

NOTA 1695

februari 1986

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ONDERZOEK NAAR DE EFFECTEN VAN WATERAANVOER EN
PEILVERANDERINGEN IN AGRARISCHE GEBIEDEN OP DE
WATERKWALITEIT IN NATUURGEBEIDEN

deel 1.

Gebiedsbeschrijving en onderzoeksprogramma

P. Groenendijk

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

INHOUDSOPGAVE	PAGINA
1. INLEIDING	3
2. PROJECTDOELSTELLING	4
3. BESCHRIJVING VAN DE TOETSINGSGEBIEDEN	5
3.1. Empese en Tondense heide	5
3.1.1. Geschiedenis en hydrologie	5
3.1.2. Vegetatie	7
3.1.3. Ingrepen en veranderingen	8
3.2. Boezemland 'Veerstalblok'	10
3.2.1. Geschiedenis en hydrologie	10
3.2.2. Vegetatie	12
3.2.3. Mogelijke veranderingen	13
4. GLOBALE MODEL BESCHRIJVING EN SIMULATIES	14
5. WERKPROGRAMMA EN PLANNING	18
5.1. Model formulering en programmering	18
5.2. Veldwerk en analyses	18
5.3. Tijdsplanning van de onderzoeksactiviteiten	21
6. LITERATUUR	23
APPENDICES	25

1. INLEIDING

Veranderingen in de ontwatering en afwatering in landbouwgebieden worden uitgevoerd om een waterhuishouding te creëren die voor de landbouw optimaal is. Deze ingrepen kunnen evenals de aanvoer van gebiedsvreemd water nadelige gevolgen hebben voor de waterhuishouding van in- en aanliggende natuurgebieden. De nadelige gevolgen houden verband met ongewenste veranderingen in grondwaterpeilen en de kwaliteit van het grondwater en bodemvocht. Bij het opstellen van plannen voor de verbetering van de waterhuishouding ten behoeve van de landbouw wordt daarom getracht de invloed van deze ingrepen zoveel mogelijk tot het landbouwgebied zelf te beperken. Om dit te bereiken moeten vaak aparte maatregelen in of aan de rand van het natuurgebied worden getroffen.

Als gebiedsvreemd water wordt aangevoerd in of vlakbij natuurgebieden kan het effect een zeer lokaal karakter hebben. Effecten op meer regionale schaal zijn te verwachten als wateraanvoer leidt tot verandering in de kwel / wegzijgingssituatie, waarbij gebiedsvreemd water zich over relatief grote afstand via het watervoerende pakket kan verplaatsen en in lager gelegen natuurgebieden veranderingen tot gevolg heeft.

De maatregelen die getroffen worden leiden niet in alle gevallen tot het gewenste resultaat. Er bestaat een grote behoefte aan een beter inzicht in de mogelijke effecten van peilbeheersing en aanvoer van gebiedsvreemd water op natuurgebieden.

Het ICW voert onderzoek uit naar de bovengenoemde effecten in het kader van de Studiecommissie, Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap (SWNBL). Dit ICW onderzoeksproject loopt van 1 september 1985 tot 1 september 1987. In deze studie zal een methodiek ontwikkeld worden om dergelijke effecten te kunnen voorspellen. Aan de hand van modellen zullen verschillende situaties voor de gekozen proefgebieden doorgerekend worden. Een belangrijk uitgangspunt voor de modellen is een gedetailleerd hydrologisch stromingsbeeld.

Deze nota bevat een beschrijving van de projectdoelstelling, een beschrijving van de gebieden waar de modellen getoetst zullen worden en het werkprogramma. Ook wordt globaal ingegaan op de inhoud van de te ontwikkelen modellen en de verschillende simulaties die zullen worden uitgevoerd. De toetsingsgebieden zijn de Empese en Tondense heide in de ruilverkaveling Brummen-Voorst en het boezemland 'Veerstalblok' in de polder Stolwijk, ten Zuiden van Gouda.

2. PROJECTDOELSTELLING

Het doel van het onderzoek is om methoden te ontwerpen waarmee men een indruk kan verkrijgen van de effecten van maatregelen die genomen worden om optimale condities in de waterhuishouding van landbouwgebieden te bereiken, op de grondwaterkwaliteit in natuurgebieden.

Mogelijke maatregelen zijn o.a. het opstuwen of verlagen van het slootpeil en de aanvoer van water. Naar verwachting zal het te ontwikkelen instrument hulp kunnen bieden bij het verkrijgen van inzicht in de effecten van bepaalde maatregelen.

Voordat een model geformuleerd kan worden is het nodig inzicht te hebben in de processen die een dominerende rol spelen. Voor de Empese en Tondense heide is dat de vochthuishouding en de calcium huishouding. Zowel de vocht- als de Ca-huishouding kunnen de nutriënten huishouding beïnvloeden en als zodanig tot eutrofiering bijdragen. Voor het boezemland 'Veerstalblok' in de Krimpenerwaard is dat de eutrofieringsgraad van het oppervlaktewater in en buiten het terrein en de mogelijkheid tot het handhaven van een bepaald waterpeil.

De belangrijkste chemische en fysische processen zullen m.b.v. mathematische formuleringen worden beschreven. Voor een deel zal hierbij gebruik worden gemaakt van empirische relaties. Aan de hand van deze beschrijving zal een computerprogramma gemaakt worden. De gebruikte methodiek zal ook voor andere natuurgebieden toepasbaar zijn.

3. BESCHRIJVING VAN DE TOETSINGSGEBIEDEN

De twee genoemde gebieden zijn gekozen vanwege het al beschikbaar zijn van enige informatie vanuit het verleden. Het boezemland 'Veerstalblok' is bovendien gunstig gelegen aangezien het een gesloten waterhuishouding heeft.

3.1. Empese en Tondense heide

3.1.1. Geschiedenis en hydrologie

Het terrein is ca. 25 ha groot en is gelegen in het pleistocene deel van Nederland. Het gebied ligt tussen de bandijk van de Gelderse IJssel en de Veluwe. Deze bandijk werd omstreeks 1400 verzwaard, waardoor de overstromingen van de IJssel niet meer tot het gebied reikten. Toch hadden overstromingen nog wel invloed op de waterhuishouding in de omgeving van het terrein, omdat de afwatering dan tijdelijk stagneerde (BANNINK en PAPE, 1979).

De richting van de natuurlijke afwatering in het zandgedeelte van dit deel van de IJsselvallei is ongeveer naar het Noord-Oosten. Ter hoogte van het natuurterrein komen een paar relatief hoge ruggen voor, dwars op deze richting. De gronden ter weerszijde van deze rug, die in vroeger tijden vergraven is, moesten dan ook afzonderlijk afwateren in Noord-Westelijke richting over een afstand van 2 a 3 km (fig. 3.1.). Het terrein is verkaveld toen het vrij grote gebied er omheen verdeeld en ontgonnen werd. Er hebben enkele kleine boerderijtjes gestaan. Vanwege de ongunstige ontwateringssituatie is het weer verlaten. Op oude kaarten en aan de vegetatie is te zien dat midden door het terrein een greppel liep.

Het terrein is gelegen in het stroomgebied van de Veldbeek en de Oude Voorsterbeek. Bij de verbetering van de ontwatering van de Eerbeekse hooilanden is er een verbindingssloot gegraven langs de Noord zijde van het natuurgebied.

Aan het einde van de vorige eeuw is even ten Oosten van de heuvels van de Veluwe flank het eerste pand van het Apeldoorns kanaal aangelegd op 2,5 km ten Westen van het natuurgebied. Dit kanaal wordt voor een groot gedeelte gevoed door sprengen die kwelwater van de Veluwe afvoeren. Een andere bron van herkomst van het kanaalwater is de Gelderse IJssel (ca. 10 procent). Het peil van het kanaal wordt op 13.21m + N.A.P. gehouden. TE LUGGENHORST (1980) berekende de gemiddelde wegzijgingsverliezen voor 1978 van het eerste pand van het kanaal op 0.53 m³/dag per strekkende meter. De grondwaterstand in en ten Westen van het natuurgebied zal aanmerkelijk beïnvloed worden door deze infiltratie. De termijn waarop de invloeden van het kanaalwater op de waterkwaliteit onder het natuurgebied tot uiting zullen komen bedraagt naar verwachting meer dan 100 jaar.

Volgens de Grondwaterkaart van Nederland (AELMANS, 1983) bedraagt het gemiddelde neerslagoverschot voor deze omgeving 325 - 350 mm/jaar.

De tertiare afvoer in de polder Brummen-Voorst wordt door IWACO (1985) op ca. 275 mm/jaar berekend. Het verhang van het freatisch grondwaterpeil is in het gebied redelijk uniform. Voor een aantal tijdstippen is vanuit de isohypsen kaart een verhang geschat voor het gebied tussen het Apeldoorns kanaal en de Empese en Tondense heide (tabel 3.1.).

datum	verhang	bron
28-8-1974	2.0/2250	TE LUGGENHORST(1980)
28-4-1975	3.0/2500	IWACO(1983)
28-4-1978	2.3/2500	VAN GANSWIJK(1985)
28-8-1978	2.3/2500	AELMANS(1983)
14-12-1978	2.5/2500	AELMANS(1983)

Tabel 3.1. Waarde van het freatisch grondwaterverhang op verschillende data.

Globaal kan gesteld worden, dat er weinig verandering in het verhang van het freatisch peil optreedt en dat de waarde ongeveer 1/1000 bedraagt. De stijghoogte in het diepe watervoerende pakket bedroeg op 28-4-1975 ca. 10 m + N.A.P. en de stijghoogte in het freatisch pakket ca. 9 m + N.A.P. (IWACO, 1983). TE LUGGENHORST (1980) maakt melding van de schatting van de kD waarde voor de omgeving van de Empese en Tondense heide van 12 - 100 m²/dag. Bij een pompproef in de omgeving van Dieren werd een kD-waarde van 240 m²/dag gevonden. Op 12 - 14 m beneden maaiveld ligt een laag eemklei (fig. 3.2.). De c-waarde van deze storende laag wordt op 150 - 200 dag⁻¹ geschat. Het is niet zeker of de storende laag tot onder het natuurterrein doorloopt. Aan de hand van het volgende rekenvoorbeeld wordt geïllustreerd dat de tot nu toe bekende hydrologische grootheden niet consistent zijn en in het terrein vastgesteld moeten worden. Als voor het verhang van het freatisch peil 1/1000 en voor de kD waarde 240 m²/dag wordt aangenomen en als gesteld wordt dat de eemklei als ondoorlatende basis functioneert, is hieruit het debiet van de grondwaterstroming aan de bovenstroomse begrenzing van het natuurterrein te berekenen volgens:

$$Q = kD * i$$

waarin: Q: debiet van de grondwaterstroming (m³/dag/m)
 kD: transmissiviteit (m²/dag)
 i: verhang van het grondwater (-)

In dit geval bedraagt Q: 0.24 m³/dag per strekkende meter. Als gesteld wordt dat de helft van de wegzijging van Apeldoorns kanaal in oostelijke richting stroomt (0.27 m³/dag) en het verschil tussen het netto neerslag overschot en de tertiaire afvoer (0.51 m³/dag) ook boven de eemklei in oostelijke richting stroomt zou het debiet 0.78 m³/dag bedragen. Beide termen afzonderlijk zijn groter dan de berekende 0.24 m³/dag. Het verschil tussen deze twee uitkomsten kan verschillende oorzaken hebben:

- de aanname dat de eemklei als ondoorlatende basis functioneert is onjuist, er vindt wegzijging plaats.
- de waterbalans waarin verondersteld wordt dat het verschil van het gemiddelde netto neerslag overschot en de gemiddelde tertiare afvoer (ca. 75 mm/jaar) via het freatisch pakket afstroomt is onjuist.
- de kD waarde voor het profiel is te laag geschat. In de studie IJsselvallei II, uitgevoerd door IWACO(1983), wordt een kD waarde van 500 - 750 m²/dag voor het freatisch pakket gebruikt.
- de bijdrage van het Apeldoorns kanaal is niet goed geschat, omdat geen rekening is gehouden met plaatstelijk optredende verschillen.

