

Systemverkenning Schuitenbeek

Systeemverkenning Schuitenbeek

H.C. Jansen

M.E. Sicco Smit

F.J.E. van der Bolt

**Alterra-rapport 968
Reeks Monitoring Stroomgebieden 2-II**

Alterra, Wageningen, 2004

REFERAAT

Jansen, H.C., M.E. Sicco Smit & F.J.E. van der Bolt, 2004. *Systeemverkenning Schuitenbeek*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 968. Reeks Monitoring Stroomgebieden 2-II. 86 blz. 30 fig.; 18 tab.; 42 ref.

Voor het project “Meerjarig monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders” is in 2003 gestart met een systeemverkenning van het stroomgebied de Schuitenbeek. Beschikbare gegevens, relevante processen en het functioneren van het systeem zijn geïnventariseerd.

Het stroomgebied van de Schuitenbeek (ca. 7500 ha) is een onder natuurlijk verval afwaterend gebied. Alleen het landbouwgebied in het westelijk deel heeft een zichtbare (oppervlaktewater) afwatering. Een groot deel van de watergangen is niet permanent watervoerend. Het gebied wordt aangemerkt als een zandgebied met een hoge nutriëntenbelasting. De atmosferische depositie en bemesting zijn de belangrijkste stikstofbronnen. Voor fosfor is bemesting de belangrijkste bron. De belasting van het oppervlaktewater wordt verder vooral bepaald door de fysische en chemische eigenschappen van de bodem, en het hydrologische systeem.

De nutriëntenbronnen kunnen nog onvoldoende worden gekwantificeerd en het huidige meetprogramma is niet specifiek genoeg om de waargenomen nutriëntenconcentraties (en vrachten) te kunnen relateren aan (veranderingen in) de bronnen. Ook is het nog niet mogelijk om relaties te leggen tussen ecologische parameters en waargenomen nutriëntenconcentraties. Met het bestaande meetprogramma zijn de effecten van het mestbeleid op de oppervlaktewaterkwaliteit dus niet aan te tonen.

Een andere systematiek van monitoren, waarbij een combinatie van meten (relevante, nutriëntengerelateerde ecologische parameters, op deelstroomgebiedsniveau) en modelleren wordt toegepast, dient er toe te leiden, dat het meetnet kan worden geoptimaliseerd, dat de bijdrage van iedere nutriëntenbron in het stroomgebied kan worden gekwantificeerd en dat zodoende de effecten van het mestbeleid kunnen worden gevolgd.

Trefwoorden: systeemverkenning, stroomgebied, Schuitenbeek, monitoring, mestbeleid, modelsysteem, nutriënten

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €27,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 968. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

| | |
|---|----|
| Woord vooraf | 7 |
| Samenvatting | 9 |
| 1 Inleiding | 15 |
| 1.1 Gebiedskeuze | 15 |
| 1.2 Leeswijzer | 16 |
| 2 Het stroomgebied | 19 |
| 2.1 Geologie | 19 |
| 2.2 Geohydrologie | 20 |
| 2.3 Maaiveld | 23 |
| 2.4 Bodem | 24 |
| 2.5 Grondgebruik | 27 |
| 2.6 Gegevens(bestanden) | 29 |
| 3 Het watersysteem | 31 |
| 3.1 Neerslag en verdamping | 31 |
| 3.2 Oppervlaktewater | 34 |
| 3.2.1 Oppervlaktewaterstructuur | 34 |
| 3.2.2 Waterafvoer | 36 |
| 3.2.3 Wateraanvoer | 40 |
| 3.3 Grondwater | 40 |
| 3.3.1 Onttrekkingen | 40 |
| 3.3.2 Grondwaterstanden | 42 |
| 3.3.3 Grondwaterstroming | 43 |
| 3.4 Waterbalans | 44 |
| 3.5 Gegevens (bestanden) | 45 |
| 4 Chemische waterkwaliteit | 47 |
| 4.1 Beschouwde stoffen | 47 |
| 4.2 Atmosferische depositie en verdamping | 48 |
| 4.3 Externe belasting | 48 |
| 4.4 Oppervlaktewater | 49 |
| 4.5 Grondwater | 56 |
| 4.6 Stoffenbalans | 57 |
| 4.7 Gegevens(bestanden) | 58 |
| 5 Ecologische waterkwaliteit | 61 |
| 5.1 Typering ecologische waterkwaliteit | 61 |
| 5.2 Bijzondere soorten en situaties | 64 |
| 5.3 Gegevens(bestanden) | 65 |
| 6 Plannen voor het stroomgebied van de Schuitenbeek | 67 |
| 7 Conclusies | 71 |

| | |
|------------|----|
| Literatuur | 77 |
|------------|----|

Bijlagen

| | |
|---|----|
| 1 Oppervlakten van bodemeenheden | 81 |
| 2 Jaarlijkse neerslag stroomgebied Schuitenbeek | 83 |
| 3 Meetpunten oppervlaktewaterkwaliteit | 85 |

Woord vooraf

Deze rapportage van de systeemverkenning vormt een onderdeel van het project “Meerjarig monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders” kortweg ‘Monitoring stroomgebieden’. Het primaire doel van het project is het leveren van een bijdrage aan de evaluatie van het mestbeleid door het kwantificeren van het aandeel van de landbouw in de belasting van het oppervlaktewater en de verandering van dit aandeel van de landbouw als gevolg van (mest)beleid in een aantal representatieve stroomgebieden in karakteristieke landschappelijke regio’s. Het secundaire doel is om een methodiek te ontwikkelen die het mogelijk maakt en perspectieven biedt om deze methodiek ook in andere stroomgebieden in te voeren.

Het project wordt aangestuurd door een stuurgroep. In de stuurgroep hebben de Ministeries LNV, VROM en V&W als opdrachtgevers en de Unie van Waterschappen als vertegenwoordiger van de participerende waterschappen zitting. De STOWA en LTO zijn agendalid. Daarnaast is een klankbordgroep geformeerd met vertegenwoordigers van de instituten RIZA, RIVM en TNO-NITG. Deze klankbordgroep denkt kritisch mee bij de opzet van het monitoringprogramma en de methodiekontwikkeling. Het project wordt uitgevoerd door Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte onderdeel van Wageningen Universiteit en Researchcentrum.

Voor dit project zijn vier pilotgebieden geselecteerd: Drentse Aa, Schuitenbeek, Krimpenerwaard en Quarles van Ufford. De waterbeheerders Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden, Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard, Waterschap Veluwe, waterschap Rivierenland en waterschap Hunze en Aa’s en Waterleidingsbedrijf Groningen participeren actief in dit project.

In 2003 is gestart met het uitvoeren van een systeemverkenning per pilotgebied. In de systeemverkenning is het functioneren van de systemen, relevante processen en beschikbare gegevens geïnventariseerd. De resultaten van de systeemverkenning zijn per gebied als volgt gerapporteerd:

2. I Systeemverkenning Drentse Aa
2. II Systeemverkenning Schuitenbeek
2. III Systeemverkenning Krimpenerwaard
2. IV Systeemverkenning Quarles van Ufford

Voor informatie over het project ‘Monitoring stroomgebieden’ kunt u terecht bij:

Dorothee Leenders
0317 - 47 42 79
dorothee.leenders@wur.nl

Frank van der Bolt
0317 - 47 43 70
frank.vanderbolt@wur.nl

Samenvatting

In het kader van het project “Meerjarig monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders” is in 2003 een verkennende systeembeschrijving gemaakt op basis van vooral literatuurstudie. Deze systeembeschrijving is slechts in beperkte mate gebaseerd op dataverwerking. De verkennende systeembeschrijving is uitgevoerd met de volgende doelstellingen:

- a. onderbouwing van de gebiedskeuze;
- b. onderbouwing van het benodigde modelinstrumentarium;
- c. inventarisatie van reeds beschikbare informatie en data;
- d. identificatie van hiaten in beschikbare gegevens voor het opstellen van water- en stoffenbalansen;
- e. identificatie van kritische systeemcomponenten en -parameters.

De verkennende systeembeschrijving dient als basis voor verdere activiteiten die moeten leiden tot operationele, geoptimaliseerde, gebiedspecifieke monitoringsystemen, waarmee de bijdrage van de landbouw aan de belasting van het oppervlaktewater door nutriënten kan worden gekwantificeerd en waarmee de effecten van het mestbeleid en veranderingen binnen het stroomgebied kunnen worden gevolgd en voorspeld.

Het stroomgebied

Het stroomgebied van de Schuitenbeek ligt ten zuiden van Putten en ten oosten van Nijkerk. Het Nuldernauw (onderdeel van de Randmeren van de Flevopolders) vormt de noordwestelijke begrenzing. De zuidgrens bevindt zich ongeveer ter hoogte van Voorthuizen.

Het gebied heeft een oppervlakte van ongeveer 7500 ha. Het westelijk deel van het stroomgebied van de Schuitenbeek bevindt zich in de Gelderse Vallei. Het oostelijk deel maakt deel uit van het Veluwemassief. Het stroomgebied helt overwegend van het oosten naar het westen, hetgeen resulteert in min of meer parallel lopende beekdalen met hiertussen iets hoger gelegen ruggen.

In het gebied komen vrijwel uitsluitend zandgronden voor. De meest voorkomende bodemeenheden zijn podzolen (ca. 66%, vooral in het hooggelegen deel) en enkeerdgronden (ca 11%, vooral langs de rand van het Veluwemassief). In een klein deel (8 % van het stroomgebied) bevinden zich beekdal- en beekkeerdgronden.

Het landgebruik is sterk gerelateerd aan de topografie en de, hiermee sterk samenhangende, grondwaterstanden. In het oostelijke, hooggelegen deel komt vooral naaldbos, loofbos en heide voor (in totaal ongeveer 45 % van het stroomgebied). De landbouwgronden bevinden zich overwegend in het lager gelegen westelijke deel, waar hogere grondwaterstanden voorkomen. Van het areaal cultuurgrond is het

overgrote deel in gebruik als grasland. Ten opzichte van 1992 is het landgebruik vrijwel niet veranderd.

Het watersysteem

De gemiddelde jaarlijkse neerslag bedraagt ca. 825 mm. De laagste en hoogste jaarsommen kunnen een factor 2 variëren. De gemiddelde jaarlijkse verdamping (Makkink) is ca. 570 mm. Van het neerslagoverschot wordt 80-90 % in de winter afgevoerd. Van het totale stroomgebied van 7500 ha heeft alleen het landbouwgebied in het westelijk deel een zichtbare (oppervlaktewater) afwatering (ongeveer 4700 ha).

De Schuitenbeek is een genormaliseerde, deels beschoeide beek, die afwatert op het Nuldernauw, één van de Randmeren. De belangrijkste zijbeek is de Veldbeek, die ongeveer 43 % van het zichtbare afwaterende oppervlak van het stroomgebied afwatert. De Veldbeek en de zijtak Groot Hell zijn halfnatuurlijke beken.

Een groot deel van de watergangen is niet permanent watervoerend. De bovenloop van de Veldbeek en haar zijtakken vallen per jaar meer dan 6 maanden droog. Ook het bovenstroomse deel van de Schuitenbeek viel 's zomers droog totdat in 1996 een stuw werd geplaatst voor de uitmonding van de Veldbeek.

De totale berging in het oppervlaktewatersysteem is in de orde van grootte van 1.5 miljoen m³. Op jaarbasis zijn de bergingsveranderingen gering en is de afvoer van de Schuitenbeek sterk afhankelijkheid van het neerslagoverschot. De gemiddelde (langjarige) afvoer bedraagt ongeveer 12 miljoen m³ per jaar, waarvan de Veldbeek en het bovenstroomse deel van de Schuitenbeek (Appelsche Maalschap) ca. 41 % en 23% bijdragen. Er wordt in het gebied geen water ingelaten.

In het stroomgebied bevinden zich een grondwateronttrekking ten behoeve van de drinkwatervoorziening (ten zuidoosten van Putten) en een aantal industriële ontstekingen. Verreweg het meeste onttrokken grondwater dient als drinkwater, op jaarbasis 3 – 3.5 miljoen m³.

In het oostelijk deel van het stroomgebied (Veluwe massief) vindt een overwegend neerwaartse regionale grondwaterbeweging plaats. Gebieden met een overwegend opwaartse grondwaterbeweging (kwelstroming) bevinden zich in het westelijk deel. Voor het verdere onderzoek is het nodig dat de precieze ligging van kwel- en infiltratiegebieden nog nader worden geanalyseerd.

Chemische waterkwaliteit

Ten aanzien van de waterkwaliteit vormt de belasting van het oppervlaktewater door nutriënten het belangrijkste aandachtspunt. De Schuitenbeek voert relatief veel fosfaat- en stikstof af naar de randmeren.

De belasting van het oppervlaktewater (en ondiepe grondwater) is grotendeels het gevolg van landbouwkundige activiteiten. De overstorten van de gemeentelijke riolering van Putten zijn (qua volume) gering (ze bevinden zich benedenstrooms van het continue meetpunt). Er bevinden zich geen ruwwater zuiveringsinstallaties in het

gebied en alle lozingen van industrieel effluent zijn beëindigd. De nutriëntenbelasting door het van de Veluwe afkomstige diepe kwelwater is gering.

De concentraties van stikstof en fosfor in het water worden sinds 1988 gemeten in het continue meetpunt, middels een debietproportionale bemonstering op weekbasis. Ook andere waterkwaliteitsparameters worden op diverse locaties gemeten, zij het niet continu.

In de periode 1989-1994 bedroeg de gemiddelde afvoer van stikstof bij de monding ca 89000 kg per jaar. De gemiddelde fosfor jaarafvoer bedroeg in deze periode ca. 5500 kg. De nutriëntenbelasting is sinds 1995 gedaald, maar dient nog nader gekwantificeerd te worden.

Er is een grote variatie in de jaarlijkse afvoer van nutriënten. Bovendien is er een sterke relatie tussen de afvoer van water en de afvoer van nutriënten. In natte jaren wordt meer stikstof en fosfor afgevoerd, omdat dan meer uitspoeling plaatsvindt. Vanwege de hoge fosfaatverzadiging van gronden, wordt bovendien bij hoge grondwaterstanden relatief veel fosfaat uitgespoeld. Ook kan in natte jaren tijdens piekafvoeren resuspensie van fosfaat plaatsvinden.

In het algemeen wordt aangenomen, dat de afvoer via het oppervlaktewater van zowel stikstof als nitraat in een relatief korte tijd plaatsvinden. In 20 % van de tijd vindt 67 % van de afvoer van stikstof plaats en 83 % van de afvoer van fosfor. Dit geschiedt vooral in de periode december – maart.

Ecologische waterkwaliteit

De Veldbeek, Blarinckhorsterbeek en de beek Groot Hell zijn door de Provincie aangewezen als “Waternatuur van het hoogst ecologisch niveau”. Het water in het omliggende gebied van de Veldbeek heeft de functie water voor landbouw en kwelafhankelijke land- en waternatuur. Het water in de gebieden ten westen en zuiden hiervan is water voor landbouw en kwelafhankelijke landnatuur. Overige gebieden met oppervlaktewater zijn aangemerkt als Functie I-gebied (water voor landbouw).

Uit een beoordeling in 1995/1996 op basis van abiotische parameters, bleek dat de ecologische waterkwaliteit van de Veldbeek en Schuitenbeek niet significant verschilden (evenals in 1993). De waterkwaliteit van de Knapzaksteeg en Goorsteeg bleek niet significant slechter te zijn dan de waterkwaliteit in de rest van het stroomgebied van de Veldbeek. Naast het meetprogramma van abiotische parameters zijn ook biotische ecologische indicatoren gemeten, waaronder macrofauna. De databestanden zijn beschikbaar, maar nog niet geïnterpreteerd.

In algemene zin kan gesteld worden, de ecologische kwaliteit van de Schuitenbeek (qua macrofauna) slechter is dan die van de Veldbeek. Door het droogvallen van grote delen van de beek is de ecologische kwaliteit van de Veldbeek sinds 1980 verslechterd. Hier is de verdroging meer bepalend dan de normalisatie van bepaalde beektrajecten.

Plannen voor het stroomgebied

Naar verwachting zullen de diverse vastgestelde en binnenkort vast te stellen provinciale plannen (Waterhuishoudingsplan, Streekplan, Milieuplan) en het Reconstructieplan Gelderse Vallei positieve gevolgen hebben voor de oppervlaktewaterkwaliteit en ecologie in het stroomgebied van de Schuitenbeek. Dit geldt vooral voor het stroomgebied van de Veldbeek.

De provinciale plannen vormen een belangrijke basis voor het Waterbeheersplan en voor de strategische stroomgebiedvisies, die door het Waterschap Veluwe worden opgesteld en geïmplementeerd.

Conclusies

In het stroomgebied van de Schuitenbeek zijn de atmosferische depositie en bemesting de belangrijkste stikstofbronnen. Voor fosfor is bemesting de belangrijkste bron. Kwel levert mogelijk, plaatselijk, een significante bijdrage (achtergrondbelasting). Puntbronnen spelen alleen een rol van betekenis in een aantal waterlopen benedenstrooms van het continue meetpunt.

Behalve door de bronnen en het hieraan gerelateerde grondgebruik wordt de belasting van het oppervlaktewater door nutriënten vooral bepaald door de fysische en chemische eigenschappen van de bodem, en het hydrologische systeem. Belangrijke aspecten zijn de neerslagkarakteristieken, zoals (variëaties in de) neerslaghoeveelheid en jaarlijkse fluctuaties. Belangrijk is ook de korte reactietijd van het oppervlaktewatersysteem op neerslag.

Op basis van de huidige gegevens kunnen nog geen gedetailleerde stikstof- en fosforbalansen voor het stroomgebied van de Schuitenbeek worden opgesteld. Ook kan nog geen gedetailleerde waterbalans (inclusief kwel en wegzijging) worden opgesteld.

Het is met de gegevens van het bestaande meetnet niet mogelijk om de waargenomen concentraties (en vrachten) te relateren aan (veranderingen in) nutriëntenbronnen, aangezien deze bronnen nog onvoldoende zijn gekwantificeerd, en bovendien het huidige meetprogramma niet (voldoende) is gerelateerd aan specifiek grondgebruik. Met het bestaande meetprogramma zijn de effecten van het mestbeleid op de oppervlaktewaterkwaliteit dus niet aan te tonen.

Ook kunnen de ecologische waterkwaliteit en eventuele trends in de afgelopen jaren met de beschikbare informatie niet in voldoende mate van detail worden beschreven. Het is verder nog niet mogelijk relaties te leggen tussen de ecologische parameters en de nutriëntenconcentraties. Om ecologische effecten te kunnen monitoren is het noodzakelijk, dat aquatische soorten en levensgemeenschappen qua voorkomen en differentiatie bekend zijn, inclusief veranderingen in de tijd. Een meer systematische ecologische monitoring, waarbij de relevante, nutriëntengerelateerde ecologische parameters op deelstroomgebiedsniveau worden gemeten, is daarom noodzakelijk.

Voor het monitoringsprogramma is het gewenst, dat een aantal additionele meetpunten wordt ingericht waar afvoer, nutriëntenconcentraties en ecologische parameters worden bepaald. De bestaande continue monitoring van waterafvoer, stikstof en fosfor op het continue meetpunt 25210 (G28) dient te worden voortgezet.

Het meetprogramma kan na het uitvoeren van een gedetailleerde systeemanalyse worden geoptimaliseerd ten aanzien van de meetlocaties, meetfrequenties en parameters. Door optimaal gebruik te maken van de opgedane systeemkennis kunnen kostenbesparende reducties in het aantal meetlocaties (inclusief het toepassen roulerende meetlocaties), meetfrequenties en parameters toegepast worden. Deze systematiek van monitoren (waarbij een combinatie van meten en modelleren wordt toegepast) dient er toe te leiden, dat de bijdrage van iedere nutriëntenbron in het stroomgebied kan worden gekwantificeerd en zodoende de effecten van het mestbeleid kunnen worden gevolgd.

1 Inleiding

Voor het project “Meerjarig monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders” is in 2003 gestart met een systeemverkenning per pilotgebied. Daarbij zijn het functioneren van de systemen, relevante processen en beschikbare gegevens geïnventariseerd. Met deze systeemverkenningen kan worden beoordeeld of de doelstellingen van deze studie in deze proefgebieden kunnen worden gerealiseerd.

Deze rapportage van de systeemverkenning geeft inzicht in:

- in het functioneren van het betreffende systeem;
- in de water- en stoffenbalans;
- beschikbare en ontbrekende gegevens;
- de opzet van het bestaande meetnet.

Op basis van deze systeemverkenning worden de eisen ten aanzien van het model en meetnet gespecificeerd en kan het werkplan concreet worden gemaakt. Het werkplan en de planning worden in overleg met de betreffende waterbeheerder opgesteld.

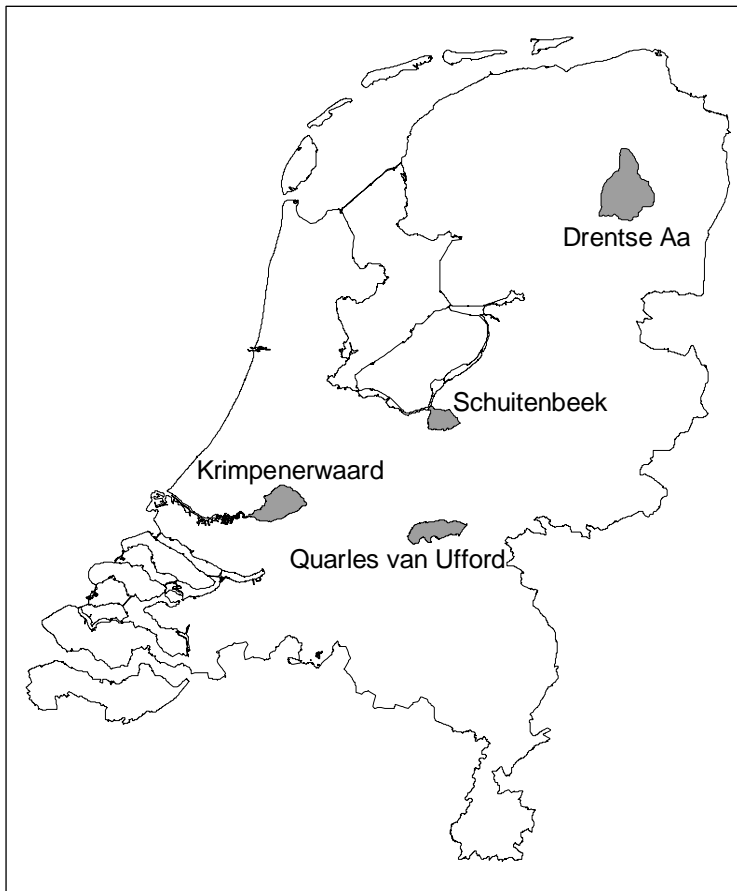
1.1 Gebiedskeuze

De systeemverkenning is per pilotgebied uitgewerkt. De principekeuze om voor de pilotgebieden te kiezen voor een veengebied, een kleigebied, een hoogbelast zandgebied en een laagbelast zandgebied is in een vroeg stadium gemaakt. Door Alterra-WUR, RIZA, RIVM, en TNO is in 2002 ter voorbereiding van het project geïnventariseerd welke stroomgebieden het meest in aanmerking komen voor het opzetten van een meerjarig monitoringsprogramma. Vervolgens is contact gelegd met de waterbeheerders van de kandidaat-proefgebieden. De eerste voorwaarde bij het zoeken naar de vier proefgebieden is namelijk dat waterbeheerders bereid zijn een bijdrage te leveren en in het project participeren. Daarnaast moet aan technische criteria worden voldaan:

- Het gebied vormt een hydrologische eenheid.
- Het aantal in- en uitlaten is beperkt.
- De achtergrondbelasting is gering.
- Er zijn op korte termijn geen grootschalige ingrepen voorzien.
- Het gebied heeft bij voorkeur een oppervlak van ongeveer 10.000 ha.

