An aerial photograph of a landscape, likely a heath or agricultural area, showing various shades of green and brown. A road or path runs diagonally across the lower half of the image. The text is overlaid on this background.

**HYDROGEOLOGISCHE, BODEMKUNDIGE EN EKOLOGISCHE  
STUDIE VAN "DE KALMTHOUTSE HEIDE"  
EN DE OMLIGGENDE LANDBOUWGRONDEN**

Rijksuniversiteit Gent - Universitaire Instelling Antwerpen

**SAMENVATTING EN BESLUIT**

1981

LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE (R.U.G.)  
LEERSTOEL VOOR BODEMFYSIKA (R.U.G.)  
DEPARTEMENT BIOLOGIE (U.I.A.)

HYDROGEOLOGISCHE, BODEMKUNDIGE EN EKOLOGISCHE  
STUDIE VAN "DE KALMTHOUTSE HEIDE" EN DE OMLIGGENDE  
LANDBOUWGRONDEN

SAMENVATTING en BESLUIT

Opdrachtgever

De Vlaamse Gemeenschap.

Opdrachthouder

Interkommunale Grondbeleid en Expansie Antwerpen (I.G.E.A.N.)

Studie en verslag

Lic. E. VAN DYCK

Dr. L. LEBBE

Dr. ir. R. HARTMANN

Dr. ir. H. VERPLANCKE

Lic. G. DE BLUST

Leiding

Prof. Dr. W. DE BREUCK

Prof. Dr. ir. M. DE BOODT

Prof. Dr. R.F. VERHEYEN

## INHOUD

|  |    |
|--|----|
| I. Woord vooraf .....  | 1  |
| II. Hydrologie .....   | 3  |
| 1. Inleiding.....  | 3  |
| 2. Methoden en resultaten .....                                  | 4  |
| 2.1. Algemeen .....  | 4  |
| 2.2 Boringen, sedimentologisch onderzoek, hydrogeologische bouw  | 4  |
| 2.3 Pompproeven, wateranalyses .....                             | 5  |
| 2.4 Waterbalans van de onverzadigde zone .....                   | 6  |
| 2.5 Stijghoogtewaarnemingen .....                                | 7  |
| 3. Besluit .....   | 10 |
| Literatuur .....   | 13 |
| III. Bodemkunde .....  | 14 |
| 1. Inleiding .....   | 14 |
| 2. Methoden en resultaten .....                                  | 14 |
| 2.1 Detailkartering van de representatieve ekologische zones...  | 14 |
| 2.2 Fysico-chemische en fysische karakterisatie van de represen- |    |
| tatieve profielen .....  | 14 |
| 2.3 Waterhuishouding in de onverzadigde zone .....               | 15 |
| 3. Besluit .....   | 17 |
| Literatuur .....   | 17 |
| IV. Ekologie .....   | 18 |
| 1. Inleiding .....   | 18 |
| 2. Methoden en resultaten .....                                  | 19 |
| 2.1 Typologie van de vegetaties .....                            | 19 |
| 2.2 Karteringen .....  | 19 |
| 2.3 Evolutie van de vegetaties van de Kalmthoutse Heide .....    | 20 |
| 2.3.1 Vergelijking met de vegetatiekaart,-analyse van 1956,      | 20 |
| 2.3.2 Gedetailleerd successieonderzoek van de Kriekelaars-       |    |
| vennen .....   | 21 |
| 2.3.3 Luchtfoto-analyse .....                                    | 21 |
| 3. Besluit .....   | 23 |
| Literatuur .....   | 24 |
| V. Integratie en vergelijking van de resultaten .....            | 26 |
| 1. Inleiding.....  | 26 |
| 2. Het noorden van het ekologisch bestudeerd gebied .....        | 26 |
| 3. Het centrum van het ekologisch bestudeerd gebied .....        | 27 |
| VI. Slotbeschouwingen .....                                      | 28 |
| Figuren  |    |

## I. Woord vooraf.

---

Dit verslag is een samenvatting van de drie deelstudies van de "Hydrogeologische, bodemkundige en ekologische studie van "De Kalmthoutse Heide" en de omliggende landbouwgronden".

De studie had tot doel de hydrogeologische en bodemkundige gesteldheid van het gebied te bepalen en na te gaan in hoeverre de evolutie van de waterhuishouding alleen het gevolg is van natuurlijke, dan wel van niet-natuurlijke processen. Daarnaast werd verwacht dat een degelijke beschrijving van de huidige vegetaties van "De Kalmthoutse Heide" en van hun evolutie zou leiden tot een betere kennis van de samenhang tussen begroeiing, bodem en hydrologie en van de mate waarin eventuele veranderingen van de vegetatie te verklaren zijn door wijzigingen in de waterhuishouding.

De studie liep over een periode van twee jaar. Tegelijkertijd werd er ook een landbouwkundige deelstudie aangevat. De resultaten hiervan zijn niet in onderhavig verslag opgenomen daar deze een langere periode loopt en nog niet is afgesloten.

De studie kwam tot stand dank zij de steun van de Minister van de Vlaamse Gemeenschap, en onder impuls van de Directie van het Mijnwezen van het Ministerie van Economische Zaken. Ook het Ministerie van Volksgezondheid heeft tot de verwezenlijking bijgedragen.

De opdrachtgever, de Interkommunale Grondbeleid en Expansie Antwerpen (IGEAN), verdeelde de uitvoering van de deelstudies als volgt :

hydrogeologische deelstudie : Leerstoel voor Toegepaste Geologie R.U.G.

Leiding Prof. Dr. W. DE BREUCK

Lic. E. VAN DYCK en Dr. L. LEBBE

bodemkundige deelstudie : Leerstoel voor Bodemfysika R.U.G.

Leiding Prof. Dr. ir. M. DE BOODT

Dr. ir. R. HARTMANN en Dr. ir. H. VERPLANCKE

ekologische deelstudie : Departement Biologie U.I.A.

Leiding Prof. Dr. R.F. VERHEYEN

Lic. G. DE BLUST

Bij de planning en tijdens de uitvoering van de studie was er regelmatig overleg tussen de onderzoekers. In de schoot van de stuurgroep, samengesteld uit vertegenwoordigers van opdrachtgever, opdrachthouder, Ministerie van Landbouw (Dienst Ordening van het Platteland ; Bestuur van Waters en Bossen), Ministerie van Economische Zaken (Mijnwezen), Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu, PIDPA en van de betrokken gemeentebesturen, werd regelmatig de stand van het onderzoek en de coördinatie van de deelstudies besproken. Bij het neerleggen van deze studie wensen wij de zeer talrijke personen die bij deze studie betrokken zijn geweest, het-

zij rechtstreeks bij de uitvoering en de afwerking, hetzij onrechtstreeks door het verschaffen van informatie of bereidwillige hulp, onze welgemeende dank te betuigen.

Fig. 1 - Het studiegebied en omliggende grondwaterwinningen.

Fig. 2 - Ligging van de boringen, piëzometers en peillatten in het studiegebied + percelen bodemkundig onderzoek en vegetatie detailkaarten.

## II. HYDROLOGIE.

### 1. Inleiding.

De deelstudie had vooral tot doel de hydrogeologische gesteldheid van "De Kalmthoutse Heide" en de omliggende landbouwgronden te bepalen, de stijghoogteschommelingen in de watervoerende lagen te verklaren en eventuele niet-natuurlijke invloeden aan te wijzen. Het onderzoek ving aan in maart 1979.

Bij dit onderzoek werd vooral aandacht besteed aan :

- een systematische kartering van de oppervlakkige lagen, meer in het bijzonder de klei van de Formatie van de Kempen,
- de bepaling van de hydraulische parameters van de afzettingen,
- de klimatologische evolutie gedurende de laatste twintig jaren,
- metingen van de oppervlaktewateren gedurende een periode van twee jaar,
- metingen van de stijghoogten in de peilbuizen gedurende een periode van twee jaar en de verwerking van alle beschikbare piëzometrische gegevens.

Omwille van het dringend karakter en de beperking van uitgaven werd de studie voorzien voor enkel één volledig hydrologische jaar. Slechts weinig hydrologische gegevens waren van voordien beschikbaar. Daarenboven dateren de meeste slechts van na de aanvang van de grondwaterwinning. De resultaten van de studie zijn te beschouwen als momentopname, die het huidige beeld beschrijft. Met de gegevens die in het bestek van deze studie verzameld werden, en de uitbating van het piëzometrisch net is het evenwel mogelijk in te toekomst, via een mathematisch model een balans van het gebied op te stellen, voor iedere mogelijke toestand.

## 2. Methoden en resultaten.

### 2.1. Algemeen.

Het studiegebied (fig. 1) omvat een landduinmassief op een zacht hellend cuesta-oppervlak (helling  $0,25^\circ$ ), dat het vlakke uitzicht van de Antwerpse Noorderkempen onderbreekt (M. MIJS, 1974).

Het behoort tot het stroomgebied van de Schelde. In het gebied komen talrijke vennen voor, waarvan sommige met elkaar in verbinding staan door kunstmatige grachten.

### 2.2. Boringen, sedimentologisch onderzoek, hydrogeologische bouw.

Er werden 85 handboringen, tot een diepte van ca. 10 m uitgevoerd, waarin een piëzometer werd aangebracht. Waar een belangrijke kleilaag werd aangetroffen, werd een tweede boorgat gespoeld tot op deze kleilaag. Dit is gebeurd bij 61 van de 85 boringen.

Bovendien werden 16 boringen tot ca. 30 m diepte gepulst. De boorgaten werden tot hydrologische waarnemingspunten uitgebouwd. Twee boringen werden tot op de Klei van Boom gedreven. Hiervan werden er 2 tot pompput uitgebouwd, één in het zuiden en een andere in het noorden van het gebied. Bij elke pompput werd op 50 en 100 m afstand respectievelijk een boorgat gestoken en één gespoeld; in ieder boorgat werden er vier piëzometers geplaatst, waarin de stijghoogten in de verschillende lagen tijdens de pompproef werden gevolgd. (Fig. 2)

De boorbeschrijvingen lieten toe litostratigrafische profielen door het gebied te tekenen (fig. 3). Hierop zijn de formaties met hun kenmerken terug te vinden. Het lagenpakket boven de Klei van Boom wordt dikker naar het noorden toe. Onderaan treft men de zeer glaukonietrijke fijne zanden van de Formatie van Berchem aan; daarboven liggen middelmatige zanden van de Formatie van Diest en fijne tot middelmatige zanden van de Formatie van Kattendijk. De Formatie van Lillo bevat veel schelpen en kleihoudende fijne zanden en vormt de top van de tertiaire lagen. Het onderste gedeelte van het Kwartair bestaat uit middelmatige en grove zanden van de Formatie van Merksplas, die bovenaan overgaat in het zand-, leem- en kleikomplex van de Formatie van de Kempen. Tot slot treft men een in dikte sterk wisselend pakket fijne eolische zanden aan, namelijk de dek- en stuifzanden van het Boven-Pleistoceen en Holoceen.

De ondiepe kleilagen in de Formatie van de Kempen werden systematisch gekarteerd (fig. 14). In sommige gebieden is er weinig klei; dit is het geval in de omgeving van het Van Ganzenven, in de depressie tussen Wilgen- en Kambusduinen ten noordwesten van de Kambusduinen en in het noorden van het studiegebied.

Tijdens de boringen werden een groot aantal monsters verzameld. Hiervan werden er 100 representatieve monsters sedimentologisch onderzocht. Dit leverde gegevens over het kalkgehalte, het gehalte aan organische koolstof en het glauko-

nietgehalte alsook de granulometrische analyse met de karakteristieke grootheden van de korrelverdeling en de doorlatendheidscoëfficiënten. Van elk monster werd het korrelverdelingsdiagram opgesteld. Resultaten zijn per litostratigrafische eenheid gegroepeerd. Per eenheid is het gemiddelde van enkele parameters en de kumulatieve kurven gegeven (fig. 4). Hydrolitologische profielen van de boringen tot grote diepte geven litologische en hydraulische kenmerken van de lagen aan (fig. 5).

Uit de boorbeschrijvingen, de litostratigrafische profielen en de resultaten van het sedimentologisch onderzoek werd de hydrogeologische bouw van het grondwaterreservoir afgeleid, fig. 6 : de dek- en stuifzanden samen met het zand boven de kleilaag in de Formatie van de Kempen bevatten de freatische laag A. Daaronder ligt een half-doorlatende laag B' in de klei of kleihoudende lagen van de Formatie van de Kempen. Het onderste gedeelte van de Formatie van de Kempen, de Formatie van Merksplas en het bovenste gedeelte van de Formatie van Lillo vormen de half-artesische watervoerende laag B.

De kleihoudende zones in de Formatie van Lillo zijn te beschouwen als een dunne half-doorlatende laag C'. Daaronder treft men dan de half-artesische laag C aan in de zanden van de Formaties van Kattendijk, Diest en Berchem. Het substraat wordt gevormd door de ondoorlatende laag van de Klei van Boom.

Door de Dienst Grondwaterverkenning van T.N.O. (Nederland) werden in opdracht van de Belgische Geologische Dienst enkele geofysische boorgatmetingen verricht in de boringen tot grote diepte. Deze metingen werden als aanvulling in deze studie opgenomen. Ze bevestigen de bekomen resultaten.

### 2.3. Pompproeven, wateranalysen.

Op twee pompputten werd een pompproef uitgevoerd. Er werd telkens gedurende tien dagen gepompt. De verandering van de stijghoogten in de piëzometers in een straal van 1,5 km rond de pompput, in de verschillende watervoerende lagen, werd op regelmatige tijdstippen dag en nacht gevolgd. Tegerlijkertijd werden door middel van hydrograven enkele getuigenpiëzometers op voldoende grote afstand gevolgd.

Na het stilleggen van de pomp werd de stijging in deze piëzometers op dezelfde manier gedurende 10 dagen gevolgd.

De piëzometers met een voldoende grote verlaging werden t.o.v. de tijd semi- en bilogarithmisch uitgezet; de gegevens van de aangepompte half-artesische laag C en van de half-artesische laag B werden weerhouden voor interpretatie. Dit gebeurde met de eerste methode van HANTUSH en met de methode van WALTON (G.P. KRUSEMAN, N.A. DE RIDDER, 1970). De aldus bekomen resultaten werden door middel van een simulatiemodel voor een drie-lagig systeem (L. LEBBE, 1981) op een tafelrekenmachine verwerkt en verbeterd.



Dit leidde tot de volgende resultaten :

Zuidelijke pompproef (74DB 11/F1) :

- er werd gepompt met een debiet van  $1266 \text{ m}^3 / \text{dag}$
- de transmissiviteit voor laag C bedraagt  $430 \text{ m}^2 / \text{dag}$  ; de elastische bergingskoëfficiënt  $5,4 \cdot 10^{-4}$
- de hydraulische weerstand c van laag C' (Formatie van Lillo) bedraagt 50 dagen
- de transmissiviteit voor laag B bedraagt  $690 \text{ m}^2 / \text{dag}$  ; de elastische bergingskoëfficiënt  $6,7 \cdot 10^{-4}$
- de hydraulische weerstand c voor laag B' (Formatie van de Kempen) bedraagt 3300 dagen
- voor de transmissiviteit van de freatische laag A werd  $120 \text{ m}^2 / \text{dag}$  genomen ; voor de elastische bergingskoëfficiënt  $3,1 \cdot 10^{-4}$  en voor de bergingskoëfficiënt nabij de watertafel 0,2.