VAN GANSWIJK(1985) doet de suggestie dat tijdens de natte perioden in het terrein interne kwel optreedt, afkomstig van de hogere delen van het terrein. Volgens de geohydrologische systeembeschrijving vindt ontwatering in de wintersituatie voor het grootste gedeelte plaats naar de randsloten en de centrale depressie. In de zomersituatie vindt in het gehele gebied wegzijging plaats. Aan het einde van de zomer vallen de diepere randsloten droog. De snelle drainage naar de randsloten gaat dan waarschijnlijk over in de langzame drainage naar de verder verwijderde diepere watergangen. In het algemeen draagt de kwel in de wintersituatie een sterk lokaal karakter. De schatting voor de bergingscoëfficiënt bedraagt 10-12 procent.

BOTH en VAN WIRDUM(1981) concluderen dat in vergelijking met de huidige toestand het natuurterrein in vroeger jaren veel langer dras stond en dat de grondwaterstanden gemiddeld veel hoger (ca. 30 cm) waren. Vanuit een analyse van de tijdstijghoogtelijnen van de afgelopen tien jaar van drie peilbuizen in de omgeving van het natuurterrein kan geconcludeerd worden dat gedurende deze periode geen verdere daling van het grondwaterpeil plaats heeft gevonden (fig. 3.3.). Grondwaterstandsbuis 33-G-1-8 vertoont zelfs een geringe stijgende tendens.

In figuur 3.4. is de relatieve overschrijdingsduur voor het groeiseizoen van de drie peilbuizen weergegeven. De overschrijdingsduur is bepaald over de meetperiode 1975 t/m 1984. Uit deze figuur kan geconcludeerd worden dat er bijna geen verschil bestaat in de wijze waarop de drie systemen ontwateren. De vorm van de curven duidt op een zekere mate van oppervlakkige ontwatering, bijv. door een greppelsysteem.

3.1.2. Vegetatie

BOTH en VAN WIRDUM(1981) geven een beschrijving van de vegetatie van de Tondense heide.

De hoogste delen van het onderzochte transect zijn begroeid met heide vegetatie. In het centrum van het terrein draagt deze vegetatie nog duidelijk de kenmerken van het Ericetum tetralicis: Erica tetralix is dominant vergezeld van o.a. Scirpus cespitosus en Gentiana pneumonanthe.

Gaande van de hoge naar de lagere delen van het terrein verschijnen achtereenvolgens Salix repens en Myrica gale in de

vegetatie. De laagst gelegen gedeelten van het terrein zijn met zeer uiteenlopende vegetatietypen begroeid. In de afgesloten laagten domineert meestal Molinia caerulea. Deze soort wordt soms vergezeld door Juncus effusus en Eriophorum angustifolium. De grote centrale kom in het terrein draagt aan de Westzijde eutrafente vegetatietypen. Deze zone staat onder invloed van kwelwater van de eraan grenzende dekzandrug. In het laagste gedeelte is de bovengrond venig.

Het oostelijk gedeelte van de centrale depressie draagt een bijzonder soortenarme vegetatie, Molinia caerulea groeit hierin enorme horsten en er komt ook veel Phragmites australis voor. Langs de Noord Oostelijke grens van het terrein komen eutrafente moerasstruwelen voor op de laagst gelegen plaatsen.

BOTH en VAN WIRDUM(1981) komen tot de conclusie dat de botanische kwaliteit sinds 40 jaar sterk is achteruit gegaan. Dit hangt volgens hen samen met veranderingen in de waterhuishouding. De veranderingen in het hydrologisch regiem ijlen nog na en resulteren nog steeds in veranderingen van de botanische samenstelling van het gebied. De effecten ten gevolge van de beschikbaarheid van vocht zullen zich in het algemeen gesproken gestabiliseerd hebben. De effecten van de grondwaterstands daling op de chemische samenstelling van het grondwater en op de organische stof huishouding in de bodem en de gevolgen daarvan op de vegetatie hebben naar verwachting nog maar gedeeltelijk hun uitwerking gehad.

3.1.3. Ingrepen en veranderingen

Voor de percelen rondom de Tondense heide zal gedeeltelijk een beheers overeenkomst gesloten worden. Een ander gedeelte is als reservaatgebied bestemd.

In het kader van de ruilverkaveling Brummen-Voorst zal waarschijnlijk op ca. 1 km ten Westen van het natuurterrein een waterloop gegraven, resp. uitgediept worden. De functie van de Oude Voorsterbeek ten Westen van het terrein zal waarschijnlijk komen te vervallen. Het peil in de nieuwe waterloop zal tot op een nog vast te stellen hoogte opgestuwd worden. Naar verwachting zal de grondwaterstand in grote delen van het natuurterrein beïnvloed worden door deze peilverhoging. Door de verandering in het stroombanen patroon zal eventueel water van een andere herkomst of met een andere verblijftijd in de kwelzones het wortelprofiel kunnen bereiken (fig. 3.5.). Het water dat gebruikt zal worden voor de opstuwning van het slootpeil, zal voor een belangrijk gedeelte aangevoerd worden vanuit het Apeldoorns kanaal. De reistijd van het water vanaf de Rijn, via de Gelderse IJssel en het Apeldoorns kanaal, tot de inlaat van de Eerbeekse beek bedraagt ca. 14 dagen.

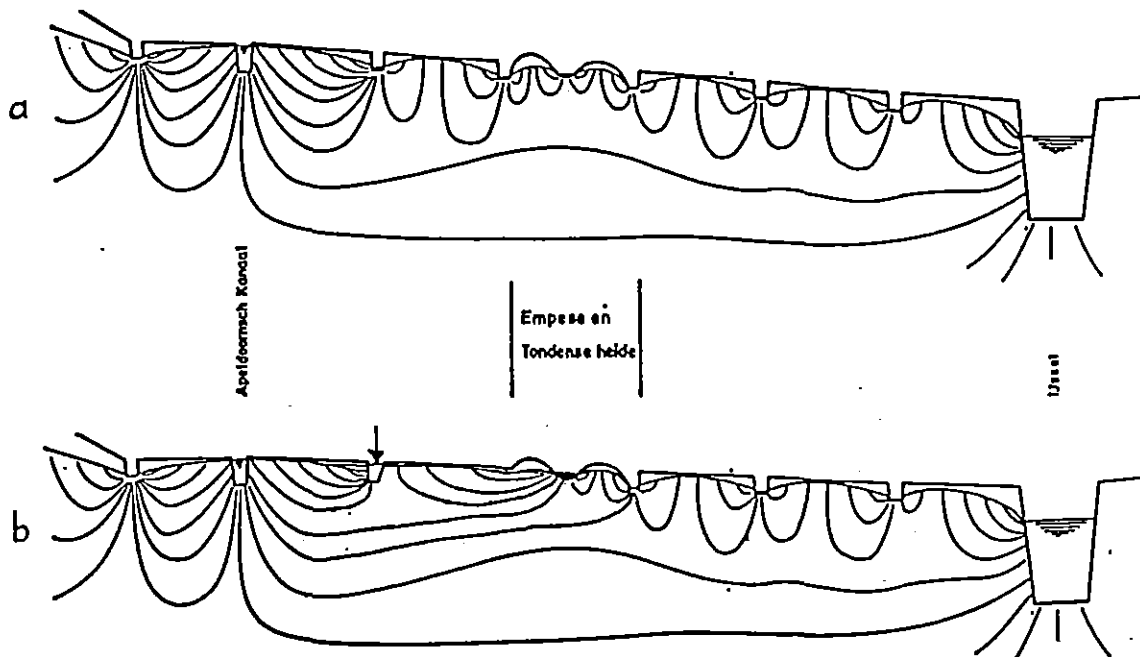


fig. 3.5. Schematische weergave van de ontwatering in de wintersituatie. a. huidige toestand
 b. situatie met wateraanvoer

Componenten in het gebiedsvreemde water zoals chloride, natrium en zware metalen zullen mogelijk tot in het natuurterrein kunnen doordringen. Chloride kan beschouwd worden als een conservatieve stof. Natrium beïnvloedt de calcium huishouding vanwege uitwisselings reacties.

Behalve de peildaling die in het verleden heeft plaats gevonden is ook de belasting van het landbouwgebied ten Westen van het terrein met meststoffen en chloride gedurende de laatste decennia van invloed op de kwaliteit van het grondwater onder het terrein. Ontwikkelingen die hebben plaats gevonden zullen nog een tijd najlen.

De Eerbeekse beek was tot voor kort in belangrijke mate vervuild door industriële afvallozingen met o.a. zware metalen. Bij de bestaande wateraanvoer plannen zal water vanuit het Apeldoorns kanaal via de Eerbeekse beek naar de omgeving van het terrein stromen. In 1984 zijn de afvallozingen gestaakt en sindsdien is de kwaliteit van het beekwater verbeterd. De invloeden van de vervuiling zullen eventueel nog kunnen najlen.

In de huidige situatie wordt het meeste regenwater in het terrein geconserveerd. Een lichte begreppeling van het terrein voor de oppervlakkige afvoer van het "zure" regenwater en het atmotrofe bodemwater of een gedeeltelijke ontwatering van de centrale depressie kan als een eventuele beheersmaatregel worden beschouwd. Bij een verbeterde oppervlakkige afvoer en een verhoogde infiltratie in de omgeving zou de globale neerwaartse beweging omgezet kunnen worden in een opwaartse beweging waardoor meer met calcium verrijkt water vanuit de ondergrond in de wortelzone kan doordringen.

3.2. Boezemland 'Veerstablok'

3.2.1. Geschiedenis en hydrologie

Het boezemland Veerstablok is gelegen in het veenweide landschap van de Krimpenerwaard in het holocene deel van Nederland. De polders in deze streek zijn in de 14e eeuw ontgonnen en in gebruik genomen. De afwatering en ontwatering heeft lange tijd een probleem gevormd. De polders loosden oorspronkelijk het overtollige water rechtstreeks door sluizen van de buitenwateren van de Lek en de Hollandse IJssel. In de 15e eeuw werden boezems aangelegd in de laagste gedeelten van de polders waardoor het mogelijk werd om water tijdelijk op te slaan bij hoge waterstanden op de buitenwateren.

Op de boezemkaden stonden een of meer windmolens, die het water van de polder op de boezem uitsloegen. Van de boezem uit werd het eerst door sluizen en later door molens op het buitenwater gebracht. De boezemgronden stonden gedurende een groot gedeelte van het jaar onder water. De plantengroei bestond vnl. uit riet, lisdodden en biezen waardoor langzamerhand de bodem werd opgehoogd. Door de stichting van stoomgemalen aan het einde van de vorige eeuw werd de bemalingstoestand zodanig verbeterd dat de noodzaak van een boezem verdween.

Na de opheffing van de boezem in de polder Veerstablok in 1872 werden de kaden grotendeels geslecht, waardoor het peil tot het gewone polderpeil daalde. Ten gevolge van deze daling kwam een groot gedeelte van de bodem droog te liggen en werd de ontwikkeling van een landplantengroei mogelijk (SCHEIJGROND, 1931).

