deksteen

GRONDBESCHRIJVING - DATUM 880310

Monster nr.	Beschrijving van de grond	Diepte* (m)	
		van	tot
	Bruin leemhoudend fijn zand	0.0	0.3
	Donker blauwgrijze tot zwarte slappe klei	0.3	1.3
	Geelbruin fijn zand met zeer veel schelpen en schelpfragmenten	1.3	1.7
	Donker blauwgrijze tot zwarte slappe klei, veenhoudend met enkele schelpfragmenten	1.7	3.8
	Groene weinig zandhoudende klei, glaukoniethoudend	3.8	4.2
	Bruinzwarte leemhoudende klei soms weinig zandhoudend met veenlenzen en schelpfragmenten	4.2	5.8
	Donkerbruine zandhoudende tot leemhoudende klei met veenlenzen en schelpfragmenten	5.8	6.5
	Afwisseling van laagjes slappe sterk veenhoudende klei en groengrijze zandhoudende klei tot kleihoudend zand met schelpfragmenten	6.5	8.5
	Grijsgroen fijn zand	8.5	11.0
	Einde boring 11.0 m		

Geologische interpretatie en opmerkingen

Kwartair van 0.0 - 11.0 m

Rijksuniversiteit Gent Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie Prof. Dr. W. De Breuck	Onderzoek nr.: 86086	Boring nr.: 40
ONDERZOEK : Modelonderzoek van grondwaterwinning met kunstmatige infiltratie in de Scheldevallei te Zingem	OPDRACHTGEVER : Vlaamse Executieve - Gemeenschapsminister van Volksgezondheid en Leefmilieu	

- DATUM : 880310
 - BOORPLOEG (ev. FIRMA) : R.B - A.D.S
 - BOORTOESTEL : Spobo I BOORMEESTER : R.B.
 - GRONDBESCHRIJVING DOOR : M.M.
 - KAART N.G.I. Nr. : 30/1 GEOL./PEDO. KAART Nr. : 85W
 - GEMEENTE : Zingem
 - X = Y = ZMV = (m TAW)
 - ZMV* = (m TAW)
- (ZMV = hoogtepeil maaiveld; ZMV* = geschat hoogtepeil maaiveld)

BOORWIJZE	Ø	DIEPTE ONDER MAAIVELD (in m)				
	(mm)	van - tot	van - tot	van - tot	van - tot	van - tot
D.R.	120	0 - 11				

- TYPE BOORSPOELING : water VERBRUIK (in l) :
- TYPE BOORGATMETING(EN) : resistiviteit KN en LN

Filter nr.	DFB	DFO	ZMP	ZMP*	GWDP	L	ST	P
F1	9,00	10,00	9,863	10,36		1	KZ	2

- DFB = Diepte onder maaiveld (in m) van de filterbovenkant
- DFO = Diepte onder maaiveld (in m) van de filteronderkant
- ZMP = Hoogtepeil van het meetpunt (b.v. top peilbuis) (in m TAW)
- ZMP* = Geschat hoogtepeil van het meetpunt (in m TAW)
- GWDP = Grondwaterdiepte onder meetpunt (in m)
- P = 1 = Piëzometer; 2 = Peilbuis; 3 = Ringput; 4 = Pompput

- Filters in zelfde boorgat : neen
- Type en kenmerken - stijgbuizen : PVC Ø 63/57 mm
 - filters : PVC Ø 63/57 mm
 - verbindingen : gelijmd
- Onderkant bezinkbuis (m onder maaiveld) : 10,20 m
- Filteropeningen - vorm : horizontale zaagsnede
 - afmeting (mm) : 0.3
 - nuttig oppervlak (%) : -
- Centreerbeugel(s) - plaats (m onder maaiveld) : 8,8 en 10,1
- Omstorting - type en kenmerken : kwartszand Ø 0.7 - 1.25 mm
 - volume (l.) : 35 l
- Stop(pen) - type en kenmerken : cementstop δ ≈ 1,86
 - volume (l.) : 40 l
- Materiaal boorgatopvulling: cementstop tot ca. 1.5 m onder maaiveld + klei erboven
- Schoonpompen - methode : pomping met bovengrondse centrifugaalpomp
 - datum - duur (h) : 880314 0,5 h
 - debiet (m³/h) : ca. 4.5 m³/h
- Manier van afwerking : 0,5 m onder maaiveld met betonblok, deksteen en detekteerbare schijf