Noordelijke pompproef (73DB 7/F1) : (fig. 6)

- er werd gepompt met een debiet van  $1243 \text{ m}^3 / \text{dag}$
- de transmissiviteit voor laag C bedraagt  $1060 \text{ m}^2 / \text{dag}$  ; de elastische bergingskoëfficiënt  $6,6 \cdot 10^{-4}$
- de hydraulische weerstand c voor laag C' (Formatie van Lillo) bedraagt 10 dagen
- de transmissiviteit voor laag B bedraagt  $660 \text{ m}^2 / \text{dag}$  ; de elastische bergingskoëfficiënt  $7,1 \cdot 10^{-4}$
- de hydraulische weerstand c voor laag B' (Formatie van de Kempen) bedraagt 500 dagen
- voor de transmissiviteit van de freatische laag A werd  $150 \text{ m}^2 / \text{dag}$  genomen naar de elastische bergingskoëfficiënt  $3,6 \cdot 10^{-4}$  en naar de bergingskoëfficiënt nabij de watertafel 0,2.

De hydraulische weerstanden zijn beduidend kleiner in het noorden van het gebied.

Tijdens de pompproeven werden watermonsters genomen van de half-artesische laag C. Volgens de klassifikatie van DE MOOR en DE BREUCK (1969) behoort dit water tot de groep 3. Het is zoet water met een relatief laag alkaligehalte en een aardalkaligehalte van ca. 80% van de kationen. Het is bicarbonaatrijk tot ca. 90% van de anionen. Het water is echter agressief door het hoge gehalte aan opgelost  $\text{CO}_2$ . Het water beantwoordt aan de Belgische reglementering voor drinkwater, behalve voor het ijzergehalte, dat te hoog ligt.

2.4. Waterbalans van de onverzadigde zone.

Er werden meteorologische gegevens verzameld over een periode van 20 jaar van het weerstation Antwerpen-Deurne. Dit is het dichtst bijgelegen meteostation, dat alle waarnemingen doet, vereist voor de berekening van de potentiële evapotrans-

piratie (PET) volgens de methode van PENMAN (1952). De PET werd maandelijks berekend en met de neerslag en enkele bodemkarakteristieken werd door de waterbalans van de onverzadigde zone opgesteld. Hieruit kunnen jaren met veel en weinig infiltratie weergevonden worden. Vooral het zeer droge jaar 1976, met zijn zeer lange afvloeiperiode, valt duidelijk op. (fig. 7)

### 2.5. Stijghoogtewaarnemingen.

De stijghoogten evenals de peillatten in de oppervlaktewateren werden om de 14 dagen opgemeten. Deze waarnemingen zijn in tijdstijghoogtediagrammen voorgesteld waardoor de seizoenschommelingen kunnen bestudeerd worden. Op de diagrammen van de vroeger geplaatste piëzometers merkt men dat het klimaat een belangrijke rol speelt in de stijghoogteschommelingen (fig. 7) : de invloed van het droge jaar 1976 is er duidelijk op te zien. Uit deze diagrammen blijkt ook dat de piëzometers in het noorden en het westen meer invloed ondervinden van drogere jaren, terwijl ze er ook trager van herstellen. Hetzelfde geldt voor de piëzometers waarvan het filterelement in de watervoerende lagen van de half-doorlatende zone is geplaatst.

De voor de studie geplaatste piëzometers, die gedurende slechts één hydrologisch jaar werden gemeten, reageren op gelijkaardige wijze in hetzelfde gebied. De stijghoogten in de diepere piëzometers zijn steeds lager dan degene, die men meet in die van de bovenliggende lagen. De maxima en minima worden meestal eerst in de freatische laag bereikt ; naarmate de piëzometer dieper steekt in de half-doorlatende laag B' is de vertraging groter, terwijl de piëzometers in de half-artesische laag B daarentegen bijna even snel reageren als deze in de freatische laag.

Voor 4 tijdstippen van het jaar, namelijk op het einde van de heropvullingsperiode, op het einde van de afvloeiperiode en telkens halverwege tussen die twee perioden werd een hydro- isohypsenkaart van de freatische laag A en van de half-artesische laag B getekend (Fig. 14 en 8). Hieruit kan men de grondwaterstromingen afleiden. De freatische stroming verloopt volgens een grillig patroon, waarbij het reliëf een duidelijke rol speelt. Een belangrijke waterscheidingskam verloopt hoofdzakelijk volgens een noordwest-zuidoostelijke richting. Er doet zich een kwel voor aan de voet van de Wilgenduinen. Naast het reliëf blijkt echter de drainage langs het uitgebreid grachtenstelsel een belangrijke rol te spelen, vooral in het gebied ten westen van de Steertse Heide en aan de noordrand van het geklasseerd gebied. Daarnaast zijn er nog enkele gesloten of bijna gesloten isohypsen zoals het Van Ganzenven, de omgeving van het Drielingenvan en rond de Nol. Dit is vooral veroorzaakt door het reliëf alhoewel ook de afwatering en het ontbreken van klei in de ondergrond een rol speelt.

De hydro-isohypsen van de half-artesische laag geven aan dat het grondwater in noordwestelijke richting stroomt.

De stroming is sterker ten westen van de Steertse Heide.

Uit een kaartje opgesteld aan de hand van de daling van de grondwatertafel in cm / dag tijdens een afvloeiperiode blijkt vooral het gebied ten oosten van het Groote Meer en de noordrand van het geklasseerd gebied, evenals het noorden van het studiegebied, de grootste daling te vertonen.

Eén van de doelstellingen van de studie was het opsporen van niet-natuurlijke invloeden. Alhoewel oppervlakkige afvoer een niet te onderschatten rol speelt, werd in de eerste plaats gedacht aan de grondwaterwinningen rondom het studiegebied. Er zijn vier belangrijke waterwinningen in de nabije omgeving gelegen : twee Belgische en twee Nederlandse.

1. De waterwinning van de P.I.D.P.A. te Putte-Kapellen (in werking sinds 1957)

De P.I.D.P.A. pompt uit de half-artesische laag C.

De hydro-isohypsen van die laag geven aan dat de waterstroming in westelijke richting gebeurt. In het onderzochte gebied verlopen deze evenwijdig op gelijke afstand van elkaar. Er is geen aanwijzing van een onnatuurlijke invloed. Daarenboven komen vrijwel overal ondiepe kleilagen voor zodat de aanvoer uit de freatische laag uiterst beperkt is.

Ook in de freatische laag merkt men geen sterkere stroming.

Het pompstation blijkt het studiegebied dus weinig of niet te beïnvloeden.

2. De waterwinning van de N.V. Watermaatschappij Zeeland te Ossendrecht (in gebruik sinds 1928)

De hydro-isohypsen van de half-artesische laag vertoont een verdichting, waaruit men kan afleiden dat deze laag door het pompstation wordt beïnvloed. Ondiepe kleilagen belemmeren de doorsijpeling naar de diepte zodat de beïnvloede zone in de half-artesische laag zeer groot is .

In de freatische laag is er eveneens een uitgesproken stroming in westelijke richting waar te nemen, mede door het voorkomen van weinig doorlatende kleilagen op Belgisch grondgebied. Men kan vermoeden dat de hydraulische weerstand van de op Nederlands grondgebied half-doorlatende laag B' klein is. Het Groote Meer bevat immers weinig of geen water, wat kan worden toegeschreven aan de waterwinning. Daardoor wordt de stroming in de freatische laag op Belgisch grondgebied beïnvloed. Dit uit zich ook in de daling van de watertafel gedurende een vaste afvloeiperiode, die in dit gebied het sterkst is.

3. De waterwinning van de N.V. Watermaatschappij Zeeland te Huybergen

De grondwaterstroming in de half-artesische laag verloopt naar het pompstation toe. Ten opzichte van het zuiden van het studiegebied is er een lichte verdichting van de hydro-isohypsen waar te nemen.

De invloed in de freatische laag beperkt zich tot de zone ten noorden van de waterscheidingskam, die door de Steertse Duinen loopt.

In die smalle strook neemt men een sterke stroming waar; deze kan het gevolg zijn van de intense afwatering van de lager gelegen weilanden.

De invloed van dit station op het geklasseerd gebied lijkt dus eerder beperkt.

#### 4. De waterwinning van de P.I.D.P.A. te Essen (sinds 1968).

De stroming in de half-artetische laag verloopt in noordelijke richting naar dit station. Men merkt geen duidelijke verdichting van de hydro-isohipsen. Dit kan te wijten zijn aan het feit dat de laag rechtstreeks gevoed wordt door de freatische laag, daar de klei er ontbreekt. Hierdoor ontstaat een groter verhang in de freatische laag.

Dit steiler verhang kan evenwel ook veroorzaakt zijn door de ontwatering langs het grachtenstelsel dat er zeer uitgebreid is.

De mate van invloed van deze waterwinning op het geklasseerd gebied is hierdoor moeilijk te bepalen.

### 3. Besluit.

Door middel van talrijke boringen, een uitgebreid sedimentologisch onderzoek en pomproeven aangevuld door geofysische metingen, is aangetoond dat men boven de ondoorlatende Klei van Boom drie watervoerende lagen, gescheiden door twee half-doorlatende lagen kan onderscheiden.

De freatische laag A wordt gevormd door dek- en stuifzanden samen met eventueel voorkomend fijn zand van de Formatie van de Kempen, boven de eerste kleilaag. De dikte van de freatische laag schommelt sterk. Volgens berekeningen uit de granulometrische analyse bedraagt de permeabiliteit gemiddeld 9,2 m/d.

Onder de freatische laag A komt de half-doorlatende laag B' bestaande uit de kleiige afzettingen in de Formatie van de Kempen die vooral in het bovenste deel van deze Formatie voorkomen. Deze formatie vertoont zowel lateraal als vertikaal grote faciëswisselingen. Een gedetailleerde bestudering van het laterale verloop van de klei liet toe gebieden aan te duiden waar er minder ondiepe klei voorkomt, zoals de omgeving van het Van Ganzenven, het centrale deel van de "Kalmthoutse Heide", ten noordwesten van de Kambusduinen en het noorden van het studiegebied. Wegens die snelle faciëswisselingen verschilt de hydraulische weerstand sterk van plaats tot plaats. In het zuiden van het gebied werd een waarde van 3300 dagen gevonden, in het noorden 500 dagen. In het zuiden zal een wateronttrekking aan de half-artesische laag C bijgevolg minder invloed uitoefenen op de freatische laag. Deze vaststelling geldt in strikte zin enkel voor de gebieden die door de pomproeven bestreken werden.

De half-artesische laag B wordt gevormd door de onderste fijn tot middelmatige zanden van de Formatie van de Kempen, de middelmatige tot grove zeer doorlatende zanden van de Formatie van Merksplas en het bovenste deel van de Formatie van Lillo. De dikte bedraagt circa 39 m in het zuiden en circa 55 m in het noorden. De transmissiviteit is begrepen tussen  $690 \text{ m}^2/\text{d}$  en  $660 \text{ m}^2/\text{d}$  en de elastische bergingscoëfficiënt tussen  $6,7 \cdot 10^{-4}$  en  $7,1 \cdot 10^{-4}$ .

De fijne klei- en leemhoudende zanden van het onderste deel van de Formatie van Lillo vormen een tweede half-doorlatende laag, namelijk C', met een hydraulische weerstand begrepen tussen 50 dagen en 10 dagen, dalend van zuid naar noord. De dikte gaat van 10 m in het zuiden tot 5,5 in het noorden.

De onderste half-artesische laag C, boven de ondoorlatende Klei van Boom gelegen, bestaat uit de fijne tot middelmatige zanden van de Formatie van Kattendijk, de hoofdzakelijk middelmatige zanden van de Formatie van Diest en de fijnkorrelige afzettingen van de Formatie van Berchem. De dikte bedraagt 50 m in het zuiden en 62,5 m in het noorden.

De transmissiviteit schommelt tussen  $430 \text{ m}^2/\text{d}$  in het zuiden tot  $1060 \text{ m}^2/\text{d}$  in het noorden en de elastische bergingscoëfficiënt tussen  $5,4 \cdot 10^{-4}$  en  $6,6 \cdot 10^{-4}$ . Het water in deze laag is zoet water met een aardalkaligehalte van ca 80% van de kationen en een bicarbonaatgehalte tot ca 90% van de anionen.

Door de stijghoogtewaarnemingen kunnen de stromingen in de verschillende watervoerende en half-doorlatende lagen bepaald worden.

De aanvulling van de freatische laag gebeurt bij wijze van infiltratie doorheen de bodem. Uit de waterbalans van de onverzadigde zone werden de voedingscoëfficiënten berekend voor een periode van twintig jaar, namelijk vanaf 1960 tot 1979. De opeenvolging van natte en droge jaren komt hier tot de uiting. De gemiddelde waarde bedraagt 0,53. Er blijkt geen groot verschil te bestaan tussen de twee decennia. Opmerkelijk is wel het droge jaar 1976, waarvan de invloed duidelijk in de seizoenschommelingen weerspiegeld wordt en die zelfs enige tijd aanhoudt. De afvloeï uit de freatische laag wordt hoofdzakelijk bepaald door de verticale stroming doorheen de half-doorlatende laag B' naar de half-artesisch laag B. Dit is af te leiden uit het feit dat de stijghoogten in de freatische laag A op alle plaatsen steeds groter zijn dan in de onderliggende lagen. Een gedeelte van de afvloeï van de freatische laag gebeurt door drainage via een uitgebreid grachtenstelsel. Een belangrijke drainage komt voor in de nabijheid van de gracht die het Stappersven met de Putse Moer verbindt, in de omgeving van de drainagegrachten rond het Stappersven, in het noordelijk gedeelte van het studiegebied en in het gebied ten oosten van het Groote Meer.

In de half-doorlatende laag B' is de stroming hoofdzakelijk vertikaal van de freatische laag A naar de half-artesische laag B. Op plaatsen waar in de Formatie van de Kempen een geringere hoeveelheid klei voorkomt en de hydraulische weerstand dus verkleint, kan deze verticale stroming belangrijk worden. Het noordwesten van het studiegebied, de noordrand van het geklasseerd gebied, het centrale deel van het geklasseerd gebied en de omgeving van het Van Ganzenven zijn hiervan voorbeelden.

Op plaatsen waar zandige horizonten in de Formatie van de Kempen voorkomen, kan de horizontale komponent van de stroming in de half-doorlatende laag B' belangrijk worden. Deze vormt een belangrijke bijdrage tot de waterhuishouding in deze laag.

Wegens de geringe hydraulische weerstand van de half-doorlatende laag C' (Formatie van Lillo) die op de plaatsen van de pompproeven gevonden werden, met als gevolg het gering stijghoogteverschil tussen de half-artesische laag B en de half-artesische laag C, worden deze lagen als één geheel behandeld.

In de half-artesische laag B-C gebeurt de aanvoer door verticale stroming vanuit de freatische laag A doorheen de half-doorlatende laag B'. Uit de hydroisohypsen leiden we een laterale aanvoer vanuit het zuidoosten af. De laterale afvoer gebeurt naar het noorden en het westen in de richting van de grondwaterwinningen. Stijghoogteverlagingen in de half-artesische laag zullen ook in de freatische laag hun weerslag hebben, in de eerste plaats in die gebieden waar de half-doorlatende laag B' een kleine hydraulische weerstand vertoont,

evenals gebieden met een grote laterale afvloeï naar eerstgenoemde gebieden. Een duidelijk voorbeeld van het laatste geval is het gebied ten oosten van het Grootte Meer. In dit gebied treedt trouwens een verdichting op in de hydro-isohypsen van de half-artesische laag in de richting van de waterwinning te Ossendrecht.

Er vindt geen vertikale afvoer plaats doorheen de Klei van Room.

Literatuur.