De polder Veerstablok valt onder de administratieve eenheid van de polder Stolwijk. Het peil van de polders Stolwijk en Veerstablok werd na opheffing van de boezem vastgesteld op 1.82 m - N.A.P. Het zomer en winterpeil zoals dat in 1972 werd vastgesteld bedroeg 2.00 m - N.A.P. De nieuwe peilen zoals deze zijn goedgekeurd in 1981 bedragen: Z.P. 2.02 m - N.A.P. en W.P. 2.05 m - N.A.P.

De gronden naast het perceel hebben een kleidek van ca. 80 cm nabij de Hollandse IJssel tot minder dan 40 cm aan de Zuid Oostelijke zijde van het terrein. In het boezemland is het kleidek ruim vier eeuwen geleden afgegraven voor het opwerpen van de boezemkaden. Dit is vrij onregelmatig gebeurd. Bodemkundig kunnen de gronden in het boezemland gekenmerkt worden als vlietveengronden met grondwatertrap I. Op ca. 1.50 - 2.00 m onder maaiveld wordt de oorspronkelijke eutrofe laagveenbodem aangetroffen.

In 1971 is in het boezemland een waterhuishouding ingesteld die onafhankelijk is van het polderpeil. Met het aanbrengen van damwanden om de verbinding met het polderwater af te sluiten en het aanbrengen van een pompinstallatie wordt een constant peil gehandhaafd dat op ca. 1.90 m - N.A.P. ligt. Hiermee kan verdroging van het boezemland worden voorkomen. Naast de pomp is een overlaat aangebracht, waarmee het overtollige water op de omliggende polder geloosd kan worden (fig. 3.6.).

De polders ten Westen van Gouda, ten Noorden van de Hollandse IJssel zijn een aantal eeuwen later droog gelegd dan de polders in de Krimpenerwaard. Het slootpeil is hier lager dan 6 m - N.A.P. Deze drooglegging zal in het verleden aanzienlijke veranderingen in de waterhuishouding van de polders Veerstablok en Stolwijk veroorzaakt hebben.

Volgens de Regionale Studie Midden-West Nederland van het ICW is de polder Veerstablok te typeren als een infiltratie gebied met een intensiteit groter dan 2 mm/dag. Het is echter niet onwaarschijnlijk dat er aan de voet van de IJsseldijk kwel optreedt. De dikte van het afdekkende pakket dat in het holocene gevormd is, bedraagt ca 10-12 m. De bovenste 6-8 m bestaat uit laagveen, daaronder bevindt zich een kleilaag. De k_D -waarde voor het bovenste grofzandige watervoerende pakket wordt op 1000 - 2000 m²/dag geschat. De dikte van dit pakket bedraagt 20-30 m. Naar het Noord Westen in de richting van de regionale stroming neemt de dikte toe tot 30-40 m.

De mate waarin het slootwater de kwaliteit van het grondwater beïnvloed is o.a. afhankelijk van het wegzijgingspatroon en het verloop van de stroomlijnen in het profiel (fig. 3.7.).

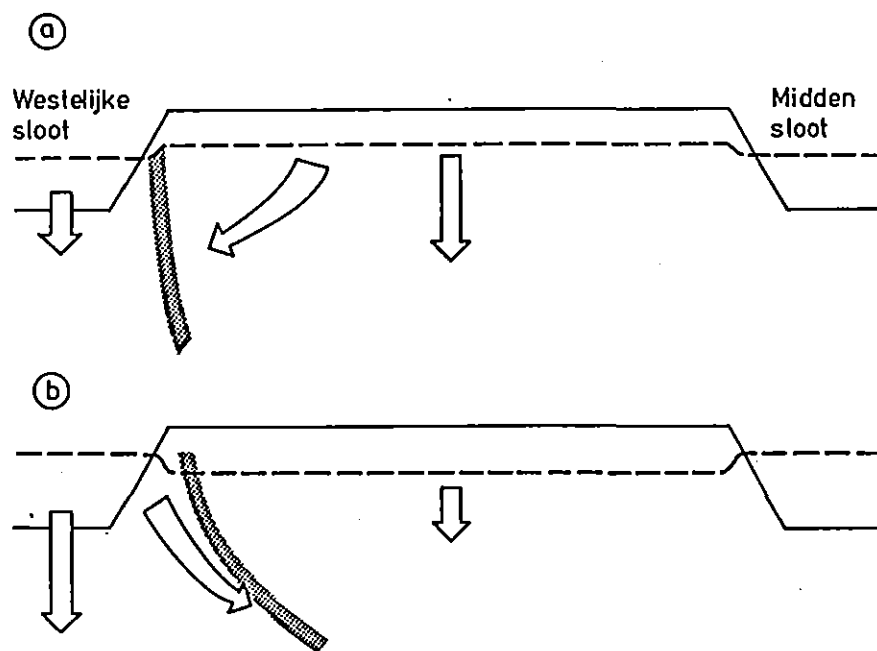


fig. 3.7. Mogelijke wegzijgingspatronen bij verschillen in grondwaterpeil en slootwaterpeil.
 a. in periode met veel regen.
 b. na een periode met een hoge evapotranspiratie.

3.2.2. Vegetatie

SCHEIJGROND (1931) geeft een inventarisatie van de plantensoorten zoals deze rond 1930 voorkwamen. Hij maakt melding van een dik veenmostapijt met haarmosbulten.

Aan het einde van de 20-er jaren ontbraken een aantal typische hoogveen planten zoals Andromeda polifolia, Oxycoccus palustris, Erica tetralix, Calluna vulgaris, Eriophorum vaginatum etc. die kenmerkend zijn voor een oligotroof hoogveen. Andere kenmerkende soorten zoals Drosera rotundifolia en Hydrocotyle vulgaris kwamen op geïsoleerde plaatsen wel voor. Het veen bevond zich in een overgangsfase tussen een secundair laagveen en een hoogveen.

De kenmerkende hoogveen planten worden nu wel aangetroffen, waaruit geconcludeerd kan worden dat de ontwikkeling naar een oligotroof hoogveen voltooid is. De afhankelijkheid van het regenwater van de vegetatie is toegenomen. In het midden van de percelen staat het bodemwater dat door de planten benut wordt niet meer in contact met het mesotrofe en eutrofe slootwater. In figuur 3.8. is met de dwarsdoorsnede van een gedeelte van het terrein met kenmerkende watertypen een werkhypothese gegeven.

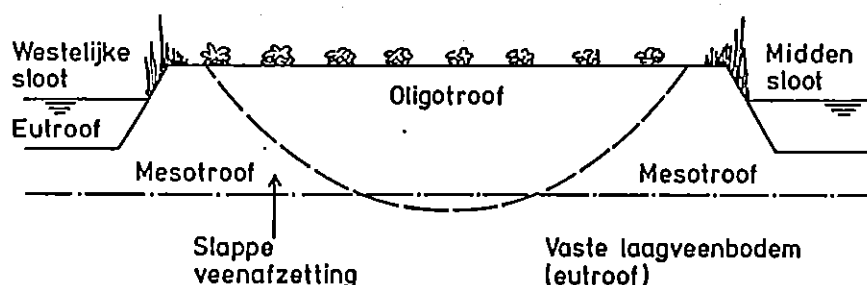


fig. 3.8. Oost-West dwarsdoorsnede door een perceel met kenmerkende watertypen.

De soortenrijkdom in het slootwater is in hoge mate afhankelijk van de afstand tot het inlaatpunt van het polderwater. Nabij de inlaat komen eutrafente typen voor, ter plaatse van het slootgedeelte gelegen op de grootste afstand van het inlaatpunt komen oligotrafente typen voor.

Het grootste deel van het boezemland bestaat uit een Molinia vegetatie; Molinia caerulea bedekt veelal meer dan 50 procent. Op de nattere plaatsen komt Drosera rotundifolia regelmatig voor. Phragmites australis is min of meer permanent aanwezig, zij het in een zeer lage bedekking. Op de hogere plaatsen komt zeer regelmatig Erica tetralix voor. Lokaal is de veenvorming in een zo ver gevorderd stadium dat Vaccinium vitis zich hier heeft kunnen vestigen. Het hooiland in de Noord Oost hoek bezit een schraalland vegetatie; Deschampia cespitosa, Holcus, Rumex acetosa, Rhinantus serotinus en Ranunculus auricomus worden regelmatig aangetroffen.

3.2.3. Mogelijke veranderingen

Mogelijke veranderingen die doorgevoerd zouden kunnen worden t.a.v. het terreinbeheer zijn:

- Door het oppompen van polderwater komen ongewenste gebiedsvreemde stoffen in het terrein. Een doel van het terreinbeheer is om deze toevoer tot een minimum te beperken. In perioden met vochttekort zou langer gewacht kunnen worden met pompen. Het slootpeil en het grondwaterpeil zouden tot een dieper niveau dalen. Een gevolg hiervan zou zijn dat aan het begin van de pompperiode de gebiedsvreemde stoffen verder tot in de sloot en het profiel zouden doordringen. De verdunningsverhouding met het reeds aanwezige schone water zou door een dergelijke maatregel ongunstiger worden.
- Het kritische peil waarbij afvoer gaat optreden (in natte perioden) zou verhoogd kunnen worden. Hierdoor zou meer regenwater in het terrein geconserveerd worden en dit zou de hoeveelheid op te pompen water in droge tijden kunnen verminderen. Een gevolg hiervan zou wel zijn dat het natuurlijk milieu zodanig beïnvloed wordt dat de relatief 'droogste' plantensoorten in de vegetatie zich niet meer kunnen handhaven.
- Het tijdelijk verhogen van het kritische peil in het voorjaar zou hetzelfde effect van waterconservering kunnen hebben en dit zou de bovengenoemde gevolgen kunnen beperken.

Veranderingen in de waterhuishouding en de waterkwaliteit van het omliggende gebied zullen ook voor het natuurterrein consequenties kunnen hebben:

- Indien nabij de Hollandse IJssel kwel optreedt is de concentratie van het kwelwater van belang voor het terrein. Veranderingen in de concentratie van het IJsselwater kunnen resulteren in veranderingen van de bodemwaterkwaliteit. Naar verwachting is deze component van geringe betekenis.
- Veranderingen in de kwaliteit van het oppervlakte water van de polder Stolwijk hebben via het oppompen van polderwater gevolgen voor het terrein. Behalve door vervuillingsbronnen in de regio wordt het polderwater in droge perioden vervuild door water dat vanuit de Lek wordt ingelaten. De seizoens fluctuaties zijn hierbij van belang. Het inlaten van Lek-water geschiedt in perioden met de hoogste concentraties. In deze periode vindt ook het oppompen van water naar het natuurgebied plaats. Een pompstrategie die er op gericht is deze piek-concentraties te ontwijken zou tot verbetering van de waterkwaliteit kunnen leiden.
- Indien geheel of gedeeltelijk in de waterbehoefte voorzien wordt door te pompen vanuit het eerste watervoerende pakket zou de chemische waterkwaliteit naar verwachting in sterke mate verbeterd kunnen worden. De temperatuur van het grondwater zal echter een sterk negatief effect hebben op de slootvegetatie in een groot gedeelte van de pasveersloot.

4. GLOBALE MODEL BESCHRIJVING EN SIMULATIES

Voor de ontwikkeling van een waterkwaliteitsmodel dat relevant is voor het natuurbeheer is het nodig inzicht te hebben in de belangrijkste processen die het ecosysteem beïnvloeden. Per natuurgebied kunnen deze grondwater afhankelijke processen worden samengebracht in kwantitatieve modelformuleringen waarmee berekeningen kunnen worden uitgevoerd.

