

GEOHYDROLOGISCHE INTERPRETATIE VAN HET
GRONDWATERVLAK IN MIDDEN NOORD-BRABANT

J. Bon

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemid-
delen, 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 onder-
zoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking.



BN 178550-02

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. ALGEMEEN	2
3. GEOLOGISCH OVERZICHT	4
3.1. Geologische afzettingen	5
4. AFVOERONDERZOEK MIDDEN NOORD-BRABANT	8
5. GRONDWATER ISOHYPSENKAART	11
5.1. Algemeen	11
5.2. Werkwijze vervaardiging isohypsenkaart	11
5.3. Richting en dichtheid van de isohypsen	12
5.4. Samenhang met tectonische storingen	12
5.5. Vereenvoudiging isohypsenkaart	12
5.6. Het richtingverloop van de isohypsen	13
6. HELLINGEN VAN HET GRONDWATERVLAK	15
7. VERBAND TUSSEN DE GEOLOGISCHE OPBOUW EN HET ISOHYPSENPATROON ENERZIJD EN DE STROOM- RICHTING VAN DE WATERLOPEN ANDERZIJD	18
8. DE INVLOED VAN WINDAFZETTINGEN OP DE STROOMRICHTING VAN BEKEN	23
SAMENVATTING	26
LITERATUUR	28
LIJST VAN FIGUREN	30

ERRATA

Bij het onderschrift van fig. 9 behoort de kaart van fig. 10 en
bij het onderschrift van fig. 10 behoort de kaart van fig. 9 (zie
pag. 30).

1. INLEIDING

In het kader van het geohydrologisch onderzoek van de Coördinatiegroep Midden Noord-Brabant werd een onderzoek uitgevoerd naar de samenhang tussen de stroming van grond en oppervlaktewater enerzijds en de opbouw van de ondergrond anderzijds. In genoemde coördinatiegroep werken verschillende diensten samen, namelijk:

- het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (RID)
- Rijkswaterstaat
- Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant
- Dienst Grondwaterverkenning-TNO (DVG-TNO)
- Het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW)
- Drinkwatermaatschappijen van Noordwest Brabant, Breda, Tilburg en Waalwijk
- Waterschappen West-Brabant en de Dommel

De bijdrage van het ICW aan het werk van de coördinatiegroep bestond uit het samenstellen van een hoogtekaart van het freatisch vlak of wel isohypsenkaart en het uitvoeren van afvoermetingen. Op basis hiervan werd een onderzoek verricht naar het stromingspatroon van het oppervlaktewater en werd getracht een verklaring te vinden van de waargenomen afvoeren van de beken.

Het onderzochte gebied omvat de topografische kaartbladen 44, 45 (alleen het gebied ten zuiden van de rivier- en zeelei-afzettingen), 50, 51, 56 en 57. De nummering van deze kaartbladen staat op de figuren van de kaarten aangegeven.

De gebruikte grondwaterstandsgegevens werden ontleend aan het onderzoek van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (COLN), dat gedurende de jaren 1951 tot 1955 werd uitgevoerd. Het waarnemingsnet van de peilbuizen had een dichtheid van ongeveer 1 buis per vierkante kilometer. De waarnemingen werden uitsluitend uitgevoerd op de cultuurgronden, dus niet in steden, bos-

sen en woeste gronden. Doordat in de zomer op de hogere gronden bij vele buizen de grondwaterstand beneden de onderkant van de buis daalde, ontbraken te veel gegevens voor de vervaardiging van een kaart voor de zomertoestand en moest voor dit onderzoek worden volstaan met een kaart van de gemiddelde winterstand over bovengenoemde periode.

Voor het beschikbaar stellen van rapporten en voor de belangstelling, adviezen en redactionele aanwijzingen, is veel dank verschuldigd aan dr. H.M. van Montfrans (RGD), dr. D.J.G. Nota (afd. Geologie LH), prof. dr. G.C. Maarleveld (G.U. Amsterdam, Stiboka), dr. M.F. van Oosten (Stiboka), drs. A.D. Pomper (ICW), dr. N.A. de Ridder (ILRI) en dr. E.G. Lekahena (DGV-TNO).

2. ALGEMEEN

In de hogere zandgronden van Nederland, waar het onderzochte gebied toe gerekend moet worden, wordt de vorm van het freatisch vlak voornamelijk beïnvloed door de natuurlijke grondwaterstroming. Dit is vooral het geval bij de beschouwing van de te beschrijven isohypsenkaart, die is gebaseerd op gegevens uit de tijd dat uitgebreide cultuurtechnische werken – ruilverkavelingen, drainage, beekverbeteringen e.d. – nog schaars hadden plaatsgevonden.

Het patroon van de isohypsen geeft aanleiding tot vele vragen en veronderstellingen betreffende de oorzaken die hebben geleid tot dit zeer wisselende patroon van plaatselijke verdichtingen en sterke richtingsveranderingen van de isohypsenlijnen.

De algemene helling van het grondwatervlak in het onderhavige gebied is over grote afstanden ongeveer gelijk aan die van de gemiddelde terreinhelling met een verhang van gemiddeld $\frac{1}{2}$ à 1 : 1000 in doorlatende zandige gronden. In meer fijnzandige en lemige gronden die soms van nature een sterkere helling hebben, kan het grondwaterverhang toenemen tot 2 à 3 : 1000. Wanneer echter plaatselijk deze grote of nog sterkere verhangen optreden, kunnen deze worden verklaard uit verschillen in de opbouw van de ondergrond. Het is vooral dit laatste wat in deze publicatie aandacht zal krijgen (fig. 1).

- a. Een klei of leemlaag kan in de stroomrichting van het grondwater plotseling eindigen en overgaan in een dik pakket van goed doorlatend materiaal. Het doorlatend vermogen (kD-waarde) neemt daarvoor over korte afstand toe. De oorzaak van het plotseling ophouden van een dergelijke storende laag kan zijn, dat er sprake is van de grens van het afzettingsgebied van de betreffende laag of dat de laag door erosie of abrasie is opgeruimd.
- b. In gebieden waar tectonische bewegingen zijn opgetreden kunnen verschijnselen voorkomen die door VISSER (1948) en WIGGERS (1951) *Wijst*-verschijnselen zijn genoemd. Deze verschijnselen zijn voor het eerst door ERNST en DE RIDDER (1960) in detail bestudeerd. Dergelijke verschijnselen worden langs de Peelrandbreuk veelvuldig waargenomen (WORKING PARTY, 1968; LOKKER, 1953; BON, 1972). De oorzaak moet worden gezocht in het feit dat tengevolge van tectonische bewegingen kleine, aanvankelijk horizontaal afgezette kleilaagjes, boven de plaats van de breuk in de vaste ondergrond, die zich in het daarop liggende losse materiaal voortzet (storing of flexuur), schuin of zelfs vertikaal komen te staan. Deze oorspronkelijk los van elkaar aanwezige kleilaagjes, die van zo beperkte aard kunnen zijn dat ze praktisch geen invloed op de grondwaterstroming hebben, worden op de plaats van de storingszone versmeerd. Zij vormen dan soms een vertikale leemband in de ondergrond (fig. 1b). Een dergelijke leemlaag veroorzaakt aan de bovenzijde van de storingszone opstuwning van het grondwater waardoor een groot hoogteverschil in het grondwatervlak aan weerszijde van de storingszone wordt waargenomen. Het resultaat is, dat aan de stroomopwaartse zijde van de storingslijn natte gronden worden waargenomen indien boven de versmeerde zone een dunne laag dekzand is afgezet, terwijl aan de andere kant van de lijn verdroging kan optreden. Deze natte gronden worden in oost Noord-Brabant en Limburg *Wijst*-gronden genoemd en dragen dikwijls als veldnaam *eeuwsels*. De grens tussen beide stroken loopt als een scherpe lijn door het veld.

Het uit de diepere ondergrond opgestuwde grondwater dat ferrohoudend is, komt bij de storingszone met zuurstof in aanraking, waardoor roestbruine ferri-verbindingen ontstaan. In open leidingen, die

een dergelijke storingszone passeren is dit roestige water dikwijls te zien.

In het grootste deel van Nederland is de laag los sediment op de vaste ondergrond dermate dik, dat veranderingen in het grondwater-verhang, afgezien van menselijke invloeden, uitsluitend met de onder (a) beschreven verschijnselen kunnen worden verklaard. In Midden Brabant is de dikte van deze laag van dien aard, dat naast de onder (a) beschreven verschijnselen, ook die welke onder (b) werden beschreven kunnen worden verwacht. De langs deze weg vastgestelde tectonische storingen kunnen als uitgangspunt dienen bij verder meer gedetailleerd geologisch onderzoek.

In de winter, bij hoge grondwaterstanden, zullen meestal in het voorbeeld (a) ondanks de grotere doorlatendheid benedenstrooms toch hogere grondwaterstanden voorkomen, als gevolg van de grotere winterneerslag en veel kleiner verhang. Hierdoor wordt het hoogteverschil vrij klein. Op een isohypsenkaart van de winter waterstanden met lijnen van 1 meter hoogteverschil, komen deze verschillen nauwelijks tot uiting in tegenstelling tot het voorbeeld (b). Aangezien slechts de winterkaart werd gemaakt, is de kans groot, dat bij het voorkomen van deze steile verhangen storingen hiervan de oorzaak kunnen zijn.

3. GEOLOGISCH OVERZICHT

Alvorens na te gaan of er een verband bestaat tussen de hydrologie en de geologie, wordt eerst een kort overzicht gegeven van de geologische afzettingen en de tectoniek die in het onderzoeksgebied heeft plaatsgevonden en tot heden voortduurt.

Zo werd in 1932 bij Uden nog een aardstok geconstateerd. Recentere hoogtemetingen hebben vastgesteld dat het aardoppervlak tussen Gemert en Deurne aan een geleidelijke daling onderhevig is. Een overzichtskaart van Nederland (fig. 2) geeft een beeld van de verbrokkeling in de ondergrond door het optreden van storingen (GAGLIARDI en ZAGWIJN, 1973). Om een indruk te krijgen hoe men zich deze verbrokkeling moet voorstellen, is door genoemde auteurs een dwarsprofiel van de diepere ondergrond weergegeven (fig. 3). Dit dwarsprofiel

loopt van Veldhoven (krtbl. 51 W) oostwaarts naar de Peelhorst. De ligging van dit profiel staat figuur 14 als raai CC' aangegeven.

3.1. Geologische afzettingen

Het weergeven van gedetailleerde afzettingen van het onderzochte gebied volgens de nieuwste inzichten is niet te verwezenlijken, omdat slechts het kaartblad 51 O is verschenen (BISSCHOPS, 1973).

In 1956 werd door PANNEKOEK een overzichtskaart van de pleistocene afzettingen gepubliceerd, die thans weer is achterhaald door de nieuwe uitgave van de Geologische Overzichtskaarten van Nederland (RGD, 1975). Een vereenvoudigde weergave van deze kaart betreffende het onderzoeksgebied is hier in figuur 4 weergegeven, waarin tevens de voornaamste plaatsen en waterlopen staan aangegeven.

Om zich te oriënteren in de volgorde van de geologische afzettingen, is de stratigrafie van het pleistoceen in een tabel opgenomen (fig. 5), zoals die in de nieuwste toelichting bij de nieuwe geologische kaarten is weergegeven. Hiermede is uit figuur 4 op te maken, dat de oudste afzettingen in het westelijk kaartdeel aan, of dicht bij, het oppervlak liggen. Het zijn de afzettingen uit het Tiglien en het Kedichem. Aan de bovenzijde bestaan deze lagen uit dikke pakketten zware tot zandige kleien. Na de publicatie van PANNEKOEK, waarbij geen jongere afzettingen deze oude gronden zouden bedekken, hebben latere onderzoekers aangetoond, dat in het dal van de Mark wel jongere sedimenten aan de oppervlakte liggen (VAN DORSSER, 1956). De Belgische onderzoeker DE PLOEY (1961) deelde mede dat in de Antwerpse Noorder Kempen jong glaciële afzettingen voorkomen, die zich zeker op Nederlands gebied in grote oppervlakten zullen voortzetten. FABER (1972) gaf als toename van de afvoer (in l/sec.ha) van de Mark en de Weerrijs van zuid naar noord, het wegduiken van de oude formaties onder de jongere. Hierdoor wordt de drainerende werking van de rivieren in stroomafwaartse richting versterkt. VAN OOSTEN (1967) vond in het bekken van Breda meerdere dikke zand- en lösslagen die in jongere glaciële tijden zijn ontstaan. Op de nieuwste geologische overzichtskaarten staan deze jonge pleistocene afzettingen dan ook aangegeven.

De oostgrens van het stroomgebied van de Mark wordt gevormd door door een hoge uitloper van het Massief van Brabant (fig. 2), welke loopt vanaf de Belgische grens over Baarle Nassau (krtbl. 50 O) via Gilzerijen naar Made in noordwestelijke richting (fig. 11). Ten tijde van de daarop volgende afzettingen van de formatie van Sterksel, die door de Rijn en de Maas werden gedeponeed, waren de hoogteverschillen in de Centrale Slenk ten oosten van de Baarle Nassau-rug nog niet groot. Wel moet deze rug tijdens de afzettingen van Sterksel als een waterscheiding hebben gefungeerd, waardoor deze afzettingen oostelijk van de toen aanwezige waterscheiding werden gedeponeed.

De oostelijke begrenzing van de formatie van Sterksel, zoals die op de nieuwste kaarten staat aangegeven, ligt ongeveer op de lijn Made-Osterhout-Dongen-Riel-Baarschot-Vessum-Westerhoven-Belgische grens (fig. 4).

Door latere dalingen in de Centrale Slenk, soms gepaard gaande met het ontstaan van storingen en hoogteverschillen bij de storingszonen werd dit Sterkselmateriaal in deze strook niet meer bedekt door jongere fluvio-periglaciale afzettingen van de formatie van Twente. Deze afzettingen zijn afkomstig van verspoeld materiaal dat ter plaatse aanwezig was en werd vermengd met door de wind aangevoerd sediment. Slechts een vrij dunne laag dekzand uit de laat glaciaal dekt het materiaal van de formatie van Sterksel af. De begrenzing tussen de afzettingen van Sterksel en die van Twente ligt tussen Steensel (krtbl. 51 W) en Valkenswaard (krtbl. 51 O) vrij scherp langs een bekende storing. Ten oosten van deze grens is de daling in de Centrale Slenk vermoedelijk groter geweest dan ten westen ervan, waardoor mogelijk deze storing is ontstaan (fig. 4). Hierbij moeten toen duidelijke hoogteverschillen zijn opgetreden.

