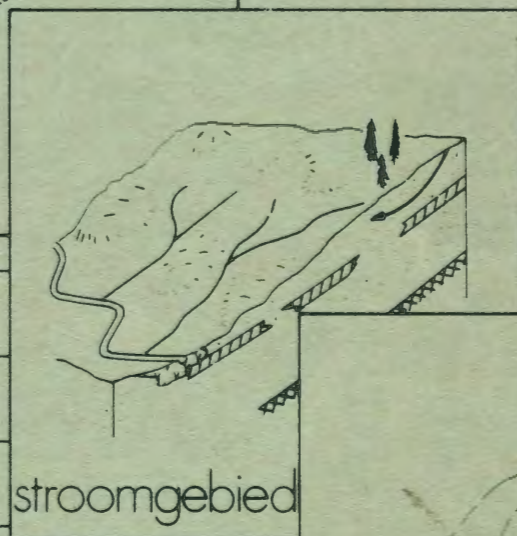
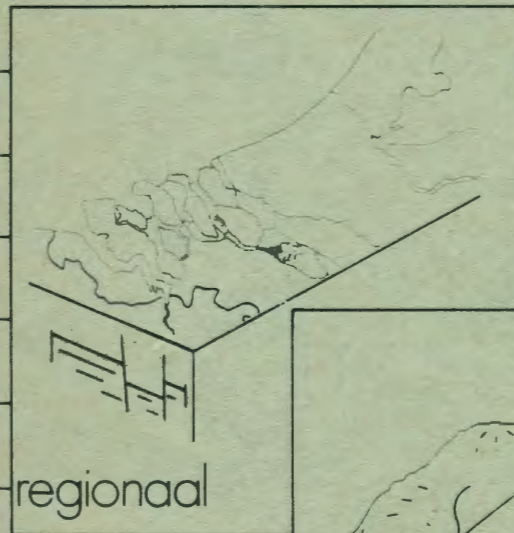


Ecohydrologisch onderzoek van het Merkse stroomgebied



eindrapport:

Een hydrogeologisch en vegetatiekundig
onderzoek ten dienste van het
natuurbeschermings beleid

~~22/2900~~ 799 D02

EINDRAPPORT MERKSKE-ONDERZOEK

**Een ecohydrologisch onderzoek ten dienste van het
natuurbeschermingsbeleid**

Onder auspiciën van de
Benelux Economische Unie,
juni 1988

15 AUG. 1989

JSN 276570 *

HYDROLOGISCH ONDERZOEK "HET MERKSKE, NOORD-BRABANT".
TOEPASSING VAN DE REGIONALE HYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE.

- TD 1 a: METHODE VAN ONDERZOEK
 b: DE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGISCHE SCHEMATISATIE
- TD 2 WATERKWALITEITS-, GRONDWATERTEMPERATUUR- EN ISOTOPEN-
 ONDERZOEK IN RELATIE TOT WATERSYSTEMEN
- TD 3 a: DE WATERBALANS
 b: GRONDWATERMODELLERING
- TD 4 HYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE VAN DE KROMME HOEK
- TD 5 STIKSTOFBELASTING VAN HET GRONDWATER
- TD 6 RELATIE VEGETATIE - ABIOTISCHE MILIEUFACTOREN
 IN HET MERKSKE-DAL
- TD 7 RELATIE VEGETATIE - ABIOTISCHE MILIEUFACTOREN
 IN KWELSITUATIES OP DE HOGERE ZANDGRONDEN IN NEDERLAND

EINDRAPPORT

"ECOHYDROLOGISCH ONDERZOEK VAN HET MERKSKE STROOMGEBIED. EEN HYDRO-
GEOLOGISCH EN VEGETATIEKUNDIG ONDERZOEK TEN DIENSTE VAN HET NATUUR-
BESCHERMINGSBELEID"

INHOUD

blz.

VOORWOORD	1
1. INLEIDING	4
2. NATUUR EN LANDSCHAP	6
2.1 Geologie, geomorfologie en bodem	6
2.2 Hydrologie	8
2.2.1 Methode van onderzoek: hydrologische systeemanalyse	8
2.2.2 De hydrogeologische schematisatie	14
2.2.3 De waterbalans (1979-1986)	15
2.2.4 De chemische samenstelling van het oppervlaktewater en het grondwater	17
2.2.5 Resultaten van het isotopenonderzoek	21
2.2.6 Temperatuursonderingen	22
2.2.7 Modellerings	23
2.2.8 De hydrologische systemen rond het Merkske en hun werking	26
2.3 Flora en fauna	32
2.3.1 Flora	32
2.3.2 Aquatische fauna	34
2.3.3 Amfibieën	35
2.4 Synthese	36
3. DOELSTELLINGEN NATUURBESCHERMINGSBELEID IN HET MERKSKE-GEBIED	40
4. AANTASTINGEN/BEDREIGINGEN	42
4.1 Aantasting flora, fauna, waterlopen	42
4.2 Aantasting kwaliteit van het oppervlaktewater	44
4.3 Aantasting van de kwaliteit van het grondwater	45
4.4 Aantasting van de grondwaterhuishouding	48
4.5 Aantasting vanuit de atmosfeer	49

5.	TE NEMEN MAATREGELEN	51
5.1	Veiligstelling, inrichting, beheer	51
5.2	Maatregelen met betrekking tot de kwaliteit van het oppervlaktewater	56
5.3	Maatregelen met betrekking tot de kwaliteit van het grondwater	60
5.4	Maatregelen met betrekking tot kwantiteitsbeheer grondwater	64
5.5	Maatregelen met betrekking tot de luchtverontreiniging	65
5.6	Drie pakketten maatregelen ter bescherming en ontwikkeling van het Merkskegebied	68
6.	SAMENVATTING - CONCLUSIES	70
	LIJST VAN FIGUREN	77
	LITERATUUR	80

VOORWOORD

In 1983 werd door Dr.ir. F.J. van Zadelhoff (Consulentschap Natuur, Milieu en Faunabeheer Noord-Brabant) het initiatief genomen tot een geïnterpreteerd landschapsecologisch onderzoek in het beekdal van het Merkske. Begonnen werd met een oriënterend onderzoek, waarbij de aandacht vooral werd geconcentreerd op een gedetailleerde studie van een vijftal beemden verspreid over het beekdal (Buskens en Bijlmakers, 1984; Bijlmakers e.a., 1987).

Na de oriënterende fase werd het onderzoek uitgebreid tot het gehele stroomgebied van het Merkske, zowel in Nederland als in België. Dit uitgebreid landschapsecologische onderzoek werd van Nederlandse zijde gefinancierd door de Directie Natuur, Milieu en Faunabeheer van het Ministerie van Landbouw en Visserij en door de Landinrichtingsdienst (eveneens Ministerie van Landbouw en Visserij) en van Belgische zijde door de Dienst Water- en Bodembeleid en de Dienst Natuurbehoud, Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu (A.R.O.L.) van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Het geheel stond onder auspiciën van de Benelux Economische Unie (BEU), sectie "Natuurbehoud en Landschapsbescherming", werkgroep "Inventarisatie Beleidsinstrumenten en Grensoverschrijdende Natuurgebieden".

Vanuit de BEU ontstond een bijzonder goede samenwerking tussen de verschillende Belgische en Nederlandse overheidsvertegenwoordigers en de in opdracht van de regionale/nationale overheden werkende onderzoekers van de universitaire instellingen.

De integrale Merkske-studie bestaat uit vijf deelstudies:

- (1) Een vegetatiekundige studie van het Belgische deel van het stroomgebied van het Merkske in opdracht van de A.R.O.L.-Dienst Natuurbehoud en de A.R.O.L.-Instituut voor Natuurbehoud van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, door Lic. E. Verhaert en Lic. G. De Blust o.l.v. prof.dr. R.F. Verheyen van het departement biologie van de Universitaire Instelling Antwerpen (Verhaert en de Blust, 1986).
- (2) Een floristisch/vegetatiekundig onderzoek van het Nederlandse deel van het stroomgebied van het Merkske door

J. Cools en dr.ir. F.J. van Zadelhoff van NMF Noord-Brabant (Cools, 1986; van Zadelhoff, 1987).

- (3) Een geologisch onderzoek van het Belgisch stroomgebied van het Merkske, in opdracht van A.R.O.L.-Dienst Water- en Bodembeleid van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, welke werd uitgevoerd door het Laboratorium voor toegepaste geologie en hydrogeologie van de Rijksuniversiteit Gent door Lic. E. van Dyck en Lic. E. Pieters o.l.v. prof.dr. W. De Breuck (Van Dyck en Pieters, 1986).
- (4) Een uitgebreid hydrogeologische systeemanalyse, uitgevoerd door drs. R.J. Stuurman (in tijdelijke dienst van Natuur, Milieu en Faunabeheer en sinds 1/1/87 in dienst van TNO-DGV), A. Biesheuvel en J.L. van der Meij (beiden als eindstudie voor de studie Hydrogeologie, Instituut voor Aardwetenschappen o.l.v. prof.dr. G.B. Engelen).
- (5) Enkele achtergrondstudies naar nitraatbelasting en grondwatersamenstelling in beekdalen (Mensink, Stuurman en Van Zadelhoff, 1988; Garritsen, Stuurman en Van Zadelhoff, in voorbereiding).

Voorliggend rapport geeft een samenvatting van de onderzoeksresultaten gevolgd door een beschouwing over de aantastingen en bedreigingen van het gebied en de maatregelen die genomen zouden moeten worden om de nog aanwezige natuurwaarden te beschermen.

Met het oog op een goede afstemming van het onderzoek op de praktijk werd een begeleidingscommissie in het leven geroepen bestaande uit:

Voor Nederland:

ing. C.P. Beets	Staatsbosbeheer Utrecht
ir. A.E. van Giffen	Hoogheemraadschap West-Brabant
ing. W. van der Meer	Landinrichtingsdienst Noord-Brabant
ir. M. Mensink	Consulentschap Natuur, Milieu en Fauna-beheer (NMF)
drs. R.J. Stuurman	Onderzoeker NMF (1/1/87 - TNO-DGV)
ir. K.J. Provoost	Provinciale Waterstaat Noord-Brabant
ing. O.A.M. van Damme	Waterschap Boven-Mark
dr.ir. F.J. van Zadelhoff	NMF, Noord-Brabant (voorzitter)

Voor België:

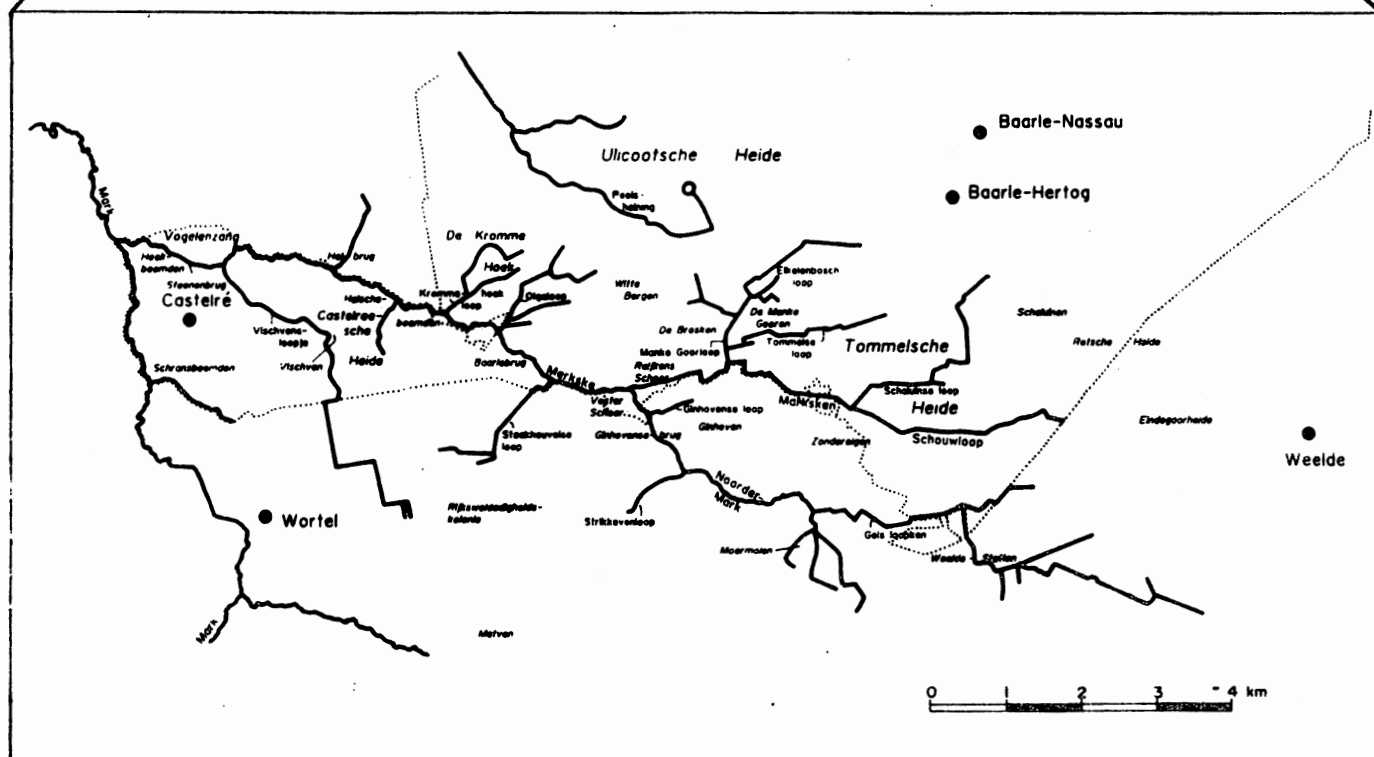
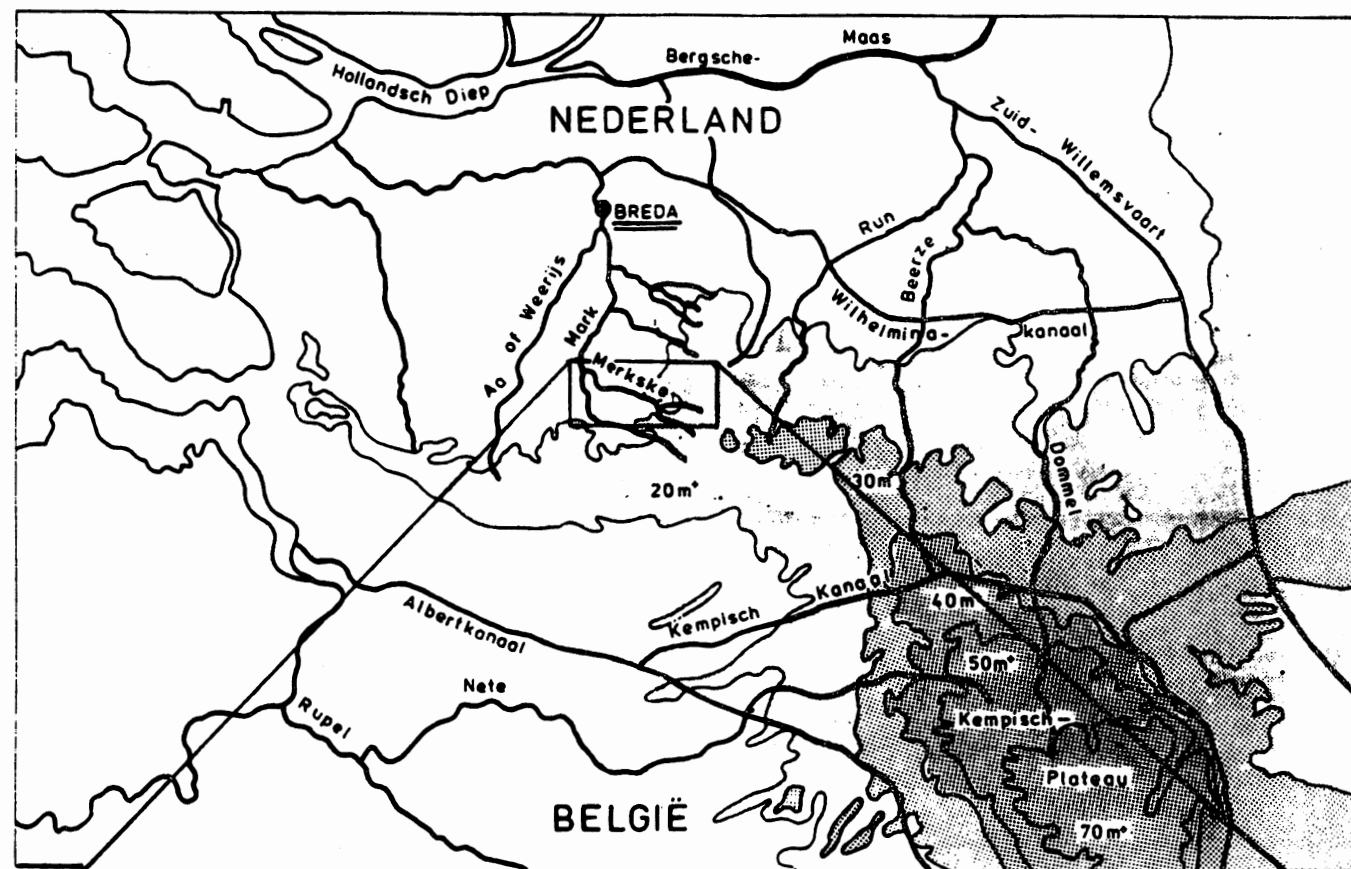
lic. G. De Blust	Instituut voor Natuurbehoud
ir. M. Van Damme	AROL-Dienst W & B
ir. R. Dingenen	AROL-Dienst LB
lic. E. Van Dyck	Onderzoeker Universiteit van Gent/ A.R.O.L.
ing. W. Nuytemans	ATD - Dienst Landbouwinstituten
lic. H. Van der Veken	A.R.O.L. - Dienst NB
lic. E. Verhaert	Onderzoek Universitaire Instelling Antwerpen/A.R.O.L.

Voor de Benelux Economische Unie: lic. H. Abts (secretaris)

Uit de begeleidingscommissie werd een redactiegroep gevormd die dit eindrapport heeft samengesteld. De redactiegroep bestond voor België uit: G. De Blust, M. Van Damme, H. Van der Veken en E. Verhaert. Voor Nederland bestond de groep uit: R.J. Stuurman, M. Mensink en F.J. van Zadelhoff.

Speciale dank gaat uit naar drs. F.D.E. Waardenburg en dr.ir. W. Zijl van de Dienst Grondwaterverkenning TNO voor ondersteuning en het beschikbaar stellen van het grondwatermodel FLOSA-FD. Hetzelfde geldt voor drs. H. van Elburg van het Instituut voor Aardwetenschappen voor het gebruik van het grondwatermodel FLOWNET. Tenslotte bedanken wij drs. P. Nienhuis voor ondersteuning in het veld en voor het toepassen van lineaire regressie en cokriging bij het verwerken van grondwaterstandsgegevens.

Redactiegroep Eindrapport Merkske Onderzoek
Delft, 28 maart 1988.



NBR 88 062

Figuur 1. Situatieschets en toponiemenkaart

1. INLEIDING

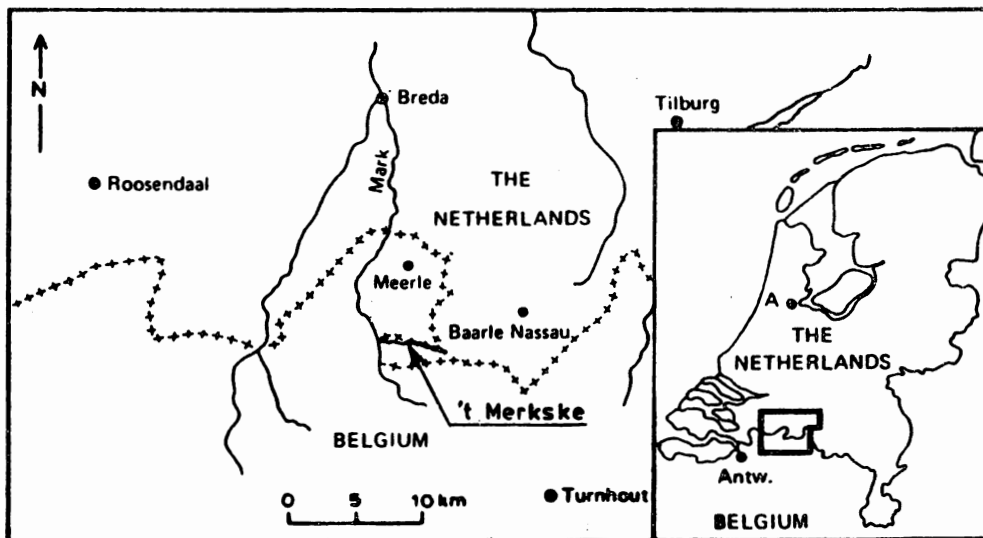
Het Merkske is een laaglandbeek ten zuid-oosten van Breda (zie fig. 1) op de grens tussen Nederland en België.

Het stroomgebied van het Merkske is momenteel in intensief agrarisch gebruik. In de omgeving van Baarle-Nassau, bij Ginhoven en bij Castelnau overheerst de maisteelt, elders vindt men hoofdzakelijk graslandgebruik. De hoogste delen zijn bedekt met naaldbos.

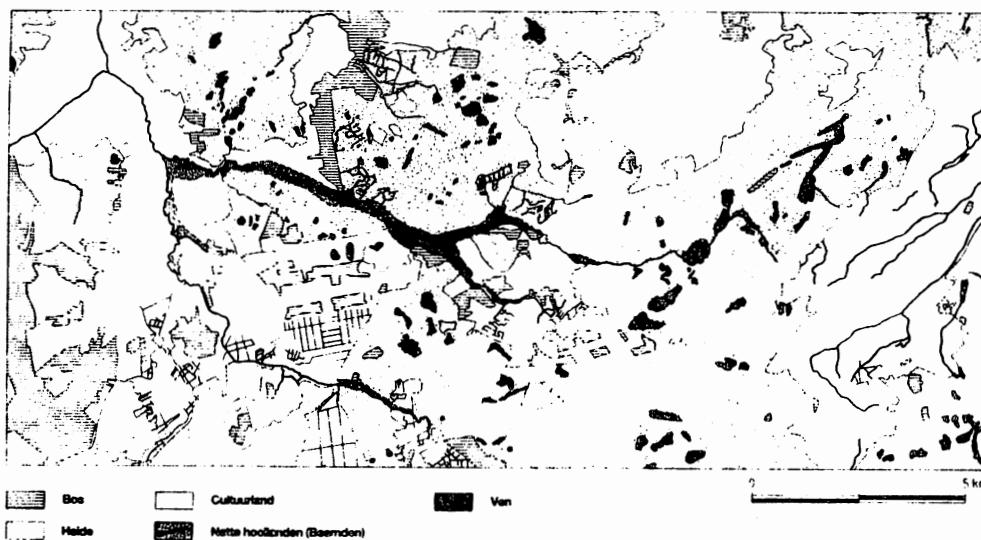
Historische kaarten laten zien dat het gebied middel vorige eeuw nog bedekt was met uitgestrekte heidevelden (fig. 2). De bovenlopen van de beken ontsprongen in veel gevallen vanuit de talrijke vennen. In het begin van de 20e eeuw zijn de heidevelden omgezet in bos en landbouwgronden. Sinds die tijd zijn de natuurwaarden grotendeels teruggedrongen tot het eigenlijke beekdal, waar momenteel getracht wordt de resterende waarden te beschermen door het vormen van een groot beekdalreservaat.

Het in goede staat houden van een beekdalreservaat vormt een van de lastigste opgaven voor het natuurbeheer. Dit is vooral toe te schrijven aan het feit, dat beken en beekdalen zich landschapsecologisch in een kwetsbare positie bevinden. Zij verzorgen de waterafvoer van veelal grote stroomgebieden. Allerlei stoffen, die in het stroomgebied van de beek geloosd of gedumpt worden, kunnen via grond- en oppervlaktewater in het beekdal terecht komen.

Beekdalecosystemen staan dan ook in sterke mate aan externe invloeden bloot, te meer daar het grond- en oppervlaktewater in dit soort systemen een sleutelrol vervult. Uit recent onderzoek van Grootjans (1985) blijkt bijvoorbeeld, dat in beekdalen de samenstelling van de vegetatie veelal nauw samenhangt met het grondwaterregime en de grondwaterkwaliteit, althans in min of meer ongestoorde situaties. Uit dit onderzoek blijkt ook, dat ingrepen in de waterhuishouding via verdrogingsprocessen en/of veranderingen in de grondwaterkwaliteit maar al te gemakkelijk kunnen leiden tot het verdwijnen van kwetsbare soorten uit grondwaterafhankelijke vegetaties in beekdalen. De beheerder van een beekdalreservaat staat dan ook voor de opgave er voor te zorgen, dat het toestromende grond- en oppervlaktewater in kwantitatieve en kwalitatieve zin aan bepaalde randvoorwaarden voldoet c.q. weer gaat voldoen.



Figuur 1 De lokatie van het Merkske ten zuiden van Baarle-Nassau



Figuur 2 De verspreiding van bos, heide, cultuurland, natte hooilanden en vennen in 1940 op basis van de Topografische en Militaire Kaart van het Koninkrijk der Nederlanden (1838-1840).

Welke randvoorwaarden een rol spelen is vaak niet eenvoudig vast te stellen. Bovendien kunnen ze van gebied tot gebied verschillen, afhankelijk van de vegetatietypen en fauna-elementen die men wil beschermen en van geologische, hydrologische en bodemkundige eigenschappen van het stroomgebied, waarin het beekdal gelegen is. Een uitgebreid gebiedsgericht onderzoek is dan ook veelal onontbeerlijk als eerste stap op weg naar een verantwoord 'uitwendig' beheer van een beekdalreservaat.

Het landschapsecologisch onderzoek in het beekdal van 't Merkske is zo'n gebiedsgericht onderzoek. Het onderzoek had tot doel de kennis over geologie, hydrologie, hydrochemie, bodem, vegetatie en fauna te vergroten en het inzicht in de relaties tussen deze factoren zodanig te verdiepen, dat randvoorwaarden voor het (grond)waterregime en de (grond)waterkwaliteit kunnen worden geformuleerd en gefundeerde beschermingsmaatregelen voor de natuurvoorwaarden in het beekdal kunnen worden voorgesteld. Dit met het oog op de toepassing van de Relatienota, de uitvoering van de Ruilverkaveling Baarle-Nassau en de toepassing van de Wet op de Bodembescherming. Uit het oriënterend onderzoek dat in 1983 werd uitgevoerd (Buskens en Bijlmakers, 1984; Bijlmakers e.a., 1987) bleek dat er een duidelijke samenhang was tussen de vegetaties van de beemden in het beekdal en de hydrologische, hydrochemische en bodemkundige gesteldheid. Met name daar waar schoon kalkhoudend grondwater toestroomt kunnen goed ontwikkelde, soortenrijke hooilanden worden aangetroffen. Langs de hogere randen van de beemden werden weinig soortenrijke vegetaties aangetroffen, mogelijk ten gevolge van de aanvoer van voedingsstoffen via het grondwater. Duidelijk werd dat de inspanningen van het natuurbeheer zich vooral zouden moeten richten op het instandhouden van de toevoer van schoon kalkhoudend grondwater in het lagere deel van het beekdal en het herstel van de toevoer van schoon, voedselarm water naar de randen van het beekdal. Daartoe was vooral verdieping van kennis inzake de geohydrologie van het stroomgebied gewenst. Daarom werd in 1986 besloten tot het starten van een vervolgonderzoek, waarin het accent vooral lag op een hydrologische systeemanalyse van het gehele stroomgebied. Anvullend daarop werd een vegetatiekartering en een floristische inventarisatie van het stroomgebied uitgevoerd en werden inventarisaties verricht van de amfibieënfauna en de aquatische macrofauna.

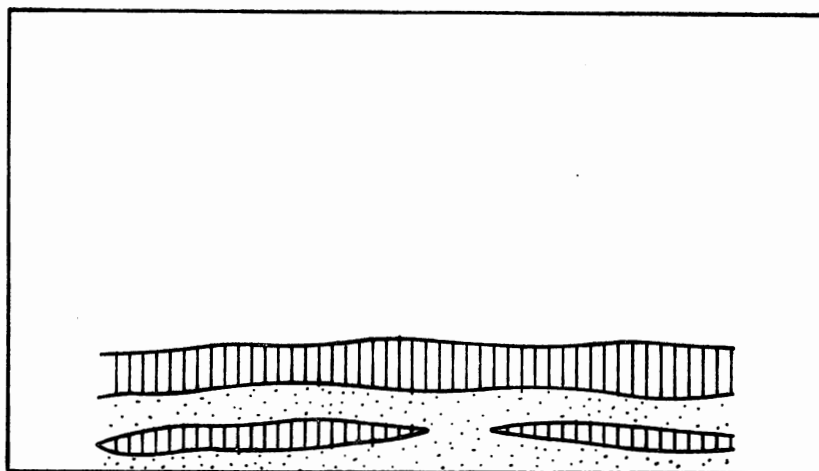


Fig. 3. De geologie tijdens het Onder-Pleistoceen (Tiglien). Aan het oppervlak bevonden zich hoofdzakelijk kleiafzettingen van de Formatie van de Kempen.

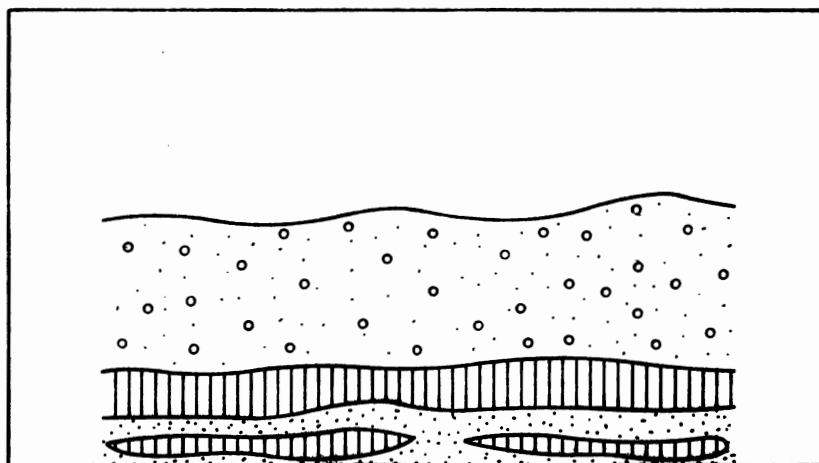


Fig. 4 De geologische situatie rond het Waalien. Door de Maas zijn in het gebied hoofdzakelijk grove grindhoudende zanden op de Formatie van de Kempen afgezet.

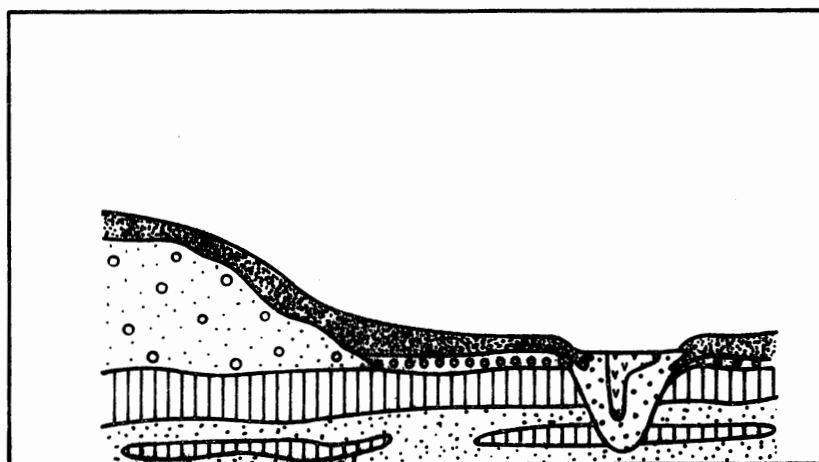
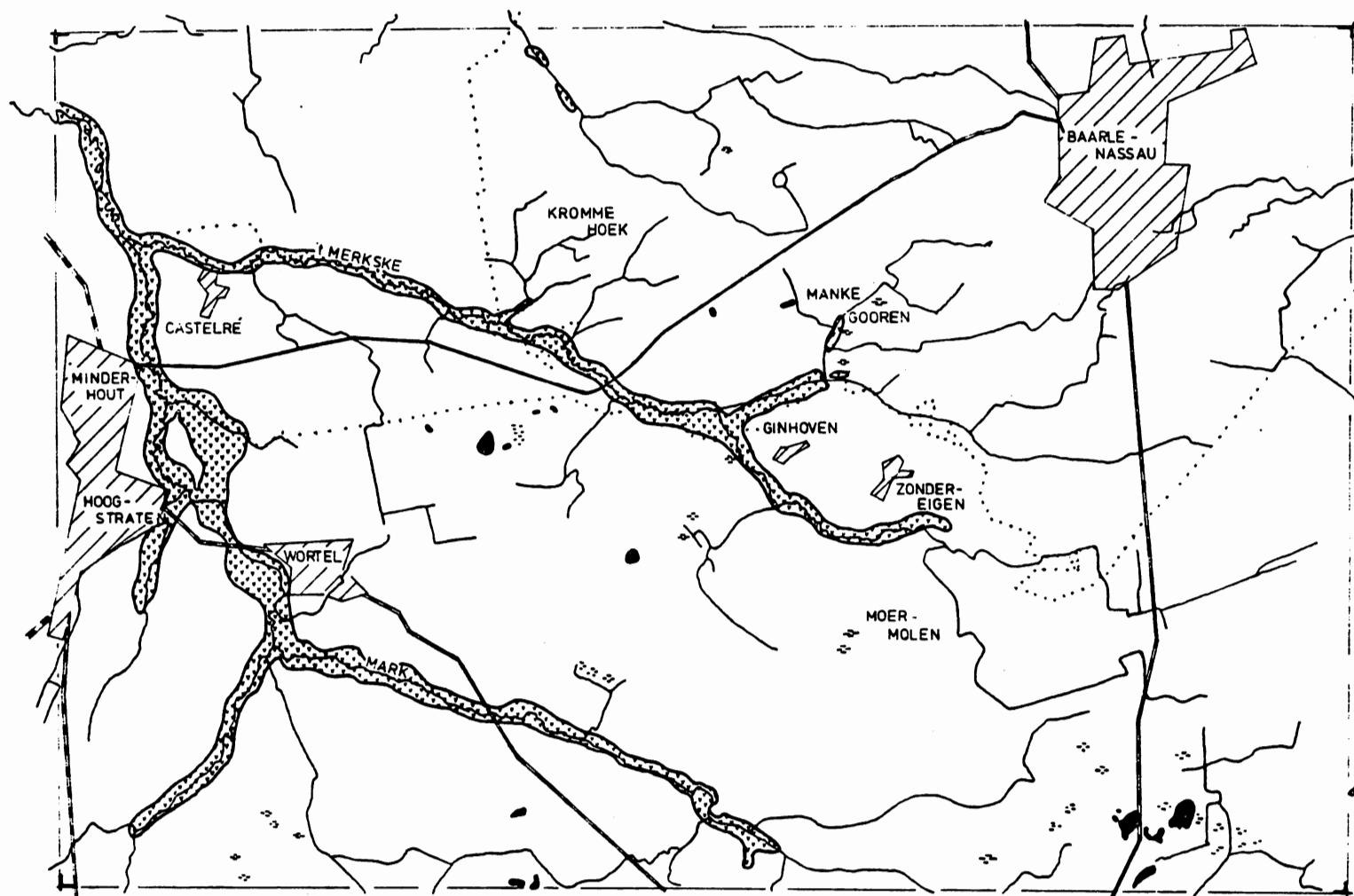


Fig. 5. Huidige geologische situatie.



LEGENDA

-  BEBOUWING
-  VERHARDE WEG
-  WATERLOOP
-  GRASSIG TERREIN
-  VEN
-  RUKSGRENS

HYDROLOGISCHE SYSTEEMKARTERING 'MERKSKE

ONDERWERP :

SCHAAL	KAARTBLAD	RAPPORT
1:50000	5001 G	

6. Veenverspreiding rond het Merkske

2. NATUUR EN LANDSCHAP

2.1 Geologie, geomorfologie en bodem

Het stroomgebied van het Merkske bevindt zich in het zogenaamde "Dekzandlandschap van de Noorderkempen" (De Ploey, 1961).

De alluvia van de waterlopen zijn smal en hebben een duidelijk dalkarakter. In dit verband valt vooral de Noordermark op waar hoogteverschillen van 3 à 4 meter over 100 meter voorkomen. Rond het stroomgebied van het Merkske blijkt een algemene helling van 30 meter boven NAP in het oosten naar 10 meter boven NAP in het westen te bestaan.

Dit reliëf kan als volgt verklaard worden.

Tijdens het Waalien werden grove grindhoudende zanden van de Formatie van Kedichem afgezet op de kleien van de fluviatiele Formatie van de Kempen (fig. 3, 4). (Voor de correlatie tussen de Belgische en Nederlandse stratigrafische termen wordt verwezen naar fig. 16).

Tijdens de koude perioden van de ijstijden verdween het grootste deel van de Formatie van Kedichem onder invloed van achterwaartse erosie door een stelsel van beekjes (fig.5).

De hogere delen rond Baarle-Nassau en de rug Baarle-Nassau-Turnhout welke bovenstrooms van dit beekstelsel zijn gelegen, bleven voor de erosie gespaard.

Ook de Witte Bergen bleven als een min of meer geïsoleerd deel van het terras van de Formatie van Kedichem over. Plaatselijk treft men hier het karakteristieke maasgrind aan (> 10 cm). Waar de Formatie van Kedichem in het geheel geërodeerd is vinden we sterk grindhoudend materiaal op het kleipakket van de Formatie van de Kempen (hoofdzakelijk ten oosten van de Witte Bergen). Tijdens koude perioden werden de resten van de Formatie van Kedichem bedekt door de eolische zanden van de Formatie van Twente. Gelijktijdig met de erosie van grote delen van de Formatie van Kedichem werden plaatselijk door o.a. het Merkske en de Kromme Hoekloop gedeelten van de kleitop van de Formatie van de Kempen geërodeerd.

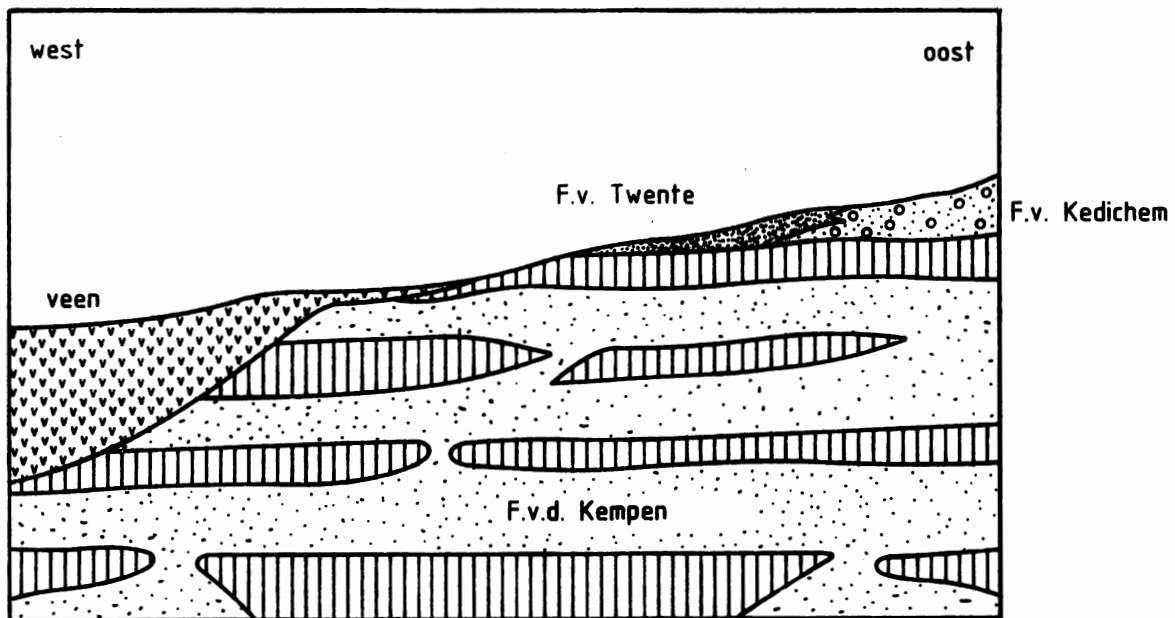


Fig.7 Schematisch oost-west profiel in het beekdal van Schouwloop-Markske-Merkske.

De beekdalen werden tijdens het Onder-Pleistoceen en Holocene gedeeltelijk opgevuld met veen (fig. 5). Het patroon en de samenstelling van deze veenopvulling levert een belangrijk hydrologisch gegeven op, namelijk dat ter plaatse van deze opvulling sprake moet zijn van continue natte omstandigheden, bijvoorbeeld in de vorm van (diepe) kwel.

Met behulp van verschillende beekdalprofielen, boorgegevens van Geys (1978), de 1:5000 Bodemkaart van de ruilverkaveling Baarle-Nassau (Bles e.a., 1980) en verscheidene in het kader van dit onderzoek uitgevoerde boringen kan een vrij nauwkeurig beeld van de verspreiding van het veen verkregen worden (fig. 6). Voor Mark, Noordermark en Markske blijken de veenvoorkomens allen ongeveer ten westen van dezelfde lengtegraad voor te komen. In het dal van de Noordermark komt veen het meest oostelijk voor. In het dal van Pools Heining daarentegen komt nauwelijks veen voor.

Een schematisch oost-west profiel (fig. 7) laat zien dat het met veen opgevulde dal ten westen van Baarlebrug sterk in diepte toeneemt. Figuur 8 toont de verspreiding van veen rond de Kromme Hoek beemd.

De profielen loodrecht op het beekdal (fig. 9 en 10) laten zien dat de bovenste kleilagen van de Formatie van de Kempen plaatselijk werden geërodeerd, vervolgens in een eerste fase werden opgevuld met zandige beekafzettingen en tenslotte in een latere fase met veen.

De belangrijkste bodemtypes in het stroomgebied zijn podzolen, enkeerdgronden, goor- en beekerdgronden, broekerdgronden en madeveengronden (bles e.a. 1980). De veldpodzolen komen voor in het dekzandgebied, daar waar vroeger vochtige heidevelden aanwezig waren. Op de dekzandruggen vinden we haarpodzolen. Door eeuwenlange bemesting zijn rond Baarle-Nassau/Hertog en Castelré enkeerdgronden ontstaan.

De broekerd en madeveengronden worden vooral rond het beekdal en de laaggelegen natte gebieden van Moermoelen en de Manke Goren aangetroffen.

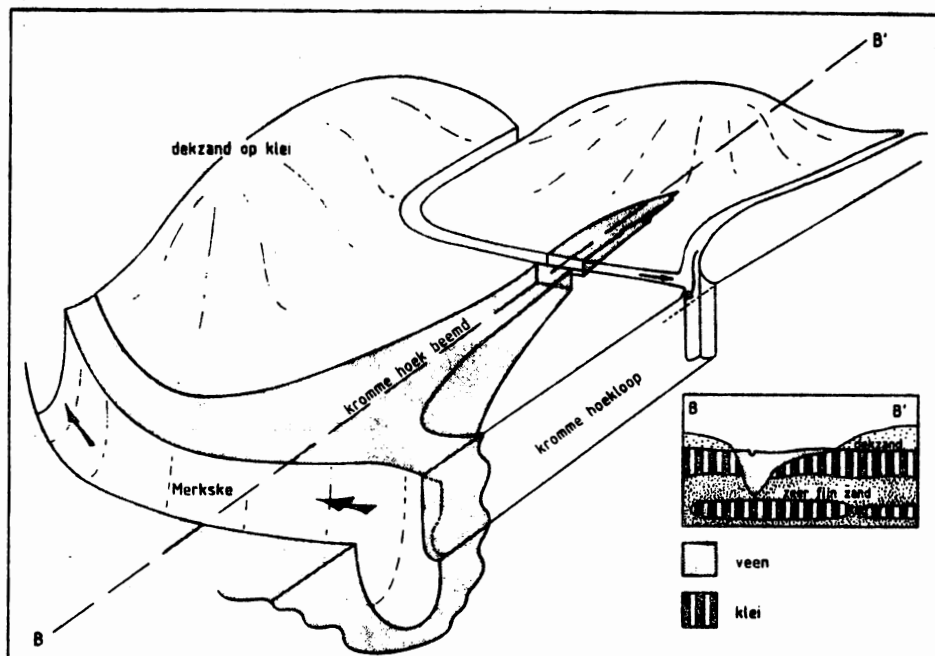


Fig. 8. De verspreiding van veen rond de Kromme Hoek beemd.

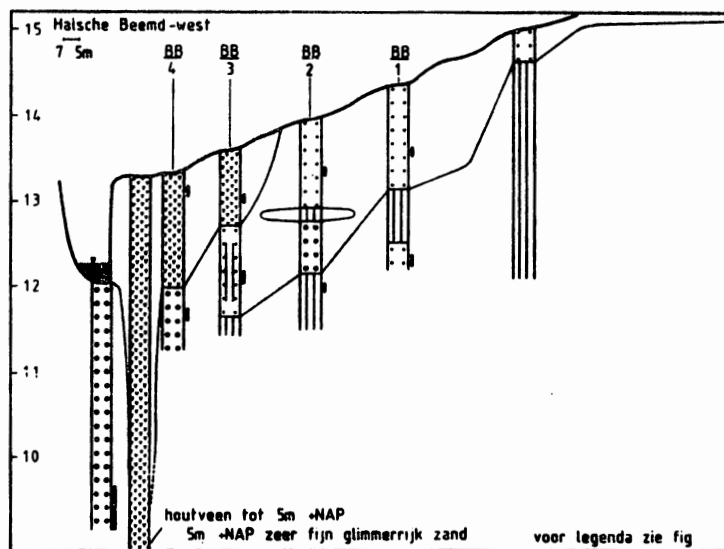


Fig. 9. Geologisch profiel in de Halsche beemd.

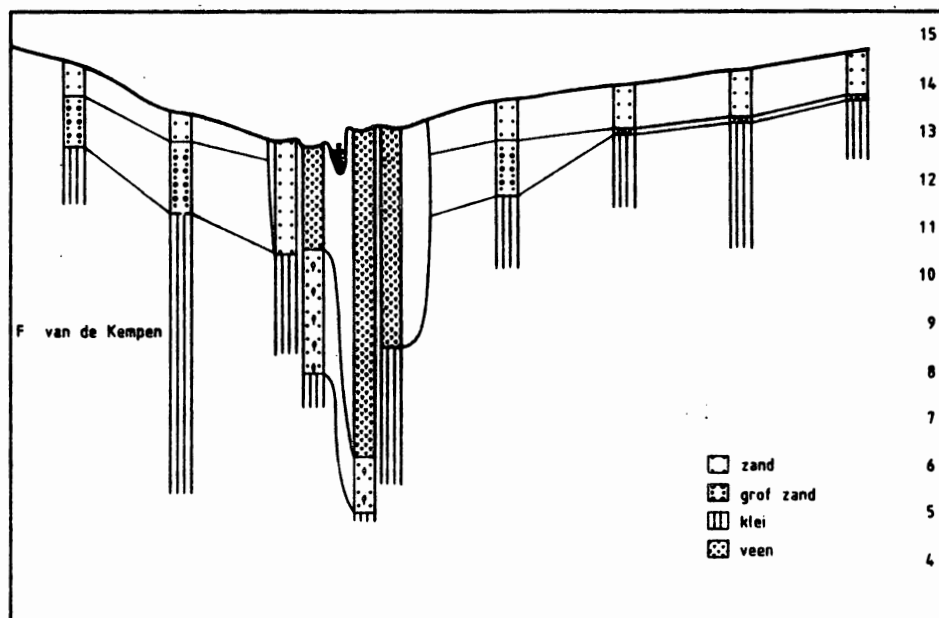


Fig. 10. Geologisch beekdal profiel bij Halbrug.