In de waterkwaliteitsmodellering kunnen 2 niveau's van modellen onderscheiden worden:

1. Eenvoudige richting gevende modellen.

Modellen die alleen de belangrijkste processen beschrijven en die de richting aangeven van veranderingen t.g.v. bepaalde ingrepen.

2. Complexe modellen.

Modellen die de meeste processen beschrijven die van invloed zijn op het systeem en er op gericht zijn deze processen zo goed mogelijk te kwantificeren. Voor de selectie van de belangrijkste processen kunnen de eenvoudige modellen een hulpmiddel zijn. Anderzijds kan met de resultaten van de complexe modellen aangegeven worden welke benaderingen vereenvoudigd kunnen worden.

Aan de volgende waterhuishoudkundige aspecten zal voor de Empese en Tondense heide aandacht gegeven worden:

- regionale stroming;
- lokale stroming; - wortelzone en onverzadigde zone
- verzadigde zone
- beïnvloeding van de regionale stroming en lokale stroming door de verhoging van waterpeilen;

Voor de simulatie van de regionale stroming zal het model FEMSATP als hulpmiddel dienen. Met dit model kunnen fluxen berekend worden van sub-gebied naar sub-gebied door de verschillende geo-hydrologisch te onderscheiden lagen. Eveneens worden de grondwaterstanden in de subgebieden berekend. De gevolgen van de peilveranderingen kunnen eveneens met dit model gesimuleerd worden.

Voor de lokale stroming zal o.a. het model WATBAL gebruikt worden. Dit model berekent op een bepaald punt van het terrein aan de hand van vrij simpel te verkrijgen invoergevens waterbalans termen, waaruit fluxen van evapotranspiratie, capillaire opstijging en evt. kwel en wegzijging te verkrijgen zijn. Voor een aantal representatieve punten in het terrein zullen deze berekeningen uitgevoerd worden voor enkele seizoenen. Op deze manier kunnen de waterbalans termen die in FEMSATP voor het gehele terrein berekend worden genuanceerd worden. De overlap tussen deze modellen kan gebruikt worden om ze gedeeltelijk te calibreren.

Hiermee wordt voor de bovenrand van het verzadigde grondwatersysteem de flux-randvoorwaarde verkregen. Gekoppeld aan de resultaten van de simulatie van de regionale stroming zal dit een stroombanen patroon gedurende enkele seizoenen kunnen opleveren. Dit zal als basis dienen voor de waterkwaliteits berekeningen.

Voor de bepaling van de invloedssfeer van de infiltratie van het gebiedsvreemde water zal de verspreiding van chloride bestudeerd worden.

In de waterkwaliteits modellering zal een nadruk worden gelegd op calcium. Voor natte heide terreinen als de Empese en Tondense heide zijn de calcium-concentratie en het relatief calciumgehalte belangrijke sturende variabelen. De aandacht zal allereerst gericht worden op de ontwikkeling van een eenvoudig model, waarmee de huidige toestand beschreven kan worden en de richting waarin de veranderingen zullen plaats vinden voorspeld kan worden. Voor dit doel zal de adsorptie en uitwisseling van calcium als een lineair adsorptie proces en de neerslag als een negatieve produktie beschouwd worden. Daarna zal de complexe modellering ter hand genomen worden.

In samenhang met deze calciummodellering zullen de volgende processen aandacht krijgen:

- sorptie aan het bodemcomplex, uitwisseling met andere kationen.
- evenwichtsreacties, vorming van complexen.
- oplossings en neerslag reacties van calciumzouten.
- verwerking van primaire mineralen.
- CO₂ huishouding in de wortelzone.
- organische stofhuishouding.

De berekening van de vorming van complexen en van activiteitscoëfficiënten zal plaats vinden d.m.v. op het evenwichtsreacties gebaseerde model COMPLEX. De simulatie van de organische stof huishouding kan gebeuren d.m.v. het door het ICW ontwikkelde model ANIMO. De modellering van tijdsafhankelijke reacties zoals de oplossing en neerslag van calciumzouten is momenteel ter hand genomen door het ICW. De Ca-aanrijking van grondwater dat door een kalkrijke bodem stroomt kan beschouwd worden als een eerste orde proces (RITSEMA, 1986). De sorptie en uitwisselings processen worden beschreven op basis van Vanselow vergelijkingen. Deze beschrijving zal vergeleken worden met Kerr en Gapon vergelijkingen.

De CO₂ huishouding is een belangrijk sturend proces voor de calcium huishouding. De CO₂ produktie door de afbraak van organische stof is af te leiden uit berekeningen met het model ANIMO.

De volgende simulaties zullen worden uitgevoerd:

- de waterhuishouding en waterkwaliteits processen zoals die zich nu voordoen zullen benaderd worden en zullen dienen ter verificatie en calibratie van het model.
- de situatie van 30 jaar geleden zal met het model benaderd worden. Vanuit oude grondwaterstands gegevens zal de mate waarin kwel optrad en de waterhuishouding van het gebied gesimuleerd worden. Het calcium gehalte van het kwelwater zal gelijk gesteld worden aan het calcium gehalte van het diepe grondwater zoals dat nu wordt aangetroffen.
- de toekomstige situatie waarin wateraanvoer plaats vindt en het terreinbeheer ongewijzigd blijft zal gesimuleerd worden. Naar verwachting zal het waterschap informatie over de toekomstige peilen kunnen leveren en zullen waterkwaliteits gegevens van het aangevoerde water geleverd kunnen worden door de IJsselvallei III studie; momenteel in uitvoering bij D.H.V.

- de situatie waarin het terreinbeheer wordt aangepast en begreppeling zal worden uitgevoerd om de oppervlakkige afstroming te vergroten, in combinatie met een verhoogd grondwater peil in de omgeving zal worden gesimuleerd.

De modellering van het boezemland 'Veerstalblok' zal zich toespitsen op de verspreiding van een conservatieve stof zoals chloride in het natuurterrein. De waterbalans zal als basis dienen voor het te ontwikkelen model. Relevante termen van de waterbalans zijn:

- neerslag
- verdamping van open water en de vegetatie
- aanvoer van water
- lozing van water
- wegzijging
- eventueel kwel

Omdat het oppervlaktewatersysteem sterk samen hangt met het grondwatersysteem zal aan beiden aandacht gegeven worden. De verspreiding van chloride in de pasveersloot zal bij verschillende begin en streefpeilen gesimuleerd worden. Seizoensinvloeden op de chloride-concentratie van het polderwater zullen beschreven dienen te worden.

De verspreiding van chloride in het grondwatersysteem zal aan de hand van een profiel, tussen de westelijke sloot en de middensloot worden benaderd. Belangrijke parameters die in het dwarsprofiel bepaald zullen worden zijn de chloride en sulfaat concentratie, het HCO_3^- gehalte, de pH en het E.G.V. De eventuele kwel die kan optreden nabij de IJssel zal worden benaderd aan de hand van een dwars profiel in de Noordoost-Zuidwest richting.

De aanwezige N- en P-balans kan verstoord worden via het oppervlakte water door de toevoer van polderwater. In de huidige natte toestand van het terrein waarin de zuurgraad van het bodemwater laag is, zal er bijna geen mineralisatie van stikstof optreden. Aan eutrofieringsprocessen in het bodemprofiel t.g.v. aeratie, mineralisatie etc. zal geen aandacht besteed worden. Aandacht zal wel besteed worden aan de toevoer van fosfaat en stikstof door het oppompen van polderwater. De seizoensinvloeden zijn hierbij van belang. De modellering van de verspreiding van deze stoffen in het systeem zal vanwege de complexiteit achterwege gelaten worden. Bij een studie in een vergelijkbaar veengebied bleek dat de concentratie orthofosfaat en totaal-fosfaat afhankelijk is van een groot aantal variabelen die moeilijk te modelleren zijn (PANKOW e.a., 1985). Het voorkomen van ammonium, nitriet, nitraat en organisch gebonden stikstof hangt sterk met elkaar samen. De modellering van het transport van deze stoffen in een veenbodem is eveneens complex aangezien ook de omzettingsreacties beschouwd dienen te worden. Incidenteel zal wel het stikstof en fosfaat gehalte in de pasveersloot en het bodemprofiel bepaald worden.

Met het regenwater en het kwelwater wordt o.a. chloride en sulfaat aangevoerd. Via de wegzijging verliest het gebied een gedeelte van deze stoffen. Bij de modellering zal met deze stofbalans termen rekening gehouden worden.

De volgende situaties zullen gesimuleerd worden:

- de huidige situatie bij een ongewijzigde beheersstrategie. Deze simulatie zal dienen ter verificatie en calibratie van het model.
- de situatie waarin langer gewacht of eerder begonnen wordt met de aanvoer van water, dan nu het geval is, ter vermijding van de te verwachten concentratie pieken in het polderwater.
- de situatie waarin de kwaliteit van het polderwater beter of slechter, in vergelijking met de huidige situatie, zou zijn. Bij een sterkere vervuiling valt te denken aan verhoogde wateraanvoer van Lekwater en verhoogde belasting van meststoffen van het oppervlakte water. Bij een betere kwaliteit kan gedacht worden aan de conservering van meer regenwater of de aanvoer van kwalitatief beter water.

5. WERKPROGRAMMA EN PLANNING

In het kader van het onderzoeksproject zullen de volgende activiteiten ondernomen worden:

- Modelformulering en programmering
- Verzameling van gegevens in de toetsingsgebieden, veldwerk en analyses
- Uitwerking van gegevens, modelberekeningen en verslaggeving

5.1. Modelformulering

1. orientatie, selectie van gebieden en selectie van relevante te modelleren processen.
2. verzamelen van bestaande literatuur en gegevens.
3. kennis nemen van bestaande relevante modellen en deelmodellen.
4. formulering van processen die voor de projectdoelstelling nog niet in voldoende mate geformuleerd zijn.
5. programmeren van deze formuleringen.
6. afstemming en koppeling van de verschillende deelmodellen.