GRONDBESCHRIJVING - DATUM 880310

Monster nr.	Beschrijving van de grond	Diepte* (m)	
		van	tot
	Geelbruin tot bruin zand met veel schelpfragmenten	0.0	1.0
	Donkergrijs zand met veel schelpfragmenten	1.0	1.3
	Donkergrijze slappe klei, plaatselijk groenachtig met enkele halfvergane houtbrokken	1.3	2.0
	Donkergrijze tot groengrijze leemhoudende klei	2.0	2.3
	Donkergrijze leemhoudende slappe klei	2.3	3.8
	Bruine tot geelbruine zandhoudende leem tot leemhoudend zand	3.8	4.0
	Geelbruin fijn zand met enkele kleine schelpfragmenten, vanaf ca. 5 m iets groener (weinig glauconiethoudend)	4.0	6.0
	Groengrijs fijn zand weinig glauconiethoudend met zwarte glimmers en kleine schelpfragmenten	6.0	11.0
	Einde boring 11,0 m		

Geologische interpretatie en opmerkingen

Kwartair : 0,0 - 11,0 m

Rijksuniversiteit Gent
Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie
Prof. Dr. W. De Breuck

Onderzoek nr.: Boring nr.:
86085 41

ONDERZOEK : Modelonderzoek van grondwaterwinning met kunstmatige infiltratie in de Scheldevallei te Zingem

OPDRACHTGEVER :
Vlaamse Executieve - Gemeenschapsminister van Volksgezondheid en Leefmilieu

- DATUM : 880311
 - BOORPLOEG (ev. FIRMA) : R.B - A.D.S
 - BOORTOESTEL : Spobo I BOORMEESTER : R.B.
 - GRONDBESCHRIJVING DOOR : M.M.
 - KAART N.G.I. Nr. : 30/1 GEOL./PEDO. KAART Nr. : 85W
 - GEMEENTE : Zingem
 - X = Y = ZMV = (m TAW)
ZMV* = (m TAW)
- (ZMV = hoogtepeil maaiveld; ZMV* = geschat hoogtepeil maaiveld)

BOORWIJZE	ϕ	DIEPTE ONDER MAAIVELD (in m)				
	(mm)	van - tot	van - tot	van - tot	van - tot	van - tot
D.R.	120	0 - 10,5				

- TYPE BOORSPOELING : water VERBRUIK (in l) :
- TYPE BOORGATMETING(EN) : resistiviteit KN en LN

Filter nr.	DFB	DFO	ZMP	ZMP*	GWDP	L	ST	P
F1	9,0	10,0	10,009	9,61				

DFB = Diepte onder maaiveld (in m) van de filterbovenkant
DFO = Diepte onder maaiveld (in m) van de filteronderkant
ZMP = Hoogtepeil van het meetpunt (b.v. top peilbuis) (in m TAW)
ZMP* = Geschat hoogtepeil van het meetpunt (in m TAW)
GWDP = Grondwaterdiepte onder meetpunt (in m)
P = 1 = Piezometer; 2 = Peilbuis; 3 = Ringput; 4 = Pompput

- Filters in zelfde boorgat : neen
- Type en kenmerken - stijgbuizen : PVC ϕ 63/57 mm
 - filters : PVC ϕ 63/57 mm
 - verbindingen : gelijkmd
- Onderkant bezinkbuis (m onder maaiveld) : 10,20 m
- Filteropeningen - vorm : horizontale zaagsnede
 - afmeting (mm) : 0.3
 - nuttig oppervlak (%) : -
- Centreerbeugel(s) - plaats (m onder maaiveld) : 8,8 en 10,1
- Omstorting - type en kenmerken : kwartszand ϕ 0.7 - 1.25 mm
 - volume (l.) : 35 l
- Stop(pen) - type en kenmerken : cementstop $\delta \approx 1,86$
 - volume (l.) : 40 l
- Materiaal boorgatopvulling: cementstop tot ca. 1.5 m onder maaiveld + klei erboven
- Schoonpompen - methode : pomping met bovengrondse centrifugaalpomp
 - datum - duur (h) : 880314 0,5 h
 - debiet (m³/h) : ca. 5.0 m³/h
- Manier van afwerking : peilbuis steekt ca. 0,2 m boven maaiveld - afgesloten met stop (op vraag van eigenaar weide)

GRONDBESCHRIJVING - DATUM 880311

Monster nr.	Beschrijving van de grond	Diepte* (m)	
		van	tot
	Bruingrijze vaste klei met blauwgrijze vlekken, enkele schelpfragmentjes en veenbrokjes, vanaf 0.75 m minder vast	0.0	1.75
	Bruingrijze klei met veel roestkleurige ijzerzandsteenconcreties	1.75	2.20
	Afwisseling van laagjes bruingrijze klei met slappe grijsblauwe kleilensjes met enkele schelpfragmenten en nog enkele brokjes roestkleurige ijzerzandsteenconcreties	2.20	3.5
	Blauwgrijs fijn tot zeer fijn zand met kleine schelpfragmenten en zwarte glimmers	3.5	6.0
	Blauwgrijs fijn zand met kleine schelpfragmenten en zwarte glimmers	6.0	8.0
	Blauwgrijs fijn zand, weinig glauconiethoudend met zwarte glimmers en schelpfragmenten, het zand wordt grover met de diepte	8.0	9.0
	Blauwgrijs middelmatig zand, weinig glauconiethoudend met zwarte glimmers, schelpfragmenten en enkele kleine zandsteenbrokken	9.0	10.5
	Einde boring : 10.5 m		