Op basis van deze criteria en suggesties zijn de volgende vier pilotgebieden geselecteerd (Figuur 1):

- Schuitenbeek (hoogbelast zandgebied)
- Drentse Aa (laagbelast zandgebied)
- Krimpenerwaard (veengebied)
- Quarles van Ufford (kleigebied)



Figuur 1. Ligging van de vier pilotgebieden

Het stroomgebied van de Schuitenbeek ligt ten zuiden van Putten en ten oosten van Nijkerk. Het Nuldernauw (deel van de Randmeren van de Flevopolders) vormt de noordwestelijke begrenzing. De zuidgrens bevindt zich ongeveer ter hoogte van Voorthuizen.

1.2 Leeswijzer

De indeling van de systeemverkenning is voor de vier gebieden zo veel mogelijk uniform gehouden. De systeemverkenning begint met een beschrijving van de fysieke omgeving van het studiegebied (hoofdstuk 2). Dit onderdeel begint met een beschrijving van de geologie en geohydrologie (paragraaf 2.1 en 2.2), welke samen het gedrag van het regionale grondwatersysteem verklaren. In paragraaf 2.3, 2.4 en 2.5 wordt respectievelijk de maaiveldhoogte, bodemtype en grondgebruik van het studiegebied beschreven. De laatste paragraaf van hoofdstuk 2, paragraaf 2.6, geeft een overzicht van de gebruikte gegevensbestanden.

In hoofdstuk 3 wordt de waterhuishouding van het studiegebied beschreven. Dit behelst zowel het grondwater- als het oppervlaktewatersysteem. Dit hoofdstuk begint met een beschrijving van de neerslag en verdamping (paragraaf 3.1). De neerslag,

vermindert met de (gewas)verdamping (=neerslagoverschot), vormt een van de componenten van de aanvoer van water in een stroomgebied. In paragraaf 3.2 wordt de structuur en de hoeveelheid af- en aanvoer van het oppervlaktewatersysteem beschreven. In paragraaf 3.3 wordt het grondwatersysteem (grondwateronttrekkingen, grondwaterstanden en (regionale) grondwaterstroming) beschreven. Met deze gegevens wordt in paragraaf 3.4 een waterbalans opgesteld. Tenslotte wordt in paragraaf 3.5 een overzicht van de gebruikte gegevensbestanden gegeven.

In hoofdstuk 4 wordt de nutriëntenhuishouding (stikstof en fosfor) van het studiegebied beschreven. In paragraaf 4.1 wordt nader ingegaan op de verschillende gemeten componenten van stikstof en fosfor en de huidige meetlocaties. In paragraaf 4.2 wordt de bijdrage van de atmosferische depositie op de nutriëntenbelasting van het studiegebied beschreven; in paragraaf 4.3 wordt dit gedaan voor de overige bronnen van stikstof en fosfor (externe belasting), te weten directe lozingen, effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties, veenoxidatie en emissie vanuit de landbouw. In paragraaf 4.4 wordt een beeld gegeven van nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewatersysteem in de afgelopen jaren. In paragraaf 4.5 wordt een beeld gegeven van nutriëntenconcentraties in het grondwatersysteem in de afgelopen jaren. De gegevens van paragraaf 4.1 t/m 4.5 zijn gebruikt voor het opstellen van een nutriëntenbalans (paragraaf 4.6). In paragraaf 4.7 wordt tenslotte een overzicht van de gebruikte gegevensbestanden gegeven.

In hoofdstuk 5 wordt de ecologische waterkwaliteit van het studiegebied beschreven. De typering van de ecologische waterkwaliteit van het studiegebied wordt behandeld in paragraaf 5.1. Voor bijzondere situaties en/of soorten wordt een overzicht gegeven in paragraaf 5.2. Tenslotte wordt in paragraaf 5.3 een overzicht van de gebruikte gegevensbestanden gegeven.

Omdat ontwikkelingen in het studiegebied invloed kunnen hebben op de monitoringsresultaten wordt in hoofdstuk 6 de te verwachten ontwikkelingen in het studiegebied voor de komende jaren beschreven.

Tenslotte wordt in hoofdstuk 7 conclusies ten aanzien van het monitoringsprogramma getrokken, gebaseerd op de gebiedsgegevens welke in hoofdstuk 2 t/m 6 zijn beschreven.

2 Het stroomgebied

Het watersysteem en de chemische- en ecologische waterkwaliteit worden in hoge mate bepaald door de geologie en geohydrologie van het gebied, alsmede de ligging van het maaiveld, de bodemgesteldheid en het grondgebruik. Deze onderwerpen worden, achtereenvolgens, in dit hoofdstuk beschreven. De laatste paragraaf van dit hoofdstuk, Paragraaf 2.6, geeft een overzicht van de gebruikte gegevensbestanden.

2.1 Geologie

Voor het (geo)hydrologische systeem zijn vooral de laat-tertiaire en kwartaire geologische formaties van belang (dit betreft de periode van ongeveer 5 miljoen jaar geleden tot heden). Oudere formaties zijn minder relevant (voor de hydrologie) en worden hier niet beschreven. Voor informatie over deze oudere geologische formaties wordt verwezen naar publicaties van de (voormalige) Rijks Geologische Dienst.

Gedurende het laat-Tertiair werden dikke mariene sedimenten afgezet, vooral bestaande uit kleien en slibhoudende fijne zanden (Formaties van Breda en Oosterhout). Rond de overgang van Tertiair naar Kwartair (ongeveer 2 miljoen jaar geleden) hield de mariene sedimentatie op (Formatie van Maassluis; TNO, 1985).

Gedurende het Pleistoceen werden met name fluviatiele sedimenten afgezet. Deze waren vooral afkomstig uit Rijn, Maas en rivieren vanuit Noord-Duitsland (de Gelderse Vallei was een oud Maasdal). Het betreft de Formaties van Tegelen, Harderwijk, Enschede, Sterksel en Urk (TNO, 1985). Het laat-Pleistoceen werd gekenmerkt door een afwisseling van koude perioden (glacialen of ijstijden) en warme perioden (interglacialen).

De Saale-ijstijd (200 000 tot 130 000 jaar geleden) wordt gekenmerkt door de directe invloed van het landijs. Gedurende deze periode werd het gehele gebied door landijs bedekt. De ijstongen drongen vanuit noordelijke richting het oude Maasdal in en stuwden het fluviatiele materiaal zijdelings en frontaal op, waardoor de stuwwallen van de Veluwe en Utrechtse Heuvelrug ontstonden. In deze periode ontstond ook de Formatie van Drente, die bestaat uit zeer uiteenlopende afzettingen, variërend van glaciële bekkenkleien en zanden tot fluvioglaciële zanden (smeltwaterafzettingen).

Tijdens de hierop volgende warmere Eem-periode (130 000 tot 110 000 jaar geleden) drong de zee weer door tot in de Gelderse Vallei, waarbij mariene grofzandige sedimenten werden afgezet. Aan het eind van deze periode werden de afzettingen door het veranderende hydrologisch regime kleiiger.

Tijdens de hierop volgende Weichsel-ijstijd (110 000 – 10 000 jaar geleden) reikte het landijs niet tot in het stroomgebied van de Schuitenbeek. Wel waren er indirecte

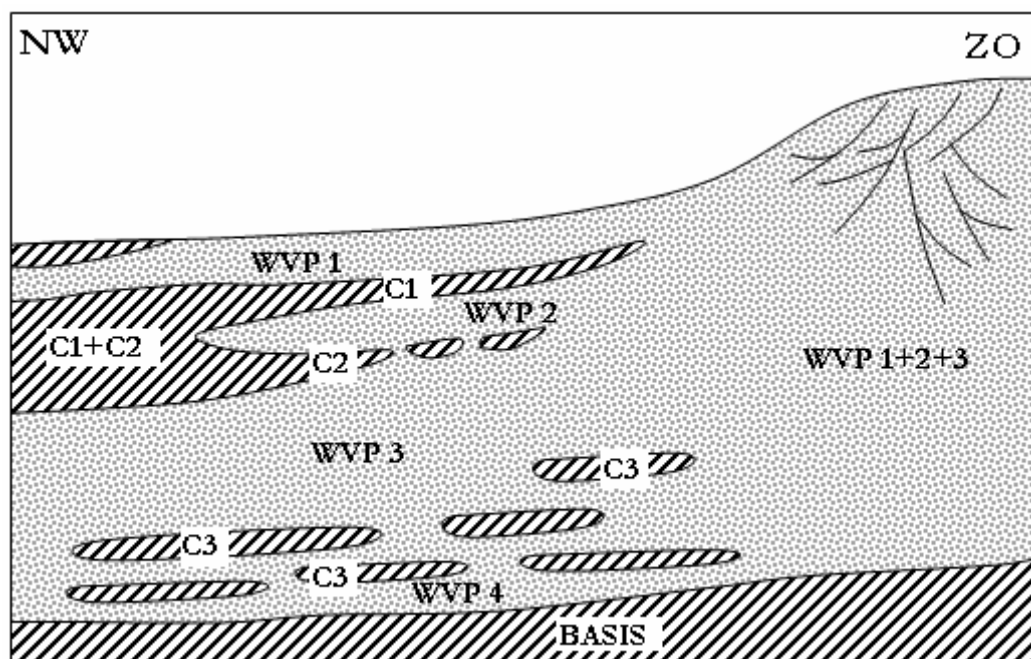
invloeden van het landijs, zoals verstuingen en duinvorming, en (in warmere perioden) plaatselijk veenvorming. De veelal eolische afzettingen worden tot de Formatie van Twente gerekend. In het grootste deel van het stroomgebied van de Schuitenbeek ligt deze formatie aan het maaiveld.

Het Holoceen (vanaf ongeveer 10 000 jaar geleden tot heden) is weer een warmere periode, waarbij zeeklei werd afgezet in het laaggelegen noordwestelijk deel van het stroomgebied van de Schuitenbeek.

2.2 Geohydrologie

Geohydrologische schematisatie

Op basis van de lithologische kenmerken en de hiermee samenhangende hydraulische eigenschappen van de in het gebied voorkomende geologische formaties (zie Paragraaf 2.1) kan een geohydrologische schematisatie van de ondergrond worden gemaakt. De ondergrond kan worden onderverdeeld in *watervoerende pakketten* en *slecht doorlatende lagen* ("scheidende lagen"). Bij de in dit rapport gehanteerde regionale geohydrologische schematisatie is uitgegaan van het schaalniveau van het stroomgebied. Voor detailstudies binnen het stroomgebied kan een meer gedetailleerde geohydrologische schematisatie noodzakelijk zijn.



Figuur 2. Schematische dwarsdoorsnede geohydrologie (zie ook Tabel 1 en 2; bron: TNO, 1985)

Tabel 1 geeft een schematisch overzicht van de watervoerende pakketten en slecht doorlatende lagen in het stroomgebied van de Schuitenbeek. De ondergrond is schematisch weergegeven in Figuur 2.

Tabel 1. Geohydrologische schematisatie (zie ook Figuur 2)

| Laag: | Formaties: | Lithologie: (zie Par.1.1) | Verspreiding: |
|-------------------------------------|--|---|--|
| Afdekkende slecht doorlatende laag | Westland (Holoceen) | Zeeklei | Noordwestelijk deel, tot 4 meter dik |
| 1 ^e WVP ¹⁾ | Twente | Eolische fijne zanden | Overall; dikte varieert van 15 tot 20 m. |
| 1 ^e scheidende laag (C1) | Eem | Kleiïge afzettingen | Alleen buiten het gestuwde gebied; dikte van 2 m. tot meer dan 15 m; Alleen buiten het gestuwde gebied; dikte van ca 25 m. in westelijk deel tot meer dan 35 m bij Veluwemassief (diepte basis doorgaans rond 50 m. –NAP) |
| 2 ^e WVP ¹⁾ | Eem Drenthe | Zandig en grofzandig deel | Alleen buiten het gestuwde gebied; dikte neemt toe in westelijke richting tot meer dan 35 m ter plaatse van de Schuitenbeek (hier vormt deze laag één geheel met de eerste scheidende laag). |
| 2 ^e scheidende laag (C2) | Drenthe | Klei en slibhoudende zanden | Dikte varieert van 70 tot 120 m; vormt in het oosten één geheel met het 1 ^e en 2 ^e WVP. |
| 3 ^e WVP ¹⁾ | Urk, Sterksel, Enschede, Harderwijk | Grove zanden | Vermoedelijk niet aaneengesloten, dikte minder dan 15 m, diepte ca. 150 tot 200 m. |
| 3 ^e scheidende laag (C3) | Harderwijk | Compacte klei | |
| 4 ^e WVP ¹⁾ | Harderwijk, Tegelen, Maassluis, Oosterhout | Fijne zanden, dunne kleilagen, schelpen | Dikte varieert tussen 100 en 200 m. |
| Ondoorlatende basis | Oosterhout | Kleiïge afzettingen | Naar schatting vanaf een diepte van ca. 250 – 300 meter |

¹⁾ WVP = Watervoerend pakket

Uit deze schematisatie volgt dat het stroomgebied kan worden onderverdeeld in een oostelijk, relatief hooggelegen deel, dat bestaat uit gestuwde, diepe, zandige watervoerende pakketten (Veluwemassief), en een westelijk, relatief laaggelegen deel met een meer (horizontaal) gelaagde geohydrologische opbouw (Gelderse Vallei). De ruimtelijke variatie in topografie, bodem, grondgebruik en het watersysteem zijn duidelijk gerelateerd aan deze verschillen in geohydrologische opbouw (zie ook Paragraaf 2.3, 2.4, 2.5 en Hoofdstuk 3).

Hydraulische parameters

Het doorlaatvermogen (van watervoerende pakketten) en de hydraulische weerstand (van slecht doorlatende lagen) zijn de belangrijkste hydraulische parameters voor het analyseren van de mate en snelheid van verspreiding van (potentiële) verontreinigingen. Tabel 2 geeft een overzicht van de hydraulische parameters van de (geschematiseerde) ondergrond.

Tabel 2. Hydraulische parameters geschematiseerde ondergrond (zie ook Tabel 1 en Figuur 2)

| Schematisatie: | Doorlaatvermogen: | Hydraulische weerstand |
|-------------------------------------|---|--|
| Afdekkende slecht doorlatende laag | n.v.t. (<<) | Vormt één geheel met 1 ^e scheidende laag; > 10000 dagen (alleen in noordwesten) |
| 1 ^e WVP ¹⁾ | 50 - 100 m ² /dag (buiten gestuwd gebied) | n.v.t. (<<) |
| 1 ^e scheidende laag (C1) | n.v.t. (<<) | Alleen buiten het gestuwde gebied; tot maximaal meer dan 10000 dagen |
| 2 ^e WVP ¹⁾ | tot > 1000 m ² /dag (in oostelijk deel) | n.v.t. (<<) |
| 2 ^e scheidende laag (C2) | n.v.t. (<<) | > 10000 dagen (alleen buiten het gestuwde gebied) |
| 3 ^e WVP ¹⁾ | > 5000 m ² /dag | n.v.t. (<<) |
| 3 ^e scheidende laag (C3) | n.v.t. (<<) | onbekend |
| 4 ^e WVP ¹⁾ | onbekend | n.v.t. (<<) |
| Ondoorlatende basis | n.v.t. (<<) | ≈ ∞ |

¹⁾ WVP = Watervoerend pakket

Op plaatsen waar het eerste watervoerende pakket is gescheiden van diepere watervoerende pakketten (dus buiten het gestuwde Veluwemassief) varieert het doorlaatvermogen van ca. 50 tot 100 m²/dag. Deze waarden bevestigen de geringe dikte en het fijnzandige karakter van de afzettingen (TNO, 1985).

Het doorlaatvermogen van het tweede watervoerend pakket is aanzienlijk groter. In het oostelijk deel, langs het Veluwemassief, kan het doorlaatvermogen toenemen tot meer dan 1000 m²/dag (TNO, 1985).

Het doorlaatvermogen van het derde watervoerend pakket is vrijwel overal meer dan 5000 m²/dag. Het doorlaatvermogen van het vierde watervoerend pakket is niet bekend (TNO, 1985).

De (verticale) hydraulische weerstand van de eerste scheidende laag neemt toe in noordwestelijke richting, tot meer dan 10 000 dagen. Deze laag wigt uit tegen het gestuwde gebied. De tweede scheidende laag (die ook alleen buiten het gestuwde gebied voorkomt) is nog minder doorlatend.

Van de derde scheidende laag zijn geen gegevens beschikbaar.

Uit de geohydrologische schematisatie en de hydraulische parameters kan worden afgeleid, dat buiten het gestuwde gebied de Eemklei een belangrijke barrière vormt tegen de verspreiding van (potentiële) verontreinigingen, waaronder nutriënten, naar diepere bodemlagen. Hier zijn vooral de eolische zanden (van de Twente Formatie) en plaatselijk de afdekkende Westland Formatie van belang. Deze strekken zich uit tot een diepte van maximaal 20 meter onder maaiveld.

In het oostelijk deel van het stroomgebied bevinden zich geen slecht doorlatende lagen tussen de diverse watervoerende pakketten. Hier kan een eventuele nutriëntenbelasting zich in principe tot op grote diepte verspreiden (zie ook Paragraaf 4.5). De noodzaak om in dit gebied ook de diepe bodemlagen mee te nemen in de systeemanalyse is afhankelijk van de in dit gebied voorkomende belastingen in relatie tot de waterbalansen (zie Hoofdstuk 3).

2.3 Maaiveld

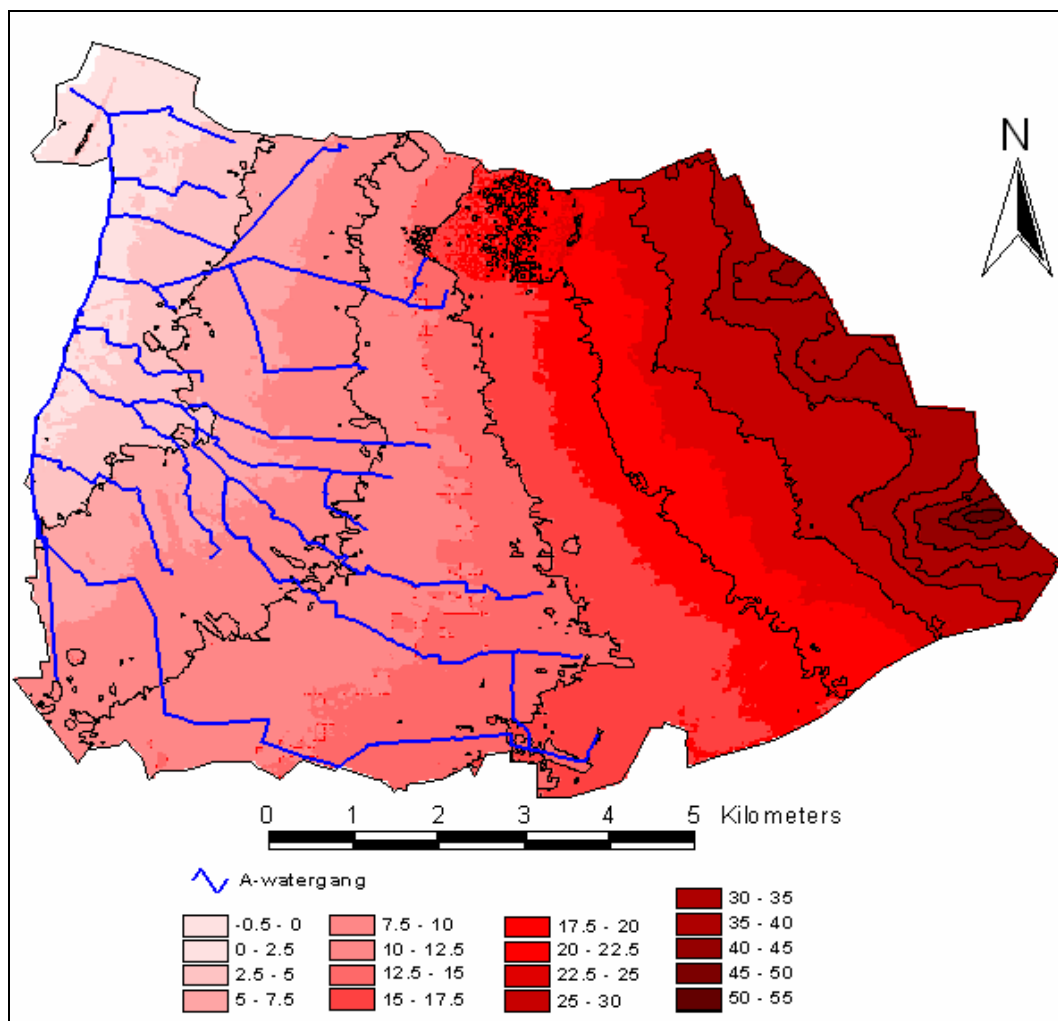
Het westelijk deel van het stroomgebied van de Schuitenbeek bevindt zich in de Gelderse Vallei. Het oostelijk deel maakt deel uit van het Veluwemassief.

Het stroomgebied helt sterk van het oosten naar het westen (het benedenstroomse deel vooral in noordwestelijke richting). Naast deze overheersende regionale topografie is er een lichte helling in noordwaartse richting.

De hoogte van het maaiveld varieert van ca. NAP in het noordwestelijke, benedenstroomse deel van het stroomgebied, tot ca. 55 m. +NAP in het zuidoostelijk deel (Figuur 3).

De sterke oost-west helling resulteert in min of meer parallel lopende waterlopen, die de topografie grotendeels volgen (Figuur 3). De Schuitenbeek stroomt in noordelijke richting, min of meer loodrecht op de natuurlijke beekdalen. De Schuitenbeek is echter een *gegraven* waterloop, met als doel de wateroverlast tegen te gaan, die het gevolg was van het afgraven van laaggelegen veengronden in de Gelderse Vallei.

De topografie van het gebied in relatie tot de watergangen is weergegeven in Figuur 3.

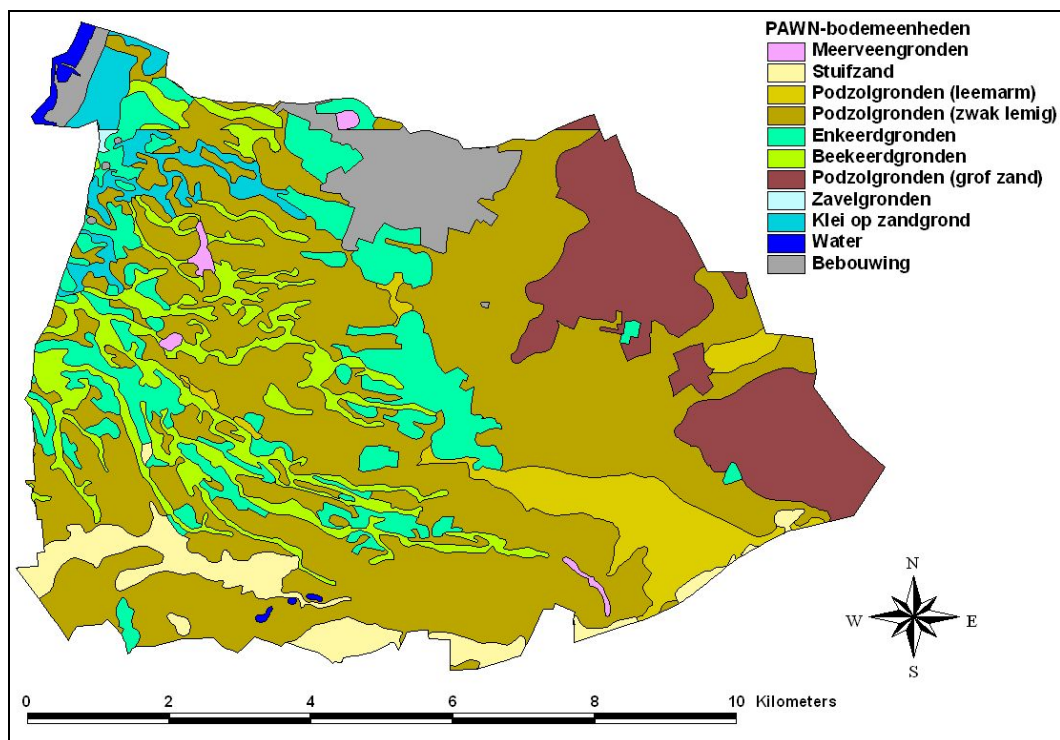


Figuur 3. Topografie stroomgebied Schuitembeek (in m. t.o.v. NAP; bron: AHN)

2.4 Bodem

Aan het eind van de jaren tachtig heeft een uitgebreide bodemkartering en – bemonstering plaatsgevonden voor het gehele stroomgebied. Vergeleken bij de gangbare 1:50000 bodemkarteringen, zijn hierbij relatief veel boringen verricht.