5.2. Veldwerk en analyses

1. installeren van apparatuur en hydrologisch meetnet
2. verzamelen en bewerken van meteorologische gegevens
3. verzamelen en bewerken van hydrologische gegevens mbt: water huishouding en geohydrologie
Voor de Empese en Tondense heide zullen de grondwaterstanden in het natuurterrein op verschillende plaatsen 2 maal per maand gemeten worden. Hiertoe is een raai grondwater standsbuis geïnstalleerd met minifilters op ca. 70 cm en ca. 150-200 cm diepte en 2 buizen op ca. 6 m diepte (fig. 5.1.).
De grondwaterstanden van het freatische pakket in de omgeving van het terrein, m.n. in Westelijke richting zullen met dezelfde frequentie gemeten worden.
De geohydrologische parameters zoals de K_D waarde, bergingsscoefficient, plaats en dikte van de eemklei, c-waarde van deze laag zullen vanuit een diepe boring en een pompproef bepaald worden.
Voor het boezemland Veerstalblok betreft dit: stijghoogten in het terrein op 2 diepten op verschillende plaatsen.
slootpeilen
hoeveelheid opgepompt en geloosd water
De geohydrologische parameters kunnen worden afgeleid vanuit reeds bestaande boorgegevens van de omgeving van het terrein.
4. Bodemfysische eigenschappen
Van 3 representatieve bodemprofielen in de E.enT. heide zullen pF-curven, zeefkrommen en onverzadigde doorlatendheids

- relaties bepaald worden. M.b.v. de boorgaten methode zal een schatting voor de verzadigde doorlatendheid van het bodemprofiel gemaakt worden.
5. Bodemchemische eigenschappen
Voor de E.enT. heide betreft dit:
adsorptiecapaciteit, samenstelling van het complex, uitwisselings isothermen voor Ca met Na en Mg, kalkrijkdom. Van een paar representatieve monsters van de veenbodem in het boezemland zullen de genoemde kationen gehalten bepaald worden alsmede de gehalten aan koolstof, stikstof en fosfaat en de pH-KCl.
6. Grondwaterkwaliteits gegevens
In een aantal representatieve buizen in het terrein van de E.enT. heide zullen 1 maal in de 2 maanden watermonsters genomen worden waarin de concentraties aan Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, en HCO_3^- , de pH en het E.G.V. bepaald zullen worden. Incidenteel zullen ook de NH_4^+ , NO_3^- , en fosfaat gehalten bepaald worden. In perioden met relatief grote hydrologische seizoenen veranderingen zullen extra bemonsteringen plaats vinden.
De grondwaterkwaliteit bemonstering in het boezemland zal in een raai plaats vinden tussen de westelijke sloot en de middensloot niet ver van de pompinstallatie. Naar verwachting is de gradient hier het grootst. Op 7 punten in de raai zullen een diepe en ondiepe buis geplaatst worden met een minifilter. De bemonsteringen zullen 1 maal in de 2 maanden plaats vinden. In tijden van wateraanvoer of relatief grote veranderingen in de waterhuishouding zullen extra bemonsteringen plaats vinden.
Met dezelfde frequentie zal m.b.v. een 'prikstok' het E.G.V. op verschillende punten in 3 twee-dimensionale profielen tussen de 2 genoemde sloten gemeten worden. Geprobeerd zal worden een relatie te vinden tussen de Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$ en HCO_3^- concentraties en het E.G.V. Incidenteel zullen Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , stikstof, fosfaat en de pH bepaald worden.
In een dwarsraai loodrecht op de richting van de Hollandse IJssel zullen 3 buizen plaatst worden met minifilters op 3 diepten. Hierin zal 4 maal per jaar het chloride gehalte bepaald worden.
7. Waterkwaliteit wortelzone/onverzadigde zone
Op 3 representatieve plaatsen in de E.enT. heide zullen op enkele diepten in het onverzadigde profiel tensiometerpotjes aangebracht worden. Eenmaal in de 2 maanden en ten tijde van relatief grote hydrologische veranderingen zullen m.b.v. de afzuigtechniek watermonsters genomen worden. Hierin zullen dezelfde componenten als in het grondwater bepaald worden. Tegelijkertijd zullen op dezelfde diepten op 1 a 2 m afstand in dezelfde bodemeenheid grondmonsters genomen worden waarin gravimetrisch het vochtgehalte bepaald zal worden.
8. Oppervlaktewaterkwaliteit
In de beken nabij de E.enT. heide zullen incidenteel watermonsters genomen worden waarin de Cl^- , HCO_3^- , en kationen concentraties, de pH en het E.G.V. bepaald zullen worden.
In het boezemland zal met dezelfde frequentie als de

grondwaterkwaliteits bepalingen op ca. 8 plaatsen in de pasveersloot watermonsters genomen worden. Hierin zullen de Cl^- , NO_3^- , NH_4^+ en fosfaat gehalten, de pH en het E.G.V. bepaald worden. Tevens zullen op een paar punten in de hoofd waterlopen met dezelfde frequentie monsters genomen worden waarin dezelfde bepalingen zullen plaats vinden. In perioden van wateraanvoer zal het aangevoerde water regelmatig bemonsterd worden en zullen extra bepalingen van water uit de pasveersloot plaatsvinden.

5.3. Tijdsplanning van de onderzoeksactiviteiten

In de onderstaande tabellen en in de figuren 5.2. en 5.3. in de appendix zijn de activiteiten samengevat die in het kader het onderzoeksproject ondernomen zullen worden en is globaal de termijn aangegeven. Bij het veldwerk is globaal de frequentie aangegeven.

De simulaties met de modellen zullen voor de Empese en Tondense heide in de maanden okt '86 - jan '87 en jun/jul '87 plaats vinden. De simulaties voor het boezemland 'Veerstalblok' zullen in mrt '87 - jun '87 plaats vinden.

De eind-rapportage zal in augustus 1987 plaats vinden. Tussentijds zal over diverse onderwerpen en deelmodellen worden gerapporteerd die in het kader van het project bestudeerd en ontwikkeld worden. Deelrapporten zijn o.a. te verwachten over de Ca^{++} modellering en het stoftransport in de verzadigde en onverzadigde zone. Eind 1986 zal over de voortgang van het project gerapporteerd worden.

ACTIVITEIT	TERMIJN
verkenning van modellen	
WATBAL	nov'85-jan'86
FEMSAT	okt'85-mrt'86
COMPLEX	nov'85-feb'86
ANIMO	dec'85-apr'86
ontwikkeling deelmodellen	
Empese en Tondense heide	
* verzadigd transport	nov'85-mrt'86
regionale hydrologie	mei'86-okt'86
lokale hydrologie	mei'86-okt'86
* onverzadigd transport	jun'86-nov'86
(CO2 huishouding bodemmilieu)	
* chemische processen	
complexvorming / activiteiten	jan'86-feb'86
uitwisseling / adsorptie	feb'86-mrt'86
oplossing / neerslag	mrt'86-jul'86
verwerking van mineralen	mrt'86-jul'86
koppeling deelmodellen	mei'86-nov'86
ontwikkeling deelmodellen	
boezemland 'Veerstalblok'	
* waterbalans bodemprofiel	nov'86-feb'87
* transport van water en stoffen	
in de pasveersloot	dec'86-feb'87
* uitwisseling tussen zones met	
verschillende watertypes	jan'87-mei'87
* concentratieverloop van het	
slootwater in de omliggende	
polder	jan'87-mrt'87
koppeling deelmodellen	feb'87-mei'87

Tabel 5.1. Tijdsplanning van de modelformulering

ACTIVITEIT	TERMIJN	FREQUENTIE
Empese en Tondense heide		
* installatie meetnet en instrumenten	nov'85-feb'86	1 x
* metingen peilbuizen	dec'85-jun'87	2 x per maand
* bemonstering van waterkwaliteit in peilbuizen	jan'86-jun'87	1 x per 2 maanden en incidenteel
* diepe boring		
boorbeschrijving		1 x
zeefkrommen	voorjaar '86	1 x
pompproef		1 x
* bepaling pF-curve		
zeefkromme en K- θ relatie van 3 profielen	voorjaar '86	1 x
* bepaling verzadigde doorlatendheid	voorjaar '86	1 x
* bepaling bodemchemische grootheden en adsorptie isothermen	voorjaar - zomer '86	1 x
* bemonstering tensiometerpotjes	apr'86-okt'86 apr'87-jun'87	1 x per maand en incidenteel
* bemonstering beekwater	mrt'86-jun'87	incidenteel
* bemonstering regenwater	mrt'86-jun'87	incidenteel
boezemland 'Veerstalblok'		
* installatie meetnet en instrumenten	feb-mrt'86	1 x
* bepaling bodemchemische grootheden	voorjaar '86	1 x
* metingen peilbuizen	feb'86-jun'87	2 x per maand
waterkwaliteit in peilbuizen	mrt'86-jun'87	1 x per 2 maanden en incidenteel
* bepaling E.G.V. in bodemprofiel	mrt'86-jun'87	1 x per 2 maanden en incidenteel
* bepaling van opgepompt en geloosd water	in pompperiode en loosperiode	incidenteel
* bemonstering van pompwater	in pompperiode	incidenteel
* bemonstering van water in de pasveersloot	feb'86-jun'87	1 x per 2 maanden en incidenteel
* bemonstering van slootwater in de omliggende polder	feb'86-jun'87	1 x per maand
* bemonstering regenwater	mrt'86-mrt'87	incidenteel

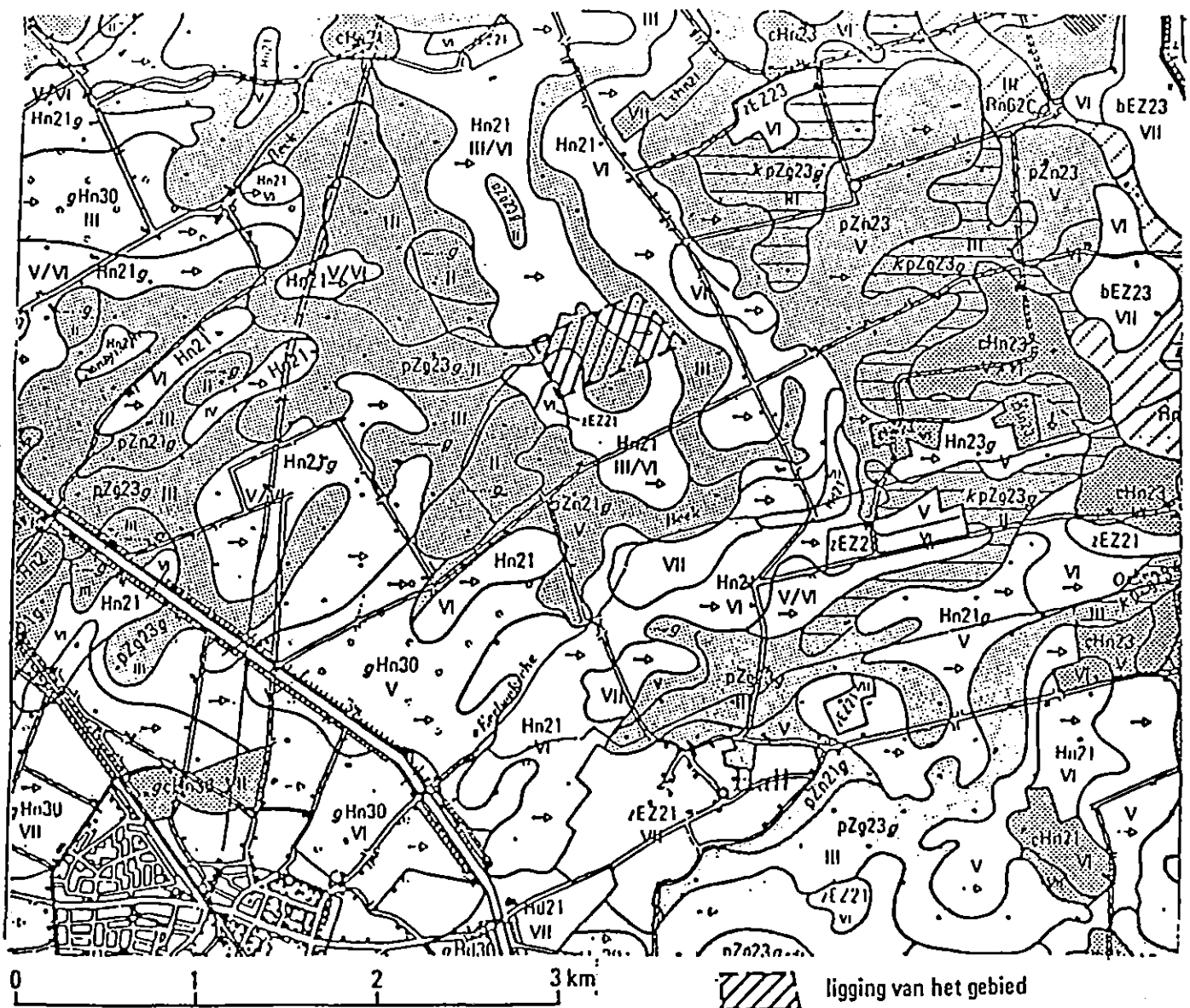
Tabel 5.2. Tijdsplanning van het veldwerk en de analyses