Voordat de Maas, door de toen rijzende Peelhorst, zich naar het oosten in het huidige Maasdal had teruggetrokken, werd nog materiaal van de formatie van Veghel langs en op de Peelhorst afgezet voordat de formatie van Twente werd gevormd. In latere tijden werden afzettingen van de formatie van Twente op die van Veghel plaatselijk gedeponeed. De sedimentatie in de Centrale Slenk, zij het met lokale interrupties, is tot heden voortgezet.

Slechts jonge storingen hebben op het relief invloed uitgeoefend en die later gedeeltelijk door dekzand werden afgedekt. Toch zijn langs

de Peelrand nog vele steilranden zichtbaar gebleven evenals bij de Rijen storing ten zuiden van Gilze (krtbl. 50 O).

Uit figuur 4 blijkt dat de jongste afzettingen van het pleistoceen over bijna het hele centrale gebied van de Slenk zijn afgezet. Doordat de sedimentatie de dalingen in het terrein konden bijhouden, werden in het midden van de Centrale Slenk de dikste afzettingen aangetroffen. Dit blijkt o. a. uit het dwarsprofiel BB' dat door Bisschops is weergegeven (fig. 6a). Het is gelegen tussen Eindhoven en Handel op de Peelhorst. Het geeft een doorsnede van het oostelijk deel van de Centrale Slenk. De afzettingen onder Eindhoven (midden Centrale Slenk) zijn aanzienlijk dikker dan bij Gemert (rand van de Peelhorst). De ligging van dit profiel staat op figuur 14 aangegeven en ligt vlakbij het dwarsprofiel CC'. De in dit profiel aangegeven breuken zijn duidelijk herkenbaar aan de verschuivingen van de lagen ten opzichte van elkaar.

Ook in het wat noordelijker gelegen dwarsprofiel AA' van de RGD (fig. 6) gelegen tussen Schijndel en Zeeland (krtbl. 45W, 45O) zijn de verschuivingen van de lagen ter weerszijde van de storingen zichtbaar, evenals de toename in dikte naar de laagste delen. De ligging van dit profiel is ook in figuur 14 aangegeven. Het afvoerpatroon dat is weergegeven in de bijkaart 3 behor ende bij de Geologische Kaart van Nederland 51 Oost als de bovenkant van de formatie van Veghel/Sterksel is dan ook niet het oorspronkelijke afvoerpatroon geweest, maar het gevolg van de onregelmatige dalingen van deze formaties in de Centrale Slenk. De sterke daling van de top van deze formaties bij Eindhoven en ten noordwesten ervan komen dan ook duidelijk tot uiting.

Door de plaatselijke rivier- en windafzettingen sinds het Elsterien zijn de dateringen van de verschillende lagen langs de westzijde van de Peelhorst moeilijk te bepalen. Hierdoor zijn de afwisselende zandige en lemige lagen in één groep samengevat als de 'Nuenen' groep. Soms hebben de leemlagen een grote verbreiding zoals in het geologisch dwarsprofiel BB' staat aangegeven. Tijdens de afzettingen in de Slenk hebben nog dalingen met tussenposen plaatsgevonden die de sedimentatie en de grondwaterbeweging hebben beïnvloed. Een en ander blijkt uit de scheefstelling van de leemlagen en het afbreken ervan door de erosie. In de later te bespreken isohypsenkaart zal de invloed

van deze opvullingen blijken uit het verloop van het grondwatervlak, dat dan tot zeer kleine verhangen aanleiding geeft.

Hoewel het hele gebied praktisch met dekzand is bedekt, wordt de grondwaterstroming hierdoor weinig beïnvloed, omdat de doorlatendheid van het dekzand redelijk is te noemen.

Doordat in de laatste jaren meerdere gegevens betreffende de storingen bekend zijn geworden, zoals door het seismisch onderzoek van de NAM en door boringen van de RGD, drinkwaterleiding maatschappijen en van de boorfirmas is de lokatie van deze storingen in rapporten van de RGD vastgelegd (RGD, 1973, krtbl. 45; MONTFRANS, 1974; BISSCHOPS, 1973, krtbl. 51 O).

4. AFVOERONDERZOEK MIDDEN NOORD-BRABANT

In Noord-Brabant heeft veel afvoeronderzoek plaatsgevonden o.a. door de Rijkswaterschap, Waterschappen, Cultuurmaatschappijen, de Cultuurtechnische Dienst en het ICW. In de meeste gevallen werd bij grote stroomgebieden benedenstrooms de afvoer gemeten en berekend tot afvoeren per eenheid van oppervlakte (l/sec.ha) met het doel voor een bepaalde frequentie van voorkomen, bijvoorbeeld 1 of 10 maal per jaar, de afvoer vast te stellen. Met deze gegevens kunnen berekeningen worden opgezet om de afmetingen van de leidingen, kunstwerken en de ontwateringsdiepte te bepalen, ten behoeve van beekregulaties en de belangen van de landbouw.

Door een stroomgebied op te splitsen in meerdere kleinere delen, kan men bepalen hoeveel water onder bepaalde omstandigheden uit de afzonderlijke kleinere stroomgebieden afstroomt. Dit kan nuttig zijn voor de berekeningen van de afmetingen en diepten van de secundaire leidingen.

Maar ook voor de geologie en het grondwaterbeheer is door vergelijkend onderzoek van deze opgedeelde stroomgebieden de afvoerbepaling belangrijk. In wegzijgingsgebieden kan globaal berekend worden hoeveel water naar de ondergrond verdwijnt, of in kwelgebieden mogelijk bruikbaar grondwater kan worden onttrokken, om eventuele wateroverlast te verminderen.

Dergelijke afvoermetingen werden verricht langs de Peelhorst BON, 1972 en 1974) en in Midden-Brabant (BON, 1975; MOEN en BON, 1973). Uit deze onderzoeken is gebleken dat op zeer veel plaatsen wegzijging aan de lage zijde van bekende storingen optreedt en dat dergelijke verschijnselen ook voorkomen op plaatsen waar storingen worden vermoed, maar nog niet werden aangetoond.

Het verschijnsel van het plotseling optreden van sterk roesthoudend water in sommige plekken in een beek kan eveneens duiden op de aanwezigheid van een storing, vooral wanneer in die beekpanden kleinere afvoeren worden gemeten dan op het bovenliggende pand waarin geen roest optreedt. De oorzaak van dit roesthoudende water werd reeds in hoofdstuk 2 uiteengezet.

Het afvoeronderzoek Midden-Brabant heeft plaatsgevonden vanaf de zomer 1974 tot de zomer 1975. Zeer veel meetpunten werden ingericht en op veel plaatsen kon wegzijging worden vastgesteld of verondersteld. In figuur 7 zijn niet alleen de meetpunten aangegeven, doch ook de plaatsen van kwel en wegzijging.

Door het intekenen van de bekende storingen blijkt de ligging van de kwel- en wegzijgingsgebieden redelijk met de storingslijnen te corresponderen. Het is redelijk om aan te nemen, dat op plaatsen waar deze verschijnselen zich ook voordoen, deze ook samenhangen met tectonische storingen.

Wat de afvoeren betreft, kan in dit onderzoek worden vermeld, dat bij de Zandleyten noorden van Udenhout (44 O) op het benedenstroomse meetpunt 1 (fig. 7) 0,43 l/sec.ha werd gemeten als hoogste waarde en bij de twee bovenstroomse meetpunten 2 en 3 tezamen 0,88 l/sec.ha werd afgevoerd, inclusief de vrij grote afvoer van de zuiveringsinstallatie van Tilburg-Noord. Vermoed wordt dat bovenstrooms van het meetpunt 1 een storing aanwezig is die zich mogelijk naar het zuiden langs Moergestel voortzet en in verbinding staat met een waargenomen storing bij Middel-Beers (51 W). Ook bij de Kleine Beerze ten zuiden van Oostel-Beers, wordt een sterke wegzijging aangetoond in het beekpand bovenstrooms de meetpunten 23 en 24. Vele malen werd in dat pand een negatieve afvoer of wegzijging berekend wanneer de afvoer van het bovenstroomse meetpunt 25 wordt afgetrokken van die van de punten 23 en 24 tezamen.

Langs de grote storingslijn, welke vanaf Goirle(50 O) naar het zuidoosten loopt, en ten noorden van Vesseem (51 W), wordt wegzijging waargenomen in de Poppelse Ley bij meetpunt 3, kwel ten zuiden van Hilvarenbeek (50 O) aan de hoge zijde van de storing bij de meetpunten 9 en 10 met relatief hoge afvoeren van 0,52 en 0,41 l/sec.ha. Meer oostelijk van Vesseem werd in de Kleine Beerze bij meetpunt 27 wegzijging geconstateerd. De maximum gemeten afvoer bedroeg daar slechts 0,21 l/sec.ha.

Bij de veldverkenning werd geconstateerd dat over de stuw 18 in de Grote Beerze bij Casteren (51 W) bijna twee maal zoveel water werd afgevoerd als bij stuw 16 ten zuidwesten van Middel-Beers.

Langs de Rijen storing werd op meetpunt 4 bij Gilze (50 O) geen grotere afvoer gemeten dan 0,1 l/sec.ha. In dit wegzijgingsgebied stond de beek dan ook zeer lang droog. Opmerkelijk is ook het verschijnsel dat in perioden met weinig neerslag, men in de beek panden kan aantreffen die droog staan of geen water over de stuwen afvoeren, terwijl in de aangrenzende panden wel afvoer optrad. In de watergang die aan de hoge zijde van een storing nog water krijgt aangevoerd verliest dit water aan de benedenzijde door de slootbodem in de ondergrond. Figuur 8 laat hiervan een voorbeeld zien dat werd waargenomen bij de Peelrandbreuk bij Nistelrode (45 O), ten noordwesten van Uden.

Uit de ligging van de op een kaart ingetekende kwel- en wegzijgingsgebieden, die dikwijls bij verschillende naast elkaar gelegen beken voorkomen, kan een aanwijzing worden gevonden voor de aanwezigheid van vermoedelijke storingen. Verdere aanwijzingen hiervoor kunnen zijn: het plotseling voorkomen van roesthoudend water, hoogteverschillen in het terrein, grote hoogteverschillen in het grondwater in dicht bij elkaar gelegen drinkputten voor het vee, wijstverschijnselen, of het plotseling voorkomen van grof grind in de beekbodem en in de taluds in stroomopwaartsleidingen terwijl benedenstrooms slechts fijn zand wordt gevonden.

5. GRONDWATER-ISOHYPSENKAART

5.1. Algemeen

Om een duidelijk inzicht te krijgen van de grondwaterstroming en de fluctuatie van het grondwater tussen de zomer- en winterperiode dient men te kunnen beschikken over een tweetal isohypsenkaarten. Men gebruikt in dat geval kaarten van de hoogste (winter) en de diepste (zomer) grondwaterstanden. Daar gedurende het onderzoek te weinig waarnemingspunten aanwezig waren, waarvan de hoogteligging bekend was, werd besloten om van de oudere grondwaterstandsgegevens, welke in de jaren 1951-1955 door de Commissie Onderzoek Landbouwhuishoudkunde Nederland (COLN) werden verzameld, de gemiddelde winter-isohypsenkaart te maken, zoals in de inleiding werd vermeld.

Opgemerkt dient te worden dat in de zandgebieden het stromingsbeeld van de winter- of zomerperiode in wezen bijna gelijk blijft. Alleen de hoogte van het grondwatervlak ligt in de winter ongeveer 0,5 tot 1 meter hoger.

5.2. Werkwijze vervaardiging isohypsenkaart

Voor het maken van de isohypsenkaart werd uitgegaan van de waterlopenkaart, waarin de waarnemingspunten worden ingetekend met de bijbehorende waterhoogte t.o.v. NAP. Aan de hand van deze hoogtecijfers worden lijnen van gelijke hoogte (isohypsen) getekend, met inachtneming van de terreinsituaties die zich op de topografische kaarten voordoen (fig. 9). Op deze kaart, die de gemiddelde hoogte van het grondwatervlak in de winter weergeeft, komt het afvoerpatroon duidelijk tot uiting.

5.3. Richting en dichtheid van de isohypsen

Op vele plaatsen worden verdichtingen van de isohypsenlijnen waargenomen, die niet steeds langs rivieren liggen en welke niet

steeds uit processen bij het oppervlak zijn te verklaren. Een en ander wetigt de gedachte dat tenminste op een aantal plaatsen in Midden-Brabant sterke veranderingen in de opbouw van de ondergrond optreden. Het zijn verschijnselen die sterk doen denken aan die welke langs de Peelhorst optreden (WORKING PARTY, 1968; BON, 1972) en daar corresponderen met storingen.

Aan de hand van deze isohypsenlijnen konden vermoedelijke storingslijnen op de kaart worden ingetekend en wel aan de hoge zijde van de overgang van een zwak verhang van het grondwater naar een sterk verhang, zoals in figuur 1c werd aangegeven.

In het veld is echter een eventuele verandering in de opbouw van de ondergrond ondanks een dikke laag dekzand en glooiende terreinhelling op vele plaatsen binnen een marge van 100 m te bepalen uit de grondwaterstandsverschillen in drinkputten voor het vee.

5.4. Samenhang met tectonische storingen

Worden vervolgens de bekende storingen op de isohypsenkaart ingetekend, dan blijken op veel plaatsen de op de isohypsenkaart waargenomen afwijkingen in het grondwaterpatroon dicht bij de bekende storingen te liggen of er mee samen te vallen (fig. 10). Gewezen kan worden op de sterke verhangen in het grondwater langs de Peelhorst, bij de Rijen-storing bij Gilze, bij de Heerlerheide-storing ten zuiden van Hilvarenbeek - Vessem - Eersel, de Feldebiss, een storing van Wintelre - Valkenswaard (51 W, 57 W) ten westen van Aarle en langs de Dommel.

5.5. Vereenvoudiging isohypsenkaart

Teneinde de hoofdrichting van het isohypsenpatroon wat te verduidelijken werden in figuur 11 slechts de isohypsen met 5 m hoogteverschil wat geschematiseerd in kaart gebracht, met weglating van kleine afwijkingen in het patroon. Wel werden op de kaart de grondwater-trechters van deze 5 m isohypsen ingetekend, die bij de beekdalen voorkomen. Uit de lengte van deze trechters kan een indruk worden verkregen van de min of meer opgevulde drainagegeulen die de beken in de ondergrond hebben uitgeschuurd.