2.2 Hydrologie

2.2.1 Methode van onderzoek: hydrologische systeemanalyse

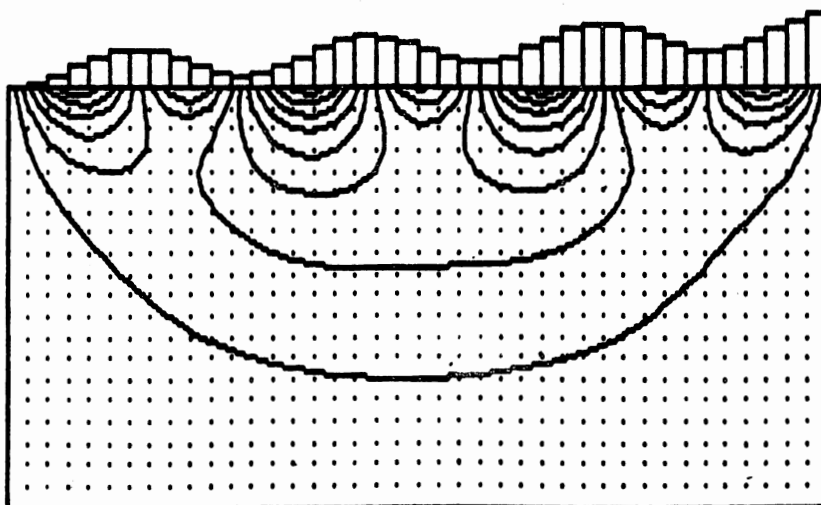
Via de grondwaterstroming staan infiltratie- en kwelgebieden met elkaar in verbinding (fig. 11). Deze stroming kan plaatsvinden over korte afstand, via ondiepe grondlagen (ondiepe, lokale grondwatersystemen), maar ook over grote afstanden en via diepe grondlagen (diepe, regionale grondwatersystemen).

De hydrologische systeemanalyse (systeemkartering) is een methode om de grondwatersystemen te identificeren waarbij tevens de invloed van kunstmatige ingrepen (grondwateronttrekkingen, wijzigingen in de oppervlaktewaterhuishouding, vuilstorten) op de grondwaterstroming en de grondwatersystemen kan worden ingeschat.

Een grondwatersysteem (grondwaterstromingsstelsel) is een in de ondergrond en aan het oppervlak afgrensbare driedimensionale tijdsafhankelijke of tijdsonafhankelijke dynamische eenheid. Deze eenheid heeft meestal een typerende hydrochemische samenstelling of groep van samenstellingen, afhankelijk van de hydrochemische invoer en omzettingsprocessen binnen de eenheid. Een grondwaterstromingsstelsel heeft een infiltratiegebied en één of meerdere exfiltratiegebieden die door een dynamisch samenhangend stromingsstelsel zijn verbonden.

Binnen een grondwaterstromingsstelsel kunnen een of meerdere subsystemen aanwezig zijn. Een subsysteem bestaat uit een verzameling stroomlijnen die eenzelfde voedingsgebied en kwelgebied hebben. De natuurlijke stuurvariabelen voor deze hydrologische grondwaterstromingsstelsels bestaan uit klimaat, topografie en geologische opbouw. Belangrijke kunstmatige randvoorwaarden worden gevormd door antropogene factoren zoals beïnvloeding door onttrekkingen ten behoeve van drinkwatervoorziening, beregening, de aanleg van kanalen en/of slootjes en bemaling.

Afwateringspatronen, grondwatertrappen, bodemkundige gesteldheid, de zoet-zout grens en de chemische samenstelling van het oppervlakte- en grondwater zijn allen afhankelijk van de stuurvariabelen (Tóth 1963, Freeze en Witherspoon 1966, Engelen 1981).



Figuur 11. Het grondwaterstromingsmodel van Toth.
Stroomlijnen berekend met het model FLOWNET (van Elburg et al. 1987)

Op grond van het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat er aan het oppervlak en dicht onder het oppervlak een vrijwel continue bron van informatie bestaat over de dimensies van grondwaterstromings-systemen. Dit is een aanvulling op de klassieke geohydrologische benadering waar slechts gebruik gemaakt wordt van een geohydrologische schematisatie op basis van puntmetingen.

In figuur 12 staat een schematische weergave van de feitelijke uitvoering van een hydrologische systeemkartering.

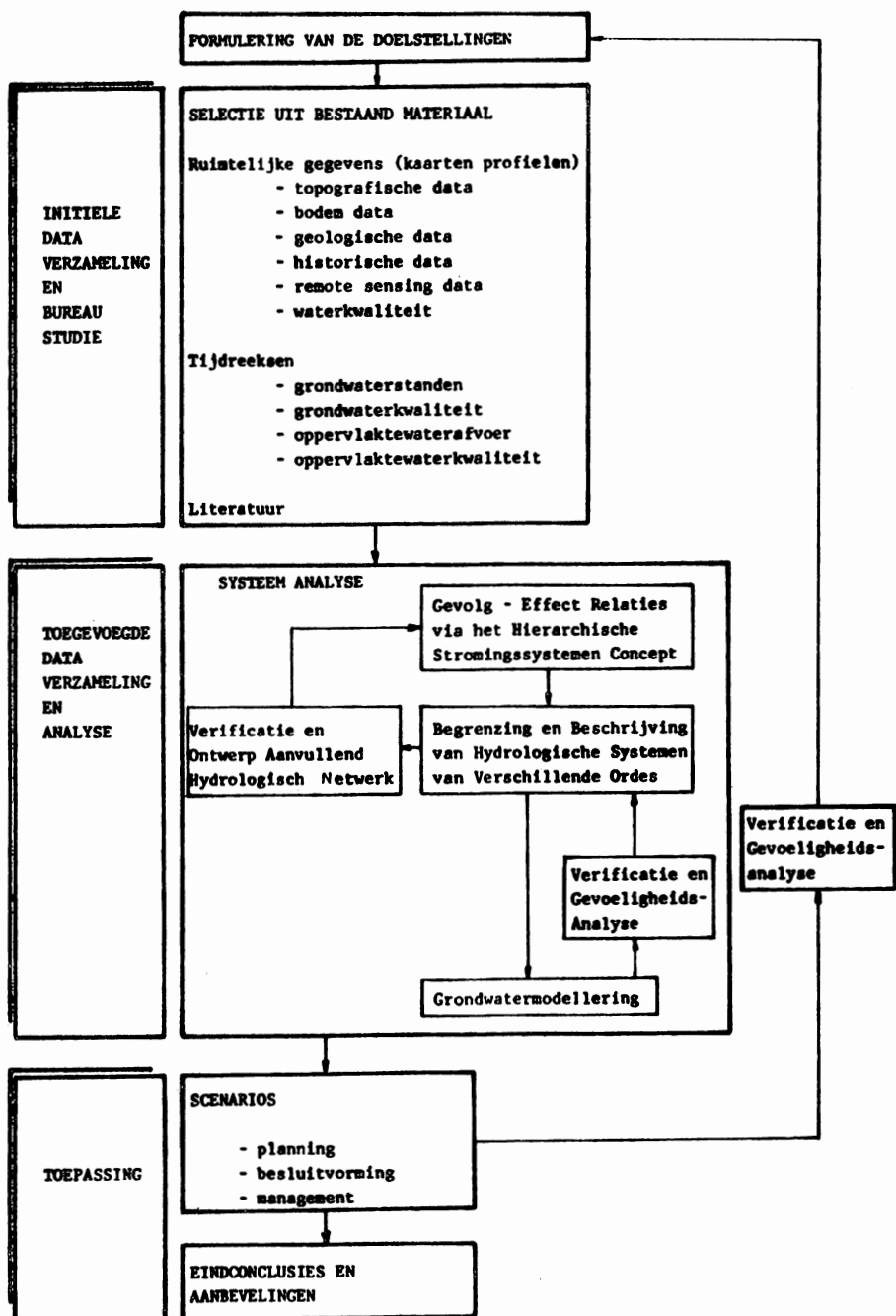
De hydrologische systeemanalyse verschilt van de klassieke geohydrologische studies doordat de klassieke studies uitgaan van een schematisatie van de ondergrond in aquifers en aquicludes (resp. goed en slecht doorlatende lagen), terwijl de systeemtheorie uitgaat van een stelsel in elkaar genestelde grondwatercellen met hun eigen invoer- en uitvoergebied. De grondwatercellen kunnen delen van het aquifer of de aquiclude gebruiken, er kunnen meerdere cellen in één en hetzelfde aquifer voorkomen (Engelen, 1984).

Enkele karakteristieke aanvullingen op de klassieke methoden zijn:

- bij systeemanalyse denkt men niet alleen in termen van confined/unconfined, aquifer/aquiclude omdat alle eenheden doorlatend zijn, al kan dit een zeer lage waarde zijn (Freeze and Witherspoon, 1966).
- de waterspiegel volgt de topografie.
- de systeemtheorie gaat uit van de potentiaaltheorie van Hubbert (1940) en de ideeën van Tóth (1963) en Freeze and Witherspoon (1966); hierbij wordt de verticale stromingscomponent, in tegenstelling tot de meeste klassieke studies die gebruik maken van de Dupuit-Forchheimer aanname, niet verwaarloosd.
- integratie kwaliteit-kwantiteit.
- integratie oppervlaktewater en grondwater.

Globale kwel- en infiltratiekaart

Een eerste stap bij de hydrologische systeemanalyse is het vervaardigen van een kaart met potentiële kwel- en infiltratiegebieden. In het Merkske-gebied wordt gebruik gemaakt van hoogtelijnenkaarten (1977), topografische kaarten, bodemkaarten (Bles et.al., 1980),



Figuur 12. Toegepaste hydrologische systeem-analyse.

drainagekaarten (1977) en historische kaarten, te weten een kaart van Jacob van Deventer (1536), de Tiendenkaart van Minderhout (1678), de Carte de Cabinet des Pays-Bas Autrichiens levée à l'initiative de Comte de Ferraris (1777) en de Topografische en Militaire Kaart van Nederland (1838-1840; 1894). Op basis van de potentiële kwel- en infiltratiekaart werd het bestaande meetnet aangevuld.

Hydrologische schematisatie

Om inzicht in de hydrogeologie te verkrijgen is gebruik gemaakt van talrijke ondiepe en diepe boringen en van geofysica (geo-elektrische en elektromagnetische methodes). Vooral de snelle elektromagnetische methode bleek een goed middel om de representativiteit van middels boringen verkregen inzichten te evalueren.

Bij de bepaling van de bodemconstanten werd gebruik gemaakt van pompproeven te Meerle en Princenbosch; schattingen (door Adviesbureau voor Watervoorziening IWACO BV op grond van de regressie tussen lithologie en doorlatendheid) en doorlatendheidsmetingen van het WVP 1 (door Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA) met behulp van boorgatmethode van Hooghoudt).

Waterbalans

Om inzicht te krijgen in de waterhuishouding van het stroomgebied van het Merkske is een waterbalans opgesteld en een afvoerkaartering verricht.

De vergelijking van de waterbalans luidt:

$$N = Q + E_w \pm dV \pm U \pm I$$

N = neerslag

Q = afvoer

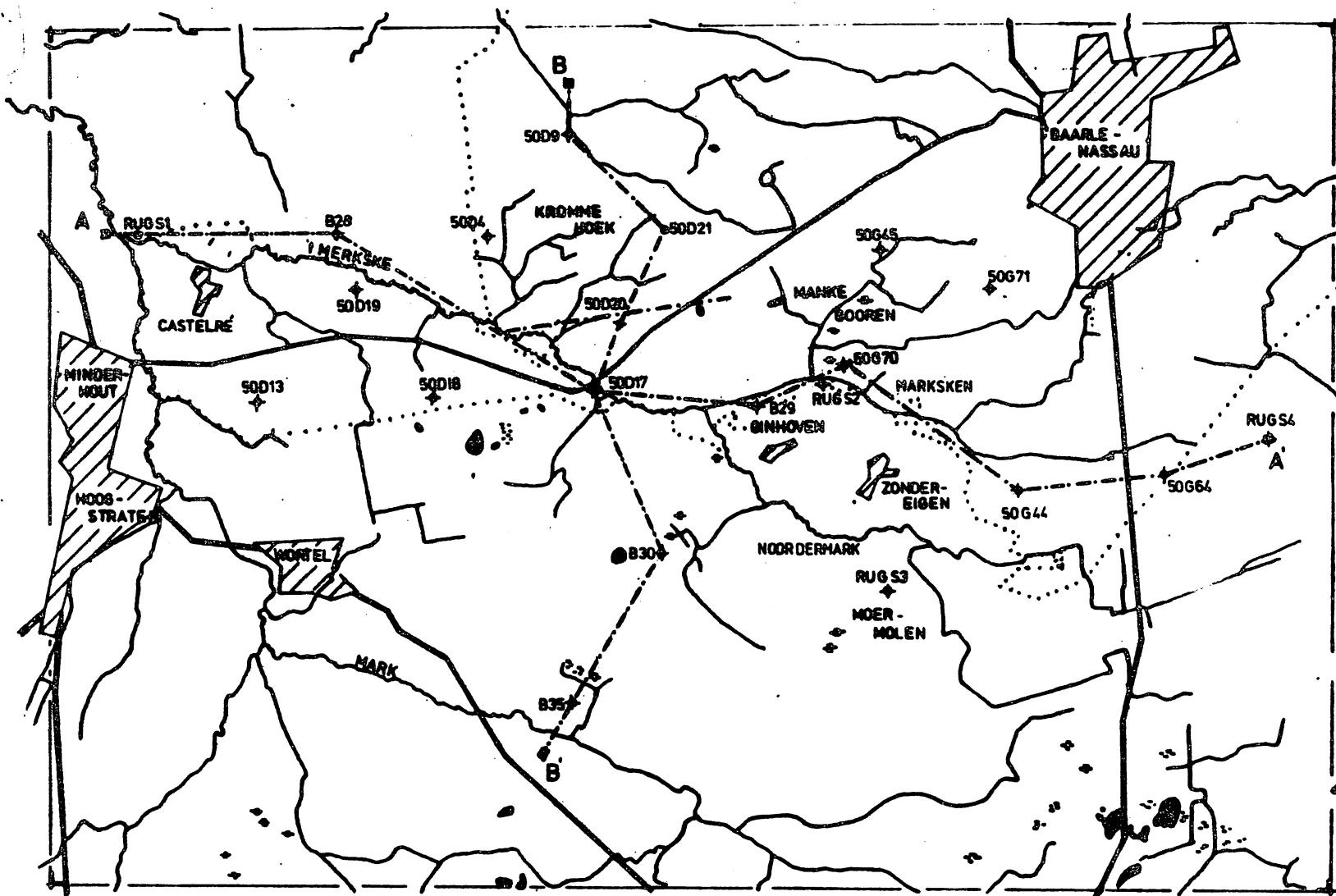
E_w = werkelijke verdamping

dV = bergingsverandering

U = kunstmatige injecties of onttrekkingen

I = grondwater aan- of afvoer

Figuur 13 Kaart met, in de tekst genoemde, lokaties, profielen, putten en waterlopen



LEGENDA:

- | | | | |
|--|-----------------|--|-------------|
| | BEGRAVING | | PROFIELLIJN |
| | VERHARDE WEG | | PUTLOKATIE |
| | WATERLOOP | | |
| | GRASSIG TERREIN | | |
| | VEN | | |
| | WATERLOOP | | |

HYDROLOGISCHE SYSTEEMKARTERING IJMERKSKE

IRIS-VU

ONDERWERP: LOKATIEKAART

SCHAAL
1:50000

KAARTBLAD
80D/8

RAPPORT

FIGUUR

De neerslaghoeveelheid is bepaald met behulp van gegevens van de meetlokalities Castelré en Gilze-Rijen. De afvoer is bepaald met behulp van de continue afvoerregistratie bij de meetstuw Stenenbrug te Castelré.

De verdamping is bepaald met behulp van de Penman-verdamping te Gilze-Rijen. Deze is omgerekend naar de werkelijke verdamping door rekening te houden met landgebruik en variaties in natuurlijke begroeiing. Ook de maandelijkse variaties van de verdamping zijn berekend. Met name vanwege het grote mais-areaal is dit van belang. In de periode van het grootste neerslagoverschot bestaan de maisakkers immers uit onbegroeid kaal zand. De bergingsverandering is berekend met behulp van stijghoogtegegevens en een vereenvoudigde grondwatertrappenkaart. Van grote onttrekkingen binnen het stroomgebied is nauwelijks sprake. Er is rekening gehouden met onttrekkingen bij een limonadefabriek, een camping en twee landbouwbedrijven. De grondwater aan- of afvoer is als sluitpost gebruikt. Als balansjaar geldt de periode 1 mei t/m 30 april. De balans is opgesteld voor de jaren 1979-1986.

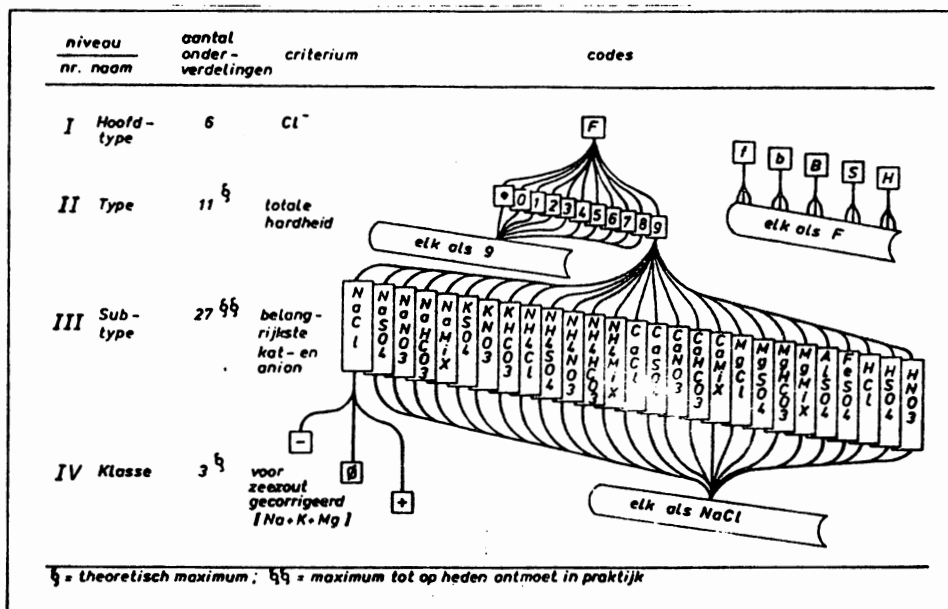
De afvoer van het Merkske is op 6 mei en 20 juni 1986 op verschillende plaatsen in het stroomgebied gemeten. Meestal werden de metingen met behulp van een Ott-molen verricht. Waar dit wegens een te geringe afvoer onmogelijk was, werd de afvoer geschat (drijver-methode).

Waterkwaliteit

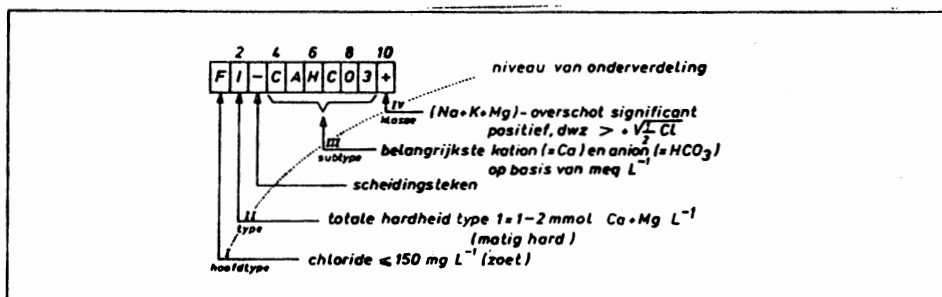
Naast bestaande gegevens uit de archieven van het RIVM, TNO/DGV, het Hoogheemraadschap West-Brabant, en NMF/SBB werd in het kader van het onderzoek een grote hoeveelheid grondwater- en oppervlaktewatermonsters geanalyseerd. Daarnaast werd (gedurende 1986) op verschillende locaties het geleidingsvermogen van het beekwater geregistreerd.

De analyses van de watermonsters werden uitgevoerd op de laboratoria van de Rijksuniversiteit van Gent, van de Vrije Universiteit, van het Waterleidingbedrijf Midden-Nederland en van het Hoogheemraadschap West-Brabant. Er vonden daarnaast een grote hoeveelheid chemische analyses in het veld plaats.

Figuur 13 geeft een overzicht van de profielen en diepe putten (dieper dan 40 m) welke expliciet in dit rapport worden genoemd.

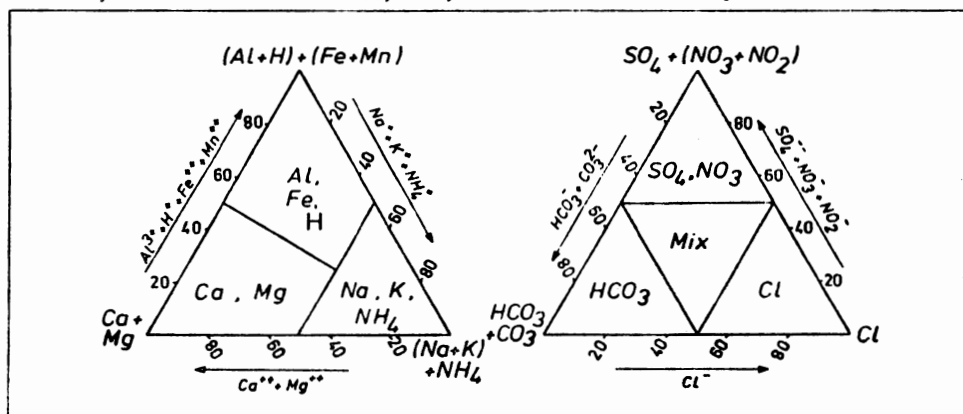


11 - De hiërarchische structuur van het classificatiesysteem, met vier niveaus van onderverdeling. Het aantal typen, subtypen en klassen vormt louter een theoretisch maximum, omdat veel combinaties in de natuur niet voorkomen.



- Codering en ontcijfering van een watertype in 10 posities. Het voorbeeld heet 'een zoet, matig hard calciumbicarbonaat water met [Na + K + Mg]-overschot'. Dit surplus wijst vaak op een (voormalige) zoet-waterinvasie.

- Onderverdeling van typen in subtypen op basis van het procentuele aandeel van hoofdbestanddelen in de som der kationen (links) en anionen (rechts), beide in MEQ L^{-1} . Eerst wordt de sterkste geohydrochemische familie op de hoekpunten van elke driehoek vastgesteld, bijvoorbeeld de [Al + H + Fe + Mn]- en [SO₄ + NO₃ + NO₂]-familie. Vervolgens wordt het sterkste paar binnen een familie (tussen haakjes op de hoekpunten) gekozen, indien aanwezig, bijvoorbeeld [Al + H]. Als Al het nu van H wint en SO₄ van [NO₃ + NO₂], dan wordt het subtype 'AlSO₄'. De sterkste familieleden tot dusverre ontdekt, zijn in de juiste velden binnen de driehoeken gezet.



Een belangrijk hulpmiddel bij de interpretatie van de kwaliteitsgegevens vormde het hydrochemische klassifikatiesysteem van watertypes volgens Stuyfzand (1986a).

Dit nieuwe klassifikatiesysteem combineert de sterke punten van de reeds bestaande klassifikatiesystemen met nieuwe diagnostische onderverdelingscriteria en kenmerkt zich door zijn hierarchische structuur en flexibiliteit. Voor een uitvoerige beschrijving van het systeem wordt verwezen naar het symposiumverslag van de 9th Salt Water Intrusion Meeting te Delft, Stuyfzand (1986b).

Een watertype wordt vastgesteld op basis van indeling in hoofdtype (op basis van Cl-gehalte), type (op basis van totale hardheid), subtype (op basis van sterkste kat- en anionfamilie) en vervolgens het sterkste lid van beide families en klasse (op basis van som Na, K en Mg gecorrigeerd voor de bijdrage van zeezout (fig. 14).

Elk van de vier niveaus van onderverdeling draagt bij aan de totale code (en naam) van het watertype.

Isotopenonderzoek

Ter ondersteuning van de hydrologische systeemanalyse is gebruik gemaakt van een viertal natuurlijke isotopen. Isotopen van een bepaald element hebben hetzelfde aantal protonen maar verschillen in het aantal neutronen.

Gebruik is gemaakt van de stabiele isotopen O18 en C13 en de onstabiele isotopen C14 en H3 (Tritium). Onstabiele isotopen kennen radioactief verval en worden daarom veelal gebruikt voor datering van het watermonster. De monsters zijn geanalyseerd op het laboratorium voor isotopenfysica van de Rijksuniversiteit Groningen in het kader van een bijvakstudie (Bloemen, 1986) o.l.v. Prof.Dr. W.G. Mook.

Temperatuursonderingen

Temperatuurmetingen van het grondwater kunnen een snel en nuttig middel zijn bij de bepaling van lokale en regionale grondwaterstromingsstelsels (Van Dalen, 1978; de Jong en Geirnaert, 1979; Pars, 1985).

Door de produktie en transport van warmte in de aarde en door uitwisseling van warmte tussen de aardkorst en haar omgeving ontstaat een ondergronds temperatuurveld.

– Indeling in hoofdtypen op basis van het chloride-gehalte met de gebruikte codering en enkele typische voorbeelden uit Nederland.

Hoofdtype	Code	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	Typische voorbeelden uit Nederland
Zoet water	F	≤ 150	Grond- en oppervlaktewater in zanderige infiltratiegebieden, regenwater.
Zoet-brak water	f	150-300	(Voorgezuiverd) water uit Lek en Haringvliet in de duinen. Recent grondwater langs de infiltrerende benedenloop van Lek, Waal en IJssel.
Brak-zoet water	b	300-10 ³	} Veel grond- en oppervlaktewater in poldergebieden.
Brak-zout water	B	10 ³ -10 ⁴	
Zout water	S	10 ⁴ -2.10 ⁴	Zeewater en geïntrudeerd zeewater langs huidige kust.
Hyperhalien water	H	> 2.10 ⁴	Grondwater in contact met zouthorsten in Oost-Nederland.

F = fresh; B = brackish; S = salt; H = hyperhaline

TAB^a – Onderverdeling van hoofdtypen in typen op basis van de totale hardheid (voornamelijk Ca + Mg).

Type		Code	Totale hardheid mmol L ⁻¹	Natuurlijk voorkomen in hoofdtypen				
nr.	naam							
-1	zeer zacht	•	0 – ½	F				
0	zacht	0	½ – 1	F	f	b		
1	matig hard	1	1 – 2	F	f	b	B	
2	hard	2	2 – 4	F	f	b	B	
3	zeer hard	3	4 – 8	F	f	b	B	
4	extreem hard	4	8 – 16		f	b	B	S
5	extreem hard	5	16 – 32				B	S H
6	extreem hard	6	32 – 64				B	S H
7	extreem hard	7	64 – 128					S H
8	extreem hard	8	128 – 256					H
9	extreem hard	9	≥ 256					H

– Onderverdeling van subtypen in 3 klassen op basis van {Na + K + Mg} gecorrigeerd voor zeezout.

ΣK = som der kationen; ΣA = som der anionen.

Klasse	Code	Voorwaarden ten aanzien van Na + K + Mg corr. (MEQ L ⁻¹)
{Na + K + Mg} tekort ¹	-	< -√½ Cl en < 1,5 (ΣK - ΣA)
{Na + K + Mg} evenwicht ²	Ø	≥ -√½ Cl en ≤ √½ Cl en §§
{Na + K + Mg} overschot ³	+	> +√½ Cl en > 1,5 (ΣK - ΣA)

¹ = dikwijls indicatief voor een zout-waterintrusie (ooit, ergens)

² = veelal indicatief voor voldoende doorspoeling met water met constante samenstelling

³ = dikwijls indicatief voor een zoet-waterintrusie (ooit, ergens)

$$§§ = \left| \frac{(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg}) \text{ corr.} + \frac{(\Sigma\text{K} - \Sigma\text{A})}{\Sigma\text{K} - \Sigma\text{A}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} \text{Cl}}{\Sigma\text{K} - \Sigma\text{A}} \right| > 1,5 \quad \left| \Sigma\text{K} - \Sigma\text{A} \right|$$

De temperaturen van het grondwater onder gebieden met grondwater-aanvulling uit de relatief koude neerslag zijn lager omdat warmte-overdracht in met water verzadigde grond voornamelijk via convectief transport (via stromend water) plaatsvindt.

In gebieden met stijgende stroombanen zal de grondwatertemperatuur, onder invloed van door de geothermische gradiënt opgewarmd dieper grondwater, relatief hoog zijn.

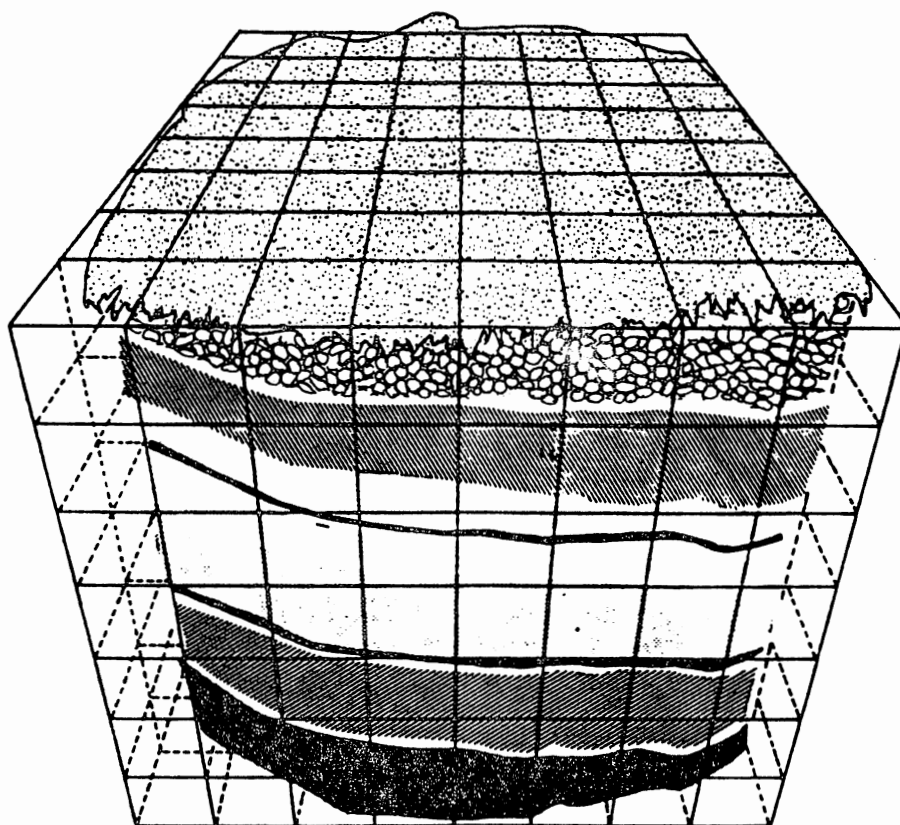
De temperatuurmetingen worden uitgevoerd door een temperatuur-gevoelige weerstandssonde langzaam in een diepe grondwaterbuis neer te laten en na een korte instellingsperiode de weerstandswaarde af te lezen. Deze wordt daarna vertaald in de temperatuur in graden Celcius.

Grondwater- en hydrochemische modellering

Om de met behulp van kwaliteitsgegevens verkregen inzichten kwantitatief te onderbouwen zijn een aantal modelleringen uitgevoerd:

1. een grondwaterstromingsmodellering met behulp van het drie-dimensionale, eindige differentie model FLOSA-FD (Zijl, 1984, fig. 15).
2. een modellering met het twee-dimensionale eindige differentie-model FLOWNET (van Elburg en Engelen, 1986).
3. een hydrochemische modellering met behulp van het rekenmodel PHREEQE (Parkhurst, Thorstenson and Plummer, U.S. Geological Survey 1980).

Met behulp van het drie-dimensionale grondwaterstromingsmodel FLOSA-FD worden de middeldiepe en diepe grondwaterstromingsstelsels op regionale schaal gemodelleerd. In tegenstelling tot de klassieke modellen, waarbij allereerst potentialen berekend worden waarna vervolgens de snelheden door middel van numerieke differentiatie worden bepaald, worden bij FLOSA-FD de snelheidsvectoren direct berekend met behulp van de TVR-benadering (TVR = Transport Velocity Representation, W. Zijl 1984). Naast de wiskundige onderbouwing van de kwalitatief verkregen inzichten levert het model ook informatie over verblijftijden en maakt het model het mogelijk om de



Discretisatie van de ondergrond in een eindig aantal blokvormige rekenelementen, zoals gebruikelijk bij de eindige-differentiemethode.

Discretization of the subsoil in a finite number of grid blocks as is usual for the finite difference method.

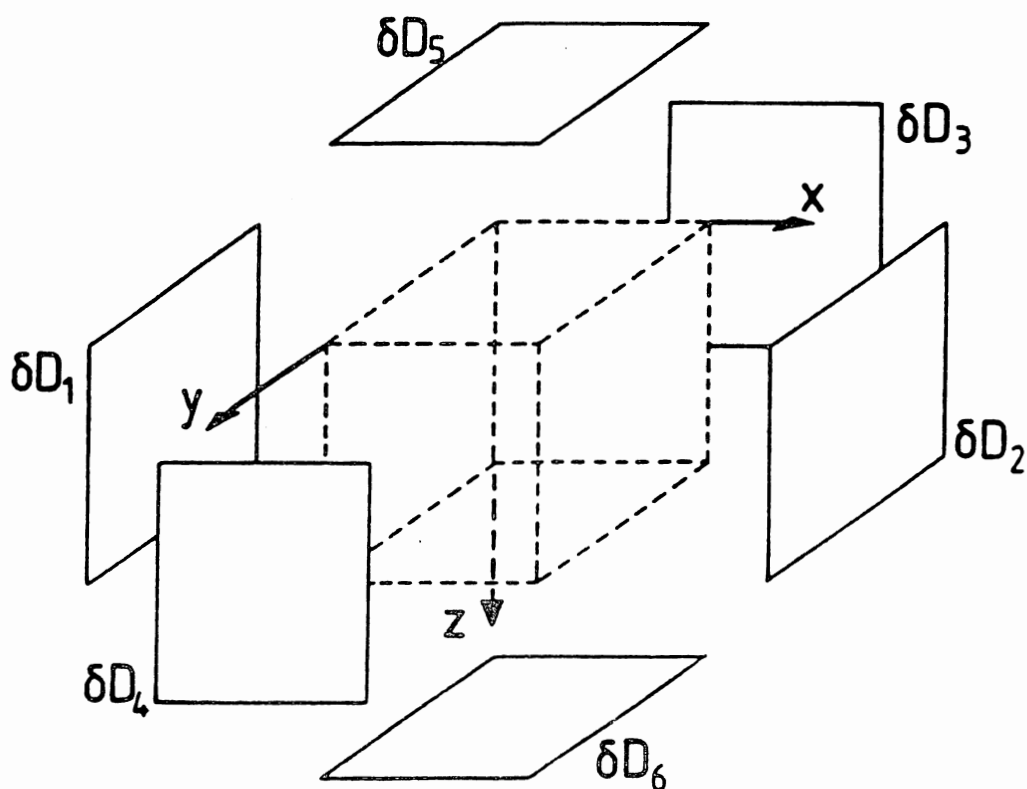


fig. 15. Opbouw van het eindige differentie model FLOSA-FD (TNO_DGV), gebied D. naamgeving randvlakken en conventies assenstelsel.

stromingsstelsels (beter) ruimtelijk te begrenzen.

FLOWNET wordt gebruikt om de lokale grondwaterstroming te modelleren. Met dit model werd ook de dynamiek van de lokale en de regionale grondwatersystemen in en rond de beemden bestudeerd. Met behulp van het chemische model PHREEQE kunnen de inzichten voor wat betreft de verandering van de grondwatersamenstelling bij bodempassage getoetst worden.

2.2.2 De hydrologische schematisatie

Afhankelijk van de vraagstelling kan de hydrogeologische opbouw op verschillende schalen geschematiseerd worden. Met behulp van diepe boringen verspreid over een groot gebied is het mogelijk om een relatief grof regionaal beeld te schetsen. Een dergelijke schematisatie wordt bijvoorbeeld gebruikt om regionale stroming of gevolgen van onttrekkingen te modelleren.

Om de hydrogeologie rond beken en bovenlopen te kunnen bestuderen is naast een regionale hydrogeologische schematisatie tevens een schematisatie op lokale schaal van belang.

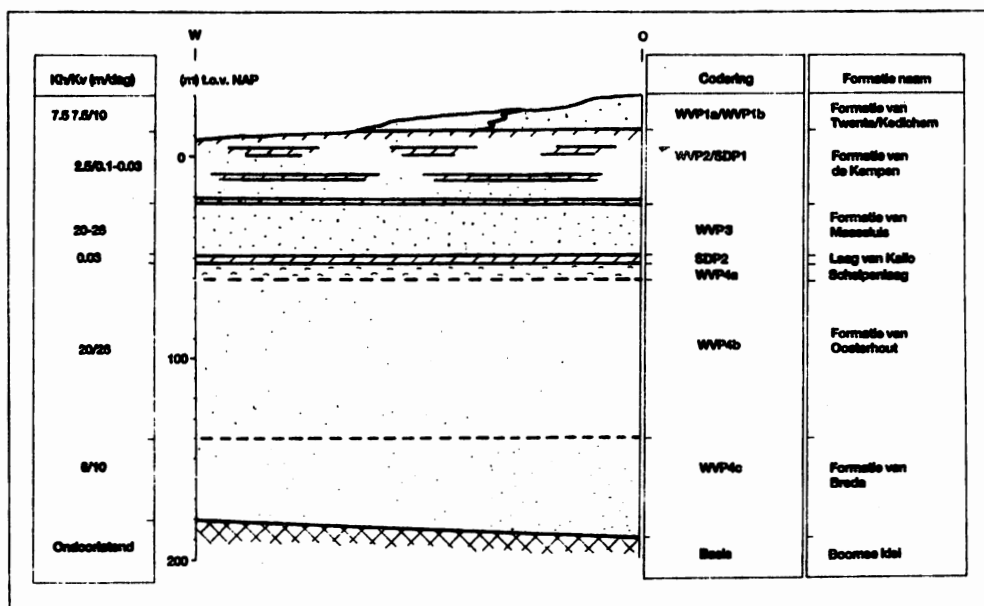
De volgende hydrogeologische opbouw kon worden geschematiseerd:

Rond het Merkske bevindt zich een dun freatisch watervoerend pakket (Watervoerend Pakket 1 (WVP 1)), bestaande uit dekzanden, stuifzanden en fluviatiele zanden van de Formatie van Kedichem, waarvan de dikte kan variëren van enkele centimeters tot enkele meters (fig. 16).

De hogere delen vanaf Baarle-Nassau tot Turnhout en de Witte Bergen vormen terrasresten van de grofzandige fluviatiele afzettingen van de Formatie van Kedichem, terwijl de gebieden tussen de hogere delen en de beekdalen gekarakteriseerd worden door een ondiep kleivoorkomen van de Formatie van de Kempen. Deze wordt bedekt door fijne eolische zanden van de Formatie van Twente.

Het eerste slecht doorlatende pakket (SDP 1) wordt gevormd door de Formatie van de Kempen. Deze bestaat uit een complex van dikke zeer slecht doorlatende kleilagen en zeer fijne zanden. In het algemeen bevindt de top van het SDP 1 zich op 15 meter +NAP.

Door het fluviatiel-limnische afzettingsmilieu kan de doorlatendheid plaatselijk sterk verschillen. Dit afzettingsmilieu lijkt veel op de



Figuur 16. De hydrogeologische schematisatie.

toestand in de huidige Biesbosch. Op korte afstand kunnen zeer dikke kleiafzettingen (voormalige meren, poelen) en zandige afzettingen (stroomruggen) in elkaar overgaan. Deze laterale verschillen kunnen met behulp van elektromagnetische metingen snel gekarteerd worden.

Binnen de Formatie van de Kempen kunnen meerdere, in dikte sterk verschillende, dunne watervoerende pakketten herkend worden, waarvoor de namen WVP 2a, 2b etc, gebruikt zullen worden. Deze watervoerende pakketten zijn voor studies op lokale schaal belangrijk.

De basis van het SDP 1 ligt tussen 10 en 20 meter -NAP.

Het derde watervoerende pakket wordt gevormd door de grove zanden van de Formatie van Maassluis en de Formatie van Merksplas. Het WVP 3 is lithologisch zeer homogeen en bevat relatief veel schelpenmateriaal. De ondergrens van het WVP 3 wordt gevormd door de twee tot vijf meter dikke Klei van Kallo (SDP 2). Uit stijghoogtemetingen boven en onder deze klei blijkt dat deze plaatselijk afwezig of zeer slecht ontwikkeld is.

Onder de Klei van Kallo bevindt zich de pliocene schelpenlaag van de Formatie van Oosterhout, die zeer goed doorlatendheid is (WVP 4a). Deze laag kan rond het Merkske een dikte van 5-15 meter bereiken.

De schelpenlaag vormt de top van het vierde watervoerende pakket. Dit pakket bestaat van 55 meter -NAP tot 135 meter -NAP uit relatief grove glauconiet-rijke zanden van de Formatie van Oosterhout (WVP 4b), en vanaf 135 tot 180 meter -NAP uit zeer fijne glauconiet-rijke zanden van de Formatie van Breda (WVP 4c) bestaat.

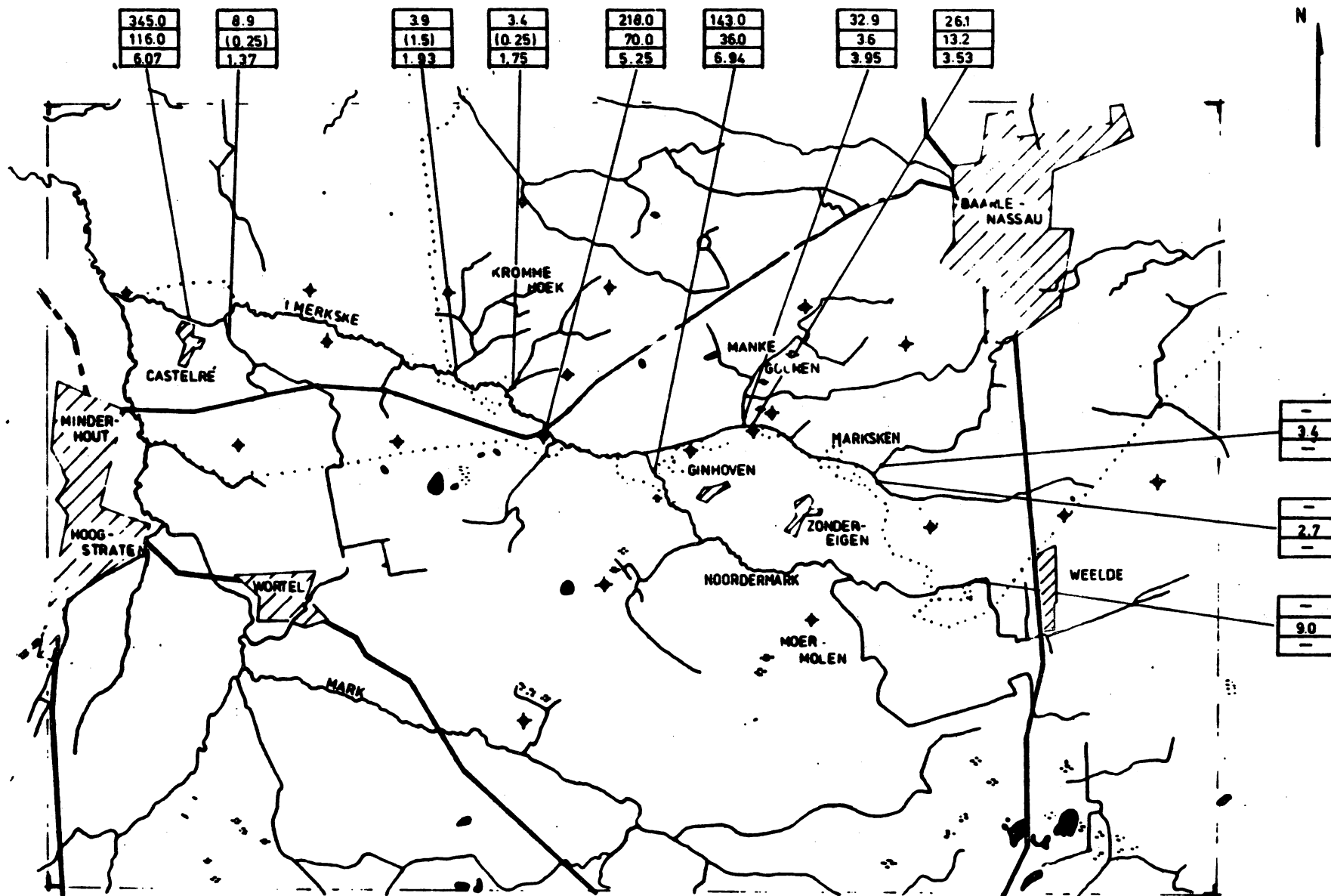
De hydrogeologische slecht doorlatende basis word gevormd door de Klei van Boom (Formatie van Rupel). Deze bevindt zich op 170-190 meter -NAP.

2.2.3 De waterbalans (1979-1986)

Uit de berekeningen (fig. 17) blijkt dat er een gemiddeld overschot op de waterbalans is van 14.9 mm per jaar dat via het grondwater wordt afgevoerd.

In de jaren 1979, 1980 en 1981 overtreft de grondwateraanvoer de afvoer. Dit is een reactie op de droge jaren voorafgaand aan de balansperiode.

Figuur 18. Debietrouting langs het Merkske en bovenlopen (de data 6 mei 1986 en 20 juni 1986)



LEGENDA

- BEBOUWING
- VERHARDE WEG
- WATERLOOP
- DRASSIG TERREIN
- VEN
- RUKSGRENS

◆ PUTLOKATIE

afvoer (l/s)	06.05.86	345.0
"	20.06.86	116.0
specifiek debiet (l/s/km²)	06.05.86	6.07

HYDROLOGISCHE SYSTEEMKARTERING 1 MERKSKE

RMF-VU

ONDERWERP: DEBIETROUTING (06.05. en 20.06.'86)

SCHAAL	KAARTBLAD	RAPPORT	FIGUUR
1:50000	50D/G		

Het is opvallend dat de waterbalans, indien de restpost grondwater aan/afvoer buiten beschouwing wordt gelaten, vrij sluitend is.

Uit de afvoerbepaling blijkt dat 40% van de neerslag het stroomgebied bij de stuw van Castelre verlaat.

De grondwaterafvoer overtreft de aanvoer met 15 mm/jaar. Bedenkt men dat het Merkske één van de zijlopen van de Mark vormt en dat het Merkske gesitueerd is in het hogere deel van het totale stroomgebied van de Mark, dan is het niet denkbeeldig dat het stroomgebied van het Merkske ondergronds water verliest aan dat van de Mark.

periode	N	Q	Ew	dV	Q+Ew	U	I
1979	818.7	357.4	477.7	-8.7	835.1	1.5	- 9.2
1980	856.9	340.9	505.6	11.8	846.5	1.5	- 2.9
1981	775.2	374.9	476.8	-16.9	851.7	1.5	-61.1
1982	901.2	328.1	509.8	39.0	837.9	1.5	22.8
1983	733	246.3	517.4	-46.2	763.7	1.5	14.0
1984	933.2	350.1	467.1	36.6	817.2	1.5	77.9
1985	837.8	307.3	486.6	-19.7	793.9	1.5	62.1
gemiddeld	836.6	329.3	491.6	- 0.6	820.9	1.5	14.9
totaal	5856	2305	3441	- 4.1	5752	10.5	104.6

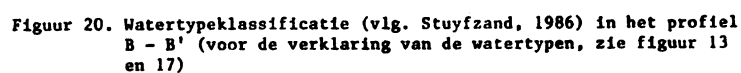
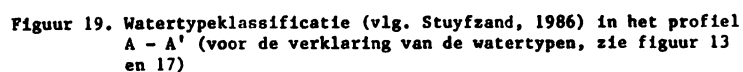
fig. 17 De waterbalans voor het stroomgebied van het Merkske over de hydrologische jaren 1979 - 1985 in mm.

Afvoerkartering

In figuur 18 staan de gemeten afvoergegevens en het berekende specifiek debiet (afvoer / bijdragend oppervlak ($l/s/km^2$)).

De Noordermark laat in vergelijking met de andere lokaties een hoog specifiek debiet zien. Dit wordt voor een groot deel veroorzaakt door het kwelgebied van Moermolen. De hoge waarde voor het specifiek debiet bij Moermolen kan er op wijzen dat het kwelwater gedeeltelijk van buiten het stroomgebied afkomstig is.