In het stroomgebied van de Schuitembeek komen 34 verschillende eenheden voor. De oppervlaktes van de afzonderlijke eenheden zijn in Bijlage 1 weergegeven. Figuur 4 geeft de bodemkaart, vertaald naar bodemfysische (PAWN) eenheden, weer (zie Wösten e.a., 1988).

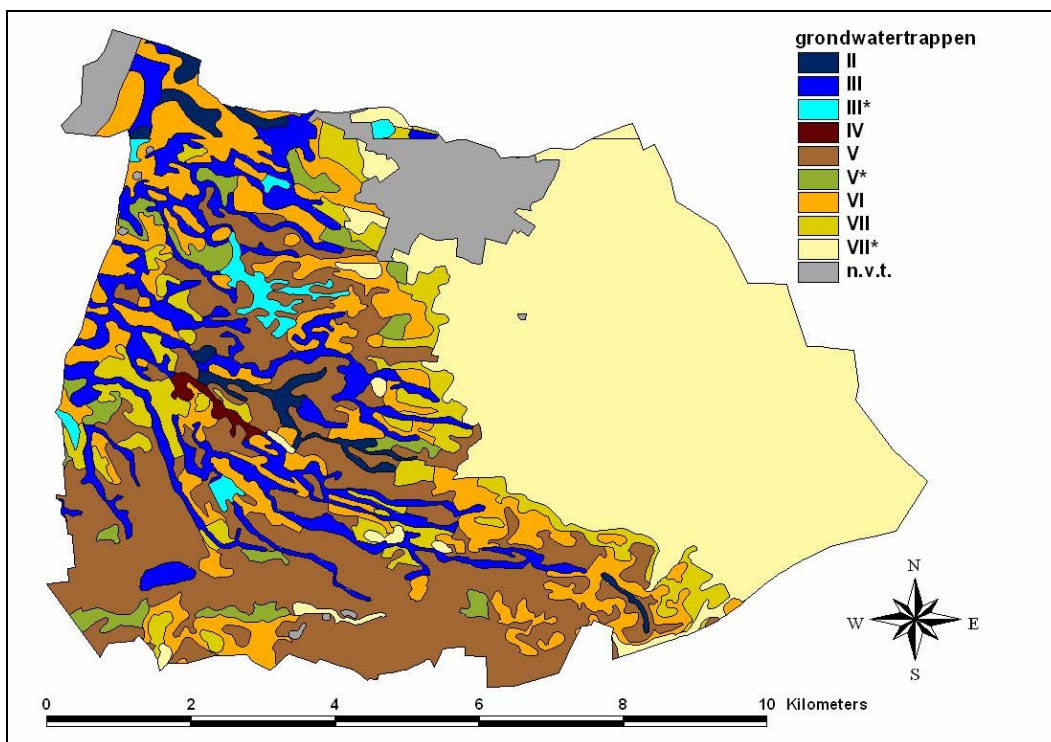


Figuur 4. Bodemfysische (PAWN) eenheden Schuitembeekgebied (gebaseerd op 1:50000 bodemkaart en Wösten e.a., 1988)

De grondwatertrappen worden in Figuur 5 gegeven. De oppervlaktes van de in het gebied voorkomende PAWN-eenheden en grondwatertrappen zijn weergegeven in, respectievelijk, Tabel 3 en 4.

Tabel 3. Oppervlakten van PAWN bodemeenheden

| Bodemtype (PAWN-eenheid) | Oppervlakte (ha) |
|----------------------------|------------------|
| Meerveengronden | 33 |
| Stuifzanden | 326 |
| Podzolgronden (leemarm) | 380 |
| Podzolgronden (zwak lemig) | 3676 |
| Enkeerdgronden | 837 |
| Beekerdgronden | 662 |
| Podzolgronden (grof zand) | 863 |
| Zavelgronden | 4 |
| Klei op zandgronden | 208 |
| Bebouwing | 383 |
| Totaal | ≈7372 |



Figuur 5. Grondwatertrappen Schuitembeekgebied (1:50000 bodemkaart; 1989)

Tabel 4. Oppervlakten van grondwatertrappen (gebaseerd op Breeuwsma e.a, 1989)

| Code grondwatertrap | Beschrijving grondwatertrap | Oppervlakte (ha) | % (exclusief bebouwd gebied) |
|------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| - | n.v.t. (bebouwing, e.d.) | 382 | - |
| II | H<40; L 50-80 cm | 119 | 1.7 |
| III | H<40; L 80-120 | 722 | 10.3 |
| III* | H 25-40; L 80-120 | 88 | 1.3 |
| IV | H >40; L 80-120 | 25 | 0.4 |
| V | H <40; L>120 | 1702 | 24.4 |
| V* | H 25-40; L>120 | 194 | 2.8 |
| VI | H 40-80; L>120 | 992 | 14.2 |
| VII | H 80-140; L>120 | 470 | 6.7 |
| VII* | H>140; L>160 | 2677 | 38.3 |
| Totaal | - | ≈7372 | 100 |

Uit Figuur 4 en Tabel 3 kan worden afgeleid, dat in het stroomgebied van de Schuitembeek vrijwel uitsluitend zandgronden voorkomen (zie ook Paragraaf 2.1). Deze zandgronden bestaan uit leemarm tot sterk lemig fijn zand (Breeuwsma e.a, 1989). De meest voorkomende bodemeenheden zijn podzolen (ca. 66%) en enkeerdgronden (ca 11%). In een klein deel (8 % van het stroomgebied) bevinden zich beekdal- en beekerdgronden, vooral in de beekdalen. Deze bestaan uit sterk lemig fijn zand met plaatselijk een veenlaagje in de ondergrond (Breeuwsma e.a, 1989).

De podzolgronden komen vooral in het hooggelegen deel van het stroomgebied voor. Podzolgronden zijn ontstaan in een omgeving met een overwegend

neerwaartse waterbeweging. Enkeerdgronden (maar ook podzolgronden) komen voor langs de rand van het Veluwemassief (vooral ten zuiden van Putten) en op de dekzandruggen tussen de beekdalen. Deze oude bouwlanden zijn ontstaan door het eeuwenlang opbrengen van mest uit potstallen.

In laaggelegen infiltratiegebieden bevinden zich vooral veldpodzolgronden. Alleen in het noordwestelijk deel van het stroomgebied liggen poldervaaggronden (zavel). Tenslotte komen in het zuidelijk deel van het stroomgebied plaatselijk stuifzanden voor.

2.5 Grondgebruik

De totale oppervlakte van het stroomgebied van de Schuitenbeek bedraagt ongeveer 7500 ha. Het landgebruik is sterk gerelateerd aan de topografie en de, hiermee sterk samenhangende, ondiepe grondwaterstanden.

In het oostelijke, hooggelegen deel komt vooral naaldbos, loofbos en heide voor (in totaal ongeveer 45 % van het stroomgebied). De landbouwgronden bevinden zich overwegend in het lager gelegen westelijke deel. Van het areaal cultuurgrond is het overgrote deel in gebruik als grasland. Daarnaast wordt maïs verbouwd. Overige landbouwgewassen (aardappelen, bieten, granen) komen in het gebied maar weinig voor.

Tabel 5 geeft een gedetailleerd overzicht van het landgebruik in 2000 volgens LGN4. Figuur 6 geeft de landgebruikkaart weer.

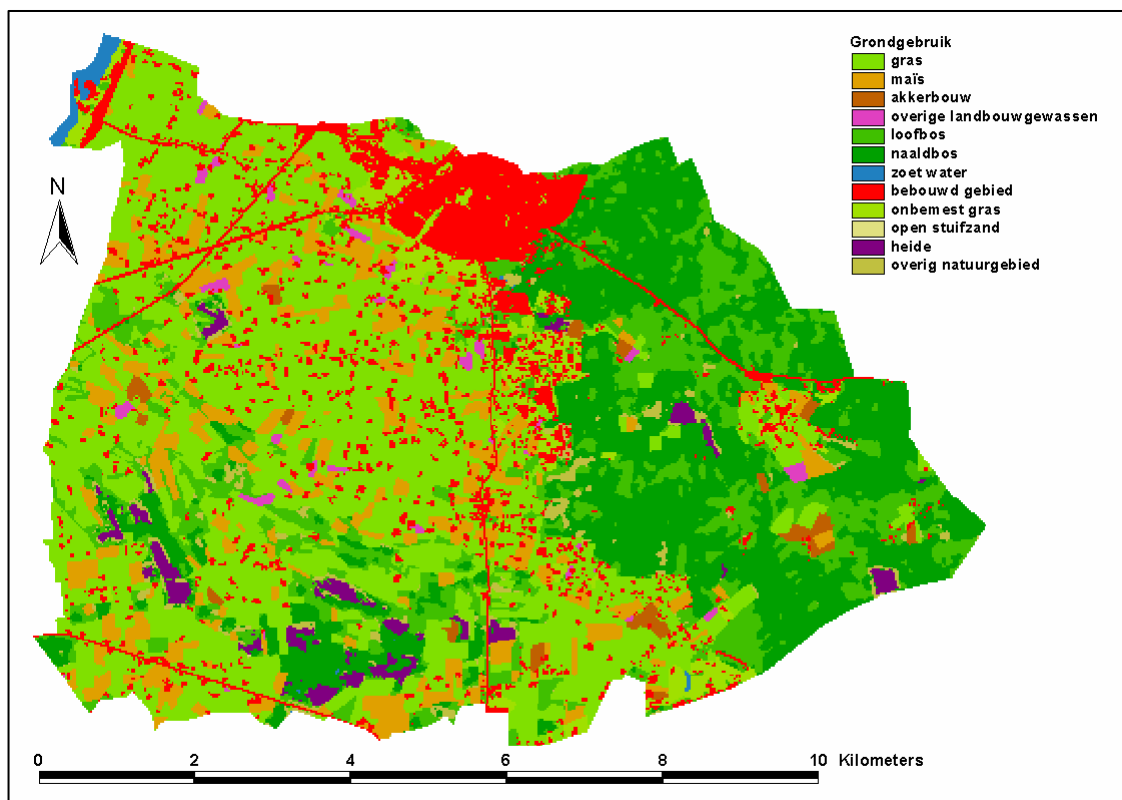
In Tabel 6 is de verandering in het grondgebruik weergegeven ten opzichte van 1992. Hieruit blijkt, dat het landgebruik vrijwel niet is veranderd. Het areaal cultuurgrond ten behoeve van de veehouderij (gras en maïs) is gelijk gebleven (45,1 %).

Tabel 5. Oppervlakten landgebruik (LGN4)

| Landgebruik | Oppervlakte (ha) |
|------------------------------------|------------------|
| Gras | 2665 |
| Mais | 663 |
| Aardappelen | 7 |
| Bieten | 13 |
| Granen | 53 |
| Overige landbouwgewassen | 52 |
| Glastuinbouw | 3 |
| Boomgaard | < 0.5 |
| Loofbos | 1006 |
| Naaldbos | 1569 |
| Stedelijk bebouwd gebied | 304 |
| Bebouwing buitengebied | 68 |
| Loofbos in bebouwd gebied | 32 |
| Naaldbos in bebouwd gebied | 5 |
| Bos met dichte bebouwing | 18 |
| Gras in bebouwd gebied | 238 |
| Kale grond in bebouwd buitengebied | 4 |
| Hoofdwegen en spoorwegen | 130 |
| Bebouwing in agrarisch gebied | 305 |
| Open stuifzand | < 0.5 |
| Heide | 56 |
| Matig vergraste heide | 39 |
| Sterk vergraste heide | 25 |
| Overig open vergroeid natuurgebied | 111 |
| Kale grond in natuurgebied | 9 |
| Totaal | ≈7372 |

Tabel 6. Verandering landgebruik Schuivenbeekgebied (Vermulst, 1992 en LGN4)

| Landgebruik | 1992 (%) | 2000 (%) |
|------------------------|----------|----------|
| Veeteelt | | |
| - Gras | 41.7 | 36.1 |
| - Maïs | 3.4 | 9.0 |
| Akkerbouw | | |
| - Aardappelen | 0.1 | |
| - Bieten | 0.1 | 0.1 |
| - Granen | 0.0 | 0.2 |
| - Overigen | 0.9 | 0.7 |
| Kale grond | 0.1 | 0.7 |
| Subtotaal cultuurgrond | | 0.1 |
| | ≈46.2 | ≈46.9 |
| Heide | 1.1 | 1.6 |
| Loofbos | 14.8 | 14.1 |
| Naaldbos | 23.9 | 21.3 |
| Overige natuur | 5.5 | 5.1 |
| Subtotaal natuur | ≈45.3 | ≈42.1 |
| Oppervlaktewater | 0.0 | 0.0 |
| Verhard oppervlak | 8.5 | 11.0 |
| Subtotaal | 8.5 | 11.0 |
| TOTAAL | 100 | 100 |



Figuur 6. Landgebruik Schuivenbeekgebied (LGN4; gridgrootte 25 m)

Tabel 7 geeft de relatie tussen de grondwatertrappen en het landgebruik. Hieruit blijkt, dat met name de gebieden met een hogere grondwaterstand in gebruik zijn als cultuurgrond.

Tabel 7. Grondwatertrappen en landgebruik (Breeuwsma e.a, 1989).

| GWT | Karakterisatie | Cultuur (%) | Natuur (%) |
|--|----------------|-------------|------------|
| II, III, IIIb, V, Vb, III/V | Nat | 83 | 17 |
| VI, III/IV, III/VI, V/VI | Matig nat | 79 | 21 |
| V/VI/VII, V/VI/VIII, V/VII, V/VII/VIII, V/VIII | Nat/droog | 45 | 55 |
| VI/VII, VII, VIII, VI/VIII | Droog | 53 | 47 |

2.6 Gegevens(bestanden)

De gepresenteerde gegevens over geologie en geohydrologie zijn voornamelijk afkomstig van de Grondwaterkaart van Nederland (TNO, 1985). De maaiveldhoogte is afkomstig van het digitale landsdekkend bestand Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN; Ministerie van Verkeer en Waterstaat). De bodemgegevens zijn afkomstig van het digitale landsdekkende 1:50 000 bodemkaart. De gegevens over het grondgebruik zijn afkomstig van het digitale landsdekkende bestand LandGebruik Nederland (LGN4, opname 2000; Centrum voor Geo-informatie, Alterra-WUR).

Meer geohydrologische gegevens zijn beschikbaar in REGIS (TNO-NITG).

3 Het watersysteem

Het watersysteem bepaalt in hoge mate de nutriëntenhuishouding. De waargenomen stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater worden in hoge mate bepaald door het neerslagoverschot in relatie tot het oppervlaktewatersysteem en het (lokale en regionale) grondwatersysteem.

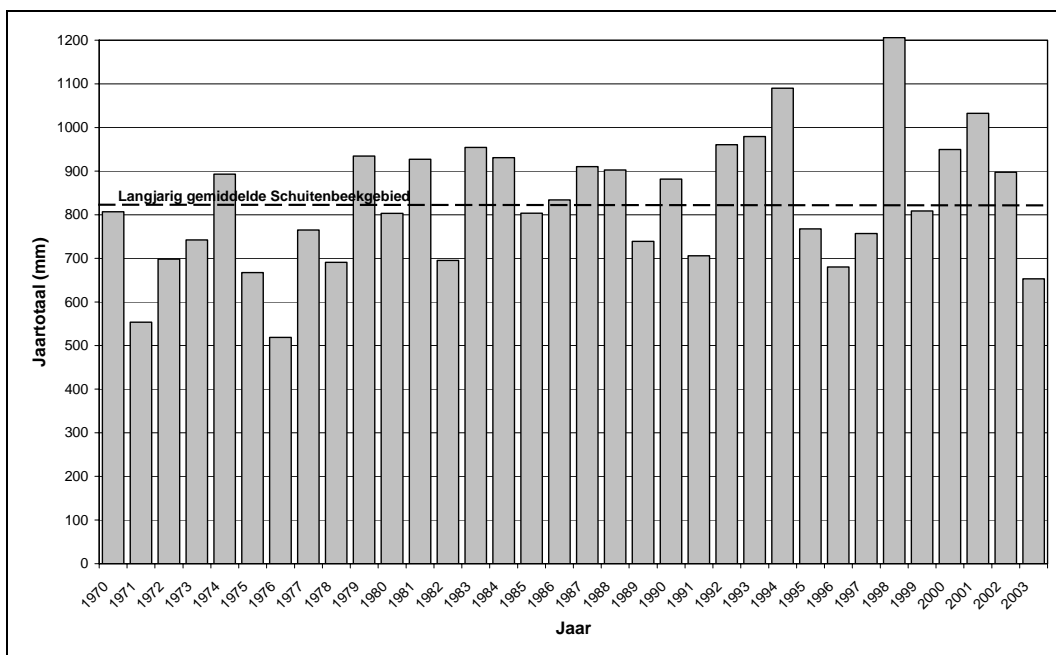
Paragraaf 3.1 geeft een beschrijving van de neerslag en verdamping in het stroomgebied. In paragraaf 3.2 wordt de oppervlaktewaterstructuur en de af- en aanvoer van oppervlaktewater beschreven. Het grondwatersysteem (grondwateronttrekkingen, grondwaterstanden en grondwaterstroming) is beschreven in Paragraaf 3.3.

Op basis van deze gegevens wordt in Paragraaf 3.4 een waterbalans opgesteld. Tenslotte wordt in Paragraaf 3.5 een overzicht van de gebruikte gegevensbestanden gegeven.

3.1 Neerslag en verdamping

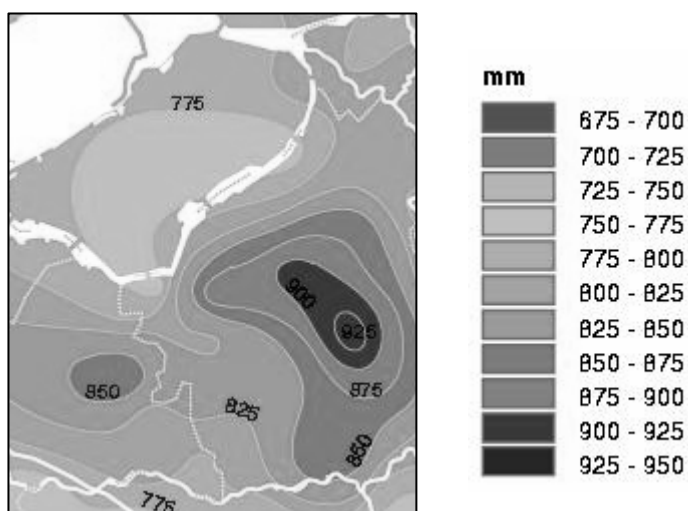
In en nabij het stroomgebied van de Schuitenbeek wordt de neerslag gemeten ter plaatse van Nijkerk, Putten en Voorthuizen. De op deze stations gemeten jaarlijkse neerslag sinds 1970 is weergegeven in Bijlage 2.

De gemiddelde jaarlijkse neerslag bedraagt in het Schuitenbeekgebied ca. 825 mm. De laagste en hoogste jaarsommen kunnen een factor 2 variëren (TNO, 1985; zie ook Bijlage 2). Figuur 7 geeft de jaarlijkse variatie weer.



Figuur 7. Jaarlijkse neerslag stroomgebied Schuitenbeek (op basis van meteostations Nijkerk, Putten en Voorthuizen; bron: KNMI).

Figuur 8 geeft de ruimtelijke variabiliteit van de neerslag weer (KNMI, 2002). In het oostelijk deel (Veluwemassief) worden de hoogste neerslagcijfers waargenomen.

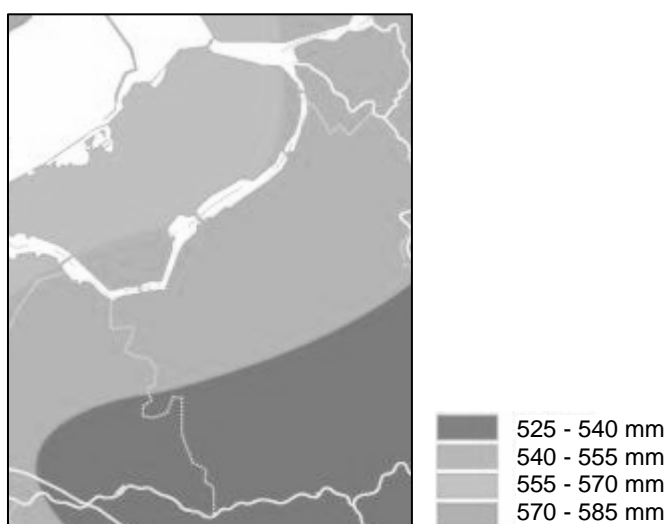


Figuur 8. Langjarige neerslag (KNMI, 2002)

Binnen het stroomgebied bevinden zich geen meteostations waar de verdamping wordt gemeten. Nabijgelegen stations waar de verdamping wordt bepaald zijn Soesterberg, De Bilt en Lelystad. De ruimtelijke variabiliteit van de verdamping is in het studiegebied gering (Figuur 9). De invloed van het Veluwemassief op de (geïnterpoleerde) langjarige verdampingcijfers in het Schuitenbeekgebied is aanzienlijk minder dan op de neerslag.

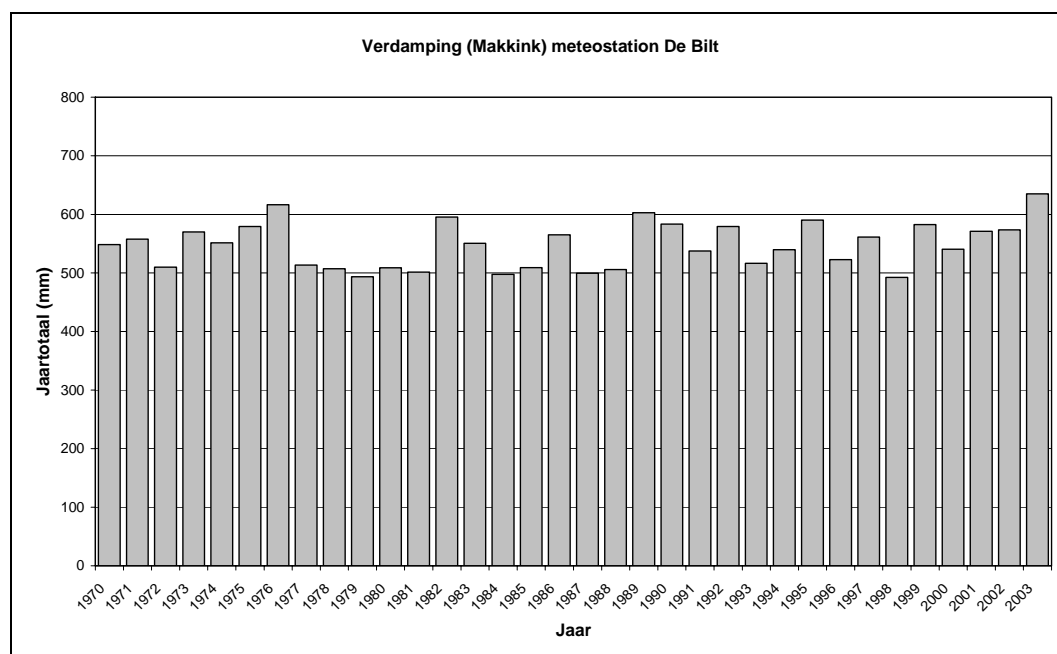
De referentie-gewasverdamping (volgens Makkink) betreft de verdamping van kort grasland, zonder vochttekort. Hierbij is dus nog geen rekening gehouden met verschillen in grondgebruik, en met de werkelijke vochtvoorziening.