De vereenvoudigde isohypsenkaart laat duidelijk de twee waterscheidingen zien die de Centrale Slenk insluiten. In het oosten ligt de Peelhorst en in het westen ligt een hoge rug, komend uit het Massief van Brabant die in hoofdstuk 3 de Baarle-Nassau-rug wordt genoemd. Langs de westflank van deze rug wordt een opvallende lange steile helling van het grondwatervlak aangetroffen. Het verhang hiervan naar de Mark bedraagt gemiddeld $1,5 : 1000$. Ten westen van de Mark bedraagt het grondwaterverhang slechts $0,5 : 1000$, dus drie maal zo klein.

5.6. Het richtingverloop van de isohypsen

In figuur 11 is te zien dat vanaf de Baarle Nassau-rug de 35 en 30 m isohypsenlijnen langs de grens in zuidoostelijke richting afbuigen en in de omgeving van Weert (57 O), noordwaarts naar de Peelhorst teruglopen. De 25 en 20 m isohypsenlijnen op de kaartbladen 50 O, 51 W en 51 O, volgen vanaf de Baarle Nassau-rug een meer oostelijke richting, maar buigen ten zuidwesten van Eindhoven tussen Wintelre en Westerhoven beide scherp naar het zuidoosten om. Bij de Dommel wordt de richting van deze lijnen weer oostelijk en buigen bij de Peelhorst naar het noorden om. Deze S-vormige ombuigingen van de isohypsen bij de genoemde plaatsen houden verband met een aangetoonde geologische storing, de Feldebiss genoemd. Hieruit blijkt dat de tectoniek in dat gebied een rol heeft gespeeld in de grondwaterstroom (fig. 14).

De 15 m isohypsenlijn volgt vanaf de Baarle Nassau-rug een vrijwel oostelijke richting tot de Peelhorst om aldaar ook scherp naar het noorden om te buigen. Bij Eindhoven wordt de afstand tussen de 15 en 20 m isohypsenlijnen bijna twee maal zo groot als in het westelijke gedeelte, het verhang in het grondwater wordt bij Eindhoven zeer klein en bedraagt daar ongeveer $0,1 : 1000$. Hierdoor lijkt het er op of bij Eindhoven een groot dalingsbekken met sediment is opgevuld. In figuur 6a, voorstellend de geologische dwarsraai BB', is dit aan de toenemende dikte van het Nuenen-pakket van oost naar west duidelijk waarneembaar.

Het verhang op de oostflank van de Baarle Nassau-rug

tussen de 30 en 15 m isohypsen, tussen de plaatsen Reusel (56 O) en Diessen (51 W), vrij regelmatig en bedraagt gemiddeld 0,25 : 1000. De 10 m isohypsenlijn loopt niet parallel met die van de 15 m lijn. Bij Tilburg wordt een grote scherpe uitstulping in noordelijke richting waargenomen en meer naar het oosten een kleinere bij St. Oedenrode (51 W, 51 O). Hierdoor lijkt het, of het noordelijke deel van de Centrale Slenk in drie delen is verdeeld. Een klein stuk ligt tussen Gilze en Tilburg met als afvoerende rivier de Donge. Het andere kleine deel ligt in het oosten tussen de Peelhorst en St. Oedenrode, met als hoofdafwatering de Aa. In dit deel van de Slenk neemt de dikte van de afzettingen van oost naar west toe, zoals lijkt uit het geologisch dwarsprofiel AA' in figuur 6b.

Het grotere middengedeelte tussen de plaatsen Moergestel (51 W) en St. Oedenrode vormt een brede laagte, die aan de zuidzijde, even ten noorden van het Wilhelminakanaal wordt begrensd door een trede in het landschap. Deze begrenzing staat op de oude geologische kaarten aangegeven als de grens tussen het 'midden terras' en het 'laag terras'. Evenals bij het bekken van Eindhoven bestaat de mogelijkheid dat ook deze drie laagten door tectonische invloed zijn ontstaan en naderhand met erosiemateriaal werden opgevuld.

Aan de westzijde van de Baarle Nassau-rug buigen alle isohypsenlijnen vanaf de waterscheiding bijna evenwijdig aan elkaar scherp naar het zuidwesten om naar het dal van de Mark. De 5 m isohypsenlijn buigt bij de Mark ten zuiden van Breda weer scherp naar het noordwesten terug. Langs de rivieren de Mark, Weerrijs en Bijloop zijn zeer lange grondwatertrechters waar te nemen. Langdurende erosie moet daar hebben plaatsgevonden, die het bekken van Breda moeten hebben opgevuld tot een bijna vlak gebied, gezien de grote afstand tussen de 0 m en de 5 m isohypsen. Op de nieuwste geologische kaart blijken deze erosiegeulen evenals het bekken van Breda opgevuld te zijn met de jongere afzettingen van Twente (fig. 4).

De 10 m isohypse maakt bij de Mark geen scherpe bocht naar het noordwesten, zoals de 5 m lijn, doch slechts een geringe uitstulping naar het zuiden, maar buigt bij de westoever verder naar het zuidwesten af, om bij de Weerrijs naar het noordwesten terug te buigen. Uit deze ver naar het zuidwesten ombuiging van de 10 m lijn ontstaat het vermoeden, dat het oudste erosiecentrum langs de Weerrijs heeft gelegen.

Naderhand heeft de erosie meer invloed uitgeoefend langs de Mark, daar het zuidelijkste punt van de 5 m isohypse niet meer met een flauwe bocht bij de Weerrijs ligt, maar bij de Mark.

Op de nieuwste geologische kaart is ook te zien, dat aan de oostzijde van de Mark slechts een smalle strook jong sediment is afgezet, in tegenstelling tot aan de westzijde.

6. HELLINGEN VAN HET GRONDWATERVLAK

Aan de hand van de isohypsenkaart (fig. 9), zijn enkele dwarsraaien getekend, om een indruk te krijgen van de helling van de gemiddelde wintergrondwaterstand in het terrein. De ligging van deze raaien is aangegeven in figuur 11. In figuur 12 staat een tweetal raaien getekend van het grondwatervlak in het westelijk deel van het onderzoeksgebied. Vermeld moet worden dat bij gebrek aan voldoende hoogtekarten, het maaiveld niet is ingetekend doch uitsluitend de grondwaterspiegel van de gemiddelde grondwaterstand.

Raai 1 - 1a

Deze raai geeft een indruk van de grondwaterhelling in het terrein tussen de beken van Weerrijs en de Bijloop naar Breda en vandaar in zuidoostelijke richting naar Alphen (50 O). In deze raai komt duidelijk het verschil in helling tot uiting aan weerszijde van de Mark. In het westelijke deel zijn duidelijk een drietal knikken in het grondwatervlak waar te nemen. Of deze knikken een gevolg zijn van periodes met verhoogde erosie is niet uitgemaakt. Het valt wel op dat de vrij vlakke gedeelten in de grondwaterspiegel ter plaatse van Rijsbergen (50 W) en bij Ulvenhout (50 W) ongeveer op gelijke hoogte liggen. Het dalvormige gedeelte bij Breda, waar de Weerrijs en de Mark samenkomen, is diep ontwaterd en waarschijnlijk met goed doorlatend materiaal opgevuld.

Westelijk van Alphen wekken plaatselijk zeer steile verhangen in het grondwatervlak, sterk het vermoeden, dat deze door tectonische werking zijn ontstaan. Dit verhang is ter plaatse even sterk als dat bij

de Rijen-storing bij Gilze en zoals die bij raai 2 - 2a staat ingetekend.

Raai 2 - 2a

Deze raai is getrokken vanaf Breda over Gilze-Tilburg-Moergestel tot ten oosten van de Beerze. Bij Bavel (50 W) in het westen, wordt ook een vlak gedeelte in het grondwaterniveau aangetroffen dat op gelijke hoogte ligt als dat bij Ulvenhout. Ook hier daalt het grondwater sterk af naar het dal van de Mark. Tussen Bavel en Gilze komen enkele sterke verhangen voor die even groot zijn als die aan de oostzijde van de waterscheiding, waar de Rijen-storing werd vastgesteld. Verder oostwaarts lijkt het er op dat bij de Hultense Ley een voortrede van de Rijen-storing aanwezig is. In het veld is daar een duidelijk hoogteverschil waarneembaar. Tussen de Hultense Ley en Tilburg ligt een uitgesproken laagte. Verder oostelijk wordt bij Moergestel een sterk verhang in het grondwatervlak geconstateerd, dat doet vermoeden door een storing te zijn veroorzaakt.

In het oostelijk deel van figuur 11 is een drietal raaien van het grondwatervlak aangegeven die in figuur 13 staat afgebeeld.

Raai 3 - 3a

Deze raai van Bergeijk naar Vught vertoont in het grondwatervlak enkele knikpunten op plaatsen waar storingen zijn aangetoond. Deze storingen zijn de Heerlerheide-storing, een storing die een verbinding vormt tussen de Heerlerheide-storing met de Feldbiss en een aangetoonde storing bij Middel-Beers. Vermoedelijk staat deze storing in zuidelijke richting in verbinding met de Feldbiss en in noordelijke richting loopt de storing vermoedelijk langs Moergestel.

In het grondwatervlak komt de in het terrein zichtbare trede ook tot uiting. De invloed van de grote oude stuifrug vanaf de Belgische grens langs Best, Son naar Boerdonk (51 O), ook wel de Midden Brabant rug genoemd (fig. 11), wordt in het grondwaterverloop tussen de 20 m en 25 m isohypsen niet terug gevonden. Als reden kan hiervoor worden opgegeven dat daar juist de twee eerstgenoemde storingen liggen (zie fig. 14), waartegen de stuifrug is opgewaaid en gedeeltelijk overheen gewaaid is. In figuur 11 is ook te zien dat tussen de

Reusel en de Grote Beerze, zand van de Midden Brabant rug juist tegen de bekende storingen ligt.

Aan de benedenzijde van deze breuken duikt de formatie van Sterksel onder de jongere afzettingen (fig. 4). De beken uit de hoger gelegen gronden hebben door het ontstaan van hoogteverschillen door de tectoniek, puinwaaiers van erosiemateriaal afgezet, dat in latere droge tijden is gaan uitstuiven, waardoor de langgerekte Midden Brabant rug kon ontstaan.

Raai 4 - 4a

Ook in raai 4 worden duidelijke knikken in het grondwatervlak waargenomen. Deze liggen ten zuidwesten van Bergeijk (57 W), bij Bergeijk zelf en ten noordwesten van Riethoven (57 W). Het knikpunt bij Bergeijk staat in verband met de daar aangetoonde Heerlerheide-storing en het knikpunt bij Riethoven met de Feldbiss. De vorm van het grondwatervlak doet echter vermoeden dat de ligging van deze storing meer zuidwestelijk bij Riethoven zelf ligt. Het sterke grondwaterverhang ten zuidwesten van Bergeijk doet eveneens sterk vermoeden dat daar een storing aanwezig is.

Een vrij juiste plaatsbepaling van een storing aan de hand van grondwatervlak in een dwarsprofiel, werd uiteengezet in de beschrijving van raai 4 bij Riethoven. In figuur 6b staat een geologisch profiel afgebeeld, gelegen tussen Schijndel en Zeeland, waarbij de Peelrandbreuk wordt gekruisd. In dit profiel is het grondwatervlak getekend van 28-8-1971, zoals dat door LEKEHENA en NELISSE (1974) werd vervaardigd in de Grondwaterkaart van Nederland, blad 45 O en 45 W. Uit het verloop van dit grondwatervlak blijkt, dat het grondwater op de Peelhorst in het droge jaar 1971 tot de oudere formatie was gedaald. Ook in dit grondwatervlak komen duidelijk knikken of sterke verhangen tot uiting. Vooral de knik even ten westen van de boring 45 G - 64 doet sterk vermoeden, dat aldaar de Peelrandbreuk aanwezig moet zijn en niet 500 m westelijker, zoals door de RGD werd aangegeven. Het verhang bedraagt bij de Peelrandbreuk ruim 5 m over 1000 m, maar vlak bij de breuk is dit verhang vele malen groter.

Deze raai geeft een doorsnede van het grondwatervlak aan in de zuidoosthoek van Noord-Brabant. In tegenstelling met de vorige raaien loopt hier de stroomrichting van het grondwater zoveel mogelijk loodrecht op de raairichting. Hierdoor komen de opbollingen van het grondwater tussen de beken duidelijker tot uiting. Dit wordt nog versterkt door de lemige lagen op de smalle plateaus tussen de beken en de goed drainerende met erosie materiaal opgevulde beekdalen. De raai ligt vanaf de Belgische grens, via Reusel (57 W)-Duisel naar Steensel (51 W). Vanaf deze plaats buigt de raairichting naar het zuidoosten om, evenwijdig met de 25 m isohypse in de richting Veldhoven (57 W). Vandaar gaat het weer in oostelijke richting en eindigt ten oosten van de Strijper Aa. Het valt in de figuur 13 op, dat bij vele beken in raai 5 de aanliggende gronden a-symmetrisch zijn ontwaterd. Waarschijnlijk kan dit verschijnsel in verband worden gebracht met plaats gehad hebbende terreindalingen, al den niet gepaard gaande met storingen of flexuren in de Centrale Slenk. Deze a-symmetrie is duidelijk zichtbaar bij Reusel, Grote Beerze, de Run en de Strijper Aa (bovenloop van de Kleine Dommel). Aan de linker oever wordt een groter verhang aangetroffen dan aan de rechter oever. Veelal ligt het grondwatervlak op het linker plateau ook hoger dan op het rechter plateau.

7. VERBAND TUSSEN DE GEOLOGISCHE OPBOUW EN HET ISO-HYPSENPATROON ENERZIJD EN DE STROOMRICHTING VAN DE WATERLOPEN ANDERZIJD

Langs de randen van het dalingsgebied van de Centrale Slenk is een stelsel breuken of flexuren ontstaan. Aan de Peelhorstzijde zijn de storingen soms zichtbaar als steilkanten en talloze hoogteverschillen in het terrein. Aan de westzijde van de Centrale Slenk zijn deze verschijnselen veel minder duidelijk doordat de storingstrappen door een dikke laag dekzand aan het oog zijn onttrokken en de onderlinge afstanden van de storingen groter zijn dan aan de oostzijde.