De toename van het specifiek debiet tussen Baarlebrug en Stenenbrug kan niet verklaard worden door de bijdrage van zijbeekjes, maar moet voornamelijk worden toegeschreven aan kwel in het beekdal tussen beide lokaties.



2.2.4 De chemische samenstelling van het oppervlaktewater en het grondwater

Het onderzoek naar de watersamenstelling vormde bij de Merkske studie een van de hoekstenen van het onderzoek.

De kwaliteitsgegevens werden gebruikt:

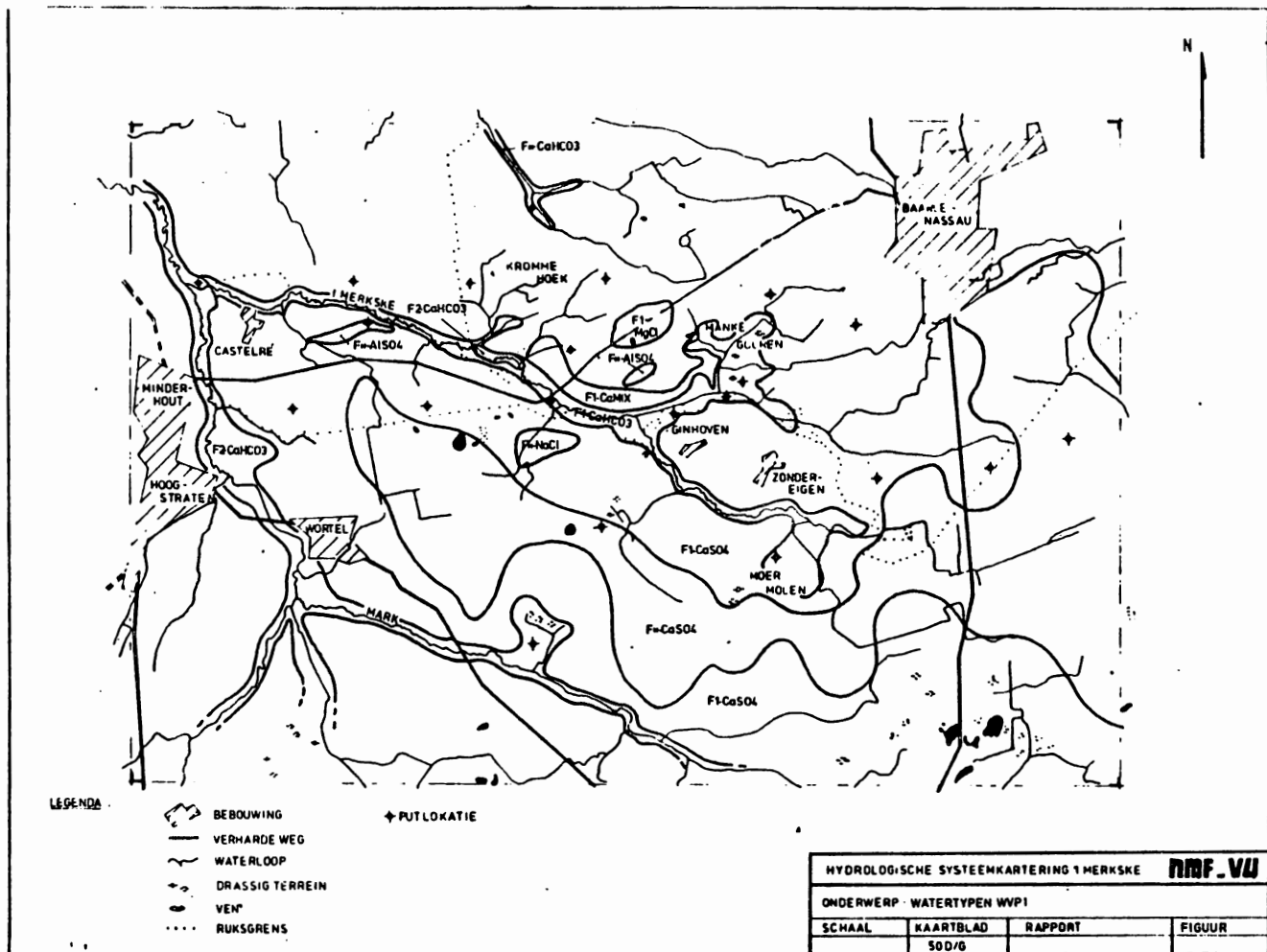
- (1) voor drie-dimensionale kartering van grondwaterstromingsstelsels;
- (2) als onderdeel van het standplaatsonderzoek;
- (3) voor een momentopname van de huidige toestand van de oppervlakte- en grondwaterkwaliteit;
- (4) voor een vergelijking met "historische" kwaliteitsgegevens teneinde eventueel bestaande trends van kwaliteitsverbetering of -verslechtering aan te duiden;
- (5) voor bestudering van de relatie tussen oppervlakte- ^{water-} en grondwaterkwaliteit.

Grondwater

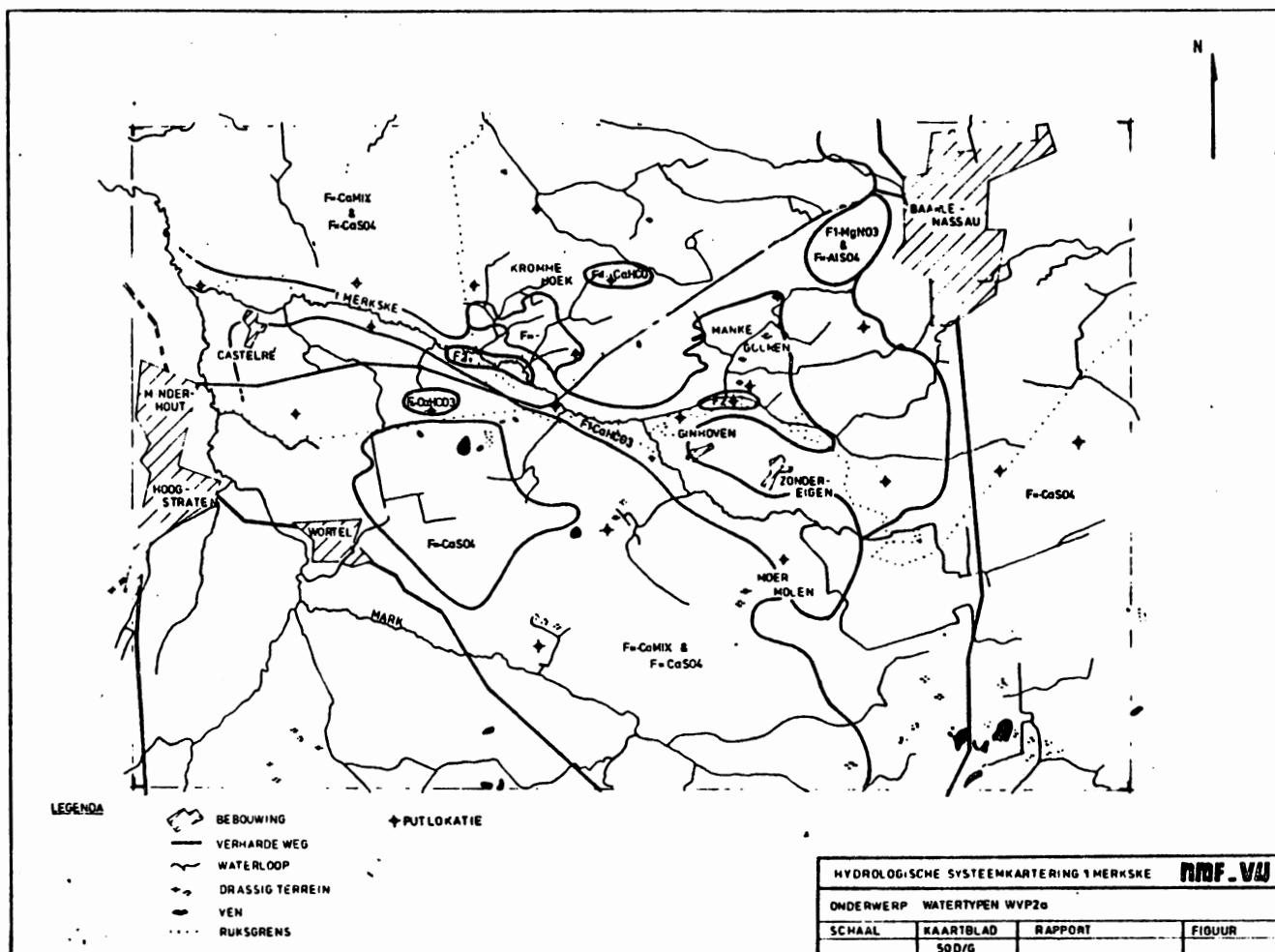
In de hoger gelegen bos- en/of heide terreinen rond de Eindegoorheide in het oosten en bij de Rijksweldadigheidskolonie op de waterscheiding met het stroomgebied van de Mark wordt een samenstelling van het ondiepe grondwater aangetroffen die verklaard kan worden door combinatie van de huidige natte- en droge depositie en indamping en gekarakteriseerd wordt door relatief hoge sulfaatgehalten. Na passage van het SDP 1 neemt dit sulfaatgehalte door reductie snel af en ontstaat een weinig gemineraliseerd watertype met calcium en bicarbonaat als belangrijkste ionen, maar met een geringe hardheid (figuur 19, 21).

In de beekdalen van Mark, Merkske, Noordermark, Markske, Pools Heining en de topografisch laaggelegen gebieden van de Manke Goren en Moermolen wordt een grondwatersamenstelling van het CaHCO₃-type aangetroffen. Deze samenstelling wijst op een goede waterkwaliteit (figuur 20, 22).

In al deze situaties, op het beekdal van de Pools Heining na, kwelt kalkrijk (F1/2-CaHCO₃) grondwater omhoog. (Met kalkrijk wordt in deze context rijk aan CaHCO₃ bedoeld). Dit betekent dat in deze



Figuur 21. Watertypeklassificatie (vlg. Stuyfzand, 1986) in het WVP 1 (voor de verklaring van de watertypen, zie figuur 13 en 17)



Figuur 22. Watertypeklassificatie (vlg. Stuyfzand, 1986) in het WVP 2A (voor de verklaring van de watertypen, zie figuur 13 en 17)

gevalle stroombanen uittreden die minimaal de mariene kalkrijke sedimenten van het derde watervoerend pakket doorstroomd moeten hebben (figuur 20, 22).

Zeer kalkrijk water (70-80 mg Ca^{2+} /l) wordt aangetroffen in de Kromme Hoek, langs het Markske en in de omgeving van het Matven (figuur 23).

In de Kromme Hoekbeemd wordt een duidelijke zonering tussen het F2- CaHCO_3 - en F1- CaHCO_3 -type aangetroffen (fig.24). Dit kan mogelijk wijzen op twee verschillende herkomstgebieden.

Opvallend is dat in al deze kwelgebieden, die omgeven worden door intensief bemeste landbouwgebieden, toch schoon kalkrijk grondwater aangetroffen wordt.

Uit verschillende raaien grondwaterfilters loodrecht op de kwelgebieden blijkt dat het sterk verontreinigde grondwater aan de randen van het kwelgebied door een stelsel van slootjes gedraineerd wordt (fig. 25).

Worden de slootjes in het beekdal slecht onderhouden of dichtgegooid dan zal het verontreinigde ondiepe grondwater de beemd binnen kunnen dringen (Baarlebrug, fig. 26).

Als mogelijk gevolg van verlaging van de beekbedding kan de kalkrijke diepe kwel naar de beek togetrokken worden (Halsche beemd, fig. 27).

Overal waar landbouwgronden aanwezig zijn wordt een scala van verschillende grondwatertypen aangetroffen. De meestal hoge nitraat-, kalium- en sulfaatgehaltes, wijzen op een sterke agrarische beïnvloeding.

In houtwallen en aan bosranden die direct grenzen aan de cultuurgronden wordt de slechtste grondwatersamenstelling aangetroffen. Deze wordt getypeerd door extreem hoge nitraat- en aluminiumgehaltes (tot resp. 250 mg NO_3 /l en 35 mg Al /l).

Uit onderzoek naar het diepere grondwater onder de landbouwgronden, in de qua hoogteligging intermediaire zone, blijkt dat de grondwatersamenstelling slechts op geringe diepte verontreinigd is. Het diepere grondwater is niet verontreinigd.

Onder de topografisch hoger gelegen landbouwgronden rond Baarle-Nassau wordt tot op grotere diepte extreem verontreinigd grondwater aangetroffen (zie fig.22 en 23).

Oppervlaktewater

Vanaf 1975 analyseert het Hoogheemraadschap West-Brabant regelmatig het oppervlaktewater van het Merkske bij Baarlebrug en Stenenbrug. Vergelijking van de watersamenstelling op deze plaatsen met de normen die zijn opgesteld voor Noord-Brabantse oppervlaktewateren (Provincie Noord-Brabant, 1985) laat zien dat de stikstof- en fosfaatgehaltes te hoog zijn.

Het zuurstofgehalte kan in de zomer te laag worden. Uit een continue zuurstofregistratie bij Stenenbrug tussen 19 en 30 juni 1986 blijkt dat het zuurstofgehalte een sterke dagelijkse schommeling vertoont (zuurstofverzadigingsgraad: 40% tot 150%).

Uit een vergelijking van de oppervlaktewatersamenstelling van Baarlebrug met Stenenbrug blijkt dat de gehalten aan ammonium, ortho-fosfaat, nitriet, sulfaat, chloride en zuurstof bij Baarlebrug altijd hoger zijn dan bij Stenenbrug.

Dit verschil wordt voor een groot deel verklaard door het optreden van diepe, niet verontreinigde kwel tussen beide punten. Het oppervlaktewater bij Stenenbrug heeft echter hogere nitraatgehaltes en een lagere zuurgraad dan bij Baarlebrug.

Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door nitrificatie van ammonium. Bij de nitrificatie reactie wordt zuurstof verbruikt en komen H⁺-ionen vrij waardoor de zuurgraad daalt.

Uit een trendanalyse blijkt dat over het algemeen de ionenlast van het oppervlaktewater in de afgelopen jaren is toegenomen, terwijl het zuurstofgehalte en de zuurgraad zijn gedaald.

Uit de relatie "ionenlast-beekafvoer" blijkt dat's winters het regenwater en de vervuilde ondiepe grondwatersystemen bepalend zijn voor de samenstelling van het oppervlaktewater.

Van mei tot en met augustus is de diepere, minder vervuilde kwel bepalend voor de samenstelling van het oppervlaktewater van het Merkske.

Kartering van de oppervlaktewatersamenstelling

Tijdens het onderzoek zijn op verschillende lokaties in verschillende seizoenen oppervlaktewatermonsters genomen. Ook deze kartering toonde de belangrijke rol aan die met meststoffen belast ondiep grondwater, in het beekdal op de oppervlaktewatersamenstelling heeft (fig. 28).

Fig.24. De grondwaterkwaliteit rond de kromme hoek beemd.

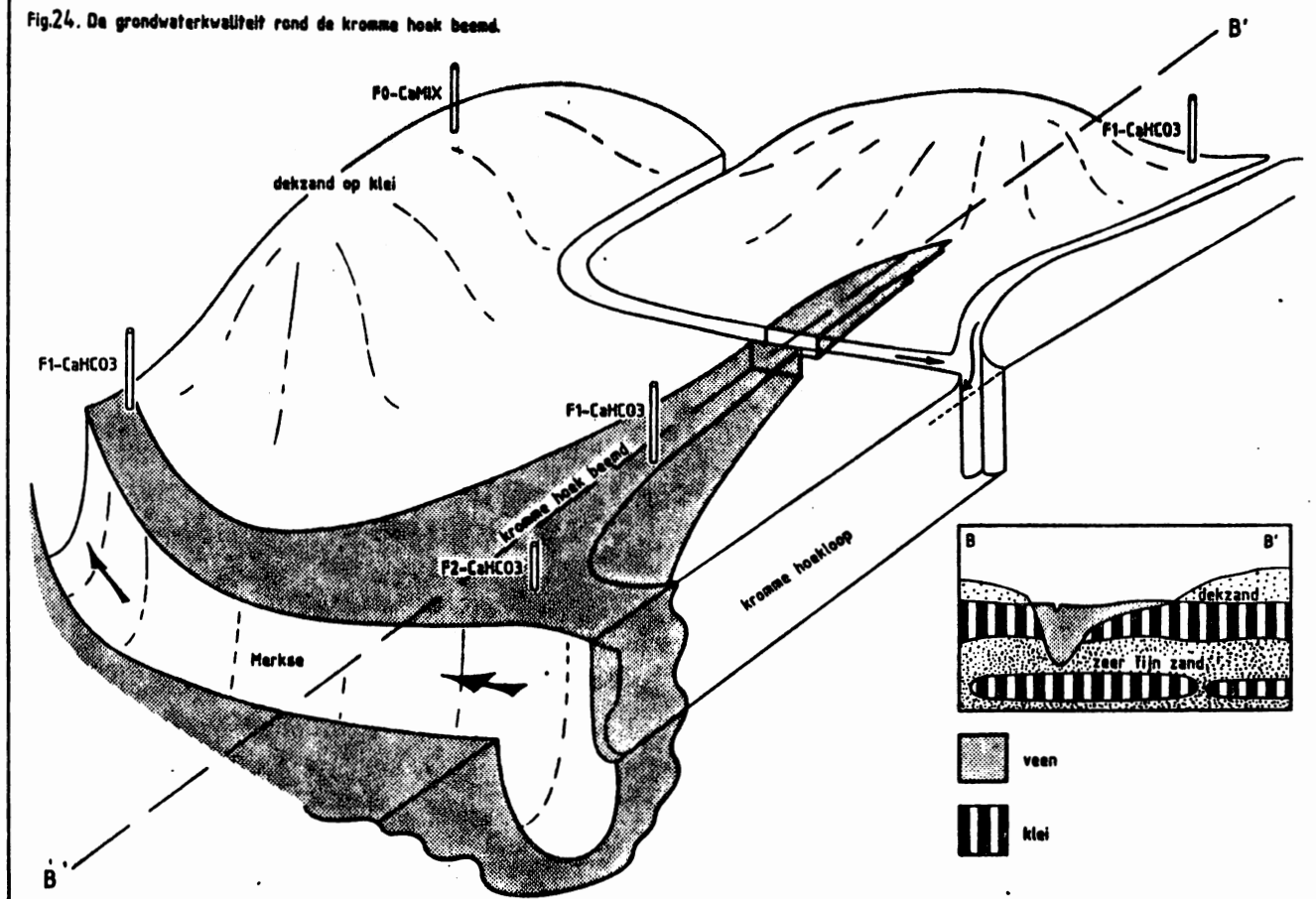
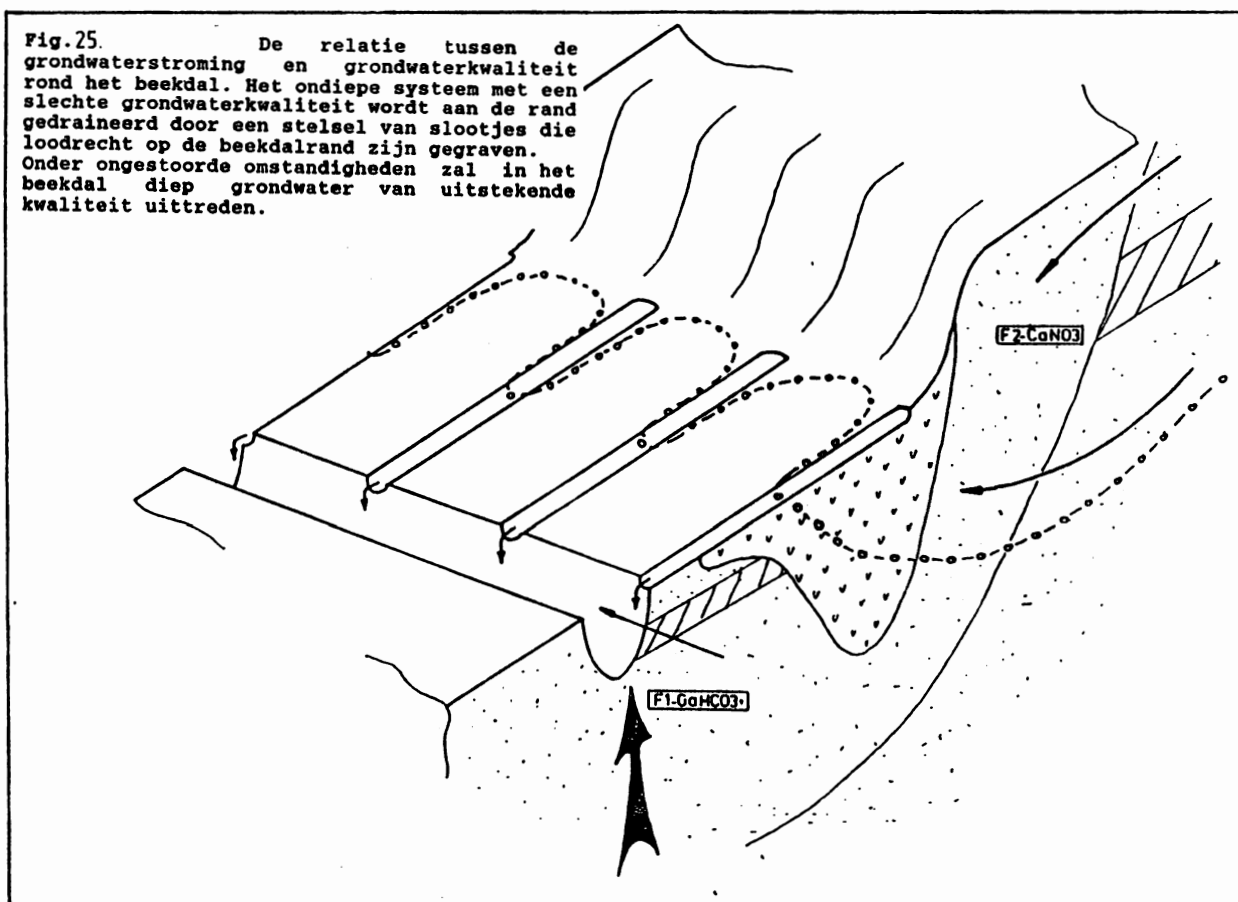


Fig.25. De relatie tussen de grondwaterstroming en grondwaterkwaliteit rond het beekdal. Het ondiepe systeem met een slechte grondwaterkwaliteit wordt aan de rand gedraineerd door een stelsel van slootjes die loodrecht op de beekdalrand zijn gegraven. Onder ongestoorde omstandigheden zal in het beekdal diep grondwater van uitstekende kwaliteit uittreden.



Tijdens herfst, winter en lente is de kwaliteit van het oppervlaktewater in het algemeen slecht. Dit komt ondermeer tot uiting in hoge nitraatgehaltes van het water. In de Olgaloop worden gehalten rond de 80 mg NO₃/l aangetroffen terwijl in het algemeen de gehalten aan NO₃ rond de 35 mgNO₃/l liggen.

Tijdens de droge periode in de zomer treedt een geleidelijke verbetering van de kwaliteit op. Ter hoogte van de Kromme Hoekbeemd treft men dan in de Kromme Hoekloop een samenstelling aan die sterk overeenkomt met de grondwatersamenstelling op grote diepte. Gedurende de rest van het jaar is de kwaliteit van deze loop ten gevolge van de landbouw op de hogere gronden slecht. Uit de kartering kan afgeleid worden waar de beken hoofdzakelijk door ondiepe ongebufferde grondwatersystemen gevoed worden en waar door diepere kalkrijke systemen.

Continue registratie

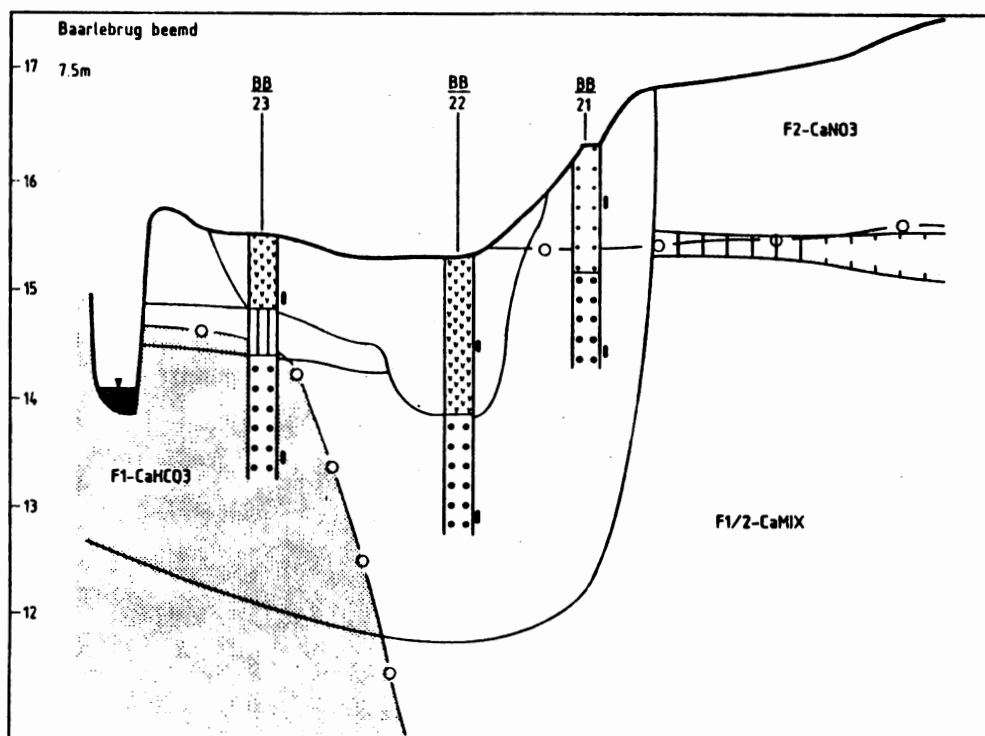
Met behulp van continue registratie van de beekwaterkwaliteit op verschillende lokaties kan aangetoond worden dat er regelmatig sprake is van illegale puntlozingen. Deze lozingen hebben kortdurend een sterke kwaliteitsverslechtering tot gevolg die tot kilometers stroomafwaarts is waar te nemen.

Chemische balans

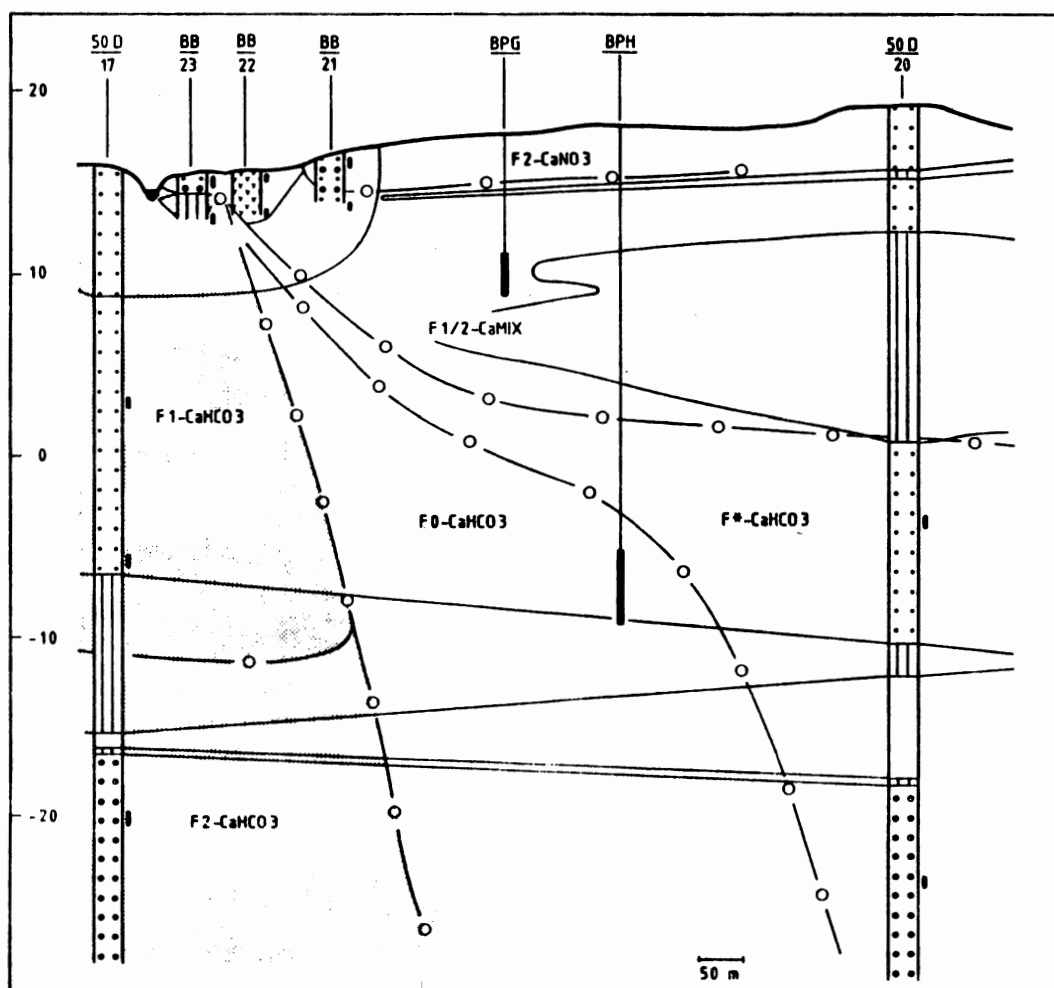
Met behulp van depositiegegevens van KNMI/RIVM (Gilze-Rijen) en de watersamenstelling en afvoergegevens bij Stenenbrug is getracht een globale chemische massabalans over de jaren 1977-1985 voor het stroomgebied van het Merkske op te stellen (figuur 29).

	depositie kg/ha	afvoer kg/ha	In-Uit kg/ha
chloride	204	910	-706
ammonium-N	128	49	79
nitraat-N	52	103	-51
totaal-N	180	152	28
fosfaat	4.9	10.3	-5.4
sulfaat(1985)	58	155	-97

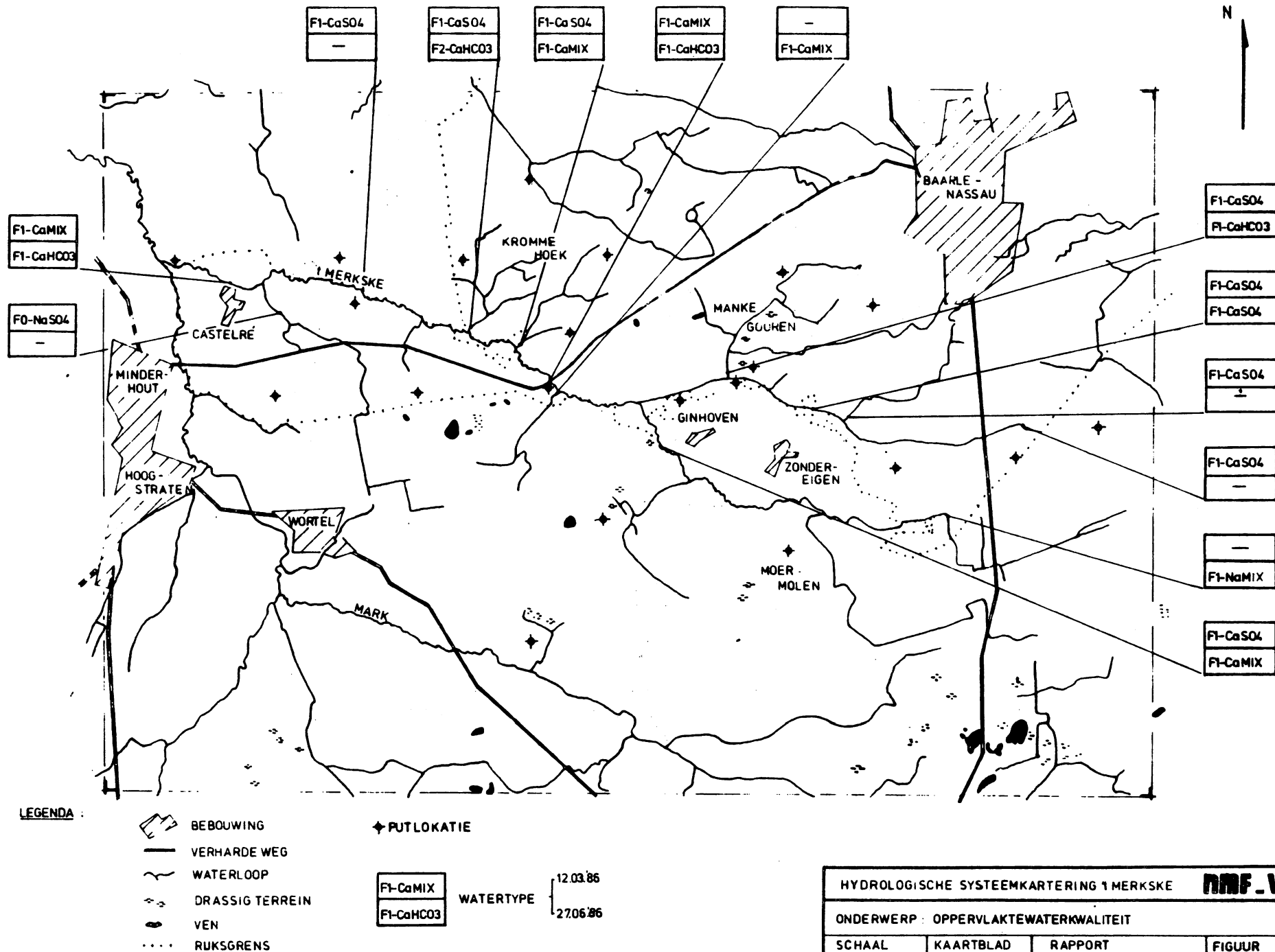
Figuur 29. De chemische massabalans over 1977-1985 (voor sulfaat alleen 1985) in het stroomgebied van het Merkske.



Figuur 26. De Grondwaterkwaliteitsverdeling rond de Baarlebrug Beemd



Figuur 28. Watertypen klassificatie (vlg. Stuyfzand, 1986) van het oppervlakte water in het Merkske stroomgebied (de data 12 maart 1986 en 27 juni 1986)



Opvallend is dat de hoeveelheid chloride die afgevoerd wordt aanmerkelijk hoger is dan de aanvoer door depositie in de neerslag. Dit grote verschil kan alleen verklaard worden door de aanvoer van chloride door bemesting. Ook de afgevoerde hoeveelheid fosfaat overtreft ruimschoots de aangevoerde hoeveelheid.

De totale afgevoerde hoeveelheid ammonium is geringer dan de door depositie aangevoerde hoeveelheid, terwijl de afvoer van nitraat ruimschoots de aanvoer middels depositie overtreft. Deze verhoudingen ontstaan door nitrificatie-processen. Opvallend is echter dat ondanks de hoge bemestingsgraad in het stroomgebied de totaal afgevoerde hoeveelheid stikstof ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) zelfs 16 % lager is dan de totale middels depositie aangevoerde hoeveelheid stikstof. Dit moet aan denitrificatie worden toegeschreven.

2.2.5 Resultaten van het isotopenonderzoek

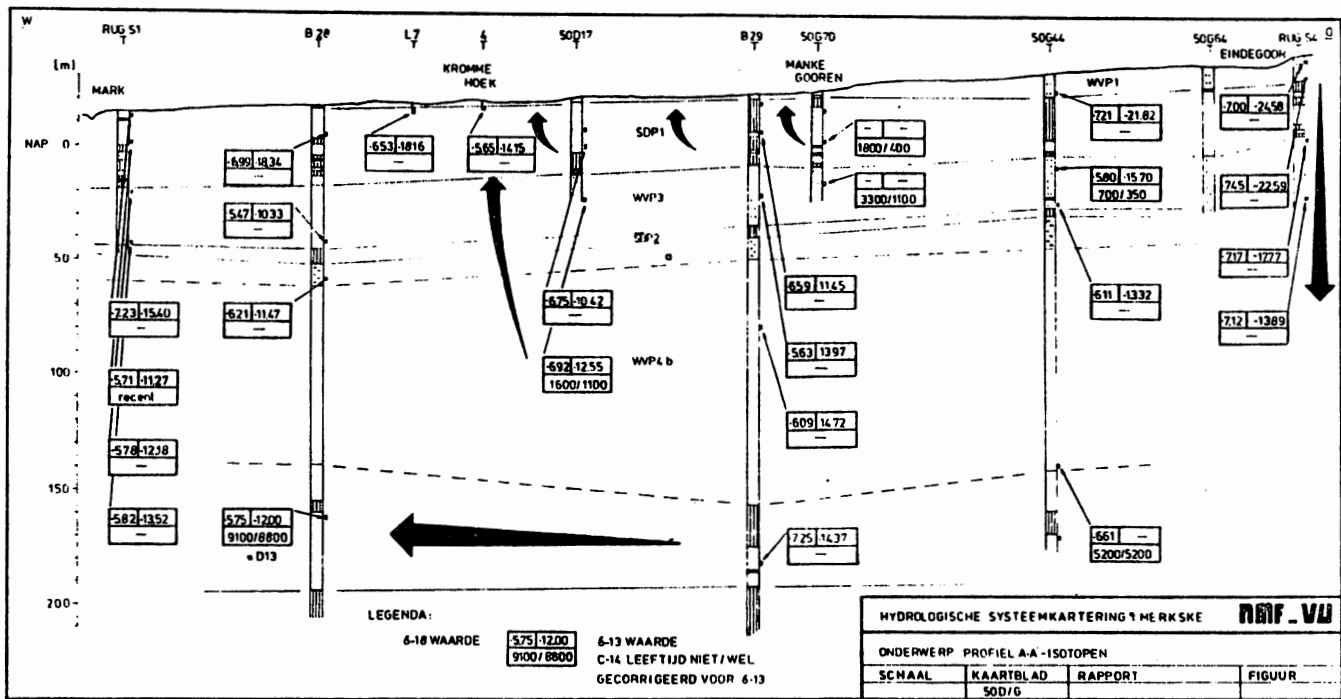
Zuurstof-18

Het stabiele O18 isotoop kan voor een tweetal doeleinden gebruikt worden;

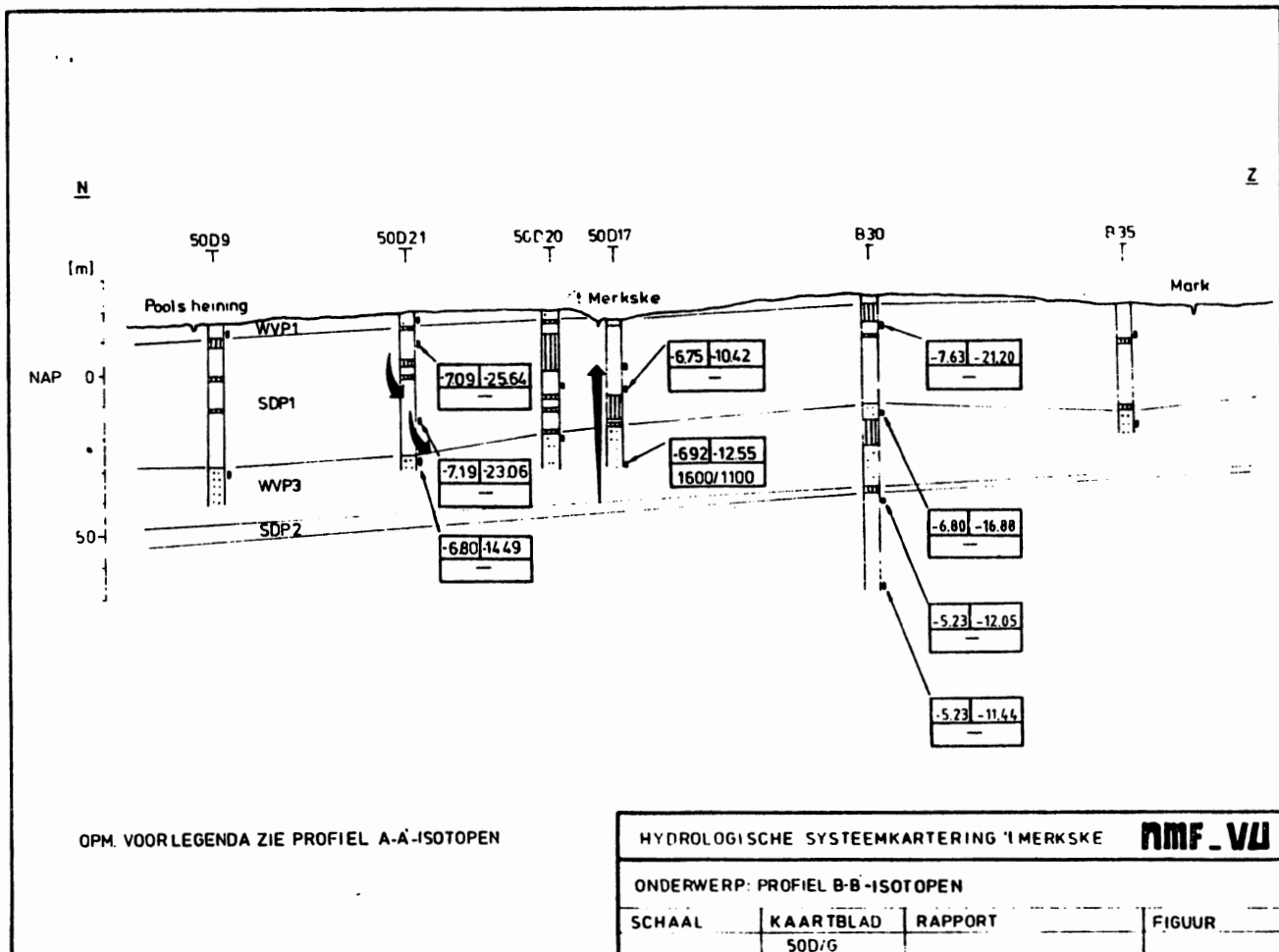
- (i) Als informatiemiddel omtrent de klimatologische omstandigheden waaronder infiltratie plaatsgevonden heeft. Hiermee kan eventueel tijd en/of plaats van infiltratie afgeleid worden.
- (ii) Als een tracer. Omdat het een onderdeel van het watermolecuul vormt wordt het nauwelijks betrokken bij chemische reacties met het poreuze medium.

De O18 waarde van het grondwater is gelijk aan dat van het neerslagoverschot. De variaties ontstaan door fractionering als gevolg van de verdamping. Voor grondwater in het onderzoeksgebied gelden gehalten tussen -7.0 en -7.2 promile, water geïnfiltreerd in de ijstijd rond -9 promile, water uit de warmere periode rond 5000 - 8000 BP (BP = Before Present) tussen -5 en -6 promile.

Het beekdalprofiel (fig. 30) toont aan dat het infiltrerend regenwater bij de Eindegoorheide in ieder geval het WVP 3 bereikt. Opvallend is dat in de ondiepe filters ten westen van boring 4 (Kromme Hoek), die zich in het beekdal op slechts geringe afstand van de beek bevinden, relatief jong water wordt aangetroffen. Uit de



Figuur 30. Isotopengegevens in profiel A - A'



Figuur 31. Isotopengegevens in profiel B - B'

diepere filters blijkt juist dat oud water opkwelt. Dit wordt verklaard door het reeds genoemde feit dat door kunstmatige ingrepen in dit traject de diepste kwel direct onder de beek omhoog komt. Het profiel laat verder zien dat bij de Kromme Hoek sprake is van kwel van grondwater dat niet z'n voedingsgebied buiten het stroomgebied van het Merkske heeft.

Koolstof-13

Het C13 isotoop wordt zowel gebruikt om inzicht te krijgen in de reacties die in de ondergrond hebben plaatsgevonden als om de uitgangsactiviteit van C14 te bepalen.

Als gevolg van reacties in het poreuze medium, verandert het C13 gehalte tijdens het grondwatertransport. Dit in tegenstelling tot O18. De gehalten zijn sterk afhankelijk van de carbonaatchemie (fig. 30 en 31).

Uit het beekdalprofiel volgt het reeds met eerdere metingen verkregen patroon van sterke infiltratie op de Eindegoorheide. De interpretatie wordt echter bemoeilijkt doordat het C13 gehalte niet alleen bij neerwaarts transport verandert maar ook bij kwel.

Koolstof-14

Een veel gebruikte methode om de ouderdom van het grondwater te bepalen is de C14 datering. Men maakt hierbij gebruik van de halfwaardetijd van 5730 jaar waardoor water tot een ouderdom van ca. 50.000 jaar gedateerd kan worden. De resultaten van de datering staan in het beekdalprofiel (fig. 30). De gemeten activiteiten zijn volgens het Dissolution-Exchange model van Mook (Mook, 1984) gecorrigeerd voor uitwisseling met bodem-CO2 en/of C13. Het grondwater op grotere diepte aan de uitgang van het stroomgebied blijkt rond de 9000 jaar oud te zijn. De kwel bij Moermolen wordt gedateerd op 2200 jaar (ongecorrigeerd) of 1300 jaar (gecorrigeerd).

2.2.6 Temperatuursonderingen

In het studiegebied zijn achttien "temperatuur-diepte" metingen uitgevoerd. De "temperatuur-diepte" relaties van de putten RUG-S3 (Moermolen) en RUG-S4 (Weelde, Eindegoorheide) laten duidelijke temperatuurverschillen zien in een kwel- respectievelijk infiltratiesituatie (fig. 32).

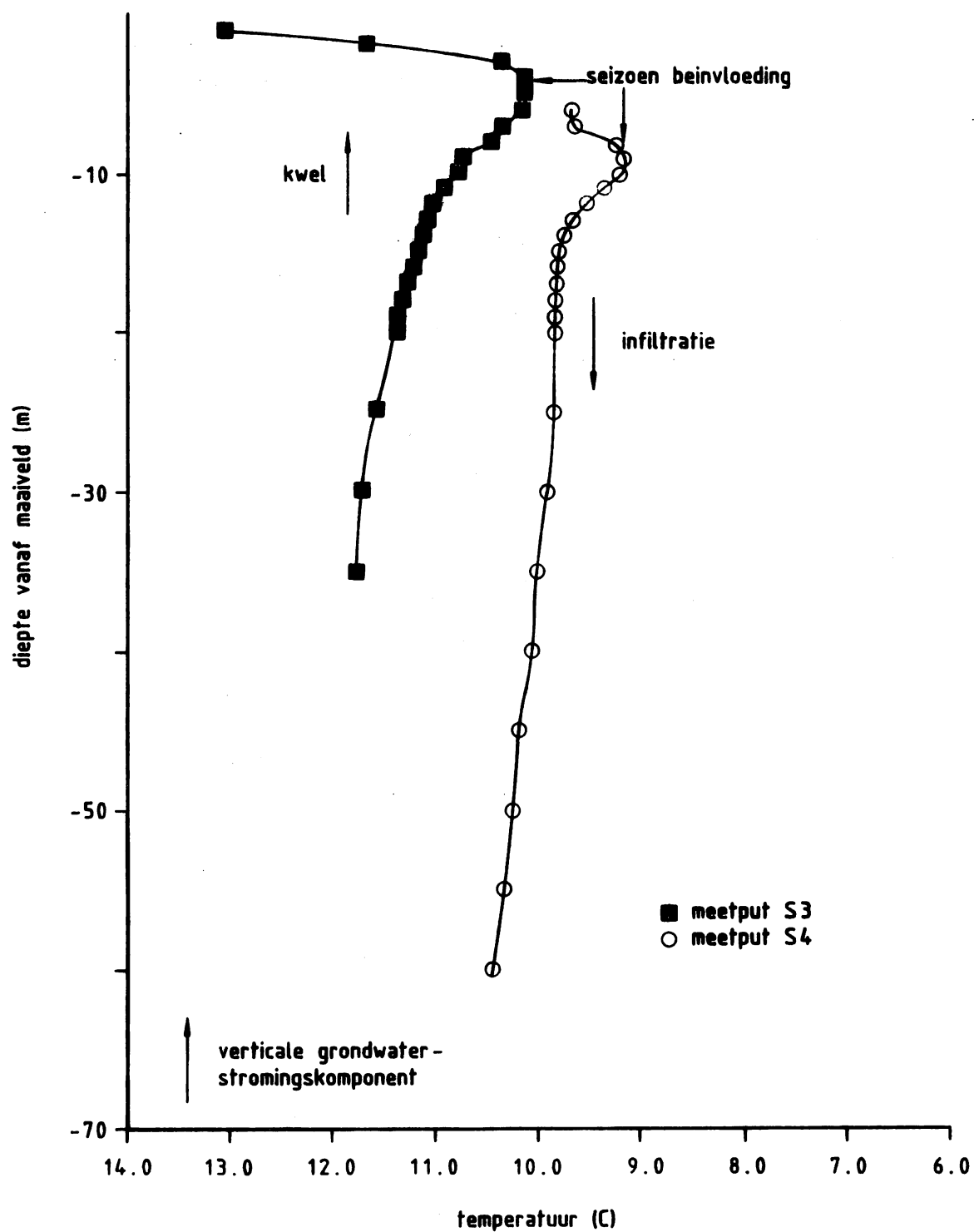


Fig.32. Temperatuurverloop versus diepte. (Meetput S3 en S4)

Naast RUG-S3, met de sterkste kwel, tonen ook de metingen in de putten RUG-S2, RUG-S1, 50D17, 50G70 en B29 (op volgorde van afnemende kwelintensiteit) typische kwelkarakteristieken. Uit het Noord-Zuid profiel 50D21-50D20-50D17-B30 (fig. 33) blijkt dat de grondwater-isothermen als gevolg van de grondwaterstroming onder het beekdal in de richting van het maaiveld afbuigen.