- DE MOOR G. & W. DE BREUCK (1969). De freatische waters in het oostelijk kustgebied en in de Vlaamse Vallei. Nat. Wet. Tijdsch. 51, 3-38.
- G.P. KRUSEMAN & N.A. DE RIDDER (1970). Analysis and evaluation of pumping test data. ILRI Bulletin 11, 3rd ed. 200 p.
- LEBBE, L. (1981). A mathematical model of unsteady state flow to a pumped well in a multilayered groundwater reservoir and some considerations about the travel time. J. of Hydrology, (in druk).
- MIJS, M. (1974). Bijdrage tot de Geomorfologie van het duinlandschap van de Kalmthoutse Heide. Dienst Domaniale Natuurreservaten en Natuurbescherming, Werken 7, 88 p.
- PENMAN, H.I. (1952). The physical bases of irrigation control Proc. 13th Int. Horticult Congr. London 2, 913-924.
- VAN **DYCK**, E. (1979). Hydrogeologisch onderzoek van de freatische waterlaag te Kalmthout, 95 p. Gent : Geologisch Instituut Rijksuniversiteit (Licentiaatsverhandeling).



### III. BODEMKUNDE.

#### 1. Inleiding.

De bodemkundige studie was gericht op :

- de detailkartering van representatieve zones die voor de ekologische deelstudie weerhouden werden,
- de bodemfysische karakterisatie van deze representatieve zones met betrekking tot de waterhuishouding,
- de waterhuishouding van de onverzadigde zone boven het freatisch oppervlak tijdens het groeiseizoen.

#### 2. Methoden en resultaten.

##### 2.1. Detailkartering van de representatieve ekologische zones (fig. 2).

De vier zones, weerhouden voor de ekologische deelstudie, werden aan een bodemkundige detailkartering onderworpen ten einde na te gaan in hoeverre er typische verticale differentiaties (horizonten) in het bodemprofiel voorkomen en in welke mate deze een horizontale spreiding vertonen. Daartoe werden om de 20 à 30 m boringen tot een diepte van 120 cm uitgevoerd en de resultaten op kaart gebracht. Een voorbeeld van dergelijke detailkaart, waarop de spreiding van de aangetroffen bodems voorkomt, wordt in figuur 2 gegeven.

Van de in de proefpercelen voorkomende representatieve bodems werd er een morfologische studie uitgevoerd (vb. fig. 9).

Uit deze studie bleek dat de vier percelen in hoofdzaak gekenmerkt worden door de aanwezigheid van podzolen.

In de eerste twee percelen komen typische natte podzolen voor, in de andere droge podzolen. Deze laatste vertonen dan ook duidelijke en scherp afgelijnde humus - ijzeraanrijking - horizonten, in tegenstelling tot de meer diffuse aanrijkingshorizonten van de natte podzolen in perceel 1 en 2.

De aanwezigheid van sterk verkitte aanrijkingshorizonten kan aanleiding geven tot de vorming van stuwwater zoals het "hanged ven" in perceel 4. De vennen in de percelen 3 en 4 zijn ontstaan ingevolge zandwinnings en vertonen dan ook geen duidelijke profielontwikkeling (jonge bodems).

##### 2.2. Fysico-chemische en fysische karakterisatie van de representatieve profielen.

Elke profiel werd tijdens de morfologische beschrijving bemonsterd en wel zo dat van elk horizont monsters werden genomen voor :

- korrelgrootte samenstelling (textuur),
- fysico-chemische analyses zoals :

gehalte aan organisch materiaal

gehalte aan  $\text{CaCO}_3$

$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  en  $\text{pH}_{\text{KCl}}$

- fysische karakterisatie

deze bestond er in de poriënverdeling, die rechtstreeks de waterhuishouding en komplementair hieraan de luchthuishouding beïnvloeden kwalitatief en kwantitatief weer te geven.

Hieruit kon afgeleid worden de hoeveelheid :

- drainageporiën
- waterbergingsporiën
- volume vaste bodembestanddelen.

Hoger vermelde analyses werden dan ook op het laboratorium uitgevoerd.

Uit de textuuranalyses blijkt dat de bodems zich ontwikkeld hebben in holocene stuifzanden. Deze zandige bodems van het reservaat hebben een gering vocht-ophoudend vermogen, dat toeneemt bij aanwezigheid van organisch materiaal (fig. 10).

Het vochtbufferend vermogen zal echter in hoge mate bepaald worden door de aan- of afwezigheid van een ondiepe grondwatertafel. Vandaar het belang de freatische waterpeilschommelingen in de proefpercelen te volgen (zie 2.3).

### 2.3. Waterhuishouding in de onverzadigde zone.

Om een beter inzicht in deze problematiek, specifiek voor de Kalmthoutse Heide, te verkrijgen, werden gedurende het groeiseizoen, gaande van mei tot oktober 1980, wekelijks volgende veldmetingen uitgevoerd :

a) vochtbepalingen :

wekelijks werden op 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 en 120 cm diepte grondmonsters in duplo genomen die ons toelieten het vochtgehalte gravimetrisch op het laboratorium te bepalen. (Het bepalen van het vochtgehalte met de neutronenvochtmeteter was om technische- en veiligheidsredenen onmogelijk).

b) vochtspanningsbepalingen (zuigspanningen) om de 15 cm tot 120 cm diepte met behulp van tensiometers. Hieruit kon dan afgeleid worden :

- de kracht waarmee het water door het bodemskelet wordt vastgehouden,
- de richting van de waterbeweging in het profiel (opwaarts, neerwaarts ofwel evenwicht),
- diepte van het freatisch oppervlak.

Uit dit onderzoek is gebleken dat voornamelijk de freatische schommelingen in hoge mate de vochthuishouding beïnvloeden gezien het gering vochtophoudend

vermogen van de onderzochte bodems (VISSER, 1958) en de meestal ondiepe voorkomende grondwatertafel (fig. 11).

In de meeste gevallen werd een evenwichtsituatie in het profiel vastgesteld. Een duidelijke opwaartse vochtstroming werd enkel in profiel 4, gesitueerd in het duinenmassief onder naaldbout, vastgesteld.

De freatische waterpeilschommelingen werden bepaald door de klimatologische omstandigheden, doch soms ook door de aan- en afwezigheid van een kleilaag op grotere diepten (fig. 11).

Uit kennis van bepaalde bodemfysische parameters zoals de hydraulische geleidbaarheid (HARTMANN, 1972) en de vocht karakteristieken (zie 2.2) en voor specifieke verdampingstoestanden kan men aantonen dat in de zandgronden van de Kalmthoutse Heide de grondwatertafel niet onder  $\pm 100$  cm mag komen te liggen ten einde kontinu aan een verdamping van  $3 \text{ \AA } 4 \text{ mm dag}^{-1}$  te voldoen.

### 3. Besluit.

Uit het onderzoek is gebleken dat voornamelijk de freatische schommelingen in hoge mate vochthuishouding zullen beïnvloeden gezien het gering vochtophoudend vermogen van de onderzochte bodems. In hoeverre men deze freatische schommelingen in gevolge andere dan natuurlijke factoren een invloed ondergaan of ondergaan hebben is door deze studie onmogelijk vast te leggen. De weersomstandigheden waren daarvoor te uitzonderlijk en het onderzoek zou moeten gespreid worden over meerdere jaren.

Wel is het zo dat indien de waterpeilschommelingen (vnl. daling) door andere dan natuurlijke factoren zouden beïnvloed worden, de waterhuishouding gevoelig zou dalen, gezien deze laatste in hoofdzaak bepaald wordt door nalevering vanaf het grondwater.

### Literatuur.

- HARTMANN, R. (1972). Bijdrage tot de bodemfysische karakteristieken van de sier-  
teeltgronden in het Gentse.  
Doktoraal proefschrift 1-129.
- VISSER, W. (1958). De landbouw-waterhuishouding van Nederland.  
Comm. Onderz. Landbouwwaterhuishouding Ned. T.N.O. 1, 1-159.

#### IV. EKOLOGIE

##### 1. Inleiding.

Het doel van deze studie was een beschrijving van de ecosystemen beperkt tot vegetaties van het Staatsnatuurreservaat 'De Kalmthoutse Heide'. Een vergelijking met oudere studies en beschrijvingen moet ons in staat stellen algemene uitspraken te doen over de mogelijke evolutie van de vegetatie gedurende de laatste 20 jaar. Veranderingen die in de begroeiing optreden waren, zouden dan in verband met de waterhuishouding gebracht worden. In hoeverre weerspiegelen gewijzigde vegetaties een gewijzigde hydrologische toestand, en hoe is deze veranderde hydrologische toestand te beschrijven ?

In essentie houdt deze studie een vergelijking in tussen de huidige en de vroegere toestand. De gedetailleerdheid van de besluiten van zo'n vergelijking hangen af van de gedetailleerdheid van de afzonderlijke leden. Voor de Kalmthoutse Heide viel deze voor de oudere gegevens tegen omdat er slechts een algemene vegetatiekaart en -analyse voorhanden is die het hele studiegebied beschrijft. Globale beschrijvingen geven een beeld van het landschap. Luchtfotoseries van verschillende data zijn te vinden ; de schaal is echter klein (1:20.000; 1:40.000). Slechts van een klein randgebied hebben we een grondige vegetatiestudie. Deze had het voordeel dat de opnameplaatsen nauwkeurig terug te vinden waren.

Dit alles heeft voor gevolg dat de resultaten van de vergelijking over het algemeen globaal blijven. Plaatselijke veranderingen, geleidelijke verschuivingen kunnen onopgemerkt blijven. De resultaten van deze studie moeten dan ook met het nodige **voorbehoud** bekeken worden.

## 2. Methoden en resultaten.

### 2.1. Typologie van de vegetaties.

Voor de typologie werden de vegetaties fytosociologisch beschreven. Tabellen werden opgesteld volgens de methode van Braun-Blanquet. Hierdoor bekamen men een typologie op floristische basis.

De grondwaterafhankelijke vegetaties werden bepaald naar het aandeel dat freatofyten in de totale soortensamenstelling innemen. Voor de indicatieve waarde van de soorten t.o.v. de faktor grondwater gingen we uit van de lijsten van LONDO (1975).

Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillende vegetatietypen. Behalve voor de duinen, de bossen en de graslanden wordt aldus een representatief beeld gegeven van de begroeiingen in de Kalmthoutse Heide. De tabel is samengesteld op grond van 143 fytosociologische opnamen. De gebruikte 50 soorten hogere planten en kryptogamen komen elk in minstens één van de basistabellen meer dan één maal voor. De totale soortenlijst is langer maar de bijkomende soorten zijn zo weinig aanwezig dat ze nagenoeg geen differentiërende waarde hebben. De basistabellen zijn te vinden in een vorige studie (DE BLUST, G. 1978).

Vegetaties, samengesteld uit freatofyten zijn : vochtige en natte heide, de Snavelbiesvegetaties en de vennen. Hetzelfde kan gesteld worden voor het 'natte' type Pijpestrootjesvegetatie. Voor de meeste van deze vegetaties is de diepte van het freatisch oppervlak, de fluctuatie ervan en de duur dat een bepaalde stand behouden blijft, bepalend voor het kwantitatieve aspect van de grondwaterhuishouding. Het gaat dus in de eerste plaats om verticale bewegingen. Voor twee typen echter, de natte heide met Beenbreek (V.N.H. 5) en de Snavelbiesvegetatie met Veenmoskussens en -bulten (*Sphagnum recurvum*, *S. papillosum*) (R.4) speelt ook oppervlakkige, horizontale beweging van het grondwater een bepalende rol. Het valt op dat deze typen enkel voorkomen aan de oostelijke voet van de duinen. Hier doet zich een kwel vanuit het duin voor (zie bodemkundige deelstudie).

### 2.2. Karteringen.

Karteringen worden uitgevoerd op verschillende schalen. Voor de beide kleine schalen (1:20.000; 1:10.000) gingen we uit van luchtfoto-analyse (infrarood valse kleuren, 1978, 1979). De vier kaartjes op schaal 1:500 werden rechtstreeks op het terrein ingemeten met de voerstraalmethode.

De legende voor de kaart op schaal 1:10.000 werd samengesteld uit de onderscheiden vegetatietypen en structuurkenmerken van de vegetatie. Omdat sommige vegetaties zich op het terrein als fijnmazige mozaïeken voordoen of omdat ze te kleine oppervlakten innemen, werden complexen als legenda-eenheid toegevoegd.

Voor de detailkaarten op schaal 1:500 werd een afzonderlijke legende opgesteld. Deze is veel meer opgesplitst en gaat direkt uit van floristische samenstelling en structuur van de vegetatie. Vooral dit laatste kenmerk, samen met onderlinge verhoudingen van de aanwezige soorten heeft de legende bepaald.

Uit de kaarten blijkt dat de grondwaterafhankelijke ecosystemen niet willekeurig verspreid liggen. Hoofdverspreidingsgebied is het noorden, ten zuiden van de bosgordel. Via een smallere band gaat het naar de erosievlakte van Stappersven in het oosten (Keetheuvel in het reservaat) en verder langs een strook naar de erosievlakte van de Putse moer in het zuiden. In het centrum van het reservaat, omringd door duinen, vinden we een geïsoleerde plek. Deze is grotendeels ontstaan na afgraving van het duinencomplex van de Vossenbergen (1892-1900).

Algemeen komen de Dopheidevegetaties voor op de erosie- en deflatievlakten en de Struikheidevegetaties op de sedimentatieplaatsen. Voor de eerste geldt verder dat de bodem bestaat uit natte tot uiterst natte podzolen (Zeg-Zgg) en natte tot zeer natte gleybodems (Z/Sep-.fp).

De microvariatie in de vegetatie komt tot uiting in de detailkaarten. Vooral de hoogteligging en manier van watervoorziening (kwe!) bepalen het patroon (fig. 13).

### 2.3. Evolutie van de vegetaties van de Kalmthoutse Heide.

#### 2.3.1. Vergelijking met de vegetatiekaart, -analyse van 1956.

Voor de studie van de evolutie van het gebied werd uitgegaan van vroegere gegevens. Een literatuuroverzicht over de mogelijkheden van successie en fluctuatie in heidevegetaties, moest ons in staat stellen de waargenomen veranderingen te interpreteren. De vergelijking van de tabellen uit 1955-1956 (41 opnamen) (TRAETS, J. 1956 en 1978 (DE BLUST, G. 1978) (130 opnamen) naar hun floristische samenstelling, bracht een inzicht over mogelijke globale kwalitatieve veranderingen. Aangezien de ligging van de opnamepunten uit 1955-56 niet bekend was, was het niet mogelijk verder in detail te treden.

Uit deze vergelijking zijn geen algemene evolutielijnen of tendenzen aan te geven. Alle vegetatietypen, die in 1956 te vinden waren, zijn nu nog aanwezig. Wel zijn verschuivingen in soortensamenstelling opgetreden in enkele vennen waar de eutrofiëring verder is gegaan. Diversiteit is er duidelijk afgenomen. Als voor de andere typen een iets verschillende soortensamenstelling vastgesteld wordt, dan is deze te verklaren als gevolg van een fluctuatie (echter met voorbehoud, aangezien het geen waarnemingen betreft van dezelfde plaats). Dikwijls gaat het ook om zeer plaatselijke verschillen (het hoge aandeel van éénmaal optredende, meestal a-typische heidesoorten). Ten opzichte van 1956 is het aantal freatofyten niet wezenlijk afgenomen : 43% (1956) tegenover 41% (huidige toestand). Uit dit alles kunnen we geen of zeer weinig besluiten trekken aangaande een algemene

verandering in waterhuishouding van het gebied. Daarvoor zijn de gegevens te verscheiden.