6. LITERATUUR

- AELMANS, F.G., 1983. Grondwaterkaart van Nederland; Apeldoorn-Oost, D.G.V.-T.N.O.
- BANNINK, J.F. en J.C.PAPE, 1979. Enige gegevens betreffende de bodemgesteldheid van de natuur terreinen Empese en Tondense heide, Koolmansdijk en Nijkampsheide, Stiboka; Rapport ten behoeve van de commissie bestudering Waterhuishouding Gelderland.
- BERGHUIJS-VAN DIJK, J.T., 1985. WATBAL, A simple waterbalance model for an unsaturated/saturated soil profile, ICW nota 1670, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- BERGHUIJS-VAN DIJK, J.T., P.E.RIJTEMA en C.W.J. ROEST, 1985. ANIMO, Agricultural Nitrogen Model, ICW nota 1671, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- BOTH, J.C. en G.VAN WIRDUM, 1981. Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden, R.I.N.; Basisrapport ten behoeve van de commissie bestudering waterhuishouding Gelderland.
- D.H.V., 1985. Onderzoek Waterhuishouding IJsselvallei III, Rapport fase 1; Verkenning.
- D.H.V., 1985. De invloed van de inlaat van Rijnwater op de waterkwaliteit in de Gelderse IJsselvallei, concept. Provincie Gelderland Dienst Waterbeheer.
- GANSWIJK, A.J., VAN, 1985. Hydrologische systeem beschrijving Empese en Tondense heide, RWS, DBW/RIZA, Lelystad
- ICW, 1976. Hydrologie en waterkwaliteit van Midden West-Nederland Regionale studies 9, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- IWACO, 1984. IJsselvallei onderzoek rapportage 1e projectjaar: Invloed van diepe grondwater, Rapport 30.248.
- IWACO, 1984. IJsselvallei onderzoek voorstel 2e projectjaar: Interactie tussen oppervlaktewater en grondwater, Rapport 30.278.
- PANKOW, J., A.VAN DEN TOORN, C.G.TOUSSAINT en J.H.A.M.STEENVOORDEN, 1985. De gevolgen van verschillen in open waterpeil op de stoffenbalans van het water op het regionaal onderzoekcentrum te Zegveld, ICW nota 1652, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.

- QUERNER, E.P., 1984. Program FEMSAT, part 1, Calculation Method for Steady and Unsteady Groundwater Flow, ICW nota 1557, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- QUERNER, E.P., 1984. Program FEMSAT, part 2, User manual, ICW nota 1558, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- RITSEMA, C.J., 1986. Invloed van de factor tijd op de instelling van het CaCO_3 -evenwicht in de bodem en op de afbraak van veldspaten, ICW nota 1682, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- SCHEIJGROND, A., 1931. Het plantendek van de Krimpenerwaard IV, Sociographie van het hoofdassociatie complex arundinetum - sphagnetum, Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht, Amsterdam.
- S.N.W.B.L., 1984. Overzicht resultaten fase 1, Voortgangsrapport.
- Stichting 'Het Zuidhollands Landschap', 1982. Complex Veerstablokboezem, beheersrichtlijn, Stichting 'Het Zuidhollands Landschap', Rotterdam
- VINK, T., 1954. De rivierstreek, Bosch en Keuning N.V., Baarn.
- TEIXEIRA DE MATTOS, L.F., 1927. De Waterkeeringen, Waterschappen en Polders van Zuid-Holland, deel III DE WAARDEN, 's-Gravenhage.
- TE LUGGENHORST, E.J., 1980. De waterbalans van het 1e pand van het Apeldoorns kanaal, een studie van de waterbalans en wegzijging, nota 80.16, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuidoost.
- WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM, 1985. Modellerings Ca^{++} in grondwater, Verslag onderzoek, R2134, 15 februari 1985, Waterloopkundig laboratorium, Delft.

APPENDICES	PAGINA
fig.3.1. Fragment uit de bodemkaart, schaal 1:50.000 kaartblad 33 Oost, (naar Stiboka,1979).	26
fig.3.2. Geohydrologische schematisering van het gebied ten westen van de Empese en Tondense heide.	27
fig.3.3. Tijdstijghoogte lijnen van 3 T.N.O. grondwaterstandsbuizen in de omgeving van de Empese en Tondense heide.	28
fig.3.4. Relatieve grondwaterstands duurlijnen van 3 T.N.O. grondwaterstandsbuizen, gemeten over de jaren 1975 t/m 1984, gedurende het groeiseizoen.	29
fig.3.6a. Fragment uit kaartblad 38 A, met ligging van het onderzoeksgebied.	30
fig.3.6b. Kaart van het boezemland Veerstalblok.	30
fig.5.1. Empese en Tondense heide vegetatiekaart, met aanduiding van de geplaatste peilbuizen.	31
fig.5.2. Planning van de modelformulering.	32
fig.5.3. Planning van het veldwerk en de analyses.	33



Enkeerdgronden

hoge bruine enkeerdgronden

bEZ23 lemig fijn zand

hoge zwarte enkeerdgronden

zEZ21 leemarm en zwak lemig fijn zand

zEZ23 lemig fijn zand

zEZ30 grof zand

Eerdgronden

beekeerdgronden

pZg23 lemig fijn zand

gooreerdgronden

pZn21 leemarm en zwak lemig fijn zand

pZn23 lemig fijn zand

Humuspodzolgronden

veldpodzolgronden

Hn21 leemarm en zwak lemig fijn zand

Hn23 lemig fijn zand

Hn30 grof zand

Toevoegingen

z.... zanddek, 15 á 40 cm dik

k.... zavel- of kleidek, 15 á 40 cm dik

g.... grind ondieper dan 40 cm beginnend

...g grof zand en/of grind beginnend tussen
40 en 120 cm

...p pleistoceen zand beginnend tussen
40 en 120 cm

→ vergraven

fig. 3.1. Fragment uit de bodemkaart, schaal 1 : 50.000
kaartblad 33 Oost (naar: Stichting voor
Bodemkartering, 1979)

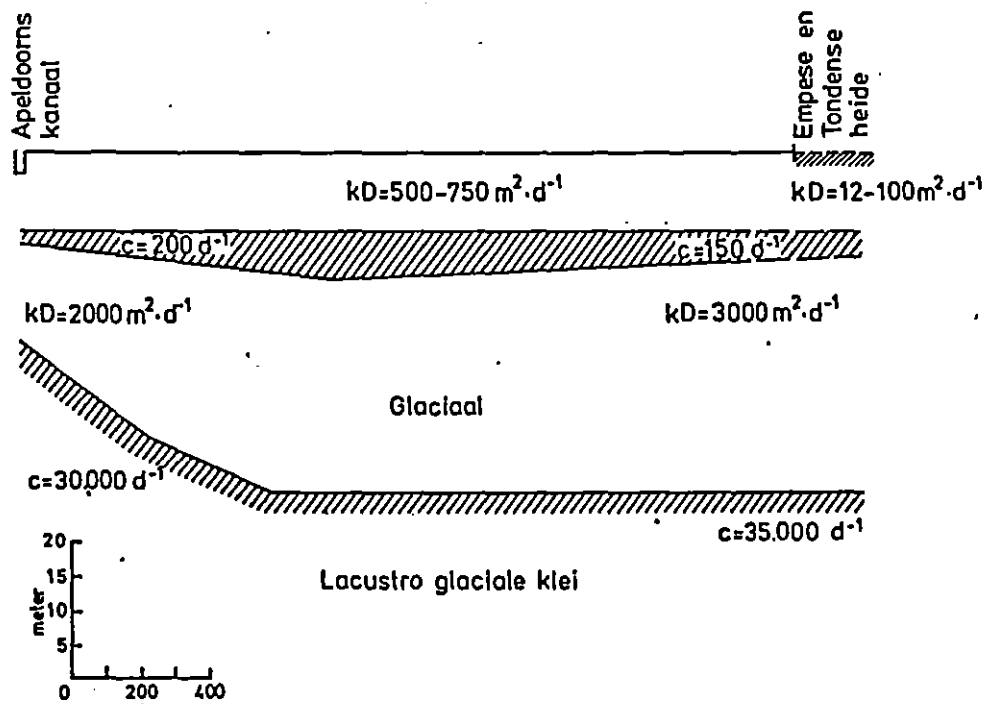


fig. 3. 2. Geohydrologische schematisering van het gebied ten westen van de Empese en Tondense heide. De gegevens zijn ontleend aan AELMANS (1983), IWACO (1984) en TE LUGGENHORST (1980).

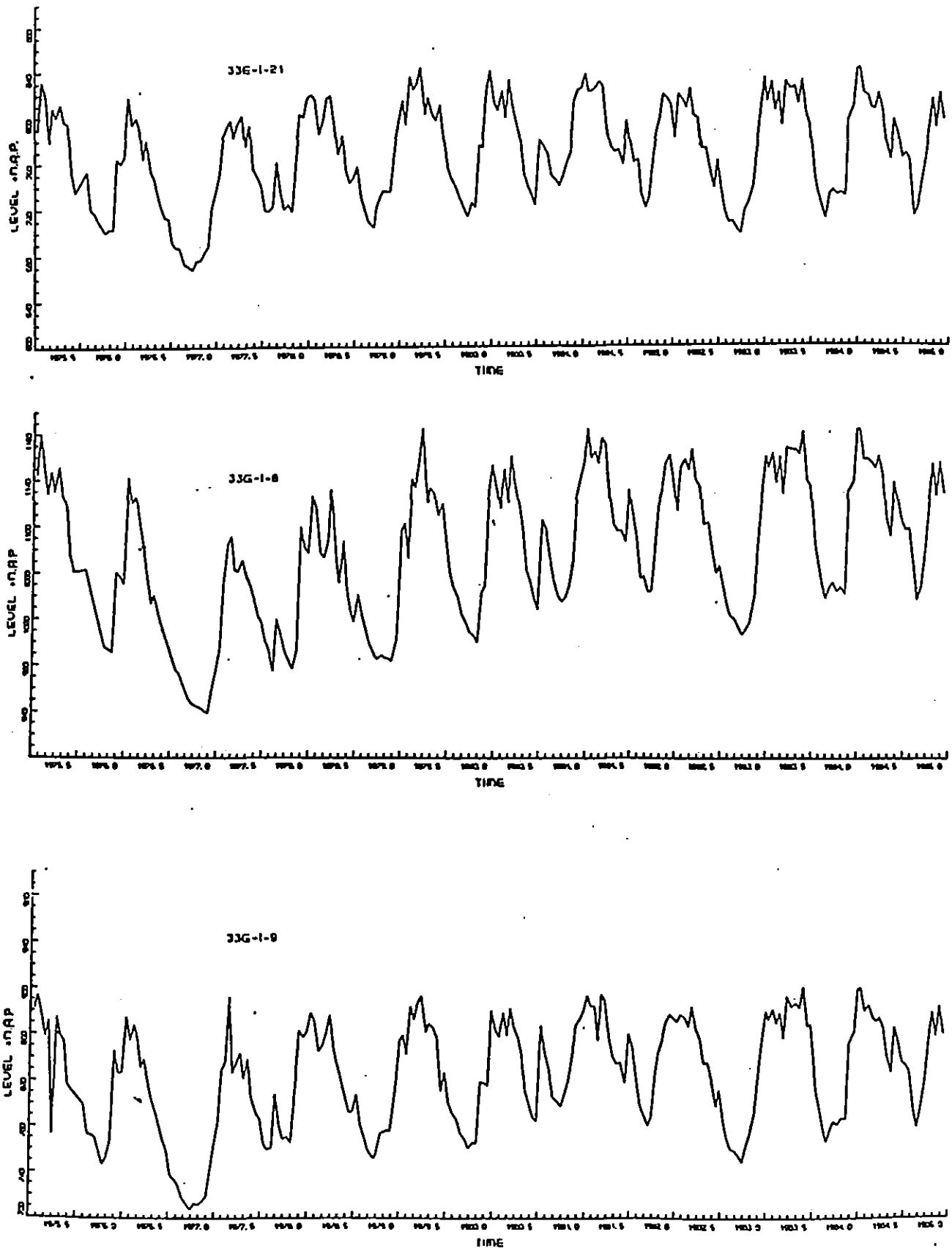


fig. 3.3. Tijdstijghoogte lijnen van 3 T.N.D. grondwater-standsbuizen in de omgeving van de Empese en Tondense heide.