Het beekdalprofiel (fig. 34) laat zien dat er op de Eindegoorheide in het oosten relatief koud water infiltreert.

Figuur 35 laat zien dat de op grond van zuurstof-18 verkregen inzichten voor wat betreft kwel en infiltratie overeenkomen met de temperatuurmetingen.

Op basis van de temperatuursondering kan eveneens geconcludeerd worden dat het in Moermolen omhoog komende grondwater van minstens 100 meter diepte afkomstig moet zijn.

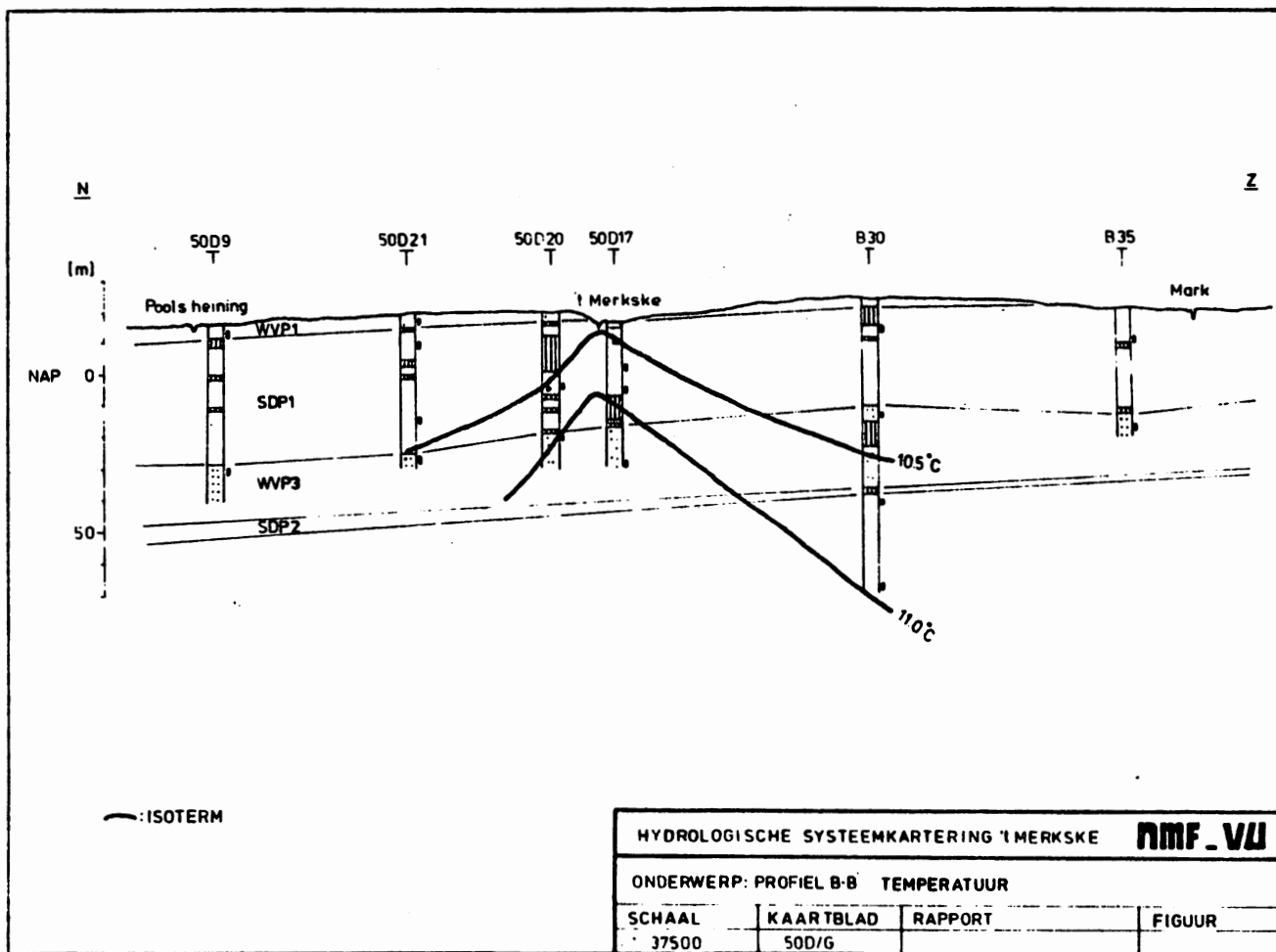
Uit fig. 36 volgt dat rond het beekdal en de topografisch lager gelegen gebieden Manke Goren en Moermolen sprake is van sterke kwel terwijl sterke infiltratie op de oostelijke waterscheiding van het gebied plaatsvindt.

2.2.7 Modellering

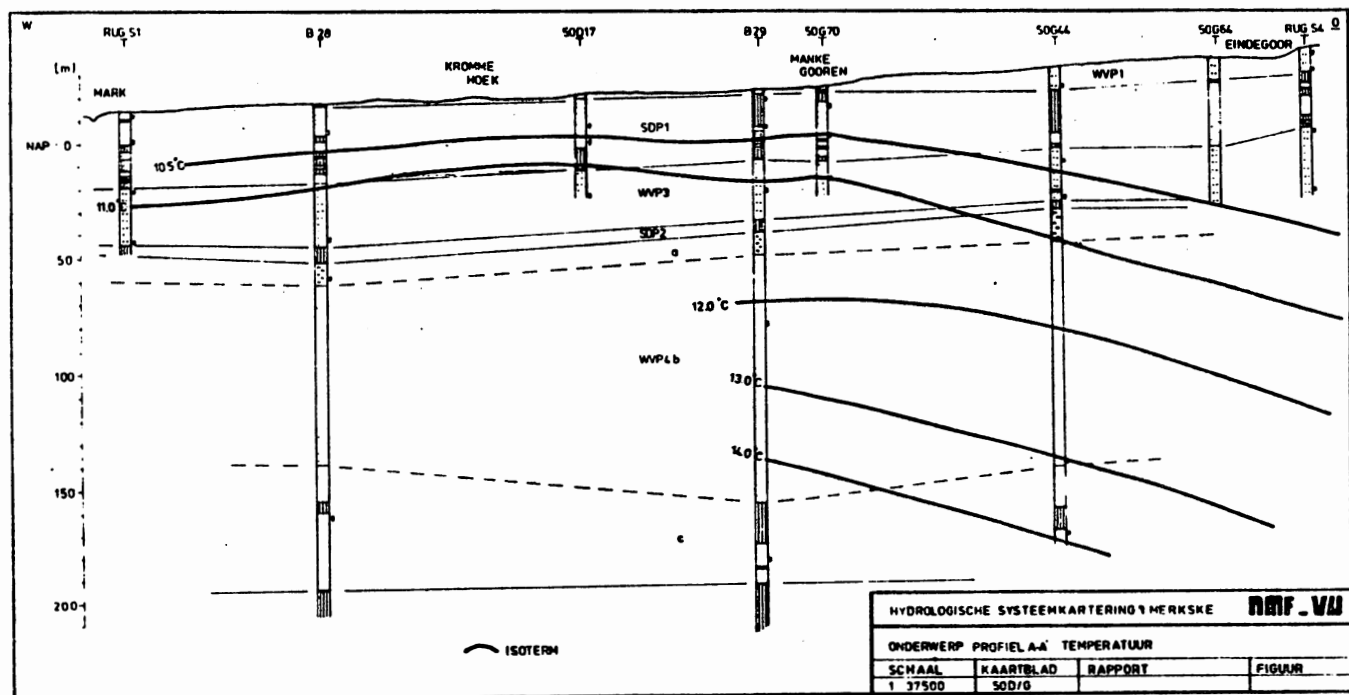
Grondwatermodellering met FLOSA-FD

De modellering met FLOSA-FD beslaat het gehele studiegebied (15 x 10 km), gebruik makend van 9000 elementen (500 x 500 x 15 meter). De gesloten onderkant van het model wordt gevormd door de slecht doorlatende klei van Boom. De schematisatie en de gebruikte permeabiliteiten komen overeen met die uit fig. 16.

De potentiaal aan het bovenvlak werd bepaald met behulp van een lineaire regressievergelijking voor de relatie tussen grondwaterpotentiaal en maaiveldhoogte. De lineaire regressievergelijking werd vastgesteld op basis van de gemeten potentialen in het eerste freatische watervoerende pakket op 1-10-1986 in een 72-tal meetbuizen verspreid over het stroomgebied en de maaiveldhoogte ter plaatse van de meetbuizen (correlatiecoëfficiënt = 0.99). Het voordeel van deze werkwijze is dat nu ook informatie van hoogtelijnen gebruikt kan worden, die een veel grotere dichtheid aan waarnemingspunten heeft dan het grondwatermeetnet.



Figuur 33. Isothermen in het profiel B - B'; opvallend is de naar het beekdal toegerichte isothermen die hier duiden op kwel in het beekdal



Figuur 34. Isothermen in het profiel A-A'; opvallend is de situatie in het oostelijke deel van het profiel, infiltratie, terwijl in het westelijke deel sprake is van kwel

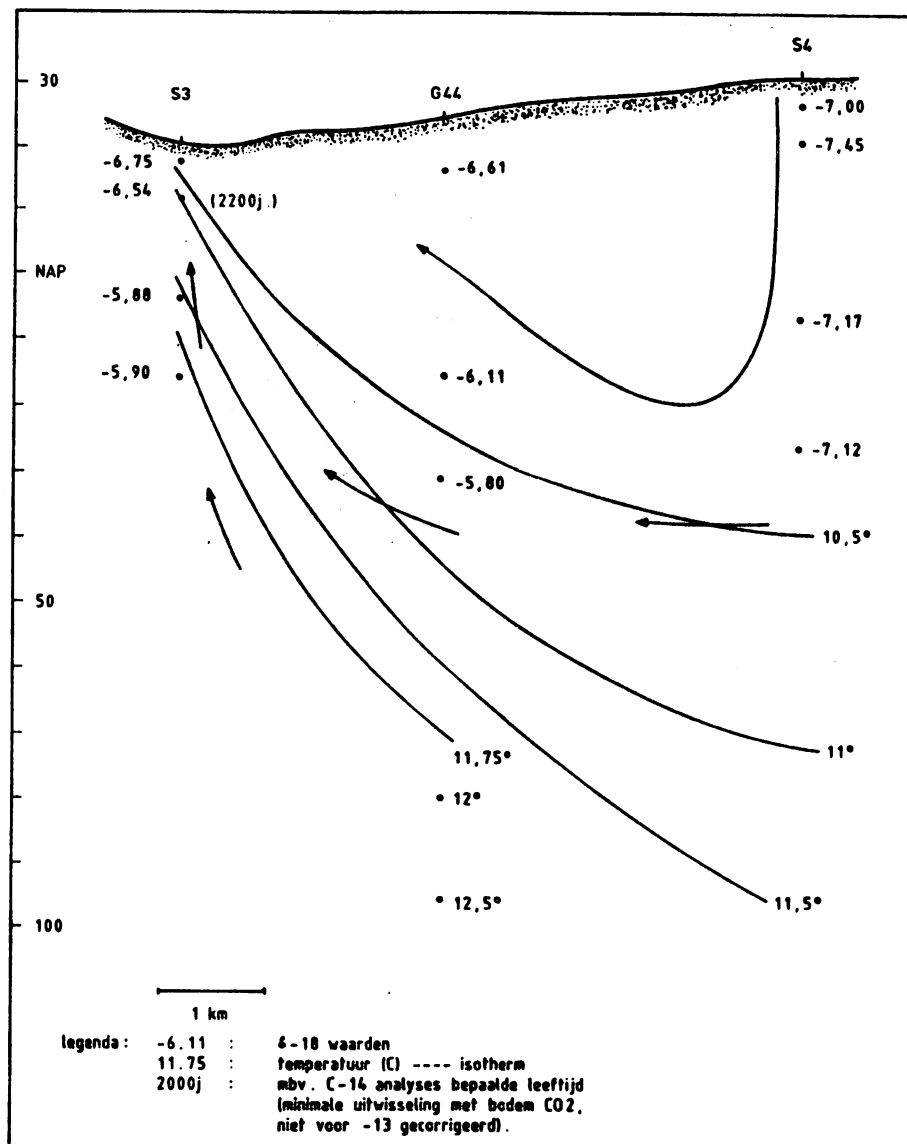
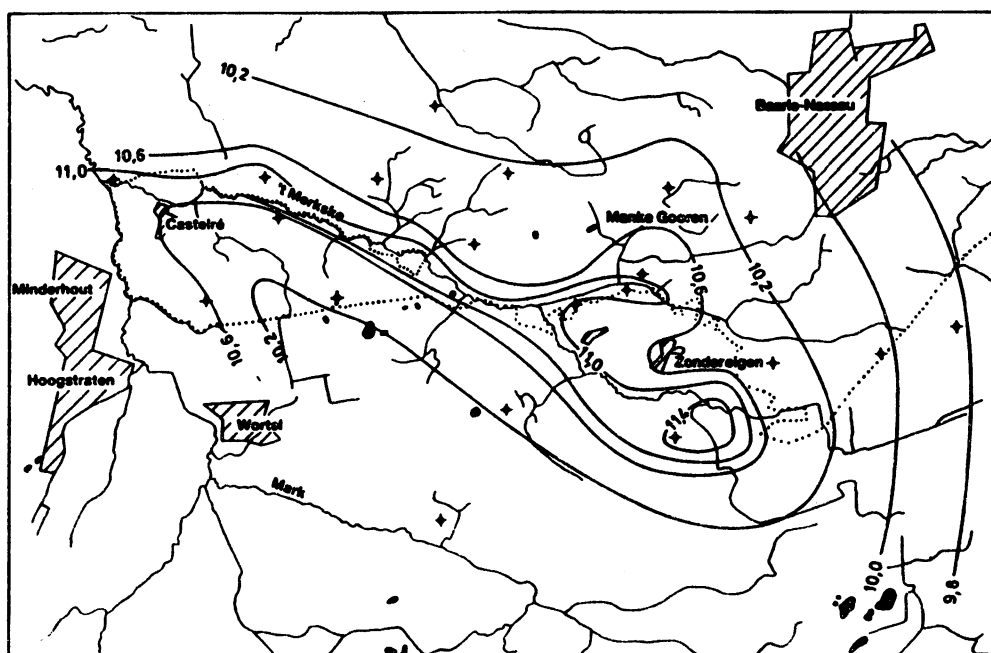
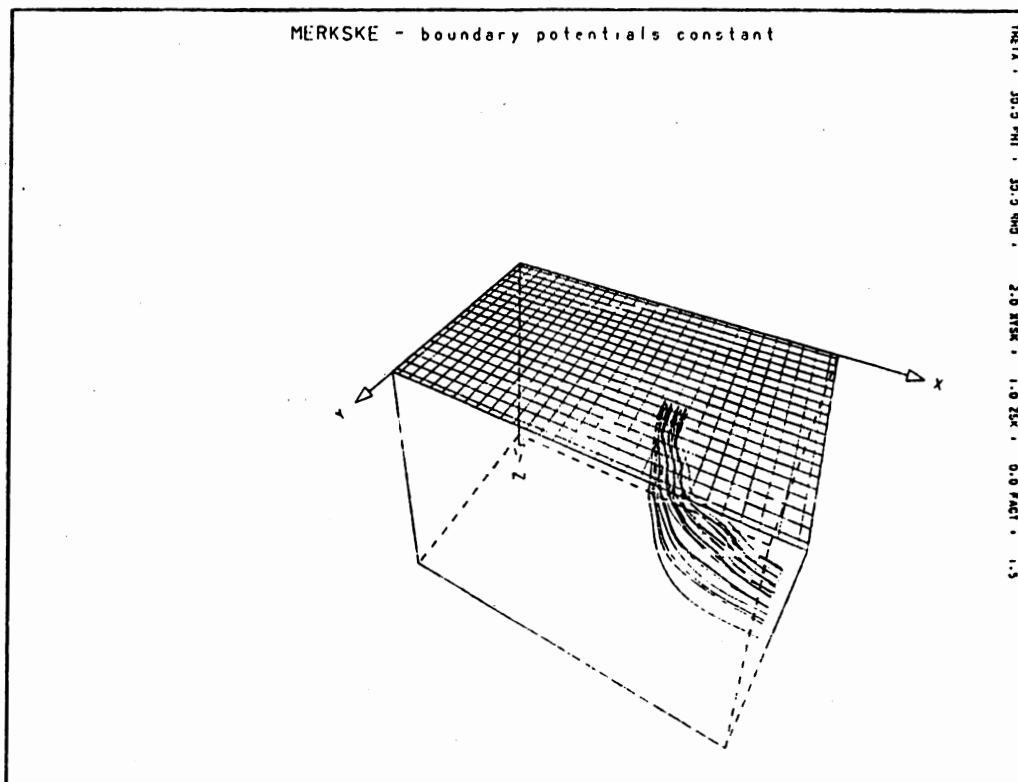


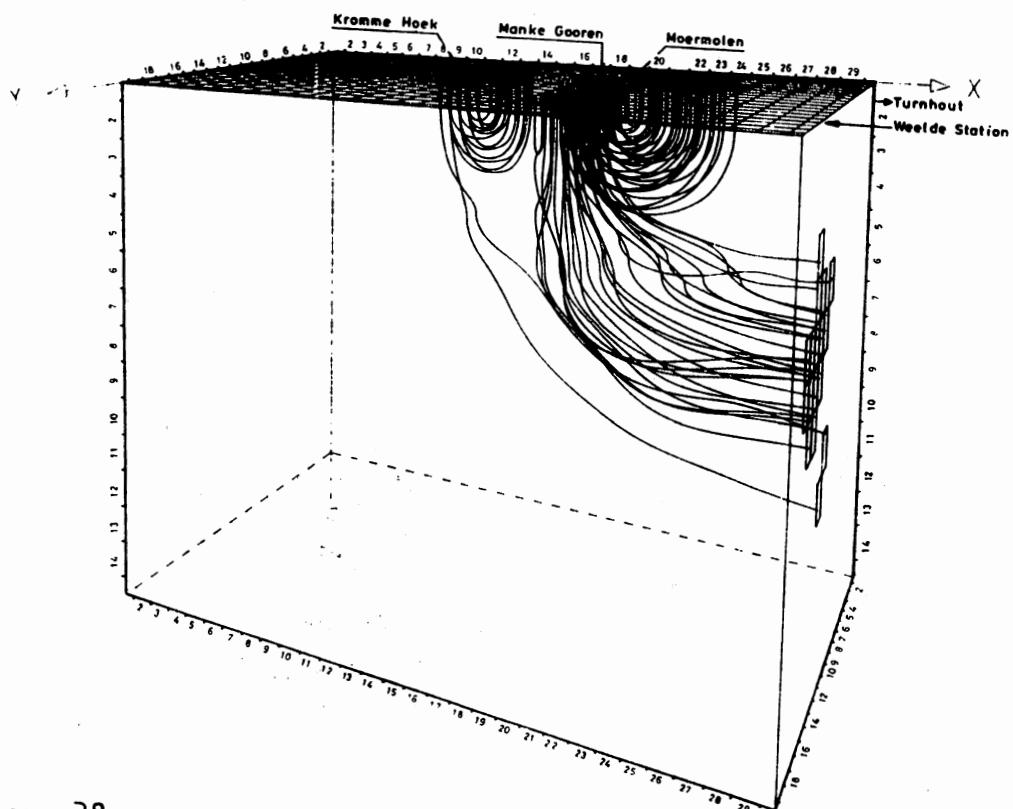
Fig.35. Temperatuur - 6-18 profiel over de meetputten S3-S4.



Figuur 36. De temperatuurverdeling op 30 meter onder maaiveld.



Figuur 37. 3-D Stroombanen naar het kwelgebied van Moermolen



Figuur 38 Driedimensionale stroombanen naar de kwelgebieden Moermolen, Manke Gooren en Kromme Hoek.

De waterbalans voor het gemodelleerde gebied vertoont een relatieve fout van 8.3%, hetgeen in vergelijking met reeds eerder uitgevoerde modelleringen met FLOSA-FD (o.a. Brouwer en Hoogendoorn 1986, Gieske 1987) aanvaardbaar genoemd kan worden. Berekend werd dat de kwel in de Manke Goren rond 0.95 mm/dag bedraagt terwijl de kwel in Moermolen maximaal 1.43 mm/dag bedraagt. De sterkste kwel wordt aangetroffen in het Marktraject tussen Wortel en Minderhout (4.3 mm/dag).

De hoogste infiltratie bedraagt ongeveer 1.9 mm/dag op het plateau van Baarle-Nassau. 7

Op basis van het kwel/infiltratie-kaartje en de reeds vergaarde kwalitatieve kennis zijn de intrekgebieden berekend voor de langs het Merkske gelegen beemden en de kwelgebieden van Moermolen, Manke Goren en de Kromme Hoek.

Hiertoe werd teruggerekend langs de stroombanen vanuit deze kwelgebieden. Deze berekening werd in driedimensionale stroombanenplots vanuit diverse observatiehoeken weergegeven.

Tevens zijn voor elk kwelgebied afzonderlijk driedimensionale stroombanenplots samengesteld.

Figuur 37 laat zien dat de kwel van Moermolen van buiten het stroomgebied afkomstig is en getransporteerd wordt door het WVP 4a en 4b van de Formatie van Oosterhout.

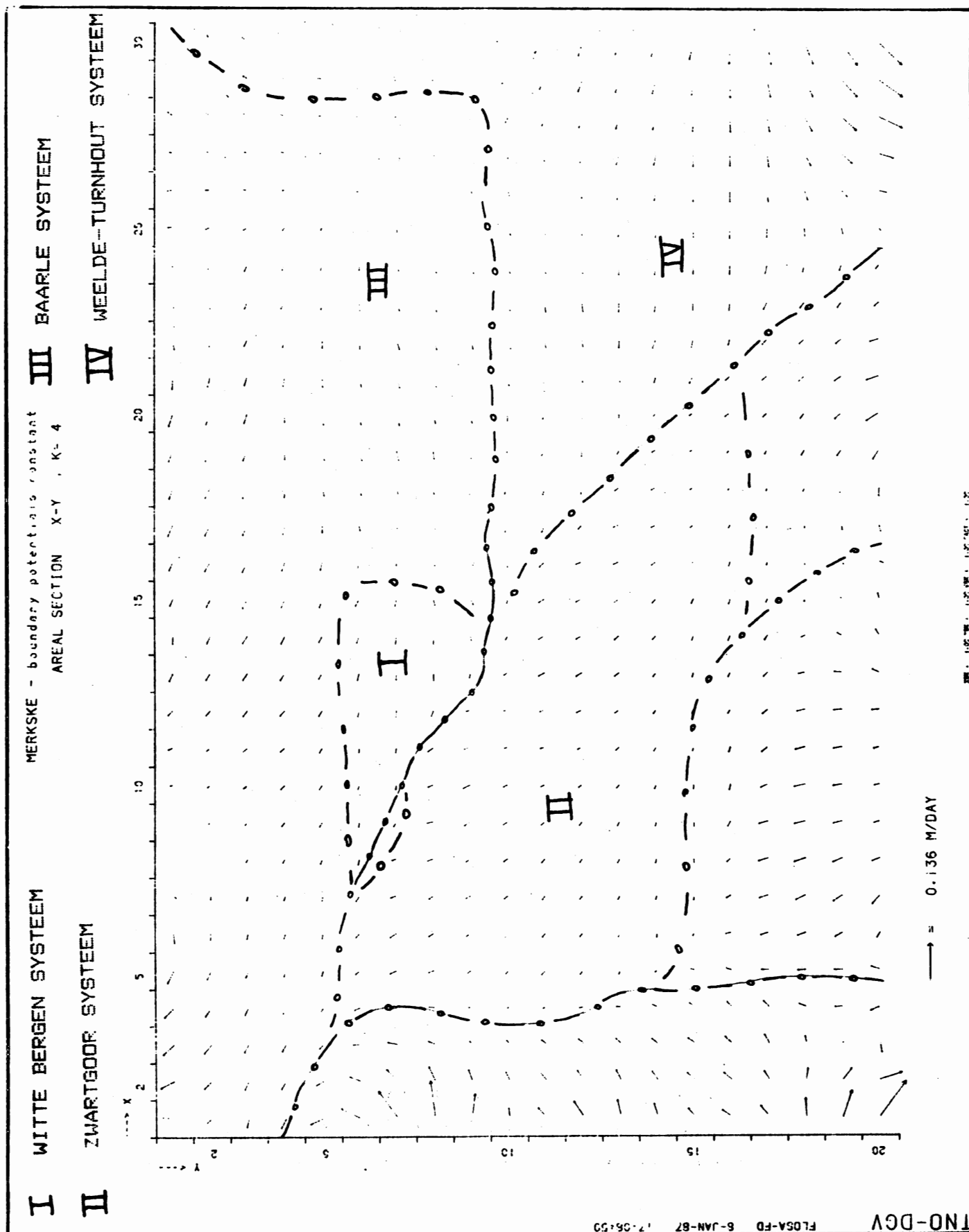
Uit figuur 38 blijkt dat de kwel in de Manke Goren zijn intrekgebied heeft bij Schaluinen (ten zuiden van Baarle) en de Tommelse Heide, terwijl het grondwater dat in de Kromme Hoek beemd opkwelt voornamelijk in de Witte Bergen infiltreert. In het gebied van de Kromme Hoek blijkt dicht langs het beekdal ook grondwater omhoog te komen dat een veel langere weg afgelegd heeft en ondermeer geïnfiltreerd is op het Plateau van Baarle-Nassau (binnen en buiten het modelgebied, zie fig. 38).

Dit komt goed overeen met de in de Kromme Hoek aangetroffen waterkwaliteitszonering.

Met de mogelijkheid om de horizontale (Z-vlak) snelheidsvectoren weer te geven kan op verschillende dieptes de laterale begrenzing van de stromingsstelsels bestudeerd worden (fig. 39). Op basis van

Fig. 39

De horizontale snelheidsvectoren op 330 meter onder NAP en de op basis van deze snelheidsvectoren en 3D-stroombanenplaatjes berustende schematisatie in grondwaterstromingsstelsels.



figuur 39 en de driedimensionale stroombanendiagrammen kunnen zeven grondwaterstromingsstelsels of delen van grondwaterstromingsstelsels onderscheiden worden. Tevens kan er een zogenaamd hydrologisch venster bij de Kromme Hoek onderscheiden worden.

Op grond van de modellering met FLOSA-FD zijn er voor het Merkske-stroomgebied een viertal grondwaterstromingsstelsels van belang (fig. 39), de overige drie zijn binnen dit viertal opgenomen.

De stromingssystemen worden genoemd naar het infiltratiegebied.

Het Weelde-Turnhout-systeem heeft zijn infiltratiegebied buiten het modelgebied op het Plateau van Baarle-Nassau in de omgeving van Turnhout. De exfiltratiegebieden van dit systeem worden gevormd door Moermolen, Noordermark, zuidelijke Manke Goren en het zuidelijk deel van de Kromme Hoek beemd.

Het Zwartgoor-systeem wordt gedraineerd door het Merkske en de Mark. De diepe component van het Witte Bergen-systeem watert af in het lage deel van de Kromme Hoek terwijl de ondiepe subsystemen in de Pools Heining en het Merkske uittreden.

De diepe stroming van het Baarle-grondwatersysteem kwelt op in de Manke Goren.

Op basis van de berekeningen met FLOSA-FD kunnen voor deze grondwaterstromingsstelsels de volgende verblijftijden tussen de zones met sterke infiltratie en exfiltratie gegeven worden.

WITTE BERGEN	-	KROMME HOEK	ca. 100 jaar
OOSTELIJK MODELVLAK	-	KROMME HOEK	> 700 jaar
TOMMELSE HEIDE	-	MANKE GOREN	ca. 100 jaar
OOSTELIJK MODELVLAK	-	MOERMOLEN	> 440 jaar

Hierbij wordt opgemerkt dat uit het isotopenonderzoek blijkt dat de door Flosa-FD berekende verblijftijden van ouder dan 440 jaar eerder ouder dan 1000 jaar zullen bedragen.

De Modellering met Flownet

Met behulp van het tweedimensionale eindige differentiemodel FLOWNET (van Elburg en Engelen, 1986) werd onderzoek verricht naar de gevolgen van beekpeilverhoging op de grondwaterkwaliteit in de naast de beek gelegen beemden.

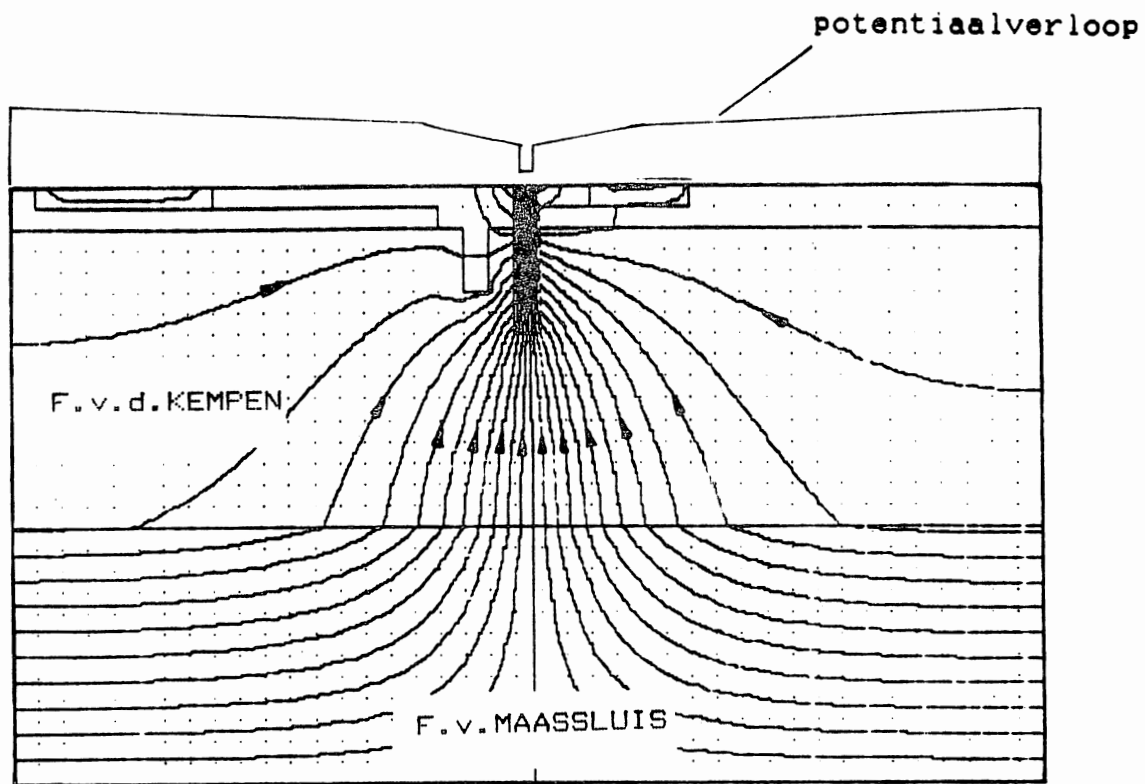


Fig. 40a.

Door FLOWNET berekende stroombanen voor de huidige situatie. Diep kalkrijk water treed alleen in de beekbedding uit.

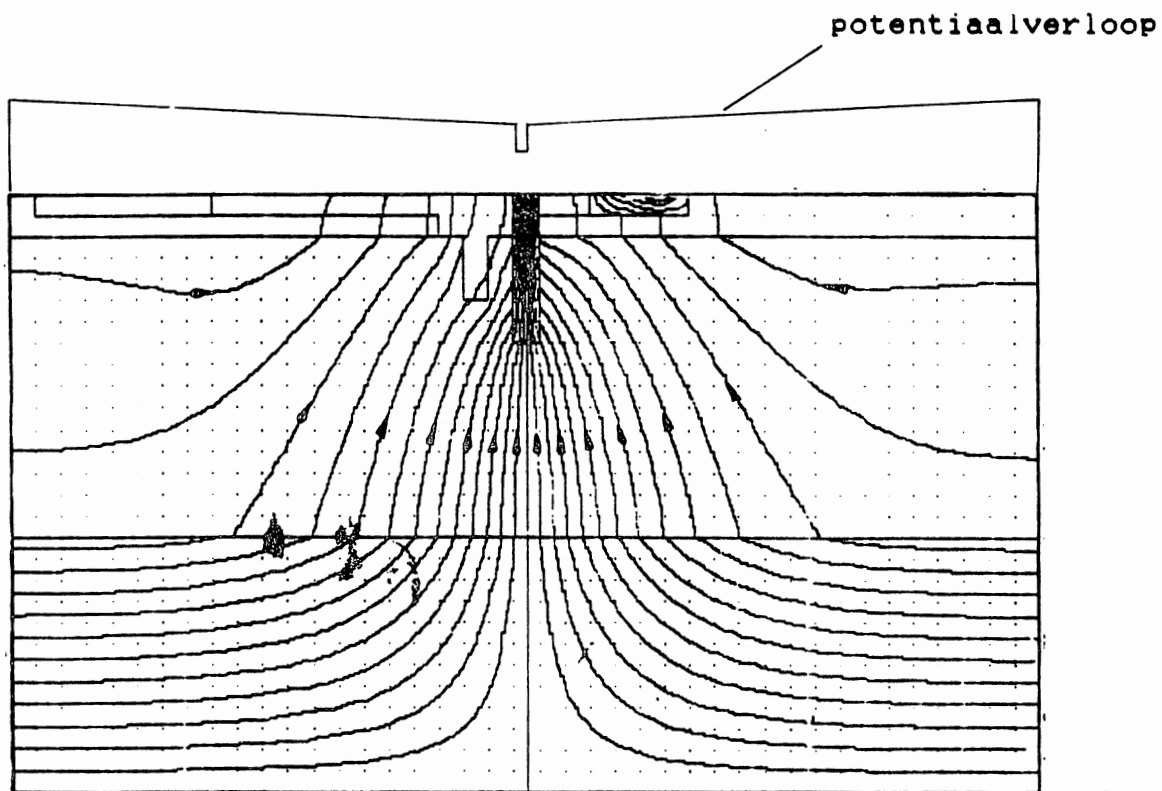


Fig. 40b.

Door FLOWNET berekende stroombanen na beekpeilverhoging. Het diepe kalkrijke water verschijnt nu ook in de onderste helft van de beemd.

De modelberekening voor het nagaan van het effect van een beekpeilverhoging werden uitgevoerd omdat in de Halsche Beemden kalkarm grondwater opkwelt terwijl recht onder de beekbedding kalkrijk water omhoog komt (fig. 26). Historische vegetatie-opnamen wijzen er echter op dat in het verleden ook in de beemden kalkrijke kwel aanwezig was.

Tijdens verbeteringswerkzaamheden aan het Merkske in de zestiger jaren werd de beekbedding verlaagd. Hierdoor zou diepe kalkrijke kwel door de beek afgevangen worden en minder diepe kalkarme kwel in de beemden omhoog komen.

Uit de modellering met FLOWNET (fig. 40) blijkt dat als kalkrijk grondwater onder de beek opkwelt, dit in principe door middel van beekpeilverhoging de beemd in gestuwd kan worden. De kwelintensiteit zal echter afnemen. Door beekpeilverhoging neemt immers het potentiaalverschil tussen het derde watervoerende pakket (WVP 3, Formatie van Maassluis) en het freatische pakket af.

Het Flownet-model werd ook gebruikt om meer inzicht te krijgen in de grondwaterstroming rond het Merkske duidelijk, met name in het gebied Witte Bergen-Kromme Hoek (fig. 41).

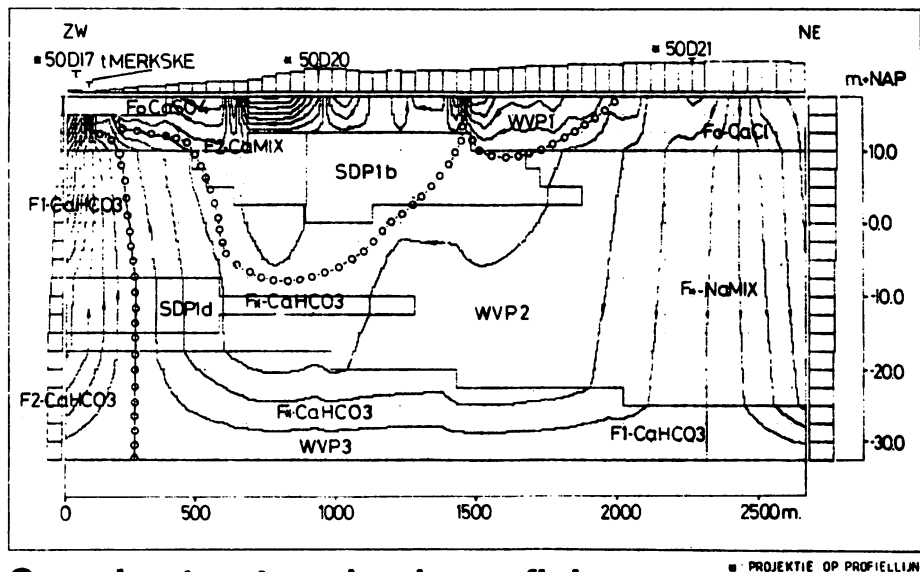
Het infiltrerend regenwater bereikt alleen onder de hoge delen de diepere kalkrijke watervoerende pakketten. Dit grondwater zal onder ongestoorde omstandigheden in de beemden (o.a. Kromme Hoek) opkwellen.

In het tussenliggende gedeelte wordt het infiltrerende regenwater gedraineerd door een stelsel van bovenloopjes en slootjes en verlaat zodoende relatief snel het stroomgebied in de vorm van oppervlaktewater.

2.2.8 De hydrologische systemen rond het Merkske en hun werking

Met behulp van de kwalitatieve en kwantitatieve kennis over het abiotisch milieu is het mogelijk om een viertal grondwaterstromingsstelsels in kaart te brengen. Deze grondwaterstromingsstelsels worden genoemd naar hun belangrijkste infiltratiegebied (fig. 42).

De belangrijkste infiltratie- en exfiltratiegebieden voor de diepe component van de grondwaterstroming zijn respectievelijk met een lichtgrijs respectievelijk donkergrijs raster aangeduid. Ondiepe infiltratie en kwel vindt in het resterende kaartdeel plaats. Uit



Grondwaterstroming in profiel Witte Bergen-Kromme Hoek

Figuur 41. Stroomlijnen en grondwaterstromingsstelsels in een deel van profiel B - B'

deze kaart blijkt dat in het Merkskegebied het oppervlak van elk grondwaterstromingsstelsel onderverdeeld kan worden in:

- (1) Het voedingsgebied voor de diepe component van het systeem (diepe stroomtak).
- (2) Een intermediaire zone die het infiltratiegebied voor de ondiepe snelle component van het systeem vormt (ondiepe stroomtak).
- (3) Het exfiltratiegebied van het systeem. Deze kan weer verdeeld worden in:
 - (a) exfiltratie van diepe stroomtakken.
 - (b) exfiltratie van ondiepe stroomtakken.

Exfiltratiegebieden van de diepe component van het grondwaterstromingsstelsels worden altijd begrensd door de exfiltratiezones van de snelle ondiepe subsystemen. Als gevolg van verschillen in de lokale hydrogeologie kunnen er op het grensvlak van beide stroomtakken ("flowbranches") verschillende situaties ontstaan. Als voorbeeld van de begrenzing van de lokale ondiepe en regionale diepe stroomtakken is in figuur 43 het exfiltratieconcept getekend, uitgaande van de situatie rond het beekdal bij Baarlebrug. Uit het Merkske-onderzoek blijkt dat als in de kwelgebieden (beekdal, Moermolen, Manke Goren) sprake is van voldoende oppervlakkige afwatering, de ondiepe veelal sterk agrarisch beïnvloede stroomtak aan de rand van het kwelgebied zal worden gedraineerd.

Wanneer de ontwateringsslootjes dichtgegooid zijn of slecht onderhouden worden, of wanneer de kweldruk van de diepe stroomtak onvoldoende is, kan de ondiepe stroomtak het kwelgebied ver binnendringen. Als voorbeelden van een dergelijke situatie gelden de Baarlebrug beemd en de elders in Noord-Brabant gelegen Dommelbeemden te St. Oedenrode (Garritsen, 1987).

In geval van onvoldoende oppervlakkige afwatering of onvoldoende kweldruk van de diepe stroomtak of een combinatie hiervan kunnen zeer lokale systeempjes in de vorm van regenwaterlensjes optreden.

De kaart van de grondwaterstromingsstelsels rond het Merkske

HET WEELE - TURNHOUT SYSTEEM

Het infiltratiegebied voor dit grondwaterstelsel wordt gevormd door het Plateau van Baarle-Nassau tussen Weelde en Turnhout (fig. 42).

Een belangrijk deel bevindt zich buiten het kaartblad. Dit infiltratiegebied wordt gekenmerkt door podzolbodems met grondwatertrap VII en talrijke vennetjes.

Als belangrijkste exfiltratiegebieden van het Weelde-Turnhout-systeem gelden in volgorde van belangrijkheid: (1) Moermolen, (2) de zone Markske/Broskens, (3) het Kromme Hoek-venster en (4) de Noordermark.

De depressie van Moermolen vormt het brongebied voor de Noordermark. Stroomopwaarts van Moermolen is het oppervlaktewater zuur ($\text{pH} < 4.8$) of sterk vervuild (Gels Loopken). Als gevolg van de van grote diepte afkomstige kalkrijke kwel in Moermolen wordt het oppervlaktewater minder zuur (rond $\text{pH} 7$) en neemt de afvoer sterk toe. Het kwelgebied van Moermolen wordt in de Belgische bodemkaart getypeerd als zeer natte gronden op lichte zandleem.

Met behulp van zowel het grondwatermodel FLOSA-FD (TNO/DGV) als de temperatuursonderingen kon aangetoond worden dat de maximale diepte van dit grondwaterstromingsstelsel ligt tussen de 70 en 100 meter onder NAP.

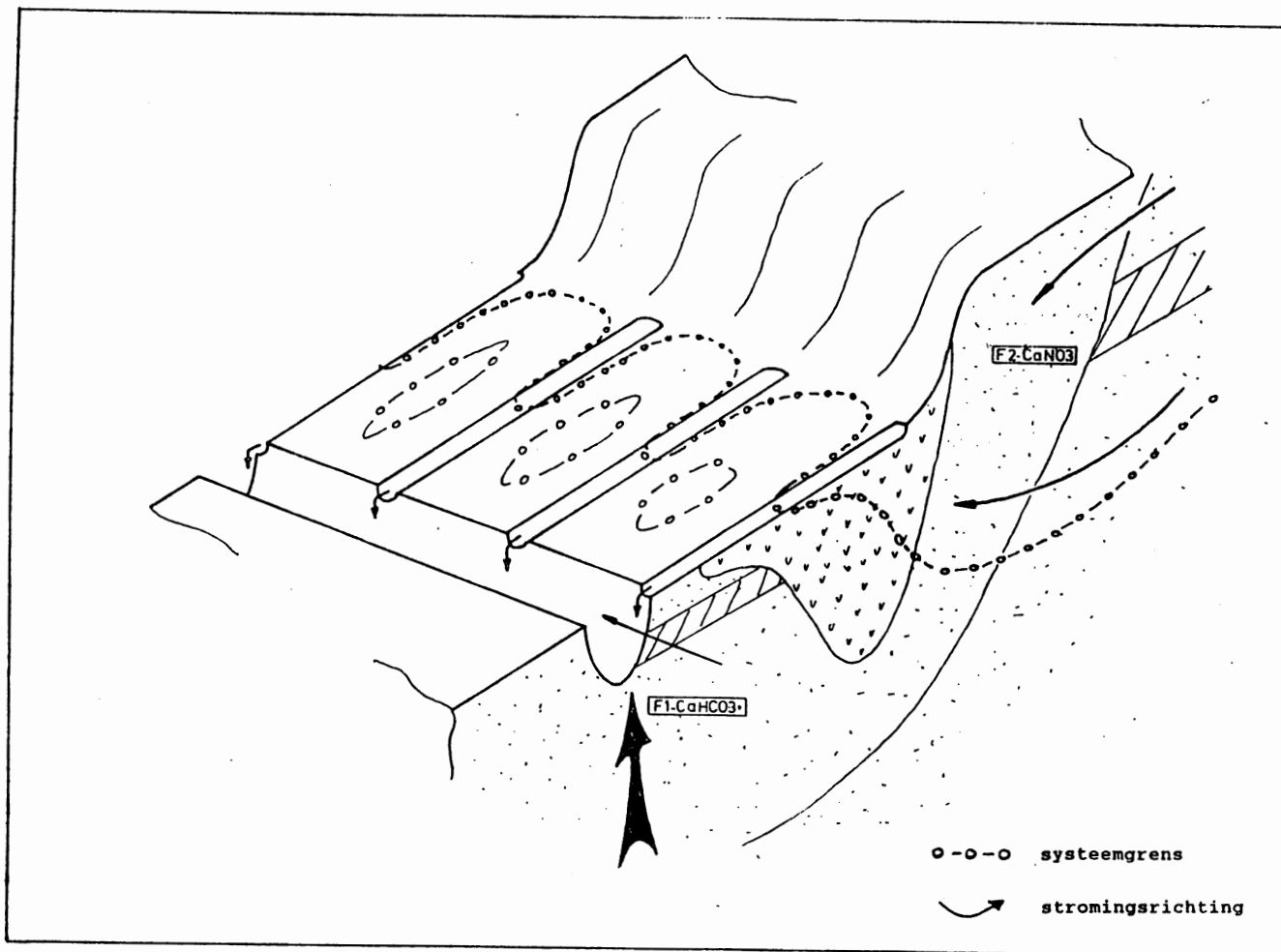
In de kwelzone langs het Markske en gedeeltelijk in de Broskens komt ook een belangrijk deel van het Weelde-Turnhout systeem tot afvoer. Het grondwater is hier bijzonder kalkrijk (80 mg/l calcium).

Met behulp van gegevens over de verspreiding van zeer kalkrijk (F2-CaHCO_3) grondwater in de Kromme Hoek, de isotopengehaltes voor O-18 en C-13 van dit grondwater en de modellering met FLOSA-FD wordt een hydrologisch kwelvenster van het Weelde-Turnhout systeem met een verblijftijd van > 700 jaar aangetoond.

