

ARGUMENTATIE VOOR OPDELING VAN NEDERLAND IN
GEOHYDROLOGISCHE BEHEEREENHEDEN

J. Griffioen en N.G.F.M. van der Aa
TNO-NITG

opgesteld in opdracht van de
Technische commissie bodembescherming

Voorwoord

De Technische commissie bodembescherming (TCB) heeft in 2001 op verzoek van de minister van VROM een advies uitgebracht over grondwateraspecten in de EG Kaderrichtlijn Water (KRW). Eén van de onderdelen van advies was de indeling van Nederland in geohydrologische beheereenheden. Deze indeling is tot stand gekomen in discussies binnen de TCB werkgroep Grondwater. Vanwege de rol die dit TCB-advies in de discussie rondom de organisatie van het waterbeheer heeft gespeeld, ontstond bij de TCB de behoefte aan een toelichting op de onderbouwing ervan. De TCB heeft TNO opdracht gegeven een natuurwetenschappelijke onderbouwing te geven. Deze verwoord in dit rapport. De commissie hoopt hiermee een verdere bijdrage te leveren aan de ontwikkeling van bodem- en waterbeheer.

Namens de commissie,



Dr. J.J. Vegter,
Algemeen secretaris

1. Inleiding

Kader

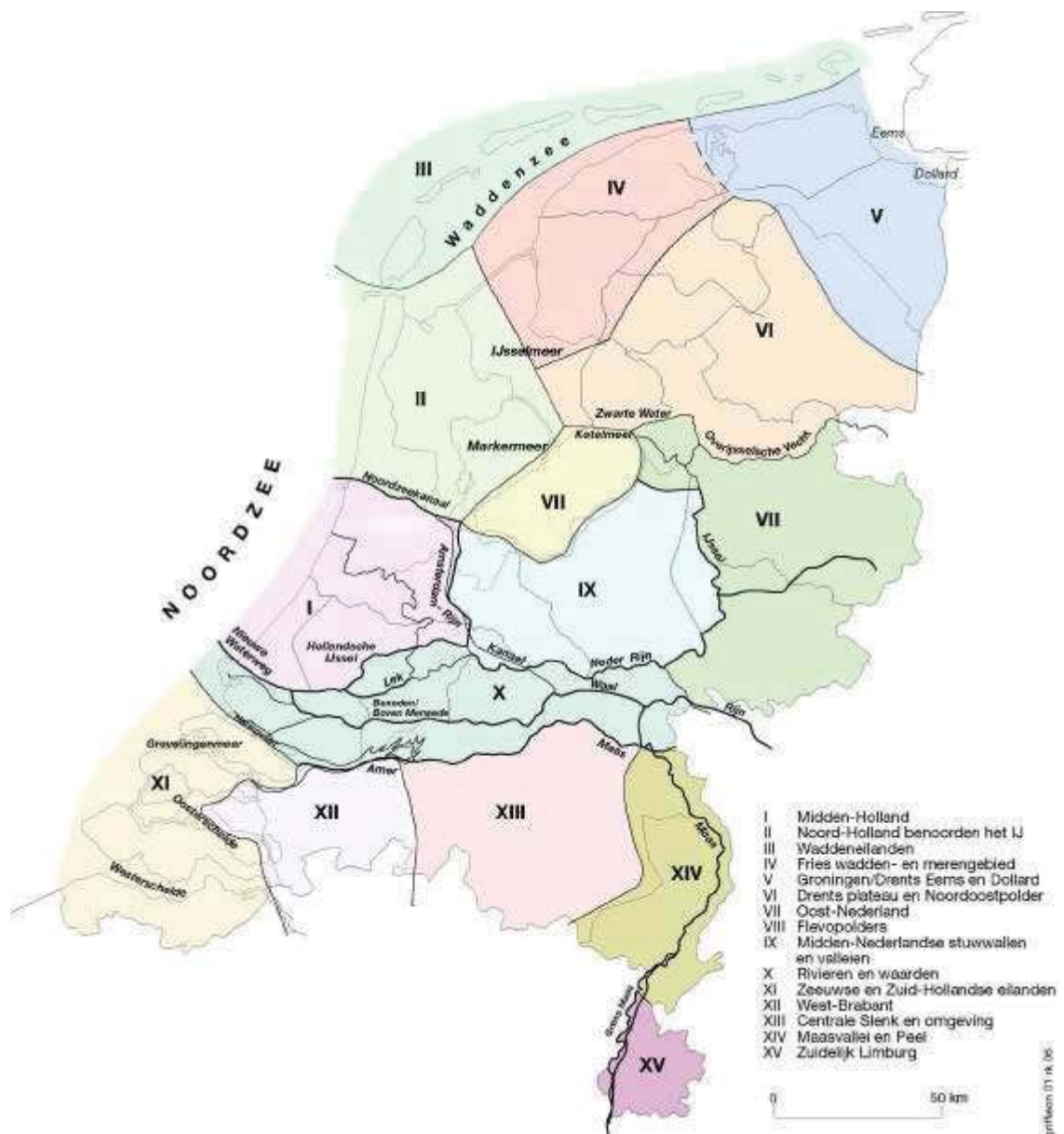
In het kader van de implementatie van de EU Kaderrichtlijn Water dient Nederland opgedeeld te worden in zogenaamde grondwaterlichamen, afzonderlijke grondwatermassa's in één of meer watervoerende lagen. Naast een opdeling in grondwaterlichamen, worden in hetzelfde kader ook andere hydrologische opdelingen gemaakt. De eerste en veel bepalende opdeling is de opdeling in stroomgebieden. Een stroomgebied is als volgt gedefinieerd (artikel 2 van EU-KRW, 2000): een gebied vanwaar al het over het oppervlak lopende water via een reeks stromen, rivieren en eventueel meren door één riviermond, estuarium of delta in zee stroomt. Nederland is opgedeeld in vier grensoverschrijdende stroomgebieden: Schelde, Maas, Rijn en Eems. Een hieropvolgende opdeling is de onderverdeling van de stroomgebieden in deelstroomgebieden. Deelstroomgebieden zijn gedefinieerd als gebieden vanwaar al het over het oppervlak lopende water een reeks stromen, rivieren en eventueel meren volgt, tot een bepaald punt in een waterloop (gewoonlijk een meer of samenvloeiing van rivieren).

Het behoeft geen betoog dat het wenselijk is dat de opdeling in grondwaterlichamen en de opdeling in deelstroomgebieden op elkaar aansluiten. In Nederland bestaat immers een nauwe relatie tussen grondwater en oppervlaktewater doordat het grootste deel van Nederland een deltagebied is en de grondwaterstand meestal ondiep onder maaiveld staat.

De TCB was verzocht om criteria op te stellen voor het dimensioneren van grondwaterlichamen rekening houdend met de geohydrologische opbouw van Nederland en de relatie met het oppervlaktewater. In het kader van dit verzoek heeft de Werkgroep Grondwater van de TCB een reactie opgesteld (TCB, 2001a) en heeft de TCB een advies opgesteld (TCB, 2001b). In de reactie en het advies is een voorstel gemaakt van de indeling van Nederland in geohydrologische beheereenheden (Figuur 1.1). De achterliggende argumentatie was niet beschreven bij de indeling.

Doel

De doelstelling van dit rapport is het aanreiken van de achterliggende argumentatie voor de opdeling van Nederland in geohydrologische beheereenheden. De argumentatie is opgesteld aan de hand van definities van hydrologische begrippen, incl. het uitwerken van het begrip 'grondwaterlichaam' en de doorvertaling naar 'geohydrologische beheereenheden'. De opdeling wordt uitgewerkt door de karakteristieken van de beheereenheden nader te duiden, en vier verschillende beheereenheden worden meer uitvoerig besproken op hun typische karakteristieken.