Uit Figuur 9 blijkt, dat de meteostations De Bilt en Soesterberg representatief zijn voor de referentie-gewasverdamping in het stroomgebied van de Schuitembeek (540 - 555 mm). Lelystad is minder representatief, hier is de verdamping iets hoger.



Figuur 9. Langjarige verdamping (KNMI, 2002)

De jaarlijkse referentie-gewasverdamping vanaf 1970, gemeten te De Bilt, is weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10. Jaarlijkse referentie-gewasverdamping (Makkink) De Bilt (bron: KNMI)

De gemiddelde jaarlijkse referentie-gewasverdamping (volgens Makkink) in het stroomgebied van de Schuitenbeek bedraagt dus ca. 550 mm. Op basis van deze verdamping kan de potentiële verdamping voor het stroomgebied worden berekend. Hiertoe dient de referentie-gewasverdamping gecorrigeerd te worden voor het grondgebruik. De benodigde correctiefactoren kunnen worden bepaald op basis van de diverse gewasfactoren ten opzichte van de gewasfactor voor gras (Tabel 8).

Uitgaande van het gemiddeld grondgebruik bedraagt de langjarige potentiële verdamping ongeveer 570 mm per jaar (Tabel 8).

Tabel 8. Berekening langjarige potentiële verdamping Schuitenbeekgebied

| Grondgebruik (gem. 1992-2000) | % | Gewas- factor | Correctie- factor = (B)/0.7 | Bijdrage aan totale potentiële verdamping = 0.01* (A) * (C) * 550 mm |
|----------------------------------|------|------------------|-----------------------------------|--|
| | (A) | (B) | (C) | |
| Grasland | 38.9 | 0.7 | 1.0 | 219 |
| Bouwland | 7.6 | 0.6 | 0.86 | 36 |
| Loofbos* | 21.1 | 0.8 | 1.14 | 133 |
| Naaldbos | 22.6 | 0.9 | 1.29 | 160 |
| Verhard oppervlak | 9.8 | 0.3 | 0.43 | 23 |
| Totaal | 100 | - | - | 571 |

* inclusief heide en overige natuur

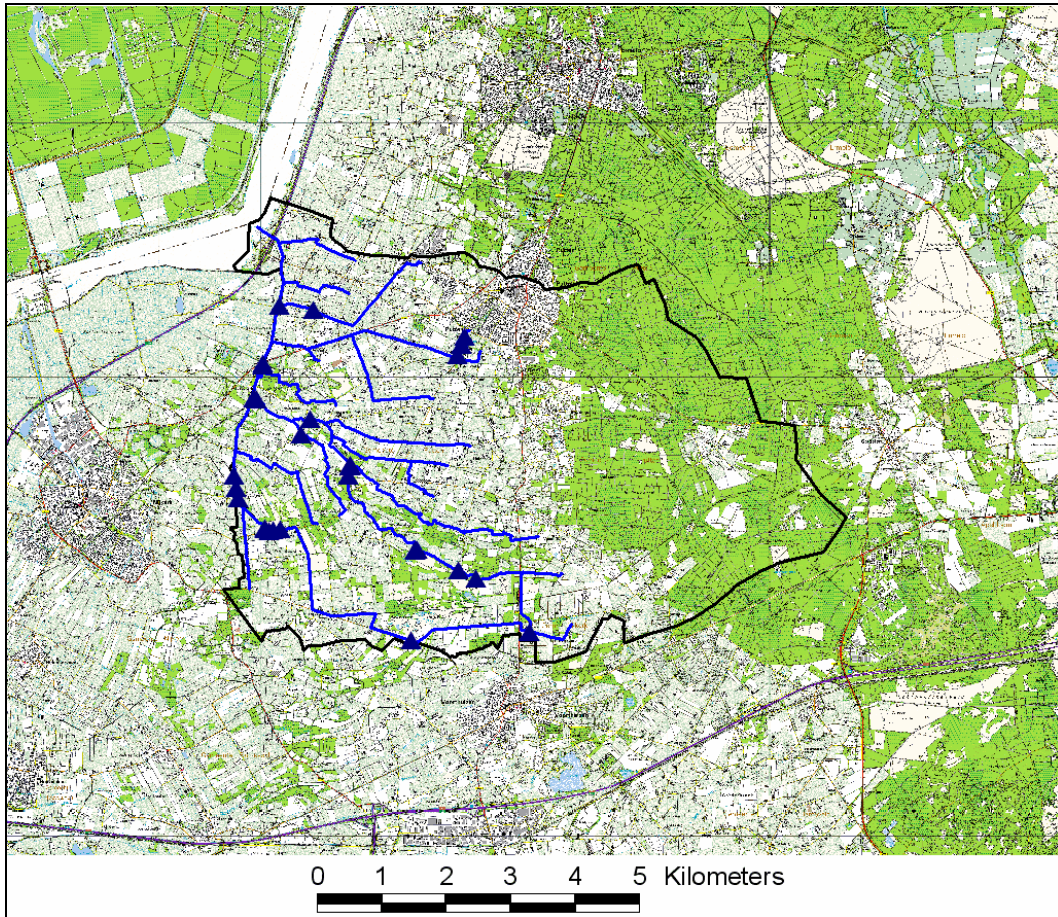
Het langjarig (theoretisch) neerslagoverschot bedraagt dus ongeveer 250 mm. In droge jaren (indien vochttekorten optreden) kan het neerslagoverschot kleiner zijn. Van het neerslagoverschot wordt meer dan 80-90 % in de winter afgevoerd (Van der Molen e.a, 1994).

3.2 Oppervlaktewater

3.2.1 Oppervlaktewaterstructuur

De totale oppervlakte van het stroomgebied van de Schuitenbeek bedraagt ongeveer 7500 ha. Hiervan heeft ongeveer 4700 ha een zichtbare (oppervlaktewater) afwatering (De Boer e.a, 1996). Dit betreft vooral het landbouwgebied in het westelijk deel (zie Figuur 3, 6 en 11).

De oppervlaktewaterstructuur wordt in sterke mate bepaald door het aanwezige reliëf. Het stroomgebied wordt gekenmerkt door diverse min of meer parallel lopende beken (overwegend van oost naar west), die in de Schuitenbeek uitmonden (zie ook Paragraaf 2.3).



Figuur 11. Oppervlaktewater met locaties stunnen (bron: Waterschap Veluwe)

De Schuitenbeek is een gegraven, deels beschoeide beek. De maximale breedte bedraagt 5,5 m. De maximale waterdiepte is 1,50 meter, maar in het grootste deel is de beek minder dan 80 cm. diep. Voordat in 1996 een stuw werd geplaatst voor de uitmonding van de Veldbeek, viel de bovenloop van de Schuitenbeek (de Appelsche Maalschap) 's zomers droog (Remesal e.a, 1997). De beekbodem bestaat overwegend uit fijn zand met detritus (Remesal e.a, 1997). De Schuitenbeek watert af op het Nuldernauw, één van de Randmeren van de Flevopolders.

De belangrijkste zijbeek is de Veldbeek, die ongeveer 43 % van het zichtbare afwaterende oppervlak van het stroomgebied afwatert (zie ook Paragraaf 3.2.2). De Veldbeek en de zijtak Groot Hell zijn halfnatuurlijke beken met relatief schoon water. De gemiddelde gradiënt is in de orde van grootte van 2 m/km. De bodembreedte varieert van 0.5 tot 1.5 m. De maximale waterdiepte van de Veldbeek is 1 meter, maar in het grootste deel is de beek minder dan 40 cm. diep. De beekbodem bestaat uit fijn zand, blad, fijn grind en waterplanten. Het waterpeil is bij de uitmonding in de Schuitenbeek 2.3 m. +NAP. De bovenloop van de Veldbeek valt 's zomers, gedurende meer dan 6 maanden, droog.

De in de Veldbeek uitkomende Goorsteeg en Knapzaksteeg leveren beide naar schatting 35 % van het totale debiet van de Veldbeek (Remesal e.a, 1997).

3.2.2 Waterafvoer

Van de watergangen in het stroomgebied van de Schuitenbeek is een groot deel niet permanent watervoerend. Met name in het oostelijk deel van het stroomgebied staan de watergangen gedurende het grootste deel van het jaar (meer dan 6 maanden) droog (Remesal e.a, 1997). Dit is een gevolg van de relatief lage grondwaterstanden.

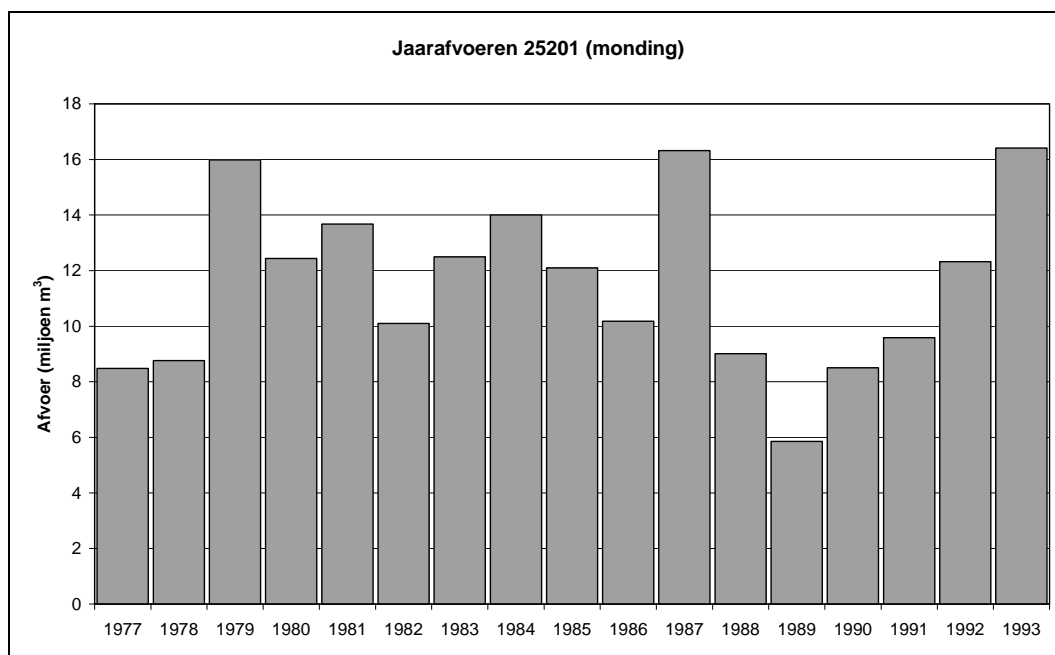
Alleen het benedenstroomse deel van de Schuitenbeek, de Veldbeek en Groot Hell zijn het gehele jaar watervoerend. Hier zijn de grondwaterstanden relatief hoog. De reactietijd op de neerslag is kort.

De directe relatie tussen afvoer en grondwaterstand blijkt ook uit de volgende afgeleide empirische relatie (Reeders, 1998):

$$\text{Maandafvoer} = 20.2 * e^{0.03 * \text{grondwaterstand}}$$

De totale berging in het oppervlaktewatersysteem is ongeveer 1.5 miljoen m³. (Vermulst, 1993). Op jaarbasis zijn de bergingsveranderingen gering en is de afvoer van de Schuitenbeek sterk afhankelijkheid van het neerslagoverschot (Van der Molen e.a, 1994). Van het neerslagoverschot wordt 80-90 % in de winter afgevoerd (Van der Molen e.a, 1994).

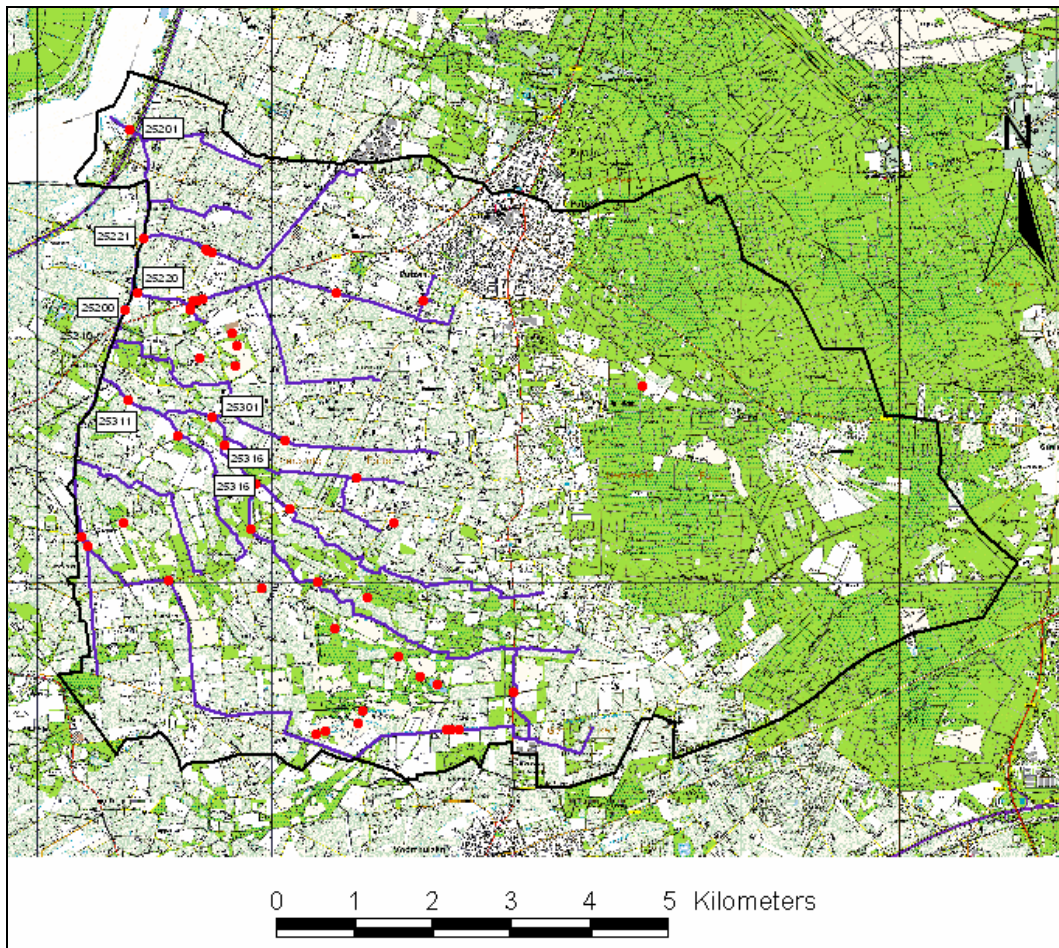
Figuur 12 geeft de geschatte jaarlijkse afvoer weer in de periode van 1977 tot 1993. Deze gegevens zijn gebaseerd op discrete metingen en dienen nog nader te worden gepreciseerd met behulp van de (historische) continue meetreeks.



Figuur 12. Oppervlaktewaterafvoer stroomgebied Schuitenbeek (monding)

Uit de metingen kan worden afgeleid, dat de gemiddelde (langjarige) afvoer ongeveer 12 miljoen m³ per jaar bedraagt.

Teneinde het aandeel van de diverse deelstroomgebieden te kunnen bepalen, zijn gedurende de periode van 1988 tot 1994 op een vijftal locaties in het stroomgebied de afvoeren gemeten (of berekend). Een overzicht van deze meetlocaties, meetperiodes en meetfrequenties is weergegeven in Figuur 13 en Tabel 9.



Figuur 13. Meetlocaties in Schuivenbeekgebied (nummers bij meetlocaties afvoer)

Tabel 9. Meetpunten meetprogramma afvoer 1988-1994

| Meetpunt | Code | X-coor. | Y-coor. | Afwate- rende opp. (ha) | Meetperiode | Meetfrequentie |
|------------------|-------|---------|---------|-------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Veldbeek | 25311 | 16495 | 47255 | 2006 | 07-92/1994 | 1x/week |
| G28 | 25200 | 16500 | 47330 | 3357 | 11-89/1994 | 1x/week |
| G28c | | | | | Vanaf 1988 | Continu |
| Leembrug | 25220 | 16530 | 47370 | 611 | 11-89/1992 | 1x/week |
| Waterweg | 25221 | 16545 | 47442 | 355 | 1988 en 11-89/1992 | 1x/week |
| Monding (G10) | 25201 | 16521 | 47580 | 4698 | 1976-1985 1986-heden | 1x/week 2x/week |

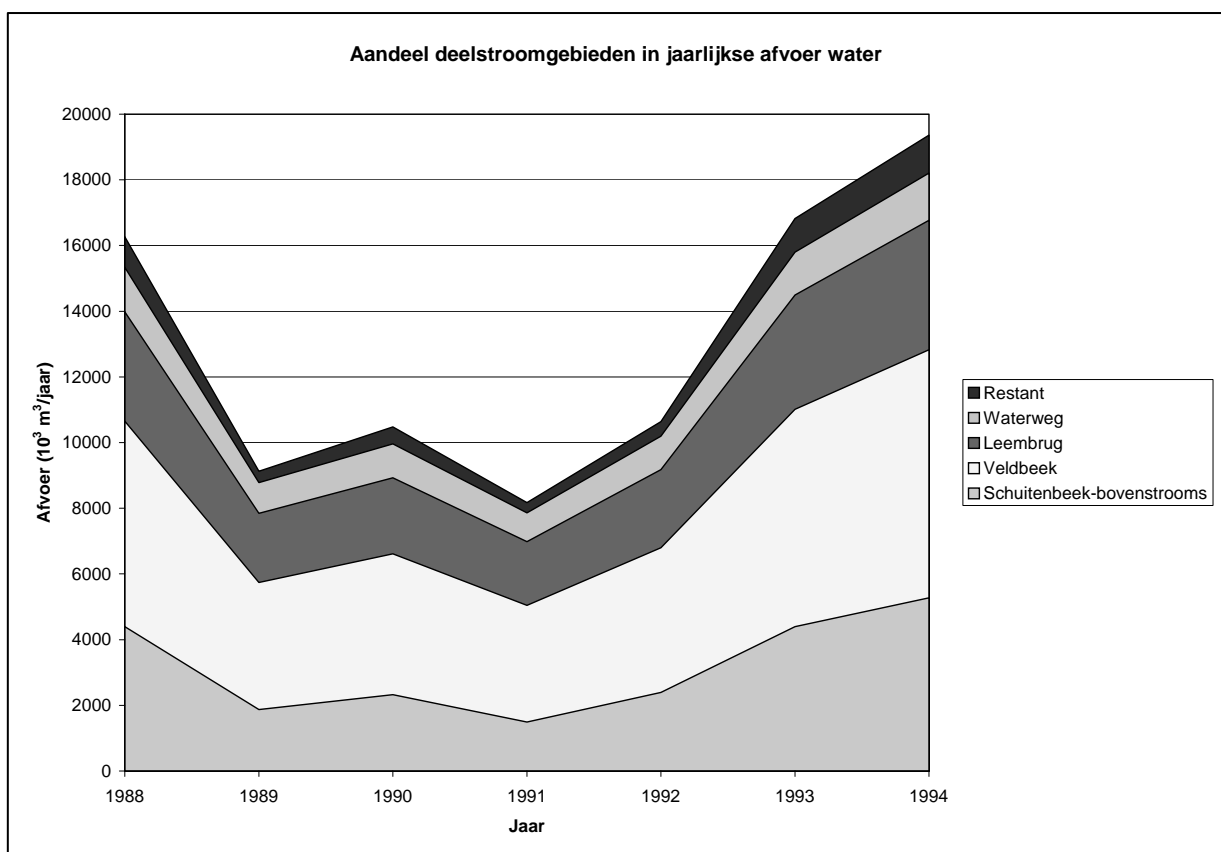
Een overzicht van de jaarlijkse afvoeren ter plaatse van de meetpunten over de periode 1988-1994 is weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10. Jaarlijkse afvoeren (in $10^3 m^3$ /jaar) (De Boer e.a, 1996)

| Jaar: | Veldbeek (25311) | G28* (25200) | Leembrug (25220) | Waterweg (25221) | Monding (25201) |
|------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 1988 | 6258 | 10654 | 3326 | 1355 | 16267 |
| 1989 | 3872 | 5741 | 2105 | 935 | 9127 |
| 1990 | 4287 | 6612 | 2316 | 1036 | 10478 |
| 1991 | 3550 | 5042 | 1940 | 880 | 8172 |
| 1992 | 4405 | 6801 | 2374 | 1016 | 10640 |
| 1993 | 6619 | 11012 | 3478 | 1311 | 16821 |
| 1994 | 7552 | 12826 | 3945 | 1433 | 19360 |
| Gemiddeld 1988-1994 | 5220 | 8384 | 2783 | 1138 | 12981 |

* Schuitenbeek continu meetpunt

Op basis van deze gegevens is het aandeel van de diverse deelstroomgebieden in de totale afvoer van de Schuitenbeek berekend voor de periode 1988-1994. Deze is weergegeven in Figuur 14.



Figuur 14. Afvoer deelstroomgebieden (gebaseerd op De Boer e.a, 1996)

Tabel 11 geeft, tenslotte, de jaarlijkse en gemiddelde afvoerverdeling over de periode 1988 tot 1994 weer.

Voorlopig kan geconcludeerd worden, dat de Veldbeek het grootste aandeel in de afvoer van de Schuitenbeek levert. Ook uit de (discrete) debietmetingen na 1993 blijkt, dat het grootste deel van het water dat het continue meetpunt G28 passeert, afkomstig is uit het deelstroomgebied van de Veldbeek (circa 55 – 60 %). Opvallend is verder de relatief hoge afvoer ter plaatse van “Leembrug”. Bovenstrooms van deze waterloop bevindt zich de stedelijke bebouwing van Putten. Er vinden echter geen lozingen door rwzi’s plaats (wel zijn er riooloverstorten). De invloed van het stedelijk gebied op het oppervlaktewatersysteem zal derhalve nog nader moeten worden onderzocht.

Op jaarbasis is de afvoerverdeling tussen de verschillende deelstroomgebieden tamelijk constant. De afvoerverdeling gedurende het jaar dient nog nader te worden onderzocht (o.a. de verschillen tussen zomer en winter).

Tabel 11. Afvoerdeling 1988 tot 1994

| Deelstroomgebied | Afwaterend oppervlak *) (%) | Bijdrage aan totale afvoer 1988-1994 (%) | Gemiddelde bijdrage aan totale afvoer (%) |
|---|-----------------------------|--|---|
| Schuitenbeek – bovenstrooms (Appelsche Maalschap) | 29 | 18-27 | 23 |
| Veldbeek | 43 | 39-43 | 41 |
| “Leembrug” | 13 | 20-24 | 22 |
| “Waterweg” | 8 | 7-11 | 9 |
| Overige | 7 | 4-6 | 5 |

*) Percentage van zichtbare afwaterende oppervlak

Volgens gegevens van het Waterschap komt in het gebied bovenstrooms van het continue meetpunt geen buisdrainage voor.