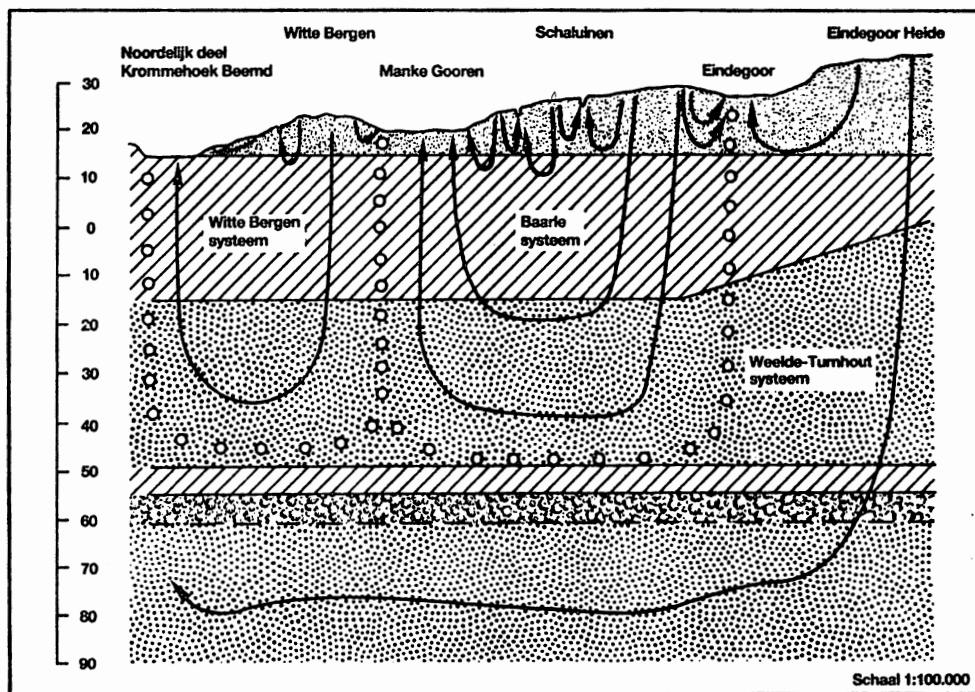
HET BAARLE-SYSTEEM

Dit grondwatersysteem grenst in het oosten aan het Weelde-Turnhout systeem. De grens tussen beide systemen wordt gevormd door het natte gebied van Eindegoor. Dit gebied vormt het brongebied voor de Schouwloop/Markske. Het wordt voornamelijk gevoed door ondiepe grondwatersystemen vanuit de Eindegoorheide en voor een klein deel door ondiepe systemen vanuit o.a. de Retsche Heide.

De zuidelijke begrenzing van dit systeem wordt gevormd door de Schouwloop en het Markske, terwijl de westelijke begrenzing voor een belangrijk deel door de Manke Goren-Loop en de Pools Heining bepaald wordt. Het kwelgebied van de Manke Goren en het beekdal van het



Figuur 43. De hydrogeologische situatie in het exfiltratiegebied op het grensvlak van ondiepe en diepe (sub)systemen



Figuur 44. Grondwaterstromingsstelsels in het profiel Endegoorheide - Noordelijke Kromme Hoek

Markske vanaf 100 meter ten westen van Zondereigense brug blijkt gevoed te worden vanuit de omgeving van de oostelijke Tommelse Heide en Schaluinen. Dit subsysteem bereikt een diepte van 60-70 meter onder NAP met een verblijftijd van ca. 120 jaar.

De Schouwloop, Tommelse Loop, Schaluinse Loop en het Markske tot even westelijk van de Zondereigense brug draineren allen ondiepe stroomtakken van het intermediaire gebied tussen sterke infiltratie en diepe kwel.

HET WITTE BERGEN-SYSTEEM

De diepe component van dit grondwaterstelsel infiltreert op de Witte Bergen en kwelt na $\pm$ 100 jaar op in de noordelijke helft van de Kromme Hoek beemd en gedeeltelijk in het beekdal van het Merkske. De ondiepe snelle component wordt gedraineerd door de bovenlopen van de Olgaloop en de Kromme Hoekloop.

HET ZWARTGOOR SYSTEEM

Uit de modelstudies blijkt dat het in de omgeving van Zwartgoor en in de Rijksweldadigheidskolonie geïnfiltreerd regenwater bijna radiaal gedraineerd wordt door de beekdalen van de Noordermark, het Merkske en de Mark.

Profielen van de grondwaterstromingsstelsels

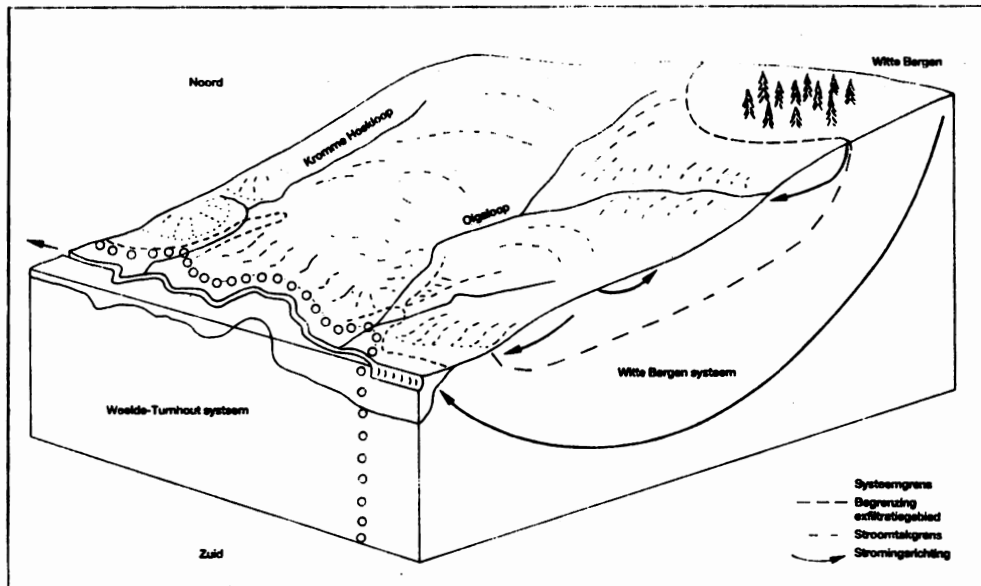
Het profiel Eindegoor Heide - Kromme Hoek (fig. 44) toont een deel van het Weelde-Turnhout systeem, het Baarle-systeem en het Witte Bergen systeem.

Eindegoor wordt gevoed door twee ondiepe stroomtakken van respectievelijk het Baarle-systeem en het Weelde-Turnhout-systeem.

De Manke Goren ontvangt grondwater van zowel de diepe als de ondiepe stroomtakken van het Baarle-systeem en van een ondiep subsysteem van het Witte Bergen-systeem.

Het noordelijk deel van de Kromme Hoek beemd wordt gevoed door zowel ondiepe stroomtakken als de diepe stroomtak van het Witte Bergen-systeem. In fig. 45 wordt de situatie rond de Kromme Hoek schematisch weergegeven. Het blokdiagram toont dat in het zuidwestelijk deel van de Kromme Hoek het Weelde-Turnhout-systeem uittreedt.

Met behulp van het profiel Heimolen-Manke Goren (fig. 46) kan getoond worden wat de implicaties zullen zijn van de onderverdeling



Figuur 45. Blokdiagram rond de Kromme Hoek met het hydrologisch venster van het Weelde - Turnhout - systeem

in een ondiepe snelle stroomtak en een diepe langzame stroomtak voor de toekomstige grondwaterkwaliteit in de Manke Goren.

Uit kwaliteitsmetingen blijkt dat de ondiepe stroomtak in haar gebied reeds sterk beïnvloed is.

In de diepe stroomtak blijkt het vervuillingsfront nog alleen (weliswaar tot grotere diepte) in het infiltratiegebied bij Heimolen voortgeschreden te zijn. Met behulp van de met FLOSA-FD berekende transporttijden kan echter voorspeld worden dat dit front rond ca. 2090 de Manke Goren zal bereiken.

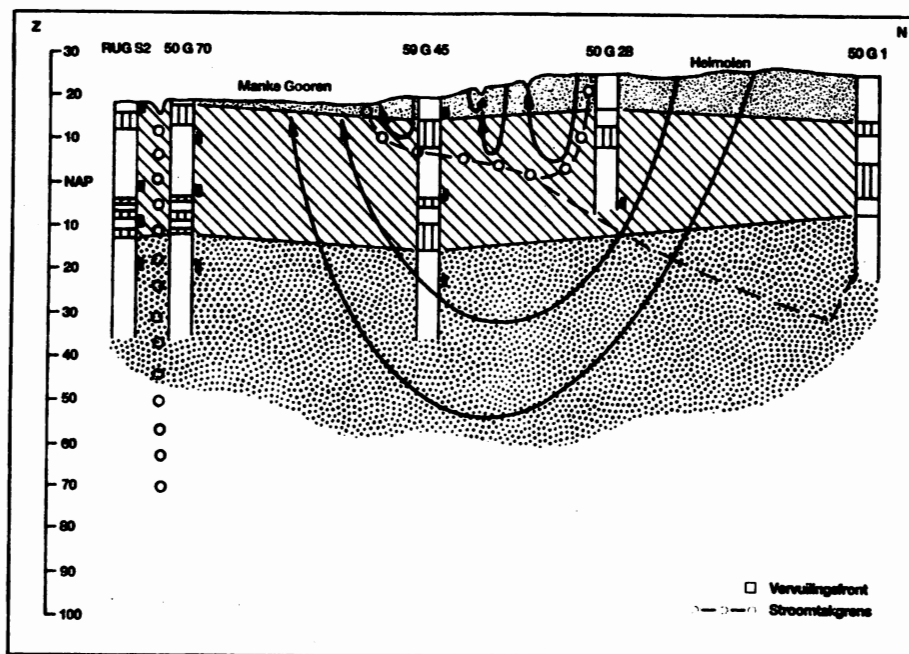
De relatie tussen de grondwatersystemen en de oppervlaktewaterafvoer

Met behulp van het profiel Heimolen-Manke Goren (fig.46) kan ook het gedrag en de verandering van de samenstelling van de beekafvoer verklaard worden. Dit profiel toont immers het voor het gehele studiegebied opgaande concept van een grondwatersysteem, bestaande uit een snelle en qua grondwatersamenstelling sterk beïnvloede ondiepe stroomtak in de topografisch intermediair gelegen gebieden, en een langzame diepe stroomtak die gevoed wordt op de hoogst gelegen terreinen. Als gevolg van de lange verblijftijd van de diepe component levert deze schoon kalkrijk grondwater. Tijdens de natte jaargetijden bepalen de snelle ondiepe stroomtakken de grootte en de samenstelling van de afvoer. Als het aandeel van deze ondiepe stroomtakken gedurende de zomer steeds onbelangrijker wordt, hetgeen ondermeer tot uiting komt in het droogvallen van slootjes, zal de afvoer steeds meer worden bepaald door het uittreden van de diepe stroomtakken, met als gevolg dat de samenstelling van het oppervlaktewater in de richting van de samenstelling van het kalkrijke diepe grondwater verandert.

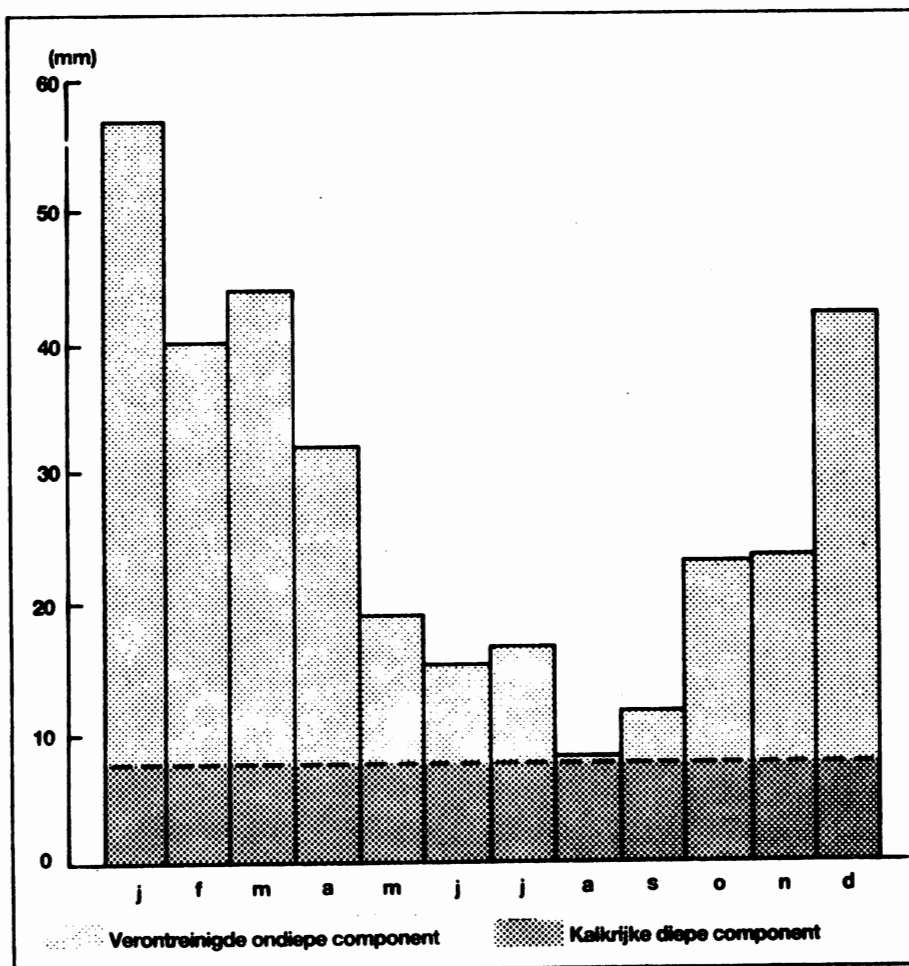
Figuur 47 toont nogmaals hoe met het concept van figuur 46 de samenstelling en de verandering van de samenstelling van het oppervlaktewater verklaard kan worden.

De hoge afvoer tijdens herfst, winter en lente bestaat voor een groot deel uit grondwater uit de ondiepe systemen die getypeerd worden door een slechte grondwaterkwaliteit met ondermeer hoge nitraat, sulfaat en chloride gehalten (II).

Als de aanvoer vanuit deze vervuilde ondiepe systemen afneemt zal het aandeel van de (nog) schone diepe component relatief toenemen. Hierdoor verbetert de kwaliteit van het oppervlaktewater en neemt



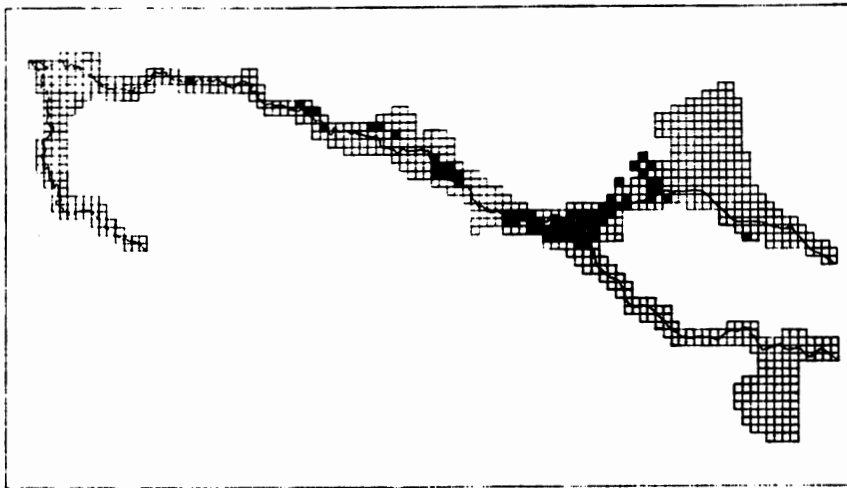
Figuur 46. Schematische voorstelling van het grondwaterstromingssysteem rond de Manke Goren en van de bedreiging van de Manke Goren op korte termijn (via het ondiepe subsysteem) en op lange termijn (via het diepe subsysteem).



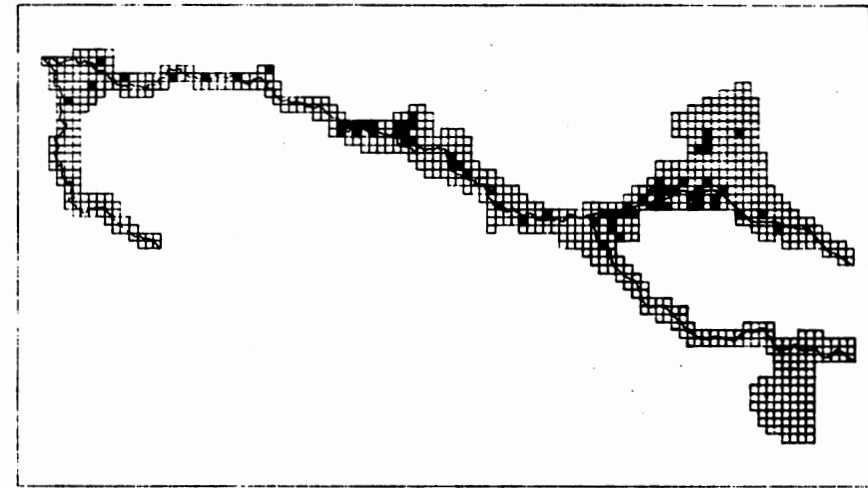
Figuur 47. De verandering van de oppervlaktewatersamenstelling gedurende het jaar. In de zomer verbetert de kwaliteit als gevolg van het wegvallen van de ondiepe stroomtakken.

het calciumgehalte toe (zie ook fig. 27). Met behulp van dit concept kan ook meer inzicht in de historische samenstelling van het oppervlaktewater verkregen worden.

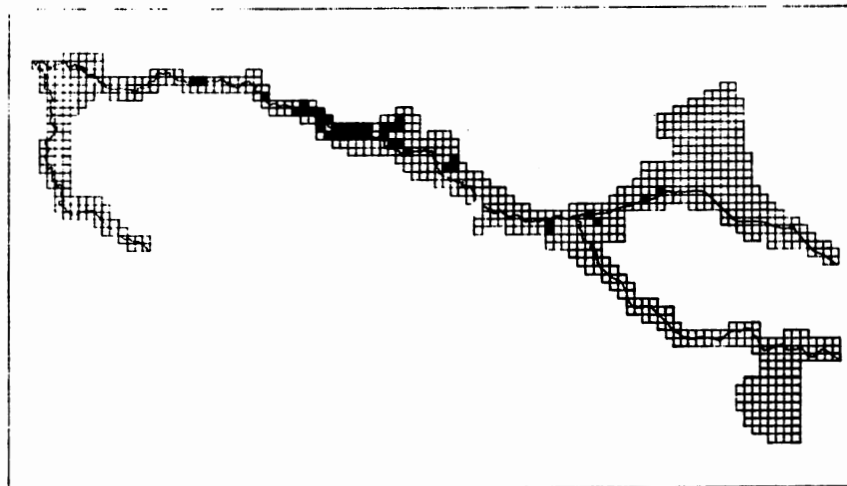
De samenstelling van de diepe component zal immers nauwelijks veranderd zijn. De samenstelling van de ondiepe componenten kan eenvoudig berekend worden. De oppervlaktewatersamenstelling kan worden berekend met behulp van een per plaats en tijd verschillende mengverhouding tussen deze twee componenten.



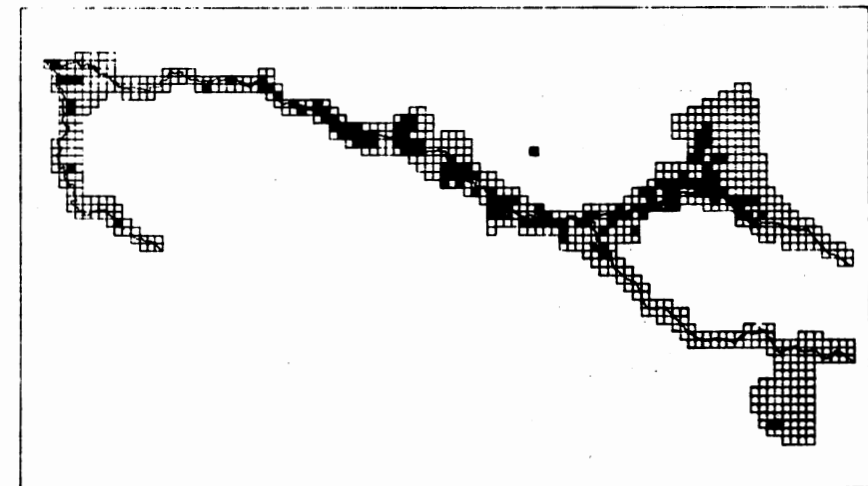
Moesdistel



Moerasstreekzaad



Slanke sleutelbloem



Knolsteenbreek

Figuur 48. Verbreiding van Moerasstreekzaad, Moesdistel, Slanke sleutelbloem en Knolsteenbreek

2.3 Flora en fauna

2.3.1 Flora

De botanische waarden in het stroomgebied van het Merkske beperken zich in hoofdzaak tot het eigenlijke beekdal (vgl. Mennema, 1973). De hogere gronden zijn grotendeels in gebruik als grasland en zwaar bemest bouwland (mais). Sommige bermen in dit gebied herbergen nog elementen van het halfnatuurlijke heidelandschap, zoals Dopheide, Klokjesgentiaan, Heidekartelblad en Kleine zonnedaauw. In enkele kleine heiderestanten treft men daarnaast nog soorten aan als Moeraswolfsklauw, Beenbreek en Snavelzegge.

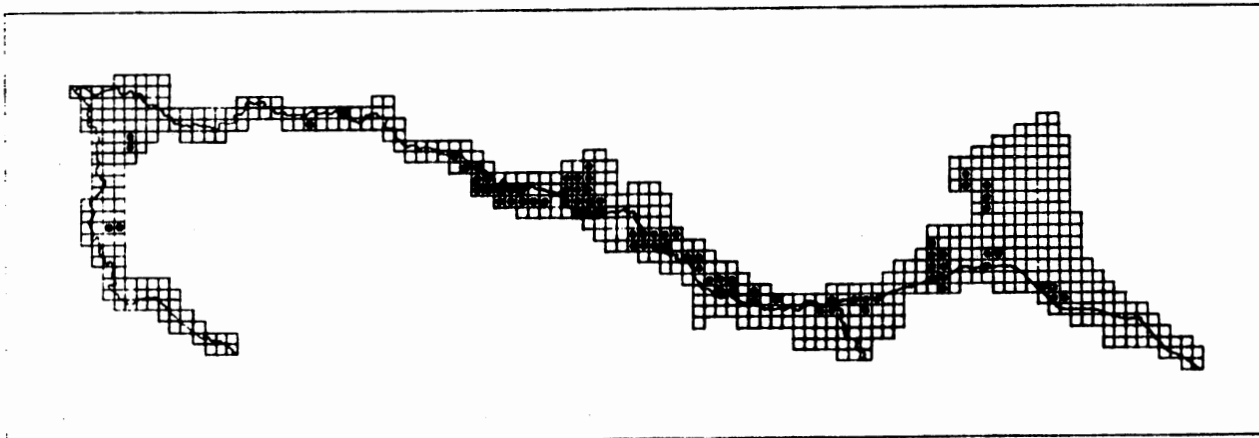
In het beekdal vindt men een afwisseling van hooilanden, weilanden en populierenbossen. In de populierenbossen treft men in het voorjaar op diverse plaatsen soorten aan als Muskuskruid, Bosanemoon en Slanke sleutelbloem. Later in het jaar domineert de Brandnetel in deze bossen, in het middendeel van het beekdal vaak vergezeld van de in Nederland zeldzame Moesdistel.

De drassige, één à tweemaal per jaar gemaaide hooilanden die nog op diverse plaatsen in het beekdal voorkomen, zijn botanisch gezien het meest interessant. Opvallend is hier het op vrij grote schaal voorkomen van een aantal in Nederland zeldzame soorten als Knolsteenbreek, Grote pimpernel, Moerasstreepzaad, Slanke sleutelbloem en Moesdistel, beide laatste vooral in het middendeel van het beekdal (figuur 48).

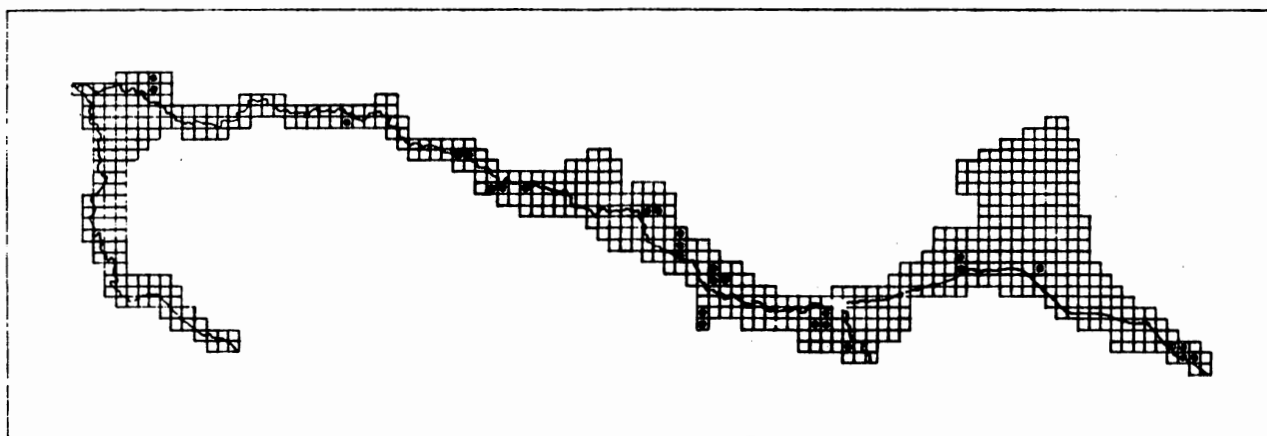
Plaatselijk komen in de beekdalhooilanden nog soorten voor als Ruwe dravik, Adderwortel, Bosbies, Kleine valeriaan, Breedbladige orchis en Kale vrouwenmantel. Genoemde soorten staan te boek als indicatoren van basenrijke, neutrale tot matig stokstofrijke, veelal lemige standplaatsen (Oberdorfer, 1979; Ellenberg, 1978).

Soorten die voedselarme en zure omstandigheden indiceren zoals Zompzegge, Moerasviooltje, Gewone en Blauwe zegge, zijn in het gebied weinig algemeen.

In totaal zijn er 461 soorten hogere planten in het stroomgebied van het Merkske aangetroffen, waarvan 45 soorten weinig algemeen zijn voor Nederland (UFK 5, d.w.z. hoogstens in ca. 10% van de 1677 uurhokken die Nederland rijk is) en 23 soorten zeldzaam (UFK < 4,



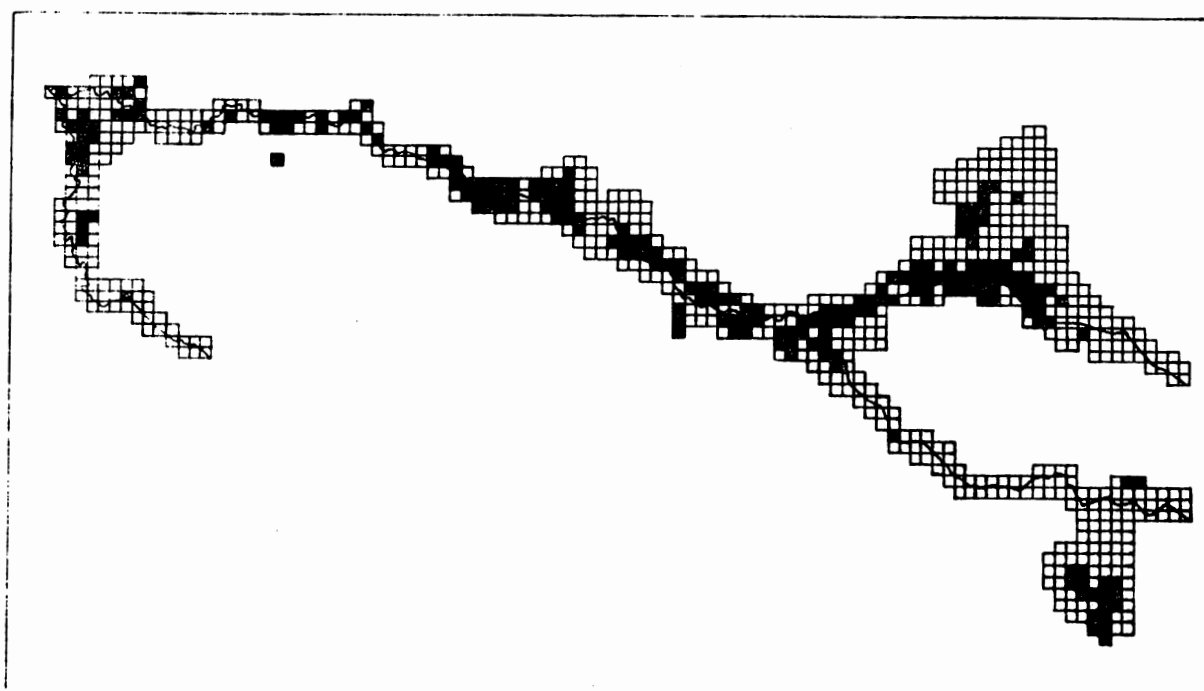
Figuur 49. Verbreiding relatief soortenrijke graslanden (type 14, 15, 16, 18 volgens Van der Wal en Langbroek, 1985)



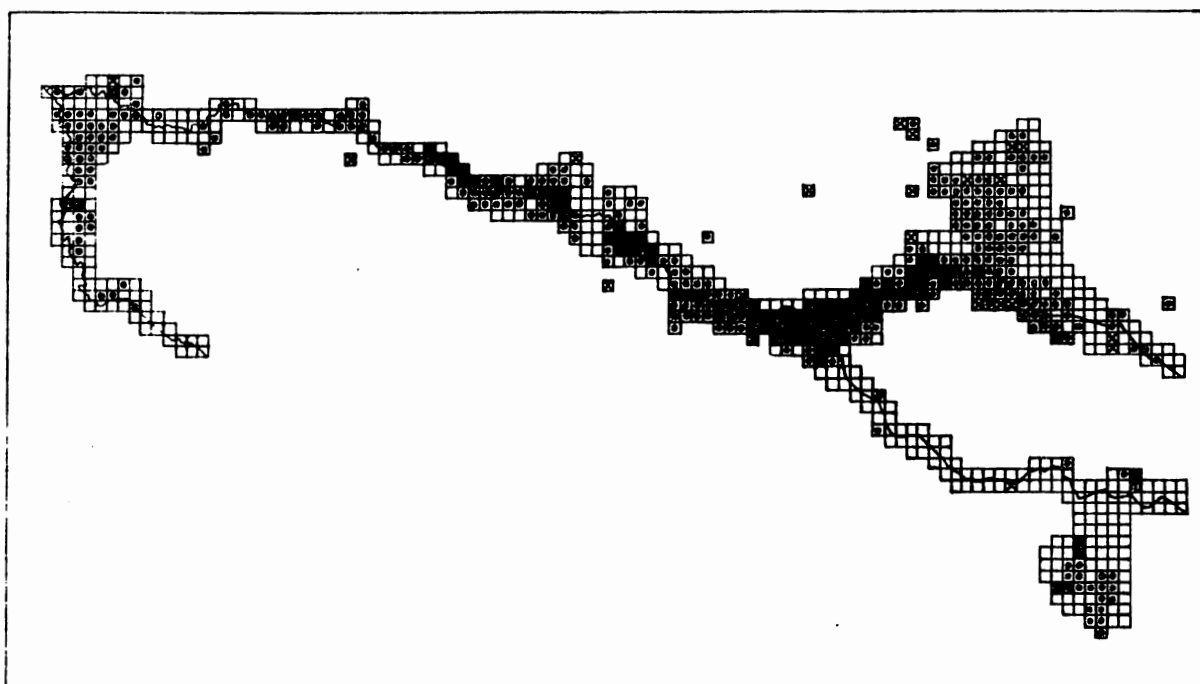
Figuur 50. Verbreiding van bossen van natte en vochtige bodem (type L8, 9, 10 volgens van der Wal en Langbroek, 1985)

d.w.z. in minder dan 5% van de uurhokken). Van de 461 soorten die ooit zijn aangetroffen, zijn er na 1980 nog 418 over, van de 45 weinig algemene nog 32 en van de 23 zeldzame soorten nog maar 13 (Cools, 1986). Daarvan zijn vooral de Moesdistel (UFK3), Moerasstreepzaad (UFK4) en Knolsteenbreek (UFK4) opvallend door hun algemeen voorkomen binnen het stroomgebied. Verder is het voorkomen van Karwijsalie en Witte rapunzel vermeldenswaard vanwege hun grote zeldzaamheid (UFK2, d.w.z. minder dan 1% van de uurhokken). Het merendeel van de weinig algemene en zeldzame soorten vindt men in het beekdal, vaak in bossen of weinig bemeste hooilanden die nog her en der in het beekdal voorkomen (fig. 49, 50), soms echter in en langs greppels en bermen in intensief gebruikt agrarisch cultuurland (fig. 51). Uit literatuuronderzoek (v. Zadelhoff, 1988, Deelrapport 6) kon worden afgeleid dat diverse soorten die in het beekdal vrij algemeen voorkomen, indicatief zijn voor relatief kalkrijke omstandigheden. Het gaat om soorten als Moesdistel, Paardehaarzegge, Pijptorkruid en Kleine watereppe. Aangezien het sediment kalkarm is, kunnen deze soorten in het Merkskegebied als indicatoren voor de aanwezigheid van kalkrijk grondwater gebruikt worden ($\text{FI}/2 - \text{CaHCO}_3$) (Fig. 52). Soorten als Dotterbloem, Grote pimpernel, Knolsteenbreek, Slanke sleutelbloem, Moerasstreepzaad, Tweerijige zegge, Moeraszegge, Holpijp en Beekpunge, kunnen gebruikt worden als indicatoren voor de aanwezigheid van matig kalkrijk grondwater ($\text{F } 0/1 - \text{CaHCO}_3$, figuur 52).

Uit het floristisch en vegetatiekundig onderzoek werd duidelijk dat een aantal plantegemeenschappen in het Merkskedal goed ontwikkeld is. Het gaat onder andere om het Dotterverbond, het Verbond der Grote zeggen en het Moerasspirea-verbond. Diverse andere gemeenschappen die men in het Merkskedal onder minder gestoorde omstandigheden zou kunnen verwachten ontbreken geheel, zoals het Blauwgrasland en het Knopbiesverbond. Soorten uit deze gemeenschappen zijn in het begin van deze eeuw in het Merkskedal of het nabijgelegen Markdal nog wel aangetroffen (o.a. Parnassia, Vleeskleurige orchis, Padderus, Spaanse ruiter en Klein glidkruid). Plaatselijk lijken de milieu-omstandigheden nog geschikt om de verloren gegane waarden te herstellen. Het gaat met name om delen van het beekdal waar de waterhuishouding nog weinig gestoord is en de grondwaterkwaliteit



Figuur 51. Verbreiding van Dotterbloem in het beekdal



Figuur 52. Verbreiding grondwatertypen op basis van de indicatie van plantensoorten

- Kalkrijk ($F1/2-CaHCO_3$)
- (Matig) kalkrijk ($F0/1-CaHCO_3$)
- ✱ Kalkarm ($F*-CaHCO_3$; $F1-CaSO_4$; $F1-CaMIX$)

ook op de hogere gronden nog weinig is aangetast, zoals in het gebied rond de Kromme Hoek e.o. en op de Castelreesche Heide/Halsche Beemden. Fig. 54 geeft de potentieel natuurlijke vegetatie voor het stroomgebied van het Merkske zoals die op basis van literatuuronderzoek aan de hand van de bodemkaart kan worden vastgesteld. (Garretsen e.a., 1988, Deelrapport 7).

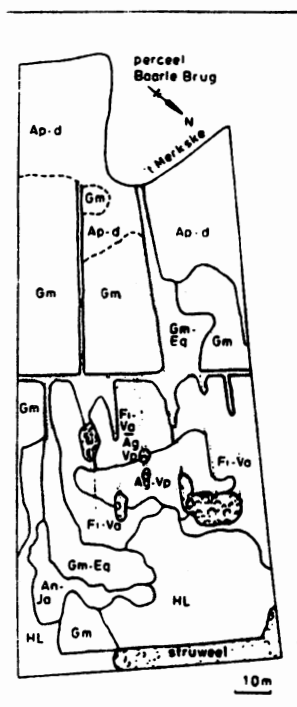
2.3.2 Aquatische fauna

Voor de beschrijving van de hydrobiologische waarden is gebruik gemaakt van studies van Buskens (1985) en Bijlmakers e.a. (1985).

De hydrobiologische waarden in het stroomgebied van het Merkske zijn, net als de botanische waarden, in hoofdzaak tot het beekdal beperkt. De fauna is in de meeste bovenlopen sterk verarmd, de levensgemeenschap duidt op vervuild water en kan grotendeels gerekend worden tot de Chironomus-groep sensu Moller Pillot (1971).

Geconstateerd werd dat de situatie in o.a. de Eikelenbosch loop de laatste jaren nog meer verslechterd is. In 1976 trof Moller Pillot hier o.a. nog kriebelmuglarven (Simuliidae) en diverse soorten vedermuglarven aan die in 1983 verdwenen zijn. In 1983 is er een dominantie van de vedermuglarf (*Chironomus* gr. *plumosus*). Het Vischvense loopje en met name de Kromme Hoek-loop (fig. 1) hebben ook nu echter nog een voor bovenlopen beter ontwikkelde levensgemeenschap. Zo zijn in laatstgenoemde loop kriebelmuglarven en zelfs vlokreeften (*Gammarus pulex*) aangetroffen. Laatstgenoemde soort is door Ronken & Van der Velde (1982) nauwelijks waargenomen in het stroomgebied van de Mark. Vooral de Kromme Hoek-loop blijkt dan ook een belangrijke refugium-functie te hebben.

In de hoofdbeek zijn diverse soorten van stromende wateren gevonden die in de bovenlopen ontbreken. Dankzij het meanderende karakter is de levensgemeenschap nog relatief soortenrijk, hoewel ook hier de laatste jaren de situatie is verslechterd. Zo zijn sedert 1973 (Moller Pillot, 1974) o.a. diverse soorten kevers, schaatsenrijders en kokerjuffers verdwenen. Opmerkelijk is dat de levensgemeenschap in de hoofdbeek stroomafwaarts beter ontwikkeld is dan stroomopwaarts. Stroomminnende soorten als de Haft Baetis en de kevers *Laccophilus hyalinus* en *Potamonectus depressus elegans* komen vooral stroomafwaarts voor.



Figuur 53: Vegetatiekaart van het perceel Baarle-brug.

Gm = liesgrasvegetaties; Ag-Vp = kleine zeggevegetatie;
Overige typen = soortenarm grasland/ ruigte

De greppels in het beekdal die kwelwater afvoeren zijn relatief soortenrijk. De aanwezigheid van waterpissebedden, slakken, twee-kleppigen en larven van diverse soorten verdermuggen geven aan dat de meeste greppels in het beekdal niet of nauwelijks droogvallen. In het voorjaar zijn soorten aanwezig die kenmerkend zijn voor kwelsituaties. Door de permanente afvoer van kwelwater zijn dergelijke greppels zelfs in beperkte mate geschikt voor stroominnende soorten als kriebelmuglarven en Baetis. In kwelbeemden werd voorts de aanwezigheid van diverse soorten terrestrische vedermuglarven vastgesteld, waaronder Krenopelopia, een vedermug die kenmerkend is voor bronmilieus (Moller Pillot, 1984; Moller Pillot & Krebs, 1981).

2.3.3 Amfibieën

De beschrijving van de amfibieën is gebaseerd op gegevens van Marijnissen en Okhuysen (1986).

In het beekdal van het Merkske komen elf soorten amfibieën voor, te weten: Alpenwatersalamander, Kamsalamander, Vinpootsalamander, Kleine watersalamander, Knoflookpad, Gewone pad, Rugstreeppad, Boomkikker, Groene kikker, Bruine kikker en Heikikker (fig. 55).

Met deze soorten behoort het Merkske-gebied tot de rijkste amfibieëngebieden van Noord-Brabant. Het totaal aantal soorten in Brabant bedraagt 12; in Nederland 16. Onder de 11 soorten, die in het stroomgebied van het Merkske voorkomen, bevinden zich een aantal bedreigde soorten, namelijk de Knoflookpad, de Alpenwatersalamander, de Vinpootsalamander, de Kamsalamander, de Heikikker en de Boomkikker. Met name de drie laatstgenoemde soorten zijn (zeer) ernstig bedreigd, zowel in Nederland als in België (Bergmans en Zuiderwijk, 1986; Willockx 1983).

Onder natuurlijke omstandigheden zullen in het stroomgebied van het Merkske tal van geschikte voortplantingsbiotopen voor deze soorten aanwezig geweest zijn, mede door de aanwezigheid van ondiepe leemlagen die ervoor zorgen dat er in het voorjaar her en der poelen aanwezig waren. Ook geschikte land- en winterbiotopen zijn ongetwijfeld in ruime mate aanwezig geweest. Door ontwatering, eutrofiëring, verzuring, het opruimen van houtwallen en bosjes en het volstorten van poelen zijn met name op de hoger gelegen gronden vele geschikte voortplantings-, land- en winterbiotopen verdwenen.

Bodentypen	Vegetatietypen		
	Bos	Struweel	Lage vegetaties
 Veen (aVz,aVc)  Beekeerd (tzg,czg)  Broekeerd (aWz,zWz)  Gooreerd (tZn)  Lage enkeerd (Ezg)  Laarpodzol+hoge enkeerd (cHn,zEz)  Veldpodzol (Hn)  Haarpodzol (Hd)  Leekeerd (pKX)	Elzenbroekbos (35Aa1) Elzen-Essenbos (38Aa3) Elzenbroek-en Elzen-Essenbos Eiken-Berkenbos (37Aa1) Elzen-Essenbos (38Aa3) Eiken-Beukenbos (37Aa2) Eiken-Berkenbos (37Aa1) Eiken-Berkenbos (37Aa1)	Wilgen (32Aa2,3) Wilgen (32Aa2,3) Gagel (32Aa1,2) Wilgen (32Aa2,3) Sleedoorn (34Aa)	Dotters,zeggen (25Aa1,3;25Ab1;19Ca3,5,6;19Ba3) Dotters,blauwgrasland (25Aa1,3;25Ac1;27Ba2) Borstelgras (30Aa1;27Aa2) Dotters (25Aa1,3) Dopheide (29Aa1,2;30Ba1) Struikheide (30Ba1)



Figuur 54. Potentieel natuurlijke vegetaties

Kritische soorten die juist aan de hogere gronden van het stroomgebied gebonden zijn, zijn daardoor al vrijwel uit het Merkskegebied verdwenen.

Dit geldt bijvoorbeeld voor de Heikikker en de Boomkikker. Laatstgenoemde soort is zelfs sinds 1984 niet meer gesignaleerd. Alleen de meer tolerante soorten als de Groene en de Bruine kikker en de Gewone pad kunnen zich ook op de hogere gronden nog vrij goed handhaven.

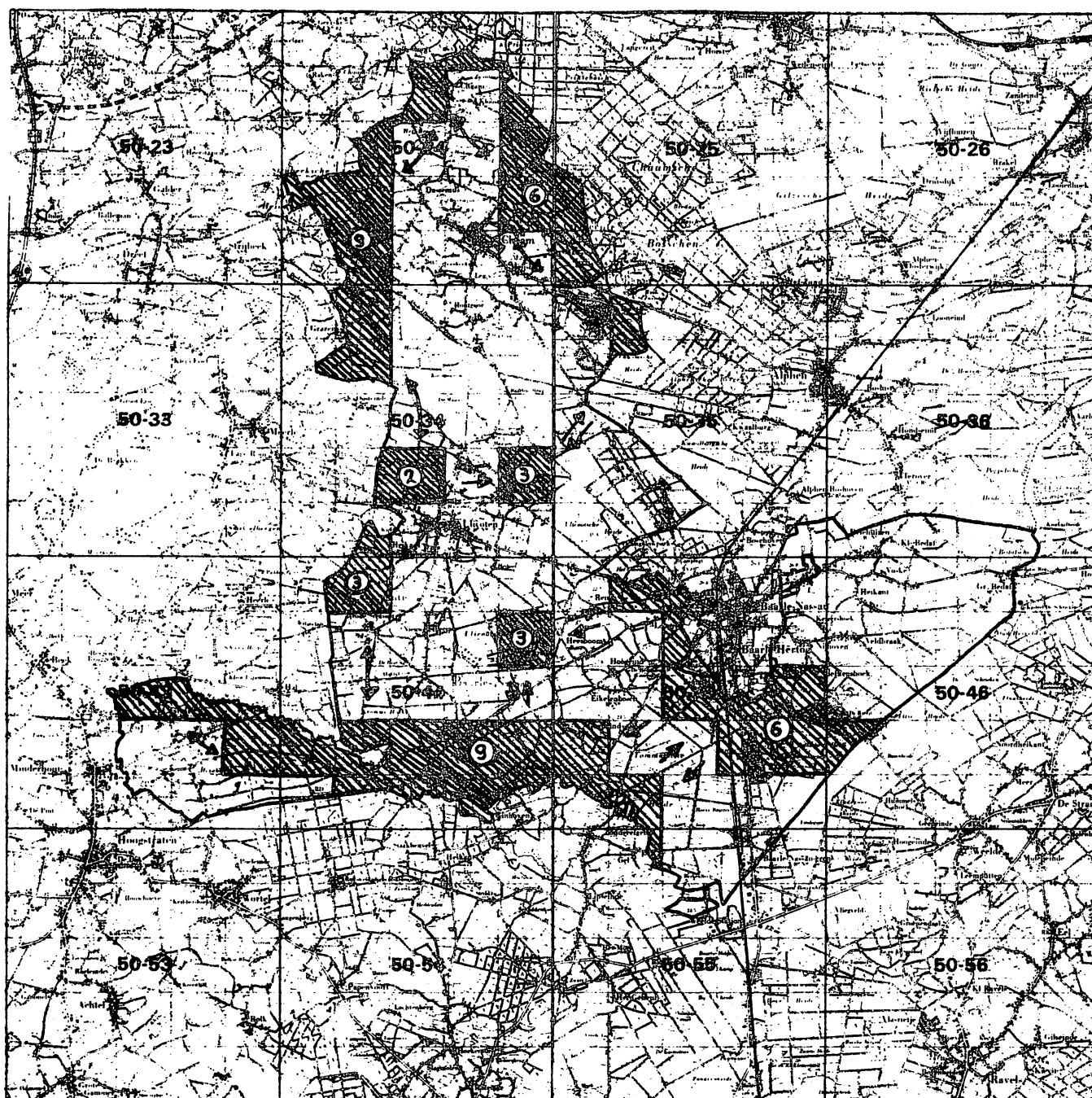
In het beekdal van het Merkske zelf en zijn bovenlopen zijn nog wel op vrij ruime schaal geschikte biotopen voorhanden. Enerzijds is de vegetatiestructuur nog gevarieerd, anderzijds is er met name in greppels, sloten en poelen in het beekdal nog relatief schoon, niet te zuur water voorhanden. Met name een soort als de Alpenwatersalamander lijkt zich hier goed thuis te voelen en is dan ook goed vertegenwoordigd (fig. 56). Mogelijk heeft dit te maken met een zekere tolerantie van deze soort voor een lage watertemperatuur (het kwelwater in het beekdal heeft een temperatuur van rond de 10°C).

Door gerichte maatregelen (aanleg van poelen, houtwallen, verbindingcorridors naar aangrenzende beekdalen) is er voor de amfibieën op relatief eenvoudige wijze nog veel te bereiken.

2.4 Synthese

Uit het hydrologisch onderzoek blijkt dat in het stroomgebied van het Merkske vier grote grondwaterstromingsstelsels te onderscheiden zijn. Deze bestaan uit een diepe stroomtak met een lange verblijftijd waarvan het water infiltreert in relatief hooggelegen infiltratiegebieden en uitstroomt in het beekdal, en een snelle ondiepe stroomtak die gevoed wordt en uitstroomt in de (intermediair) gebieden tussen de topografische hoger gelegen infiltratiegebieden en het beekdal.

Het grondwater van de ondiepe stroomtak is onder cultuurland en houtsingels matig tot sterk verontreinigd. Door de werking van het diepe hydrologisch systeem treft men deze verontreiniging op veel plaatsen niet dieper dan ca. 10 meter onder het maaiveld aan. De grondwaterkwaliteit in het beekdal wordt door de diepe stroomtak van de grondwaterstroming bepaald. Dit grondwater is dan ook overwegend schoon en relatief kalkrijk.



Figuur 55. Aantal waargenomen soorten amfibieën per kerngebied in de ruilverkaveling Baarle-Nassau (groene kikker-complex = 1).