Geologische interpretatie en opmerkingen

Kwartair van 0.0 - 10.5 m

Rijksuniversiteit Gent
Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie
Prof. Dr. W. De Breuck

Onderzoek nr.: Boring nr.:
86086 42

ONDERZOEK : Modelonderzoek van grondwaterwinning met kunstmatige infiltratie in de Scheldevallei te Zingem

OPDRACHTGEVER :
Vlaamse Executieve - Gemeenschapsminister van Volksgezondheid en Leefmilieu

- DATUM : 880311
 - BOORPLOEG (ev. FIRMA) : R.B - A.D.S
 - BOORTOESTEL : Spobo I BOORMEESTER : R.B.
 - GRONDBESCHRIJVING DOOR : M.M.
 - KAART N.G.I. Nr. : 30/1 GEOL./PEDO. KAART Nr. : 85W
 - GEMEENTE : Zingem
 - X = Y = ZMV = (m TAW)
ZMV* = (m TAW)
- (ZMV = hoogtepeil maaiveld; ZMV* = geschat hoogtepeil maaiveld)

BOORWIJZE	Ø (mm)	DIEPTE ONDER MAAIVELD (in m)				
		van - tot	van - tot	van - tot	van - tot	van - tot
D.R.	120	0 - 10,5				

- TYPE BOORSPOELING : water VERBRUIK (in l) :
- TYPE BOORGATMETING(EN) : resistiviteit KN en LN

Filter nr.	DFB	DFO	ZMP	ZMP*	GWDP	L	ST	P
F1	9n0	10,0	9,380	8,98				

DFB = Diepte onder maaiveld (in m) van de filterbovenkant
DFO = Diepte onder maaiveld (in m) van de filteronderkant
ZMP = Hoogtepeil van het meetpunt (b.v. top peilbuis) (in m TAW)
ZMP* = Geschat hoogtepeil van het meetpunt (in m TAW)
GWDP = Grondwaterdiepte onder meetpunt (in m)
P = 1 = Piëzometer; 2 = Peilbuis; 3 = Ringput; 4 = Pompput

- Filters in zelfde boorgat : neen
- Type en kenmerken - stijgbuizen : PVC Ø 63/57 mm
 - filters : PVC Ø 63/57 mm
 - verbindingen : gelijmd
- Onderkant bezinkbuis (m onder maaiveld) : 10,20 m
- Filteropeningen - vorm : horizontale zaagsnede
 - afmeting (mm) : 0.3
 - nuttig oppervlak (%) : -
- Centreerbeugel(s) - plaats (m onder maaiveld) : 8,8 en 10,1
- Omstorting - type en kenmerken : kwartszand Ø 0.7 - 1.25 mm
 - volume (l.) : 35 l
- Stop(pen) - type en kenmerken : cementstop $\delta \approx 1,86$
 - volume (l.) : 40 l
- Materiaal boorgatopvulling: cementstop tot ca. 1.5 m onder maaiveld + klei erboven
- Schoonpompen - methode : pomping met bovengrondse centrifugaalpompen
 - datum - duur (h) : 880314 0,5 h
 - debiet (m³/h) : ca. 5.4 m³/h
- Manier van afwerking : peilbuis steekt ca. 0.2 m boven maaiveld - afgesloten met stop (op vraag van eigenaar weide)

GRONDBESCHRIJVING - DATUM 880311

Monster nr.	Beschrijving van de grond	Diepte* (m)	
		van	tot
	Bruingrijze leemhoudende klei met enkele kleine baksteen-fragmenten en schelpfragmenten	0.0	1.0
	Afwisseling van bruingrijze leemhoudende klei en grijsblauwe vaste leemhoudende klei	1.0	2.0
	Geelbruine leem met vaste ijzerzandsteenconcreties	2.0	3.0
	Blauwgrijze zandleem	3.0	3.2
	Blauwgrijze tot grijze slappe weinig zandhoudende klei	3.2	4.5
	Blauwgrijs fijn tot zeer fijn zand met zwarte glimmers en kleine schelpfragmenten	4.5	6.0
	Blauwgrijs fijn zand met zwarte glimmers en kleine schelpfragmenten (schelpplaagje van 7,85 - 7,90), het zand wordt iets groener met de diepte	6.0	8.0
	Blauwgrijs fijn tot middelmatig zand, weinig glauconiethoudend, met zwarte glimmers, schelpfragmenten en enkele zandsteenbrokjes	8.0	10.5
	Einde boring 10,5 m		