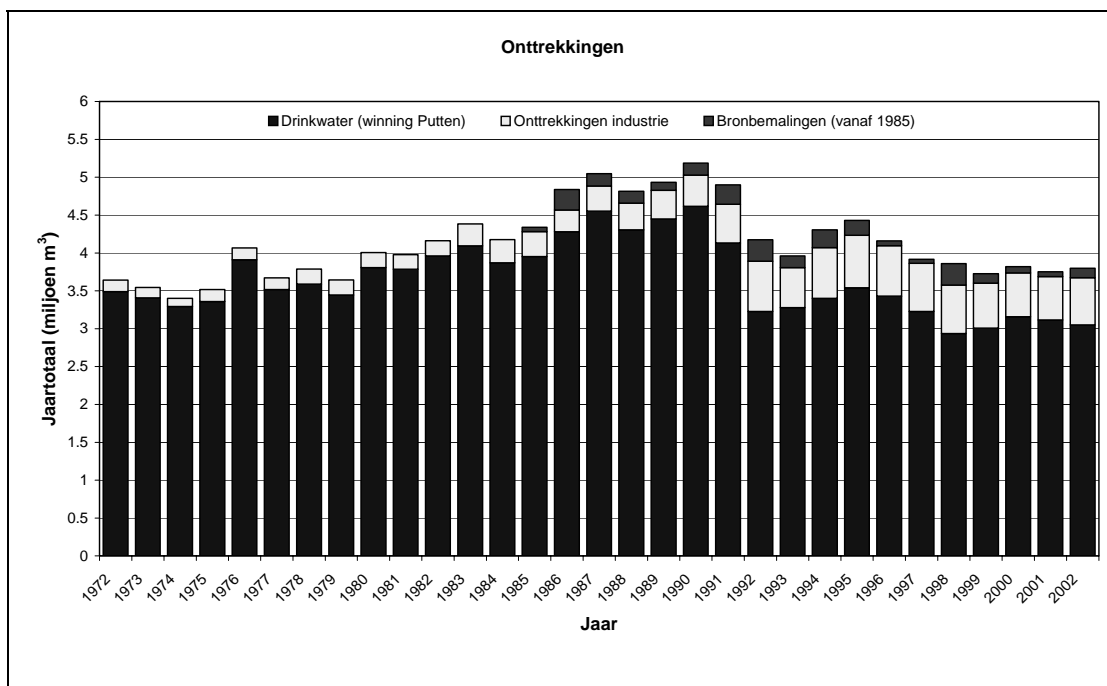
3.2.3 Wateraanvoer

Er wordt in het gebied geen water ingelaten. Het bovenstroomse deel van de Schuitenbeek, Veldbeek, Knapzaksteeg, Goorsteeg en Blarinckhorsterbeek staan per jaar meer dan 6 maanden droog (zie Paragraaf 3.2.1).

3.3 Grondwater

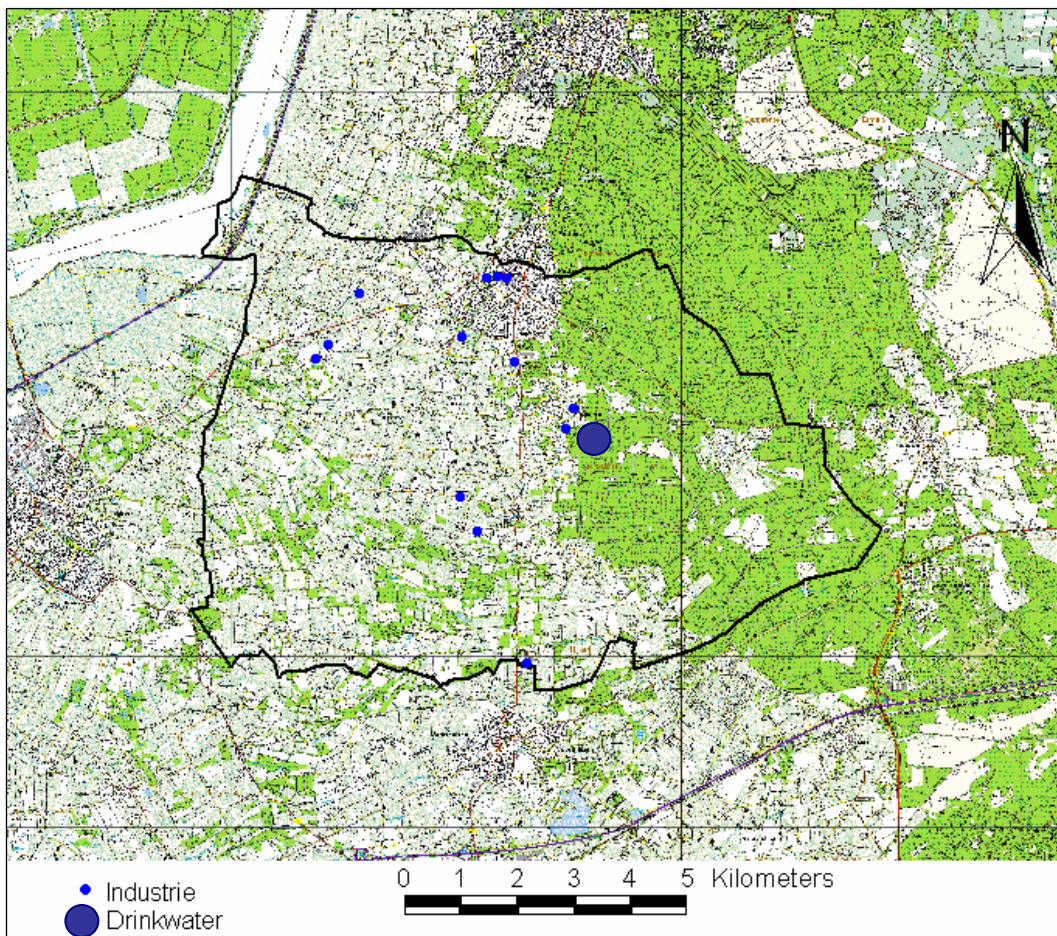
3.3.1 Onttrekkingen

In het stroomgebied van de Schuitenbeek bevinden zich een aantal industriële onttrekkingen, alsmede een grondwateronttrekking ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Figuur 15 geeft de onttrekkingshoeveelheden sinds 1972 (Provincie Gelderland, 2004). Hieruit blijkt, dat verreweg het meeste onttrokken grondwater dient als drinkwater. Dit is op jaarbasis ca 3 – 3.5 miljoen m³.



Figuur 15. Jaarlijkse hoeveelheden grondwateronttrekkingen (bron: Provincie Gelderland)

Figuur 16 geeft de locaties van de grondwateronttrekkingen weer. Het intrekgebied van de drinkwateronttrekking bevindt zich ten oosten en noordoosten van de winning. De putfilters van de drinkwaterputten bevinden zich tussen ca. 16 en 91 m onder maaiveld. De diepte van de putfilters van de industriële winningen varieert.



Figuur 16. Locaties grondwateronttrekkingen, excl. bronbemalingen (bron: Provincie Gelderland)

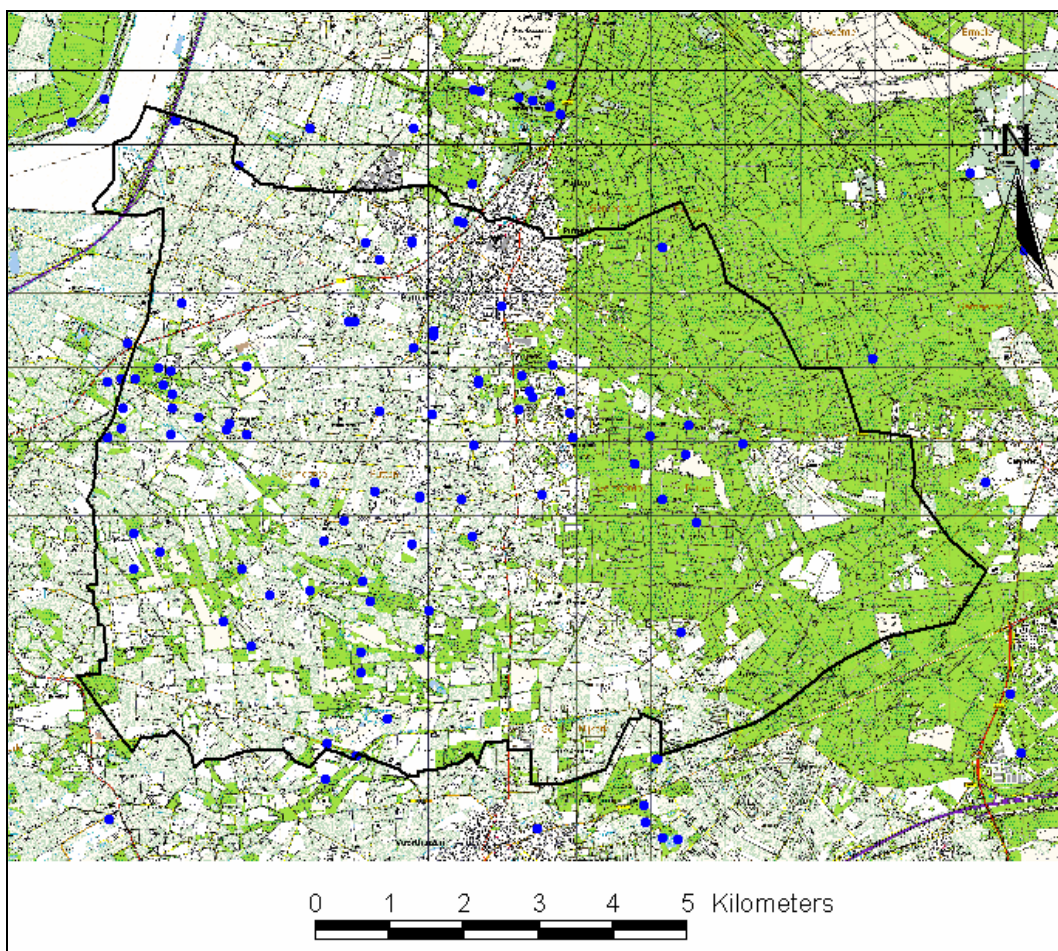
3.3.2 Grondwaterstanden

Ondiep grondwater

Tijdens de aan het eind van de jaren tachtig uitgevoerde bodemkartering zijn voor het gehele stroomgebied de grondwatertrappen gekarteerd. Figuur 5 (Paragraaf 2.4) geeft een overzicht van de ruimtelijke verspreiding van droge en natte gebieden. De gebieden met ondiepe grondwaterstanden bevinden zich vooral in het noordwestelijk deel van het stroomgebied. In de hooggelegen gebieden in het oosten en zuidoosten is de grondwaterstand dieper.

Diep grondwater

Figuur 17 geeft de locaties van de meetpunten van het landelijke meetnet voor grondwaterstanden. Dit betreft zowel de zogenaamde landbouwbuizen (met doorgaans één, relatief ondiep filter) als peilbuizen (met vaak filters op meerdere dieptes). Binnen het stroomgebied van de Schuivenbeek bevinden zich 10-15 meetpunten waar diepe grondwaterstanden worden gemeten.



Figuur 17. Locaties meetpunten grondwaterstand (bron: TNO)

Voor het verdere onderzoek is het nodig dat de stijghoogten in de diverse watervoerende pakketten en de precieze ligging van kwel- en infiltratiegebieden nog nader worden geanalyseerd (zie ook Paragraaf 2.6).

3.3.3 Grondwaterstroming

Regionale grondwaterstroming

De regionale freatische grondwaterstroming is van oost naar west (TNO, 1985). De grondwatergradiënten bedragen doorgaans minder dan 2 m/km. Dit betekent, dat de grondwatersnelheid in het eerste watervoerend pakket niet meer dan hooguit enkele tientallen meters per jaar bedraagt.

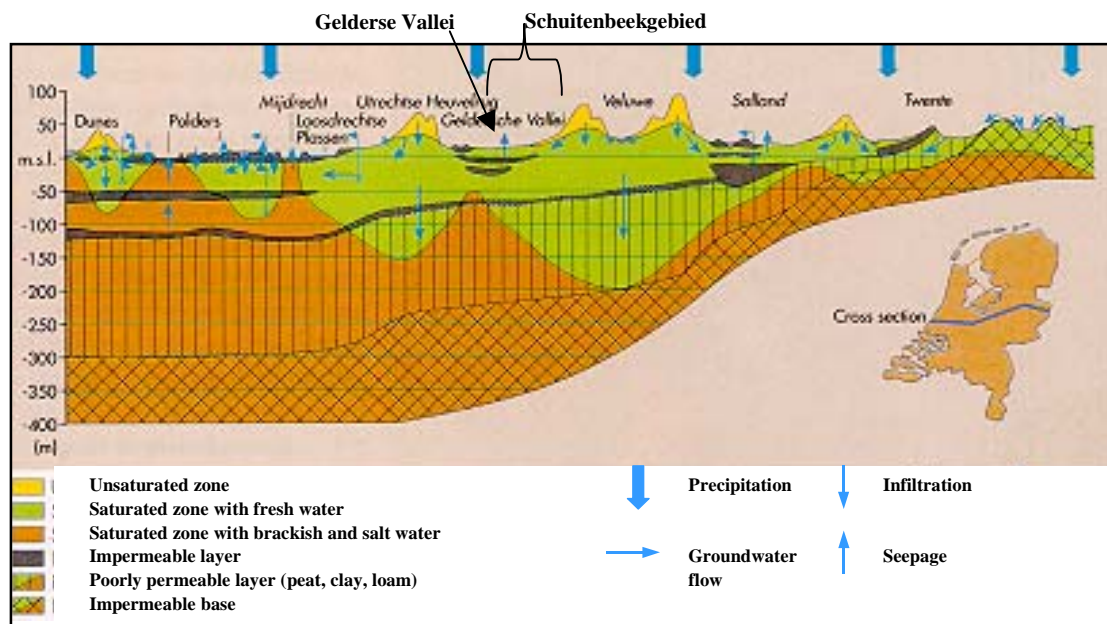
Kwel- en infiltratiegebieden

Figuur 18 geeft een schematisch geohydrologisch West-Oost profiel door Nederland weer. Hieruit kan worden afgeleid, dat in het oostelijk deel van het stroomgebied van de Schuitenbeek (Veluwe massief) een overwegend neerwaartse regionale grondwaterbeweging plaatsvindt (zie ook Paragraaf 2.2). Gebieden met een overwegend opwaartse grondwaterbeweging (kwelstroming) bevinden zich in het

westelijk deel. De precieze ligging van de kwel- en wegzijginggebieden is echter nog niet in detail bekend en dient nog nader te worden bepaald.

In het algemeen kan gesteld worden, dat de kwelstroming qua intensiteit toeneemt in noordwestelijke richting, waar deze uiteindelijk 100-300 mm per jaar kan bedragen (Van der Molen e.a, 1994).

Ook uit langjarig gemiddelde grondwaterstanden kan worden afgeleid, dat in het noordwestelijke deel van het stroomgebied overwegend kwelsituaties voorkomen. De gradiënten tussen het diepe en ondiepe grondwater bedragen hier plaatselijk meer dan een meter.



Figuur 18. Schematisch regionaal geohydrologisch profiel (TNO)

3.4 Waterbalans

Op basis van de beschikbare gegevens kan een waterbalans van het stroomgebied van de Schuitembeek worden opgesteld (Tabel 12).

Het gemiddelde neerslagoverschot bedraagt ongeveer 19 miljoen m³/ per jaar (Paragraaf 3.1). De gemiddelde jaarafvoer van de Schuitembeek is 12 miljoen m³/ per jaar (Paragraaf 3.2.2).

De hoeveelheid grondwater die het gebied instroomt, is moeilijk te kwantificeren. Op basis van de geohydrologische gegevens kan deze geschat worden op (orde van grootte) 20 miljoen m³/ per jaar. De hoeveelheid grondwater die het gebied uitstroomt is eveneens moeilijk te kwantificeren, en is van dezelfde orde van grootte (schattingen op basis van hydraulische parameters en grondwatergradiënten volgens

TNO, 1985). De (diepe) grondwateronttrekkingen bedragen ongeveer 4 miljoen m³/per jaar (Paragraaf 3.3.1).

Op basis van deze gegevens kan geconcludeerd worden, dat binnen het stroomgebied een netto wegzijging plaatsvindt in de ordegrootte van 3 miljoen m³/per jaar. Deze wegzijging vindt vooral plaats in het oostelijk deel van het stroomgebied, waarbij ook de diepe bodemlagen worden gevoed. Op basis van de geohydrologische gesteldheid wordt verwacht, dat in het westen voorkomende kwelgebieden voornamelijk ondiep grondwater afvoeren.

Tabel 12. Voorlopige waterbalans stroomgebied Schuitenbeek (niet gerioleerde gebied)

| | IN (10 ⁶ m ³) | | UIT (10 ⁶ m ³) |
|---|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Neerslag | ≈61 | Verdamping | ≈42 |
| Waterinlaat | 0 | Grondwateronttrekkingen | 4 |
| Kwel | *) | Riolering | 0 |
| Riooloverstorten en lokale lozingen (geen RWZI's) | 0.03 | Wegzijging | *) |
| | | Waterafvoer | ≈12 |
| Totaal | >61 | Totaal | > 58 |

*) Wegzijging is circa 3 miljoen m³/jaar meer dan de kwel.

3.5 Gegevens (bestanden)

De neerslag en verdampingsgegevens zijn afkomstig van KNMI. Gegevens over de oppervlaktewaterstructuur zijn afkomstig van het Waterschap Veluwe en bestaan uit digitale leggergegevens. Gegevens over de hoeveelheid waterafvoer zijn eveneens afkomstig van het waterschap, het RIZA, en uit eerdere onderzoeksprojecten (zie de diverse referenties). De grondwateronttrekkingen zijn aangeleverd door de Provincie Gelderland. Gegevens over het meetnet van grondwaterstanden zijn afkomstig vanuit de landelijke database DINO van NITG-TNO.

De gegevens van het continue meetpunt (G28) vertonen discrepanties en moeten daarom opnieuw worden geanalyseerd. Hiertoe is inmiddels de meetstuw opnieuw opgemeten en zijn op basis hiervan afvoerrelaties vastgesteld. Het Waterschap is, samen met Alterra, sinds januari 2004 bezig de consistentie van de meetdata te onderzoeken.

4 Chemische waterkwaliteit

In dit hoofdstuk wordt de nutriëntenhuishouding van het stroomgebied nader beschreven. In Paragraaf 4.1 wordt eerst nader ingegaan op de beschouwde stoffen en meetprogramma's. In Paragraaf 4.2 wordt de bijdrage van de atmosferische depositie op de nutriëntenbelasting beschreven. De nutriëntenbelasting door de overige bronnen (externe belasting) is nader uitgewerkt in Paragraaf 4.3.

In Paragraaf 4.4 en 4.5 wordt achtereenvolgens een beeld gegeven van de optredende nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater- en grondwatersysteem. De gegevens van Paragraaf 4.1 t/m 4.5 zijn gebruikt voor het opstellen van een nutriëntenbalans (Paragraaf 4.6). In paragraaf 4.7 wordt tenslotte een overzicht gegeven van de gebruikte gegevensbestanden.

4.1 Beschouwde stoffen

Ten aanzien van de waterkwaliteit vormt de belasting van het oppervlaktewater door nutriënten het belangrijkste aandachtspunt. Hoewel de Schuitenbeek slechts 8,8 % van het water van het Nuldernauw Randmeer levert, is het aandeel in de fosfaat- en stikstofbelasting respectievelijk 24,5 en 19,2 % (BOVAR, 1998). Vergeleken met andere beken die op de Randmeren afwateren, is de fosfaataanvoer door de Schuitenbeek zeer hoog: de Schuitenbeek levert 60% van de totale fosfaataanvoer naar de Randmeren door beken (Breeuwsma e.a, 1989).

Dit heeft o.a. geleid tot een project waarbij het water van de Schuitenbeek wordt afgeleid richting het Nijkerkernauw (in combinatie met zuivering middels een rietmoeras; Akkerman e.a, 1988; Akkerman e.a, 1990; Leenen e.a, 1996). Daarnaast heeft een groot aantal onderzoeken plaatsgevonden naar het gedrag van nitraat en fosfor en de invloed van deze stoffen op de oppervlaktewaterkwaliteit.

De bronnen van stikstof zijn organische en anorganische bemesting ten behoeve van de landbouw, biologische fixatie en atmosferische depositie. Stikstof wordt afgevoerd door oogst, uitspoeling, ammoniakvervluchtiging en denitrificatie. De bronnen van fosfor zijn organische en anorganische bemesting. Fosfor wordt afgevoerd door oogst en uitspoeling. Verder wordt fosfor vastgelegd in de bodem (immobilisatie).

De concentraties van stikstof en fosfor in het water worden sinds 1988 gemeten in meetpunt 25200 (G28) (zie Figuur 13 en Paragraaf 3.2.2), middels een debietproportionele bemonstering op weekbasis.

De overige waterkwaliteitsparameters worden niet continu gemeten. Bijlage 3 geeft een overzicht weer van de meetlocaties, meetperiodes en meetfrequenties.

4.2 Atmosferische depositie en verdamping

De atmosferische depositie speelt alleen een rol bij de belasting van het gebied door stikstof. Voor het totale Schuitenbeekgebied is de huidige jaarlijkse atmosferische depositie van stikstof in de orde van 50 kg per ha (zie Tabel 13).

Eén van de verliezen van stikstof is de ammoniakvervluchtiging. Ammoniak verlaat het gebied via de atmosfeer. Deze hoeveelheden zijn gekwantificeerd voor een 5x5 km grid. Voor het Schuitenbeekgebied varieert de emissie van 4000 tot 14000 mol.ha⁻¹.jr⁻¹ (ca. 50-200 kg.ha⁻¹.jr⁻¹).

Fosfor verlaat het gebied niet via de atmosfeer.

Tabel 13. Atmosferische stikstofdepositie in het stroomgebied van Schuitenbeek (berekend met het model OPS t.b.v. Milieubalans 2002)

| Jaar | NHx (mol.ha ⁻¹ .jr ⁻¹) | NOx (mol.ha ⁻¹ .jr ⁻¹) | Totaal N-dep (mol.ha ⁻¹ .jr ⁻¹) | Totaal N-dep (kg.ha ⁻¹ .jr ⁻¹ N) |
|------|--|--|---|---|
| 1999 | 2952 | 825 | 3777 | 52.9 |
| 2000 | 2759 | 733 | 3492 | 48.9 |
| 2001 | 2430 | 733 | 3163 | 44.3 |

4.3 Externe belasting

De belasting van het ondiepe grondwater en oppervlaktewater is grotendeels het gevolg van landbouwkundige activiteiten. Het betreft dan vooral (diffuse) belasting door stikstof en fosfor, waarvan de laatste voor ca 80 % aan de landbouw kan worden toegeschreven (Breeuwsma e.a, 1989). Het betreft dan vrijwel uitsluitend organische en anorganische bemesting. Er is een duidelijke indicatie, dat een relatief groot deel van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater (direct) afkomstig is van verharde en semi-verharde oppervlakken (De Boer e.a, 1996). Het aandeel van erfafvoer in de totale fosforbelasting was geschat op 23 %, maar deze waarde dient nog beter onderbouwd te worden, door onderzoek (De Boer e.a, 1996).

In het gebied vinden tevens overstorten plaats van de gemeentelijke riolering van Putten, via zijwatergangen (Verdonschot, 1996). Deze riooloverstorten bedragen jaarlijks 25000 tot 30000 m³ (Vermulst, 1993). Op jaarbasis komt deze hoeveelheid water overeen met minder dan 0.3 % van de totale afvoer van de Schuitenbeek. De overstorten hebben echter wel een grote invloed op het lokale oppervlaktewatersysteem op het moment dat zij optreden. De overstorten vinden vooral plaats naar de waterlopen, waarin zich de meetpunten 25220 en 25221 ("Leembrug" en "Waterweg") bevinden. Qua orde grootte komt een overstort hier overeen met de gemiddelde dagafvoer van deze waterlopen.

Alle overstorten bevinden zich benedenstrooms van de samenkomst van Veldbeek en Appelsche Maalschap (het bovenstroomse deel van de Schuitenbeek), en ook benedenstrooms van het continue meetpunt G28. Behalve door plaatselijke

huishoudelijke lozingen is er belasting door verspreide bebouwing (in totaal ca. 5 % van de totale fosfaatbelasting).