Figuur 1.1. Opdeling van Nederland in geohydrologische beheereenheden (licht gewijzigd ten opzichte van TCB R14 en TCB S44).

2. Definities van hydro(geo)logische begrippen

Voor een goed begrip is het nodig om de gehanteerde fysisch-hydrologische begrippen te definiëren. Hieronder zijn definities weergegeven van verschillende begrippen, die gehanteerd worden. Enkele definities zijn afkomstig van EU-KRW (2000). Andere begrippen zijn op identieke wijze gehanteerd in de reactie van de Werkgroep Grondwater (TCB, 2001a) op het ministeriële verzoek.

Stroomgebied

is een gebied vanwaar al het over het oppervlak lopende water via een reeks stromen, rivieren en eventueel meren door één riviermond, estuarium of delta in zee stroomt.

Deelstroomgebied

is een gebied waaruit het afstromende oppervlaktewater door één bepaalde waterloop wordt afgevoerd.

Primair drainagesysteem

is het oppervlaktewaterstelsel van grote waterlopen zoals rivieren, kanalen en beken.

Secundair drainagesysteem

is het afwateringstelsel van middelgrote waterlopen, zoals schouwen, tochtsloten, etc., en wat bij een waterschap in beheer is.

Tertiair drainagesysteem

is het afwatering- en ontwateringstelsel van kleine waterlopen, dat bestaat uit sloten en greppels.

Grondwatersysteem

is een systeem dat een 3-D doorstroomruimte heeft waarbinnen stroomlijnen¹ vanuit een gedeelte van één samenhangend wegzijgings- of injectiegebied parallel uitmonden of convergeren in één exfiltratie- of onttrekkingsgebied (vergelijkbaar aan het begrip volgens Toth, 1963).

Lokaal grondwatersysteem

is een systeem waarbij het wegzijgings- en exfiltratiegebied aan elkaar grenzen. De maximale diepte waarop het grondwater stroomt is gering en de verblijftijden zijn betrekkelijk kort tot maximaal enkele tientallen jaren.

Intermediair grondwatersysteem

is een gebied met tenminste één lokaal systeem tussen het wegzijgings- en exfiltratiegebied. De systemen zijn betrekkelijk ondiep, afhankelijk van de geohydrologische opbouw van de ondergrond (< 50 m-mv). De verblijftijden bedragen enkele tientallen jaren.

¹ een stroomlijn is hierbij gedefiniëerd als de curve waarvan de richting in ieder punt de richting van de grondwatersnelheid aangeeft, die op een gegeven tijdstip bestaat (CHO-TNO, 1986).

Regionaal grondwatersysteem

is een systeem waarbij het wegzijgingsgebied aan de waterscheiding grenst en het kwelgebied in de regionale topografische depressie (beekdal, diepe polder) ligt. De systemen strekken zich gebruikelijk tot tamelijk grote diepte uit en de verblijftijden zijn tientallen tot maximaal enkele duizenden jaren.

Supraregionaal grondwatersysteem

is een systeem dat zich uitstrekt over verschillende regionale waterscheidingen; het wegzijgingsgebied bevindt zich op een topografisch hooggelegen gebied en het exfiltratiegebied bevindt zich in een groot, laaggelegen gebied. Het grondwater in deze systemen stroomt tot grote diepte (> 100 m-mv) en de verblijftijden zijn zeer lang (> 1000 jaar).

Vrij grondwatersysteem

is een systeem waarbij het grondwater van 'hooggelegen' naar 'laaggelegen' stroomt onder natuurlijke condities middels potentiaalstroming en eventueel dichtheidsstroming.

Semi-gedwongen grondwatersysteem

is een systeem waarin de grondwaterstroming bepaald wordt door waterhuishoudkundige maatregelen aan oppervlaktewater, zoals polderpeilbeheer. Het handelt om oeverinfiltratiesystemen en poldersystemen waarbij de grondwaterstroming gecontroleerd wordt door huishoudkundige maatregelen in de exfiltratiegebieden en eventueel de wegzijgingsgebieden. De grondwaterstroming vindt plaats onder invloed van de zwaartekracht en de mens oefent dus alleen een passieve invloed uit door de topografische hoogte van de exfiltratie- en eventueel de wegzijgingsgebieden te bepalen.

Gedwongen grondwatersysteem

is een systeem met actief gecontroleerde grondwaterstroming middels het gebruik van onttrekkings en/of infiltratieputten, bronbemalingspompen, etc. De mens heeft een directe en actieve invloed op de stroming. De in- en/of uitgangen van het grondwatersysteem zullen geheel in de ondergrond liggen bij het gebruik van putten. Het gaat hier om kunstmatige diepinfiltratie, grondwatersaneringen, drinkwateronttrekkingen, aquifer storage & recovery (ASR), etc.

Grondwaterlichaam

is een gebied, met een grondwatermassa, dat een uniforme geohydrologische situatie kent. Een grondwaterlichaam bestaat uit een aaneengesloten verzameling van hydrogeologisch identieke, lokale en intermediaire grondwatersystemen te zamen met de in- en/of uitgang van (supra)regionale systemen (resp. kerninfiltratiegebied en kernkwelgebied).

Kern-infiltratiegebied

is de ingang van één of meerdere aaneengesloten (supra)regionale grondwatersystemen, waarvoor de reistijd naar de kwelgebieden meer dan 100 jaar is.

Kern-kwelgebied.

is de aaneengesloten uitgang van één of meerdere (supra)regionale grondwatersystemen, waarvoor de verblijftijd in de ondergrond meer dan 100 jaar is geweest.

Geohydrologische beheereenheid

is een gebied dat bestaat uit één of meerdere gelijkende grondwaterlichamen te zamen met één of meerdere gelijkende deelstroomgebieden.

3. Criteria voor afbakening van geohydrologische beheereenheden

Een opdeling van Nederland in geohydrologische beheereenheden dient enerzijds de fysische, geohydrologische verschijnselen te onderkennen en anderzijds bestuurlijk hanteerbaar te zijn. Zoals eerder gesteld dient een opdeling van Nederland in grondwaterlichamen bij voorkeur aan te sluiten bij een opdeling in deelstroomgebieden. Voor het laatste mag bedacht worden dat waterlopen fysiek veel herkenbaarder in het landschap zijn dan waterscheidingen. De ruimtelijke afbakening van deelstroomgebieden en grondwatersystemen is vaak moeilijk, als de waterscheiding niet gekenmerkt wordt door oppervlaktewater.

Verschillende algemene constateringingen worden gemaakt bij het opstellen van een gebiedsindeling in geohydrologische beheereenheden:

- het verloop van de grondwaterspiegel is vaak slecht herkenbaar in grote infiltratiegebieden zoals de Veluwe, waar het grondwater naar verschillende richtingen stroomt (en daardoor ook in verschillende systemen voorkomt);
- de grenzen tussen grondwatersystemen zijn aan verandering in de tijd onderhevig door bijv. de afhankelijkheid van de omvang van gedwongen systemen van het onttrekkingsdebiet; het infiltratiegebied verandert navenant met het onttrekkingsdebiet;
- het grondwater in de ondergrond komt voor als een continuüm;
- meerjarige hydrologische en meteorologische veranderingen leiden tot tijdsafhankelijke veranderingen in systemen;
- seizoensafhankelijke processen leiden in diverse delen van Nederland tot het droogvallen van sloten en drainagemiddelen, ofwel het tertiaire drainagesysteem, en daarmee tot het periodiek verdwijnen van de kleinste grondwatersystemen.