9 = Aantal waargenomen soorten amfibieën na 1979 per kerngebied

▨ = Kerngebied

↕ = Contactzone

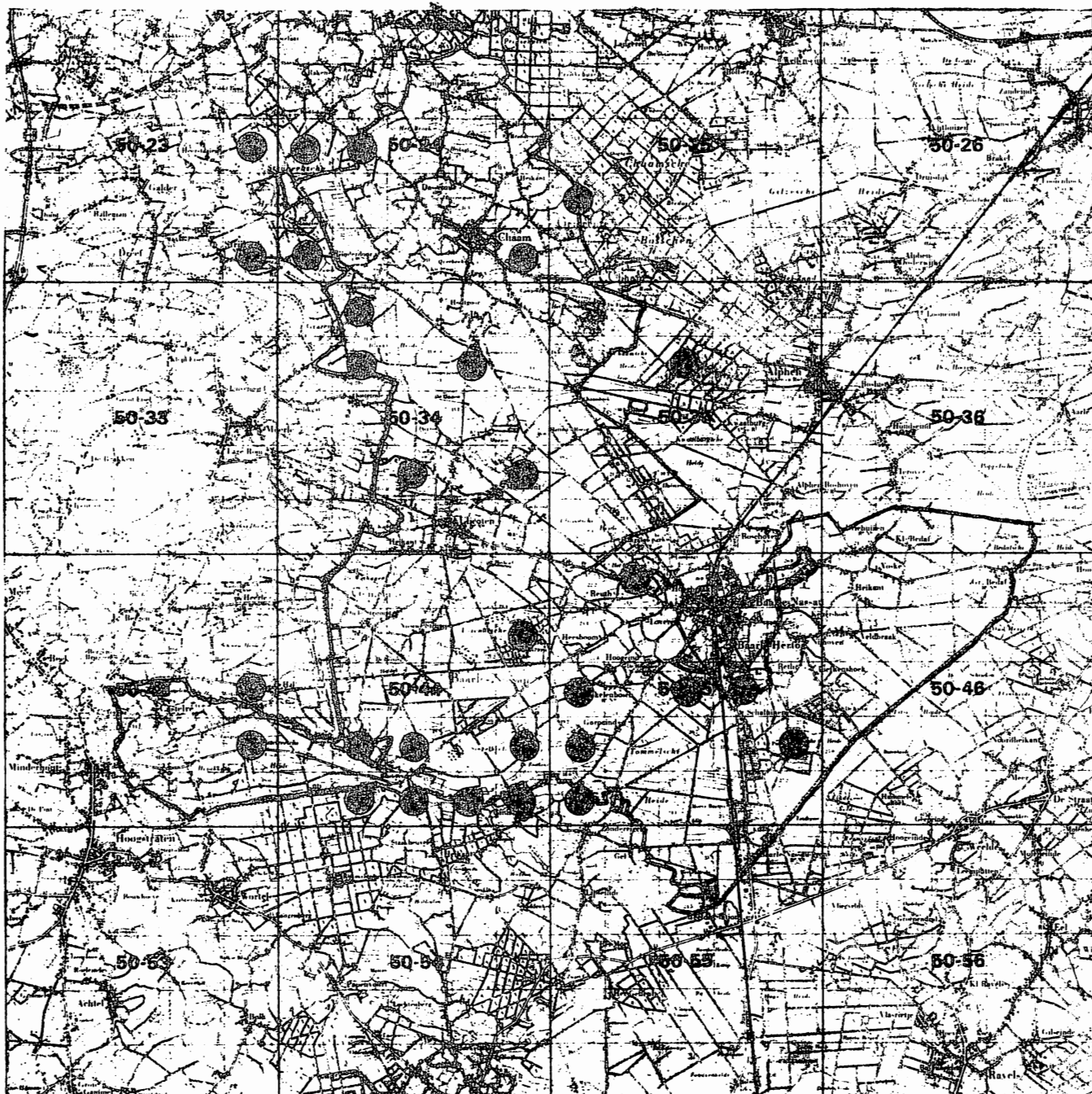
Ondanks het intensieve landbouwkundig gebruik van het stroomgebied drukt bovengenoemde tweedeling in min of meer vervuilde ondiepe systemen en schone diepe systemen een duidelijk stempel op de natuurwaarden in het beekdal. De hooggelegen infiltratiegebieden zijn grotendeels bebost, plaatselijk komen nog heidevelden en vennen voor met voedselarmoede indicerende soorten als Dopheide, Gagel, Veenpluis, Ronde en Kleine Zonnedaauw, Beenbreek, Klokjesgentiaan en op een enkele plaats Moeraswolfsklauw. In de intermediaire gebieden zijn de hier van oorsprong thuishorende soorten van voedselarme milieus zeer sterk teruggedrongen. Ook de hydrobiologische waarden van de bovenlopen in het intermediair gebied zijn sterk aangetast (par. 2.3.2). In het lagere deel van het beekdal is nog relatief veel gespaard van de natuurwaarden, vooral dankzij de natte omstandigheden en de toevoer van schoon grondwater. Het relatief kalkrijke karakter van dit grondwater heeft daarbij duidelijk een stempel gedrukt op de flora; soorten als Moesdistel, Kleine water-eppe, Paardehaarzegge en Grote boterbloem lijken duidelijk gebonden te zijn aan lokaties waar (zeer) kalkrijk grondwater opwelt (F1/2 - CaHCO_3).

Andere soorten die in het beekdal vrij algemeen voorkomen (o.a. soorten uit het Dotterverbond en het Glanshaver Verbond) blijken niet alleen voor te komen op plaatsen met kwel van kalkrijk grondwater, maar ook op plaatsen met kwel van matig kalkrijk grondwater ($\text{F}^*/\text{O}/1\text{-CaHCO}_3$).

Opmerkelijk is dat de kwel van (zeer) kalkrijk grondwater in het midden-, bovenstroomse deel van het beekdal omvangrijker blijkt te zijn dan in het benedenstroomse deel, waar dit type alleen in een smalle strook langs en onder de beek voorkomt (fig. 20, 26).

Wanneer men de verbreiding van soorten die indicatief lijken te zijn voor de aanwezigheid van (zeer) kalkrijk en matig kalkrijk grondwater tezamen in kaart brengt, dan krijgt men een beeld dat vrij goed overeenstemt met het beeld dat werd verkregen op basis van hydrologisch en hydrochemisch onderzoek (fig. 20, 21, 52).

Wel krijgt men de indruk dat kalkrijk grondwater (F1- CaHCO_3) in een minder groot gebied voorkomt dan in figuur 20 is weergegeven, terwijl anderzijds matig kalkrijk grondwater een grotere verspreiding lijkt te hebben. Daarbij moet worden bedacht dat het



Figuur 56. Verspreiding van de Alpenwatersalamander (*Triturus Alpestris*) over de periode 1980-1986 in het gebied van de ruilverkaveling Baarle-Nassau, naar gegevens van Bergmans en Zuiderwijk (1986), aangevuld met gegevens van Marijnissen en Okhuysen (1986).

hydrochemisch onderzoek slechts op enkele punten (de buislocaties) informatie verschaft over de kwaliteit van het grondwater, terwijl het floristisch onderzoek gebiedsdekkende informatie geeft. Overigens blijkt dat het freatisch grondwater ook op plaatsen waar een dik kleipakket aanwezig is nog een kalkrijk karakter kan hebben. Op dergelijke plaatsen (o.a. Moermolen en Manke Goren) is geen dik veenpakket aanwezig, wellicht is de aanvoer van grondwater niet groot genoeg voor veenvorming. Op dergelijke locaties ontbreekt een soort als Moesdistel, terwijl bijvoorbeeld Grote boterbloem juist voor dit soort siutaties een voorkeur lijkt te hebben.

De toestroming van schoon grondwater in het lagere deel van het beekdal drukt niet alleen zijn stempel op de plantengroei maar ook op de hydrobiologische waarden. Zo blijkt de lichte kwaliteitsverbetering die het Merkske ondergaat tussen de Halbrug en de Stenenbrug, en die moet worden toegeschreven aan de relatieve toename van het aandeel diep schoon grondwater, ook in de samenstelling van de aquatische fauna tot uitdrukking te komen (2.3.2).

Amfibieën die zich in het koude maar schone water in het beekdal kunnen handhaven, zoals de Alpenwatersalamander, komen in het stroomgebied nog veelvuldig voor. Amfibieën die zijn aangewezen op sneller opwarmend water in poelen op de hogere gronden hebben het zwaar te verduren. Soorten als de Heikikker en de Boomkikker zijn al vrijwel verdwenen, met name door het opruimen van de winterbiotopen (heggen, braamstruwelen, e.d.) en het dichtschuiven, verontreinigd raken of verzuren van voortplantingsbiotopen (poelen e.d.).

Het beekdal is dus in feite een vrij schoon eiland binnen een min of meer vervuilde omgeving, waarbij het vervuilde grondwater veelal vrij scherp gescheiden is van het schone diepere grondwater en veelal slechts doordringt tot de rand van het beekdal.

Afgezien van de waterlopen die het oppervlaktewater van de hogere gronden te verwerken krijgen, is het lagere deel van het beekdal onder de huidige hydrologische omstandigheden grotendeels gevrijwaard van de invloeden van overbesteding op de hogere gronden. Dit in tegenstelling tot de hogere randen van het beekdal waar het verontreinigd water van de ondiepe systemen opwelt. Naar men mag aannemen zijn juist in deze van nature vrij voedselarme randzones van het beekdal vele natuurwaarden verloren gegaan.

Daar waar het ondiepe grondwater nog niet verontreinigd is (o.a. nabij de Halsche Beemden en in de Kromme Hoek) treft men namelijk in de randzone diverse zeldzame plantesoorten aan, zoals Breedbladige orchis, Addertong en Karwijsalie. Het zijn ook deze gebieden waar in bovenloopjes nog een goed ontwikkelde aquatische fauna voorkomt (Vischvense loopje en de Kromme Hoekloop). Overigens zijn er ook locaties waar het verontreinigd grondwater van de hogere gronden, mede door het achterwege blijven van het onderhoud van kleine ontwateringsgreppels, wél in het lagere deel van het beekdal doordringt, zoals bij Baarlebrug. De aanwezigheid van verontreinigd grondwater komt daar duidelijk tot uiting in de verbreiding van voedselrijkdom indicerende soorten als Liesgras en Gele lis op kwelplekken en in greppels. Op de perceeltjes tussen de greppels komt een voedselarmoede indicerende kleine zegge-vegetatie voor met soorten als Zompzegge, Moerasviooltje, Gewone en Blauwe zegge (fig. 53). Vermoedelijk duidt de kleine zeggen-vegetatie op de aanwezigheid van ondiepe regenwaterlensjes die in het dikke veenpakket "drijven" op dieper vervuild grondwater. Waarschijnlijk komen dergelijke detailsystemen ook elders in het beekdal veelvuldig voor. Voor een goed begrip van de werking van deze systemen is een "telescoopbenadering" nodig, waarbij het onderzoek zich zowel op het detailniveau als op het grote landschapsecologisch verband richt (zie ook fig. 25).

3. DOELSTELLINGEN VAN HET NATUURBESCHERMINGSBELEID IN HET MERKSKE- GEBIED

Een algemene natuurbeschermingsdoelstelling is het verzekeren en in stand houden van milieukenmerken die noodzakelijk zijn voor het voortbestaan van spontaan voorkomende soorten. Ruimer gesteld gaat het om het behoud van het abiotisch milieu, typisch voor een fysisch-geografische streek zoals zich dat onder invloed van een natuurlijke genese heeft ontwikkeld. Een bepaald patroon van abiotische kenmerken, met elkaar "verbonden" door een ingewikkeld relatienetwerk, is hiervan het resultaat. Op dit abiotische patroon is een biotisch patroon geënt, wat resulteert in een bepaalde verzameling ecosystemen. Daarmee is in onze streken tenslotte nog een bepaald landgebruik verbonden. Door sociaal-economische en technische ontwikkelingen wordt het landgebruik tegenwoordig niet meer sterk door de gesteldheid van het abiotische milieu bepaald, integendeel, het abiotische milieu wordt in toenemende mate aan het landgebruik aangepast.

In het natuurbehoud is het wenselijk de fysische kenmerken van een streek te behouden, met daaraan gekoppeld de spontaan voorkomende soorten en levensgemeenschappen, eventueel opgenomen in een landgebruik dat uitgaat van en gelimiteerd wordt door de fysische basiskenmerken.

Er dient gestreefd te worden naar behoud, herstel en ontwikkeling van een rijke verscheidenheid aan soorten en levensgemeenschappen in beek, beekdal en aangrenzende hogere gronden.

Belangrijke voorwaarden daarbij zijn:

- een aangepast landgebruik in actueel of potentieel waardevolle delen van het beekdal
- behoud en herstel van de variatie in het beekdalmilieu door het verzekeren van de blijvende inwerking van kalkrijk, niet vervuild diep grondwater
- behoud en herstel van de variatie in het beekdalmilieu door het verminderen van de atmosferische depositie van verzurende en eutrofiërende stoffen en het verbeteren van de kwaliteit van het ondiep toestromende kalkarme grondwater
- behoud en herstel van de variatie in de waterlopen door het verbeteren van de waterkwaliteit en het handhaven/herstellen van de structuur-rijkdom van de beek.

Het verwezenlijken van deze doelstellingen noodzaakt tot het nemen van een aantal maatregelen. Deze hebben betrekking op bedreigingen op korte termijn en bedreigingen op lange termijn. In het eerste geval gaat het om actuele bedreigingen, ongewenste veranderingen in levensgemeenschappen en milieus die nu plaatsvinden onder invloed van duidelijk te localiseren ingrepen en activiteiten. De bedreigingen op lange termijn behelzen ontwikkelingen die effect zullen hebben op langere termijn (hetzij door accumulatief effect, hetzij door het tijdsverloop van het proces). De maatregelen ten aanzien van beiden zijn echter onlosmakelijk met elkaar verbonden. Uitsluitend werken aan de korte termijn, het wegnemen van momentele bedreigingen, heeft geen zin wanneer ook niet de lange termijn invloeden bestreden worden.

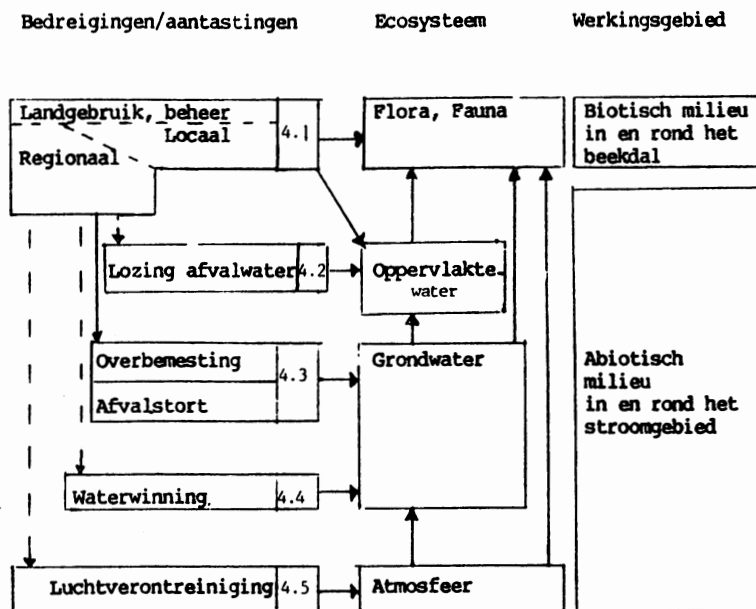
Naar de praktijk van het huidige natuurbeheer wil dit zeggen dat alleen maar beschermen (planologisch, juridisch) of beheren (inwendig en uitwendig) geen zin heeft als ook niet een algemene basiskwaliteit van het milieu in het gehele stroomgebied, of tenminste die delen ervan die in rechtstreekse relatie staan tot het beekdal, nagestreefd wordt.

Door de sterke verwevenheid die er bestaat tussen de verschillende componenten van het stroombekken, is het noodzakelijk de bedreigingen op een integrale wijze aan te pakken.

Coördinatie tussen de initiatieven van de betrokken bevoegde diensten moet verwezenlijkt worden, wil een maatregel ook effect hebben. Een juiste analyse van de verschillende bedreigingen kan duidelijk maken hoe een beïnvloedingsproces door de verschillende milieucomponenten loopt. Hieruit kan dan afgeleid worden waar en wanneer een dienst of beleidssector maatregelen moet treffen, afgestemd op elkaar en met integrale veiligstelling van de ecosystemen van het Merkskestroomsel als doel.

4. AANTASTINGEN/BEDREIGINGEN

De natuurwaarden in het Merkskegebied worden negatief beïnvloed door directe aantasting van de biologische waarden, maar ook door aantasting van het abiotisch milieu dat de basis vormt voor de biologische waarden. Belangrijke bedreigingen van de natuurwaarden zijn luchtverontreiniging, waterwinning en (agrarisch) landgebruik. Een en ander kan schematisch als volgt worden weergegeven (figuur 57, de nummers verwijzen naar de navolgende paragrafen).



Figuur 57: Bedreigingschema

4.1 Aantasting flora, fauna, reliëf en waterlopen

Landgebruik/beheer

Het agrarisch landgebruik drukt een zware stempel op het stroomgebied het Merkske. Het overgrote deel van het stroomgebied (ca. 63%) is in agrarisch gebruik. Op een belangrijk deel van de landbouwgronden is de bedrijfsvoering zeer intensief. Deze intensieve bedrijfsvoering is aan weinig belemmeringen onderhevig, aangezien tegenwoordig technisch veel mogelijk is. Voor de natuur schadelijke activiteiten zoals het rigoreus uitdiepen van waterlopen, het egaliseren en draineren van percelen, het rooien van bossen en houtwallen en het dempen van drinkpoelen worden dan ook op grote schaal toegepast (fig. 58).

Deze voortdurende aantasting van het gebied wordt in de hand gewerkt door het uitblijven van een adequate planologische bescherming. Langs Belgische zijde is het Gewestplan Turnhout van kracht (figuur 59). Hierin is het grootste deel van het stroomgebied bestemd als landschappelijk waardevol landbouwgebied en landbouwgebied waar geen beperkende bepalingen gelden ten aanzien van bovengenoemde activiteiten (m.u.v. het rooien van bossen). Een klein deel van het stroomgebied is in het Gewestplan opgenomen als natuurgebied, reservaatgebied en ecologisch waardevol landbouwgebied (fig. 59). Bovengenoemde ingrepen mogen hier volgens het Gewestplan niet worden uitgevoerd, maar beperkende bepalingen t.a.v. bijvoorbeeld het scheuren van graslanden en hooilanden en het overbemesten of met herbiciden behandelen van soorten-rijke gras- en hooilanden zijn niet van kracht.

Aan Nederlandse zijde is alleen een planologisch kader aanwezig dat richting moet geven aan het nog vast te stellen bestemmingsplan buitengebied van de gemeente Baarle-Nassau.

In het Streekplan West-Brabant (fig. 59) wordt het Merkske aangeduid als: "agrarisch gebied met landschappelijke en/of cultuurhistorische waarde en agrarisch/bosgebied met natuurwaarde". Verder ligt er een belangrijk weidevogelgebied.

In het structuurschema Natuur- en Landschapsbehoud (deel e, 1984) wordt het Merkske gerekend tot de categorie: "meest waardevolle beekdalen".

Bovengenoemde aanduidingen hebben geen bindende werking; bindende bepalingen kunnen alleen in het bestemmingsplan opgenomen worden. Aan Nederlandse zijde zijn wel afspraken gemaakt over de toepassing van de Relatienota. In totaal hebben in dit kader 260 ha de status natuurreservaat gekregen en 100 ha de status beheersgebied. Een slagvaardig aankoopbeleid is tot op heden uitgebleven (slechts 50 ha is tot nu toe aangekocht) en een beheersplan is nog niet opgesteld. Een belangrijk gevaar dat de natuurwaarden in het beekdal ook bij een afdoende planologische bescherming en aankoop van de reservaatgebieden blijft bedreigen, is de toenemende isolatie die de populaties planten en dieren in de resterende natuurgebieden gaan ondervinden. Door de voortgaande ontwikkeling van de landbouw in de agrarische gebieden tussen de natuurterreinen worden de uitwisselingsmogelijkheden steeds verder beperkt (zie o.a. par. 2.3.3).

Onderhoud van de waterlopen

De reguliere onderhoudswerken t.b.v. de landbouw aan de hoofdwaterlopen hebben negatieve gevolgen voor de natuurwaarden van zowel de betrokken beken als hun valleien.

- Met betrekking tot de beek zelf:

Bij het uitvoeren van slibverwijdering worden rechtstreeks aquatische organismen (waterplanten en ongewervelden maar ook vissen) uit de beek verwijderd en verdwijnt de van nature aanwezige variatie in het beekprofiel (pool-riffle). Op langere termijn leidt dit tot het teruglopen van de soortendiversiteit van de aanwezige levensgemeenschappen.

- Met betrekking tot het beekdal:

Het regelmatig uitdiepen van de beek leidt tot een versterkte drainage van het beekdal. Hierdoor treden enerzijds plaatselijk verdrogingsverschijnselen op terwijl anderzijds het diepe, relatief kalkrijke grondwater in het benedenstroomse deel van het beekdal van het Merkske niet meer in de beemden terecht komt, maar rechtstreeks door de beek zelf wordt afgevangen (paragraaf 2.2.7, figuur 40).

4.2 Aantasting kwaliteit van het oppervlaktewater

Lozingen van ongezuiverd afvalwater

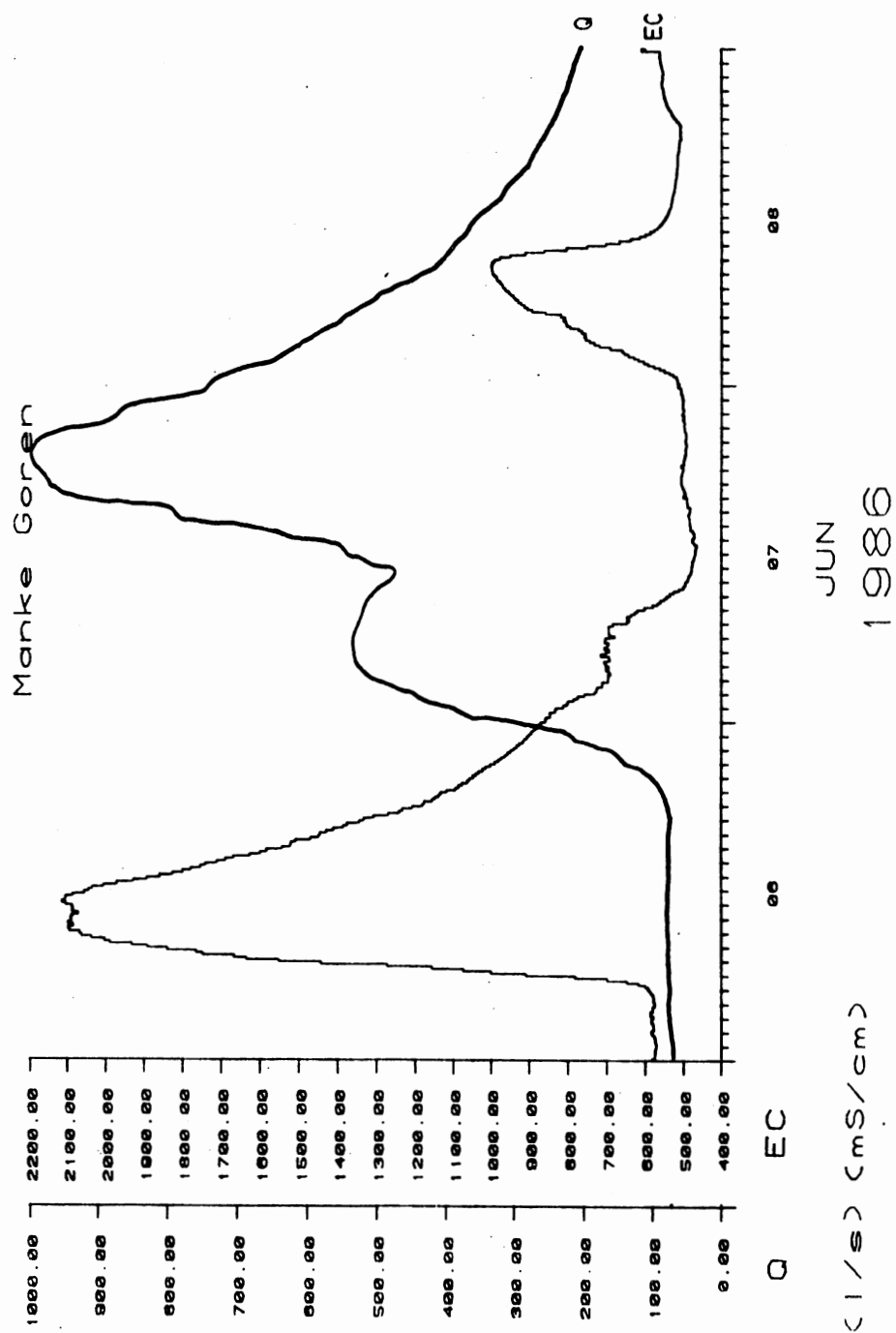
Vanuit Nederland komen geen rechtstreekse lozingen van ongezuiverd afvalwater in het Merkske terecht. In het Belgische stroomgebied daarentegen komen verschillende lozingspunten voor:

(bron : Vercauteren (1986), Anon. (1983))



Figuur 60: Overzicht van lozingspunten

1. eigen waarneming: lozing agrarisch bedrijf in zijtak bovenloop N.Mark
2. lozing kalvermesterij Lornoy (in Gels loopken)
3. lozing effluent zuiveringsstation Zondereigen (in N.Mark)
4. lozing rioolwater Wortel-kolonie (in Staakheuvelse Loop)



Figuur 61: Een verhoogd geleidingsvermogen in het oppervlaktewater van de Manke Gorenloop t.g.v. illegale lozingen.

Lozing nr. 2 is afkomstig van een kalvermesterij met 3.500 dieren. Het bedrijf is uitgerust met een beluchtingsbekken dat echter weinig efficiënt werkt (cf Vercauteren, 1986).

"Diffuse" verontreiniging door uitspoeling van meststoffen

De belangrijkste verontreinigingsbron van het oppervlaktewater in het gebied van het Merkske is de aanvoer van verontreinigd grondwater. Uit het waterkwaliteitsonderzoek blijkt dat met name in de periode december-mei de belasting van de beek met meststoffen relatief groot is (fig. 47, paragraaf 2.2.4.2).

Incidentele lozingen

Incidentele lozingen van gier werden regelmatig m.b.v. continue registratie van het geleidingsvermogen (fig. 61) en veldwaarnemingen aangetoond. Deze directe lozingen vinden zowel in België als in Nederland plaats.

Ondanks de hoge aanvoer van stikstof en fosfaat in het stroomgebied is de afvoer van deze stoffen (nog?) relatief gering. Kennelijk wordt een belangrijk deel van deze stoffen in het systeem opgeslagen (fosfaat) of afgebroken (nitrificatie, gevolgd door denitrificatie) (paragraaf 2.2.4.2).

Wat betreft het fosfaat moet worden opgemerkt dat het risico groot is dat de buffer verzadigd raakt en de bodems gaan doorslaan. De gemiddelde toename van het fosfaatgehalte in de beek over de tijd is hiervoor mogelijk een aanwijzing. Verder wordt door de nitrificatie van ammonium in de beek zuurstof aan het water onttrokken, wat een bedreiging vormt voor de levensgemeenschap in het water.

4.3 Aantasting van de kwaliteit van het grondwater

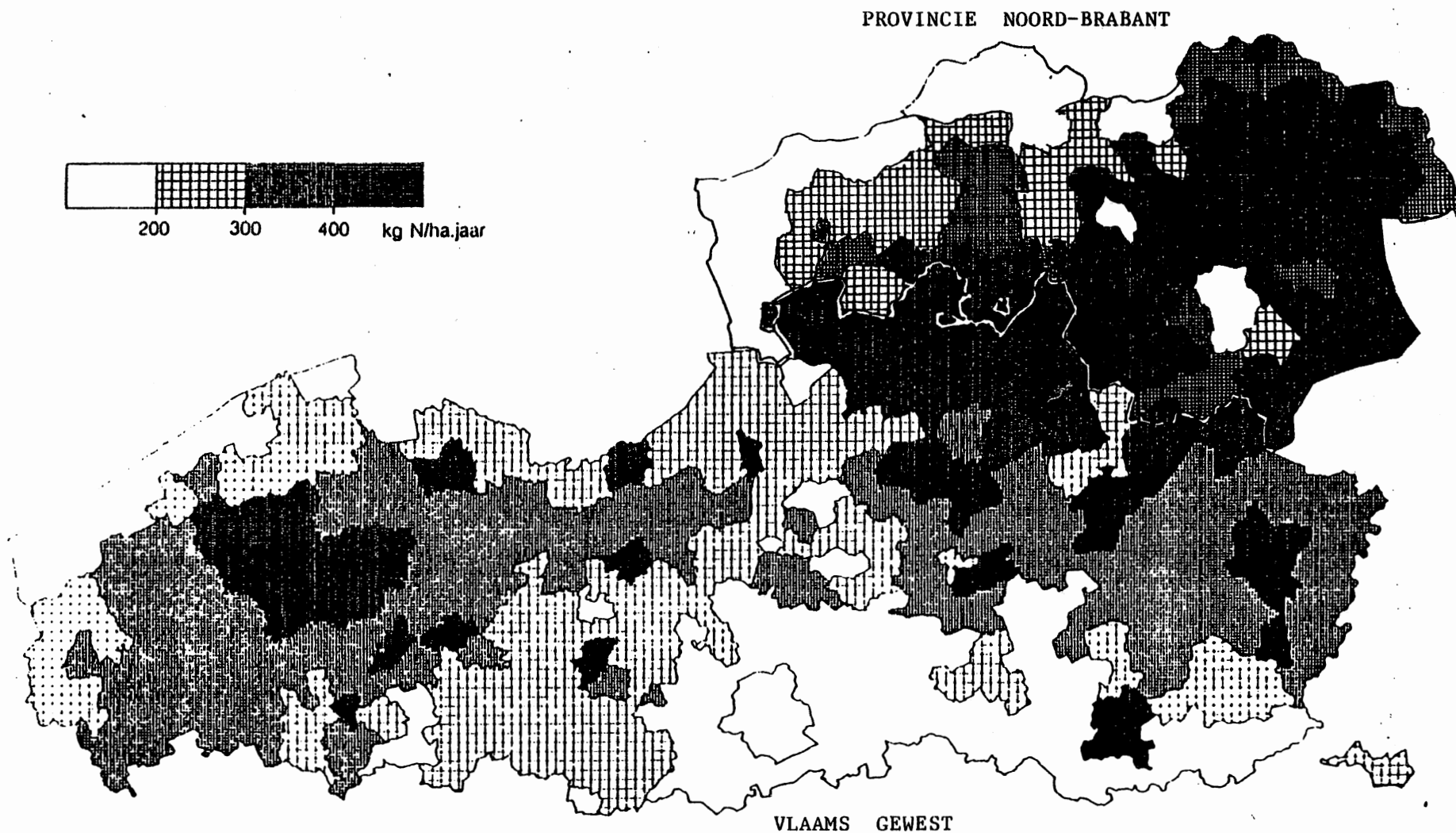
Overbemesting

De hoge produktie van dierlijke meststoffen in het stroomgebied mag blijken uit figuur 62 (Schreurs V., 1986, CBS metellingen, 1984).

Momenteel komt op bouwland in Baarle-Nassau via bemesting met dierlijke mest ca. 450 kg P/ha.jr. en ca. 677 kgN/ha.jr. terecht. Op grasland komt gemiddeld 110 kg P/ha.jr. en 650 kg N/ha.jr (inclusief atmosferische depositie). Hierbij wordt er vanuit gegaan dat alle varkens en kalvermest op bouwland (maispercelen) wordt afgezet en alle runderdrijfmest op grasland (Mensink e.a., 1987).

Figuur 62. Stikstof geproduceerd door de veestapel (kg/ha/jaar)

Bron : België : SCHREURS, 1986 op basis van NIS-Landbouwtelling mei 1983
Nederland : CBS-telling mei 1984



Onderstaande tabel geeft een overzicht van maximale fosfaatdosering volgens het Besluit gebruik dierlijke meststoffen (Wet Bodembescherming).

		dosering (ingaaude)	bouwland	snijmaïs	grasland
fase 1	1987	125	350	250	
fase 2	1991	125	250	200	
fase 3	1995	125	± 175	± 175	
eindnorm	ca.2000	70	75	110	

Tabel - Toegestane (fasen 1 en 2) en indicatieve (fase 3 en eindnorm) fosfaatdosering; in kg P_2O_5 /ha/jr (VCTB, 1986).

Volgens de wet bodembescherming mag in de eerste fase niet meer dan 125 kg P/ha.jr op bouwland worden gebracht en op maislandpercelen niet meer dan 350 kg P/ha.j. Op bouwland is er op dit moment dus sprake van een sterke overbemesting wat betreft fosfaat. Ook op maislandpercelen is sprake van overbemesting. Volgens Schreurs (1986) mag de toestand als ernstig worden beschouwd als de totale mestproduktie groter is dan 400 kg N/ha.j.

In werkelijkheid is de situatie op bouwland nog ongunstiger doordat de mest niet evenredig over de bouwlanden in de gemeente wordt verdeeld; met name rond Baarle-Nassau is sprake van excessieve overbemesting. Dit komt omdat boeren vaak een beperkt aantal percelen als uitrijperceel gebruiken. Het komt zelfs voor dat boeren een installatie aanleggen waarbij de gier onder druk vanuit de stal via een ondergrondse pijpleiding naar een vast perceel wordt getransporteerd, alwaar het met behulp van een beregeningsinstallatie wordt verspreid (geconstateerd op de Tommelsche Heide bij Schaluinen).

Op grasland is de situatie minder ernstig. Hier komt gemiddeld 110 kg P/ha.j terecht, hetgeen betekent dat de eindnorm volgens de Wet Bodembescherming (ca 110 kg P/ha.j) momenteel gemiddeld niet overschreden wordt. Opvulling van de norm tot de wettelijk toegestane hoeveelheid gedurende de eerste fase (250 kg P/ha.j), bijvoorbeeld doordat rundveemest op maispercelen en varkensmest op graslandpercelen wordt aangewend, samenhangend met de kali-behoefte van grasland, houdt wel een bedreiging in.

De overbemesting van m.n. maispercelen houdt in dat grote hoeveelheden kalium en nitraat naar het grondwater kunnen uitspoelen. De intensieve maisteelt brengt verder mee dat mogelijk ook bestrijdingsmiddelen uitspoelen zoals bijvoorbeeld Atrazin dat in de maisteelt veel wordt toegepast en waarvoor een verbod overwogen wordt in de beschermingszones voor waterwingebieden.

De sterke overbemesting in het stroomgebied en de ongelijkmatige verdeling ervan blijkt ook uit het grondwaterkwaliteitsonderzoek.

Met name rond Baarle-Nassau wordt verontreinigd grondwater aangetroffen met nitraatgehaltes tot 250 mg/l NO₃ - N en aluminiumgehaltes tot 35 mg Al³⁺/l. (par. 2.2.4). De aantasting van de kwaliteit van het grondwater heeft reeds duidelijk invloed op de waterkwaliteit van de beemdsloten en het ondiepe grondwater in het hogere deel van de beemden hetgeen de flora en fauna ter plaatse nadelig beïnvloedt. Dit manifesteert zich bijvoorbeeld duidelijk ter hoogte van de Halbrug (Nederland) en in het brongebied van de Noordermark (België) (zie o.a. Bijlmakers e.a., 1987).

Gezien de sterke overbemesting rond Baarle Nassau en de lokale hydrologische situatie, wordt in het Baarle grondwaterstromingssysteem (fig. 22) tot op grote diepte (ca. 40 m.) sterk verontreinigd grondwater aangetroffen. Een deel van dit grondwater is nog op weg naar de Manke Goren en vormt voor dit gebied op de langere termijn een ernstige bedreiging.

In de grondwaterstromingsstelsels van Zwartgoor en de Witte Bergen (fig. 42) is de situatie minder erg. De verontreiniging is hier vaak minder sterk en het verontreinigingsfront is minder diep doorgedrongen, dankzij het feit dat de belangrijkste infiltratiegebieden bebost zijn.

Daar waar in de infiltratiegebieden geen bos of heide meer aanwezig is, vindt vaak mestdumping plaats; het gaat dan immers vaak om hooggelegen, goed bereikbare en berijdbare percelen. Deze mestdumping in het infiltratiegebied houdt een belangrijke bedreiging in.

Het infiltratiegebied van het Weelde-Turnhout grondwaterstromingsstelsel (fig. 42) bestaat voor een deel uit heide, bossen en vennen. Een grote oppervlakte wordt ook voor landbouw gebruikt. Er is weinig bekend over de mestgift aldaar en de gevolgen hiervan voor de grondwaterkwaliteit.

Afvalstort

Een bijzondere bedreiging voor het stroomgebied van het Merkske kan de aanwezigheid van een grote vuilstort in het infiltratiegebied van het Weelde-Turnhout grondwaterstromingsstelsel vormen (fig. 58).

Het betreft een eind 1986 gesloten stortplaats klasse II van de gemeente Ravels. De dikte van de stortlaag bedraagt 3 m, verdeeld in drie stortvakken. De stortplaats is ca. 30 jaar in gebruik geweest. Het risico voor verontreiniging van het diepe grondwater is hier zeer groot, hetgeen op de lange termijn in het kwelgebied dat bij dit systeem behoort (zie fig. 41) tot een ernstige aantasting van de natuurwaarden kan leiden.

De kwaliteit van het grondwater wordt waarschijnlijk ook aangetast door de aanwezigheid van andere kleinere vuilstorten (zie fig. 58).

De vuilnisbelt Ginhoven (België) heeft een oppervlakte van minstens één hectare. Tegenwoordig is deze plaats herkenbaar aan de nog aanwezige toegangspoort. Dicht bij Baarlebrug bevond zich de vroegere vuilnisbelt van Baarle-Nassau (Nederland). Deze belt ligt nu onder weide en bos.

Een kleine stort (0-5 ha) bevindt zich in het bos van Vegelenzang (Castelré; Nederland). Deze is medio 1986 gesloten en bevat overwegend huisvuil. Van de talrijke kleine storten in het gebied, waarvoor meestal kleine poeltjes gebruikt worden, moeten vooral die bij Ginhoven en in de noordelijke Halse Beemden (België) genoemd worden. De laatstgenoemde lokatie wordt gebruikt voor de opslag van autowrakken.

4.4 Aantasting van de grondwaterhuishouding

Waterwinning

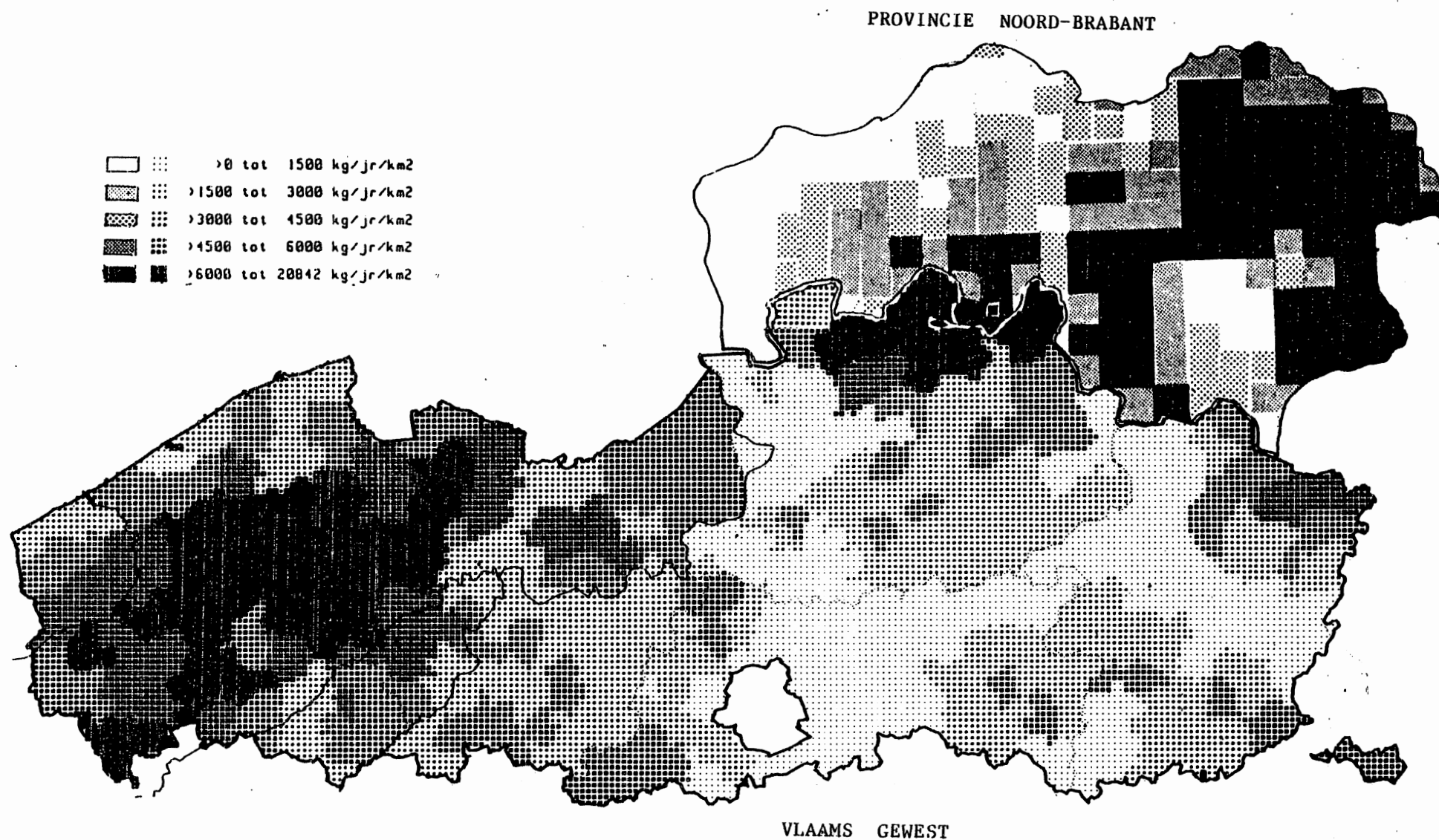
Rond het stroomgebied van het Merkske bestaan verschillende grondwaterwinningen (zie fig. 58).

- Hoogstraten (PIDPA) op 8,5 km van de monding van het Merkske met een vergund debiet van 4,5 miljoen m³/jr., gewonnen op 100 - 150 m diepte. In 1986 bedroeg de onttrekking 3,9 miljoen m³.
- Meerle (PIDPA) op 5 km van de monding van het Merkske met een onttrekking van 2,8 miljoen m³/jr. (diepte 180 m, vergund debiet 5,5 miljoen m³/jr.).
- LIMFA limonadefabriek te Baarle-Nassau met een winning van 70.000 m³/jr.

Figuur 63. Ammoniakemissie afkomstig van dierlijk mest (kg/km²/jaar)

Bron : België : NIS-Landbouwtelling mei 1984

Nederland : VROM, 1985 op basis van CBS-telling mei 1982



- Diverse onttrekkingen door campings en landbouwbedrijven waarvan in totaal $16.000 \text{ m}^3/\text{jr.}$ geregistreerd staat.
- Een onbekende hoeveelheid voor berekening t.b.v. de landbouw (ook uit het oppervlaktewater).

Danzij de actuele hydrologische gesteldheid is de verontreiniging ten gevolge van overbemesting nog niet overal diep doorgedrongen en welt in het beekdal nog schoon, diep grondwater op. Een uitbreiding van de grondwaterwinning zou niet alleen kunnen leiden tot verdrogingseffecten maar ook tot een wijziging van de grondwaterstroming waardoor de kwaliteit van het grondwater in de kwelgebieden ingrijpend kan wijzigen. Het zal dan ook duidelijk zijn dat de uitbreiding van de grondwaterwinning en daarbij gaat het niet alleen om grootschalige winningen ten bate van drink- of industriële watervoorzieningen maar ook om kleinere winningen t.b.v. berekening in de landbouw, een zeer belangrijke bedreiging vormen voor de natuurwaarden in het beekdal.

Met name kleine winningen nabij zones waar diep grondwater opwelt, houden een bedreiging in omdat zij kunnen leiden tot een menging van schoon diep grondwater en vervuild ondiep grondwater. Het vervuilde grondwater kan onder deze omstandigheden dieper in het beekdal doordringen dan in een situatie zonder winning, zoals gebleken is uit een studie in het Dommeldal bij St. Oedenrode (Garritsen, 1987).

4.5 Aantasting vanuit de atmosfeer

Luchtverontreiniging

Luchtverontreiniging houdt een grote bedreiging in voor het stroomgebied door de zeer dominerende werking. De kwaliteit van de bodem, grondwater, flora en fauna wordt vooral sterk beïnvloed door verontreiniging met verzurende en eutrofiërende stoffen. De luchtverontreiniging is voor een groot deel een gevolg van de emissie van ammoniak vanuit de landbouw.

De emissie van ammoniak in het Nederlandse deel van het stroomgebied bedraagt 32-62 kg N/ha/jr. (VROM, 1985); de emissie in het Belgisch deel van het stroomgebied tussen de 49 en 165 kg N/ha/jr. (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AROL, 1986) (figuur 63).

Een schatting van de depositie van (potentieel) verzurende stoffen in de omgeving van het Merkske bedraagt 6000-7000 eq. per ha per

jaar. Daarvan is 1500-2000 eq. per ha per jaar toe te schrijven aan ammoniumdepositie (Provincie Noord-Brabant, 1987).

De depositie van eutrofiërende stoffen in het stroomgebied van het Merkske kan geschat worden op 46 kg N/ha/jr., waarvan 21 kg als NOx - N en 25 kg als NHx - N (Provincie Noord-Brabant, 1987) en ca. 1 kg P/ha/jr. en 4 kg K/ha/jr. (Waayen, 1985). Met name de hoge depositie van stikstof baart zorgen, de huidige depositie is ongeveer even groot als de afvoer via het gewas in schrale hooilanden.

Het zal duidelijk zijn dat in situaties waar stikstof de beperkende factor is een geringe extra aanvoer van stikstof via het grondwater reeds tot eutrofiëringseffecten kan leiden. Bovendien wordt het door de hoge depositie moeilijker om op bodems die bijvoorbeeld door bemesting rijk zijn aan P en K, een effectief beheer gericht op verschraling uit te voeren.

Door de filterende werking van het bladerdek zijn de deposities in bossen veel hoger dan die op graslanden. De droge depositie van ammoniak op bossen wordt geschat op 1,3 - 2,3 maal zo groot (gemiddeld 1,6 maal zo groot) als de depositie op heideterrein (IMOU, 1986).

Daarnaast blijkt uit metingen van in het bovenste grondwater van enkele bossen en natuurterreinen bij Voordeldonk (NBr.) (Oosterom en Van Schijndel, 1979), dat de stikstofuitspoeling onder bos groter is dan onder heide en onder naaldbos groter dan onder loofbos. Dit hangt samen met het indampingseffect dat in bos groter is dan op heideterrein en in naaldbos groter dan in loofbos. Bossen hebben dan ook niet alleen relatief sterk te lijden van luchtverontreiniging, maar zij dragen in infiltratiegebieden ook in niet onbelangrijke mate bij aan de belasting van het grondwater met stikstof.

5. TE NEMEN MAATREGELEN

De meest adequate bescherming voor natuurgebieden wordt verkregen door negatieve invloeden bij de bron te bestrijden c.q. tegen te gaan.

In de onderstaande beschouwing wordt ook steeds voor deze lijn gekozen, waarbij evenwel geen uitspraken worden gedaan over invloeden die afkomstig zijn van ver buiten het stroomgebied.

Deze externe invloeden zullen hier als min of meer vaststaand worden beschouwd. De aanbevelingen zullen zich vooral richten op het stroomgebied en haar directe omgeving. Voorstellen voor brongerichte maatregelen worden waar nodig aangevuld met voorstellen voor effect-gerichte maatregelen. De paragraafindeling loopt parallel met die in hoofdstuk 4. (zie fig. 64)

5.1. Veiligstelling, inrichting, beheer

De natuurwaarden in het stroomgebied van het Merkske worden momenteel nauwelijks beschermd door een aangepast ruimtelijke ordeningsbeleid en een actief natuurbehoudsgericht beheer.