Bekend is dat de tectonische opbouw het ontwateringspatroon be-

invloedt, vooral bij storingszones. Onder andere kan zich dit uiten in de verandering van de stroomrichting van de beken (BON, 1972). Nadat een beek een storing vrijwel loodrecht heeft gepasseerd, vervolgt deze zijn loop aan de lage zijde veelal evenwijdig met het storingsvlak waardoor een haakse bocht ontstaat. Na een zekere afstand buigt de beek zich weer van de storing af. De beekloop vormt als het ware een S-bocht.

Veel van deze haakse bochten zijn in figuur 9 te zien, al dan niet in combinatie met een verdichting van de isohypsenlijnen. Enkele voorbeelden van deze haakse bochten worden hierna behandeld.

Ten tijde van de afzettingen met grofzandig materiaal door de Rijn en de Maas, in het begin van het Pleistoceen, waren de hoogteverschillen niet groot. De algemene stroomrichting was toen zuidoost-noordwest. Door dalingen in de Centrale Slenk en de rijzing van de Peelhorst, werd de stroomrichting van de overgebleven beekjes veranderd. Zij verlegden hun lopen naar de laagste delen, waardoor de oorspronkelijke zuidoost-noordwest richting werd gewijzigd in een noordelijke of noordwestelijke richting al naar gelang de gevormde terreinhelling ten opzichte van de ligging van het brongebied.

Bij de beschouwing van de breukenkaart (fig. 14) blijkt dat de Feldbiss ten westen en zuidwesten van Eindhoven over enige afstand en evenwijdig aan de 20 en 25 m isohypsenlijnen loopt. Hieruit kan worden vastgesteld dat deze breuk invloed heeft op zowel de richting van de beken, als op de richting van de grondwaterstroming. Tussen Wintelre en Westerhoven buigen de 20 m en 25 m isohypsen beide naar het zuidoosten om, doordat het terrein ten zuiden van Eindhoven vermoedelijk sneller is gedaald dan bij Steensel (51 W). De Tongereep, de Dommel en de Bruggenrijt, die bovenstrooms een zuidwest-noordoost richting hebben, veranderen na de passage van de Feldbiss hun richting in een meer noordelijke.

Op zeer veel andere plaatsen worden dergelijke richtingsveranderingen aangetroffen, die evenals bij de Feldbiss gepaard gaan met verdichtingen van de isohypsenlijnen. Zo zijn de S-bochten bij de Heerlerheide-storing in figuur 10 aan te treffen bij de Kleine Beerze tussen Hogeloon en Vessem(51 W), bij de Grote Beerze en bij de Reusel ten zuiden van Baarschot (51 W).

In het westelijke deel van de Centrale Slenk ziet men de S-bochten in de bovenlopen van de Oude Ley bij Riel (50 O), bij de Hultense Ley en de Grote Ley na de passage van de Rijen-storing ten zuidoosten van Gilze.

Op tal van andere plaatsen, waar geen bekende breuken zijn aangetoond, worden eveneens ombuigingen van de stroomrichting in beken aangetroffen, zoals bij de Aa bij Erp (45 O), de Dommel bij St. Oedenrode en Boxtel, de Reusel bij Moergestel, de Nieuwe Ley oostelijk van Tilburg en op vele andere plaatsen. Of hier steeds sprake is van storingen of sterke terreindalingen die deze richtingsveranderingen hebben veroorzaakt, is niet bekend.

Situatie bij de Aa

De ombuiging van de Aa bij Erp naar het westen is vermoedelijk een gevolg van een plaatselijke terreindaling in de omgeving van Veghel (45 O) die daar een slenk deed ontstaan. Tussen Vorstenbosch (45 O) en Schijndel zijn breuken geconstateerd (fig. 10 en 14), die een slenk insluiten. Deze storingen staan in het geologische dwarsprofiel AA' in figuur 6b aangegeven. Wanneer deze breuken naar het zuidwesten worden verlengd, komen ze ten zuiden van Erp samen. Reeds in 1972 vermoedde Bon op grond van het isohypsenbeeld, dat een slenk of terreindaling deze richtingsverandering van de Aa tot gevolg moet hebben gehad. Toen waren deze breuken nog niet bekend. Ze werden pas beschreven in een rapport van de RGD in 1973.

Dat deze ombuiging van de Aa niet veroorzaakt wordt door de Mid-den Brabant rug zoals toen in 1972 werd gesuggereerd, blijkt dat de Aa pas na 3 à 4 km ten noorden van het uiteinde van deze rug naar het westen ombuigt.

Vermoedelijk heeft zich bij de Dommel bij St. Oedenrode dezelfde situatie voorgedaan. De rivier buigt na ongeveer 3 km ten noorden van de stuifrug naar het noordwesten om.

Situatie bij de Reusel

Vermoedelijk worden de ombuigingen van de Reusel bij Moergestel en van de Nieuwe Ley ten oosten van Tilburg, veroorzaakt door

sterke dalingen in de omgeving van Oisterwijk(50 W). Doordat bij Moergestel niet alleen een duidelijke terreintrede zichtbaar is van enkele meters, doch ook het grondwater een groot verval vertoont, doen deze verschijnselen sterk vermoeden dat ten westen van de Reusel een storing aanwezig is.

Verdere sterke aanwijzingen voor deze storing zijn de verschuivingen van de isohypsenlijnen van ongeveer 1,5 à 2 km bij de Reusel (fig. 15). De isohypsenlijnen van de 9, 10 en 11 m die de Reusel vanuit het oosten naderen, verlaten de westoever pas 1,5 à 2 m noordelijker.

Andere aanwijzingen voor de storing is een aangetoonde storing die in zuidelijke richting bij Middel Beers ligt(fig. 14).

In noordelijke richting wordt bij de Zandley, ten noorden van Udenhout (44 O) sterke wegzijging aangetoond (hoofdstuk 4).

Situatie bij de Donge

Het dal van de boven Donge ligt hydrologisch gezien in een laagte die aan de westzijde wordt begrensd door de Rijen-storing en aan de oostzijde door de hoge gronden van Tilburg. De 10 m isohypsenlijn maakt om Tilburg een scherpe en lange uitstulping. De Oude Ley stroomt in de bovenloop op ongeveer 1,5 km afstand evenwijdig met de Poppelse Ley, doch buigt bij Riel plotseling naar het noordwesten om. Ook hier rijst het vermoeden dat ten gevolge van een sterke terreindaling deze ombuiging is veroorzaakt. Deze daling heeft vermoedelijk plaatsgevonden in de omgeving van Dongen, tussen de Rijen-storing en de hoge gronden van Tilburg. Vermoedelijk is ook aan de oostzijde van het Dongebekken een storing ontstaan, gezien de sterke grondwaterverhangen ten westen van Loon op Zand (44 O). De gehele situatie lijkt zeer veel op die bij de Aa bij Erp.

Rondom Tilburg zijn verscheidene storingen seismisch vastgesteld (fig. 14), die horsten en slenken te zien geven. Hier komt echter de relatie met het isohypsenbeeld anders naar voren als in de eerder besproken gebieden. In het Dongebekken komt uit geologische en tectonische metingen een horst naar voren. Te verwachten zou zijn, dat hier net als elders hogere grondwaterstanden zouden worden gemeten. Dit is echter niet het geval. Gezien de afzettingen op de geologische

kaart (fig. 4), moet ten tijde van de afzettingen van Twente een aanzienlijk hoogteverschil geweest zijn langs een breukvlak vanaf Riel naar het noordwesten. De hedendaagse situatie laat een heel ander beeld zien namelijk met een hoogte bij Tilburg en een bekken bij het Dongedal. Typerend is, dat wel jongere formaties zijn afgezet bij de Grote Ley aan de voet van de Rijen-storing, maar niet langs de Oude Ley stroomafwaarts van Riel. Hieruit wordt verondersteld dat een daling van het Donge bekken heeft plaatsgevonden waarbij de vroegere hoogteverschillen zijn verdwenen en waardoor de Oude Ley vanaf Riel naar het laagste gedeelte van het bekken kon stromen.

In hoeverre de tegenstrijdigheid die in Noord Brabant nog niet werd waargenomen is op te lossen, is niet bekend. Nader onderzoek is gewenst.

De geologische kaarten laten zien dat ten noorden van Gilze de afzettingen van de formatie van Sterksel nu ten westen van de huidige waterscheiding worden aangetroffen. Aangenomen mag worden dat deze afzettingen oorspronkelijk beneden de toen aanwezige waterscheidingen werden afgezet. Dit zou inhouden dat het gebied waar oorspronkelijk de waterscheiding lag, naderhand is gedaald, en naar het noordwesten is gekanteld. Bij Made en Oosterhout (44 W) zijn storingen geconstateerd, die ongeveer op de scheiding van de afzettingen van Sterksel en Kedichem liggen. Vermoedelijk is door deze daling van de noordwestflank van de Baarle Nassau-rug, de Rijen-storing ontstaan. Ten zuiden van Gilze is deze storing nog duidelijk in het terrein zichtbaar en niet afgedekt door dekzand. Opgemerkt mag worden dat in de omgeving van Oosterhout en Made de afzettingen van Sterksel onder een dunne laag dekzand liggen en niet onder rivierklei. Tijdens de dekzandafzettingen lag de omgeving bij Oosterhout waarschijnlijk te hoog om door de rivierklei te worden overdekt. Thans liggen de kleien van Oosterhout op dezelfde hoogte als de zanden ten noordwesten van Oosterhout.

De vermoedelijke daling van de noordwest flank van de Baarle Nassau-rug zou ook kunnen worden opgemaakt uit de scherpe terugbuiging van de isohypsen aan de west flank van genoemde rug. Vooral de grote opvulling van het bekken van Breda met jonge sedimenten, doet vermoeden, dat in dit bekken de ondergrond sterker is gedaald

dan langs de oostflank van de Mark. VAN OOSTEN (1964) beschrijft in de toelichting van de bodemkaart 50 west, dat bij Princenhage de Kedichem klei op ongeveer 20 m beneden het maaiveld ligt, met daarboven zand en lösslagen, terwijl 5 km zuidelijker bij Rijsbergen (50 W) deze klei 2 à 3 m onder jongere afzettingen ligt. Dit grote hoogteverschil van de bovenkant van de klei geeft een sterke indicatie in de veronderstelling dat plaatselijk sterke dalingen zijn opgetreden. Deze zouden er toe geleid hebben dat sterke erosie in de dalen van de Mark, Weerrijs en Bijloop hebben plaatsgehad en het bekken van Breda hebben opgevuld. In de isohypsenkaart komen de erosiedalen tot uiting in de lange grondwatertrechters.

Uit de vele boringen is gebleken, dat in de hele Centrale Slenk plaatselijk sterke dalingen hebben plaatsgevonden, die de loop van de beken hebben beïnvloed. Deze beken werden opgevuld met sedimenten als zand en leemlagen afkomstig van door erosie uitgeschuurde dalen bovenstrooms. Soms kunnen door de dalingen terreintreden zijn ontstaan die niet of weinig zijn geërodeerd en waartegen soms zand werd opgewaaid. Zo ligt ten noorden van het Wilhelminakanaal, in de omgeving van Oirschot en Best (51 W) een duidelijke terreintrede. Het is ook mogelijk dat deze trede kan zijn ontstaan als gevolg van een toen opgetreden relatief hogere zeestand, gevolgd door een relatief lage stand. Door deze lage zeestand werd het niveau van de Maas verlaagd, waardoor de afvoerbasis van de Dommel en de Essche stroom ten zuiden van Vught werd verlaagd. Beide rivieren hebben zich toen in deze vlakte met diepe en zeer lange erosiedalen ingesneden. De erosie moet zich ook aan het maaiveld hebben voorgedaan. In het terrein is dit waar te nemen aan het zogenaamde kussenlandschap, dat bestaat uit zeer vele kleine esjes, die 0,5 tot 1 meter hoger liggen dan de daartussen gelegen natte lemige fijnzandige graslanden of laaggelegen populierenbossen.

8. DE INVLOED VAN WINDAFZETTINGEN OP DE STROOMRICHTING VAN BEKEN

In het vorige hoofdstuk was de Midden Brabant-rug reeds ter sprake

gekomen. Deze oude stuifrug begint al op Belgisch gebied ten westen van Hoge Mierde (50 O) en strekt zich in noordoostelijke richting uit tot de Aa. Deze rug, die van de bodemkaart werd overgenomen, staat in figuur 11 aangegeven. In jongere tijden is door ontbossingen en afplaggen van de heidebegroeiing, deze rug door de wind aangetast en zijn plaatselijk jonge zandverstuivingen ontstaan.

Opgemerkt mag worden dat vele beken de rug loodrecht kruisen zonder van stroomrichting te veranderen. Deze beken zijn de Reusel, de Grote en de Kleine Beerze, de Dommel en de Aa. Wel werd het beekdal door het met de wind aangevoerde zand vernauwd, waardoor de waterafvoer werd belemmerd. Aan de zuidzijde van de rug werden de soms brede dalen door de geringe stroomsnelheden gedeeltelijk opgevuld met fijn zand en lemig materiaal, waarbij soms ook veengroei optrad. In tijden met extreem hoge afvoeren, veroorzaakt door regens of smeltwater tijdens het laat pleistoceen, werd de doorgang weer vrij gemaakt. Wanneer de wateraanvoer te gering was, moest een nieuwe afvoerrichting worden gezocht, waarbij grote gebieden een sterk verhoogde grondwaterstand kregen.

Een voorbeeld hiervan heeft waarschijnlijk plaatsgevonden bij de Bruggerijt, die ten noorden van Wintelre (51 W) zelfs werd dicht gestoven. De restanten van deze vroegere beekdalen zijn nog zichtbaar aan de laagten ten zuiden van de rug. Op de topografische kaarten staan deze kommen aangegeven als gebieden die lager liggen dan de 20 m NAP-lijn (fig. 11). Wanneer de beekdalen geheel zijn dichtgestoven, kunnen deze door de grotere doorlatendheid van het ingewaaide stuifzand in de isohypsenkaart tot uiting komen door het stroomopwaarts ombuigen van de isohypsenlijnen. Zo werden langs de Feldebiss bij Wintelre overstoven dalen hydrologisch bepaald. Daar buigen de 19 t/m 22 m isohypsenlijnen naar het zuidwesten om (fig. 10). Ten oosten van deze plaats buigen de 18, 19 en 20 m isohypsen om. Ook ten oosten van Best (51 W) is een dergelijk dichtgestoven dal in de Midden Brabant-rug te vinden aan het terugbuigen van de 13 en 14 m isohypsenlijnen.