Een opdeling in grondwaterlichamen dient niet alleen rekening te houden met de bovengenoemde constateringingen, maar dient ook robuust te zijn: gegeven de instationariteit in hydrologische situatie, dienen de grenzen tussen grondwaterlichamen bij voorkeur niet aan verandering onderhevig te zijn. Een manier om robuustheid te creëren is om aan te sluiten bij de tijdschaal van waterbeheer: waterbeheer speelt zich af op een tijdschaal van minimaal enkele dagen tot maximaal tientallen jaren. De kortste gebeurtenissen zijn overstromingen en het vermijden hiervan: (potentiële) overstromingen ontwikkelen zich in minimaal enkele uren na heftige regenbuien en meer gebruikelijk in enkele dagen. De maximale tijdschaal waarop grondwaterbeheer beleden wordt, bedraagt enkele tientallen jaren: voorspelling van de drinkwaterkwaliteit wordt verricht op de termijn van tientallen jaren en bodembeheer beschouwt ook meerdere jaren tot 30 jaren voor urgentiesystematiek en functiegericht saneren. De maximale tijdsperiode die onderkend dient te worden, wordt daarom op 100 jaar gesteld. Alle processen die wezenlijk langer duren dan deze tijdsperiode kunnen als 'oneindig durend' aangemerkt worden in het kader van grondwaterbeheer.

Het heeft dientengevolge geen zin om voor (supra)regionale grondwatersystemen het infiltratiegebied te koppelen aan het exfiltratiegebied. De reistijd binnen (supra)regionale systemen bedraagt honderden tot tienduizenden jaren. De tijdsspanne tussen wegzijging en kwel is zeer groot, en valt buiten de tijdschaal waarop het waterbeheer zich afspeelt. Eén grondwaterlichaam hoeft daarom niet noodzakelijkerwijs een regionaal infiltratiegebied en het bijbehorende regionale kwelgebied in zich te hebben. De begrippen kerninfiltratiegebied en kernkwelgebied zijn geïntroduceerd om te onderkennen dat gebieden bestaan waarbinnen infiltratie naar de diepe ondergrond, dan wel kwel vanuit de diepe ondergrond optreedt, ongeacht de exacte horizontale stromingsrichtingen en de herkomst dan wel eindbestemming van het grondwater.

De dimensies van grondwaterlichamen en deelstroomgebieden dienen ook niet te klein gekozen te worden: het tertiaire drainagesysteem en bijbehorende grondwatersystemen (die als sublokale systemen aangeduid zouden kunnen worden) is geen goede technisch-wetenschappelijke basis om een indeling te maken. De schaal waarop geohydrologische beheerseenheden afgeperkt moeten worden is op technisch-wetenschappelijke grondslag regionaal van aard: groot genoeg om korte, temporele schommelingen binnen de grenzen te houden en klein genoeg om oorzaak/gevolg relaties op een schaal tot maximaal tientallen jaren te kunnen leggen. De ruimtelijke schaal die hiermee overeenstemt, is de schaal van provincies en waterschappen. Uitgaande van deze schaal zijn de volgende criteria gebruikt om de geohydrologische beheerseenheden op te stellen.

1. Geohydrologische beheerseenheden overschrijden een stroomgebied bij voorkeur niet, tenzij een ruimtelijke scheiding op hydrologische grondslag niet gemaakt kan worden; de exacte ruimtelijke afbakening van de waterscheidingen tussen de 4 stroomgebieden is niet nader beschouwd.

2. Geohydrologische beheerseenheden onderscheiden zich van elkaar door:

- (dominante) typen van grondwatersystemen die voorkomen (vrije, semi-gedwongen, gedwongen);
- verschillen in hydrogeologische opbouw (diepte watervoerende pakket, aanwezigheid scheidende deklaag, etc.);
- verschillen in drainagesysteem (dichtheid en eventuele vormen van peilbeheer);
- verschillen in diepte van de hydrologische basis en/of grensvlak tussen zoet en zout grondwater.

3. Het primaire kenmerk van een geohydrologische beheerseenheid is een zogenaamd grondwaterlichaam en het secundair kenmerk is een deelstroomgebied. Een geohydrologische beheerseenheid kan wel uit meerdere grondwaterlichamen bestaan. De waddeneilanden als beheerseenheid kan bijvoorbeeld gezien worden als een verzameling eilanden met elk een eigen grondwaterlichaam.

4. De grote rivieren (Rijn, Maas, IJssel) fungeren als grenzen tussen grondwaterlichamen, omdat de grote rivieren door hun omvang en hoogteligging tot een ruimtelijke scheiding in lokale en intermediaire grondwatersystemen leiden. Een grote rivier fungeert of als exfiltratiegebied, of als infiltratiegebied voor het lokale systeem, waarbij geldt dat de grote rivieren als exfiltratiegebied fungeren in het bovenloopse deel en als infiltratiegebied in het benedenstroomse deel. Het omslagpunt van drainerende naar infiltrerende rivier kan voor de grote rivieren als grens tussen grondwaterlichamen gezien worden.

5. Provinciegrenzen zijn niet beperkend, want de benadering vanuit de EUKRW is vanuit grensoverschrijdende stroomgebieden.

4. Opdeling in geohydrologische beheereenheden

4.1 Geografische opdeling

Een opdeling van Nederland in 15 geohydrologische beheereenheden is gemaakt (zie Figuur 1.1). De beheereenheden zijn op basis van regionale kennis opgesteld en de exacte grenzen zijn niet middels hydrologisch onderzoek bepaald. De ligging van sommige grenzen dient daarom als indicatief gezien te worden, met name de grenzen aan de stroomopwaartse kant van de beheereenheden.

In de Tabel 4.1 zijn de karakteristieken per geohydrologisch beheereenheid opgesteld volgens de vier subcriteria van het tweede criterium, dat gehanteerd is bij het opstellen van de beheereenheden (zie Hoofdstuk 3). De vier subcriteria zijn:

1. (dominante) typen van grondwatersystemen die voorkomen (vrije, semi-gedwongen, gedwongen);
2. verschillen in hydrogeologische opbouw (diepte watervoerende pakket, aanwezigheid scheidende deklaag, etc.);
3. verschillen in drainagesysteem (dichtheid en eventuele vormen van peilbeheer);
4. verschillen in diepte van de hydrologische basis en/of grensvlak tussen zoet en zout grondwater.

Toepassing van de criteria leidt tot een opdeling in de volgende 15 beheereenheden:

- I. Midden Holland
- II. Noord-Holland benoorden het IJ
- III. Waddeneilanden
- IV. Fries wadden en merengebied
- V. Gronings-Drents Eems en Dollard
- VI. Drents plateau en Noordoostpolder
- VII. Oost-Nederland
- VIII. Flevopolders
- IX. Midden-Nederlandse stuwwallen en valleien
- X. Rivieren en waarden
- XI. Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden
- XII. West-Brabant
- XIII. Centrale Slenk en omgeving
- XIV. Maasvallei en Peel
- XV. Zuidelijk Limburg

De gebieden XIII tot en met XV zijn onder het Maas-stroomgebied toebedeeld en het gebied XI is onder het Schelde stroomgebied toebedacht. Gebied XII is als grondwaterlichaam zeer herkenbaar; een deel stroomt noordwaarts via de Marke af en een ander deel treedt westwaarts uit aan de voet van de Brabantse Wal of in Tholen. Wanneer het oppervlaktewaterstelsel van de Maas via het Haringvliet loopt, dan valt dit gebied in zijn geheel onder het Schelde stroomgebied (behalve de polders die direct langs de Amer en het Hollands Diep gelegen zijn, deze zouden bij het Maas-stroomgebied thuishoren).

Gebied V is de enige Nederlandse beheereenheid binnen het Eems-stroomgebied. De Waddeneilanden (III) zijn als aparte beheereenheid benoemd en zouden naar provincie uitgesplitst kunnen worden, omdat de eilanden individuele grondwaterlichamen zijn (zie later). Het rivierengebied (X) is een aparte beheereenheid die de grenzen van de stroomgebieden van de Maas en Rijn overschrijdt. Een hydrologische scheiding is voor dit gebied welbeschouwd niet te maken: de oppervlaktewateren komen bij de monding te zamen en de tussengelegen

poldergebieden kunnen niet goed gescheiden worden op voeding vanuit de Maas dan wel de Waal. De overige gebieden (I, II, IV, VI tot en met IX) vallen binnen het Rijn-stroomgebied.