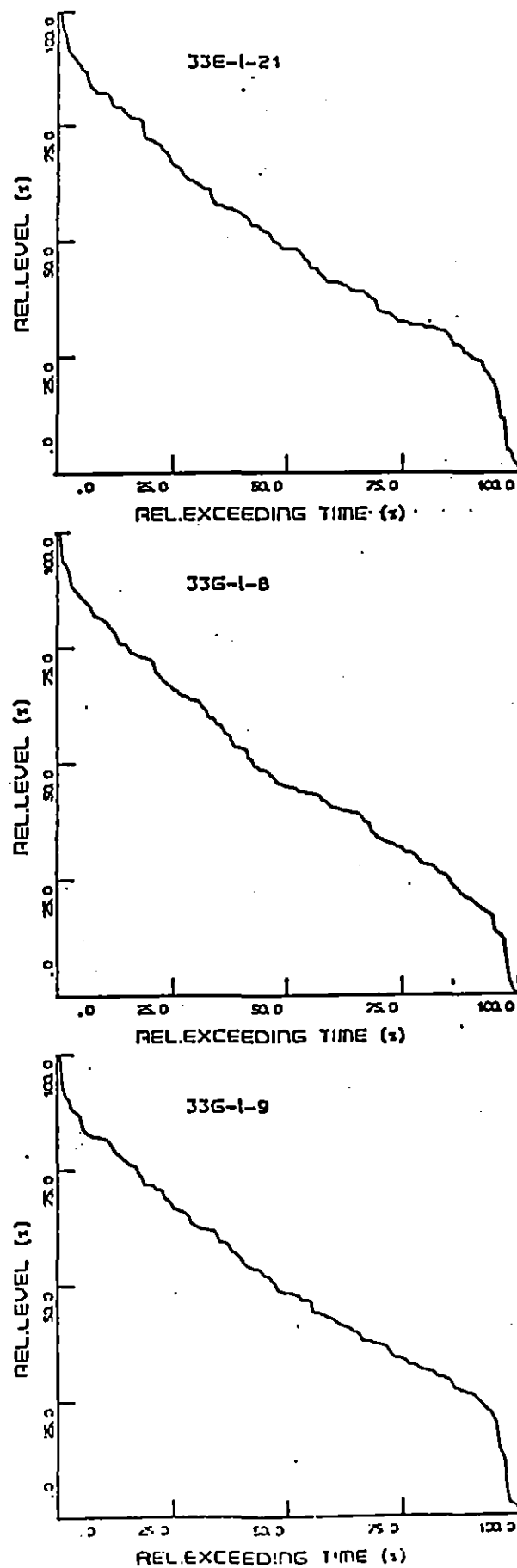


fig. 3. 4. Relatieve grondwaterstands duurlijnen van 3
T.N.D. grondwaterstandsbuizen, gemeten over de

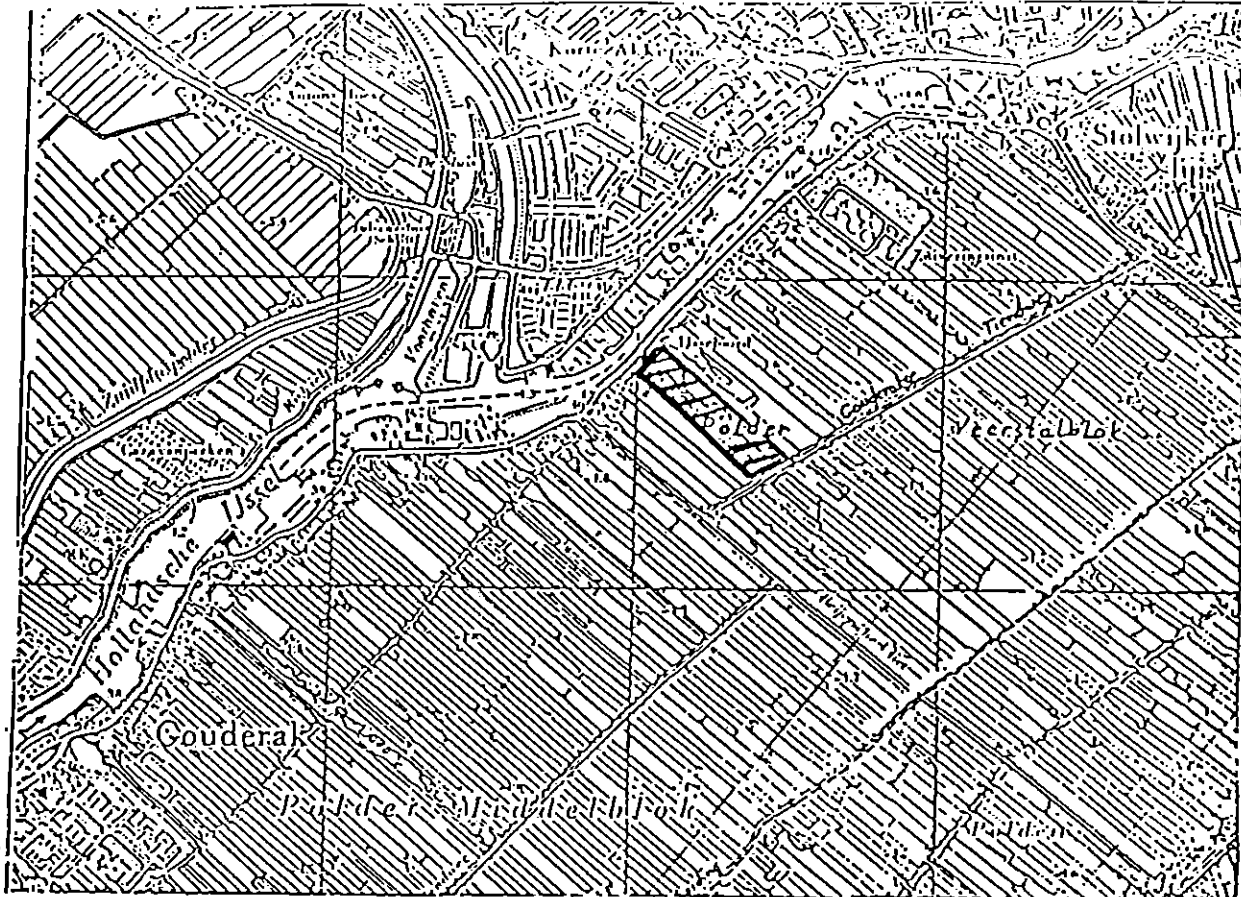


fig. 3.6a. Fragment uit kaartblad 38 A, met ligging van het onderzoeksgebied.

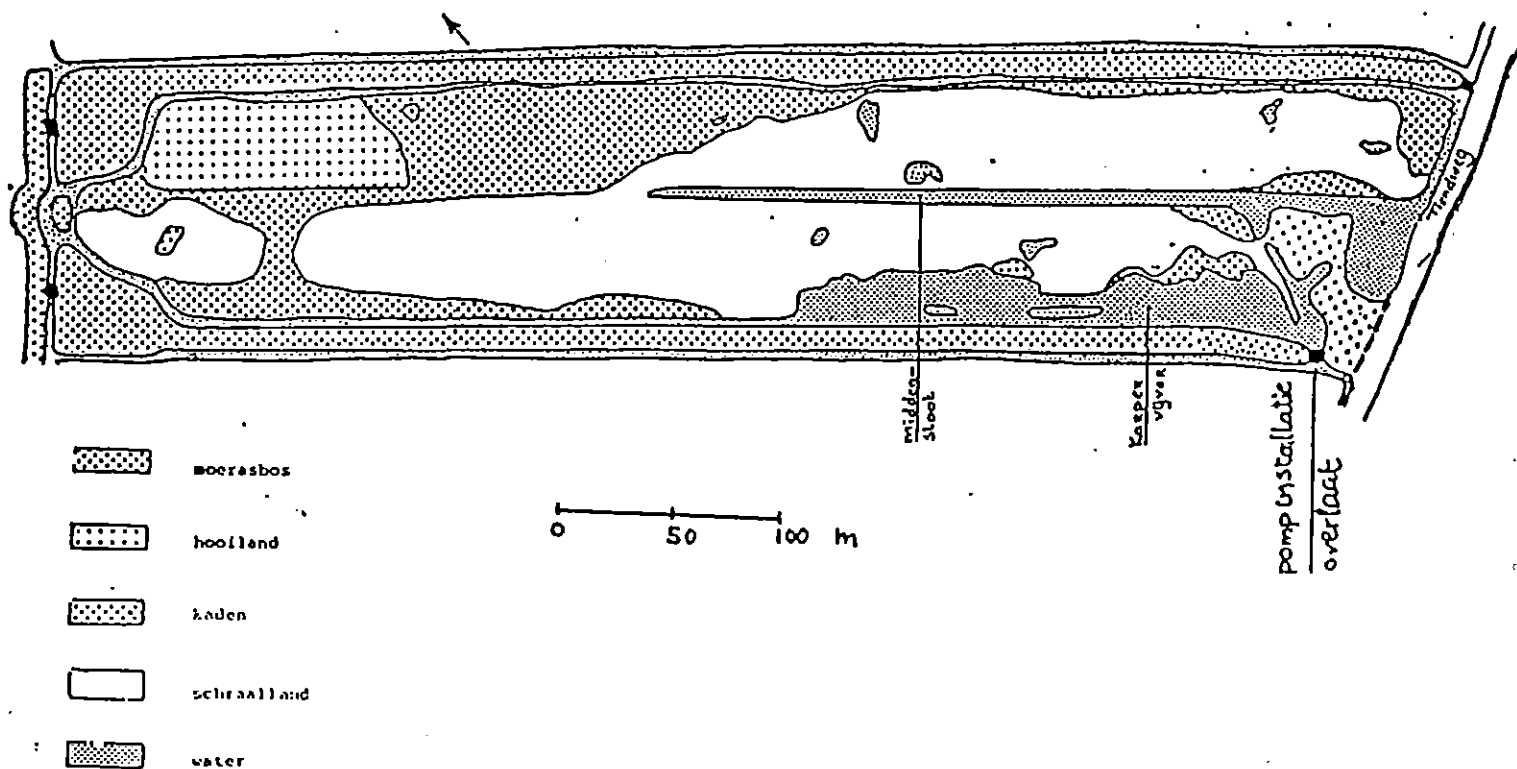


fig. 3.6b. Kaart van het boezemland Veerstalblok.