Een ander groot stuifcomplex, dat van jongere datum zal zijn dan het vorige, is te vinden aan de west- en noordzijde van de hoogte van Tilburg (fig. 11). Vermoed wordt dat dit stuifcomplex is ontstaan na

de opvulling met erosiemateriaal van het Dongebekken door de beken de Hultense Ley en de Oude Ley. Met overheersende westen winden is het zand uit dit bekken tegen de toen aanwezige hoger gelegen gronden van Tilburg opgeblazen. De oorspronkelijke steilkant werd door het zand gecamoufleerd. In de grondwaterstand komt de steilkant ten oosten van Loon op Zand wel tot uiting (hoofdstuk 7). Waar meer naar het noorden het hoogteverschil tussen het Dongebekken en de hoogte van Tilburg geringer werd, kon het zand door de wind naar het oosten worden getransporteerd tot bij Vught. Deze zandrug staat bekend als de Drunense duinen. Plaatselijk is deze rug met jong stuifzand bedekt.

Vermoedelijk is de daling van het Dongebekken gepaard gegaan met een geringe rijzing van de hoogte van Tilburg. Tussen Riel en Tilburg in het verlengde van de stroomrichting van de Oude Ley, worden drassige gronden aangetroffen van de vermoedelijk vroegere oude loop van de Oude Ley, voordat deze naar het noordwesten omhoog. Op de grondwaterdiepte kaart van de COLN wordt in het verlengde van deze natte gronden een baan van minder diep ontwaterde gronden aangegeven vanaf Tilburg naar het noordoosten die tegen de Drunense duinen doodloopt. Het noordelijkste deel van deze vochtige baan valt samen met een waterloopje. Al deze verschijnselen doen vermoeden dat de Oude Ley oorspronkelijk in noordoostelijke richting dwars door Tilburg heeft gelopen.

Door de ombuiging van de Oude Ley bij Riel voerde het onthoofde restant van de rivier te weinig water af om het dichtstuiven van het oude dal te voorkomen. Wel worden nu ten zuiden van de stuifrug natte en lemige gronden aangetroffen. De beken bogen ten zuiden van de stuifrug naar het oosten om en voerden het water gezamenlijk als de Zandley af. De opening in de zandrug in het oosten werd gevormd door grote hoeveelheden water dat uit het zuiden werd aangevoerd in een lang erosiedal bij Helvoirt (45 W).

Door de belemmerde afvoer vanwege het stuifzand, werd daar het Helvoirtse broek gevormd. Dit oude erosiedal voerde oorspronkelijk water af van de Essche stroom en de Kleine Aa.

SAMENVATTING

Het patroon van de isohypsenkaart van de gemiddelde wintergrondwaterstand van Midden Noord-Brabant, naar gegevens uit de jaren 1951-1955, geeft op vele plaatsen aanleiding zich af te vragen, waarom op bepaalde plaatsen verdichtingen van de isohypsen voorkomen en op andere plaatsen niet. Uit de isohypsenlijnen is de helling en de stroomrichting van het grondwater af te lezen. Opmerkelijk zijn sommige typische knikpunten of ombuigingen van deze lijnen, die dikwijls gepaard gaan met richtingveranderingen in de stroomrichting van het bekenpatroon.

Nagegaan wordt, welke de mogelijke oorzaken kunnen zijn van deze plaatselijke verdichtingen in de isohypsenlijnen. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de tectonische bewegingen die in Noord-Brabant hebben plaatsgevonden waarbij breuken en storingen zijn ontstaan. Deze storingen en dalingen van het terrein, die in de Centrale Slenk zijn ontstaan, hebben o. a. de richting van de beken en de daarmee gepaard gaande sedimentatie van de dalingsgebieden beïnvloed, alsmede de erosie van de bovenstroomse hoger gelegen gronden.

Door een intensief afvoeronderzoek werden wegzijgings- en kwelgebieden opgespoord. Uit de onderlinge ligging van deze gebieden kunnen aanwijzingen worden gegeven, die kunnen leiden tot de vaststelling en de ligging van nog onbekende storingen, mede met gebruikmaking van bodemkundige, geologische en morfologische veranderingen in het terrein.

Met bovenstaande informatie wordt de isohypsenkaart bestudeerd. Uit het kaartbeeld kunnen bepaalde vermoedens worden verkregen van tectonische bewegingen die vroeger hebben plaatsgevonden en die tot de huidige situatie hebben geleid. Hiermede is een poging gedaan om de ontstaansgeschiedenis van het gebied te reconstrueren, met gebruikmaking van diverse soorten en kaarten die onderling steeds vergeleken worden.

Uit de getekende dwarsprofielen van het grondwater, is uit het verhang vrij nauwkeurig de ligging van de storingen of de veranderingen in de bodemsamenstelling te bepalen. Deze profielen werden gemaakt van terreinen tussen de beken in, zowel als loodrecht op de stroom-

richting van de beken. Uit deze beelden worden steeds vergelijkingen gemaakt met de reeds eerder beschreven verschijnselen.

De invloed van de windafzettingen op de stroomrichting van de beken en het ontstaan van stuifruggen kan uit het isohypsenpatroon en uit de dwarsprofielen worden verklaard, in samenhang met de tectoniek.

Omdat het voor de duidelijkheid niet mogelijk is al de verkregen gegevens op een enkele kaart weer te geven, waardoor de mogelijkheid bestaat dat soms verwarring kan optreden, wordt bij de behandeling van bepaalde verschijnselen naar verschillende kaarten verwezen.

Met enkele, reeds door andere auteurs gepubliceerde figuren en aangevuld met nieuwe, is getracht de ontstaanswijze van het gebied te verduidelijken.

LITERATUUR

- BISSCHOPS, J. H., 1973. Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1 : 50 000. Eindhoven Oost (51 O) RGD
- BON, J., 1972. Hydrologische veldkenmerken langs de westflank van de Peelhorst. KNAG. Geogr. Tijdschr. VI.5. 411-424.
ICW meded. 142.
- , 1974. Afvoer en afvoernormen in Oost-Brabant. ICW nota 813.
- , 1974. Grondwaterstroming in het gebied van de Astense Aa. ICW nota 800.
- , Het afvoeronderzoek in Midden Noord-Brabant. ICW nota 874.
- DORSSER, H. J. VAN, 1956. Het landschap van Westelijk Noord-Brabant. Thesis Utrecht.
- ERNST, L. F. and N. A. DE RIDDER, 1960. High resistance to horizontal ground water flow in coarse sediments due to faulting. *Geologie en Mijnbouw N.S.* 22: 66-85.
- FABER, Th., 1972. Regimes and regime-related basin properties of some dutch small rivers. Thesis VU Amsterdam.
- GAGLIARDI, R. en W. H. ZAGWIJN. Geologie van de diepere ondergrond. Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland. 1 : 50 000. Eindhoven Oost (51 O).RGD.
- LEKAHANA, E. G. en G. A. G. Nelisse, 1974. Geohydrologische toelichting bij de kaartbladen 45 W en 45 O. Grondwaterkaart van Nederland DVG-TNO.
- LOKKER, C., 1953. De morfologie van de dagzoom der Peelrandbreuk. *Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen.* 70.3:331-343.
- MOEN, H. J. en J. BON, 1973. Bijdrage tot het hydrologisch onderzoek met behulp van kwel en inzijgingsberekeningen in het gebied van de Astense Aa. ICW nota 751.
- MONTFRANS, H. M. VAN, 1974. Geologisch onderzoek Midden Noord-Brabant. RGD Rapport 1268/7006.
- OOSTEN, M. F. VAN, 1964. Toelichting bij kaartblad 50 W. Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. STIBOKA.
- , 1967. Bijdrage tot de kwartair-geologie van Westelijk Noord-Brabant. *Geologie en Mijnbouw* 46 jr. 131-146.

- PANNEKOEK, A. J., 1956. Geologische geschiedenis van Nederland.
- PLOEY, J. DE, 1961. Morfologie en kwartair stratigrafie van de Antwerpse Noorder-Kempen. Acta Geographica Lovanientia. Vol. 11.
- RIDDER, N. A. DE, P. HONDIUS AND A. J. HELLINGS, 1967. Hydrological investigations of the Peel region and its environs. ICW Techn. Bul. 48.
- RIJKS GEOLOGISCHE DIENST, 1973. Geologie van het gebied bij 's Hertogenbosch, Oss en Uden. Kaartblad 45. Rapport nr. 930 B.
- , 1975. Geologische overzichtskaarten van Nederland.
- VISSER, W. C., 1948. Het probleem van de wijstgronden. Tijdschr. K.N.A.G. LXV: 798-823.
- WIGGERS, A. J., 1951. Rapport over de onderzoeken verricht voor het Waterschap 'Het Stroomgebied van de Aa'. Landbouwk. Proefst. en Bodemk. Inst. T.N.O.
- WORKING PARTY OF THE INSTITUTE, 1968. Determination of the optimal combination of water management systems in areas with micro relief. Inst. for Land and Watermanagement Research. ICW. Techn. Bull. 56.

LIJST VAN FIGUREN

- fig. 1. Voorbeelden van sterk grondwaterverhang, veroorzaakt door:
- a. overgang van kleine doorlatendheid (kD) naar grote doorlatendheid
 - b. voorkomen van verdichte storingszone tot hoog in het profiel
 - c. isohypsen uit hoogte gegevens van fig. 1b in kaart gebracht.
- fig. 2. Schematische kaart van enkele tectonische elementen in de ondergrond van Nederland (naar Haanstra, Pannekoek, Patijn en Stheeman, uit Brouwer en Coenen, 1968).
Overgenomen uit: Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1 : 50 000. Eindhoven Oost (51 O). RGD 1973.
- fig. 3. Profiel van kenozoische afzettingen, seismische interpretatie van een VAR lijn. Overgenomen uit: Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1 : 50 000. Eindhoven Oost (51 O). RGD 1973.
- fig. 4. Vereenvoudigde geologische overzichtskaart van Midden Noord-Brabant. Ontleend aan Geol. overzichtskaart RGD, 1975.
- fig. 5. Tabel van de boven tertiare en kwataire formaties, gerangschikt naar ouderdom en genese. Uit: RGD 1975. Toelichting bij de geologische overzichtskaarten.
- fig. 6. a. Geologisch dwarsprofiel BB' Eindhoven-Handel. Uit: Geologische kaart van Nederland Eindhoven Oost (51O) RGD'73.
- fig. 6. b. Geologisch dwarsprofiel AA' Schijndel-Zeeland. Uit Rapport 930 B. Kaartblad 45 RGD 1973.
- fig. 7. Overzichtskaart van de afvoermeetpunten met kwel en wegzijgingsgebieden.
- fig. 8. Wegzijging van slootwater vanaf de Peelrandbreuk bij Nistelrode.
- fig. 9. Gemiddelde winter-isohypsenkaart met het bekenpatroon van Midden Noord-Brabant.
- fig. 10. Kaart met bekende en vermoedelijke storingen van Midden Noord-Brabant gesitueerd op de winter isohypsenkaart.
- fig. 11. Vereenvoudigde isohypsenkaart met slechts de 5 m isohypsenlijnen, de ligging van enkele grondwater dwarsprofielen en een tweetal stuifruggen.
- fig. 12. Dwarsraaien 1 en 2 van het grondwatervlak in zuidwest Brabant.
1. Rijsbergen-Breda-Alphen; 2. Breda-Tilburg-Moergestel.

- fig. 13. Dwarsraaien van het grondwater in zuid Noord-Brabant.
3. Hapert-Vught; 4. Bergeijk-Eindhoven, 5. Reusel-Steensel-
Westerhoven-Strijper Aa.
- fig. 14. Kaart met bekende storingen, gesitueerd op de vereenvoudig-
de isohypsenkaart met de ligging van de geologische dwars-
profielen van de figuren 3, 6a en 6b.
- fig. 15. Het verloop van de isohypsenlijnen bij de Reusel en Moer-
gestel.

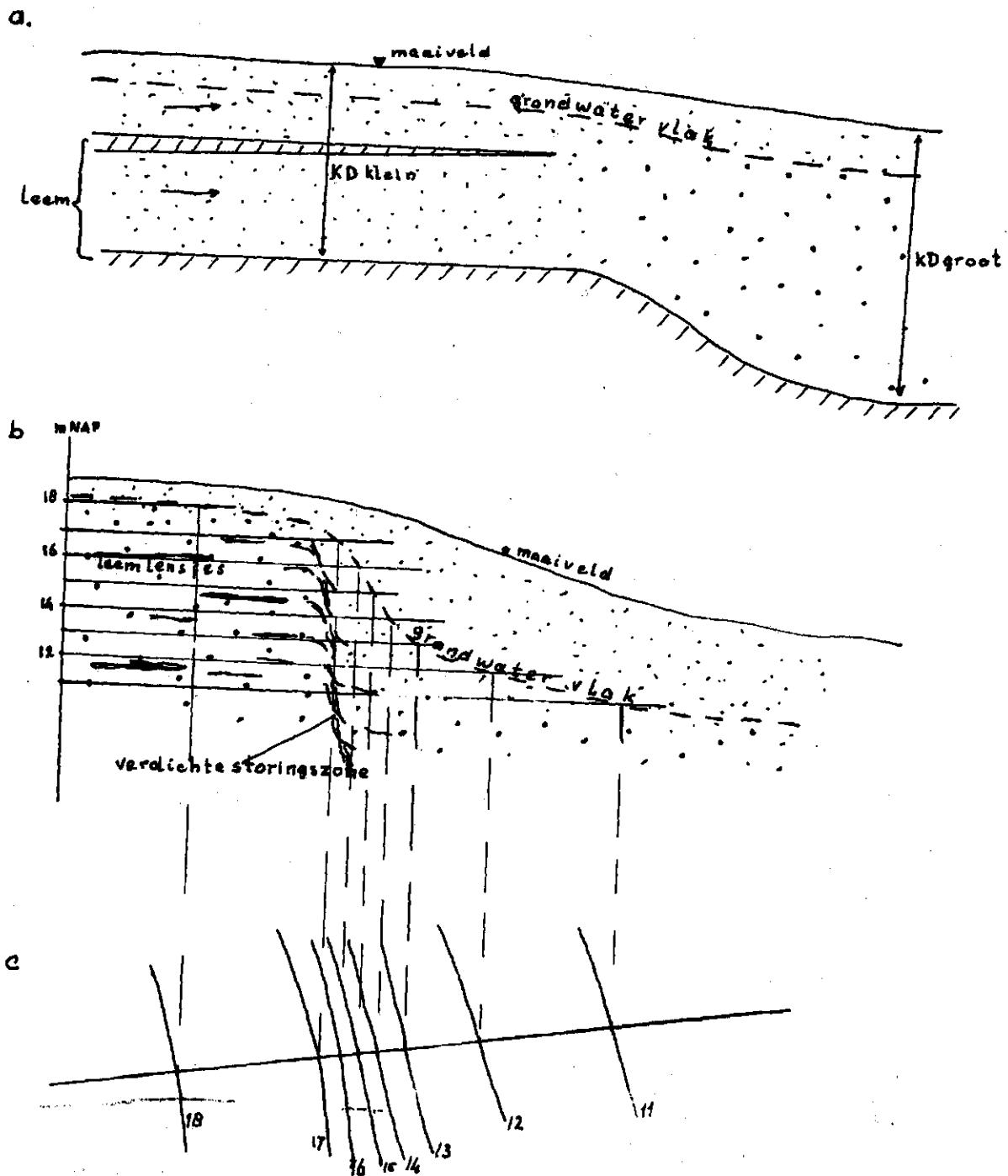


fig. 1. Voorbeelden van sterk grondwaterverhang, veroorzaakt door:

- overgang van kleine doorlatendheid (KD) naar grote doorlatendheid
- voorkomen van verdichte storingszone tot hoog in het profiel
- isohypsen uit hoogte gegevens van fig. 1b in kaart gebracht.