4.2 Toelichtende opmerkingen

Zoals eerder gesteld is de opdeling van Nederland in 15 beheereenheden niet gebaseerd op gedetailleerde hydrologische studies, maar gebaseerd op algemene regionale kennis van de hydrologie van Nederland. Het aantal gekozen beheereenheden moet als een minimum aantal gezien worden. Om andere dan fysisch-hydrologische redenen kan het wenselijk zijn om beheereenheden op te splitsen. Dit is vanuit een hydrologisch perspectief geen bezwaar als een beheereenheid uit meerdere grondwaterlichamen en/of deelstroomgebieden bestaat. In geval van de Waddeneilanden en de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden als eenheden, zijn de individuele eilanden meestal zelfstandige grondwaterlichamen. Deze beheereenheden kunnen dus per eiland ontleedt worden.

In enkele gevallen vallen de grenzen tussen grondwaterlichamen en deelstroomgebieden niet samen. Deze situatie geldt bijvoorbeeld voor het noorden des lands. Het gebied van Lemmer tot Drachten is het laagst gelegen gebied van Friesland. Dit leidt er toe dat in deze zone kwel optreedt en we te maken hebben met een kernkwelgebied. De regionale herkomst is enerzijds het Drents Plateau en anderzijds IJsselmeer en Waddenzee. De twee grondwaterlichamen ontmoeten elkaar dus hier. Voor het oppervlaktewatersysteem geldt dat Friesland een boezemsysteem heeft dat vrijwel de gehele provincie beslaat. Dit boezemsysteem en bijbehorende polders kan dus als één deelstroomgebied gezien worden. Om de overgang van Drents Plateau naar Friese polders als hydrologische eenheid herkenbaar te houden is de grens volgens de grondwaterlichamen gekozen. De exacte grens is niet goed bekend, en hangt samen met de omvang van de lokale grondwatersystemen met infiltratie vanuit de Friese meren en kwel in de omgelegen diepere polders.

Het Gronings/Drents Eems en Dollard gebied bestaat uit twee grondwaterlichamen: een lichaam dat samenhangt met de Waddenzee (naar analogie van IV, Fries wadden- en merengebied) en een lichaam dat samenhangt met het Drents Plateau. Het laagst gelegen gebied ligt ten zuiden van Appingedam, waar waarschijnlijk regionale kwel zal optreden. Dit beheergebied zou dus gesplitst kunnen worden. Het is onjuist om het noordelijk deel van het beheergebied tot het Rijnstroom-gebied te rekenen. Het Eemskanaal, dat de Friese boezem met de Dollard verbindt, speelt een belangrijke rol bij de waterhuishouding van Groningen en Drente, maar het percentage Rijnwater in het gebied is in een gemiddeld meteorologisch jaar niet meer dan enkele procenten. Het gebied behoort in zijn geheel tot het Eemsstroomgebied.

Voor de Centrale en Roerdal Slenk geldt ook dat de grenzen tussen grondwaterlichamen en deelstroomgebieden niet samenvallen. De geologische slenkstructuur kan als een groot grondwaterlichaam gezien worden. Voor het oppervlaktewater is echter een herkenbare tweedeling te maken: beken die oostwaarts naar de drainerende Maas in Limburg stromen en beken die noordwaarts naar de infiltrerende Maas in Brabant stromen. De infiltratiegebieden en de kwelgebieden van de bijzonder diepe (supra)regionale systemen in de Centrale Slenk kunnen beheersmatig ontkoppeld beschouwd worden. De slenkstructuur kan dus zonder bezwaren vanuit grondwaterperspectief opgedeeld worden in twee grondwaterlichamen, en er is voor gekozen om in principe de deelstroomgebieden te volgen bij de opdeling in beheereenheden.

Het deelstroomgebied van de Overijsselsche Vecht is onder twee beheereenheden ondergebracht, omdat de geologie ten zuiden van de Overijsselsche Vecht essentieel anders is dan ten noorden van de Overijsselsche Vecht. De waterhuishouding ten noorden en ten zuiden van de rivier zijn ook gescheiden van elkaar. Het instellen van een beheereenheid-grens langs deze rivier kent dus geen bezwaren gezien vanuit de oppervlaktewaterhuishouding. De grondwaterlichamen ten noorden en ten zuiden van de rivier zijn wezenlijk anders en een begrenzing is vanuit het perspectief van grondwater wel gewenst.

De beheereenheid IX, Midden-Nederlandse stuwwallen en valleien, is een omvangrijke eenheid die over meerdere provincies loopt. Binnen de eenheid treedt kwel op bij de Utrechtse Plassen, in het deelstroomgebied van de Eem en in het deelstroomgebied van de IJssel. De behoefte zou kunnen bestaan om het gebied op te splitsen in meerdere eenheden. De Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe, met hun flankgebieden zijn twee verschillende grondwaterlichamen. Het probleem dat zich voordoet bij een opsplitsing naar deelstroomgebieden, is dat de waterscheiding slecht herkenbaar is en mede-afhankelijk is van de diverse grondwaterwinningen die zich binnen de eenheid bevinden. De Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe zijn beide zogenaamde kern-infiltratiegebieden, en het opstellen van een vaste (grondwater)waterscheiding in zulk soort gebieden is lastig.

Tabel 4.1. Hydrologische karakterisatie van de 15 geohydrologische beheereenheden (zout grondwater is grondwater met meer dan 1000 mg Cl/l).

<i>Beheereenheid</i>	<i>dominante grondwatersystemen</i>	<i>hydrogeologische opbouw</i>	<i>karakteristiek drainagesysteem</i>	<i>zoet/zout grensvlak en hydrologische basis</i>
I. Midden-Holland	semi-gedwongen poldersystemen met o.a. oeverinfiltratie en regionale voeding vanuit Noordzee en duinen	duinen en binnenlands afsluitende deklaag met meerdere aquifers	systeem van polders en boezem (en enkele duimrellen)	zout grondwater tot maaiveld; diepgelegen basis
II. Noord-Holland benoorden het IJ	semi-gedwongen poldersystemen, en (supra)regionale voeding vanuit duinen, IJsselmeer, Noordzee	duinen en binnenlands afsluitende deklaag met meerdere aquifers	systeem van polders en boezem (en enkele duimrellen)	zout grondwater tot maaiveld; diepgelegen basis
III. Waddeneilanden	kleine meestal vrije systemen	duinen en soms afsluitende deklaag bij Waddenzee	gravitair afwaterende polders (m.u.v. Texel) en kreken	zout grondwater tot maaiveld; diepgelegen basis
IV. Fries wadden- en merengebied	semi-gedwongen poldersystemen van lokale tot regionale schaal	deklaag en dikke watervoerende pakketten	systeem van polders en boezem	zoet/zout grensvlak wegduikend naar zuidoosten toe, met inversies.
V. Gronings-Drents Eems en Dollard	semi-gedwongen en vrije systemen	overgang van zandig hoog-NL naar Holoceen NL met afsluitende deklaag	beken en polders	zoet/zout grensvlak in het noorden aan maaiveld en in het zuiden op 100-200 m-mv, met inversies
VI. Drents plateau en Noordoostpolder	vrije systemen en poldersystemen in het zuidwesten, enkele gedwongen systemen	overgang van zandig hoog-NL naar Holoceen NL met afsluitende deklaag	convergerend oppervlaktewatersysteem bij Meppelerdiep	ondiep zout grondwater in Noordoostpolder, en diep grensvlak nabij Steenwijk
VII. Oost-Nederland	vrije systemen en kerninfiltratiegebieden op stuwwallen, diverse gedwongen systemen	dik freatisch aquifer met lokaal scheidende lagen	beken en droogvallend tertiair drainagesysteem	zoet/zout grensvlak en hydrologische basis duiken naar oosten toe op
VIII. Flevopolders	jonge, semi-gedwongen poldersystemen met kernkwelgebied	afsluitende deklaag met onderliggende aquifers	poldersysteem met diepe ontwatering	zoet/zout grensvlak dat wegduikt naar zuidwesten
IX. Midden-Nederlands stuwwallen en valleien	kerninfiltratiegebieden met vrije lokale en veel gedwongen systemen	dikke freatische aquifer in hooggelegen delen en ondiepe scheidende lagen in valleien	beken, sprengen en weteringen met droogvallend tertiair drainagesysteem	diepgelegen basis en diep zoet/zout grensvlak
X. Rivieren en waarden	semi-gedwongen poldersystemen	afsluitende deklaag met	poldersysteem	zoet/zout grensvlak meestal