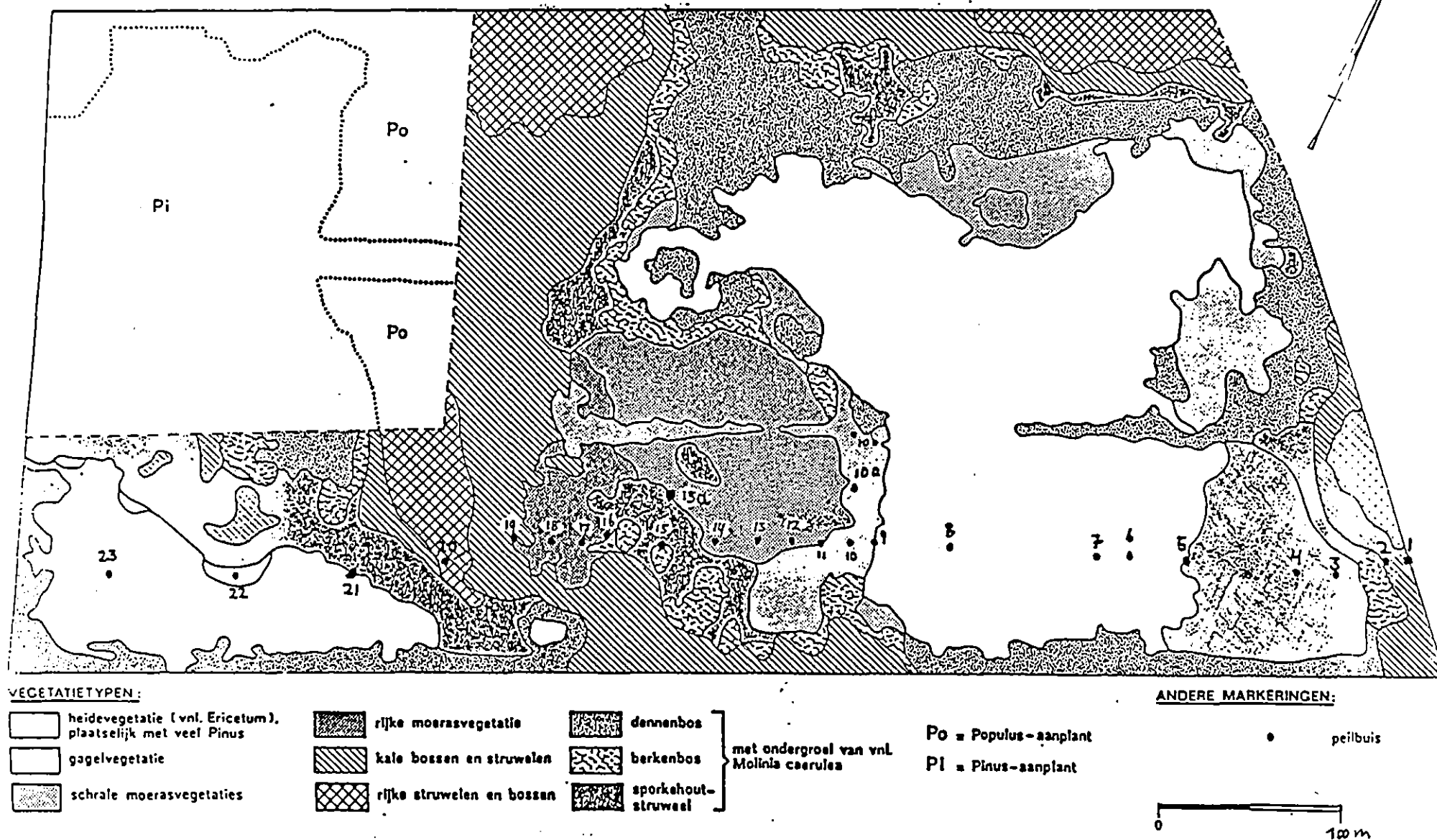


fig. 5.1. Empese en Tondense heide vegetatiekaart, met aanduiding van de geplaatste peilbuizen.

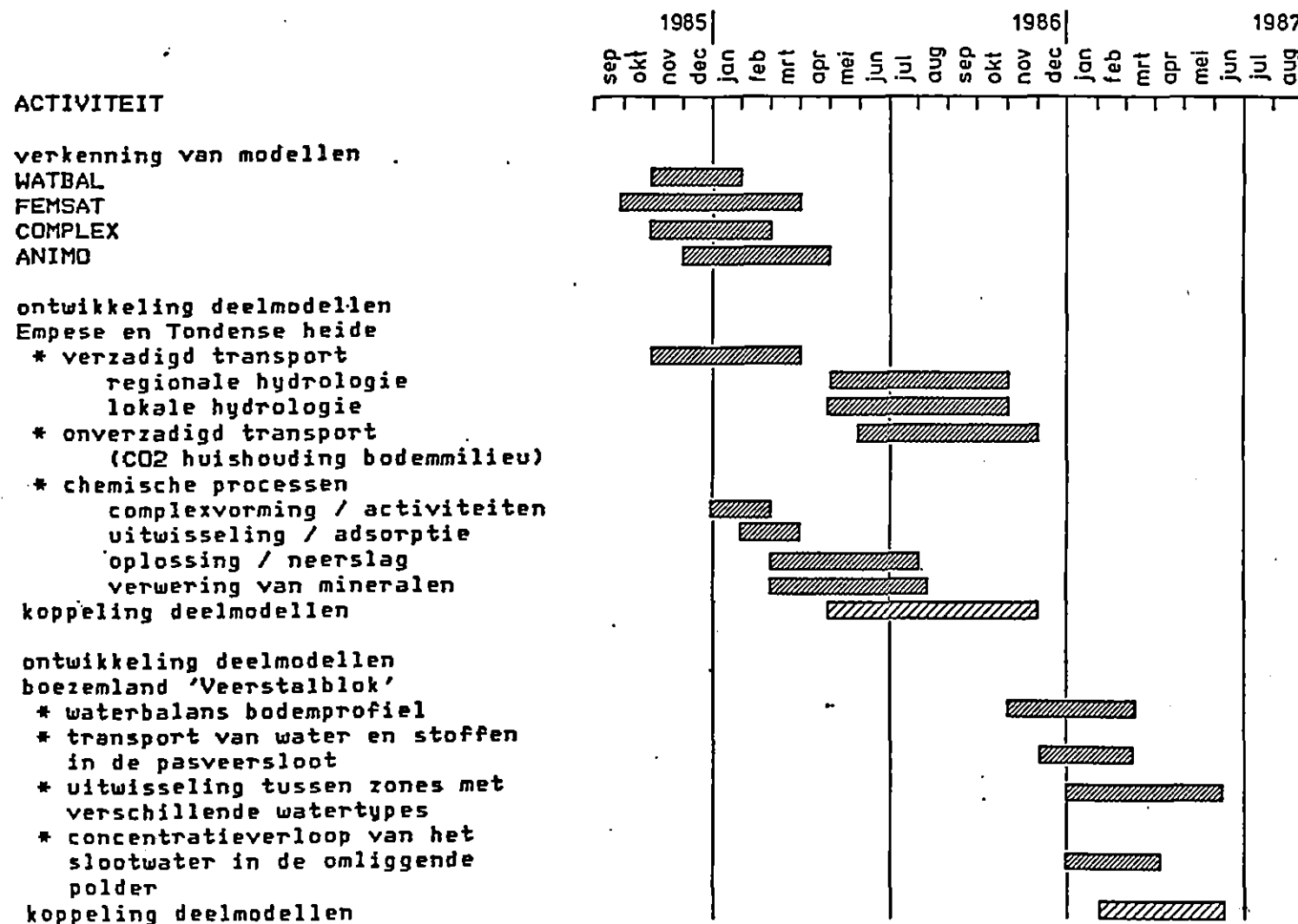


fig. 5.2. Planning van de modelformulering.

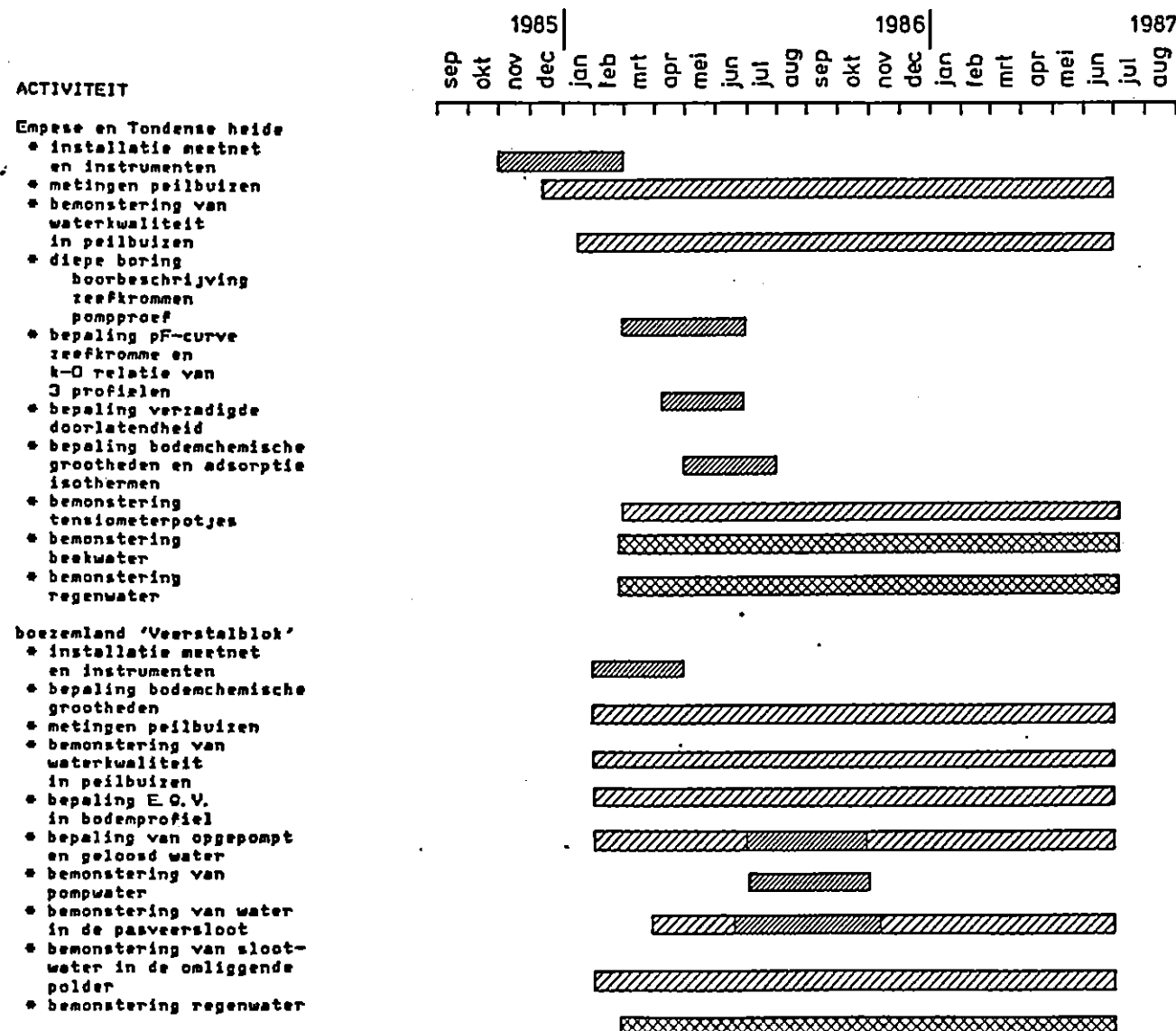


fig. 5.3. Planning van het veldwerk en de analyses.