In het verleden hebben lozingen van het effluent van een conservenfabriek plaatsgevonden, maar deze zijn beëindigd. De vroegere fosfaatbelasting door afvalwaterlozing wordt geschat op ca. 5 % van de totale belasting in het stroomgebied.

Het bebouwde gebied is aangesloten op de riolering. Dit water wordt buiten het stroomgebied van de Schuitenbeek geloosd, via de ruwwater zuiveringsinstallaties (rwzi's) te Harderwijk en Barneveld. In het Schuitenbeekgebied zelf bevinden zich geen rwzi's. De belasting door het van de Veluwe afkomstige diepe kwelwater (achtergrondbelasting) is gering. De bijdrage aan de fosfaatbelasting is geschat op ca. 8% (Breeuwsma e.a, 1989).

Omdat in het gebied geen wateraanvoer plaatsvindt, levert dit geen potentiële aanvullende belasting op. Aangezien bovenstrooms van de samenkomst van Veldbeek en Appelsche Maalschap geen riooloverstorten plaatsvinden, is vrijwel alle belasting door stikstof en fosfor in dit gebied afkomstig uit de landbouw.

Een belangrijk aspect ten aanzien van de fosforbelasting is de nalevering van fosfaat door de bodem. Een groot deel (ca 44%) van de gronden zijn fosfaatverzadigd (Breeuwsma e.a, 1989). Van de met maïs bebouwde percelen is ca 75 % fosfaatverzadigd, terwijl ca. 63 % van het grasland verzadigd is met fosfaat (Breeuwsma e.a, 1989). Als gevolg hiervan kan nalevering van fosfaat door uitspoeling nog lange tijd hoog blijven.

In de periode 1976 tot 1985 vond intensieve landbouw in het gebied plaats, waarbij per hectare grasland ongeveer 700 kg N werd opgebracht. De stikstof gift voor maïsland bedroeg in dezelfde periode ongeveer 1600 kg per jaar (Van der Molen e.a, 1994). Na 1985 zijn deze hoeveelheden verminderd.

Bemestingcijfers zijn geïnventariseerd door het WL en gecorrigeerd op basis van veldwaarnemingen van fosfaatophoping (Schouwman e.a, 1995).

4.4 Oppervlaktewater

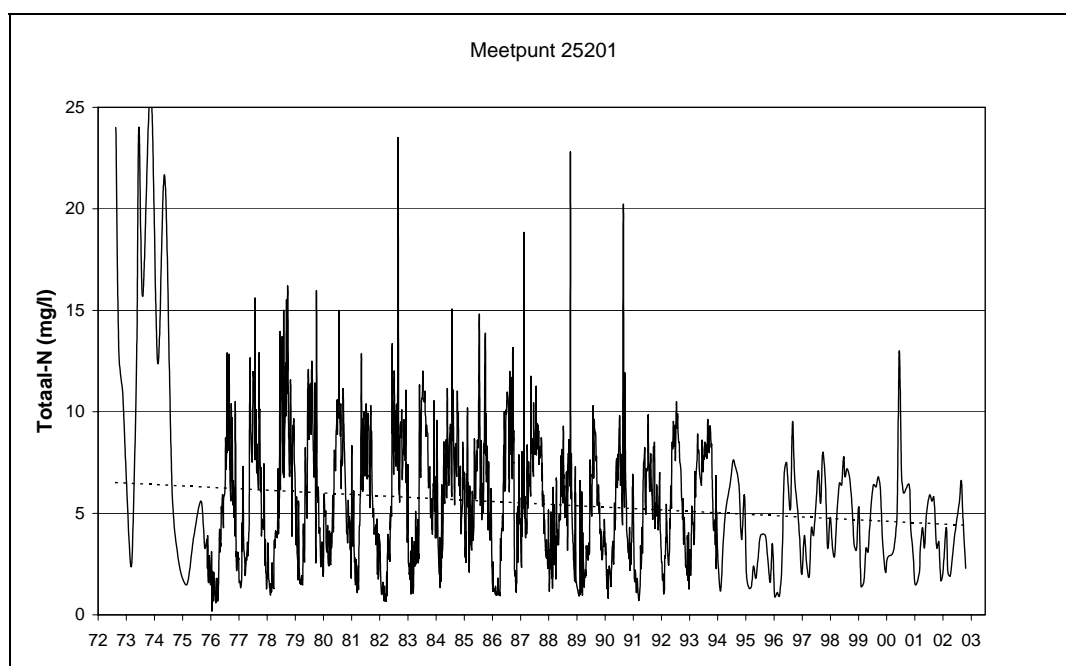
De referenties ten aanzien van de historische belasting van het oppervlaktewater door nutriënten leveren voor het continue meetpunt G28 geen consistent beeld op. Het is daarom nodig, dat voor dit meetpunt de beschikbare meetreeksen eerst nader worden geanalyseerd.

In deze systeemverkenning worden eerste schattingen gepresenteerd, op basis van discrete waarnemingen.

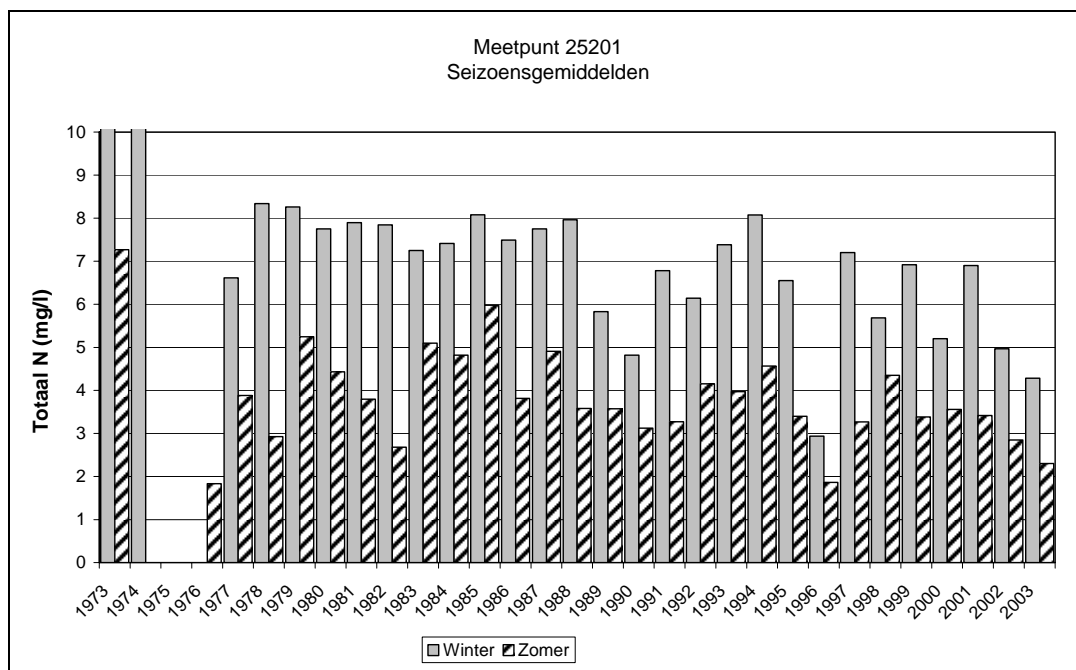
Stikstof

Voor het meetpunt in de monding van de Schuitembeek (25201) is een lange meetreeks (vanaf 1973) van de concentraties van stikstof beschikbaar. Figuur 19 laat een licht dalende trend van totaal-N zien. Deze trend wordt waargenomen voor Kj-N en in sterkere mate voor NH₄, waarbij overigens “nitraat+nitriet” een licht stijgende trend lijkt te vertonen. Het is nodig dat deze trends nog nader worden onderzocht, o.a. met de continue meetgegevens.

Figuur 20 laat zien, dat de concentraties in de zomer significant lager zijn dan in de winter.



Figuur 19. Concentratieverloop in de tijd van Totaal-N op Meetpunt 25201



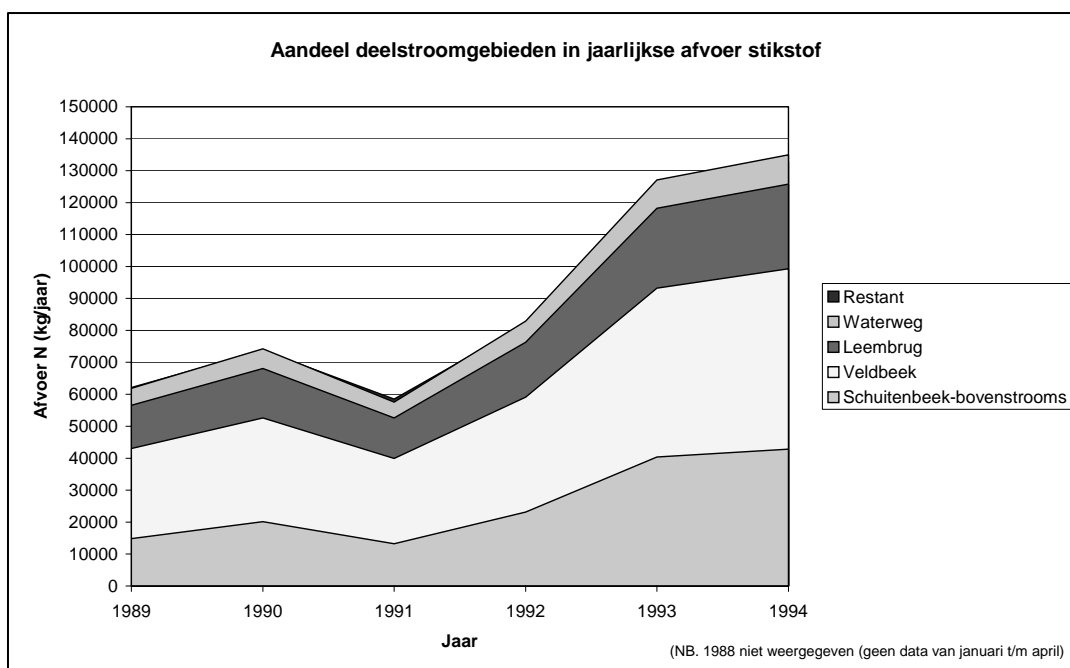
Figuur 20. Gemiddelde seizoensconcentraties Totaal-N in Meetpunt 25201

In de periode van mei 1988 tot 1994 zijn op een vijftal locaties in het stroomgebied de afvoeren (vrachten) van stikstof door het oppervlaktewater gekwantificeerd. Een overzicht van de jaarlijkse afvoeren is weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14. Jaarlijkse afvoeren stikstof (in kg/jaar) (De Boer e.a, 1996)

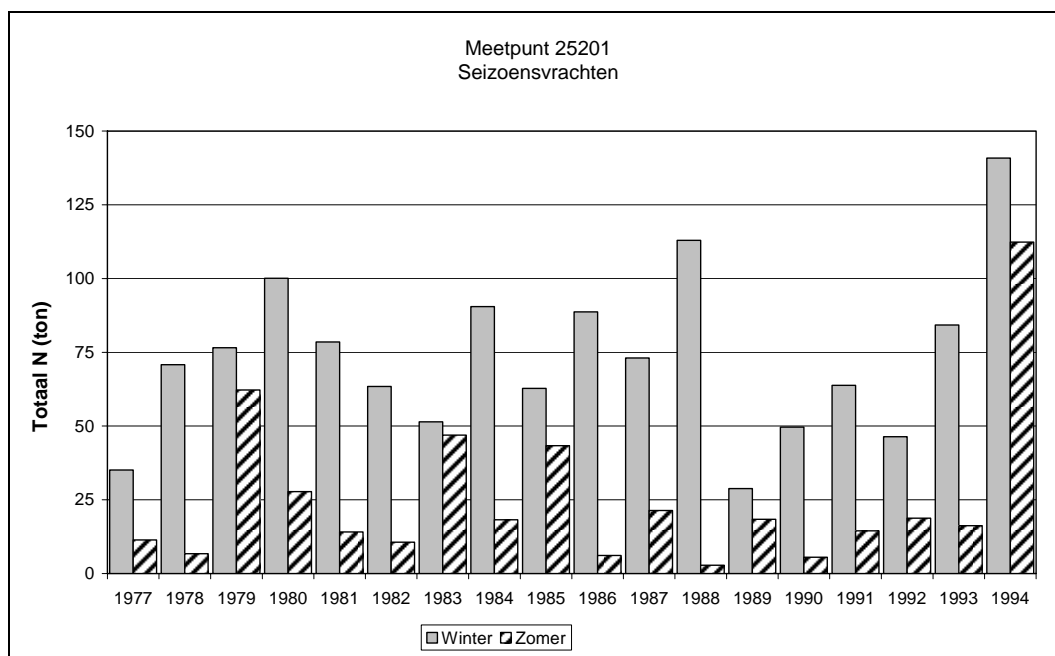
| Jaar: | Veldbeek | G28 | Leembrug | Waterweg | Monding |
|---------------------|----------|-------|----------|----------|---------|
| 1988 (vanaf mei) | 15730 | 23312 | 7612 | 2900 | 33972 |
| 1989 | 28227 | 43020 | 13564 | 5282 | 62154 |
| 1990 | 32435 | 52586 | 15523 | 6145 | 73757 |
| 1991 | 26700 | 39928 | 12699 | 4937 | 58502 |
| 1992 | 36000 | 59130 | 17192 | 6578 | 81850 |
| 1993 | 52865 | 93233 | 24992 | 8852 | 124915 |
| 1994 | 56363 | 99243 | 26536 | 9191 | 132743 |
| Gemiddeld 1989-1994 | 38765 | 64523 | 18418 | 6831 | 88987 |

Op basis van deze gegevens is het aandeel van de diverse deelstroomgebieden in de totale afvoer van stikstof voor de periode 1989-1994 (jaren met een volledige meetreeks) berekend en weergegeven in Figuur 21. De gemiddelde jaarafvoer bedroeg in genoemde periode 89000 kg.



Figuur 21. Afvoer stikstof door deelstroomgebieden (gebaseerd op De Boer e.a, 1996)

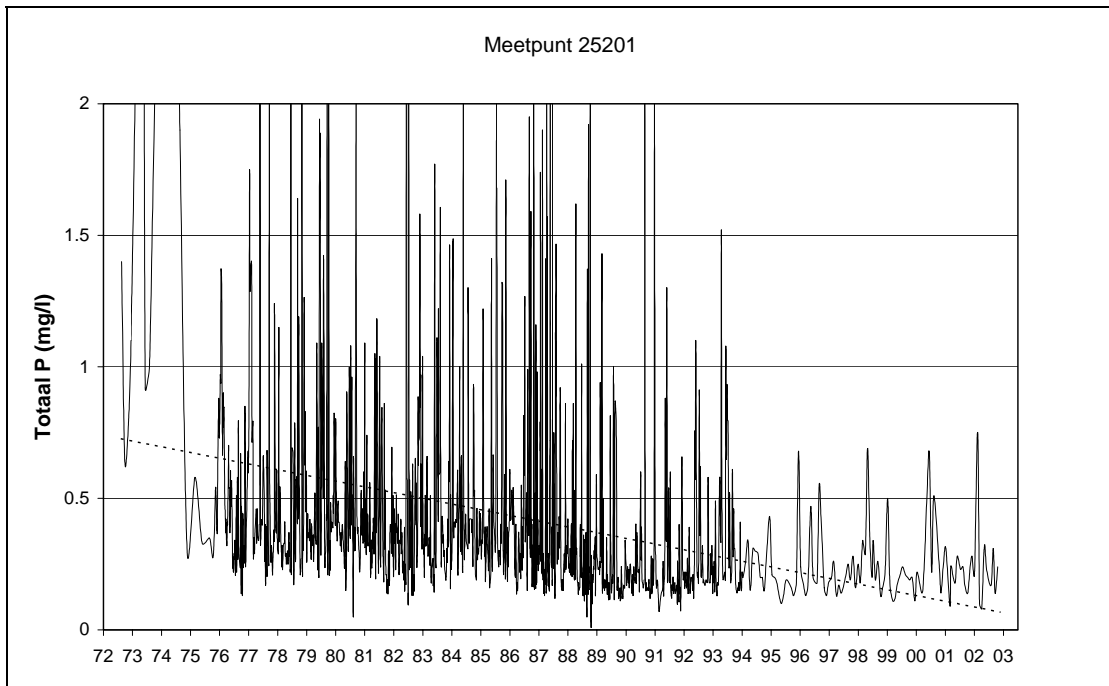
Op basis van de discrete metingen in meetpunt 25201 (monding) kunnen de vrachten voor de periode 1977 tot 1994 geschat worden (Figuur 22). Gemiddeld bedroeg de totale vracht stikstof bij het mondingspunt over genoemde periode ca. 100 ton per jaar. Hiervan werd 75 % in de winter (1 oktober tot 31 maart) afgevoerd.



Figuur 22. Gemiddelde seizoensvrachten Totaal-N in Meetpunt 25201

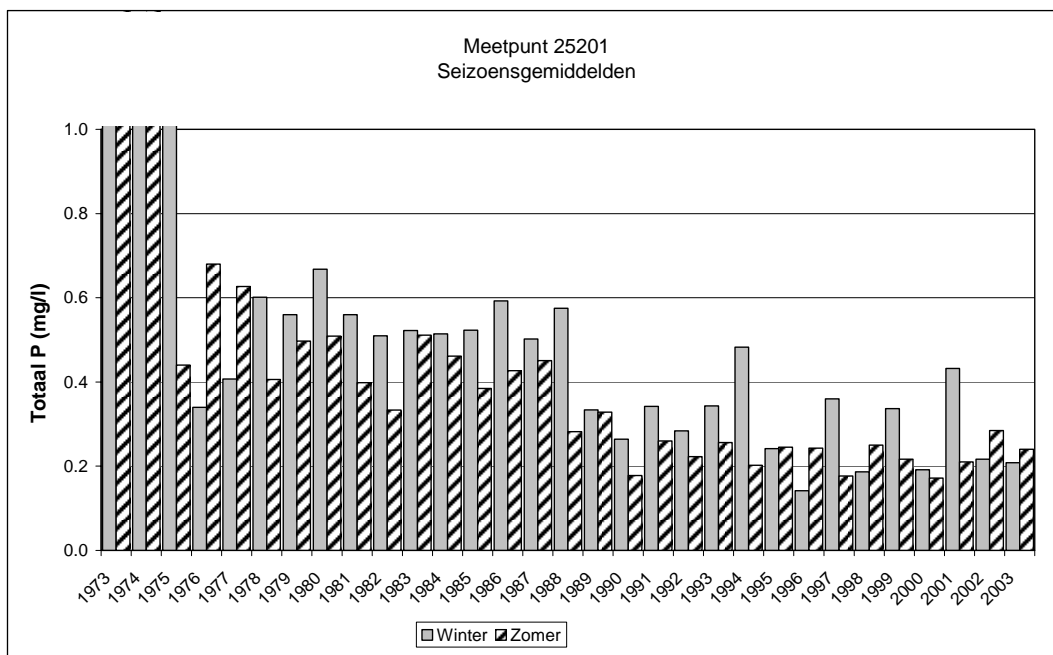
Fosfor

Voor het meetpunt in de monding van de Schuitenbeek (25201) is eveneens een lange meetreeks (vanaf 1973) van de concentraties van fosfor beschikbaar. Figuur 23 laat een dalende trend van totaal-P zien, die vooral het gevolg is van lagere piekconcentraties. Een dergelijke dalende trend wordt niet waargenomen op meetpunt 25200 (meetreeks vanaf 1988). Het is nodig deze trends nog nader te onderzoeken met behulp van de historische continue debietmetingen.



Figuur 23. Concentratieverloop in de tijd van Totaal-P Meetpunt 25201

Figuur 24 laat zien, dat de concentraties in de zomer nauwelijks verschillen van die in de winter.



Figuur 24. Gemiddelde seizoenconcentraties Totaal-P in Meetpunt 25201

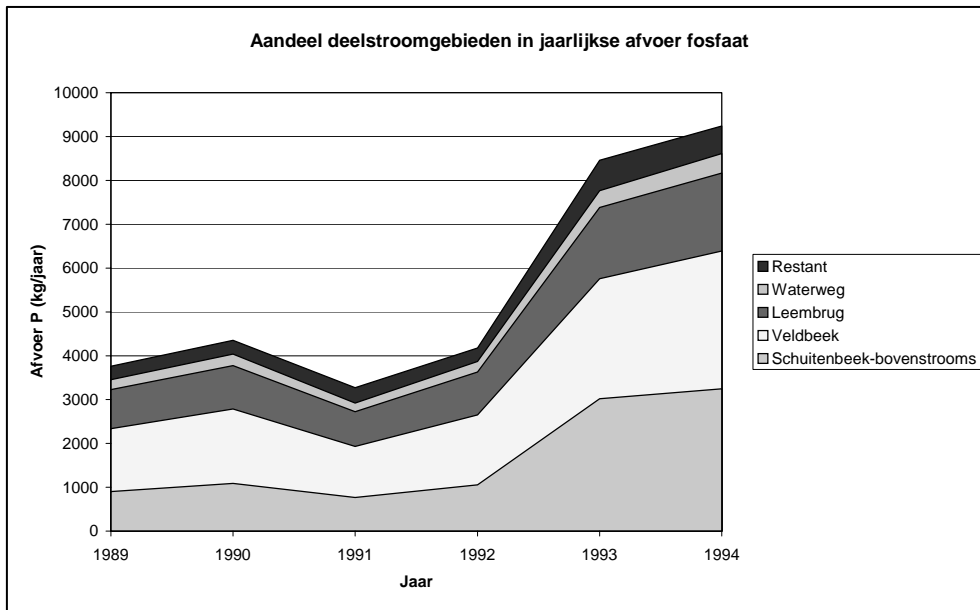
Op dezelfde vijf locaties als waar stikstofvrachten zijn bepaald, zijn van mei 1988 tot 1994 eveneens de afvoeren (vrachten) van fosfor door het oppervlaktewater gekwantificeerd.

Een overzicht van deze jaarlijkse afvoeren is weergegeven in Tabel 15.

Tabel 15. Jaarlijkse afvoeren fosfor (in kg/jaar) (De Boer e.a, 1996)

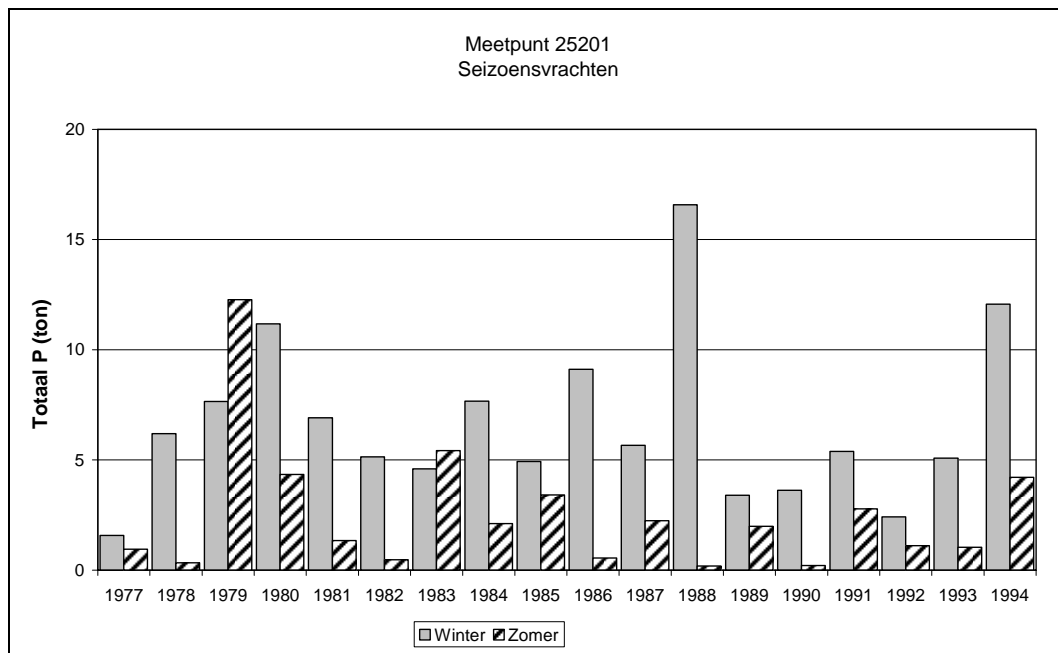
| Jaar: | Veldbeek | G28 | Leembrug | Waterweg | Monding |
|------------------------|----------|------|----------|----------|---------|
| 1988 (vanaf mei) | 868 | 1377 | 527 | 135 | 2236 |
| 1989 | 1430 | 2335 | 893 | 228 | 3760 |
| 1990 | 1703 | 2789 | 988 | 263 | 4350 |
| 1991 | 1164 | 1932 | 794 | 193 | 3271 |
| 1992 | 1596 | 2651 | 976 | 245 | 4174 |
| 1993 | 2739 | 5757 | 1625 | 387 | 8463 |
| 1994 | 3141 | 6389 | 1779 | 443 | 9238 |
| Gemiddeld 1989-1994 | 1962 | 3642 | 1176 | 293 | 5543 |

Op basis van deze gegevens is het aandeel van de diverse deelstroomgebieden in de totale afvoer van fosfor voor de periode 1989-1994 (jaren met een volledige meetreeks) berekend en weergegeven in Figuur 25. De gemiddelde fosfor jaarafvoer bedroeg in genoemde periode ca. 5500 kg.