	met oeverinfiltratie en kernkwalgebieden; meerdere oeverinfiltratiewinningen	watervoerende pakketten	permanente systeem van sloten, tochten, etc.	binnen 100 m-NAP gelegen
XI. Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden	semi-gedwongen poldersystemen, soms gravitatief afwaterend; grondwaterinfiltratie vanuit (afgesloten) zeearmen	afsluitende deklaag doorsneden door zandige kreekruggen	permanent systeem van sloten, tochten, etc.	zout grondwater tot aan maaiveld; diepte hydrologische basis binnen 100 m-NAP
XII. West-Brabant	vrije systemen en gedwongen systemen in het zuiden en polder systemen in het noorden (met regionale kwel)	dunne zandige deklaag en deels doorsneden, ondiepe afsluitende laag in zuiden; afsluitende deklaag in het noordelijk poldergebied	beekjes en droogvallend tertiair drainagesysteem in het zuiden; poldersystemen in het noorden	zoet/zout grensvlak en hydrologische basis overwegend middeldiep gelegen
XIII. Centrale Slenk en omgeving	lokale tot (supra)regionale vrije en veel gedwongen systemen, en poldersystemen langs de Maas	dikke aquifers met soms lemige half-afsluitende deklaag	beken en tertiair drainagesysteem dat grotendeels droogvalt; permanente sloten en tochten langs de Maas	vooral diepgelegen basis en diep zoet/zout grensvlak
XIV. Maasvallei en Peel	lokale tot (supra)regionale vrije en gedwongen systemen	dikke aquifers in Roerdal Slenk en dun aquifer op Peelhorst	korte beken en tertiair drainagesysteem dat grotendeels droogvalt; vrije afwatering op de Maas	ondiepe hydrologische basis op de Peelhorst en diepe basis in Roerdal Slenk. Zoet/zout grensvlak duidt naar het zuiden weg
XV. Zuidelijk Limburg	vrije, lokale systemen met hoge grondwatersnelheden, enkele regionale systemen en diverse kleine gedwongen systemen	ondiep gelegen zand of kalksteen aquifers en dunne ongeconsolideerde grind- en lössaquifers aan oppervlak	beken met fors verhang en bronnen aan de voet van de lössplateaus	zoet/zout grensvlak en kalksteen ondiep gelegen

5. Illustratie van geohydrologische beheereenheden

De gemaakte opdeling van Nederland op basis van de geformuleerde criteria, heeft geleid tot 15 beheereenheden. De beheereenheden zijn nagenoeg volledig verschillend van elkaar. De beheereenheden Midden-Holland en Noord-Holland Benoorden Het IJ vertonen sterke gelijkenis. Verder vertoont de eenheid Fries Wadden en Merengebied grote gelijkenis met het noordelijk deel van de eenheid Gronings/Drents Eems en Dollard.

Hieronder zullen de karakteristieke (geo)hydrologische eigenschappen van vier beheereenheden geïllustreerd worden. De vier beheereenheden zijn:

- Noord-Holland benoorden het IJ
- Drents plateau en Noordoostpolder
- Midden-Nederlandse stuwwallen en valleien
- Zuidelijk Limburg

De eigenschappen van deze vier beheereenheden zijn sterk verschillend en deze combinatie geeft een goed overzicht van de diversiteit in (geo)hydrologische gebiedstypen in Nederland

Noord-Holland benoorden het IJ

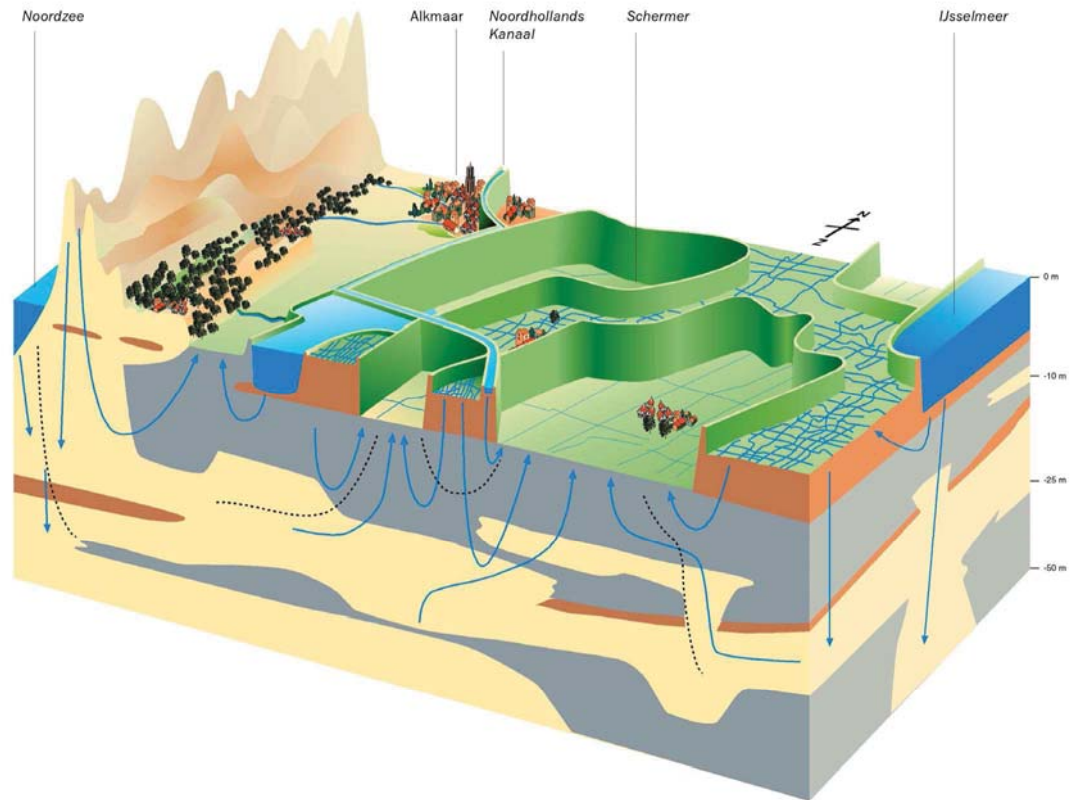
Figuur 5.1 toont het blokdiagram voor het gebied tussen Alkmaar en Amsterdam. Het gebied bestaat uit polders, behalve de weststrook die gevormd wordt door de duinen; ook de strandwallen ten oosten van de duinen dienen als poldergebied aangemerkt te worden. Het gebied wordt aan de oost- en westkant begrensd door oppervlaktewater van het IJsselmeer en de Noordzee. Buiten de duinstrook ligt de Holocene deklaag die bestaat uit veen, klei en zandafzettingen. De Holocene afzettingen onder de duinstrook zijn vaak zandig ontwikkeld waardoor er direct hydrologisch contact is met het eerste watervoerende pakket (WVP). De afzettingen die meestal aangeduid worden als het eerste watervoerende pakket, kennen een fluviatiele, mariene of periglaciale herkomst en reiken tot ca. 50 m-NAP. Onder dit pakket liggen Vroeg- en Midden-Pleistocene fluviatiele zanden, mogelijk gescheiden van het eerste WVP door kleiige afzettingen van de Formatie van Drenthe. Onder de fluviatiele zanden liggen mariene zanden van de Maassluis Formatie. De hydrologische basis ligt hieronder op ca. 400 m-NAP.