### 2.3.2. Gedetailleerd successieonderzoek van de Kriekelaarsvennen.

Voor de Kriekelaarsvennen beschikten we over gedetailleerde opnamen met plaatsaanduiding (ZONNEVELD, I.S. & J.F. BANNINK, 1960). De vergelijking voor dit gebied is dan ook grondiger. Hiervoor voerden we classificaties en ordinaties uit van de gegevensreeksen van 1955 en 1979 afzonderlijk, en beide samen. Als classificatiemethode gebruikten we Orloci's Agglomeratieve classificatie (MINVAC) en de Agglomeratieve Informatie-Analyse van Williams et al. (INFA). Voor de ordinatie werd de Position Vectors ordination (PVOR) gebruikt. De analyses gebeurden met de PDP 11/45 computer van het U.I.A.-rekencentrum (programma: VAN HECKE, P. & L. BAMPS, 1976-1979).

Een patroonstudie van de Kriekelaarsvennen werd uitgevoerd door middel van differentie-coëfficiënt (Ds), die berekend werd tussen de naast elkaar liggende opnamen.

Deze vergelijking leverde inzichten op over mogelijke micro-successies. Zowel uit de classificaties als uit de ordinatie bleek dat er veranderingen opgetreden waren. Het gaat vooral om de begroeiingen van de venoevers en van het eigenlijke ven. De droge heide is, behalve waar boomopslag groot is en er een weerslag is op de kruidlaag, niet veranderd. Door de evolutie van de oever- en venvegetaties is het aantal aan watervegetaties afgenomen, ten koste van weinig gedifferentieerde Pijpestrootjesvegetaties. Deze zijn in hun huidige samenstelling a-typisch voor een ongestoord ven.

Uit de patroonstudie bleek een grofkorreliger worden van de vegetatiestructuur in het eigenlijke ven. Daarnaast is de grens tussen ven en heide scherper geworden. Waar in 1955 een eerder geleidelijke overgang tussen beide aanwezig was, is deze nu overgegaan in zone met scherpe grenzen (limes convergens).

Doordat vooral obligaat freatofyten verdwenen zijn, veronderstellen we dat een verdroging de vegetatie heeft beïnvloed. De haast totale afwezigheid van Veenmossen wijst op een verdroging, die andere dan zuivere klimatologische oorzaken heeft. In verschillende vennen van het reservaat komen immers Veenmossen permanent voor, niettegenstaande de fluctuaties in de waterstand gedurende de voorbije jaren.

### 2.3.3. Luchtfoto-analyse.

Algemene vergelijkingen van patroon en distributie, evenals van het aandeel van sommige soorten in de totale vegetatie van de Kalmthoutse Heide, gebeurde door middel van luchtfoto's, die in de afgelopen jaren genomen zijn.



Volgens deze analyse waren zeer weinig gebieden zodanig veranderd, dat wijzigingen in soortensamenstelling of patroon op de foto tot uiting kwam. Enkel de uitbreiding van soortenarme Pijpestrootjesvegetaties ten koste van droge heide is plaatselijk duidelijk. De oorzaken hiervoor kunnen verschillend zijn : overstuiving en brand in het zuiden van het reservaat en waarschijnlijk wijzigingen in de waterhuishouding in het westen en het zuiden. In de onmiddellijke omgeving van deze plekken bleek uit terreinonderzoek eveneens (een soms minder duidelijke) verandering in de Dopheide- en venvegetaties.

### 3. Besluit

Als algemene besluiten uit deze studie kunnen we formuleren :

1. Een algemene duidelijke evolutie van de verschillende vegetaties van de Kalmthoutse Heide is niet opgetreden.
2. Vergelijking met bestaande, oude bronnen toont aan dat kwalitatief er geen verandering is opgetreden, wanneer de totaliteit van de heidevegetaties beschouwd wordt.
3. Plaatselijk zijn wel veranderingen op te merken. Deze doen zich hoofdzakelijk voor langs de NW-W zijde en plaatselijk in het centrum en het Z van het reservaat.
4. Zowel vegetaties van natte en vochtige als van droge standplaatsen zijn veranderd. Gebieden waar freatofyte-vegetaties gewijzigd zijn worden aangeduid op fig. 15. Zeer waarschijnlijk is dit toe te schrijven aan een permanente daling van het grondwater. Voor de droge vegetaties die veranderen is dit een mogelijke oorzaak. Deze komen voor in het westen en het zuiden van het reservaat.
5. Een algemene uitdroging van vennen treedt niet op. Vennen met duidelijke uitdrogingsverschijnselen komen voor, naast vennen waar nooit uitdroging is voorgekomen.
6. Duidelijk veranderde vegetaties o.i.v. grondwaterstands daling komen minder voor dan ongewijzigde vegetaties. De invloed lijkt lokaal en beperkt te zijn.

Literatuur.

- DE BLUST, G. (1978). Vegetatiekartering van het Staatsnatuurreservaat 'De Kalmthoutse Heide'. Uitgegeven in opdracht van Min. Landbouw, Best. Waters en Bossen. U.I.A. 50p. + bijlagen.
- LONDO, E. (1975). Nederlandse lijst van hydro-, freato- en afreatofyten. Rapport R.I.N. 52p.
- TRAETS, J. (1956). De vegetatie van het Kalmthouts Reservaat. Calmpthoutania, 4 : 1-43.
- VAN HECKE, P. & L. BAMPS (1976-1979). NUMECOL : A series of programs for numerical classification and ordination of ecological data. U.I.A.
- ZONNEVELD, I.S. & J.F. BANNINK (1960). Studies van bodem en vegetatie op het Nederlandse deel van de Kalmthoutse Heide (Militair Oefenterrein Ossendrecht). Stichting voor Bodemkartering : object 1882 116p.

tebel 1

| Antal oopenen<br>Vegetatietype | DH               |                  | M              |                  | VNH              |                  |                  |                  |                 | R              |                |                |                | V                |    |     |  |
|--------------------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----|-----|--|
|                                | 18               | 13               | 16             | 10               | 5                | 8                | 16               | 7                | 4               | 8              | 3              | 3              | 2              | 5                | 10 |     |  |
| Polytrichum piliferum          | I <sup>1</sup>   |                  |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    | A   |  |
| Cornicularia aculeata          | III <sup>1</sup> |                  |                |                  | I <sup>1</sup>   |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    | A   |  |
| Carex arenaria                 | III <sup>1</sup> |                  | I <sup>1</sup> |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    | A   |  |
| Agrostis caerctata             | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    | A   |  |
| Cladonia bacillaria            | I <sup>1</sup>   |                  |                |                  |                  |                  | I <sup>1</sup>   |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| C. macilenta                   | I <sup>1</sup>   |                  |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| C. glauca                      | I <sup>1</sup>   |                  |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| C. squamosa                    | I <sup>1</sup>   |                  |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| C. gracilis                    | I <sup>1</sup>   |                  |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| C. crispata                    | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| C. fiberkeana                  | II <sup>1</sup>  | I <sup>1</sup>   |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| C. cocclifera v. pleurota      | II <sup>1</sup>  | I <sup>1</sup>   |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| C. chlorophaea v. pyxidata     | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                | I <sup>1</sup>   |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| Campylopus introflexus         | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                | I <sup>1</sup>   |                  |                  |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| Dicranum scoparium             | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                | I <sup>1</sup>   |                  | I <sup>1</sup>   |                  |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| Cladonia impexa                | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                | I <sup>1</sup>   |                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| Campylopus flexuosus           | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                |                  |                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| Pohlia nutans                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| Polytrichum commune            | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                |                  |                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                  |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| Campylopus fragilis            | III <sup>1</sup> | III <sup>1</sup> |                | II <sup>1</sup>  |                  | I <sup>1</sup>   | II <sup>1</sup>  | I <sup>1</sup>   |                 |                |                |                |                |                  |    | A   |  |
| Calluna vulgaris               | Y <sup>1</sup>   | Y <sup>3</sup>   |                | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | II <sup>1</sup>  | III <sup>1</sup> | III <sup>1</sup> |                 |                |                |                |                |                  |    | (f) |  |
| Erica tetralix                 | I <sup>1</sup>   | II <sup>1</sup>  |                | III <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup>   | Y <sup>3</sup>   | Y <sup>1</sup>   | Y <sup>1</sup>   | Y <sup>1</sup>  | Y <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup> | I <sup>1</sup> |                  |    | (f) |  |
| Molinia caerulea               | III <sup>1</sup> | III <sup>1</sup> |                | Y <sup>3</sup>   | Y <sup>1</sup>   | II <sup>1</sup>  | II <sup>1</sup>  | Y <sup>1</sup>   | Y <sup>1</sup>  | Y <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup> | III <sup>1</sup> |    |     |  |
| Gymnocollea inflata            | III <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup>   |                | I <sup>1</sup>   | III <sup>1</sup> | I <sup>1</sup>   | III <sup>1</sup> | I <sup>1</sup>   |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| Juncus squarrosus              | I <sup>1</sup>   | II <sup>1</sup>  |                | I <sup>1</sup>   |                  | I <sup>1</sup>   | Y <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                 |                |                |                |                |                  |    | f   |  |
| Salix repens                   |                  | I <sup>1</sup>   |                | I <sup>1</sup>   |                  |                  | Y <sup>1</sup>   |                  |                 |                |                |                |                |                  |    | F   |  |
| Scirpus caespitosus            |                  |                  |                | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | II <sup>1</sup>  | II <sup>1</sup>  | II <sup>1</sup>  |                 |                |                |                |                |                  |    | F   |  |
| Eriophorum angustifolium       |                  |                  |                | II <sup>1</sup>  | I <sup>1</sup>   | III <sup>1</sup> | III <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup>   | Y <sup>1</sup>  | Y <sup>1</sup> |                |                |                |                  |    | W   |  |
| Drosera intermedia             |                  |                  |                | I <sup>1</sup>   |                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>  | I <sup>1</sup> |                |                |                |                  |    | F   |  |
| Rhynchospora fusca             |                  |                  |                | III <sup>1</sup> |                  | I <sup>1</sup>   |                  | III <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup>  |                |                |                |                |                  |    | W   |  |
| R. alba                        |                  |                  |                |                  |                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>  | Y <sup>1</sup> |                |                |                |                  |    | W   |  |
| Drosera rotundifolia           |                  |                  |                | I <sup>1</sup>   |                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>  | I <sup>1</sup> |                |                |                |                  |    | F   |  |
| Carex panicea                  |                  |                  |                |                  |                  | I <sup>1</sup>   |                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>  |                |                |                |                |                  |    | f   |  |
| Sphagnum compactum             |                  |                  |                |                  |                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| S. tenellum                    |                  |                  |                |                  |                  | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   | I <sup>1</sup>   |                 |                |                |                |                |                  |    |     |  |
| Kartheicum ossifragum          |                  |                  |                |                  |                  | I <sup>1</sup>   | Y <sup>1</sup>   |                  |                 |                |                |                |                |                  |    | W   |  |
| Sphagnum recurvum              |                  |                  |                |                  |                  |                  |                  | II <sup>1</sup>  | II <sup>1</sup> | Y <sup>1</sup> |                |                |                |                  |    |     |  |

Cladpod-iella fluitans  
 Dicranella serviculata  
 Sphagnum papillosum  
 S. cuspidatum  
 Juncus bulbosus  
 Eleocharis multicaulis  
 Sphagnum crassicaudum  
 Drepanocladus fluitans  
 Juncus effusus  
 Hydrocotyle vulgaris  
 Glyceria fluitans  
 Agrostis canina  
 Eleocharis palustris

|  |                |                |                |                |                |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  |                |                | I <sup>1</sup> | I <sup>1</sup> | I <sup>1</sup> |
|  | I <sup>1</sup> | I <sup>1</sup> |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  | I <sup>1</sup> | I <sup>1</sup> |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |
|  |                |                |                |                |                |

W  
 W  
 W  
 W  
 W  
 W  
 W  
 W

## V. INTEGRATIE en VERGELIJKING VAN DE RESULTATEN.

### 1. Inleiding.

Wanneer men de kaart van de grondwaterafhankelijke vegetaties (fig. 15) vergelijkt met de kaart waarop de uitbreiding van de klei is aangegeven (fig. 14) stelt men vast dat er geen overeenkomst bestaat tussen die vegetaties en het ondiep voorkomen van klei. Men merkt ook dat de mate van daling van het grondwaterpeil geen duidelijk verband houdt met de aanwezigheid van ondiepe klei. Algemeen kan men aannemen dat de verdrogingsverschijnselen, die de vegetatie beïnvloed hebben, niet alleen terug te brengen zijn tot de aan- of afwezigheid van een kleilaag in de freatische zone. We zullen nu overgaan tot een bespreking van de gebieden waar uitdrogingsverschijnselen vastgesteld werden (fig. 15).

### 2. Het noorden van het ekologisch bestudeerd gebied.

De freatofiele natte heide (*Ericetum tetralices typicum*, inops variant) beslaat wel grote oppervlakten maar mist heel wat kensoorten, die op optimale watervoorziening voor deze gemeenschap zouden wijzen. Dopheide sterft plaatselijk af en het korstmos *Cladonia impexa* breidt zich uit.

Het gebied ligt vlak naast het weilandcomplex van de ontginning van de Steertse Heide. Ondiepe klei is aanwezig. Het verloop van het **isohypsenbeeld** wijst op een afwatering naar het westen en ook gedeeltelijk naar het noordoosten. Tijdens een afvloeiperiode daalt het grondwater er veel, vooral aan de randen van het gebied. De bodemkundige studie in het proefperceel 1 wijst geen grondig verstoorde waterhuishouding aan.

Het verloop van de grondwaterstanden (fig. 11) volgt de verdeling van de neerslag (mei-augustus). Een gelijkaardig verloop stelt men vast in proefperceel 2. Alles wijst erop dat dit perceel niet onderhevig is aan storingen in de hydrologische toestand. De vegetatie is er merkwaardig stabiel. We menen dat in dit gebied van het reservaat de grondige drainage van de weilanden ten westen van de Steertse Heide, invloed heeft op de natte heide. De stroming in de freatische laag, verloopt hoofdzakelijk naar de depressie van het Groote Meer te Ossendrecht in Nederland. Hiervan is het niet uitgesloten, zoals trouwens door verschillende Nederlandse onderzoekers wordt verondersteld, dat ze beïnvloed wordt door de grondwaterwinning te Ossendrecht. Bijgevolg wordt hierdoor de oppervlakkige afvoer op Belgisch grondgebied in de hand gewerkt.

De uitdrogingsverschijnselen in het vennencomplex in het westen, ten zuiden van het hier besproken gebied gelegen, zijn op dezelfde wijze te verklaren : laterale afvoer in de freatische laag, in de hand gewerkt door grondwaterwinning.

### 3. Het centrum van het ekologisch bestudeerd gebied.

Uitgesproken uitdrogingsverschijnselen komen hier voor in het westelijk deel van de depressie tussen Wilgen- en Kambusduinen en in enkele vennen. Uit de banden met hoog ontwikkelde Pijpestrootjesbulten blijkt dat het hier gaat om goed ontwikkelde vennen. Toch is er geen water- of oevervegetatie. In de natte heide sterft Dopheide plaatselijk af; de begroeiing zelf wordt vanaf de Kambusduinen licht overstoven, wat de interpretatie wel ingewikkelder maakt.

Men treft er weinig of geen ondiepe klei aan. Podzolen komen niet voor. Micro-podzolisatie treedt wel op. De afwatering is minder sterk dan in het noorden. Het verloop van de grondwaterstanden vertoont een ander beeld, dan die in het noorden. Uit fig. 11 blijkt dat na hevige neerslag in een overigens droge periode (eind mei, eind augustus), de grondwatertafel hierop niet duidelijk reageert (3a, 3b en 4a op de fig.).