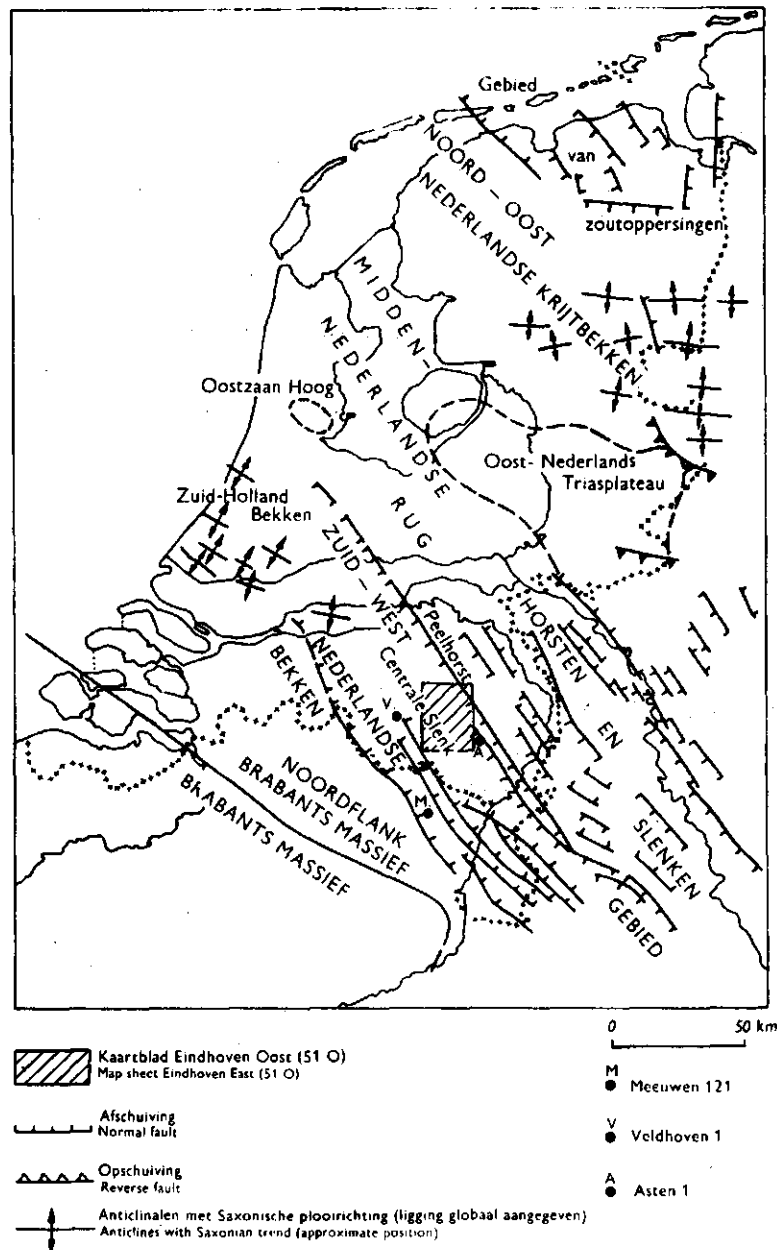


fig. 2. Schematische kaart van enkele tectonische elementen in de ondergrond van Nederland (naar Haanstra, Pannekoek, Patijn en Stheeman, uit Brouwer en Coenen, 1968).
Overgenomen uit: Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1 : 50 000. Eindhoven Oost (51 O). RGD 1973.

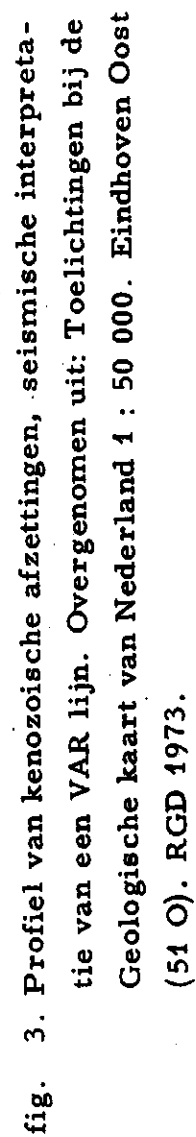


fig. 3. Profiel van kenozoïsche afzettingen, seismische interpretatie van een VAR lijn. Overgenomen uit: Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1 : 50 000. Eindhoven Oost (51 O). RGD 1973.

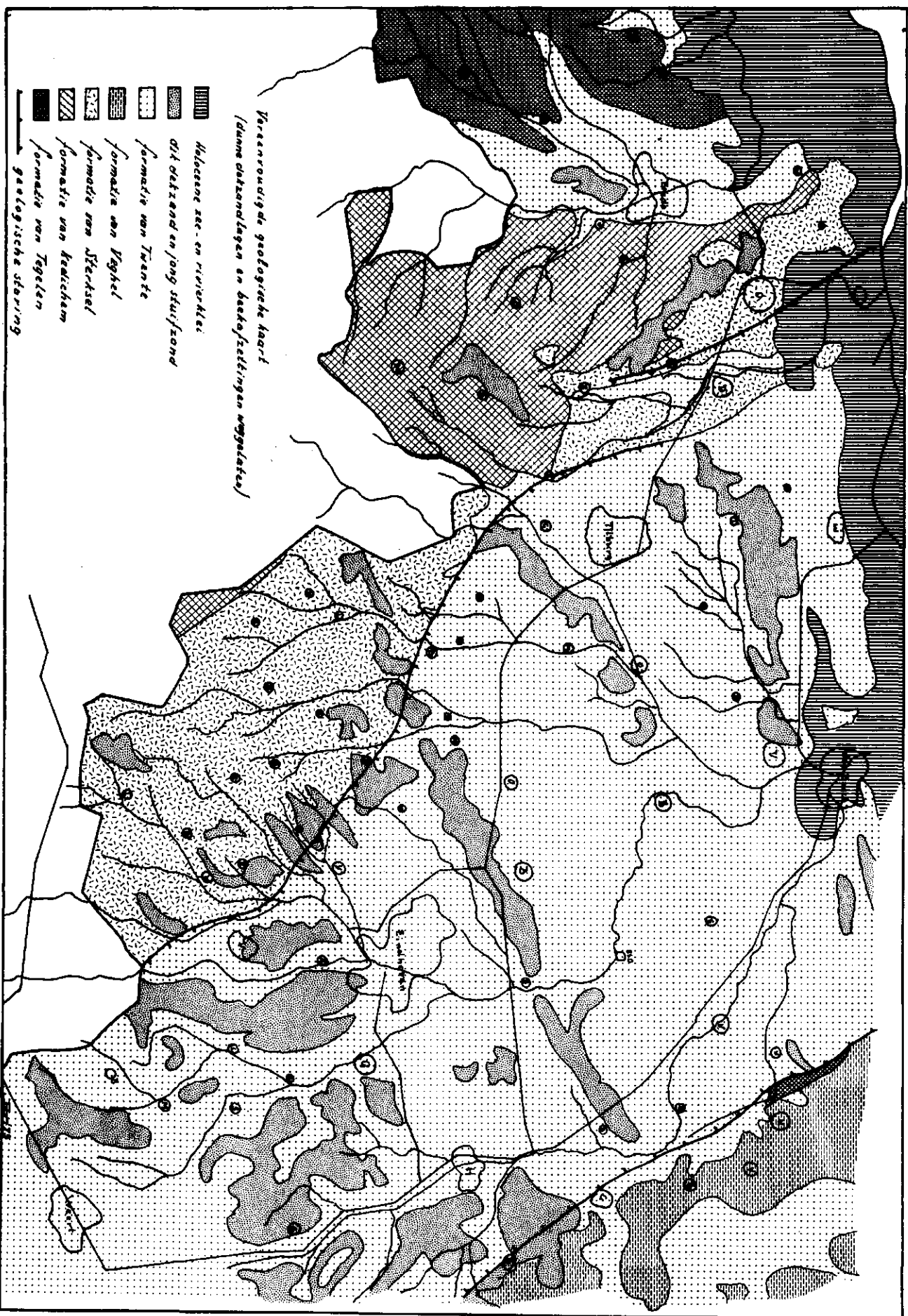


fig. 4. Vereenvoudigde geologische overzichtskaat van Midden Noord-Brabant. Ontleend aan Geol. overzichtskaat RGD, 1975.

Chronostratigrafie			Afzettingen in verband met landijs		Afzettingen van lokale herkomst		Afzettingen van grote rivieren		Afzettingen in zee en bij de kust	
			N	Z	N	Z	N	Z	N	Z
KWARTAIR	HOLOCEEN				Formatie van Koolwijk E		Beluwe Formatie		Westland Formatie	
					Formatie van Singraven B		A + M			
	Boven	Weichselien*			Formatie van Twente E + V + P + B		Formatie van Krettenheye			
		Eemien			Formatie van Asten V		R + M		Eem Formatie	
	Midden	Saalien*	F. v. Drente							
		Holsteinien			Formatie van Elndhoven E + P		Formatie van	Formatie van	...	
		Elsterien*	F. v. Peelo		B + V		Urk R	Veghel M	...	
		'Cromerien complex**								
		Menapien*					Formatie van Sterksel R + M			
	Onder	Waaften			Form. van Kedichem (ten dele) B + P + V		Formatie van Enschede O			
		Eburonien*					Formatie van Kedichem R + M			
		Tiglien					Harderwijk O			
		Praetiglien*					Formatie van Tegelen R + M		Formatie van Maassluis	
TERTIAIR	PLIOCEEN	Boven (Reuverien)					Form. van Scheeinda	Kiezeloöliet Form.	Formatie van Oosterhout	
		Onder (Brunssumien)					O	R + M		
	MIOCEEN	Boven								
		Midden			Form. van Heksenberg				Formatie van Breda (ten dele)	
		Onder								

E = eolische afzettingen
P = periglaciaie afzettingen
B = beekafzettingen
V = veen

R = Rijn
M = Maas
O = oostelijke noordduitse rivieren en voorlopers

*koude tijd
**complexe eenheid bestaande uit tenminste 4 warme en 3 koude tijden
***nog onbepaald, voorlopig bij Formatie van Urk

fig. 5. Tabel van de boven tertiare en kwataire formaties, gerangschikt naar ouderdom en genese. Uit: RGD 1975. Toelichting bij de geologische overzichtskaarten.

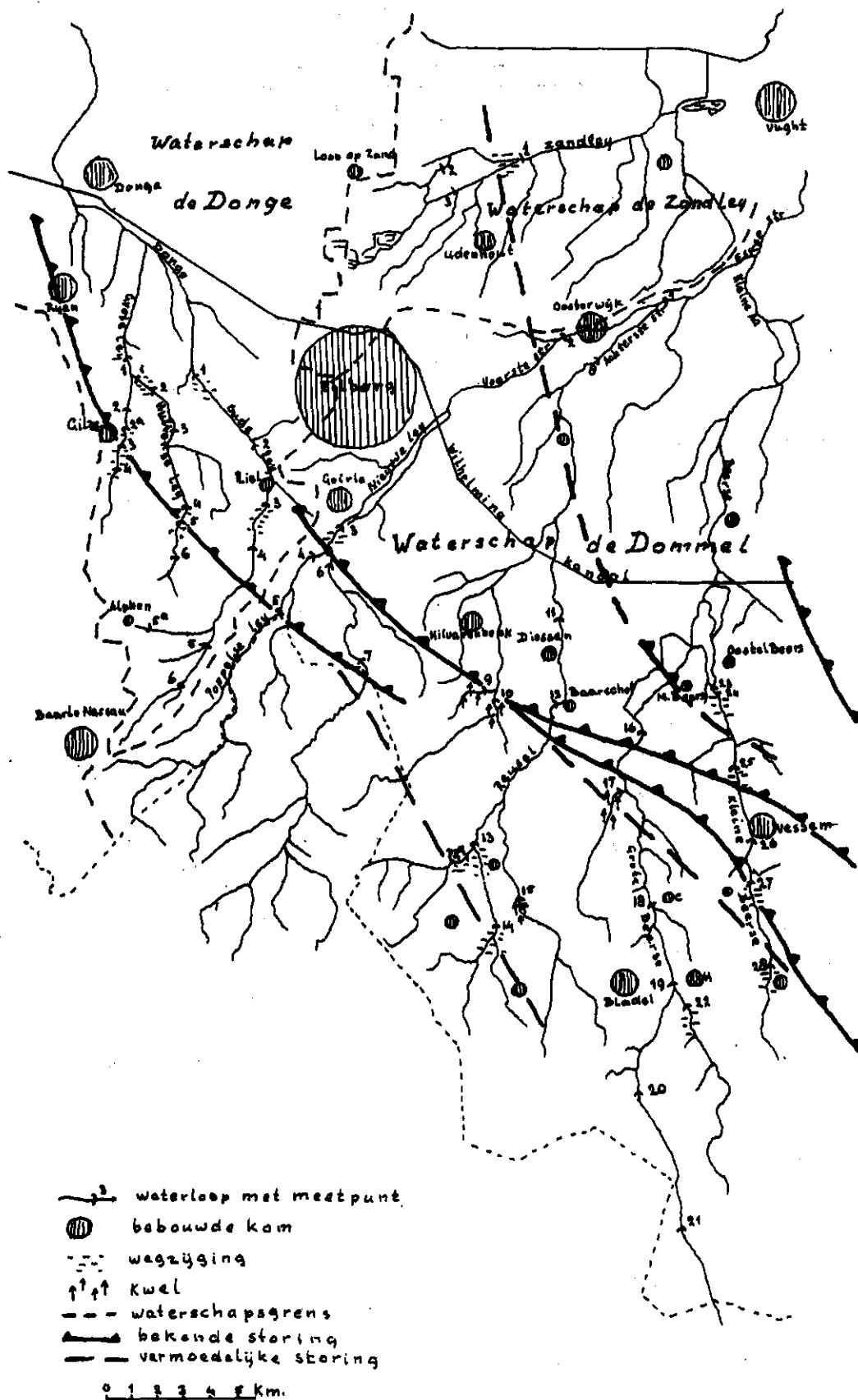


fig. 7. Overzichtskaart van de afvoerm Meetpunten met kwel en weg-
zijgingsgebieden.