Het oppervlaktesysteem is in het poldergebied nagenoeg volledig gecontroleerd middels polderpeilen en een combinatie van drainagebuizen of greppels, sloten, tochtsloten en vaarten. De hooggelegen oppervlaktewateren vormen tezamen de Schermerboezem. In het westen zijn historische duinrellen die omgevormd zijn tot vaarten of sloten. Drie typen polder kunnen onderscheiden worden op basis van bodemtype en hoogteligging: 1. veenweidepolders met maaiveld enkele meters beneden NAP en veenbodems, 2. bedijkingen van voormalige zeegebieden en strandwallen rondom NAP en 3. droogmakerijen op meerdere meters beneden NAP en kleiige bodems.

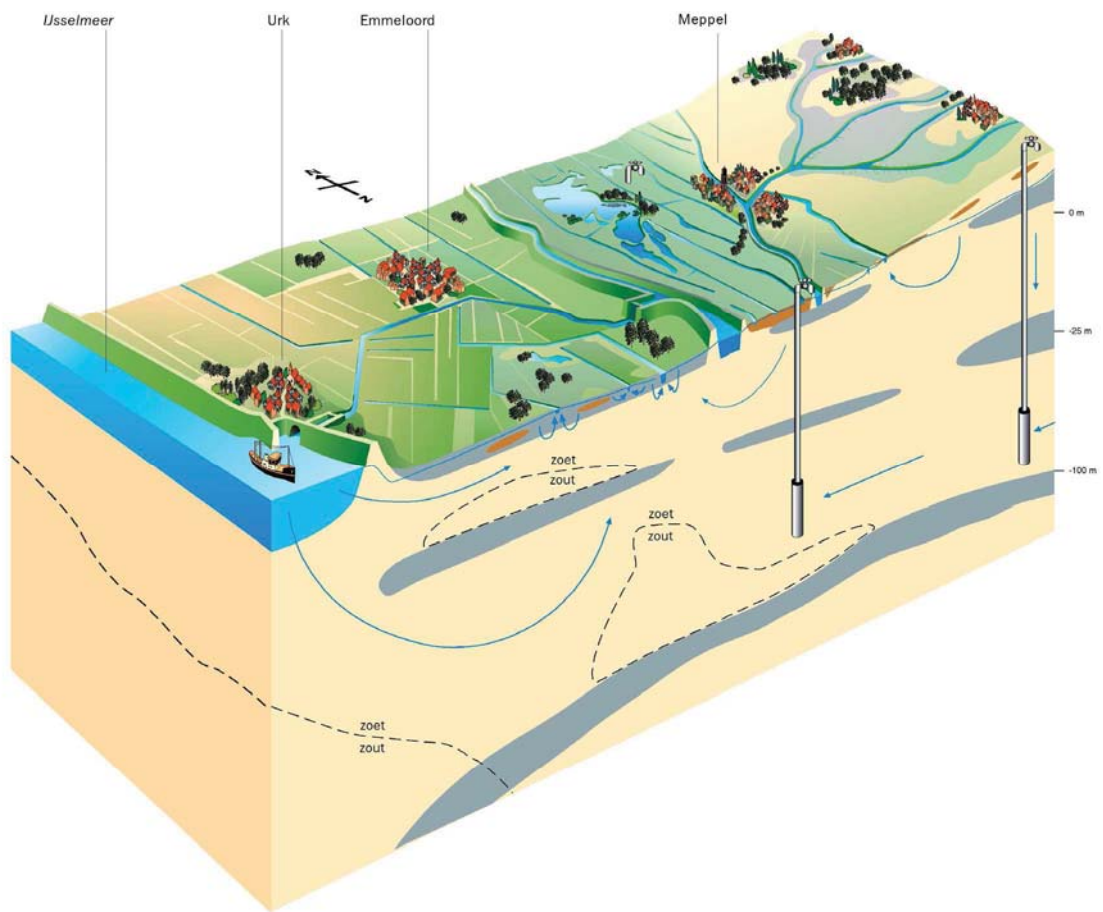
De kunstmatig gehandhaafde polderpeilen betekenen dat we vrijwel uitsluitend te maken hebben met semi-gedwongen geohydrologische systemen. De droogmakerijen fungeren als kwelgebieden, en de veenweidegebieden en de duinen zijn de infiltratiegebieden tezamen met de Noordzee en het IJsselmeer. Verder treedt in een strook aangrenzend aan de duinen kwel op en in een tweede strook tussen de strandwallen en het Alkmaardermeer of de Schermer treedt weer infiltratie op. Er doen zich lokale, intermediaire en regionale systemen voor, wat vooral afhankelijk is van de ligging van het infiltratiegebied ten opzichte van de droogmakerij (als kwelgebied).

In het gebied komt grillig verspreid zoet, brak en zout grondwater voor, maar zoet/zout inversies doen zich alleen bij de noordwest en zuidoost rand voor. De verdeling is een

overblijfsel van de geologische ontstaansgeschiedenis gedurende het Holocene en reflecteert niet de huidige grondwatersystemen. Het zoute water komt herhaaldelijk tot aan maaiveld voor en geeft aanleiding tot verzilting.



Figuur 5.1. Blokdiagram van Alkmaar en omstreken als voorbeeld van beheereenheid Noord-Holland benoorden het IJ.



Figuur 5.2. Blokdiagram van Meppel en omstreken als voorbeeld van beheereenheid Drents plateau en Noordoostpolder.

Drents plateau en Noordoostpolder

Figuur 5.2 toont het blokdiagram van de (geo)hydrologische situatie op de overgang van de westflank van het hooggelegen Drents plateau (ruim 20 m +NAP) en de Noordoostpolder. Op het Drents plateau vormen de dekzanden van de Formatie van Twente een freatisch pakket, aan de onderzijde (lokaal) begrensd door keileem. In de Noordoostpolder vormen de klei- en veenafzettingen van de Westlandformatie de afdekkende laag. Hieronder bevinden zich de watervoerende pakketten die begrensd worden door een aantal kleilagen. De geohydrologische basis neemt naar het westen toe van ca. 100 m-NAP naar meer dan 300 m-NAP.

De geohydrologie van het Drents plateau wordt gedomineerd door systemen met vrije afwatering, en het Drents Plateau fungeert als kerninfiltratiegebied. In de regio bevinden zich verschillende lokale grondwatersystemen met infiltratie op de dekzandruggen en kwel in de beekdalen. Onder invloed van waterwinningen wordt een deel van de kwel naar de beekdalen afgevangen, waardoor gedwongen systemen zijn ontstaan. Het oppervlaktewaterstelsel van het Drents Plateau kent een min of meer radiaal patroon van meestal vrij kleine beekstelsels en verschillende grote door de mens gegraven kanalen. Het Meppelerdiep vormt in het gebied een

belangrijk knooppunt van waterwegen. Via deze route vindt eventueel met behulp van bemaling, afwatering plaats van een belangrijk deel van Drenthe. Eveneens vindt in droge periodes aanvoer van IJsselmeer-water plaats via deze route. Via gemalen in het Meppelerdiep worden de kanalen met name in het zuiden en oosten van Drenthe op deze manier voorzien van water.