Dit kan verklaard worden door de afwezigheid van klei. Aangezien oppervlakkig geen afwatering plaatsheeft, verdwijnt het water door verticale insijpeling. De vennen in de depressie bevatten volgens luchtfoto-analyses de laatste 20 jaar zelden of nooit water. Dit is niet het geval voor het 'hangend ven' in de Kambusduinen, gelegen in perceel 4. Het ven ligt in een uitgestoven kuil, een drietal meters hoger dan de omgeving. Het rust op een ijzerpodzol; het wordt gevoed door neerslag en een beetje laterale aanvoer.

We moeten dan ook besluiten dat door de afwezigheid van ondiepe klei en van een moeilijk doordringbare ijzerpodzol, de freatofytenvegetaties in deze centrale depressie niet beschermd zijn tegen een versterkte verticale insijpeling.

Uitdrogingsverschijnselen nabij het Van Ganzenven en westelijk hiervan zijn waarschijnlijk aan dezelfde oorzaken toe te schrijven.

## VI. Slotbeschouwingen.

In de "Hydrogeologische bodemkundige en ecologische studie van de Kalmthoutse Heide" werd in de eerste plaats op gedetailleerde wijze de hydrogeologische en bodemkundige gesteldheid van het geklasseerd gebied "De Kalmthoutse Heide" bepaald, evenals de evolutie van de vegetatie.

In verband met niet-natuurlijke invloeden als oorzaak voor stijghoogteschommelingen konden oppervlakkige afvloeï en grondwaterwinning aangetoond worden. De weerslag van die niet-natuurlijke invloeden op de vegetatie zijn, op het huidige ogenblik, eerder beperkt door het feit dat een deel van het studiegebied uit niet-grondwaterafhankelijke ecosystemen bestaat, terwijl een deel van de grondwaterafhankelijke ecosystemen door een ondiepe kleilaag beschermd wordt. De klei in de Formatie van de Kempen speelt inderdaad een zeer grote rol in de waterhuishouding. Vooral in het zuiden, waar ze goed vertegenwoordigd is, vertraagt ze het doorsijpelen naar diepere lagen. In enkel gebieden, waar de invloed op de vegetatie merkbaar is, kan soms een rechtstreeks verband met de waterwinning worden gelegd (vb. Ossendrecht); in andere gevallen is de mate van beïnvloeding moeilijker te bepalen (vb. Essen).

De opeenvolging van droge en natte jaren uiten zich duidelijk in het stijghoogteverloop van de watervoerende lagen.

Daar de oppervlakkige afvloeï een belangrijke rol speelt, vooral door het uitgebreid grachtenstelsel aan de rand van het reservaat, is in dit opzicht een betere beheersing van de afwatering aan te rade. Niettegenstaande de controle reeds zeer degelijk gebeurt.

Het is raadzaam indien een uitbreiding van grondwaterwinningen overwogen wordt, hetzij op Nederlands, hetzij op Belgisch grondgebied, een omvangrijker onderzoek te verrichten om een volledige grondwaterbalans op te stellen.

Met de gegevens die in het bestek van deze studie verzameld werden en de uitbreiding van het piëzometrisch net, is het evenwel mogelijk in de toekomst een mathematisch model van het gebied op te stellen voor iedere mogelijke toestand. Hierbij zouden dan ook de debieten van de oppervlakkige afwatering moeten gemeten worden en zou de hydrogeologische en bodemkundige gesteldheid van de weilanden in het noorden van het gebied even gedetailleerd bepaald moeten worden. Een verder uitgebreide studie van de vegetatie zou hiermee parallel lopen. De gegevens van de landbouwkundige deelstudie zijn in dit verband van ontegensprekelijk nut.

Het is dan ook ten zeerste gewenst de metingen op een aantal punten verder te verrichten. Dat men ook de evolutie van de vegetatie zou blijven volgen, is uiteraard van even groot belang.

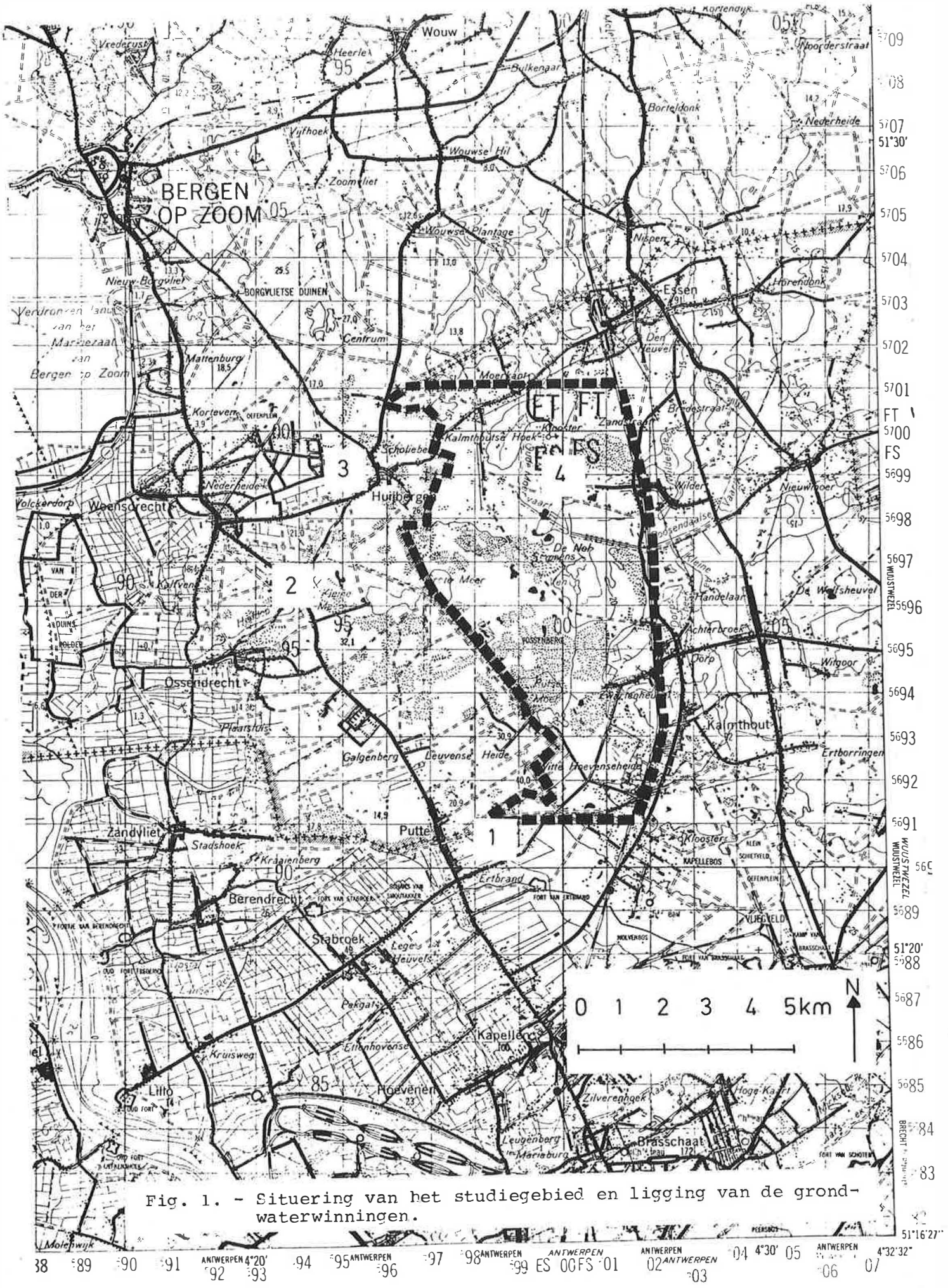


Fig. 1. - Situering van het studiegebied en ligging van de grondwaterwinningen.



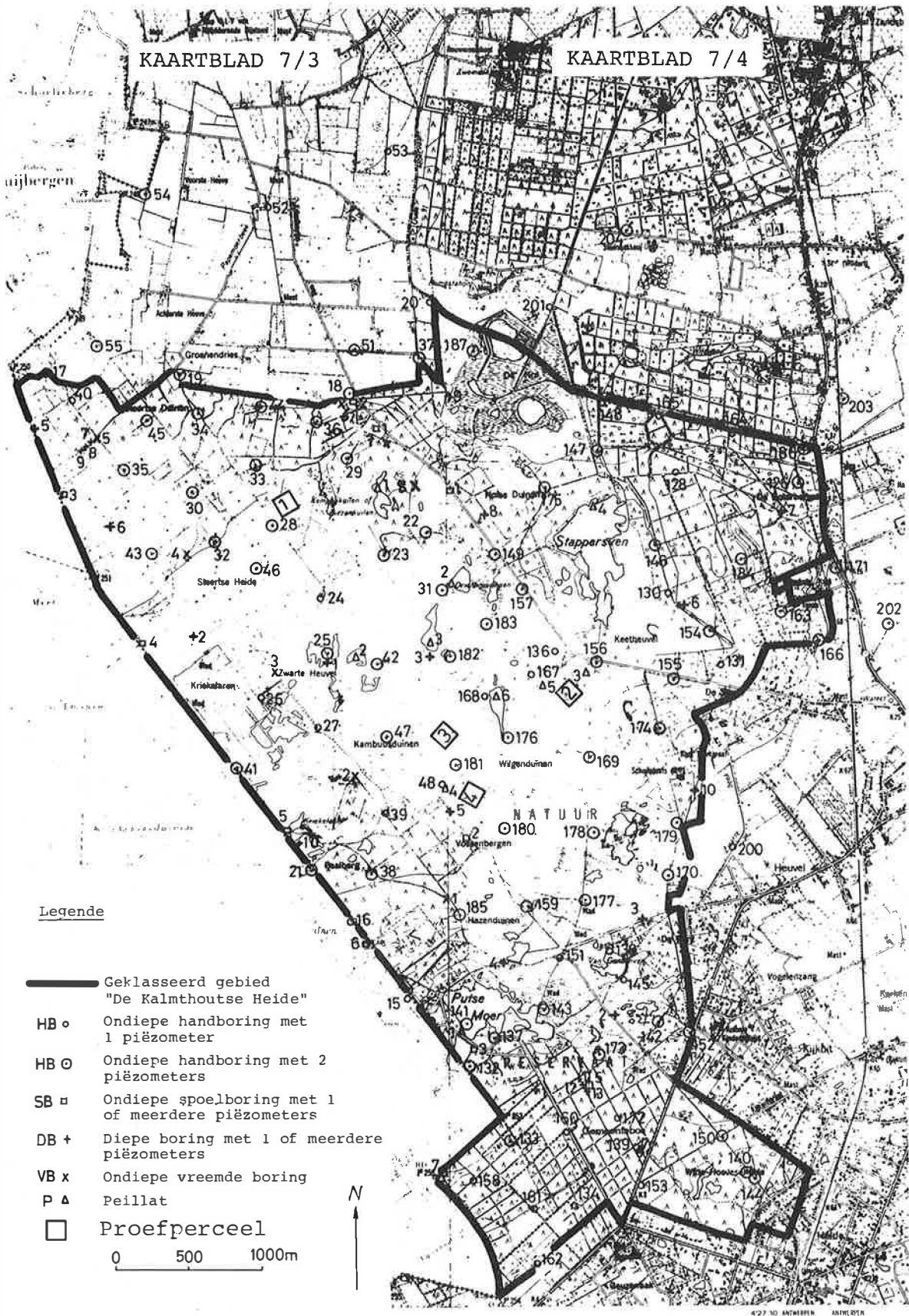
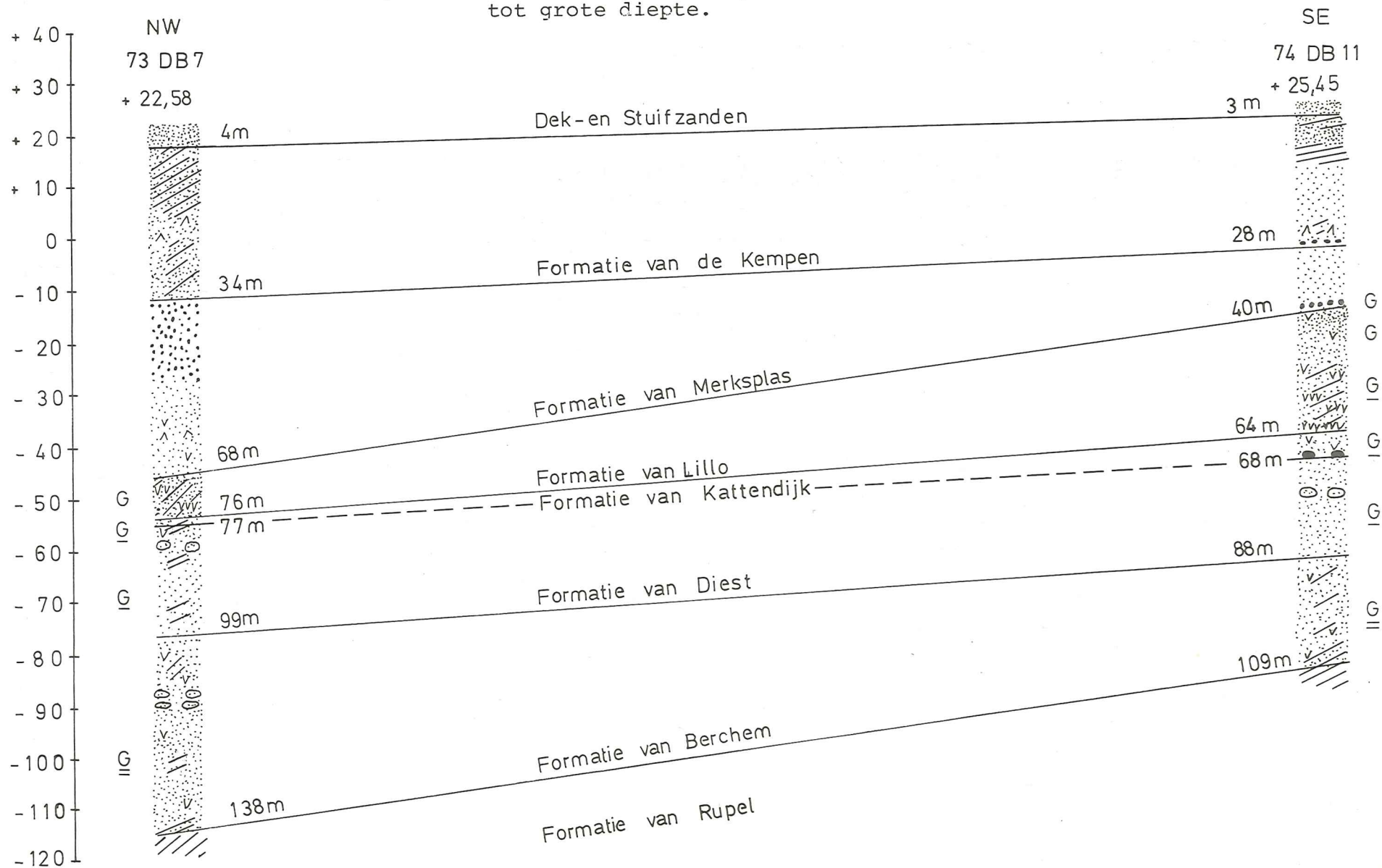


Fig. 2 - Ligging van de boringen, piëzometers en peillatten in het studiegebied + percelen van het bodemkundig onderzoek en van de vegetatieve detailkaarten