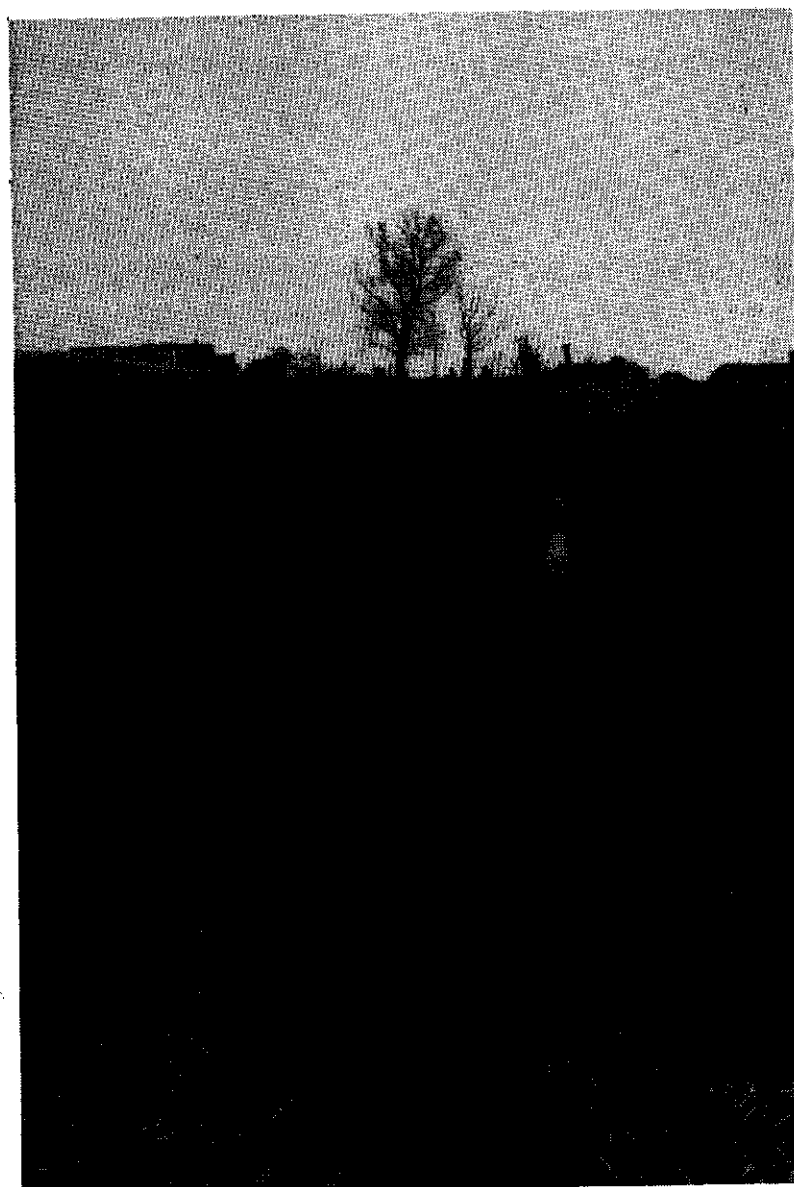


fig. 8. Wegzijing van slootwater vanaf de Peelrandbreuk bij Nistelrode.

Winter - isohypsenkaart
Midden Noord-Brabant

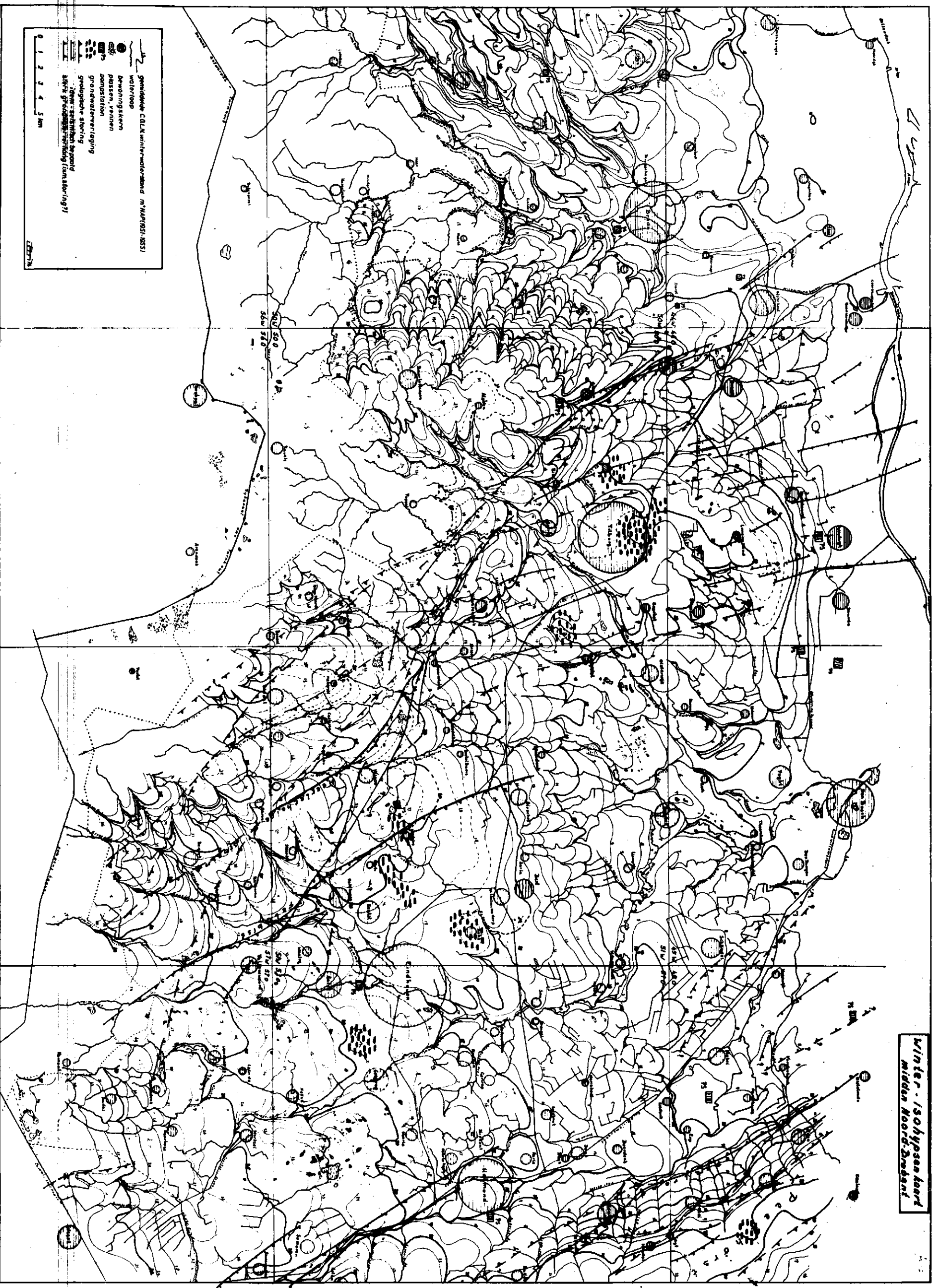


fig. 9. Gemiddelde winter-isohypsenkaart met het bekenpatroon van Midden Noord-Brabant.

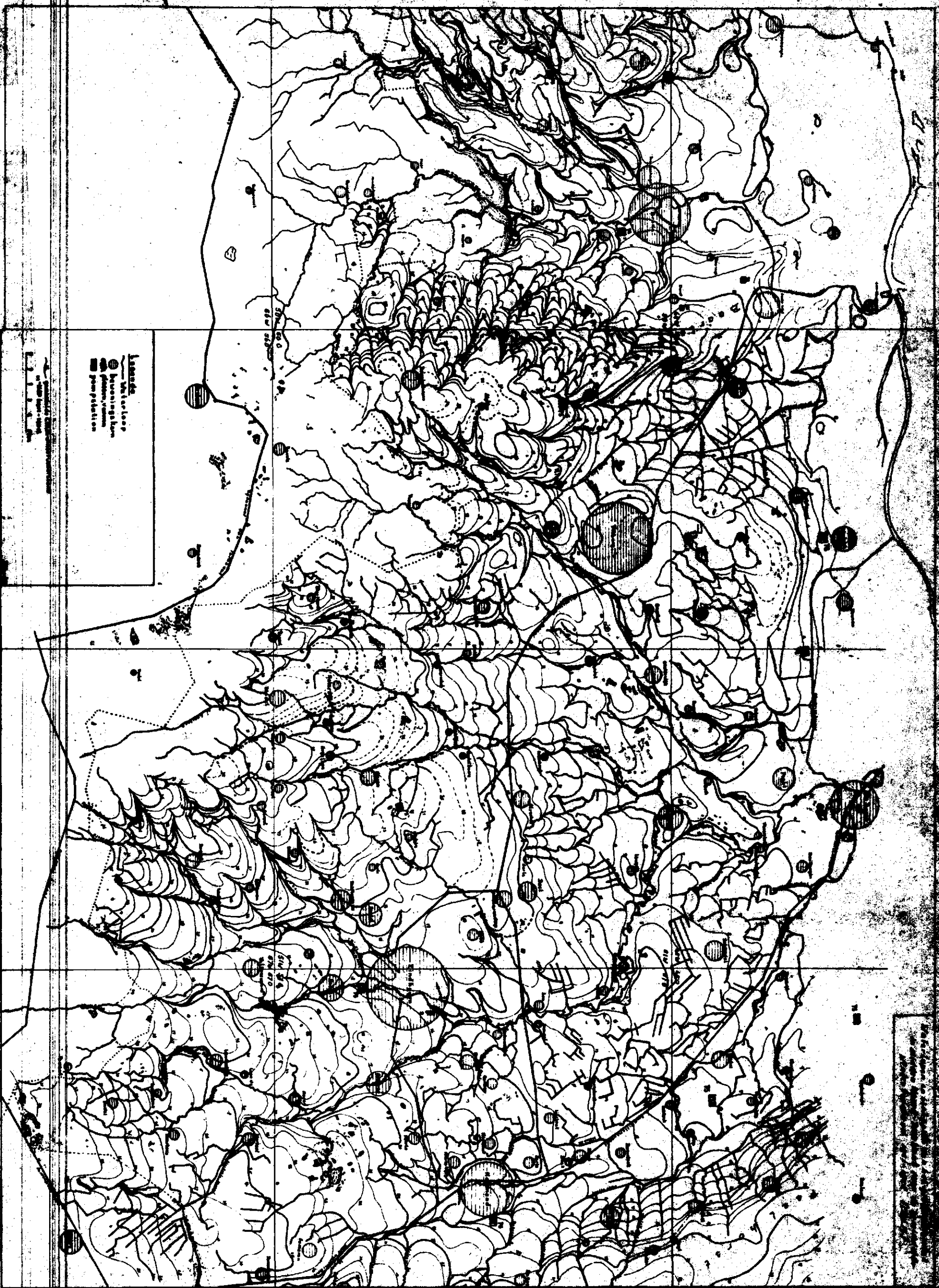


Fig. 10. Kaart met bekende en vermoedelijke storingen van Midden Noord-Brabant gestuurd op de winter isohypsenkaart.