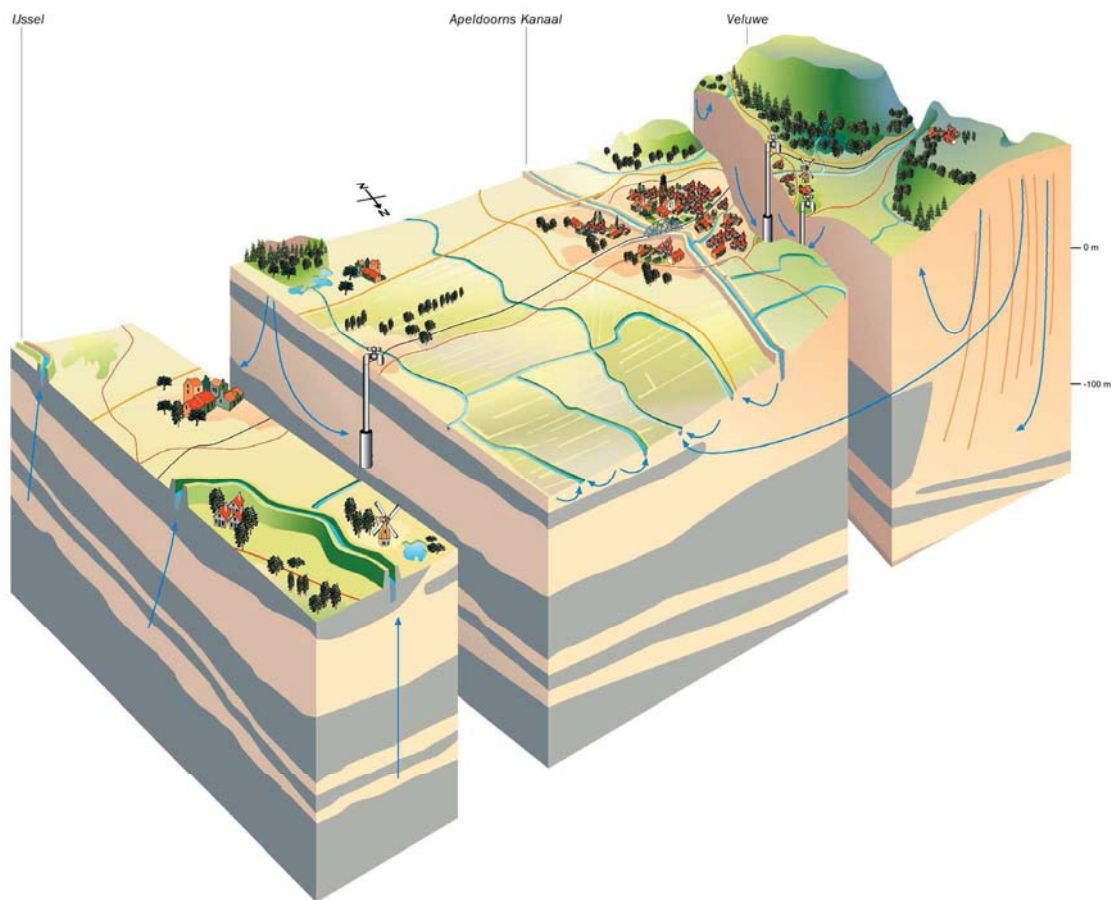
In het overgangsgebied tussen Drents plateau en Noordoostpolder bevindt zich een grondwatersysteem waarbij de Weerribben en Wieden fungeren als infiltratiegebied en het grondwater opkwelt in de Noordoostpolder. Tevens bevinden zich hier gedwongen systemen in de vorm van grondwinningen. Vanuit westelijke richting vindt onder invloed van de diepe polderpeilen tevens toestroming van IJsselmeer-water plaats richting de Noordoostpolder. We hebben voor de Noordoostpolder dus te maken met semi-gedwongen (lokale) systemen, met infiltratie vanuit aangrenzende gebieden.

Als gevolg van de vroegere zeeïnvloed worden in dit gebied herhaaldelijk zoet/zout inversies aangetroffen, die als gevolg van de gecreëerde stijghoogtegradiënten door inpoldering sterk aan veranderingen onderhevig zijn. De diepte van het diepst gelegen zoet/zout varieert sterk in het gebied van minder dan 100 m-NAP tot ruim 200 m-NAP onder de Weerribben.

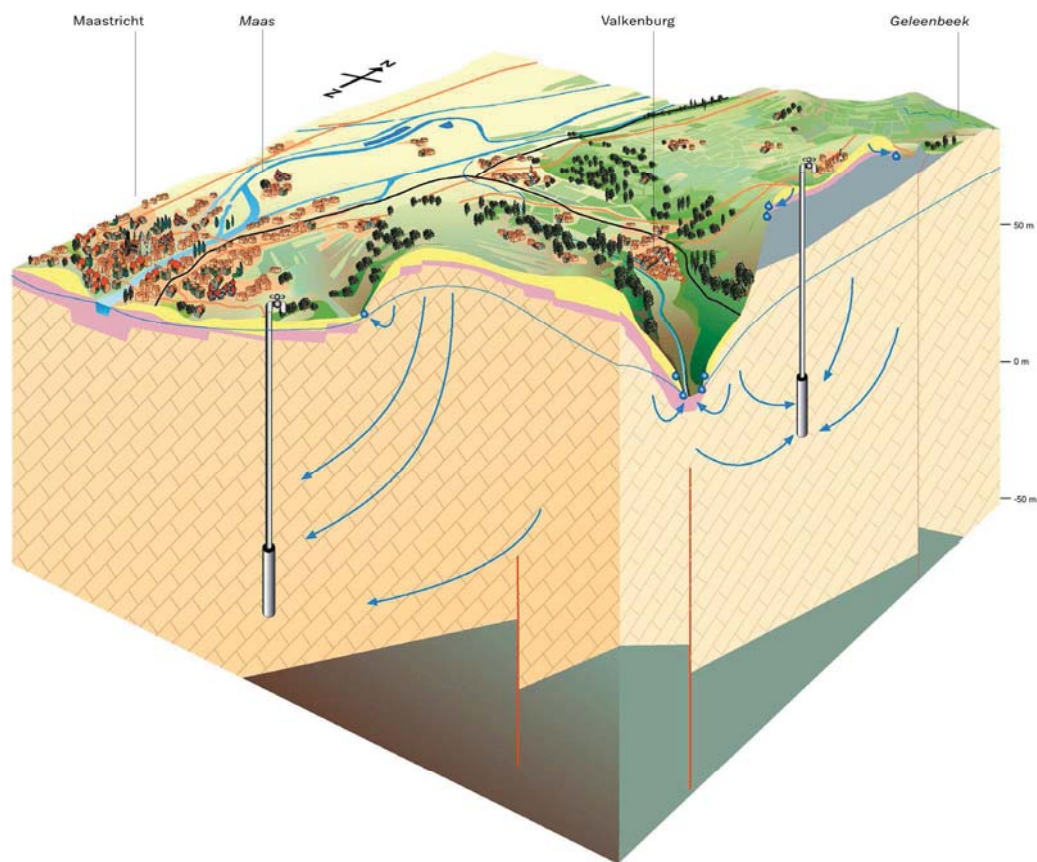
Midden-Nederlandse stuwwallen en valleien

Figuur 5.3 toont een blokdiagram van de (geo)hydrologische situatie op de oostflank van de Veluwe bij Apeldoorn en de aangrenzende IJsselvallei. De hydrologische basis en het zoet-zout grensvlak liggen beide op ruim 100 m-NAP. Het gebied is voor Nederlandse begrippen reliëfrijk. De hoogste toppen van de Veluwe reiken tot 100 m+NAP en de IJssel heeft een peil van enkele meters boven NAP. De oostflank van de Veluwe bestaat uit gestuwde noord-zuid georiënteerde afzettingen tot maximaal 100 m-NAP. Aan de voet van de Veluwe liggen fluvioglaciale afzettingen, waaronder de Drenthe afzettingen, die als regionale scheidende laag werkt op ongeveer 50 m-NAP. Rondom NAP ligt een tweede scheidende laag van de Eem-formatie. Deze formatie is niet overal aanwezig. Een deel van de formatie is weggeërodeerd tijdens de laatste ijstijd en de zandige Formatie van Kreftenheije is midden in de IJsselvallei afgezet. Deze formatie is tot maximaal enkele tientallen meters dik. In het Holoceen stroomt de IJssel weer door de vallei. De Betuwe-formatie is rondom de huidige loop van de IJssel afgezet en fungeert als scheidende deklaag.