Het is van groot belang dat via een goed ruimtelijke ordeningsbeleid de voorwaarden gecreëerd worden voor een adequate bescherming van de in het beekdal aanwezige natuurwaarden en dat maatregelen getroffen worden die een actief beheer, gericht op de bescherming en het herstel van natuurwaarden, mogelijk maken.

Dit houdt in dat de nodige financiële middelen voor de aankoop of huur van de waardevolle terreinen worden voorzien, teneinde er een actief natuurbheer in te kunnen uitvoeren.

Langs Nederlandse zijde dienen de gronden die in het kader van de Relatienota de status van natuurreservaat verkregen, snel aangekocht te worden. Maar ook langs Belgische zijde dienen de nodige financiële middelen voorzien te worden om in de beekdalen voorkomende waardevolle terreinen te verwerven.

De hiervoor in aanmerking komende gebieden zijn, op basis van de uitgevoerde vegetatiekundige studie (Verhaert en De Blust, 1986) afgebakend op bijgaande kaart (fig. 67). In aanvulling daarop dient

een procedure te worden opgestart tot rangschikking van de in het Belgische stroomgebied voorkomende waardevolle delen van het beekdal als waardevol landschap.

Niet alleen de actueel belangrijke gronden in de beekdalen zijn van belang, maar ook de uitgestrekte en rustige weidegebieden (heideontginningen als de Castelreesche Heide, Singelheide, Kromme Hoek e.s.). Deze weidegebieden (weidevogels, poelen voor amfibieën enz.) dragen in belangrijke mate bij tot de natuurwaarden van het stroomgebied van het Merkske als geheel.

Egaliseren, draineren, scheuren en omzetten in maisland van de weilanden komt veelvuldig voor en kan via een adequaat bestemmingsplan (Nederland) en een gemeentelijk APA en/of BPA (België) aan banden worden gelegd. Momenteel wordt in het Vlaamse Gewest trouwens gewerkt aan het invoeren van een vergunningsplicht voor vegetatiewijziging waarmee bepaalde biotopen veiliggesteld kunnen worden.

Het ruimtelijke orderingsbeleid dient zich niet alleen te richten op het handhaven van de huidige natuurwaarden, maar dient ook voorwaarden te creëren voor het herstel van verloren gegane natuurwaarden.

Vooraf het herstel van vochtige heide en schraal grasland op de overgang van de hogere gronden naar het beekdal verdient de nodige aandacht. Hiertoe zal het bemestingsniveau op hogere gronden aanzienlijk moeten worden teruggebracht.

In Nederland kan dit deels gerealiseerd worden binnen de gebieden die zijn aangewezen als Relatienotagebied. Aanvullend hierop verdient het aanbeveling de bemesting aanzienlijk terug te brengen in het gehele stroomgebied van de Kromme Hoekloop en de Olgaloop en op de Castelreesche Heide, omdat daar de potenties voor het herstel van verloren gegane waarden nog buitengewoon groot zijn. Aangezien de Relatienotagegebieden in de ruilverkaveling zijn vastgesteld, zou dit alleen gerealiseerd kunnen worden door aanwijzing als bodembeschermingsgebied in het kader van de Wet Bodembescherming.

Het verdient echter aanbeveling deze gebieden op termijn toch de reservaatstatus te geven teneinde de bemesting in deze gebieden te kunnen beëindigen. Op deze wijze zou althans in een deel van het stroomgebied van het Merkske een vrij volledige natuurlijke reeks van schone, hooggelegen voedselarme en zure gronden met bijbehorende

waterlopen, naar schone iets voedselrijkere kalkrijkere laaggelegen gronden plus waterlopen hersteld kunnen worden.

In het kader van de ruimtelijke ordening dient ook aandacht besteed te worden aan het instandhouden en herstellen van corridors. Een belangrijke bijdrage daartoe kan zijn het aanbrengen van voorzieningen voor amfibieën (Marijnissen en Okhuysen, 1986). Langs Belgische zijde dienen maatregelen genomen worden binnen het kader van het nog uit te werken Decreet betreffende maatregelen inzake het gebruik van dierlijke meststoffen en de afvoer van mestoverschotten. Gebieden die hiervoor prioritair in aanmerking komen zijn de omgeving van Moermolen, Ginhoven en Voster Schoor.

Beheer van de waterlopen

Wat betreft het waterbeheer kan gesteld worden dat de potenties voor het ontwikkelen van natuurwaarden nog groter zijn dankzij:

- a. de nog gave geomorfologische structuur van de beek;
- b. de goede kwaliteit van de basisafvoer (par. 2.2.4.2)
- c. de aanwezigheid van restpopulaties van belangrijke waterorganismen in nog relatief schone zijlopen zoals de Kromme Hoekloop. Daardoor kan herstel van de levensgemeenschap in de hoofdloop snel plaatsvinden (2.4.2).

Bij het beheer van de waterlopen dient daarom gestreefd te worden naar een meer ecologisch gericht onderhoud. Door de natuurlijke werking van de beek zoveel mogelijk zijn beloop te laten gaan, kunnen de voor de beekgeomorfologie typische elementen zoals het pool-riffle-patroon en afglijdingsmeanders terugkeren en/of zichzelf bestendigen.

Een meer ecologisch gericht onderhoud kan in de praktijk verwezenlijkt worden door de frequentie van slibverwijdering te verminderen en de waterplanten te maaien met de messenbalk i.p.v. slibverwijdering zodanig uit te voeren dat het plantenmateriaal met bodemmateriaal en al uit de beek verwijderd wordt. Er dient gestreefd te worden naar het aanbrengen van beplantingen langs de beken (houtwallenbeheer). Op deze wijze kan door beschaduwing ongewenste algen- en waterplantenontwikkeling worden tegengegaan. Een dergelijke aanplanting dient echter met de nodige zorg uitgevoerd te worden.

Een verminderd onderhoud van de beeklopen kan leiden tot een geringere afvoercapaciteit en dientengevolge tot een toename van de frequentie en omvang van inundaties. Dit is niet wenselijk vanuit landbouwkundig oogpunt en (zolang de waterkwaliteit niet ingrijpend is verbeterd) evenmin vanuit ecologisch oogpunt. Daarom dient een verminderd onderhoud gepaard te gaan met de aanleg van bufferbekkens. In deze bufferbekkens kunnen tijdelijke plekdebieten worden opgevangen. De lokatie, omvang en inrichting van deze bufferbekkens zal door nader onderzoek moeten bepaald worden. De ligging van deze bekkens is in fig. 64 indicatief aangegeven.

Een belangrijk voordeel van verminderd onderhoud is dat de beekbodem "omhoog komt" waardoor de drainerende werking van de beek in de zomer (die plaatselijk heeft geleid tot verdrogingseffecten, zie par. 2.2.7) vermindert.

Door gerichte maatregelen (met name aanleg en onderhoud van poelen, verbindingscorridor naar aangrenzende beekdalen in de vorm van aangepaste taluds e.d.) kan een belangrijke bijdrage geleverd worden aan het instandhouden en ontwikkelen van de ecologische infrastructuur o.a. ten behoeve van de amfibieën.

Samenvattend

M.b.t. het beekdal:

- 5.1.1 Verbeteren van de planologische bescherming.
- 5.1.2 Toekennen van reservaatstatus aan gebieden met hoge potenties voor het natuurbeheer maar momenteel met een agrarische bestemming (fig. 67).
- 5.1.3 Gebieden met reservaatstatus snel in beheer nemen (aankoop, huur).
- 5.1.4 Ecologische infrastructuur m.b.t. de waterlopen in stand houden en ontwikkelen.
- 5.1.5 Toepassing van een meer natuurvriendelijk onderhoud van de beken (o.a. met het oog op het verhogen van het beekpeil in de zomer).
- 5.1.6 Aanleg van beplanting langs de beken op nader te bepalen plaatsen.
- 5.1.7 Inrichting van bufferbekkens.

Instrumentarium

Nederland

Advies	Maatregel	Actie door
5.1.1	Vaststellen Bestemmingsplan Buitengebied gemeente Baarle-Nassau Definitieve toekenning ecologische functie Merkske in Waterkwaliteitsplan.	Gemeente Baarle-Nassau Prov. N.Br.
5.1.2	Uitbreiding Relatienotagebied	Prov. N.Br.
5.1.3	Versnelde aankoop van natuurgebieden	LNO/DBL
5.1.4	Bestemmingsplan vaststellen Buitengebied Baarle-Nassau Ruilverkaveling Baarle-Nassau	Gem.Baarle-Nassau LD
5.1.5/	Afspraken binnen waterschap	Waterschap De Boven-Mark, Gem.Baarle-Nassau
5.1.6	Ruilverkaveling Baarle-Nassau	LD
5.1.7	Ruilverkaveling Baarle-Nassau	LD

België

Advies	Maatregel	Actie door
5.1.2	Herziening gewestplan met uitbreiding van N- en R-gebieden Opstellen APA en/of BPA met toekenning N- of R-gebied aan de meest waardevolle percelen Invoeren van vergunningsplicht voor vegetatiewijziging Opstarten procedure rangschikking als waardevol landschap Opnemen als viswater met belang natuurbehoud in kader EEG-richtlijn Opstarten BWP in functie natuurwaarde	AROL - RO gemeenten AROL - RO AROL - M&L AROL - W&B AROL - LB

België (vervolg)

Advies	Maatregel	Actie door
5.1.3	Gebieden opnemen in aankoopprogramma natuurgebieden	AROL - NB
5.1.5	Principe opnemen in Beleidsnota Water-beheersing	AROL - LB
5.1.7	Afspraken tussen AROL - LB, ATD en Watering Oostelijke Mark	AROL - LB

5.2 Maatregelen met betrekking tot de kwaliteit van het oppervlaktewater

De waterkwaliteit van de hoofdwaterlopen wordt bedreigd door:

- diverse lozingen van ongezuiverd afvalwater;
- uitspoeling van (an-)organische meststoffen;
- incidentele lozingen van gier en het spoelen van giertanks.

Momenteel zijn de hydrobiologische waarden van het Merkskegebied vooral geconcentreerd in enkele zijlopen met een relatief goede waterkwaliteit (o.a. de Kromme Hoekloop en de Olgaloop) (par. 2.3.2). Het verdient aanbeveling maatregelen te treffen die de hydrobiologische waarden van deze zijloopjes handhaven en zo mogelijk verbeteren. Vanuit restpopulaties in deze zijloopjes kan dan herkolonisatie van de hoofdbeek plaatsvinden.

De belangrijkste bedreiging voor de zijloopjes is de toestroming en doorvoer van verontreinigd landbouwwater van de hoger gelegen gronden (par. 2.2.4). De toestroming van meststoffen via het ondiepe grondwater kan alleen vermeden worden door in het gehele deelstroomgebied van deze loopjes de bemesting ingrijpend terug te dringen. De doorvoer van verontreinigd water kan vermeden worden door het aanleggen van omleidingen. Met name bij de Olgaloop, de Kromme Hoekloop en de Manke-Gorenloop lijkt een omleiding zinvol (zie fig. 64). Het nut van deze omleidingen is vooral het afleiden van verontreinigd water in de winter en het voorjaar.

Daarnaast maken omleidingen het mogelijk de te sterk drainerende werking van de benedenlopen van de Kromme Hoekloop, Olgaloop en

Manke Groenloop op te heffen. Vooraleer de omleidingen van de Kromme Hoekloop en de Olgaloop in de praktijk worden uitgevoerd, is echter nadere studie vereist. Hierbij moet onderzocht worden hoe een sterke afname van de voeding van ondiep grondwater in de Kromme Hoek en de afvoer van de Kromme Hoekloop en de Olgaloop door deze omleiding kan worden vermeden.

Ten aanzien van de omleiding van de Manke Gorenloop wordt aanbevolen na uitvoering van een omleiding de huidige waterlopen in de Manke Goren te schonen in combinatie met de omleiding. Alleen op deze wijze kan de verbeterde waterkwaliteit tot haar recht komen in die zin dat ook meer kwetsbare en karakteristieke waterorganismen terugkeren.

Voor een herstel van een goede waterkwaliteit in de hoofdbeken zijn veel meer inspanningen vereist dan voor bovengenoemde zijloopjes. Hiervoor moet de bemesting in het ganse stroomgebied worden teruggedrongen, moeten de diverse lozingen van ongezuiverd afvalwater worden gesaneerd en moeten de verspreide lozingen van gier in de zij- en hoofdwaterlopen worden stopgezet.

De sanering van de diverse rechtstreekse lozingen vereist nader onderzoek naar de aard, de omvang en de effecten op het beekecosysteem, waarna de gepaste zuiveringsmaatregelen kunnen worden voorgesteld. De inrichting van rietvelden of vergelijkbare systemen (eerder percolatierietvelden dan vloeivelden) ter plaatse van de bron zou hierbij een belangrijke rol kunnen spelen.

Ook bij een volledige sanering van de tot hiertoe besproken bedreigingen, zal een zekere belasting van de hoofdwaterlopen met eutrofiërende stoffen onvermijdelijk zijn (b.v. effluent zuiveringsstation Zondereigen). De negatieve gevolgen hiervan kunnen vermoedelijk voor een deel ongedaan worden gemaakt door het gebruik van bufferbekkens welke als hoofdfunctie het opvangen van piekdebieten hebben (maatregel 5.1.7). Als deze bufferbekkens als grasland worden aangelegd (zgn. groene bufferbekkens) dan kunnen ze tevens een zuiverende werking hebben.

Een effectieve beperking van de belasting van de beeklopen kan verder bereikt worden door maatregelen te treffen die de oppervlakkige afspoeling van mest tegengaan.

Te denken valt aan aanleg van lage walletjes (b.v. in de vorm van schouwpaden of houtwallen) langs de waterlopen het vermijden van het gebruik van drijfmest en percelen die grenzen aan hoofdwaterlopen.

Samenvattend

- 5.2.1 Terugdringen van de bemesting binnen het gehele stroomgebied.
- 5.2.2 Strengere beperkingen aan het mestgebruik op percelen die grenzen aan hoofdwaterlopen.
- 5.2.3 Terugdringen van de lozingen van ongezuiverd afvalwater en de lozingen van woningen en bedrijven in België en Nederland op basis van een nader onderzoek naar de aard en de omvang van de diverse lozingen en de impact ervan op het beek-ecosysteem.
- 5.2.4 Beëindigen van directe lozingen van drijfmest en gier op het oppervlaktewater.
- 5.2.5 Aanleg van groene bufferbekkens (zie ook 5.1.7).
- 5.2.6 Aanleg van voorzieningen om afspoeling van mest naar beeklopen tegen te gaan, zoals de aanleg van (schouw)paden of houtwallen.
- 5.2.7 Afleiden van verontreinigd oppervlaktewater van het Plateau van Baarle-Nassau langs de Manke Goren naar het Merkske en van de gronden rond de Witte Bergen langs de Kromme Hoek naar het Merkske (zie fig. 64).
De omleiding (zie fig. 64) langs de Manke Goren dient gepaard te gaan met het schonen van de huidige waterlopen (zie ook 5.3.3).

Instrumentarium

Nederland

Advies	Maatregel	Actie door
5.2.1	a. Wet Bodembescherming	VROM/Prov.N.Br.
	b. Aansluiting van zoveel mogelijk bedrijven op een centrale kalvergier-zuiveringsinstallatie	Prov.N.Br. Hoogheemraadschap WBr.
5.2.2	Aanwijzing Bodembeschermingsgebied in het kader van de Wet Bodembescherming	VROM/Prov.N.Br.

Nederland (vervolg)

Advies	Maatregel	Actie door
5.2.3	Onderzoek t.b.v. maatregelen in het kader van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO)	Hoogheemraadschap WBr.
5.2.4	Verscherpte controle in het kader van de WVO	Hoogheemraadschap WBr.
5.2.5	Ruilverkaveling Baarle-Nassau	LD
5.2.6	Idem	LD
5.2.7	Idem	LD

België

Advies	Maatregel	Actie door
5.2.1	a. Dringende uitwerking ontwerp Decreet betreffende gebruik dierlijke meststoffen en afvoer van mestoverschotten uit gebieden met aanduiding prioritaire beschermingszones b. Afvoer van mest van Belgische bedrijven naar de centrale kalvergier-zuiveringsinstallatie genoemd onder 5.2.1	AROL/W&B AROL
5.2.2	Idem 5.2.1	
5.2.3	Gebied als prioritair te zuiveren opnemen in investeringsprogramma 1988 e.v. VWZ	VWZ
5.2.4	Verscherpte controle illegale lozingen	VWZ
5.2.5	Afspraken AROL, ATD, Watering OM opstarten BWP-procedure in functie natuurbeheer.	AROL/LB

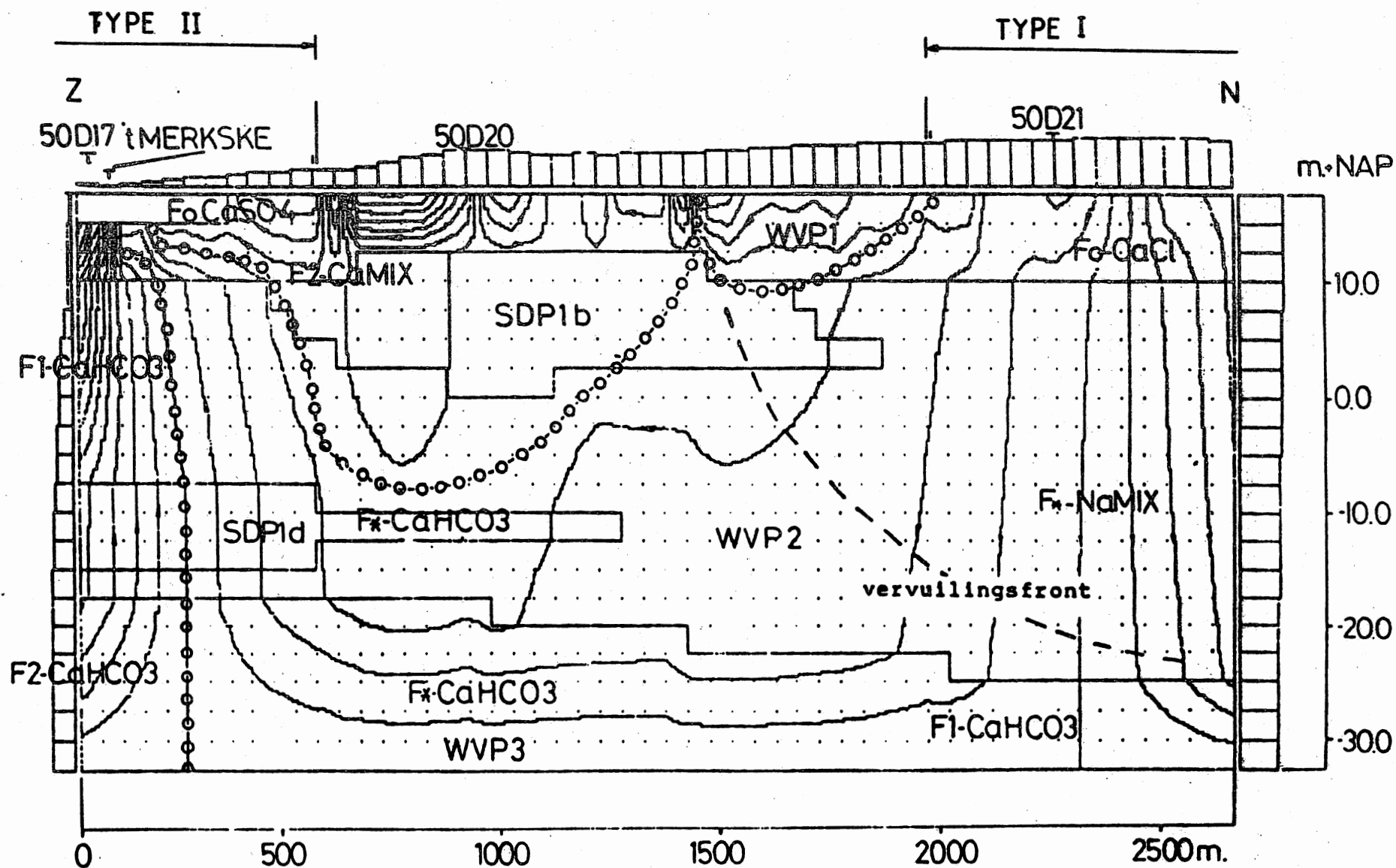


fig. 65a De ligging van de twee typen beschermingszones. Beschermingszone type I dient ter bescherming van het in het beekdal uittredende diepe grondwater. Type II beschermt de kwaliteit van het oppervlaktewater in de beemdsloten.

5.3 Maatregelen met betrekking tot de kwaliteit van het grondwater

De kwaliteit van het grondwater wordt bedreigd door:

- verontreiniging door overbemesting;
- verontreiniging vanuit verschillende kleine storten;
- depositie van verzurende en eutrofiërende stoffen via neerslag.

Overbemesting

De verontreiniging van het grondwater in het stroomgebied is grotendeels het gevolg van activiteiten binnen het stroomgebied zelf. Er moet dan ook gestreefd worden naar aanpak van de verontreinigingen aan de bron. Dit zal in de eerste plaats een beperking inhouden van de bemesting wat effect zal hebben op zowel de directe vervuiling (rechtstreekse inbreng van polluenten in het grondwater) als op de indirecte vervuiling (depositie van verzurende en eutrofiërende stoffen (ammoniak)).

Langs de Nederlandse zijde zal op den duur een basisbeschermingsniveau gerealiseerd worden door maatregelen in het kader van de Wet Bodembescherming (AMvB "gebruik dierlijke meststoffen"). Langs Belgische zijde wordt het in de toekomst wellicht mogelijk maatregelen te nemen in het kader van het Ontwerp Decreet op het Gebruik dierlijke meststoffen en de afvoer van de mestoverschotten (momenteel in uitwerking).

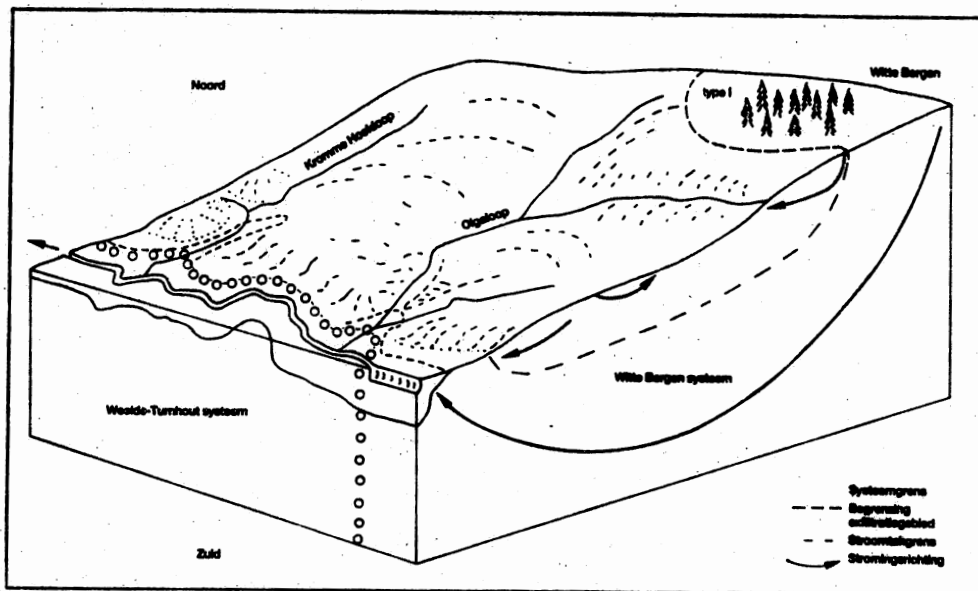
Desondanks zal het noodzakelijk zijn om in de meest kwetsbare gebieden aanvullende maatregelen te nemen.

De lokatie van de meest kwetsbare gebieden zijn in fig. 64, 65 en 66 globaal weergegeven.

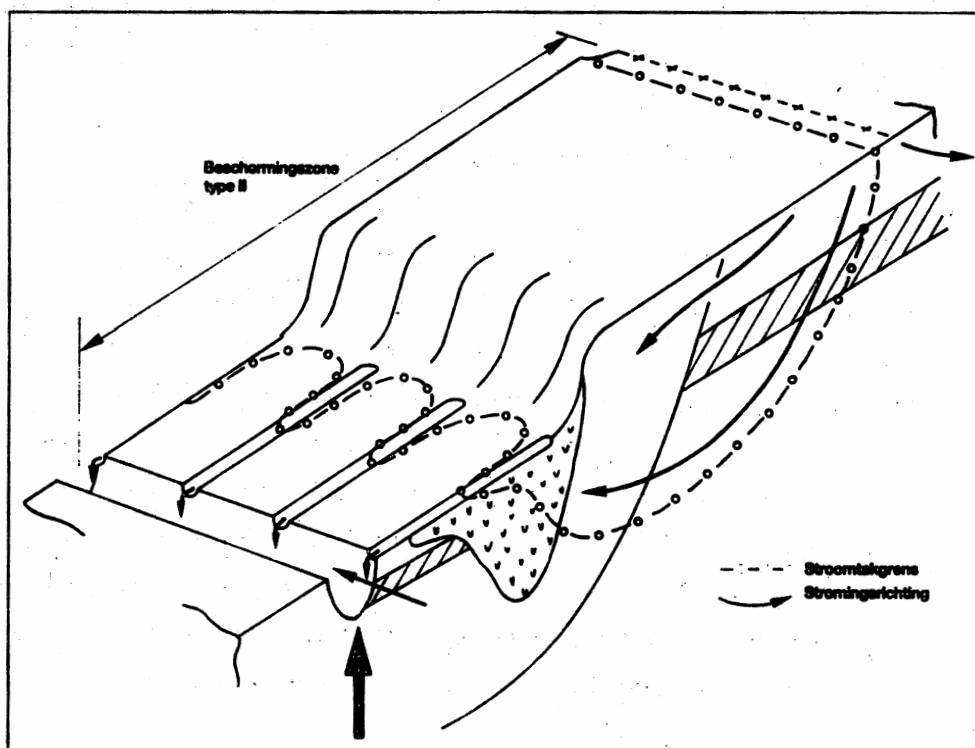
Deze gebieden zijn in twee typen op te splitsen:

1. De inrijgingsgebieden voor de diepe component van het grondwaterstromingsstelsel (gebiedstype I in fig. 65).

De inrijgingsgebieden vormen het voedingsgebied voor het in de beemden opkwellend grondwater. De begrenzing van deze zone kan bepaald worden met behulp van stroombanenmodellen en/of de bodemkaart. In het Merkske stroomgebied komt deze zone overeen met een haarpodzolbodem en grondwatertrap VII (fig. 66). Volgens de Belgische typering komt dit overeen met stuif- en dekzanden met nauwelijks podzolontwikkeling, in de drainageklasse a en b.



Figuur 65b De grondwaterstroming rond de Kromme Hoek met de begrenzing van bodembeschermingszone type I.



Figuur 65c De grondwaterstroming rond het beekdal met het bodembeschermingstype II.

In de kwetsbare gebieden dienen de mogelijkheden onderzocht te worden om naaldbos om te zetten in loofbos of heide/schraal grasland; ook daarbuiten zou getracht moeten worden de oppervlaktas heide/schraal grasland te handhaven of zelfs te herstellen.

Bij gecontinueerd agrarisch gebruik dient gestreefd te worden naar een verplicht graslandgebruik met een maximum mestgift van 200 kg N/ha/jr. en beperkingen van het gebruik van persistente bestrijdingsmiddelen en stuivende meststoffen.

2. De ondiepe subsystemen evenwijdig aan het beekdal (gebiedstype II in fig. 65).

De ondiepe subsystemen (uit de intermediaire zone) bepalen in belangrijke mate de kwaliteit van het oppervlaktewater in de beemdsloten en het grondwater in het hogere deel van de beemden. In de beekdalranden loont het zeer om nog scherpere normen te stellen ten aanzien van het mestgebruik dan in de infiltratiegebieden omdat hier goede mogelijkheden aanwezig zijn voor het herstel van verloren gegane waarden. Het gaat dan met name om natuurwaarden op de hogere gronden en in de gradiëntzone langs de beekdalrand (bodembeschermingsgebied t.b.v. gebiedstype II). Een dergelijke verdergaande bescherming zou ook gegeven kunnen worden aan deelstroomgebieden die nog hoge actuele waarden hebben en niet op een andere wijze belast worden dan via uit- en afspoeling van meststoffen (gedacht moet worden aan stikstofgiften tot ca. 50 kg N/ha/jr.). Op deze wijze kan in deelstroomgebieden ook de oppervlaktewaterkwaliteit sterk verbeterd worden. In bodembeschermingsgebied t.b.v. gebiedstype II is een normaal landbouwkundig gebruik niet mogelijk, in bodembeschermingsgebied t.b.v. gebiedstype I is dit onder bovengenoemde beperkingen nog wel mogelijk.

Een snelle en effectieve bescherming van de inrijingsgebieden en de ondiepe subsystemen moet beschouwd worden als de primaire en belangrijkste voorwaarde voor een duurzame instandhouding van een goede grond- en oppervlaktewaterkwaliteit in het beekdal.

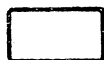
Daarnaast zal het in bepaalde gevallen ook nodig zijn om de negatieve effecten van een overmatige bemesting in het verleden tegen te gaan. In dit verband wordt voorgesteld om op de overgang van het akkercomplex van Baarle-Nassau naar de Manke Goren een

legenda

grondwatertrap



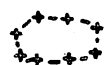
VI-VII



IV-V



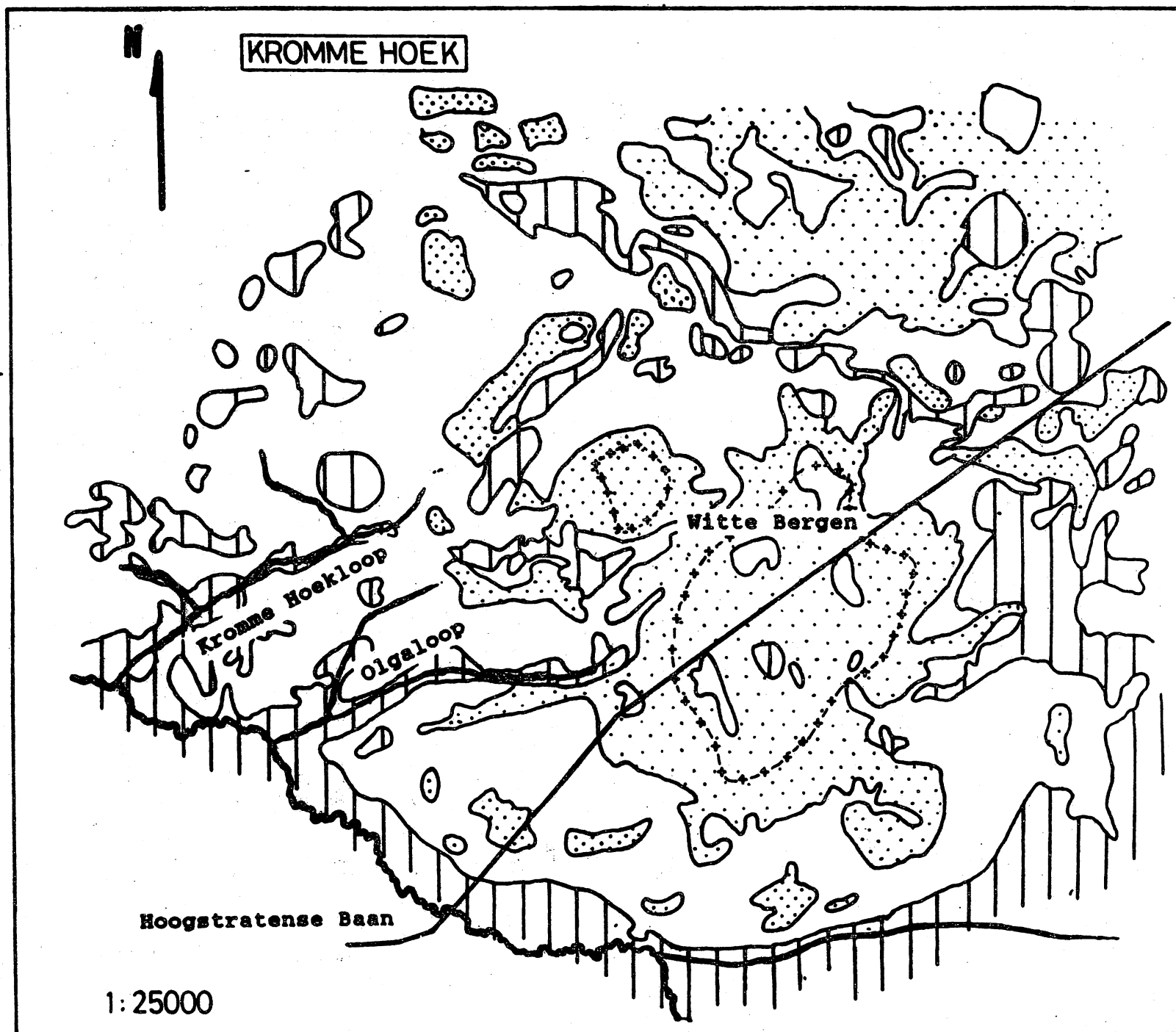
II-III



beschermings-
zone

De beschermingszone is
verbonden met de grond-
watertrap VII en een
haarpodzol als typerend
bodentype.

fig.66 : Beschermingszone
Witte Bergen systeem
t.b.v. de Kromme Hoek.



omleiding te situeren (zie par. 5.2) zodat deze het vervuilde grondwater dat vanuit het akkercomplex naar de Manke Goren stroomt, 's winters draineert (fig. 64). Uiteraard dient deze sloot zo gedimensioneerd te worden, dat zij 's zomers geen verdrogingseffecten in de Manke Goren teweeg brengt.

Afvalstort

Specifiek voor het Weelde-Turnhout-systeem is nader onderzoek naar mogelijke gevolgen voor de grondwaterkwaliteit van de grote vuilstort te Weelde ten zeerste aangewezen. Het verkrijgen van deze informatie is van belang vermits zowel de kwel te Moermolen als in de Kromme Hoek vanuit dit gebied afkomstig is.

Aangezien in het kader van het Merkske-onderzoek de bodemverontreinigingslokaties niet systematisch in kaart zijn gebracht, verdient het aanbeveling alsnog een volledige inventarisatie van vuilstorten uit te voeren en gericht onderzoek te doen naar de aanwezigheid van verontreinigde (c.q. giftige) stoffen op en onder vuilstorten, dumppercelen enz.

Samenvattend

- 5.3.1 Terugdringen van de bemesting in het gehele stroomgebied met extra maatregelen voor het terugdringen van de bemesting in de infiltratiegebieden van de vier hoofdgrondwatersystemen en de ondiepe subsystemen evenwijdig aan het beekdal (fig. 42, 64 en 65).
- 5.3.2 Afvangen van verontreinigd grondwater langs de rand van het plateau van Baarle-Nassau nabij de Manke Goren door middel van een omleiding (fig. 64, zie ook par. 5.2.7).
- 5.3.3 Volledige inventarisatie vuilstorten en onderzoek naar de grondwaterverontreiniging onder vuilstorten, dumppercelen etc.
- 5.3.4 Bijzondere aandacht schenken aan het inzigingsgebied van het Derde Watervoerende Pakket in België buiten het stroomgebied van het Merkske. De begrenzing dient te worden nagegaan (zie par. 4.3). Zo nodig dienen maatregelen getroffen te worden m.b.t. het gebruik van (dierlijke) meststoffen in het inzigingsgebied.
- 5.3.5 Bijzondere aandacht schenken aan het risico van verontreiniging van het diepe grondwater door de Stort Weelde.

Instrumentatium

Nederland

Advies	Maatregel	Actie door
5.3.1	Wet Bodembescherming (AMvB "Gebruik dierlijke meststoffen").	VROM;Prov.N.Br.
	Aanwijzing van de kwetsbare gebieden als Bodembeschermingsgebied in het kader van de Wet Bodembescherming (versnelde invoering mestnormering) (fig. 64)	VROM;Prov.N.Br.
5.3.2	Ruilverkaveling Baarle-Nassau	LD
5.3.3	Inventarisatie in het kader van de Interimwet Bodemsanering en de Afvalstoffenwet (Prov. Afvalstoffenplan) eventueel toepassen van de Regeling fosfaat-verzadigde gronden plus versnelde invoering normering volgens Wet Bodembescherming.	Prov.NBr.

België

Advies	Maatregel	Actie door
5.3.1	Dringende uitwerking ontwerp Decreet van het gebruik van dierlijke meststoffen en de afvoer van mestoverschotten uit gebieden met een aanduiding van prioritaire beschermingsgebieden; het gebied dient opgenomen te worden als gebied met groot mestoverschot; een bouwstop voor kalver- en varkensmestrijen dient uitgevaardigd te worden.	AROL/W&B
5.3.2	Geen instrumenten beschikbaar	AROL/GW&B en NB
5.3.3	Inventarisatie storten in stroomgebied	OVAM
5.3.4	Nadere studie	AROL/W&B
5.3.5	Nadere studie grondwatercontrole, evt. sanering stort Weelde	AROL/W&B/ OVAM

5.4 Maatregelen met betrekking tot kwantiteitsbeheer grondwater

Een uitbreiding van bestaande grondwaterwinningen kan niet alleen leiden tot verdrogingsverschijnselen maar ook tot een wijziging van de grondwaterstromingen waardoor de kwaliteit van het grondwater in de kwelgebieden ingrijpend kan wijzigen.

De mogelijke gevolgen van het eventueel opvoeren van de onttrekkingen bij Hoogstraten en Meerle tot het maximaal vergunde debiet, wat een verviervoudiging van de huidige onttrekking betekent, dienen onderzocht te worden. Indien uit het onderzoek mocht blijken dat negatieve effecten te verwachten zijn (grondwaterstandsaling, afname kwel, wijziging stromingspatronen grondwater), dan dient de vergunning te worden aangepast. Eenzelfde gedragslijn dient te gelden voor kleinschalige onttrekkingen t.b.v. de landbouw. (De evaluatie van de gevolgen van nieuwe of grotere onttrekkingen is relatief eenvoudig uit te voeren met behulp van de gegevens en modellen die in het kader van het Merkske-onderzoek zijn verzameld c.q. gemaakt).

Samenvattend

- 5.4.1 Evaluatie van gevolgen van eventueel opvoeren van de onttrekkingen bij Hoogstraten en Meerle tot max. vergund debiet.

Indien negatieve gevolgen, vergunning aanpassen.

- 5.4.2 Indien negatieve effecten te verwachten zijn, geen nieuwe onttrekkingen in en nabij het stroomgebied van het Merkske.

- 5.4.3 Indien negatieve effecten te verwachten zijn, geen nieuwe onttrekkingen uit het grondwater t.b.v. beregening, zeker niet in het beekdal of langs de rand van het beekdal.

Instrumentarium

Nederland

Advies	Maatregel	Actie door
5.4.2	Provinciaal Grondwaterplan/Waterhuis-houdingsplan aanpassen.	Prov.N.Br.
5.4.3	Invoeren vergunningsplicht voor berekening door aanpassing Provinciale Grondwaterordening.	Prov.N.Br.

België

Advies	Maatregel	Actie door
5.4.1/2	Nadere studie	AROL/W & B
5.4.3	Toepassing en controle vergunningen	AROL/W & B

5.5 Maatregelen met betrekking tot de luchtverontreiniging

Een ecologisch verantwoord niveau van de depositie zwaveloxyden op arme bodems is 100-500 eq. H⁺/ha/jr. en voor stikstofoxyden 100-350 eq. H⁺/ha/jr. (ca. 5-10 kg N/ha/jr.). (Workshop on critical levels for sulphur and nitrogen deposition, Oslo 8-10 april 1986). Deze depositieniveaus zijn aanzienlijk lager dan de huidige deposities en ook nog belangrijk lager dan de depositieniveaus volgens de doelstellingen van het Indicatief Meerjarenprogramma Milieubeheer 1987-1991 (IMP).

Uit onderzoek van het IMOU (1987) naar de verspreiding en depositie van ammoniak en ammonium blijkt dat de bijdrage aan de ammoniak/ammonium-depositie vanuit het gebied zelf het grootst is; een relatief groot deel van de in het gebied geëmitteerde ammoniak wordt, met name via droge ammoniak-depositie, in het gebied zelf afgezet. Verspreiding van NO_x en SO₂ is relatief grootschaliger.

In het kader van het Provinciaal Programma Ammoniak-bestrijding, Provincie Noord-Brabant, 1987) wordt daarom onderzocht of regionale en meer lokale bestrijding van ammoniak-emissie zinvol is. Wat betreft te treffen maatregelen moet worden gedacht aan

voorzieningen aan stal en mestopslag, mestinjectie, onderwerken mest, afvoer en beperking mestproduktie.

Gezien de discrepantie tussen een ecologisch verantwoord depositieniveau en de huidige depositie in het stroomgebied van het Merkske en gezien de nog relatief ongestoorde natuurwaarden in het stroomgebied, is het van belang in het Merkske-gebied met grote prioriteit en in sterke mate maatregelen te treffen.

Als daarom blijkt dat een lokale ammoniak-bestrijding perspectieven biedt dan dient overwogen te worden het Merkske als een van de voorrangsgebieden op te voeren in het Actieprogramma bestrijding Verzuring (Provincie Noord-Brabant, 1987). Weliswaar kan hiermee de depositie van het totaal aan potentieel verzurende stoffen (NO_x , SO_2 en NH_x) slechts gedeeltelijk worden teruggedrongen, maar in een situatie waarin de depositie zeer hoog is en gegeven het onomkeerbare proces van bodemverzuring, is dit een belangrijke eerste stap.

Aangezien ook bij het snel nemen van brongerichte maatregelen in het stroomgebied van het Merkske de achtergronddepositie van stikstof voorlopig hoog blijft, verdient het verder aanbeveling op korte termijn op basis van een gebieds-gerichte aanpak in infiltratiegebieden (inzijgingsgebieden van de diepe component) maatregelen te treffen die de immissie tegengaan. Hierbij wordt gedacht aan het omzetten van naaldbos in loofbos of heide. Op deze wijze wordt enige bescherming gegeven aan het diepere grondwater gedurende de periode dat de luchtverontreiniging zich nog op het huidige niveau bevindt. Bovendien wordt op deze wijze het neerslagoverschot en daarmee de voeding van het diepere grondwater vergroot.

Samenvattend

- 5.1.1 Terugbrengen van de uitstoot van ammonium in het stroomgebied door versnelde invoering van brongerichte maatregelen (AMvB "Gebruik dierlijke meststoffen", Wet Bodembescherming); Provinciaal Programma NH_3 -bestrijding (Wet LUV0); Stringente toepassing van de Richtlijn Ammoniak en Veehouderij (Hinderwet).

- 5.5.2 (Voorlopig) beperken immissies in infiltratiegebieden door;
- bevorderen omzetting naaldbos in loofbos en/of hei c.q. schraal grasland;
 - handhaven c.q. herstellen van de oppervlaktes van hei/schraal grasland.

Instrumentarium

Nederland

Advies	Maatregel	Actie door
5.5.1	Actieprogramma Bestrijding Verzuuring, Wet Bodembescherming, Hinderwet, Wet LUVO	VRM/Prov.N.Br.
5.5.2	Aanpassing beheersplannen bossen en natuurterreinen van Gemeentelijke en Rijksoverheid en Particulieren, aanpassen van de voorlichting vanuit de Rijksoverheid betreffende bosbouw, aanpassing subsidieregelingen en Boswet.	LNO (SBB)

België

Advies	Maatregel	Actie door
5.5.1	- Uit te voeren milieuvergunningen-decreet (opname van specifieke voorwaarden bij de exploitatievergunning)	AROL- W&B
	- Ontwerp Decreet op het Gebruik van Dierlijke mest en de afvoer van Mestoverschotten.	AROL - GW&B en NB
5.5.2	Geen instrumenten beschikbaar.	

5.6 Drie pakketten maatregelen ter bescherming en ontwikkeling van het Merkskegebied

In de vorige paragraaf zijn een groot aantal maatregelen voorgesteld voor bescherming en ontwikkeling van de natuurwaarden in het stroomgebied van het Merkske. De voorgestelde maatregelen kunnen worden gebundeld tot drie samenhangende pakketten van maatregelen.

Pakket 1 omvat de maatregelen die gericht zijn op behoud, de pakketten 2 en 3 zijn gericht op herstel en ontwikkeling.

Deze drie pakketten moeten niet als keuzepakket beschouwd worden, maar als achtereenvolgende stappen op weg naar een adequate bescherming van de natuurwaarden in het stroomgebied van het Merkske en een herstel van verloren gegane waarden.

Pakket 1

Pakket 1 omvat de maatregelen die minimaal noodzakelijk zijn om de belangrijkste natuurwaarden in het beekdal in stand te houden, met name de waarden in de laaggelegen beemden die gevoed worden met diep grondwater. Indien het suggestief effect van de waterwinning uit onderzoek zou blijven, is de belangrijkste maatregel die daartoe genomen kan worden het "bevriezen" van de grondwaterwinningen in en nabij het stroomgebied op het huidige niveau en het volledig afwijzen van nieuwe winningen in en nabij het stroomgebied voor zover zij de stijghoogte van het grondwater in het 2e en 3e watervoerende pakket beïnvloeden. Deze beide maatregelen hebben de hoogste prioriteit, een toename van de waterwinning zou mogelijk tot negatieve effecten kunnen leiden. Ook het verlenen van een effectieve planologische bescherming aan de natuurwaarden in het stroomgebied van het Merkske, alsmede een efficiënte controle op de naleving van wettelijke bepalingen moet als zeer urgent beschouwd worden. Alleen op deze wijze kan worden voorkomen dat bos- en heideterreinen op infiltratiegebieden worden omgezet in maisakkers, dat waardevolle hooilandpercelen worden ontgonnen, geëgaliseerd en/of gedraineerd en dat illegaal gier en drijfmest op het oppervlaktewater wordt geloosd. In aansluiting hierop dienen gebieden die op dit moment reeds de reservaatstatus hebben zo snel mogelijk te worden aangekocht, zodat een adequaat natuurbeheer mogelijk is.

Voor het behoud van de actuele natuurwaarden is het voorts van groot belang dat de bemesting in het stroomgebied wordt teruggedrongen,

dat de meest kwetsbare gebieden (infiltratiegebieden, beekdalranden) als bodembeschermingsgebied worden aangewezen en ook als zodanig worden beheerd, dat er een inventarisatie plaatsvindt van mestdumpercellen in combinatie met uitvoering van de regeling fosfaatverzadigde gronden, dat de emissie van ammoniak in het stroomgebied van het Merkske wordt teruggedrongen, dat vervuild oppervlaktewater rond kwetsbare natuurgebieden wordt geleid (Manke Goren, Kromme Hoek) en dat er een onderzoek komt naar mogelijke grondwaterverontreiniging onder de vuilstort Weelde. Deze maatregelen zullen vooral op de middellange termijn effect sorteren.

Pakket 2

Voortbouwend op de maatregelen in het kader van pakket 1 is het mogelijk door aanvullende maatregelen een herstel van verloren gegane waarden te bereiken. Men moet daarbij denken aan het opzetten van het peil in hoofd- en zijbeken in samenhang met de aanleg van (groene) bufferbekkens, het toepassen van een natuurvriendelijk onderhoud van de hoofd- en zijbeken, het terugdringen van effluent-lozingen en ongesaneerde lozingen van resp. zuiveringsinstallaties, riolen, woningen en bedrijven, het aanbrengen van voorzieningen tegen het afspoelen van mest over land bijv. in de vorm van houtwallen (maatregelen die overigens ook op zichzelf bij de huidige overbesteding zeer effectief zijn), en tenslotte het onderzoek naar grondwaterverontreiniging onder de diverse kleinere vuilstorten. Deze maatregelen zullen tesamen bijdragen aan het herstel van natuurwaarden, met name ook in de beekloop zelf.