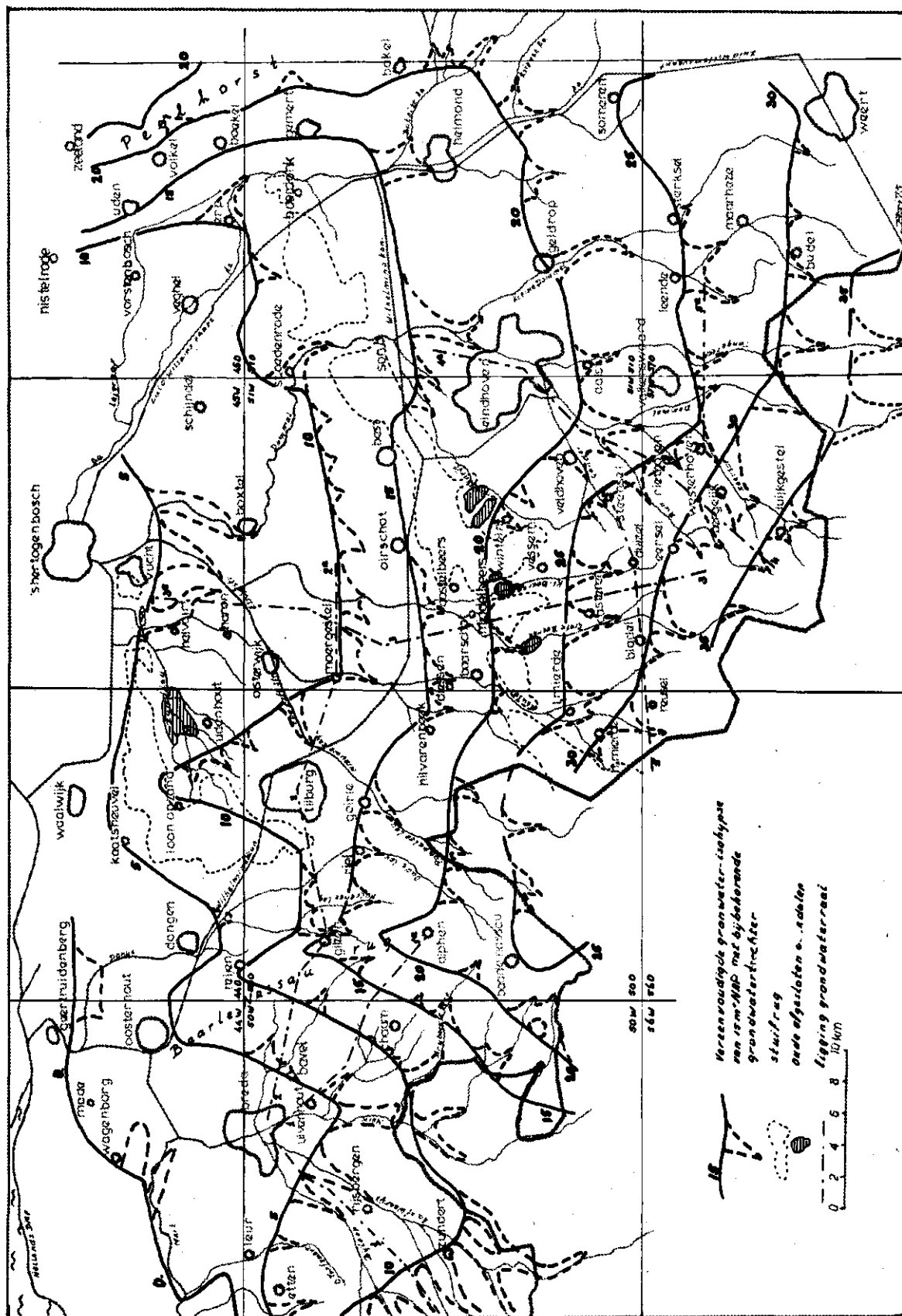


fig. 11. Vereenvoudigde isohypsenkaart met slechts de 5 m isohypsenlijnen, de ligging van enkele grondwater dwarsprofielen en een tweetal stuifruigen.

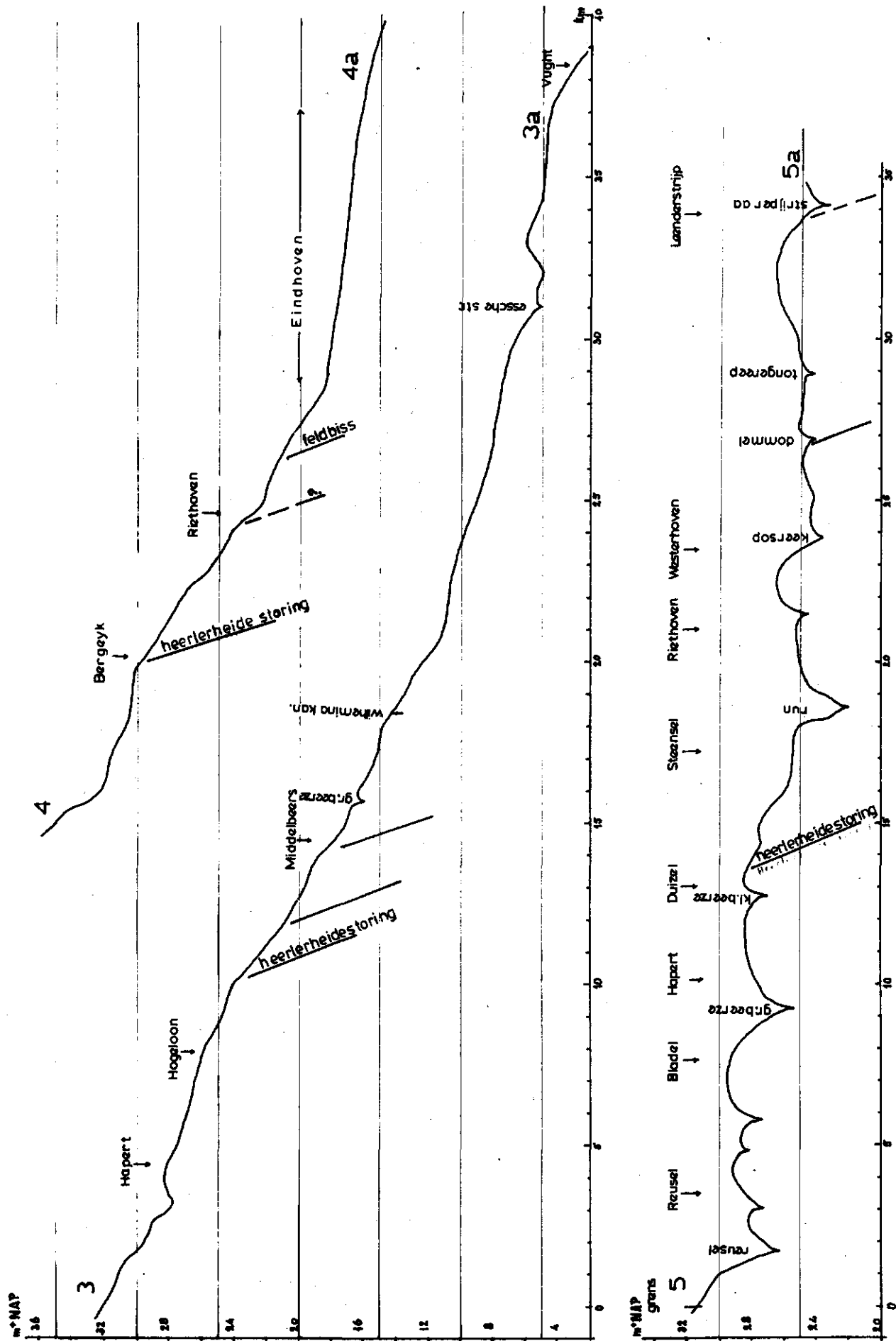


fig. 13. Dwarsraaien van het grondwater in zuid Noord-Brabant.

3. Hapert-Vught; 4. Bergeijk-Eindhoven, 5. Reusel-Steensel-Westerhoven-Strijper Aa.

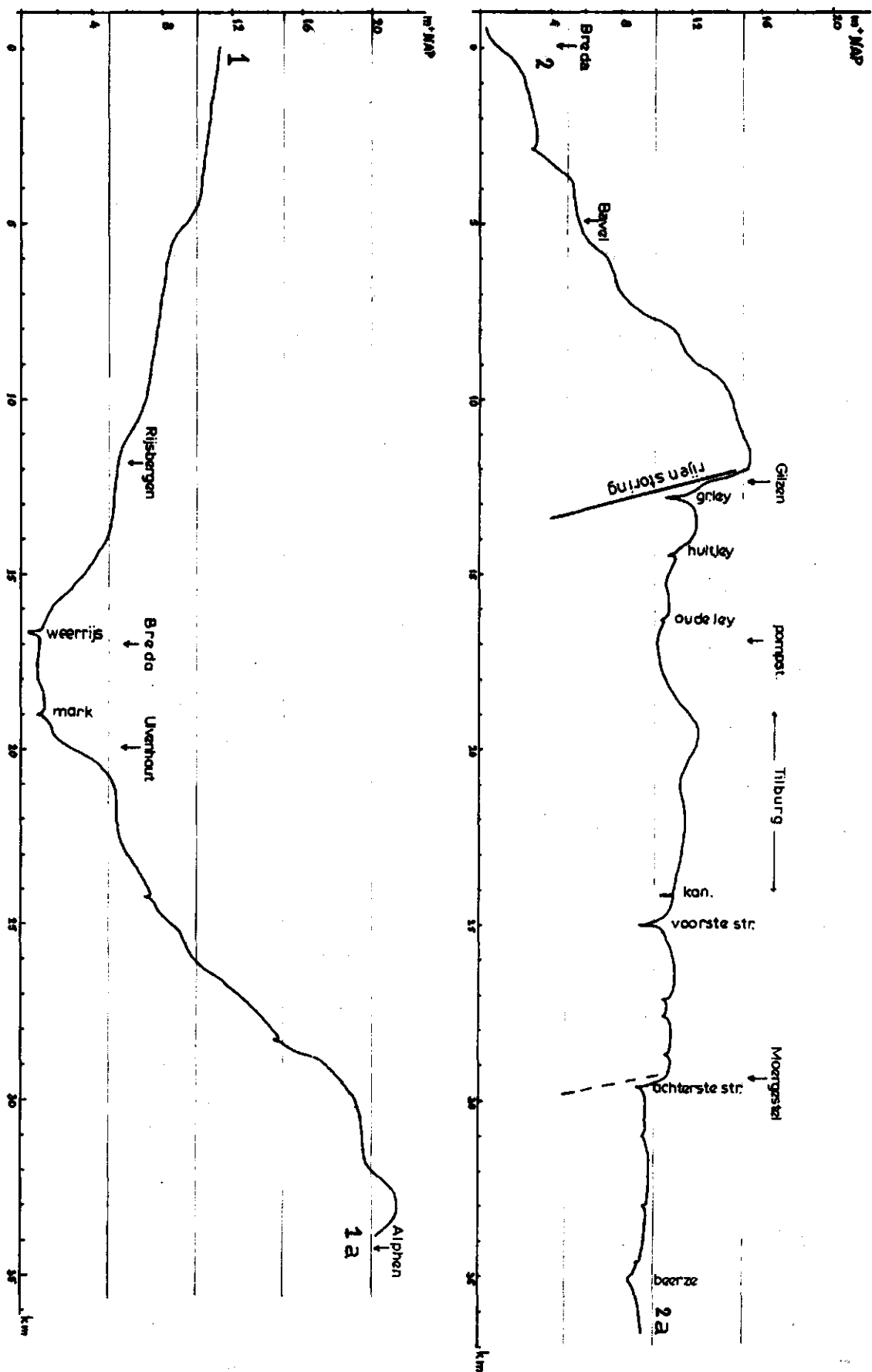


fig. 12. Dwaarsraaien 1 en 2 van het grondwatervlak in zuidwest Brabant.

1. Rijsbergen-Breda-Alphen; 2. Breda-Tilburg-Moergestel.

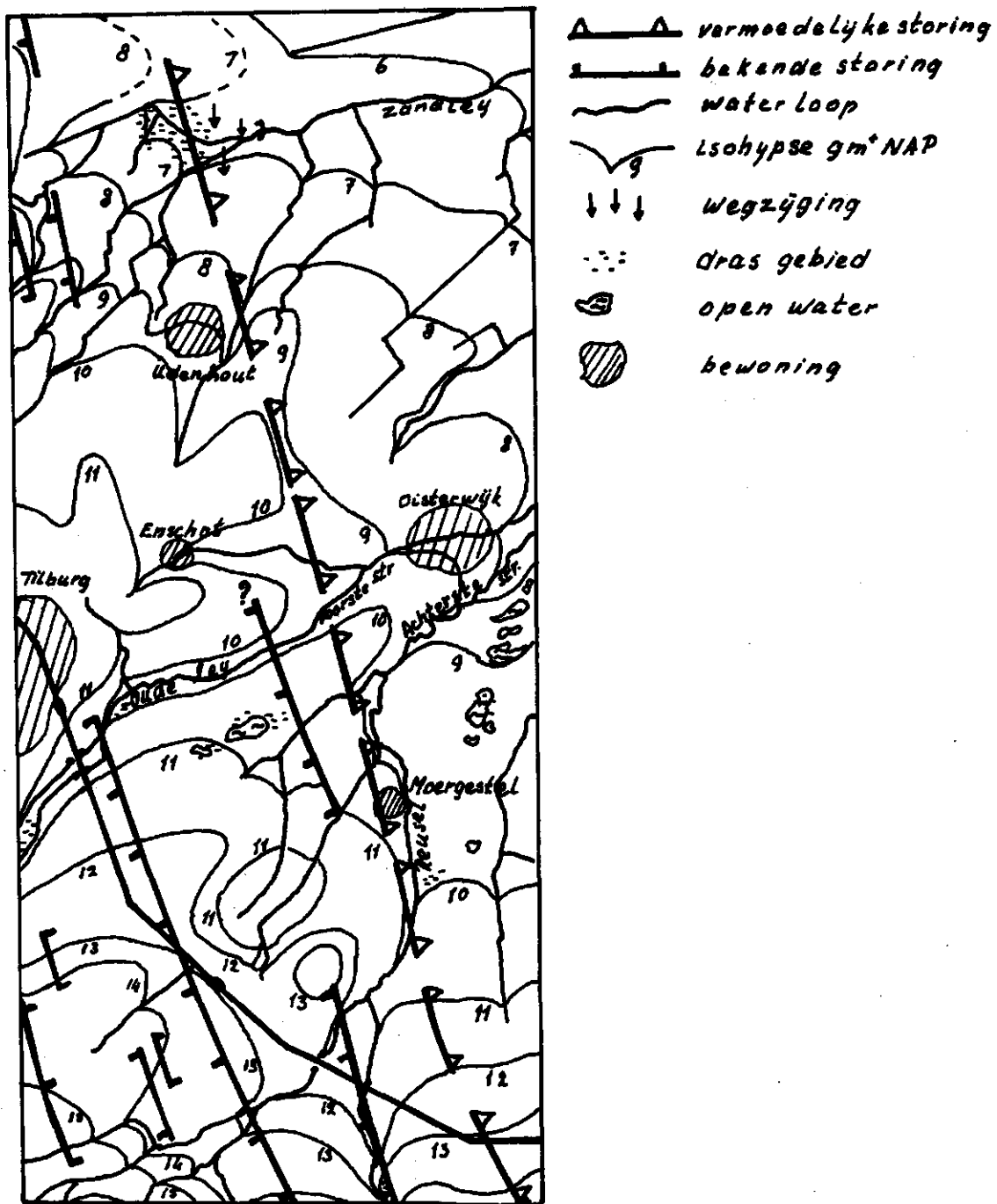


fig. 15. Het verloop van de isohypsenlijnen bij de Reusel en Moergestel.