De Veluwe is een kerninfiltratiegebied. Het grondwater treedt uit op de flanken via een drainagesysteem van natuurlijke beken en kunstmatige sprengen. Daarnaast wordt een wezenlijk deel van de grondwateraanvulling onttrokken middels grondwaterwinningen. De omvang van de winningen is in de afgelopen jaren wel afgenomen. Een deel van de grondwateraanvulling stroomt richting IJsselvallei en kwelt in de vallei dan wel in de IJssel. Lokale vrije, lokale gedwongen en regionale vrije systemen hangen samen met de Veluwe als infiltratiegebied. Het Apeldoornskanaal doorkruist het gebied en het kanaal is netto infiltrerend. Dit leidt tot lokale grondwatersystemen met kwel in de IJsselvallei. In de IJsselvallei liggen ook dekzandruggen, die enkele meters boven de omgeving uitsteken. Grondwaterinfiltratie treedt hier op en het grondwater kwelt aan de voet, het wordt onttrokken middels grondwaterwinningen en/of stroomt naar de IJssel. Kleine, lokale (of intermediaire) vrije en gedwongen systemen hangen samen met dit soort dekzandvoorkomens. In de IJsselvallei ten noorden van de lijn Apeldoorn-Deventer komen zogenaamde weteringen voor. Dit zijn kanaalvormige oppervlaktewateren, die een algemene waterhuishoudkundige functie hebben. De waterhuishouding wordt gecontroleerd middels een serie stuwen, inlaten en doorlaten. Afhankelijk van de (seizoensafhankelijke) behoefte werken de weteringen drainerend of infiltrerend. De aanwezigheid van de weteringen geeft aanleiding tot lokale semi-gedwongen systemen, en ook intermediaire semi-gedwongen systemen met infiltratie op de Veluwe. Samenvattend is de Veluwe een kern-infiltratiegebied met verschillende uitteevormen van het grondwater. De oppervlaktewaterhydrologie in de IJsselvallei is sterk door de mens bepaald.



Figuur 5.3. Blokdiagram van Apeldoorn en omstreken als voorbeeld van beheereenheid Midden-Nederlandse stuwwallen en valleien.



Figuur 5.4. Blokdigram van Maastricht en omstreken als voorbeeld van beheereenheid Zuidelijk Limburg.

Zuidelijk Limburg

Figuur 5.4 toont een blokdigram van de (geo)hydrologische situatie van het Centraal Plateau en het Plateau van Margraten, met aangrenzend de Maasvallei. Het gebied wijkt geohydrologisch en geologisch sterk af van de rest van Nederland omdat hier pre-Kwartaire geconsolideerde sedimenten nabij het oppervlak liggen. De hoogteligging in dit reliëfrijke gebied varieert van minder dan 50 m+NAP in de Maasvallei tot meer dan 100 m+NAP op de omringende plateau's. De regio wordt gekenmerkt door een lösspakket van enkele meters dikte aan de oppervlakte met daaronder Maasterras-grinden, kalksteen aquifers en vanaf het Centraal Plateau naar het noorden ook Tertiaire kleien en zanden.

De plateau's worden gekenmerkt door een specifieke geologische opbouw en kunnen worden beschouwd als individuele grondwaterlichamen. Ze omvatten echter meerdere deelstroomgebieden, want het water stroomt af naar verschillende oppervlaktewateren. Een groot deel van het neerslagoverschot van de plateau's wordt afgevoerd via bronnen en kwelzones in de beekdalen. Een belangrijk onderscheidend kenmerk voor de waterhuishouding van de plateau's is de aan- of afwezigheid van de beschermende Tertiaire kleilagen boven het kalksteenaquifer. Het freatische grondwater op het Centraal Plateau heeft relatief korte verblijftijden en komt in de bronnen aan de randen van het plateau boven ondoorlatende kleilagen weer aan de oppervlakte. De bronnen zijn gelegen in de löss- of grindafzettingen. Ten

gevolge van de aanwezigheid van deze slecht doorlatende kleilagen heeft het Centraal Plateau in vergelijking met het Plateau van Margraten met name aan de noordzijde een uitgebreid natuurlijk drainagestelsel. Het freatisch grondwaterpakket van het Centraal Plateau is als een serie lokale grondwatersystemen te beschouwen. Instroming van buiten het gebied vindt niet plaats. Dit is wel het geval voor het onderliggende kalksteenaquifer, waar instroming van grondwater van buiten het plateau plaatsvindt. Het grondwater in dit regionale systeem stroomt in noordwestelijke richting. Op het Plateau van Margraten ontbreken de slechtdoorlatende Tertiaire afzettingen en de bronnen bevinden zich voornamelijk in de kalksteen. De lokale systemen die hiermee samenhangen reiken dus dieper dan die op het Centrale Plateau, en de reistijden zijn ook wezenlijk langer.

In de kalksteenaquifer komen meerdere grondwaterwinningen voor ten behoeve van de drinkwatervoorziening en hier hebben we dus te maken met een aantal gedwongen grondwatersystemen. Er wordt tevens wegzijgend water vanuit de beken aangetrokken. Langs de Maas komen tevens drinkwaterwinningen voor die bestaan uit oeverinfiltraat vanuit deze rivier.

6. Verantwoording

Naast diverse collega's bij TNO-NITG is de volgende literatuur geraadpleegd:

CHO-TNO (1986). Verklarende hydrologische woordenlijst. CHO-TNO, rapporten en nota's, no. 16, 's Gravenhage.

Dufour, F.C. (1998). Grondwater in Nederland. Geologie van Nederland, deel 3. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Delft, 265 pp.

Engelen, G.B., Gieske, J.M.J. & Los, S.O. (1989). Grondwaterstromingsstelsels in Nederland. Achtergrondreeks Natuurbeleidsplan nr. 2, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Sdu Uitgeverij, Den Haag.

TNO. Landelijke hydrologische systeemanalyse rapportages. TNO Grondwater en Geo-Energie

TCB (2001a). Grondwater in de Kaderrichtlijn Water. Advies van de werkgroep Grondwater aan de TCB. TCB, rapportno. R14.

TCB (2001b). Advies Aanzet voor Stroomgebiedenbeheer. TCB, rapportno. S44

Van de Ven, G.P. et al. (1985). Atlas van Nederland. Deel 15 Water. Stichting Wetenschappelijke Atlas van Nederland. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage.

Waterkaart Rijkswaterstaat 1: 400.000.

Bijlage 1: De samenstelling van de TCB werkgroep Grondwater

Voorzitter:

Prof.dr.ir. C. van den Akker,
TU-Delft, tevens lid van de TCB

Leden:

Dr.ir. G. Schraa
WUR, Vakgroep Microbiologie, Wageningen

Dr. J. Griffioen
NITG-TNO, Delft

Dr. P.J. Stuyfzand
KIWA N.V. Nieuwegein

Dr.ir. J. Notenboom
RIVM / Natuurplanbureau, Bilthoven

Ir. C. van den Brink
Royal Haskoning, Groningen

Prof.dr. P.C. de Ruiter
RU, Vakgroep Milieuwetenschappen, Utrecht, tevens lid van de TCB

Drs. C. Denneman
Provincie Noord-Holland, Haarlem