Figuur 25. Afvoer fosfor door deelstroomgebieden (gebaseerd op De Boer e.a., 1996)

Op basis van discrete metingen in meetpunt 25201 (monding) kunnen tenslotte de vrachten voor de periode 1977 tot 1994 geschat worden (Figuur 26). Gemiddeld bedroeg de totale vracht fosfor bij het mondingspunt over genoemde periode ca. 10 ton per jaar. Hiervan werd ruim 70 % in de winter (1 oktober tot 31 maart) afgevoerd. Deze waarde is dus aanzienlijk hoger dan die gevonden is door [De Boer, e.a., 1996]. Dit is o.a. een gevolg van de relatief hoge belasting in de periode voor 1989. Daarnaast is de berekening (uitsluitend) op basis van discrete metingen minder nauwkeurig.



Figuur 26. Gemiddelde seizoensvrachten Totaal-P in Meetpunt 25201

Uit de figuren 20, 21, 24 en 25 volgt, dat er een grote variatie is in de jaarlijkse afvoer van nutriënten. Uit de figuren 12, 14, 21 en 25 kan verder worden afgeleid, dat er een sterke relatie is tussen de afvoer van water en de afvoer van nutriënten.

In natte jaren wordt relatief veel fosfor afgevoerd. Door de hoge fosfaatverzadiging van gronden, wordt bij hoge grondwaterstanden relatief veel fosfaat uitgespoeld (zie ook Paragraaf 4.6). Ook kan in natte jaren tijdens piekafvoeren resuspensie van fosfaat plaatsvinden (Reeders, 1998).

In het algemeen wordt aangenomen, dat de afvoer via het oppervlaktewater van zowel stikstof als nitraat in een relatief korte tijd plaatsvinden. In 20 % van de tijd vindt 67 % van de afvoer van stikstof plaats en 83 % van de afvoer van fosfor. Dit geschiedt met name in de periode december - maart (Reeders, 1998). De vrachten zijn in de zomer doorgaans aanzienlijk lager dan in de winter (Figuur 20, 22, 24 en 26).

4.5 Grondwater

Ondiepe grondwater

Uit een analyse van de ondiepe grondwaterkwaliteit (tijdens de bodemkartering) is gebleken, dat op 80 % van de bemonsterde locaties de basiskwaliteit voor het oppervlaktewater wordt overschreden voor fosfaat (Breeuwsma e.a, 1989). Het betreft vooral locaties met een ondiepe tot matig diepe (winter)grondwaterstanden.

De stikstofconcentraties in het ondiepe grondwater worden vanaf 1992 gemeten door het RIVM (samen met het LEI-DLO). Deze gegevens dienen nog nader te worden geanalyseerd.

Diepe grondwater

In het algemeen worden in de bovenste meters vanaf de grondwaterspiegel relatief hoge gehalten chloride, sulfaat, nitraat en kalium aangetroffen, en is de hardheid hoog (TNO, 1985). De hoge nitraat- en kaliumgehalten worden vrijwel steeds onder bouwland aangetroffen. Ook is de ammoniumconcentratie plaatselijk hoog, soms tot op een diepte van 80 meter. Dit bevestigt, dat in inzigtgebieden (zoals het Veluwe massief) het grondwater tot op grote diepte kan doordringen. Omdat in stroomgebied van de Schuitenbeek netto wegzijging plaatsvindt (Paragraaf 3.4), zal een deel van de nutriënten door het diepe grondwater worden afgevoerd richting benedenstrooms gelegen stroomgebieden. De hoeveelheden door diep grondwater afgevoerd stikstof en fosfor (vanuit het Schuitenbeekgebied) zijn niet bekend.

Het grensvlak tussen het zoete en zoute grondwater zich in het stroomgebied van de Schuitenbeek zeer diep, op minimaal 300 meter (TNO, 1985).

4.6 Stoffenbalans

Voor de bodem is de stoffenbalans voor stikstof (zie ook Van der Molen e.a, 1994):

$$N_{\text{organische bemesting}} + N_{\text{anorganische bemesting}} + N_{\text{biologische fixatie}} + N_{\text{atmosferische depositie}} - N_{\text{oogst}} - N_{\text{oppervl.afspoeling}} - N_{\text{uitspoeling}} - N_{\text{ammoniakgas}} - N_{\text{denitrificatie}} = \Delta N$$

Dit kan vereenvoudigd worden tot:

$$N_{\text{bemesting}} + N_{\text{atmosferische depositie}} - N_{\text{gewasafvoer}} - N_{\text{oppervl.afspoeling}} - N_{\text{uitspoeling}} - N_{\text{ammoniakgas}} - N_{\text{denitrificatie}} = \Delta N$$

Voor de bodem is de stoffenbalans voor fosfor:

$$P_{\text{bemesting}} - P_{\text{gewasafvoer}} - P_{\text{oppervl.afspoeling}} - P_{\text{uitspoeling}} = \Delta P$$

Oppervlakkige afspoeling is een gevolg van te geringe infiltratiecapaciteit van de bodem (bij neerslag). Dit is een snel proces (verblijftijd van enkele uren). Uitspoeling vindt plaats via het ondiepe grondwater.

De opslagterm is vooral belangrijk voor fosfor (ΔP), aangezien fosfaat sterk is onderworpen aan adsorptie (ijzer- en aluminiumoxides en -hydroxides).

Gezien de complexiteit van beide stoffenbalansen en de praktische moeilijkheden om de diverse componenten te meten, is voor het bepalen van de afspoeling en uitspoeling gebruik gemaakt van modelsimulaties, waarbij ijking heeft plaatsgevonden op basis van de totale gemeten stikstof- en fosforvrachten in het oppervlaktewater (zie Paragraaf 4.4).

Tabel 16 en 17 geven de voorlopige stikstof- en fosforbalansen van het gebied weer, op basis van de inventarisaties uit de vorige paragrafen. Hierbij zijn zowel het oppervlaktewater als de bodem meegenomen. Uit deze balansen blijkt, dat een groot aantal gegevens onvoldoende bekend zijn.

Tabel 16. Voorlopige stikstofbalans

| | IN (10 ³ kg N) | | UIT (10 ³ kg N) |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Atm. depositie | 375 | Ammoniakvervluchtiging | 500- 1000 |
| | | | (1) |
| Bemesting | 2000 a 3000 (1) | Denitrificatie | (2) |
| Oxidatie veen | 0 | Gewasafvoer | (2) |
| Puntbronnen | (1) | Drinkwateronttrekkingen | (1) |
| Kwel | (2) | Vastlegging bodem | (2) |
| Oppervlakkige afspoeling | -- (2) | Waterafvoer | 89 |
| Uitspoeling vanuit: | -- (2) | | |
| - grasland | | | |
| - maïsland | | | |
| - overig bouwland | | | |
| - natuur | | | |
| Totaal | | Totaal | |

Tabel 17. Voorlopige fosforbalans

| | IN (kg P) | | UIT (kg P) |
|--------------------------|-----------|-------------------------|------------|
| Bemesting | -- (1) | Gewasafvoer | -- (2) |
| Oxidatie veen | 0 | Drinkwateronttrekkingen | -- (1) |
| Puntbronnen | (1) | Vastlegging bodem | -- (2) |
| Kwel | ≈ 400 | Waterafvoer | 5500 |
| Oppervlakkige afspoeling | -- (2) | | |
| Uitspoeling vanuit: | -- (2) | | |
| - grasland | | | |
| - maïsland | | | |
| - overig bouwland | | | |
| - natuur | | | |
| Totaal | | Totaal | |

(1) Gegevens wel aanwezig, maar nog niet beschikbaar

(2) Niet bekend

4.7 Gegevens(bestanden)

Gegevens met betrekking tot de atmosferische depositie zijn afkomstig van Milieubalans 2002 (RIVM, 2003). De gemeten nutriëntenconcentraties zijn verkregen van het Waterschap Veluwe (zie ook Bijlage 3), evenals de gegevens van riooloverstorten (locaties). Grondwaterkwaliteitsgegevens van het diepe grondwater zijn afkomstig van TNO (TNO, 1985).

Geconcludeerd kan worden dat, gezien de snelle reactietijd van de afvoer op neerslag, een wekelijkse monitoring onvoldoende is voor een betrouwbare kwantificering van de afvoer van stikstof en fosfor via het oppervlaktewater. De bestaande continue monitoring moet daarom worden voortgezet.

Een aantal bestaande gegevens dienen nog nader te worden onderzocht en verwerkt:

- Mogelijk: lozingen in het verleden (door de bedrijven Struik, Douma Vleesindustrie, V.d. Bor en Benegas);
- Mogelijk: gerioleerde gebieden;

- Waterbodems;
- Atmosferische depositie (meer gedetailleerd);
- Bodemkwaliteit (verloop in de tijd);
- Bemesting/bodembelasting (verloop in de tijd).

5 Ecologische waterkwaliteit

In dit hoofdstuk wordt de ecologische waterkwaliteit in het stroomgebied beschreven. De typering van de ecologische waterkwaliteit wordt behandeld in Paragraaf 5.1. Een overzicht van bijzondere situaties en/of soorten staat in Paragraaf 5.2. Paragraaf 5.3 geeft een overzicht van de gebruikte gegevensbestanden.

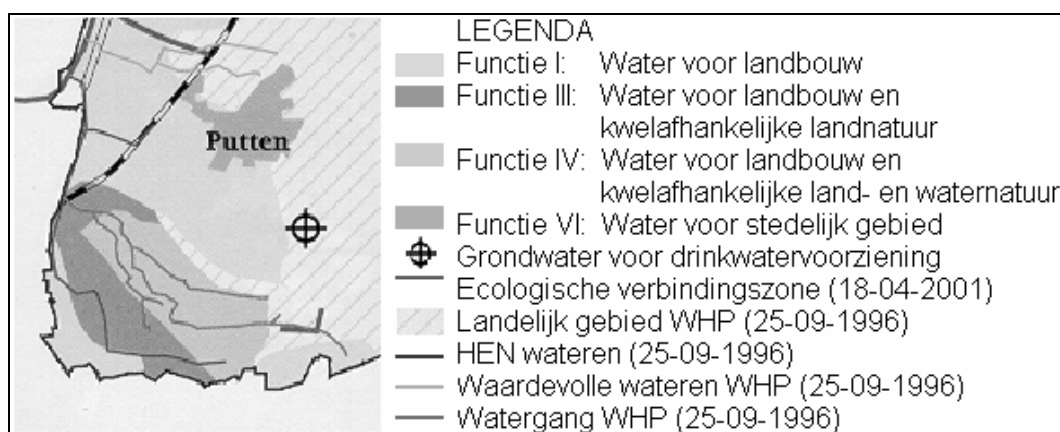
5.1 Typering ecologische waterkwaliteit

Om het effect van nutriënten op de ecologische waterkwaliteit goed te kunnen monitoren is het noodzakelijk, dat aquatische soorten en levensgemeenschappen bekend zijn, inclusief veranderingen in de tijd. Omdat de waterkwaliteit gebiedsafhankelijk is, dient ecologische monitoring differentiatie binnen het stroomgebied mogelijk te maken.

In het stroomgebied heeft tot op heden op 22 meetpunten ecologische monitoring plaatsgevonden. Veelal betrof dit een in de tijd beperkt aantal opnames van vooral de macrofauna, waarbij geen specifieke ecologische waterkwaliteitsparameters zijn bepaald.

De onderstaande beschrijving is vooral gebaseerd op bestaande rapportage (Remesal e.a, 1997), het Waterbeheersplan (Waterschap Veluwe, 2001) en de diverse plannen van de Provincie Gelderland (zie ook Hoofdstuk 6).

De Veldbeek, Blarinckhorsterbeek en de beek Groot Hell zijn door de Provincie aangewezen als “Waternatuur van het hoogst ecologisch niveau” (HEN Wateren; zie ook Figuur 27). Het omliggende gebied van de Veldbeek heeft Functie IV (water voor landbouw en kwelafhankelijke land- en waternatuur). De gebieden ten westen en zuiden hiervan betreffen water voor landbouw en kwelafhankelijke landnatuur (Functie III). De overige gebieden met oppervlaktewater zijn aangemerkt als Functie I-gebied (water voor landbouw).



Figuur 27. Ecologische zonerings (Waterschap Veluwe, 2001)

Een inventarisatie in 1977 gaf aan, dat de ecologische kwaliteit van het water van de Blarinckhorsterbeek en Groot Hell, die beiden in de Veldbeek uitmondten, middelmatig was (Remesal e.a., 1977). De ecologische waterkwaliteit van de Goorsteeg en Knapzaksteeg (ook beide uitmondend in de Veldbeek) was laag.

Rond de boven- en middellopen van de Schuitenbeek en de Veldbeek bevinden zich natte heide gebieden met zeer hoge natuurwaarden. Het gebied is echter lokaal verdroogd, waardoor de vegetatie is verarmd.

In het kader van de voorbereiding van de herinrichting Nijkerk-Putten is in 1995 en 1996 de ecologische waterkwaliteit beoordeeld op 7 punten in het stroomgebied. Deze beoordeling bestond onder andere uit het periodiek meten van een aantal abiotische parameters, te weten de temperatuur, het zuurstofgehalte, de pH, het elektrisch geleidingsvermogen en de concentraties van chloride, ammonium, nitraat, totaal-N, orthofosfaat en totaal-fosfaat in het water. Ook zijn op deze 7 punten de waterdiepte en stroomsnelheid gemeten.

In 1995 vonden de metingen ongeveer maandelijks plaats, in 1996 is gedurende het eerste halfjaar tweewekelijks gemeten. Tabel 18 geeft een overzicht van de beschikbare meetgegevens van abiotische parameters (gebaseerd op Remesal e.a., 1997).

Tabel 18. Beschikbaarheid ecologische waterkwaliteitsgegevens (abiotische parameters) *)

| Locatie | Code | Aantal metingen | Meetperiode |
|---|-----------------|-----------------|-----------------------|
| Schuitenbeek bovenstrooms (voor Veldbeek) | 25202 (G24) | 10 | Jan. - dec. 1995 |
| Schuitenbeek middenloop (na Veldbeek) | 25200 | 19 | Jan. 1995 – mei 1996 |
| Schuitenbeek benedenstrooms (bij uitstroming; G10) | 25201 (G10) | 10 | Jan. - dec. 1995 |
| Veldbeek voor Blarickhorsterbeek | 25302 | 2 | Maart – april 1996 |
| Veldbeek tussen Blarickhorsterbeek en Goorsteeg/Knapzaksteeg | 25316 | 11 | Jan. - juni 1996 |
| Veldbeek tussen Goorsteeg / Knapzaksteeg en Groot Hell | 25301 (G23) | 11 | Jan. - juni 1996 |
| Veldbeek na Groot Hell | 25311 (G248) | 21 | Jan. 1995 – juni 1996 |

*) temperatuur, zuurstof, pH, elektrisch geleidingsvermogen, chloride, ammonium, nitraat, totaal-N, orthofosfaat, totaal-fosfaat.

De ecologische kwaliteit is destijds beoordeeld door de gemeten waarnemingen te vergelijken met de door waterkwaliteitsbeheerders gehanteerde grenswaarden. In de beoordeling zijn ook de geschatte grenswaarden van enkele abiotische parameters voor een natuurlijke laaglandbeek meegenomen (CUWVO, 1988).

Tabel 19 geeft een samenvatting van de ecologische waterkwaliteitsbeoordeling. Hieruit blijkt, dat in 1995 / 1996 de ecologische waterkwaliteit van de Veldbeek en Schuitenbeek niet significant verschilden (op basis van de abiotische indicatoren). Dat was ook in 1993 niet het geval (Remesal e.a, 1997). Het water is voedselrijk, waarbij de grenswaarden voor totaal stikstof en totaal-fosfor worden overschreden, zij het niet in extreme mate (Remesal e.a, 1997). Lage zuurstofgehalten waren het gevolg van de lage afvoer en geringe stroomsnelheid in de zomerperiode.

De waterkwaliteit van de Knapzaksteeg en Goorsteeg bleek niet significant slechter te zijn dan de waterkwaliteit in de rest van het stroomgebied van de Veldbeek.

Naast het meetprogramma van abiotische parameters zijn door het Waterschap ook biotische ecologische indicatoren gemeten, waaronder macrofauna. De databestanden zijn beschikbaar, maar nog niet geïnterpreteerd.

Tabel 19. Overzicht ecologische waterkwaliteit 1995-1996 (op basis van Remesal e.a, 1997)

| Locatie | Code | pH | O ₂ | Cl ⁻ | Nitraat -N | Totaal -N ¹⁾ | Ortho- P | Totaal -P ²⁾ |
|---|----------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|
| | | | | | | | | |
| Algemene grenswaarden | | 6.5 – 9.0 | > 5 | < 200 | - | 2.2 | - | 0.15 |
| Grenswaarde Ecologische normdoelstelling laaglandbeek | | 6-8 ²⁾ | > 6-9 8-11 ²⁾ | 10-40 ³⁾ | < 0-1 | - | <0-0.2 | - |
| Schuitenbeek bovenstrooms (voor Veldbeek) | 25202 | 7.1-8.2 | 6.2- 12.1 | 23-32 | 1.6-5.7 | 5.4 | 0.01- 0.32 | 0.25 |
| Schuitenbeek middenloop (na Veldbeek) | 25200 | 7.7-8.4 | 4.8- 12.6 | 28-44 | 0.1- 5.2 | 3.4-5.0 | 0.01- 0.19 | 0.15- 0.22 |
| Schuitenbeek benedenstrooms (bij uitstroming; G10) | 25201 (G10) | 7.1-8.7 | 6.0- 10.2 | 32-39 | 0.1- 5.0 | 4.4 | 0.01- 0.18 | 0.21 |
| Veldbeek voor Blarinckhorsterbeek | 25302 | | | | | | | |
| Veldbeek tussen Blarinckhorsterbeek en Goorsteeg/Knapzaksteeg | 25316 | 7.3-7.9 | 5.1- 14.5 | 31-37 | 1.1-3.3 | 3.9 | 0.01- 0.12 | 0.16 |
| Veldbeek tussen Goorsteeg / Knapzaksteeg en Groot Hell | 25301 | 7.5-7.8 | 2.7- 12.9 | 33-47 | 0.4-3.2 | 3.6 | 0.01- 0.13 | 0.17 |
| Veldbeek na Groot Hell | 25311 | 7.2-8.7 | 0.9- 14.4 | 30-46 | 0.6-5.5 | 3.4-5.1 | 0.01- 0.07 | 0.16- 0.19 |

¹⁾ Zomergemiddelde

²⁾ Jaargemiddelde

³⁾ Gemiddeld

Vetgedrukt: overschrijding grenswaarde

5.2 Bijzondere soorten en situaties

De Schuitenbeek en Veldbeek hebben betekenis als schakel in migratieroutes van tal van diersoorten tussen de Veluwe en de Randmeren en tussen de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug. De afzonderlijke natuursnipers in de beekdalen vervullen een belangrijke rol bij de uitwisseling van soorten. Ook gebruiken veel dieren, die in de bossen van de Veluwe leven, de lagere delen in de Gelderse Vallei als voedselbiotoop. Voorbeelden zijn de Havik, Buizerd en Das. De Veldbeek en de Schuitenbeek zijn ook beide van belang voor de IJsvogel.

Het stroomgebied van de Veldbeek is uiterst waardevol voor amfibieën en reptielen. Bijzondere soorten, die nog in het stroomgebied van de Schuitenbeek en Veldbeek voorkomen zijn de Kleine watersalamander, Kamsalamander, Heikikker, Ringslang, Hazelworm en Levendbarende hagedis (Remesal e.a, 1997). Opvallend is ook het voorkomen van de Rivierdonderpad in de Schuitenbeek (Remesal e.a, 1997).

In algemene zin kan gesteld worden, dat sinds 1980 de ecologische kwaliteit is verslechterd als gevolg van verdroging en beeknormalisatie (Remesal e.a, 1997). De ecologische kwaliteit van de Schuitenbeek (qua macrofauna) is slechter dan die van de Veldbeek. Veel karakteristieke beeksoorten zijn verdwenen.

Door het droogvallen van grote delen van de beek is de ecologische kwaliteit van de Veldbeek sinds 1980 ook verslechterd. Hier is de verdroging meer bepalend dan de normalisatie van bepaalde beektrajecten.

Mogelijk is na 1996 een verbetering van de ecologische kwaliteit van de Veldbeek opgetreden, omdat in dat jaar alle stuwen zijn voorzien met cascaden (vistrappen), om de migratie van vissen te bevorderen.

5.3 Gegevens(bestanden)

De gepresenteerde gegevens zijn voornamelijk afkomstig uit eerder onderzoek (zie de diverse referenties) en uit het Waterbeheersplan Veluwe 2002-2006 (Waterschap Veluwe, 2001). Het Waterschap Veluwe heeft een ecologisch meetnet, waar vooral macrofauna wordt bepaald. Het is nodig, dat deze gegevens nog in meer detail worden geanalyseerd.

6 Plannen voor het stroomgebied van de Schuitenbeek

Diverse bestaande (goedgekeurde) en ontwerpplannen kunnen gevolgen hebben voor de kwaliteit en kwantiteit van het oppervlaktewater in het stroomgebied van de Schuitenbeek, en dus ook voor de ecologische gesteldheid.

Voor deze systeemverkenning zijn met name de provinciale en regionale plannen relevant. Deze plannen zijn grotendeels een concrete, gebiedsspecifieke invulling van landelijk en Europees beleid. Daarnaast heeft de Provincie ook ruimte om eigen prioriteiten te stellen. De meest bepalende provinciale plannen zijn:

- het Derde Gelders Waterhuishoudingsplan 2005-2009 (WHP 3). Dit plan zal naar verwachting in december 2004 worden vastgesteld;
- het Streekplan 2004, dat naar verwachting medio 2005 vastgesteld zal worden;
- het (inmiddels vastgestelde) Gelders Milieuplan.

Deze provinciale plannen zijn sterk aan elkaar gerelateerd. De provinciale plannen (vooral het WHP 3) vormen weer een belangrijke basis voor het nieuwe Waterbeheersplan, dat door het Waterschap Veluwe wordt opgesteld. Het Waterschap Veluwe is ook verantwoordelijk voor strategische stroomgebiedvisies.