Geologische interpretatie en opmerkingen

Kwartair van 0.0 - 10.5 m

Rijksuniversiteit Gent Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie Prof. Dr. W. De Breuck	Onderzoek nr.: 86086	Boring nr.: 43
ONDERZOEK : Modelonderzoek van grondwaterwinning met kunstmatige infiltratie in de Scheldevallei te Zingem	OPDRACHTGEVER : Vlaamse Executieve - Gemeenschapsminister van Volksgezondheid en Leefmilieu	

- DATUM : 880314
- BOORPLOEG (ev. FIRMA) : R.B - A.D.S
- BOORTOESTEL : Spobo I BOORMEESTER : R.B.
- GRONDBESCHRIJVING DOOR : M.M.
- KAART N.G.I. Nr. : 30/1 GEOL./PEDO. KAART Nr. : 85W
- GEMEENTE : Zingem
- X = Y = ZMV = (m TAW)
ZMV* = (m TAW)
(ZMV = hoogtepeil maaiveld; ZMV* = geschat hoogtepeil maaiveld)

BOORWIJZE	Ø (mm)	DIEPTE ONDER MAAIVELD (in m)				
		van - tot	van - tot	van - tot	van - tot	van - tot
D.R.	120	0 - 10.0				

- TYPE BOORSPOELING : water VERBRUIK (in l) :
- TYPE BOORGATMETING(EN) : resistiviteit KN en LN

Filter nr.	DFB	DFO	ZMP	ZMP*	GWDP	L	ST	P
F1	8,0	9,0	9,735	9,73				

DFB = Diepte onder maaiveld (in m) van de filterbovenkant
DFO = Diepte onder maaiveld (in m) van de filteronderkant
ZMP = Hoogtepeil van het meetpunt (b.v. top peilbuis) (in m TAW)
ZMP* = Geschat hoogtepeil van het meetpunt (in m TAW)
GWDP = Grondwaterdiepte onder meetpunt (in m)
P = 1 = Piëzometer; 2 = Peilbuis; 3 = Ringput; 4 = Pompput

- Filters in zelfde boorgat : neen
- Type en kenmerken - stijgbuizen : PVC Ø 63/57 mm
- filters : PVC Ø 63/57 mm
- verbindingen : gelijk

- Onderkant bezinkbuis (m onder maaiveld) : 9,20 m

- Filteropeningen - vorm : horizontale zaagsnede
- afmeting (mm) : 0.3
- nuttig oppervlak (%) : -

- Centreerbeugel(s) - plaats (m onder maaiveld) : 7,8 en 9,3
- Omstorting - type en kenmerken : kwartszand Ø 0.7 - 1.25 mm
- volume (l.) : 35 l
- Stop(pen) - type en kenmerken : cementstop δ ≈ 1,86
- volume (l.) : 40 l

- Materiaal boorgatopvulling: cementstop tot ca. 1.5 m onder maaiveld + klei erboven
- Schoonpompen - methode : pomping met bovengrondse centrifugaalpomp
- datum - duur (h) : 880426 1 h
- debiet (m³/h) : ca. 4 m³/h

- Manier van afwerking : peilbuis steekt ca. 0.2 m boven maaiveld - afgesloten met stop (op vraag van eigenaar weide)

GRONDBESCHRIJVING - DATUM 880314

Monster nr.	Beschrijving van de grond	Diepte* (m)	
		van	tot
	Bruine kleihoudende leem tot leemhoudende klei	0.0	0.3
	Donkergrijze tot zwarte slappe klei met veenbrokjes	0.3	0.8
	Blauwgrijs zand met schelpfragmenten	0.8	1.4
	Blauwgrijze weinig zandhoudende klei, weinig glaukoniethoudend	1.4	2.0
	Afwisseling van geelgrijze weinig zandhoudende leem met roestkleurige ijzerconcreties en blauwgrijze leemhoudende zandlaagjes met kleine schelpfragmenten, vanaf 3.5 wordt het geheel meer zandig	2.0	4.8
	Groengrijs fijn zand, weinig glaukoniethoudend met zwarte glimmers en kleine schelpfragmenten	4.8	8.0
	Groengrijs fijn zand, weinig glaukoniethoudend met zwarte glimmers en kleine schelpfragmenten. Een paar dunne leemlaagjes op 9,0 en 9,9 m.	8.0	10.0
	Einde boring 10.0 m		

Geologische interpretatie en opmerkingen

Kwartair van 0.0 - 10.0 m