Pakket 3

Uit het landschapsecologische onderzoek in het Merkskegebied is naar voren gekomen dat veel natuurwaarden verloren zijn gegaan, niet alleen in het beekdal maar vooral ook langs de randen van het beekdal en op de hogere gronden. Zonder ingrijpende maatregelen, waarbij met name gedacht moet worden aan het sterk terugdringen van de bemesting, zullen de hier verloren gegane waarden niet terugkeren. Dit kan onder de huidige omstandigheden alleen bereikt worden in reservaatgebieden. Diverse zeer kansrijke gebieden hebben momenteel geen reservaatstatus. Het verdient dan ook aanbeveling deze gebieden, waar het ondiepe grondwater nog relatief schoon is en die via het grondwater een directe relatie hebben met waardevolle delen van het beekdal, alsnog de reservaatstatus toe te kennen (fig. 64).

6. SAMENVATTING - CONCLUSIES

Natuur en Landschap (hoofdstuk 2)

- Ofschoon de waterbalans in eerste instantie sluitend lijkt te zijn, blijkt uit onderzoeksresultaten met betrekking tot hydrochemie, ouderdom, afvoer en grondwaterstromingsmodellen dat een deel van het grondwater van buiten het stroomgebied afkomstig is, terwijl ook grondwater ondergronds afstroomt. Er zijn dus via het grondwater duidelijke relaties met andere delen van het stroomgebied de Mark waartoe het Merkske gebied behoort (figuur 38).
- Rond het Merkske bevinden zich vier grondwaterstromingsstelsels (figuur 42). Deze bestaan uit een snelle ondiepe stroomtak, gevoed in de (intermediaire) gebieden tussen de topografisch hoger gelegen gebieden en het beekdal, en een diepe stroomtak met een lange verblijftijd die wordt gevoed in de hogere delen. De grondwaterkwaliteit in het beekdal wordt voornamelijk bepaald door de diepe stroomtak.
- De diepe stroomtak bereikt in het algemeen het derde watervoerende pakket (30 - 40 m -m.v.) dat bestaat uit de grove zanden van Maassluis. Deze formatie bevat vrij veel schelpenmateriaal. Plaatselijk bereikt de diepe stroomtak het vierde watervoerende pakket dat aan de bovenzijde (ca. 70 m -m.v.) bestaat uit Pliocene schelpenlaag van de Formatie van Oosterhout (zie voetnoot pag. 4). Grondwater dat door het vierde watervoerende pakket is gestroomd blijkt meer kalk ($F2-CaHCO_3$) te bevatten dan het grondwater dat door het derde watervoerende pakket is gestroomd ($F0,1-CaHCO_3$), hetgeen vermoedelijk aan sedimentologische verschillen is toe te schrijven (figuur 13, 18).
- Het voorkomen van plantensoorten in het beekdal lijkt vrij duidelijk gebonden aan de samenstelling van het grondwater. Bijzondere soorten als Moesdistel, Paardehaarzegge, Pijptorkruid, en de alleen in het Belgische deel van het stroomgebied voorkomende Grote boterbloem, lijken gebonden aan (en dus indicatief voor) (zeer) kalkrijke omstandigheden. Andere bijzondere soorten als Knolsteenbreek, Slanke sleutelbloem, Moerasstreepzaad en Grote pimpernel komen voor onder kalkrijke en matig kalkrijke omstandigheden (figuur 20, 51).

- De grondwaterkwaliteit van de ondiepe stroomtak is onder cultuurland, onder houtwallen en onder bosranden matig tot sterk verontreinigd. Door de werking van het hydrologisch systeem treft men deze verontreinigingen momenteel veelal niet dieper dan 10 m onder het maaiveld aan (figuur 18).
- De grens tussen het diepe en het ondiepe systeem is veelal vrij scherp. De invloed van het verontreinigde ondiepe systeem is in het beekdal veelal beperkt tot de hogere randen, zeker als deze via ondiepe greppels ontwaterd worden.
- Op de hogere gronden en langs de randen van het beekdal heeft door het intensieve landbouwgebruik een zeer sterke aantasting van natuurwaarden plaatsgevonden. Tal van soorten zijn verdwenen (o.a. Rozenkransje, Welriekende nachtorchis, Klein glidkruid, Vleeskleurige orchis) of zijn zeer sterk achteruitgegaan.
- Wanneer door onttrekkingen de potentiaal van de diepe stroomtak wordt verlaagd of als de ontwateringsslootjes in het beekdal slecht worden onderhouden, kan de verontreinigde ondiepe stroomtak het beekdal binnentreden, zoals bij de Baarle Brug is gebeurd (figuur 43).
- Waar in het infiltratiegebied van de diepe stroomtak bos en natuurterrein voorkomt, is de kwaliteit van het diepe grondwater dat in het beekdal opkwelt ook op langere termijn redelijk gewaarborgd. Waar echter in het infiltratiegebied van de diepe stroomtak overbesteding plaatsvindt, zullen op termijn ook in de lagere delen van het beekdal de negatieve gevolgen merkbaar worden. Een dergelijke situatie doet zich vooral voor in het Baarle systeem (figuur 46).
- Om de grondwaterkwaliteit in het beekdal te beschermen moeten de hoger gelegen infiltratiegebieden worden beschermd (beschermingszone type I). Wil men ook het grondwater langs de hogere randen van het beekdal beschermen dan moet het inzijgingsgebied van de ondiepe stroomtak evenwijdig aan het beekdal eveneens worden beschermd (beschermingszone type II) (figuur 65).
- De ruimtelijke begrenzing van de beschermingszone type I komt in het stroomgebied van het Merkske overeen met haarpodzolbodems met een grondwatertrap VII (figuur 66).
- Een verhoging van het beekpeil van het Merkske bij de Halsche Beemden leidt er toe dat kalkrijk grondwater het maaiveld in de beemden (weer) kan gaan bereiken. Momenteel komt dit type grondwater alleen onder de beek voor, hetgeen vermoedelijk een

gevolg is van een algemene verlaging van het beekpeil (ca. 0,5 m) door geïntensiveerd onderhoud van de beeks sinds de jaren '60 (figuur 40). Dit zou betekenen dat de beekpeilverlaging in Halsche Beemden e.o. een wijziging van de grondwaterkwaliteit heeft veroorzaakt, hetgeen een verklaring zou kunnen vormen voor het feit dat een kalkminnende soort als de Vleeskleurige orchis sedert het begin van de jaren '70 uit de Halsche Beemden is verdwenen. Echte verdrogingsverschijnselen hebben zich in de Halsche Beemden niet voorgedaan, iets verder stroomafwaarts zijn dergelijke effecten wel duidelijk waarneembaar.

- De hydrobiologische waarde van de beek in het stroomgebied is sterk verminderd door de grote belasting met eutrofiërende stoffen. Met name in de bovenlopen is de waarde ook in de afgelopen jaren nog aanmerkelijk gedaald. Dit geldt in iets mindere mate voor de benedenlopen dankzij de daar nog vrij gave geomorfologie en de gunstige invloed van schoon diep grondwater.
- De samenstelling van het oppervlaktewater wordt bepaald door de verhouding tussen de door de ondiepe en diepe stroomtakken aangevoerde hoeveelheden grondwater. Tijdens de natte periode overheerst de aanvoer vanuit de vervuilde ondiepe stroomtakken terwijl in de loop van de droge periode de kwaliteit van het oppervlaktewater verbetert doordat de aanvoer van de diepe stroomtak relatief toeneemt (figuur 47).

Doelstellingen (hoofdstuk 3)

In het kader van het natuurbehoud is het wenselijk de fysische kenmerken van het stroomgebied van het Merkske te behouden, met daaraan gekoppeld de spontaan voorkomende soorten en levensgemeenschappen, eventueel opgenomen in een landgebruik dat uitgaat van en gelimiteerd wordt door de fysische basiskkenmerken. Er dient te worden gestreefd naar behoud, herstel en ontwikkeling van een rijke verscheidenheid aan soorten en levensgemeenschappen in beek, beekdal en aangrenzende hogere gronden.

Belangrijke voorwaarden daarvoor zijn:

- Een aangepast landgebruik in actueel of potentieel waardevolle delen van het beekdal.
- Behoud en herstel van de variaties in het beekdal-milieu door het verzekeren van de blijvende inwerking van kalkrijk, niet vervuild, diep grondwater.

- Behoud en herstel van de variaties in het beekdal-milieu door het verminderen van de atmosferische depositie van o.a. zuurvormende en eutrofiërende stoffen en het verbeteren van de kwaliteit van het ondiep toestromende kalkarme grondwater.
- Behoud en herstel van de variaties in de waterlopen door het verbeteren van de waterkwaliteit en het handhaven/herstellen van de structuurrijkdom van de beek.

Aantastingen/bedreigingen (hoofdstuk 4)

De natuurwaarden in het Merkske gebied worden negatief beïnvloed door directe aantasting van de biologische waarden, maar ook door aantasting van het abiotisch milieu dat de basis vormt voor de biologische waarden. De belangrijkste bedreigingen voor de natuurwaarden zijn: luchtverontreiniging, waterwinning en agrarisch landgebruik. Een en ander kan schematisch als volgt worden weergegeven (de nummers verwijzen naar betreffende paragrafen):

Samenvattend

Maatregelen	Instrumen- tarium	Actie door Nederland	België	Maatregelenpakket		
				1	2	3
5.1 <u>Veiligstellen, inrichting, beheer</u>	pag.43					
5.1.2 Verbetering van de planologische bescherming (o.a. toekenning ecologische functie beken, vaststelling bestemmingsplan buitengebied)		Gemeente, Prov.N.Br., HNB	AROL-RO/W & B, gemeenten	x		
5.1.2 Toekennen van reservaatstatus aan gebieden met hoge potenties voor het natuurbeheer maar momenteel met een agrarische bestemming (fig. 64)		Gemeente, Prov.N.Br., LD	AROL-RO/M&L/NB, /gemeenten			x
5.1.3 Gebieden met een reservaatstatus snel in beheer nemen (aankoop; huur)		LNO/DBL	AROL-NB;gemeenten	x		
5.1.4 Ecologische infrastructuur in stand houden en ontwikkelen m.b.t. de waterlopen.		Gemeente, LD		x		
5.1.5 Toepassing van een meer natuurvriendelijk onderhoud van de beken		Waterschap Boven- Mark	AROL-LB, ATD Watering OM		x	
5.1.6 Aanleg van beplanting langs de beken		LD	AROL-WMB		x	
5.1.7 Inrichting van bufferbekkens		LD	AROL-LB		x	
5.2 <u>Maatregelen m.b.t. de kwaliteit van het oppervlaktewater</u>	pag. 45					
5.2.1 Terugdringing van de bemesting binnen het gehele stroomgebied		VROM, Prov.N.Br.	AROL-W& B	x		
5.2.2 Strengere beperkingen aan het mestgebruik op percelen die grenzen aan hoofdwaterlopen		VROM, Prov.N.Br.	AROL-W & B	x		
5.2.3 Terugdringing van de lozingen van ongezuiverd afvalwater en de lozingen van woningen en bedrijven in België en Nederland			VWZ	x		
5.2.4 Beëindigen directe lozingen van drijfmest en gier op het oppervlaktewater		HNB	AROL-W & B	x		
5.2.5 Aanleg van groene bufferbekkens (zie ook 5.1.7)		LD	AROL-LB, ATD		x	
5.2.6 Aanleg voorzieningen om afspoeling van mest naar beeklopen tegen te gaan, zoals de aanleg van (schouw)paden of houtwallen		LD	Watering OM		x	

Samenvattend (vervolg)

Maatregelen	Instrumen- tarium	Actie door Nederland	België	Maatregelenpakket		
				1	2	3
5.2.7 Afleiden van verontreinigd oppervlaktewater van het Plateau van Baarle-Nassau langs de Manke Goren naar het Merkske en van de gronden rond de Witte Bergen langs de Kromme Hoek naar het Merkske. De omleiding (zie fig. 64) langs de Manke Goren dient gepaard te gaan met het schonen van de huidige waterlopen (zie ook 5.3.3)		LD	-	x		
5.3 <u>Maatregelen m.b.t. de kwaliteit van het grondwater</u>	pag. 48					
5.3.1 Terugdringing van de bemesting in het gehele stroomgebied met extra maatregelen voor het terugdringen van de bemesting in de infiltratiegebieden van de vier hoofdgrondwatersystemen. Nog verdergaande maatregelen t.a.v. het bodemgebruik in de ondiepe subsystemen evenwijdig aan het beekdal (fig. 42,64,65)		VROM/Prov.N.Br.	AROL-W & B/LB	x		
5.3.2 Afvangen van verontreinigd grondwater langs de rand van het Plateau van Baarle-Nassau nabij de Manke Goren door middel van een omleiding (fig. 64, zie ook 5.2.7)		LD		x		
5.3.3 Volledige inventarisatie vuilstorten en onderzoek naar de grondwaterverontreiniging onder vuilstorten, dumppercelen etc.		Prov.N.Br.	OVAM		x	
5.3.4 Bijzondere aandacht schenken aan het in-zijgingsgebied van het Derde Watervoerende Pakket in België buiten het stroomgebied van het Merkske. De begrenzing dient te worden nagegaan. Zo nodig dienen maatregelen getroffen te worden m.b.t. het gebruik van (dierlijke) meststoffen in het in-zijgingsgebied.		-	AROL-W & B	x		

Samenvattend (vervolg)

Maatregelen	Instrumen- tarium	Actie door Nederland	België	Maatregelenpakket		
				1	2	3
5.3.5 Bijzondere aandacht schenken aan het risico van verontreiniging van het diepe grondwater door de Stort Weelde			AROL-W & B, OVAM	x		
5.4 <u>Maatregelen m.b.t. kwantiteitsbeheer grondwater</u>	pag. 49					
5.4.1 Evaluatie van gevolgen van eventueel opvoeren van de waterwinning bij Hoogstraten en Meerle tot maximaal vergund debiet. Indien negatieve gevolgen: vergunning aanpassen.			AROL-W & B	x		
5.4.2 Geen nieuwe waterwinningen in en nabij het stroomgebied van het Merkske indien negatieve te verwachten zijn.		Prov.N.Br.	AROL-W & B	x		
5.4.3 Geen nieuwe waterwinningen uit het grondwater t.b.v. beregning indien negatieve effecten te verwachten zijn. Zeker niet in het beekdal of langs de rand van het beekdal.		Prov.N.Br.	AROL-W & B	x		
5.5 <u>Maatregelen m.b.t. de luchtverontreiniging</u>	pag. 51					
5.5.1 Terugbrengen van de uitstoot door ammonium door versnelde invoering van brongericht maatregelen.		VROM/Prov.N.Br.	AROL-LM		x	
5.5.2 (Voorlopig) beperken immissie in infiltratiegebieden door:		L & V (SBB), gemeente	AROL-GW & B AROL-NB	x		
- bevorderen omzetting naaldbos in loofbos en/of hei c.q. schraalland;						
- handhaven c.q. herstellen van de oppervlakten van hei/schraal grasland.						

Afkortingen

Nederland

HWB	:	Hoogheemraadschap West-Brabant
LD	:	Landinrichtingsdienst
LNO	:	Directeur Landbouw, Natuur en Opelluchtrecreatie
DBL	:	Dienst Beheer Landbouwgronden
Prov.N.Br.:	:	Provincie Noord-Brabant
VRM	:	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
L & V	:	Ministerie van Landbouw en Visserij
NMF	:	Consulentschap Natuur, Milieu en Faunabeheer
SSB	:	Staatsbosbeheer

België

ARL	:	Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu
RO	:	Bestuur voor Ruimtelijke Ordening
M & L	:	Bestuur voor Monumenten en Landschappen
NB	:	Dienst Natuurbehoud
LB	:	Dienst Landbouw
ATD	:	Algemene Technische Diensten
W & B	:	Dienst Water- en Bodembeleid
VWZ	:	Vlaamse Waterzuiveringsmaatschappij
GW & B	:	Dienst Groen, Waters en Bossen
OVAM	:	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
LM	:	Bestuur voor Leefmilieu

LIJST VAN FIGUREN

- Figuur**
1. Locatie van het Merkske
 2. De verbreiding van bos, heide, cultuurland, natte hooilanden en vennen rond 1840
 3. Geologie tijdens het Onder-Pleistoceen (Toglien)
 4. Geologie tijdens het Allien
 5. Huidige geologische situatie
 6. Veenverspreiding rond het Merkske
 7. Schematisch geologisch Oost-West profiel
 8. De verbreiding van veen rond de Kromme Hoek Beemd
 9. Geologisch profiel in de Halsche Beemd
 10. Geologisch profiel bij Halbrug
 11. Theoretisch stromingspatroon volgens Toth (1963)
 12. Toegepast hydrologische systeemanalyse
 13. Locatiekaart profiellijnen en putlocaties
 14. Classificatiesysteem van Stuyfzand (1986)
 15. Opbouw van het eindige differentie model FLOSA - FD (DGV-TNO)
 16. Hydrologische schematisatie
 17. Waterbalans
 18. Debietrouting
 19. Profiel van A - A¹ watertypen
 20. Profiel van B - B¹ watertypen
 21. Watertypen WVP1
 22. Watertypen WVP 2^a
 23. Watertypen WVP 3
 24. Grondwaterkwaliteit rond de Kromme Hoek
 25. Relatie tussen grondwaterstroming en grondwaterkwaliteit
 26. Grondwaterkwaliteit rond de Baarlebrug Beemd
 27. Grondwaterkwaliteit in de Halsche Beemden
 28. Oppervlaktewaterkwaliteit
 29. De chemische massabalans over 1977 - 1985
 30. Profiel van A - A¹ Isotopen
 31. Profiel van B - B¹ Isotopen
 32. Temperatuurverloop versus diepte op de meetpunten S3 en S4
 33. Profiel B - B¹ Temperatuur

34. Profiel A - A¹ Temperatuur
35. Temperatuur /d-18 profiel S3 en S4
36. Temperatuurverdeling 30 m - m.v.
37. Drie-dimensionale stroombanen naar het kwelgebied van Moermolen
38. Drie-dimensionale stroombanen naar de kwelgebieden Moermolen, Manke Gooren en Kromme Hoek
39. Horizontale snelheidsvectoren op 330 m - N.A.P. en hierop gebaseerde indeling in grondwaterstromingsstelsels
- 40a. Door Flownet berekende stroombanen rond de Halsche Beemden in huidige situatie
- 40b. Door Flownet berekende stroombanen ronde de Halsche Beemden na beekpeilverhoging
41. Stroomlijnen en grondwaterstromingsstelsels in een deel van profiel B - B¹
42. De hydrologische grondwatersystemenkaart rond het stroomgebied van het Merkske
43. De hydrogeologische situatie in het exfiltratiegebied op het grensvlak van ondiepe en diepe (sub)systemen
44. Grondwaterstromingsstelsels in het profiel Endegoorheide - Noordelijke Kromme Hoek
45. Blokdiagram rond de Kromme Hoek met het hydrologisch venster van het Weelde - Turnhout - systeem
46. Grondwaterstromingsstelsel rond de Manke Goren
47. Verandering van het oppervlaktewaterkwaliteit gedurende het jaar
48. Verbreiding van Moerasstreepzaad, Moesdistel, Slanke sleutelbloem en Knolsteenbreek
49. Verbreiding relatief soortenrijke graslanden
50. Verbreiding bossen van natte en vochtige bodem
51. Verbreiding van Dotterbloem in het beekdal
52. Verbreiding grondwatertypen op basis van de indicatie van plantensoorten
53. Vegetatietypen Baarlebrug-Beemd
54. Potentieel natuurlijke vegetaties
55. Aantal waargenomen soorten amfibieën in de ruilverkaveling Baarle-Nassau per kerngebied
56. Verbreiding Alpenwatersalamander in het Merkske-gebied
57. Bedreigingsschema
58. Bedreigingenkaart

- 59. Bestemmingen
- 60. Lozingspunten afvalwater
- 61. Continueregistratie geleidingsvermogen oppervlaktewater
Manke Goren
- 62. Stikstofproduktie door de veestapel rond het
stroomgebied van het Merkske
- 63. NH_4 -emissie rond het stroomgebied van het Merkske
- 64. Maatregelenkaart
- 65. Typen bodembeschermingszones
- 66. Beschermingszone Witte Bergen systeem t.b.v. Kromme
Hoek
- 67. Gewenste reservaatstatus

LITERATUUR

Anon (1983)

Een overzicht van de kwaliteit van de oppervlaktewateren in de provincie Antwerpen.

Provinciaal Instituut voor Hygiëne

Asman, W. en Maas, H. (1986)

Schatting van de depositie van ammoniak en ammonium in Nederland t.b.v. het beleid in het kader van de hinderwet.

Rapport IMOU R-86-8

Bergman, W en Zuiderwijk, A. (1986)

Atlas van de Nederlandse amfibieën en reptielen en hun bedreigingen.

Stichting Uitgeverij KNNV, Hoogwoud

Bles, B.J., Beekman, A.G. en Wijnen, A.M. (1986)

Ruilverkaveling Baarle-Nassau. Bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid.

Stiboka rapport 1392. Wageningen

Bloemen, (1986)

Isotopenonderzoek voor het Merkske

Bijlmakers, L. en Buskens, F. (1984)

Bodem, vegetatie en waterhuishouding van enkele hooilanden in het stroomdal van het Merkske (N.Br.)

Staatsbosbeheer Rapport nr. 20-848-8

Bijlmakers, R. (1985), Buskens, R. en Van Zadelhoff, F.J. (1987)

Het beekdal van het Merkske.

Landschap (1987).

Brouwer, G.K. en Hoogendoorn, J.H. (1986)

Grondwaterstromingssystemen Salland/O.Veluwe

OS 86-36 TNO-DGV

Buskens, R. (1985)

De hydrobiologische waarden van de oppervlaktewateren in het
stroomgebied van het Merkske (N.Br.)
Staatsbosbeheer, Rapport nr. 1985-3

Cools, J. (1986)

Floristische inventarisatie Merkskedal.
NMF 86-007 Tilburg.

Dalfsen, W. van (1983)

Het ondiepe ondergronds temperatuurveld in Nederland.
Dienst Grondwaterverkenning TNO, OS 83-31.

Dawson, F. (1978)

Aquatic plant management in semi-natural streams: the role
of the vegetation.
Journal of environmental management 6, 213-221

Dijk, E. van en Pieters, E. (1986)

Hydrogeologisch onderzoek van het Belgisch stroomgebied van
het Merkske nabij Hoogstraten.
RU - Gent

Elburg, H. van en Engelen, G.B. (1986)

FLOWNET: Een computerprogramma voor de modellering van het
net van stroomlijnen en equipotentiaallijnen in een twee-
dimensionale verticale doorsnede van de ondergrond.
Gebruikersgids Vrije Universiteit, Amsterdam 1986.

Ellenberg, M. (1978)

Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in Okologischer
Licht.
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (p.725-793).

Engelen, G.B. (1981)

A system approach to groundwater quality.
Proceedings international Symposium on groundwater quality,
Noordwijk.
Studies in environmental Science 17, Quality of groundwater,
pp.1-25 Elsevier, Amsterdam.

- Engelen, G.B. (1984)
Hydrological systems analysis: A regional case study
Arnhem-East.
OS-84-20. TNO-DGV Institute of Applied Geoscience, Delft
- Freeze, R.A. and Witherspoon, P.A. (1966)
Theoretical analysis of regional groundwater flow.
1. Analytical and numerical solutions to the mathematical
model.
Water Resources Research vol.2 no.4, pp 641-656
- Garritsen, T. (1987)
De Dommelbeemden, een hydrogeologisch onderzoek (in prep.)
- Garritsen, T. Stuurman, R.J. en F.J. van Zadelhoff (1988)
Relatie vegetatie-abiotisch milieufactoren in kwelstituaties
op de hogere zandgronden in Nederland (in prep.).
Deelrapport 7 Merkske-onderzoek. NMF Noord-Brabant.
- Geys, J.F. (1978)
The paleoenvironment of the Kempenland clay deposits (Lower
Quarternary, N.Belgium).
Geologie en Mijnbouw 57: 33-43.
- Gieske, J.M.J. (1986)
Simulaties van hydrogeologische systemen in ZW Drenthe met
het model Flosa-FD.
Intern rapport, Institute of Earth Sciences, Vrije
Universiteit Amsterdam
- Hubbert, M.K. (1940)
Theory of groundwater motion.
Journal of geology 48, pp. 785-944.
- Jong, S.J. en Geirnaert, W. (1979)
The groundwater thermal regime in the Flow-polders and
Gelderse Vallei.
Geologie en Mijnbouw, volume 58, pp. 295 - 304.

Marijnissen, K. en Okhuijzen, M. (1986)

Plan voor behoud en herstel van de amfibieënpopulaties voor
de ruilverkaveling Baarle-Nassau en Chaam.

Rapport NMF 86-005.

Mensink, M., Stuurman, R. en Van Zadelhoff, F.J. (1988)

Stikstofbelasting van het grondwater.

Deelrapport 5 Merkske-onderzoek. NMF Noord-Brabant.

Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijk Ordening en Milieubeheer
(1985)

Een gedetailleerde ammoniak emissiekaart van Nederland.

Moller Pillot, H.K.M. (1971)

Faunistische beoordeling van de verontreiniging in
laaglandbeken.

Thesis. Pilot Standaardboekhandel, Tilburg.

Moller Pillot, H.K.M. (1974)

De hydrobiologische waarde van het Merkske.

Niet gepubliceerd rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer,
Leersum.

Moller Pillot, H.K.M. (1984 a+b)

De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera).

Nederl. Faun. Meded. 1A + B.

Moller Pillot, H.K.M. en Krebs B. (1981)

Concept van een overzicht van de oekologie van
chironomidelarven in Nederland.

Stencil, Tilburg

Mook, W.G. (1984)

Principles of Isotopenhydrology.

Dictaat. V.U. Amsterdam

Oberdorfer, E. (1957)

Süddeutsches Pflanzengesellschaften.

Pflanzensoziologie 10. Jena

Oosterom, H.P. en Van Schijndel, J. (1979)

De chemische samenstelling van het bovenste grondwater bij natuurlijke begroeiingen op kalkarme zandgrond.

ICW-nota 1075. Wageningen.

Parkhurst, D.L., Thorstenson, D.C. and Plummer, L.N. (1980)

Phreege - A computer program for geochemical calculations.

US Ged. Survey Water Resour. Investig. USGS/WRI-80-96

Pars, H.M. (1985)

Temperatuuronderzoek Sneek/Heerenveen.

Kaartbladen: 10B, 10D, 10 Oost, 11 West

Dienst Grondwaterverkenning TNO, OS 85

Ploey, J. de (1961)

Morfologie en Kwartair-stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen.

In : Acta Geographica Lovaneinsia vol.1 Geographisch Instituut KU - Leuven

Provincie Noord-Brabant (1985)

Waterkwaliteitsplan

Provincie Noord-Brabant (1987)

Aktieprogramma Bestrijding Verzuuring

Ronken, C.C.A. en Velden, J.A. van der (1982)

Een hydrobiologische onderzoek in het stroomgebied van de Boven Mark, Afstudeerverslag Moller Instituut, Tilburg

Schreurs, V. (1986)

Een plattelandsatlas van Vlaanderen,

Stichting Plattelandsbeleid VZW, Leuven

Stuyfzand, P.J. (1986 a)

A new hydrochemical classification of watertypes: principles and application to the coastal dunes aquifer system of the Netherlands.

9th Salt Water Intrusion Meeting, Delft 12-16 May 1986

Stuyfzand, P.J. (1986b)

Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen met
Nederlandse voorbeelden van toepassing

H₂O (19) 1986, nr. 23

Toth, J. (1963)

A theoretical analysis of groundwaterflow in small drainage
basins

Journal of Geophysical Research Vol 68, no. 16, pp.
4795-4812

Verhaert, E. en Blust, G. de (1986)

Vegetatiekartering van het Belgisch stroomgebied van het
Merkske. Verslag VIA, dept. biologie. Opdrachtgever:
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, A.R.O.L. Dienst
Natuurbehoud

Vercauteren, J. (1986)

Optimalisatie van de waterzuivering d.m.v. kaarten met de
biologische kwaliteit van de waterlopen in het Vlaamse
Gewest. De bekkens van de Aa, de Mark, de Kleine Aa of
Weerijbeek

GTE, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

Voorlopige Technische Commissie Bodembescherming (1986)

Advies gebruik dierlijke meststoffen. Leidschendam

Waayen, G. (1985)

Eutrofiëring van schrale beekdalgraslanden

PPD, 's-Hertogenbosch

Willockx, R. (1983)

Reptielen en amfibieën. In: Bedreigde planten en dieren in
Vlaanderen. De Wielewaal, Turnhout

Zadelhoff, F.J. van (1987)

Relatie vegetatie-abiotische milieufactoren. Landschaps-
ecologisch onderzoek grensoverschijdend natuurgebied "het
Merkske".

Deelrapport 6 Merkske-onderzoek. NMF Noord-Brabant.

Zijl, W. (1984)

Finite-element methods based on a transport velocity representation for groundwater motion.

Water Resource Research, Vol. 20, no. 1, pp. 137-145, 1984

CHRONOSTRATIGRAFIE		NEDERLAND (N-BRABANT)			BELGIE (ANTWERPEN)	
		Afzettingen van lokale herkomst	Afzettingen van grote rivieren	Afzettingen in zee en bij de kust	Afzettingen van grote rivieren	Afzettingen in zee en bij de kust
KWARTAIER	Holocene			Beluwe Formatie R+M		
	Pleistoceen	BOVEN	Formatie van Weichsel E+V+P+R	Formatie van Kreftenhijze R+M		
			Formatie van Asten V			
		MIDDEN	Formatie van Cindhoven E+P+B+V	Formatie van Veghel M		
				Formatie van Sterksel R+M	Formatie van de Kempen (= plaatselijk Hoogterras)	
				Formatie van Kedichem R+M		
		ONDER			Form. van Brak-schaat	
					Form. van Merksplas	
TERTIAIR	Pliocene					
	Miocene					
	Oligocene					

Korrelatie tussen de Belgische en Nederlandse stratigrafische termen

E = eolische afzettingen R = Rijn
P = periglaciale afzettingen M = Maas
B = beekafzettingen * = koude tijd
V = veen ** = complexe eenheid

**DIRECTE AANTASTINGEN VAN DE STRUKTUUR
EN DE KWALITEIT VAN NATUURWAARDEN IN
HET BEEKDAL IN DE PERIODE '83-'87
(VOOR ZOVER BEKEND)**

1. Afwezigheid van beheer leidend tot verruiging
2. Egaliseren/ordineren origineel grasland of hooiland
3. Sterk uitdiepen greppels
4. Deponeren slib op aanliggend perceel
5. Behandelen vegetatie met herbicide
6. Lozingen op het oppervlaktewater
7. Bepanting met populieren/berken
8. Rooden bos en houtwallen
9. Dampen vennen, drinkpoelen
10. Gierlozingen
11. Stortplaats
12. Waterwinning

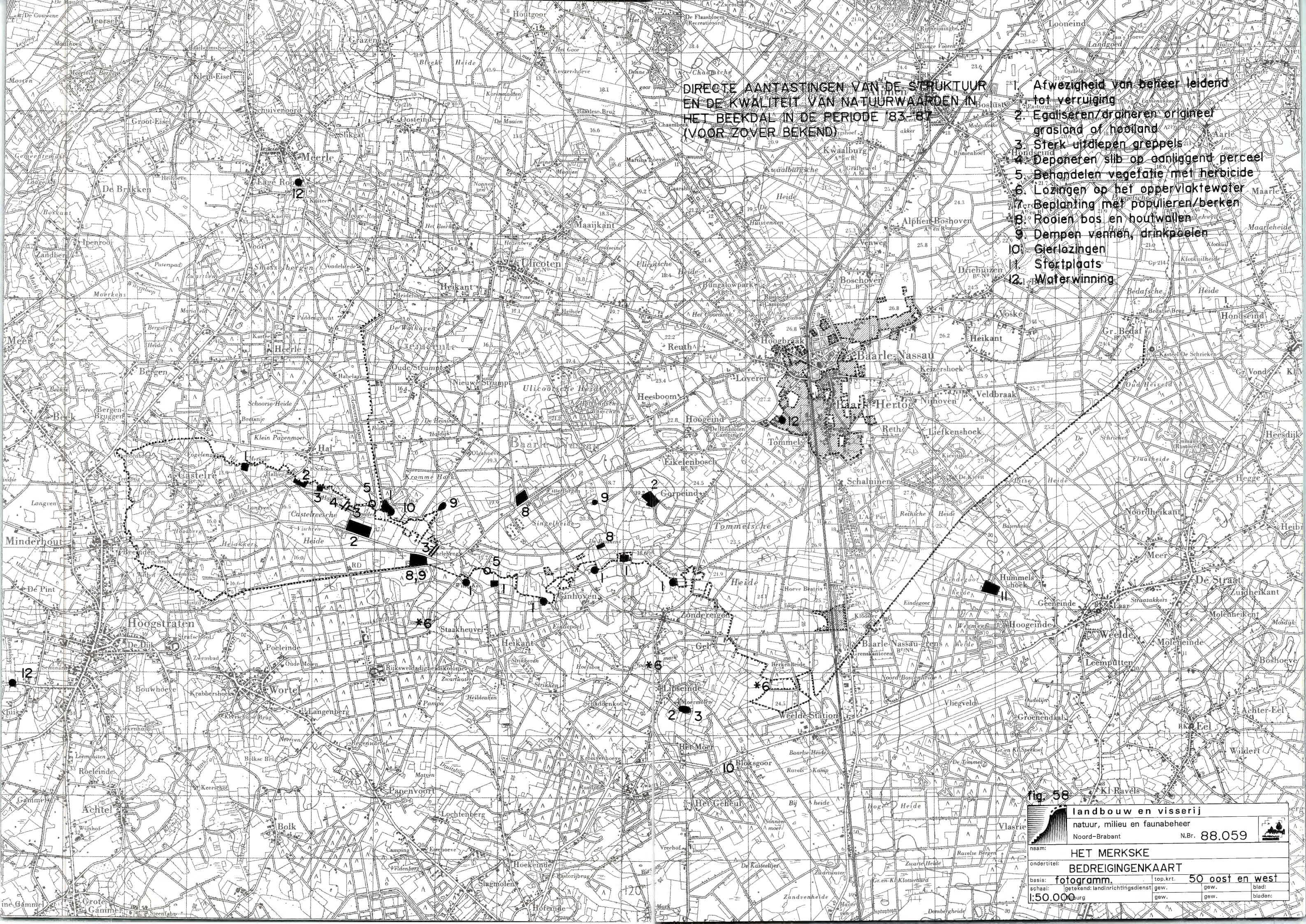
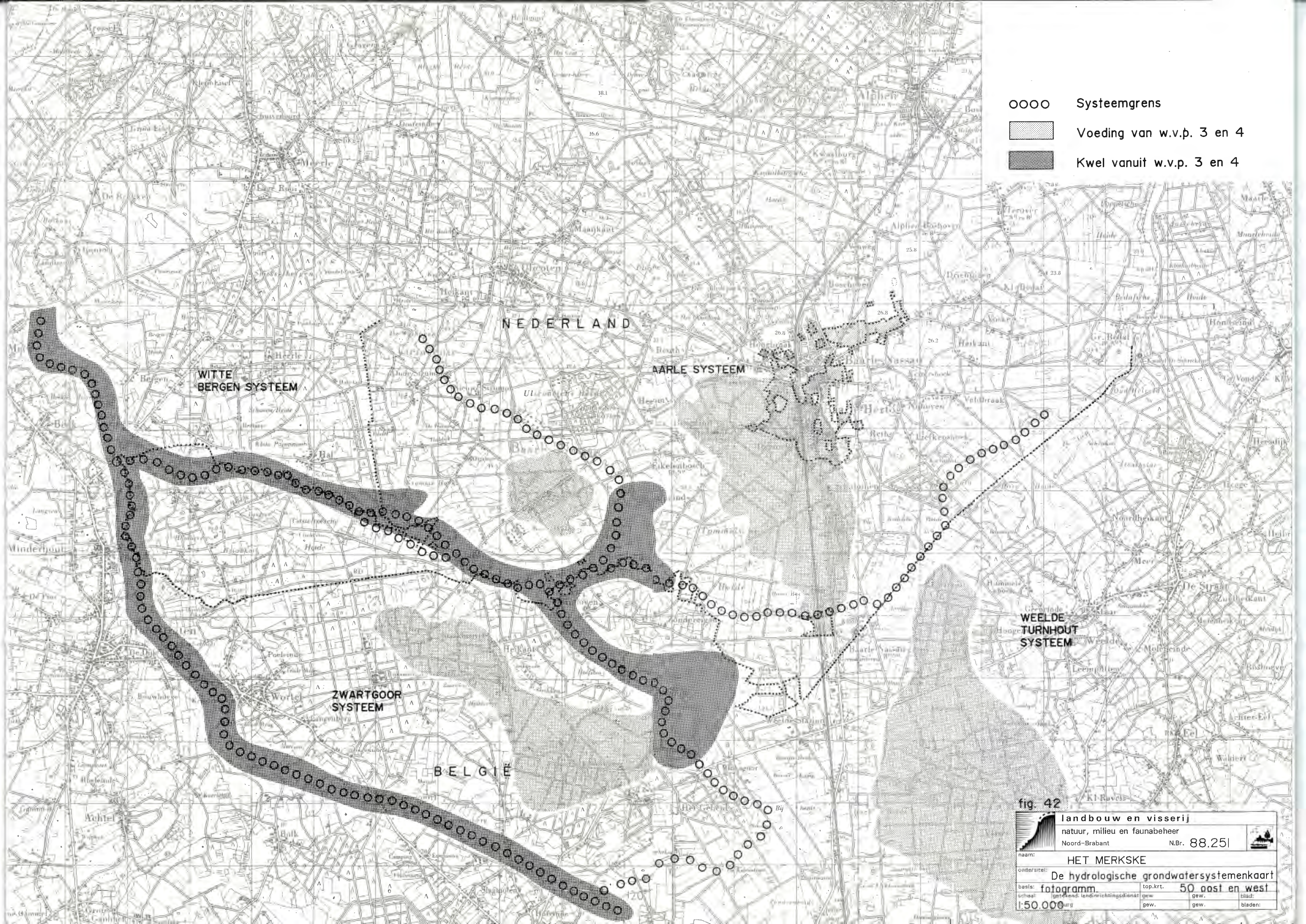


fig. 58

landbouw en visserij
natuur, milieu en faunabeheer
Noord-Brabant N.Br. 88.059

naam: **HET MERKSKE**
ondertitel: **BEDREIGINGENKAART**

basis: **fotogrammetrie** top.krt. **50 oost en west**
schaal: **1:50.000** getekend: landinrichtingsdienst gew. gew. blad: blad:
burg gew. gew. bladen:

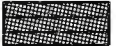
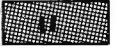
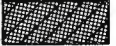


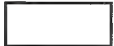
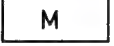
- oooo Systeemgrens
-  Voeding van w.v.p. 3 en 4
-  Kwel vanuit w.v.p. 3 en 4

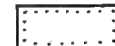
fig. 42

	landbouw en visserij			
	natuur, milieu en faunabeheer			
	Noord-Brabant		N.Br. 88.25	
naam: HET MERKSKE				
onder-titel: De hydrologische grondwatersystemenkaart				
basis: fotogrammetrie		top.krt. 50 oost en west		
1:50 000	getekend: landinrichtingsdienst	gew.	gew.	blad:
		gew.	gew.	bladen:

GEWESTPLAN TURNHOUT

-  **Woongebieden**
-  **Woonuitbreidingsgebieden**
-  **Woongebied met landelijk karakter**
-  **Woongebieden met culturele, historische en/of esthetische waarde**
-  **Gebieden voor milieubelastende industrieën**
-  **Gebieden voor ambachtelijke bedrijven of gebieden voor kleine en middelgrote ondernemingen**

-  **Agrische gebieden**
-  **Bosgebieden**
-  **Natirgebieden**
-  **Natirgebieden met wetenschappelijke waarde of natuurreservaten**
-  **Landschappelijk waardevolle gebieden**
-  **Gebden voor dagrecreatie**
-  **Gebden voor verblijfsrecreatie**
-  **Militre domeinen**

-  **Gebieden voor gemeenschapsvoorzieningen en openbare nutsvoorzieningen**
-  **Ontginningsgebieden**
-  **Agrarische gebieden met ecologische waarde**
-  **Stortgebieden**

STREEKPLAN WEST-BRABANT

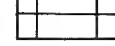
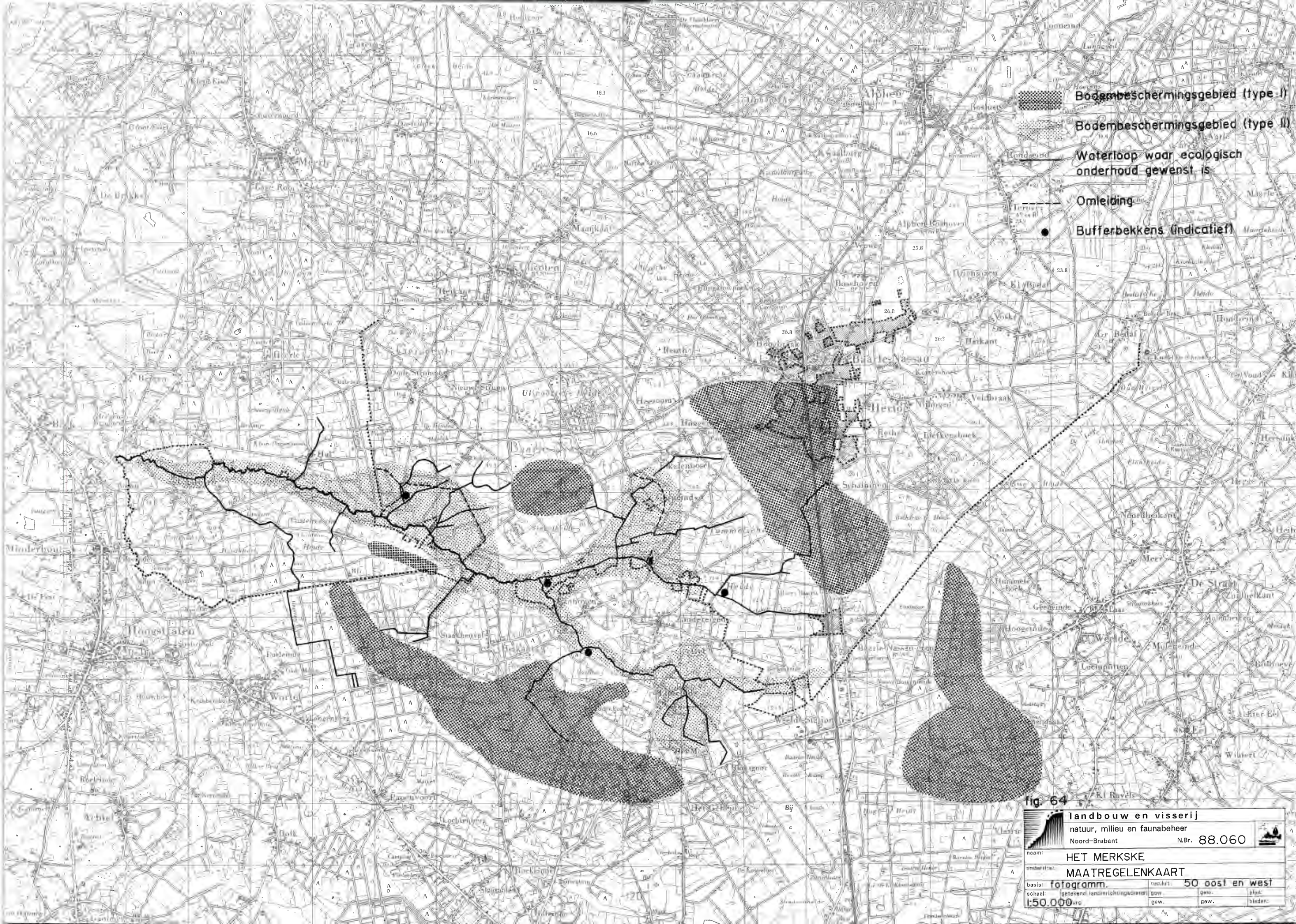
-  **Agrarisch gebied**
-  **Agrarisch gebied met landschappelijke waarde en/of culturele waarde**
-  **Agrarisch gebied/bosgebied met natuurwaarde**
-  **Bosgebied**
-  **Indicatie weidevogel en/of ganzengebied**
-  **Overige functies**



fig. 59

				landbouw en visserij					
				natuur, milieu en faunabeheer					
				Noord-Brabant		N.Br. 88.248			
naam:				HET MERKSKE					
onder titel:				BESTEMMINGEN					
basis: fotogrammetrie				topogr.		50 oost en west			
schaal: 1:50.000				getuigd landinrichtingsdienst		gew.		blad	
						gew.		bladen	



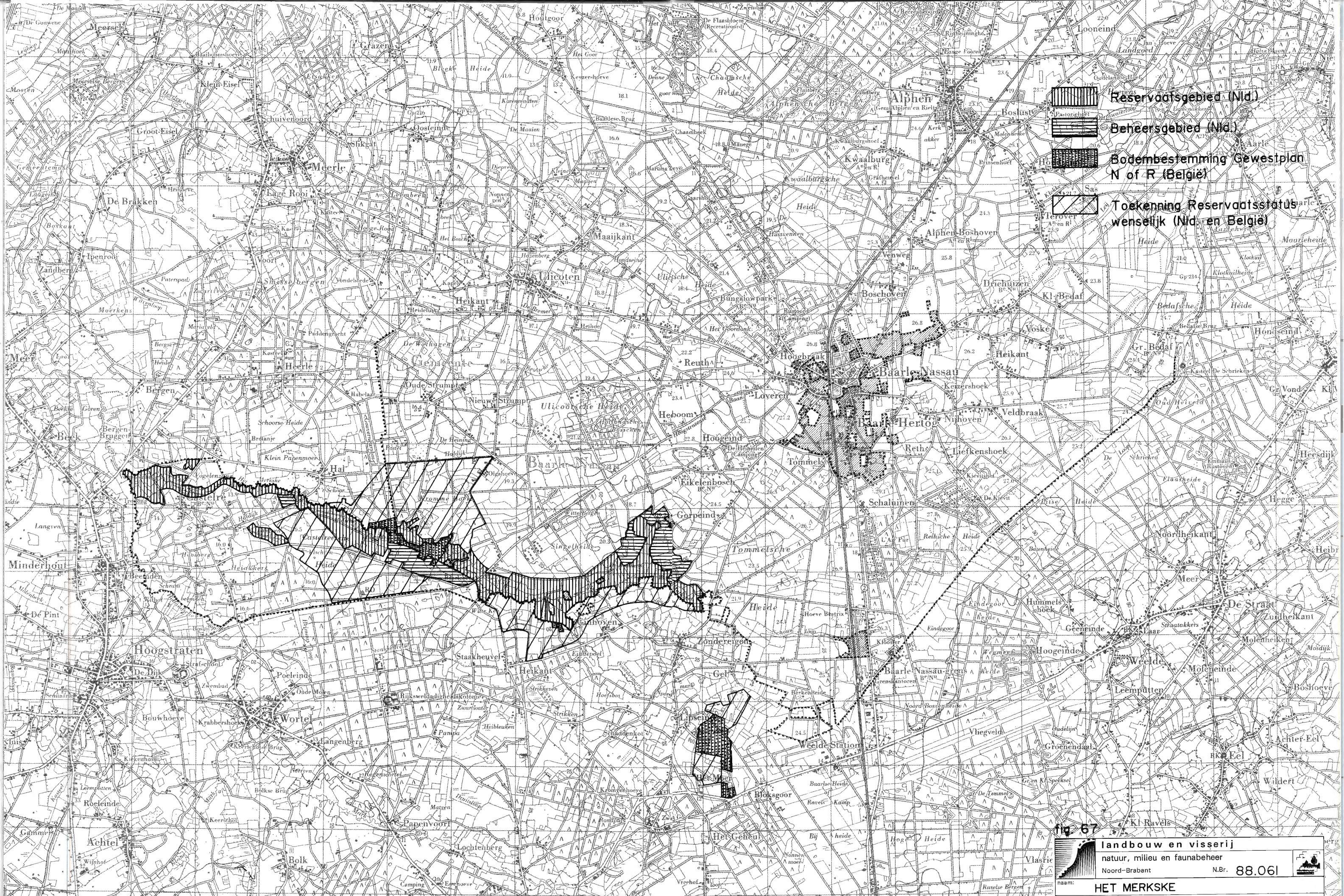


fig. 67