Peil TAW

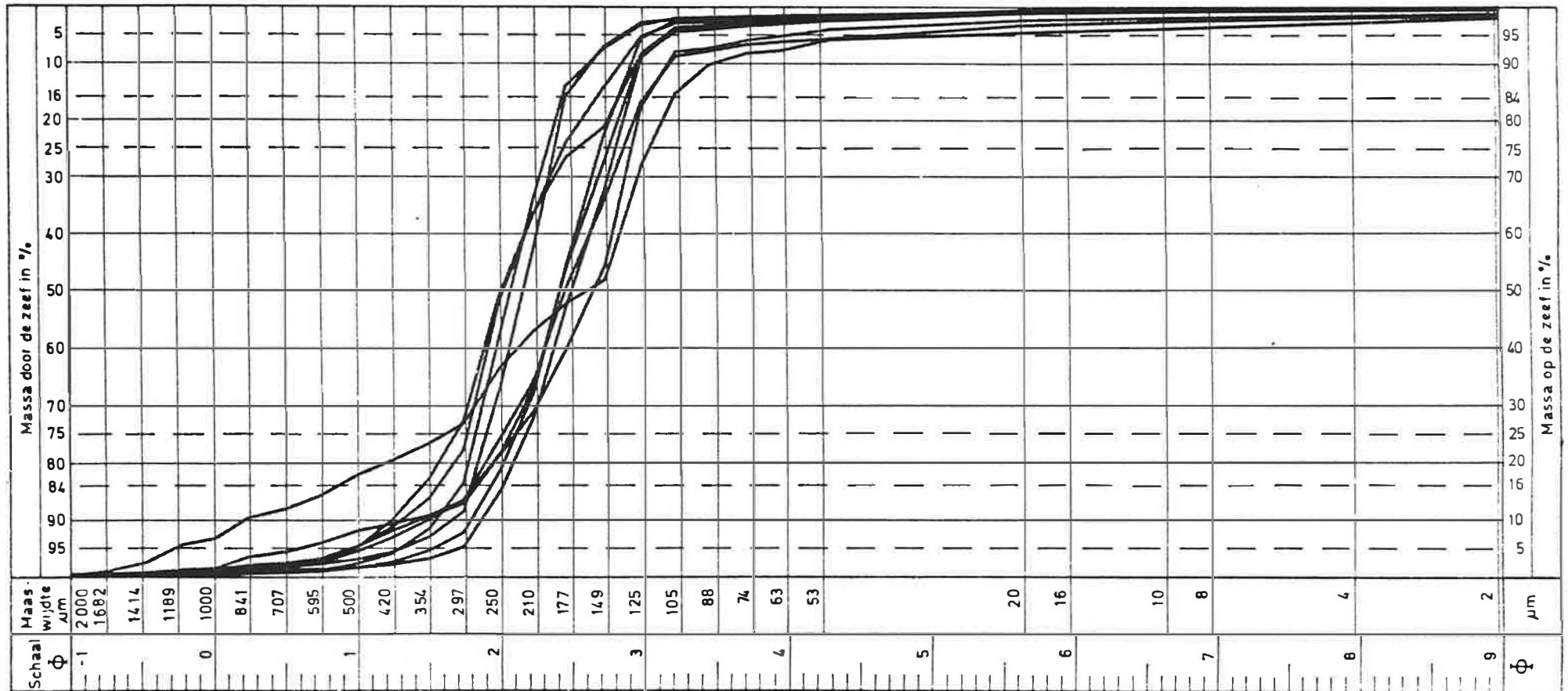
Fig. 3. - Litostratigrafisch profiel doorheen de boringen tot grote diepte.



# KORRELVERDELING

RIJKSUNIVERSITEIT GENT  
GEOLOGISCH INSTITUUT

Fig. 4. - Kumulatieve kurven van de monsters van de Formatie van Berchem



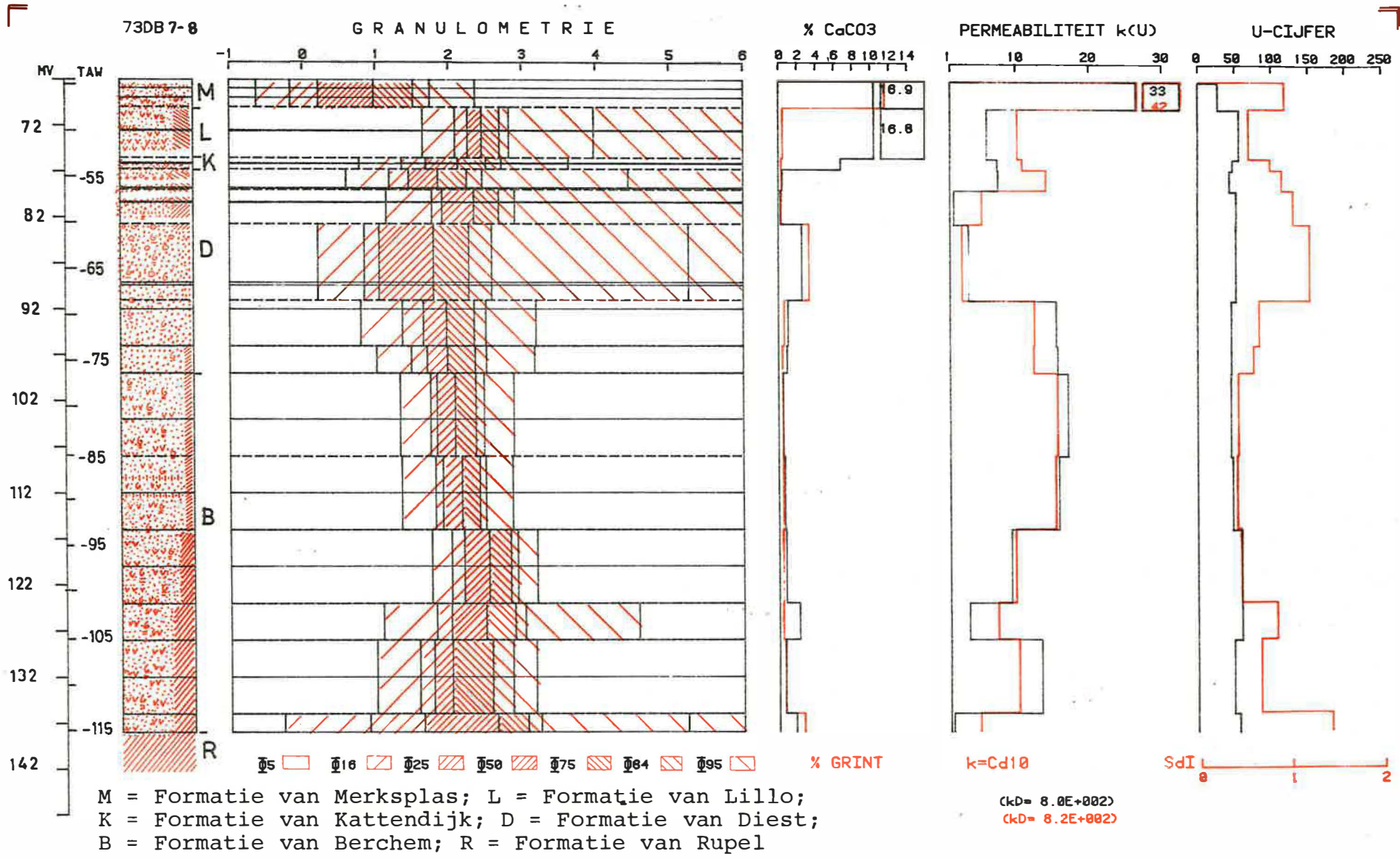
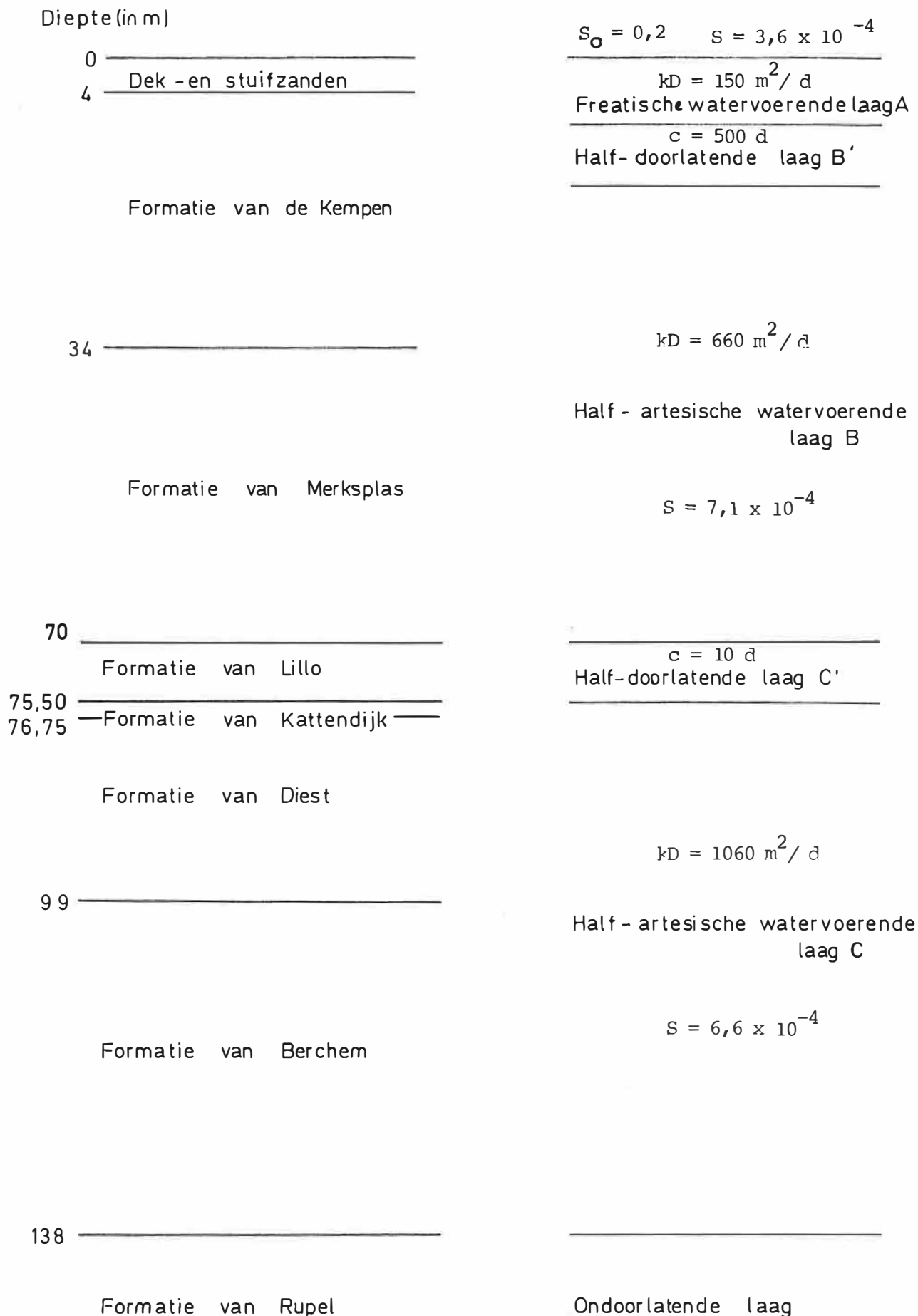


Fig. 5. - Hydrogeologisch profiel van de boring 73DB7-8 (2e deel)

Fig. 6 - Hydrogeologische bouw van het grondwaterreservoir in boring 73DB7-8 + hydraulische parameters van de verschillende lagen



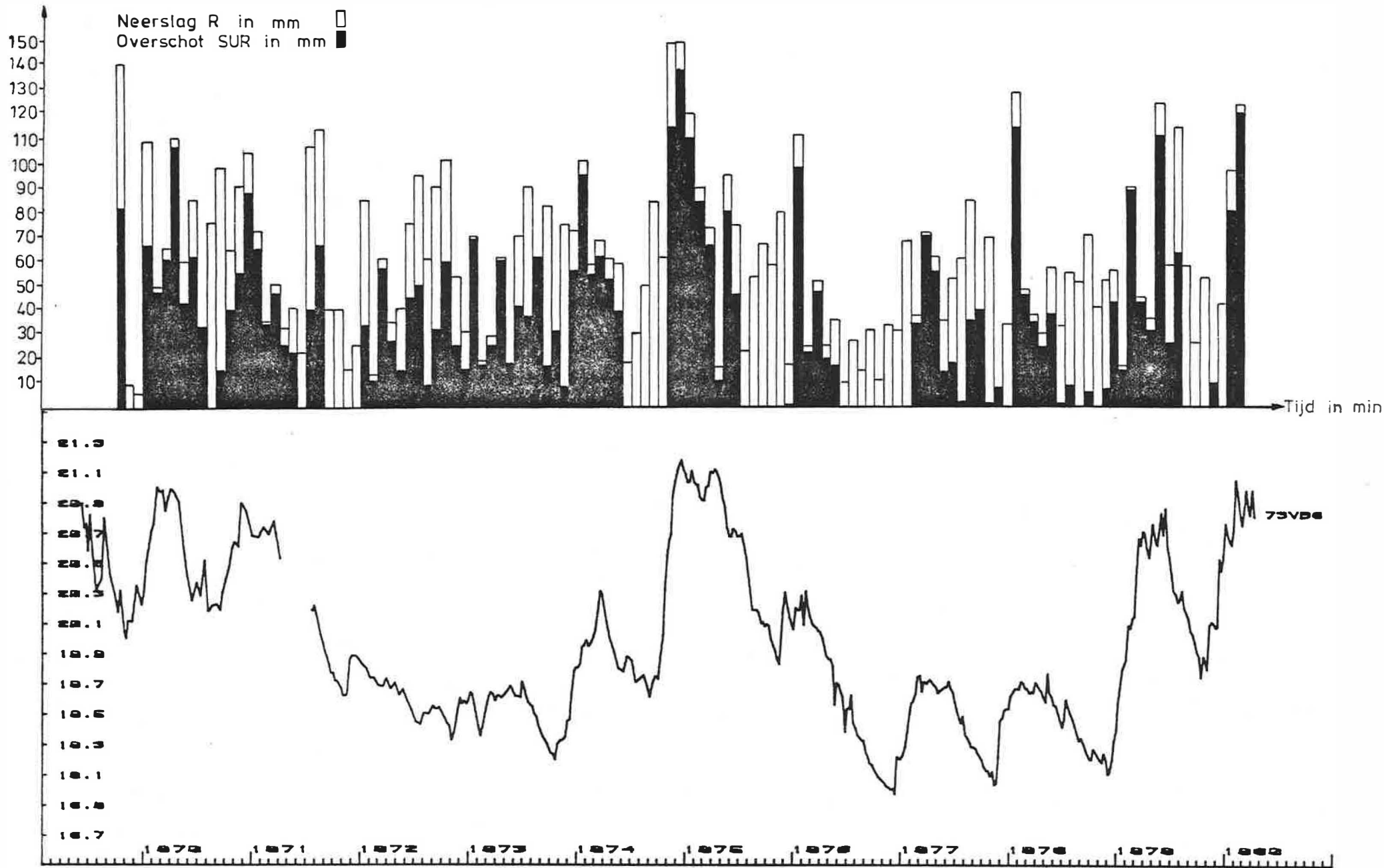


Fig. 7 - Seizoenschommelingen in piëzometer 73VB8 + waterbalans van de bodem

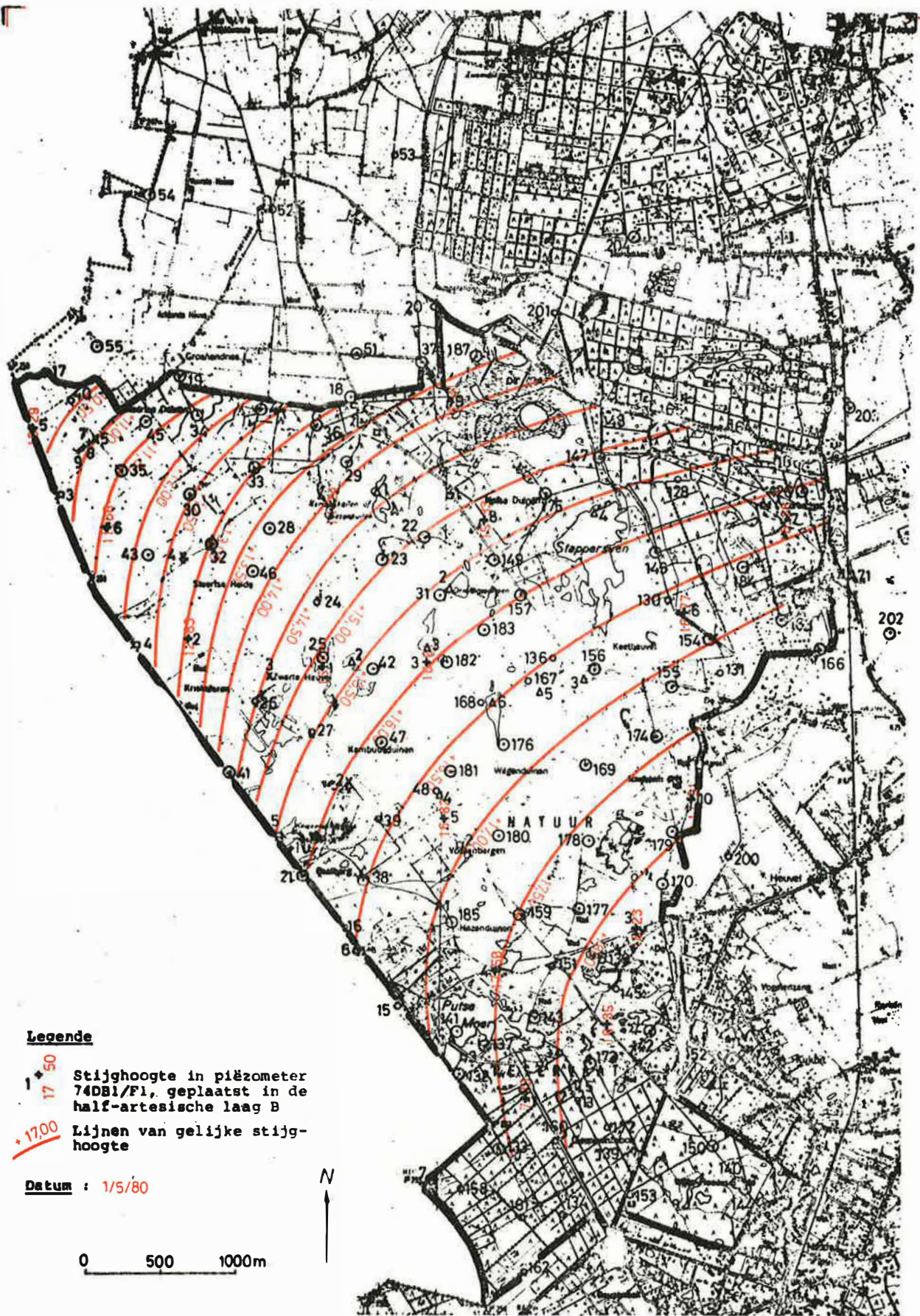
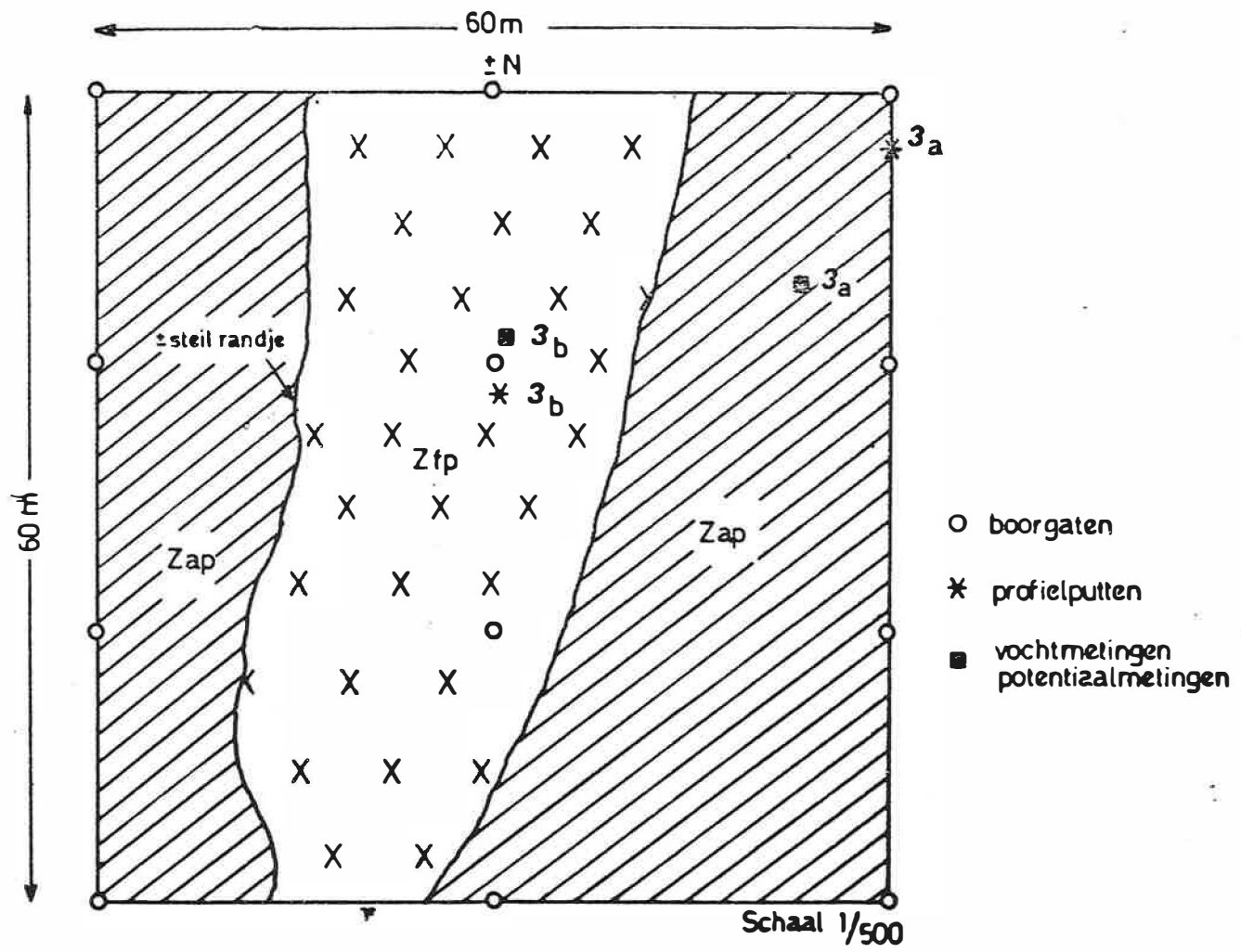


Fig. 8 - Hydro-isohypsen van de half-artesische laag B op 01.05.80



**PROEFPERCEEL E<sub>3</sub>**

**FIG 9** Detailkartering perceel E<sub>3</sub> - Kambusduinen-N

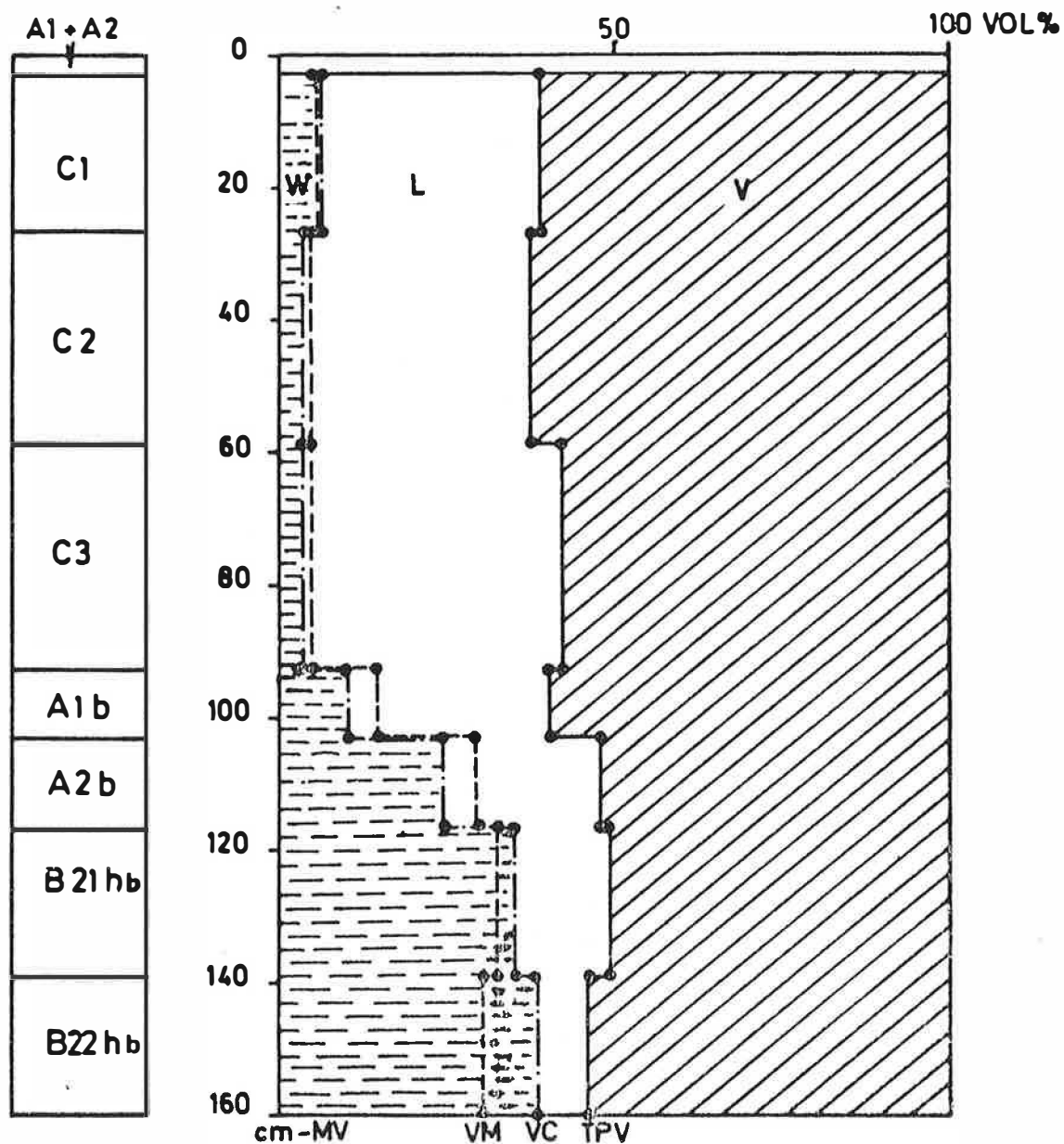


| Profiel nr IIIa  |                                | Type Zand                | (oud symbool)        | Grote bodemeroep: grond zonder profielontwikkeling (Regosol)   |                     |              |   |           |
|--|--------------------------------|--------------------------|----------------------|--|---------------------|--------------|---|-----------|
| Profileerder: Hartmann - Verplancke Coördinaten (W. E.)<br>Datum: 24/9/79 (p.m.)<br>Gemeente: Kalmthoutse heide<br>Weder: bewolkt, fris<br>laatste 14 dagen min of meer droog<br>Reliëf: vlak maar in gebied met steile hellingen<br>Vegetatie: struikheide (Celluno-Genistetum), (Molinia), pinus |                                |                          |                      | Waterhuishouding: afvloeit middelmatig<br>doorlatend: snel<br>inwendige ontwatering: snel<br>ontwatering: goed<br>grondwaterstand: -<br>Aard van het materiaal: overstoven podzol profiel<br>holocene stuifzand<br>Beworteling en gangen: oppervlakkige beworteling<br>Rotsen: / Stenen: / |                     |              |   |           |
| Diepte   | Hor.                           | Kleur                    | Textuur              | Structuur  | Vochtigheid         | Consistentie | Bijzonderheden en opmerkingen   | Overgang  |
| 2 - 0  | A <sub>0</sub>                 | -                        | halfverteerde strooi | sellaa   | van heide vegetatie |              |   |           |
| 0 - 3  | A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> | 10 YR 6/2 -<br>10 YR 4/1 | zand                 | structuurloos<br>loskorrelig   | vochtig             | los          | Ca <sub>0</sub> , humeuze laag, veel afgeloogde korrels<br>micro-podzolizatie | duidelijk |
| 3 - 27   | C <sub>1</sub>                 | 10 YR 5/3                | zand                 | structuurloos<br>loskorrelig   | vochtig             | los          | Ca <sub>0</sub> , vaal grijs, wat humeus, wat roestvlekjes                    | duidelijk |
| 27 - 59  | C <sub>2</sub>                 | 10 YR 6/6                | zand                 | structuurloos<br>loskorrelig   | vochtig             | los          | Ca <sub>0</sub> , geelbruin   | duidelijk |
| 59 - 93  | C <sub>3</sub>                 | 10 YR 7/2                | zand                 | structuurloos<br>loskorrelig   | vochtig             | los          | Ca <sub>0</sub> , bleek grijs, duidelijk roestvlekken                         | duidelijk |
| 93 - 103   | A <sub>1</sub> b               | 10 YR 6/2                | zand                 | structuurloos<br>loskorrelig   | vochtig             | los          | Ca <sub>0</sub> , humeuze bandjes, oude begroeiingshorizont                   | duidelijk |
| 103 - 117  | A <sub>2</sub> b               | 10 YR 3/2                | zand                 | structuurloos<br>massief   | vochtig             | los          | Ca <sub>0</sub> , afgeloogde korrels, humeus                                  | duidelijk |
| 117 - 139  | B <sub>21</sub> hb             | 10 YR 2/2                | zand                 | structuurloos<br>massief   | vochtig             | brokkelig    | Ca <sub>0</sub> , zwart humeus veel afgeloogde korrels                        | duidelijk |
| 139 - 163  | B <sub>22</sub> hb             | 10 YR 2/1                | zand                 | structuurloos<br>massief   | vochtig             | stijf        | Ca <sub>0</sub> , zwart humeus, enkele afgeloogde korrels                     | duidelijk |

Landbouwkundige inlichtingen:

fig10 Beschrijving Profiel 3a (Kamtuusduinen N)

FIG 11 VERHOUDING WATER (W) - LUCHT (L) - VASTE DELEN (V).



PROFIEL 3 a

{ T.P.V. = totaal poriënvolume  
 { V.C. = veldcapaciteit (pF<sub>2</sub> of 100 cm H<sub>2</sub>O)  
 { V.M. = vochtgehalte bij monstername

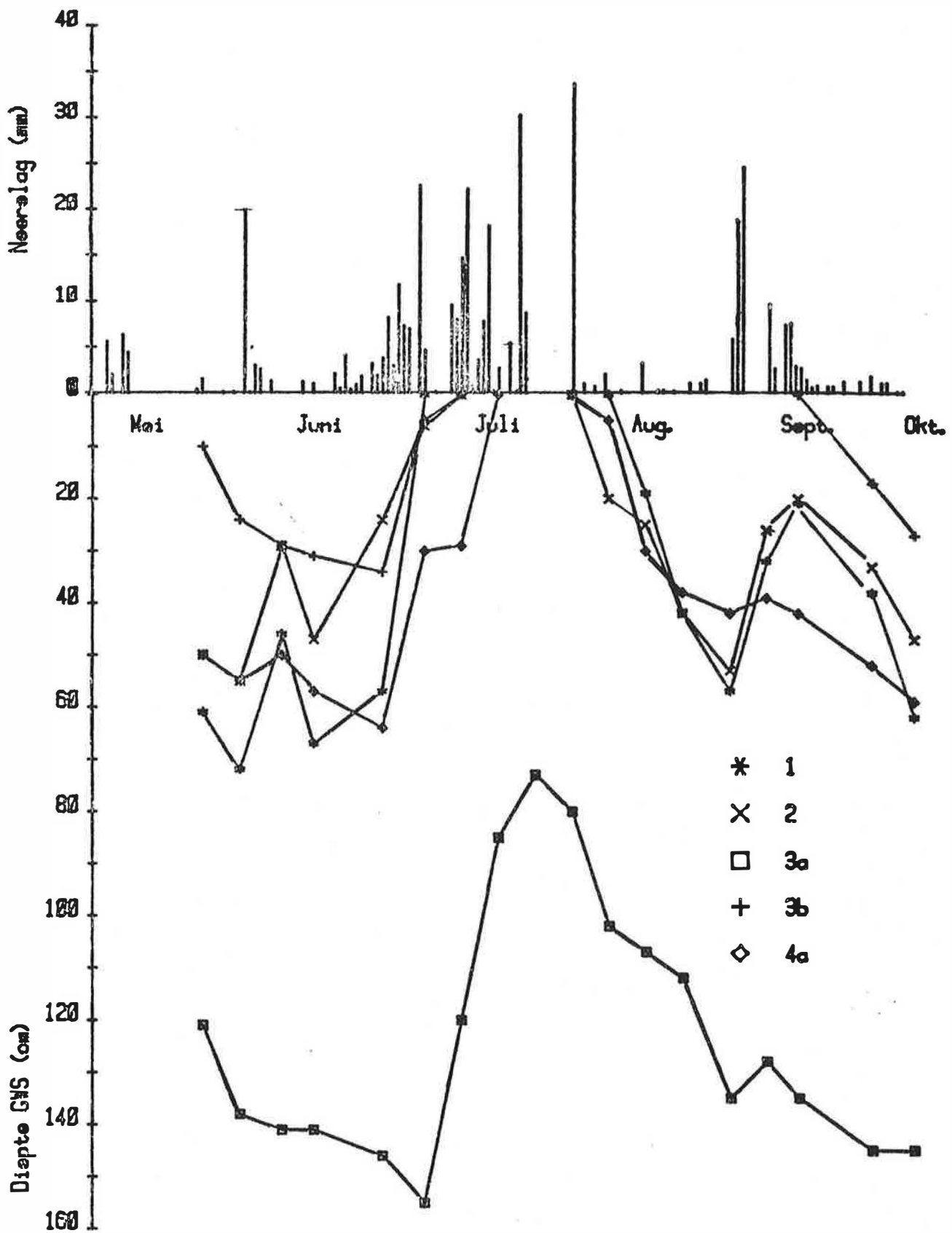
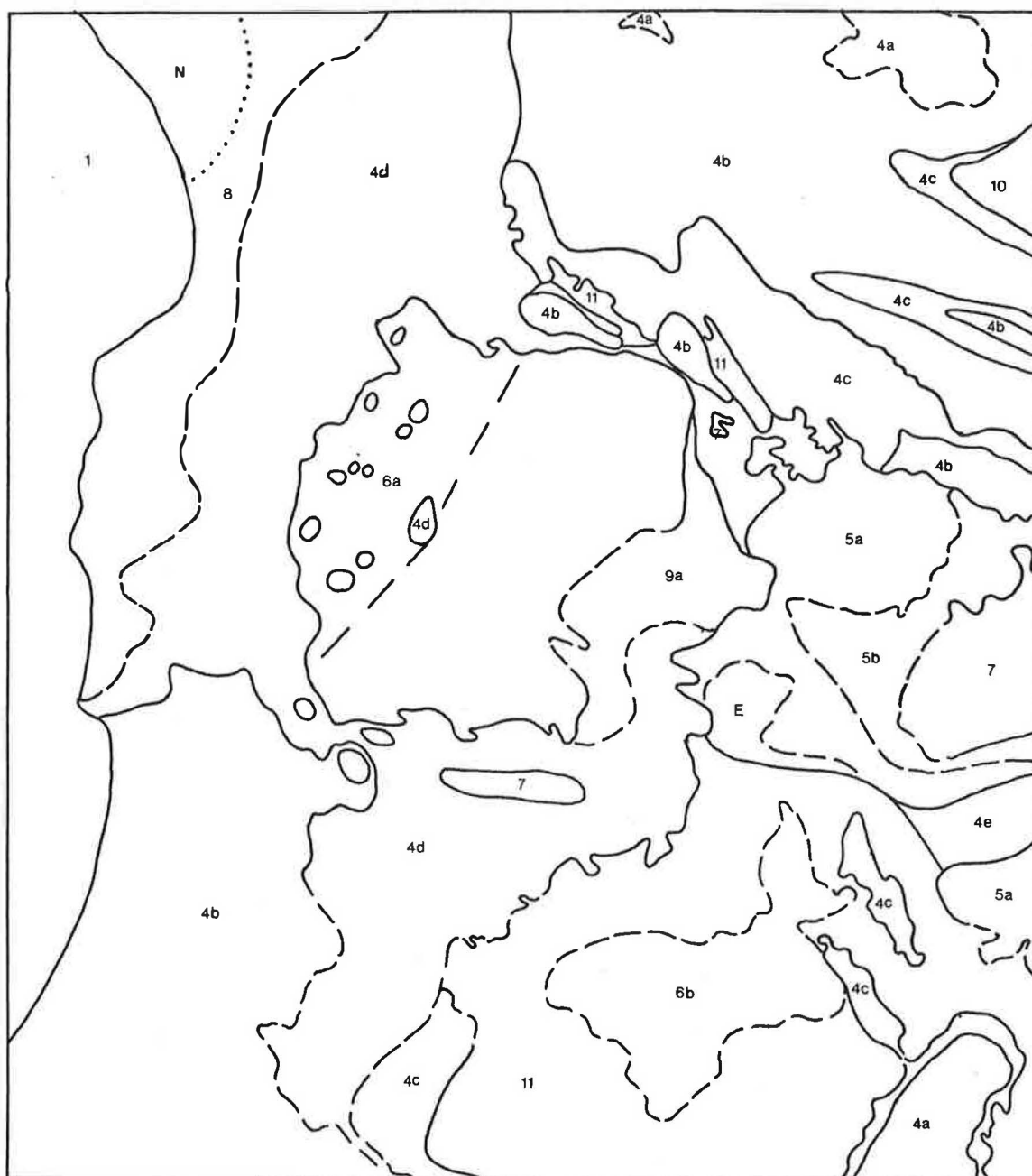


FIG 12 Grondwaterstandsschommelingen in de proefpercelen.

Legende bij figuur 13.

1. Duin met pioniersbegroeiing.
- 4a. Dopheide- Struikheidevegetatie.
- 4b. Dopheide-Pijpestrootjesvegetatie.
- 4c. Dopheide-Veenmosvegetatie.
- 4d. Dopheide-Beenbreekvegetatie.
- 4e. Pijpestrootje-Dopheidevegetatie.
- 5a. Buitenste venrand met Pijpestrootje en Veenpluis.
- 5b. Binnenste venrand met Pijpestrootje en Veelstengelige waterbies.
- 6a. Veenpluis-Sphagnum recurvum-vegetatie.
- 6b. Veenpluis-Witte snavelbiesvegetatie.
7. Vencentrum met Knolrus en Veenmossen.
8. Beenbreek-Pijpestrootjesvegetatie. N:Beenbreek monospecifiek.
- 9a. Pijpestrootjesvegetatie, natte variant.
10. Uitdrogend ven met Pijpestrootje.
11. Snavelbiesbegroeiingen.

fig. 13 Detailkartering (1:500) perceel 2; Wilgenduinen-oost.



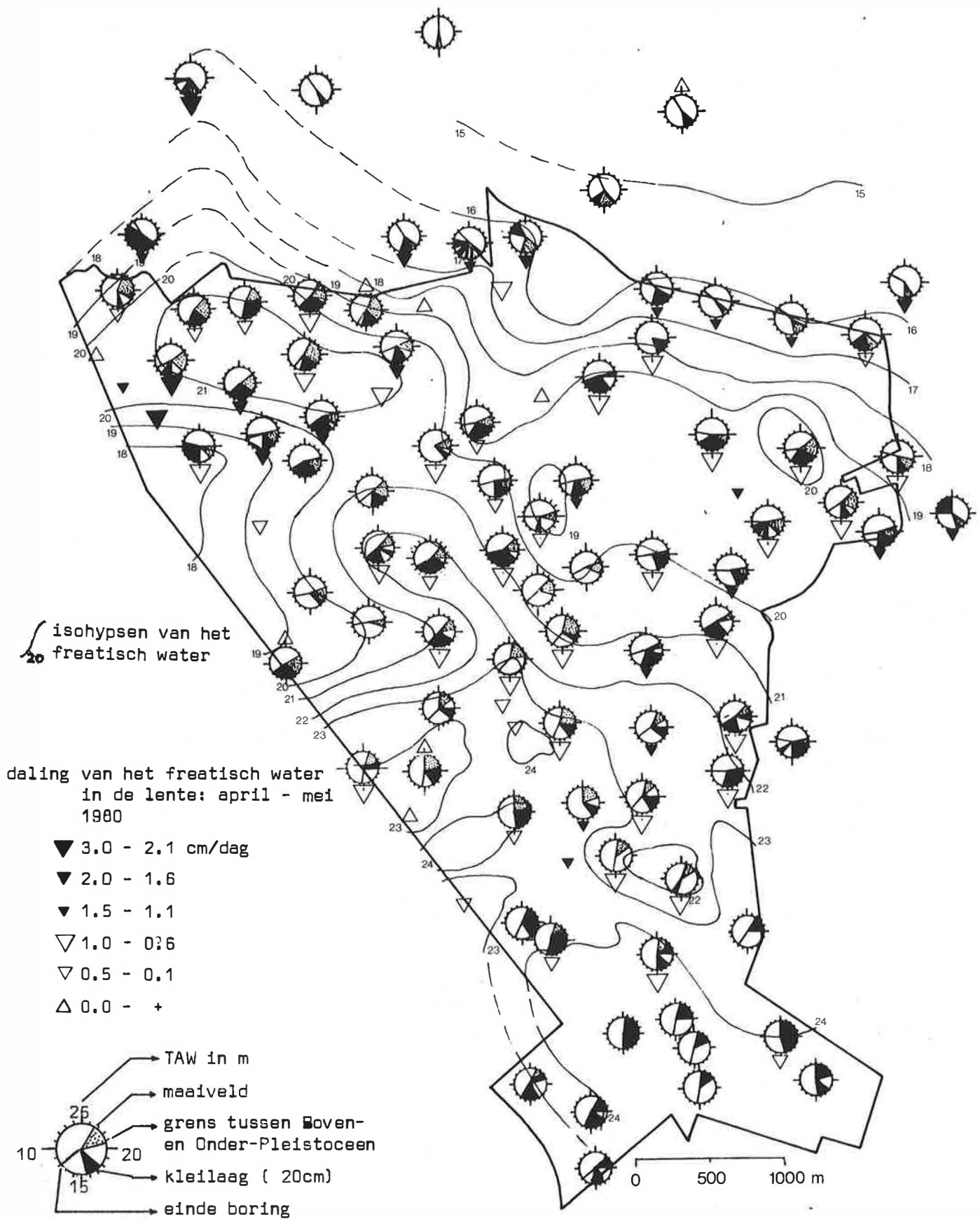


fig. 14 Samenvatting hydrogeologie.

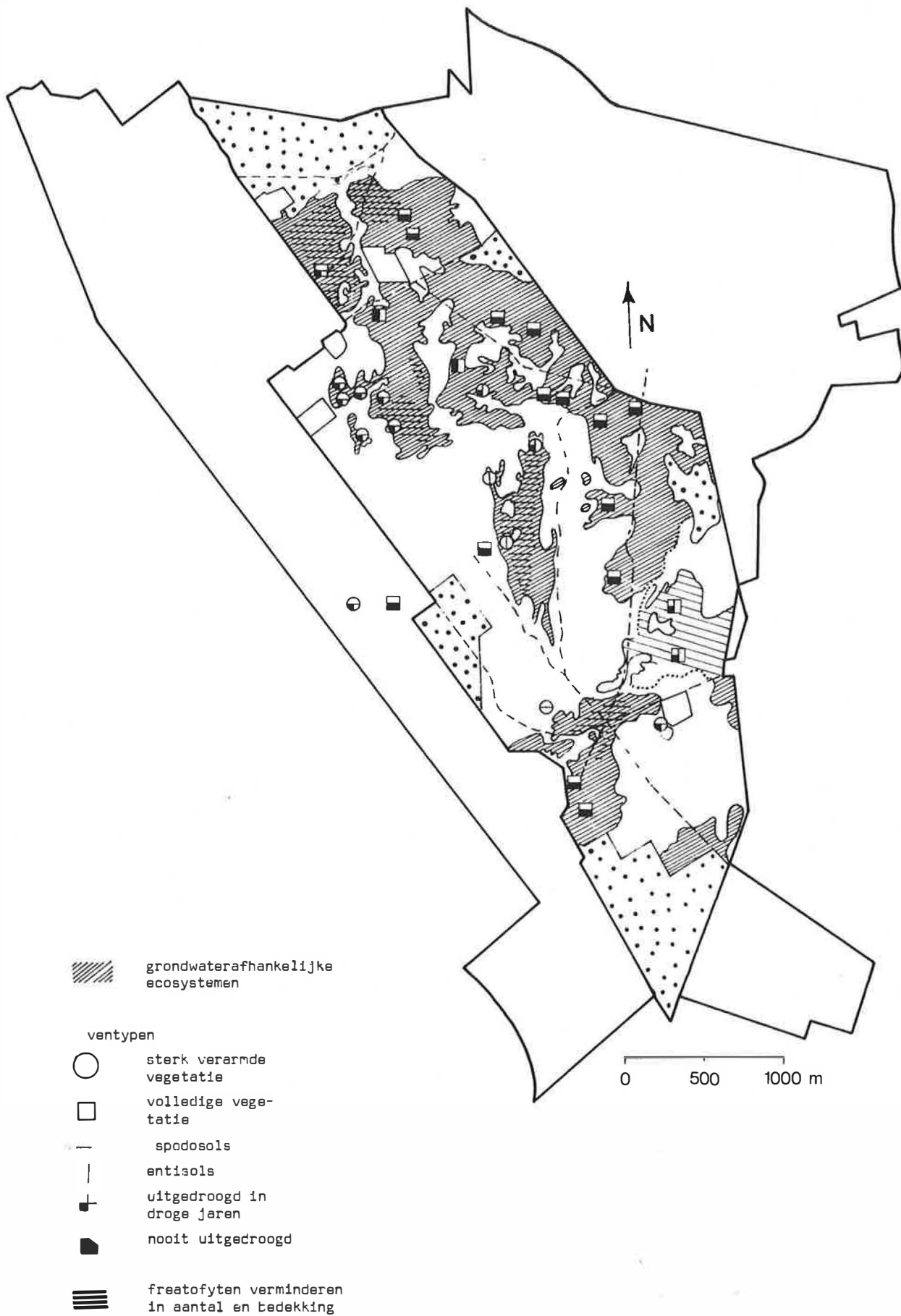


fig. 15 Samenvatting ecologie.