Veel van de voorgestelde maatregelen komen voort uit landelijk beleid ten aanzien van de randmeren van het IJsselmeer. De Directie IJsselmeergebied van Rijkswaterstaat voert het BOVAR-project uit (Bestrijding Overmatige Algen groei in de Veluwe Randmeren).

Waterhuishoudingsplan (WHP 3)

Het WHP 3 is een nadere invulling van bestaande stroomgebiedvisies, reconstructieplannen, het Nationaal Bestuursakkoord Water, en de Europese Kaderrichtlijn Water.

In het WHP 3 worden drie beleidsonderdelen onderscheiden, te weten “provinciebreed basisbeleid”, “aanvullend beleid in bijzondere gebieden” en “gebiedsgericht grondwaterbeheer”.

Ten aanzien van het provinciebreed basisbeleid zijn voor het Schuitenbeekgebied vooral het voorkomen van achteruitgang van de waterkwaliteit en de implementatie van de Kaderrichtlijn Water (KRW) relevant. In 2005 zal de gewenste chemische waterkwaliteit ingevolge de KRW worden vastgesteld, en gewerkt worden aan de realisering hiervan. Hiertoe zal het gebruik van meststoffen en pesticiden (belangrijke diffuse verontreinigingsbronnen) verder moeten afnemen. Dit zal worden gerealiseerd door de uitvoering van het Reconstructieplan Gelderse Vallei/Utrecht-Oost (zie hieronder). Ook wil de Provincie puntbronnen (zoals riooloverstorten) verder aanpakken.

Naast dit generieke beleid is ook gebiedsgericht beleid geformuleerd voor geselecteerde waardevolle gebieden, waar specifieke waterhuishoudkundige condities vereist zijn. Het stroomgebied van de Veldbeek is aangewezen als een dergelijk “actiegebied”. De waterhuishouding zal hier worden verbeterd, gericht op de verbetering van de waterkwaliteit en de ontwikkeling van natte natuur. De Veldbeek is aangewezen als HEN-water (zie ook Paragraaf 5.1).

Reconstructieplan Gelderse Vallei/Utrecht-Oost

Genoemde beleidsvoornemens zijn verder uitgewerkt in het Reconstructieplan Gelderse Vallei/Utrecht-Oost (dat naar verwachting wordt vastgesteld in november 2004) en het Gebiedsplan Natuur en Landschap Gelderse Vallei (vastgesteld in 2002).

Het Reconstructieplan voorziet in het bereiken van streefwaarden voor stikstof, nitraat en fosfaat in grond- en oppervlaktewater. In het kader hiervan zullen de stroomgebieden Veldbeek en Schuitenbeek in hun geheel worden aangepakt. Hiertoe zullen onder andere bedrijfsaanpassingen, milieuvriendelijker produceren en het verplaatsen van bedrijven worden gestimuleerd.

Een belangrijk onderdeel van het reconstructieplan is de herstructurering van de intensieve veehouderij, waarbij uitgegaan wordt van “integrale zonerings”. Deze zonerings stelt randvoorwaarden aan de ontwikkeling van de intensieve veehouderij. Onderscheiden worden “*extensiveringsgebieden*” (nadruk op natuur; geen groeimogelijkheden voor intensieve veebedrijven), “*verwevingsgebieden*” (verweving van landbouw, wonen en natuur) en “*landbouwontwikkelingsgebieden*” (nadruk op de landbouw).

Naar verwachting zal het reconstructieplan tot gevolg hebben, dat de landbouw per saldo zal extensiveren en dat er meer ruimte zal komen voor “verbrede landbouw”, zijnde landbouw met andere economische functies (bijvoorbeeld zorg- of kampeerboerderijen). Het gebruik van meststoffen en pesticiden zal verder afnemen en natuur- en landschapswaarden zullen worden versterkt.

De goedkeuringsprocedure van het reconstructieplan is bijna afgerond. Naar verwachting zal het plan in november 2004 door de Provincies Gelderland en Utrecht worden vastgesteld. De uitvoering zal ongeveer twaalf jaar gaan duren.

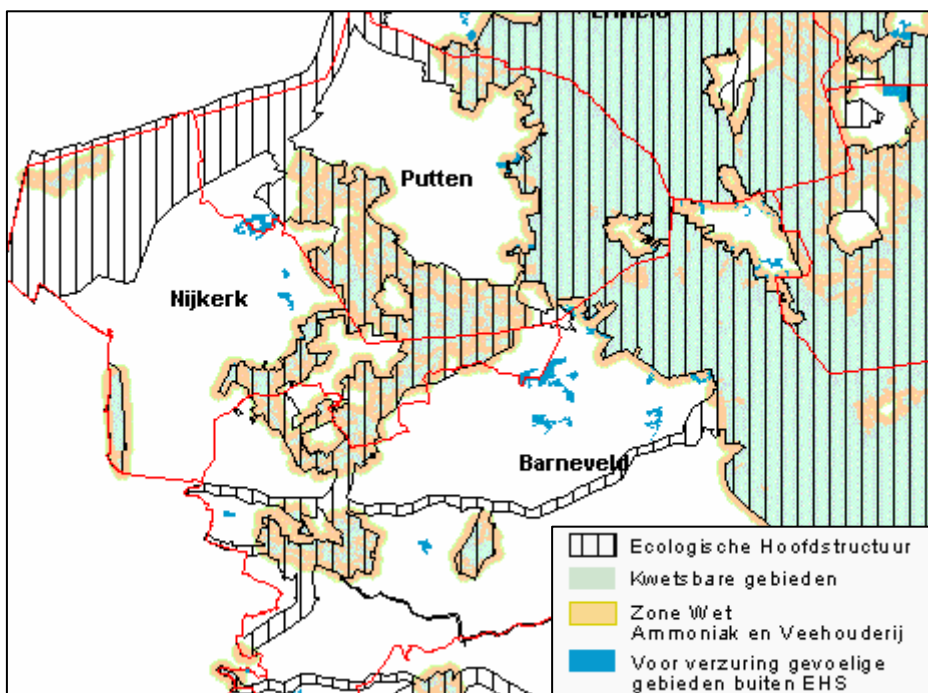
Gebiedsplan Natuur en Landschap Gelderse Vallei

In de reconstructiegebieden liggen ook belangrijke onderdelen van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Dit is het globaal gedefinieerd landsdekkend netwerk van bestaande en nog te ontwikkelen natuurgebieden in Nederland. De provincies stellen de gedetailleerde begrenzingen van dit netwerk vast door middel van de provinciale Ecologische Hoofdstructuur. De provincie Gelderland heeft in september 2002 de begrenzing van de provinciale Ecologische Hoofdstructuur voorlopig vastgesteld op basis van de Gelderse Natuurdoelenkaart (2000), die is uitgewerkt in vijf gebiedsplannen Natuur en Landschap.

In het Gebiedsplan Natuur en Landschap Gelderse Vallei zijn de EHS gebieden aangegeven, alsmede de natuurdoelen. De voor het stroomgebied van de Schuitenbeek belangrijkste elementen hierin zijn:

- prioriteit voor het behouden en versterken van de aanwezige natte heideterreinen, zoals de Appelse en Kruishaarse heide, die in het zuidelijk deel van het stroomgebied liggen;
- herstellen van het ecologisch waardevolle beekstelsel van de Veldbeek;
- realiseren van ecologische verbindingzones;
- behouden en versterken van de bijzondere bossen op iets rijkere standplaatsen in het gebied tussen Zwartebroek en de Appelse Heide en in het stroomgebied van de Veldbeek.

De begrenzing van de Ecologische Hoofdstructuur is van belang voor het grondgebruik. In gebieden die binnen de Ecologische Hoofdstructuur vallen (of in een zone van 250 meter eromheen), die bovendien zijn aangemerkt als voor verzuring gevoelig gebied, worden beperkingen opgelegd aan veehouderijbedrijven (zie Figuur 28).



Figuur 28. Gebied met beperkingen landgebruik (bron: Provincie Gelderland)

Strategische stroomgebiedvisies

Het Waterschap Veluwe heeft voor al haar (deel)stroomgebieden een gewenste ontwikkelingsrichting aangegeven, de zogenaamde “waterkoersen”. Het stroomgebied van de Veldbeek heeft een “blauwe koers”, de rest van het Schuitenbeekgebied heeft een gele waterkoers. Voor de gebieden met een gele waterkoers geldt, dat deze dienen te voldoen aan de basis-waterkwaliteitsnormen

(MTR-waarden) en in geringe mate hoeven aan te sluiten bij oorspronkelijke, dynamische processen.

Voor de gebieden met een blauwe waterkoers (het stroomgebied van de Veldbeek) geldt, dat deze in sterke mate dienen aan te sluiten bij de oorspronkelijke, dynamische processen en dat oorspronkelijke levensgemeenschappen zich moeten kunnen ontwikkelen. In deze gebieden zullen aanvullende richtlijnen ontwikkeld worden. Uitgangspunt is, dat water sturend is in de ruimtelijke ordening en dat de menselijke beïnvloeding minimaal dient te zijn. Ten aanzien van de hydrologie wordt een vrije stromingsdynamiek nagestreefd, inclusief natuurlijke overstromingen. Lozingen en onttrekkingen worden niet toegestaan en er dient in principe geen gebruik gemaakt te worden van buisdrainage en stuwen.

Uit bovenstaande kan worden geconcludeerd, dat de diverse plannen naar verwachting positieve gevolgen zullen hebben voor de oppervlaktewaterkwaliteit en ecologie. Dit geldt vooral voor het stroomgebied van de Veldbeek. Een verdere detaillering binnen het stroomgebied is in dit stadium nog niet mogelijk.

7 Conclusies

In het kader van het project “Meerjarig monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders” worden de effecten van het mestbeleid op stroomgebiedniveau onderzocht. Hiertoe zal een combinatie van een meetprogramma en (model)berekeningen worden toegepast, die elkaar aanvullen en versterken.

Middels een verkennende systeembeschrijving is een overzicht opgesteld van de beschikbare informatie in relatie tot de benodigde informatie voor het effectief kunnen uitvoeren het monitoringsprogramma (meten en modelleren), en zijn de meest kritische systeemcomponenten en -parameters geïdentificeerd. Hieronder volgen de belangrijkste conclusies:

Relevante bronnen en transportprocessen

In het stroomgebied van de Schuitenbeek zijn de atmosferische depositie en bemesting de belangrijkste stikstofbronnen. Voor fosfor is bemesting de belangrijkste bron. Mogelijk levert kwel ook, plaatselijk, een significante bijdrage (achtergrondbelasting). Puntbronnen spelen alleen een rol van betekenis in een aantal waterlopen benedenstreams van het bestaande continue meetpunt.

In het bodemsysteem zijn de oppervlakkige afspoeling, vastlegging en uitspoeling, ammoniakvervluchtiging en denitrificatie de belangrijkste omzettings- en transportprocessen voor stikstof. Voor fosfor zijn dat oppervlakkige afspoeling, vastlegging in de bodem en uitspoeling.

Afvoer van stikstof en fosfor vindt hoofdzakelijk plaats via het gewas en door het oppervlaktewater. In mindere mate kan, plaatselijk, ook afvoer via drinkwateronttrekkingen en het diepe grondwater een rol spelen.

Op basis van de huidige gegevens kunnen nog geen gedetailleerde stikstof- en fosforbalansen voor het stroomgebied van de Schuitenbeek worden opgesteld. Ook kan nog geen gedetailleerde waterbalans (inclusief kwel en wegzijging) worden opgesteld.

Bronnen

Atmosferische depositie

De atmosferische depositie levert een belangrijke bijdrage aan de stikstofbalans. Deze is bekend voor de jaren vanaf 1999. Teneinde historische trends te kunnen analyseren is het gewenst ook de gegevens van vóórgaande jaren te inventariseren.

Bemesting

Het bemestingniveau en de afvoer van nutriënten via het gewas zijn sterk afhankelijk van het grondgebruik. Uit de systeemverkenning kan worden geconcludeerd, dat de jaarlijkse variatie in grondgebruik gering is en bovendien het aandeel van de akkerbouwgewassen klein is (minder dan 5%). De momenteel beschikbare informatie betreffende het grondgebruik is voldoende, maar het bemestingniveau dient nader gekwantificeerd te worden, aangezien dit sterk is afgenomen. Bemestinggegevens dienen bij voorkeur per deelstroomgebied en per grondgebruiktype beschikbaar te zijn, inclusief het verloop in de tijd.

Gezien het belang van de bemestinggegevens is het wenselijk te onderzoeken of deze gegevens verder gedetailleerd kunnen worden, waarbij bijvoorbeeld ook onderscheid naar bodemsoort of hydrologische gesteldheid wordt gemaakt.

Achtergrondbelasting

Voor het kwantificeren van de achtergrondbelasting is het nodig dat kwel- en wegzijginggebieden in kaart worden gebracht, dat de optredende intensiteiten worden gekwantificeerd en dat de kwaliteit van het (diepere) grondwater bekend is.

Voor het nader bepalen van de gebieden waar kwel of wegzijging optreedt dienen voor het gehele stroomgebied de grondwaterstanden in de bovenste watervoerende pakketten nader geanalyseerd te worden. De meeste van deze gegevens zijn beschikbaar, maar nog niet alle gegevens zijn geïnterpreteerd. De kwelintensiteiten zijn moeilijk te kwantificeren. Deze kunnen modelmatig worden bepaald, of geschat uit de hydraulische gradiënten en bodemparameters.

Grondwaterkwaliteitgegevens zijn nog niet beschikbaar. Waarschijnlijk beschikt het RIVM over de benodigde data. Mocht dit niet het geval zijn, dienen een beperkt aantal grondwater observatieputten (5 a 10 stuks) éénmalig te worden bemonsterd (en in de toekomst ongeveer 2 keer per jaar).

Transportprocessen in de bodem

Behalve door de bronnen en het hieraan gerelateerde grondgebruik wordt de belasting van het oppervlaktewater door nutriënten sterk bepaald door de fysische en chemische bodemeigenschappen, en het hydrologische systeem. De fysische- en chemische eigenschappen van de bodem bepalen in hoge mate de omzetting- en transportprocessen in de bodem, zoals ammoniakvervluchtiging, denitrificatie, vastlegging (adsorptie) en uitspoeling. De momenteel beschikbare digitale bodemkaart en de bodemfysische- en bodemchemische gegevens zijn voldoende gedetailleerd om deze processen te kunnen beschrijven.

Omdat een aantal effecten van veranderend mestbeleid naar verwachting pas op een langere termijn waarneembaar zullen zijn, dient een onderzoek naar die effecten een voldoende lange periode te omvatten (enkele tientallen jaren). Het betreft dan vooral de uitspoeling van geadsorbeerd fosfor (naijleffect).

Hydrologisch systeem

Neerslag en verdamping

Uit deze systeemverkenning kan worden geconcludeerd, dat de neerslag een zeer bepalende factor is voor de oppervlaktewaterafvoer en de afvoer van nutriënten via het oppervlaktewater. De jaarlijkse fluctuaties in de neerslaghoeveelheden zijn aanzienlijk. De reactietijd van het oppervlaktewatersysteem op de neerslag is erg kort, zodat voor een gedetailleerde systeemanalyse meteorologische gegevens op dagbasis beschikbaar moeten zijn.

Uit deze systeemverkenning blijkt verder, dat de ruimtelijke variabiliteit van de neerslag binnen het stroomgebied significant is. Deze ruimtelijke variabiliteit kan afdoende worden beschreven door de gegevens van drie meteo-stations te gebruiken, te weten Nijkerk, Putten en Voorthuizen. De verdamping is minder (ruimtelijk) variabel. Voor deze gegevens kan in principe het meteo-station De Bilt gebruikt worden, met mogelijk aanvullingen vanuit de stations Soesterberg en/of Deelen. Alle benodigde meteorologische gegevens zijn beschikbaar.

Oppervlaktewater

Het oppervlaktewater staat centraal in dit onderzoek. Om de afvoer van water en nutriënten, alsmede de optredende processen in het oppervlaktewaterstelsel, goed te kunnen beschrijven en analyseren zijn gedetailleerde geometrische- en hydraulische gegevens van het oppervlaktewatersysteem nodig, inclusief kunstwerken. Die zijn beschikbaar bij het Waterschap in de vorm van leggergegevens. Deze leggergegevens zijn echter niet volledig. Daarnaast is de gedetailleerde hoogtekaart van het gehele stroomgebied nodig, o.a. om de deelstroomgebieden te kunnen identificeren. Deze kaart is beschikbaar (Algemeen Hoogtebestand Nederland).

Grondwater

Een groot deel (circa 40%) van het stroomgebied van de Schuitenbeek heeft geen zichtbare afvoer. Dit betreft het oostelijk deel van het stroomgebied (Veluwe massief). Het neerslagoverschot wordt hier dus geheel door het grondwater afgevoerd. Hoewel dit in absolute zin een grote hoeveelheid water vertegenwoordigt, is de relatieve bijdrage aan het regionale, diepe grondwatersysteem gering. Dat geldt ook voor de belasting door nutriënten.

In het westelijk deel van het stroomgebied wordt het diepe grondwater door een aantal slecht doorlatende lagen gescheiden van het ondiepe grondwater (eerste watervoerend pakket; tot circa 15 à 20 meter onder maaiveld). In de gebieden waar kwel optreedt, is het aandeel van dit diepe grondwater op de totale kwelstroom gering, zowel qua waterhoeveelheid als belasting.

Teneinde de belasting van het oppervlaktewater door nutriënten vanuit het grondwatersysteem te kunnen evalueren dient dus vooral het ondiepe grondwater (tot 15 à 20 meter beneden maaiveld) onderzocht te worden (één en ander is nog afhankelijk van meer gedetailleerde belastinggegevens). Dit betekent, dat in principe geen volledig grondwatermodel hoeft te worden ontwikkeld. Het te gebruiken

modelinstrumentarium dient het ondiepe grondwater te kunnen simuleren en dient geïntegreerd te kunnen worden met het oppervlaktewatersysteem.

Bestaand meetnet

De historische gegevens van het bestaande meetnet laten geen eensluidende trends zien in de concentraties (en vrachten) van nutriënten in het oppervlaktewater. Verder is het niet mogelijk de waargenomen concentraties te relateren aan (veranderingen in) nutriëntenbronnen, aangezien deze bronnen nog onvoldoende zijn gekwantificeerd, en bovendien het huidige meetprogramma niet (voldoende) is gerelateerd aan specifiek grondgebruik. Met het bestaande meetprogramma zijn de effecten van het mestbeleid op de oppervlaktewaterkwaliteit dus niet aan te tonen.

Ecologie

Op basis van de thans beschikbare gegevens kunnen de ecologische waterkwaliteit en eventuele trends in de afgelopen jaren niet in voldoende mate van detail worden beschreven. Ook kan met het huidige meetnet geen relatie worden gelegd tussen de ecologische parameters en de nutriëntenconcentraties. Om ecologische effecten te kunnen monitoren is het noodzakelijk, dat aquatische soorten en levensgemeenschappen qua voorkomen en differentiatie bekend zijn, inclusief veranderingen in de tijd. Een meer systematische ecologische monitoring, waarbij de relevante, nutriëntengerelateerde ecologische parameters op deelstroomgebiedsniveau worden gemeten, is daarom noodzakelijk.

Gewenste aanpassingen meetnet

Voor het monitoringsprogramma is het gewenst, dat een aantal additionele meetpunten wordt ingericht waar afvoer, nutriëntenconcentraties en ecologische parameters worden bepaald. Voor de inrichting van het toekomstig ecologisch meetnet en de toekomstige ecologische monitoring dient nog meer informatie te worden verzameld over de aquatische ecologische gesteldheid in het gebied.

De bestaande continue monitoring van waterafvoer, stikstof en fosfor op het continue meetpunt 25210 (G28) dient te worden voortgezet. Er dient aandacht geschonken te worden aan de consistentie van de meetgegevens.

Het meetprogramma kan in de toekomst worden geoptimaliseerd, waarbij gebruik gemaakt zal worden van zowel de resultaten van dit aangepaste meetprogramma als van modelberekeningen. Het simultaan uitvoeren van een meetprogramma en modelberekeningen is gericht op het zo (kosten)effectief mogelijk vergroten van de systeemkennis, waarmee vervolgens nadere aanbevelingen gedaan kunnen worden ten aanzien van meetlocaties (inclusief roulerende meetlocaties), meetfrequenties en parameters.

Systeemanalyse

Gezien de ruimtelijke variabiliteit van de interactie van het oppervlaktewater met andere systeemcomponenten, en de dynamiek van het oppervlaktewatersysteem, is het noodzakelijk om voor verder onderzoek gebruik te maken van een regionaal, niet-stationair model. Het model dient geïntegreerd te kunnen worden met modellen, die andere systeemcomponenten kunnen simuleren, zoals het ondiepe grondwater, de bodem en de atmosfeer.

De algehele conclusie van de systeemverkenning voor het stroomgebied van de Schuitenbeek is, dat het op basis van de geïnventariseerde gebiedsgegevens niet mogelijk is om de bijdrage van de landbouw aan de belasting van het oppervlaktewater door nutriënten te kwantificeren, en de effecten van het mestbeleid te volgen en te voorspellen.

De redenen hiervoor zijn:

- Het is met de bestaande gegevens niet mogelijk een (sluitende) water- en stoffenbalans voor het stroomgebied op te stellen;
- De bronnen (inclusief de achtergrondbelasting) zijn onvoldoende gekwantificeerd;
- Het bestaande meetnet is niet voldoende (specifiek) ingericht om de effecten van het mestbeleid te monitoren.

Om het mestbeleid te kunnen evalueren is het noodzakelijk om een andere manier van monitoren (meten én modelleren) te introduceren.

Literatuur

- Akkerman, S.S. ; Fiselier, J.L. ; 1988 ; Rietgorzen in de randmeren : ontwerpen van natuurzuiveringssystemen bij de RWZI van Harderwijk en nabij de mondingen van de Hierdense beek en de Schuitenbeek ; Leiden : Rijksuniversiteit; CML-mededelingen no. 36 ; 73 p. + 2 krt.
- Akkerman, S.S.; Fiselier, J.L. ; Hospers, S.H; 1990; Moerassystemen voor waterzuivering en natuurontwikkeling; ontwerpstudies voor de Veluwerandmeren. Tijdschrift : H₂O, Jrg. 23, 3 (1 februari 1990); p. 53, 60-65.
- ARCADIS ; 2001 ; Mineralenbalans en trendanalyse Hierdense Beek. Waterschap Veluwe ; 99p.
- Boer, W.A. de ; Negate, G.L. ; Oosterom, H.P. ; Pankow, J. ; 1996-1997; Afvoer van water, stikstof en fosfor in het Schuitenbeek – stroomgebied; Wageningen : DLO-Staring Centrum, Rapport / DLO-Staring Centrum, ISSN 0927-4499 ; 424.
- 1: Veldonderzoek 1988 - 1994 / G.L. Negate, H.P. Oosterom, J. Pankow [e.a.] ; 1997. ; 84 p.
- 2: Beekafvoeren 1988 - 1994 / W.A. de Boer, G.L. Negate, H.P. Oosterom [e.a.] ; 1996. ; 195 p. (met diskette).
- BOVAR, 1998. Balansen van de Randmeren. Resultaten en Analyse van de periode 1990-1997; 78 p.
- BOVAR, 2001. Balansen van de Randmeren. Resultaten en Analyse van het jaar 1998. 85 p.
- Breeuwsma, A. ; Reijerink, J.G.A. ; Schoumans, O.F. ; 1989; Fosfaatbelasting van bodem, grond- en oppervlaktewater in het stroomgebied van de Schuitenbeek ; Wageningen : Staring Centrum ; Rapport Staring Centrum 10; 91 p.
- Breeuwsma, A. ; Reijerink, J.G.A. ; Schoumans, O.F. ; 1990; Fosfaatverzadigde gronden in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied; Staring Centrum rapport 68 ; 63 p.
- Breeuwsma, A. ; Schoumans, O.F. ; Reijerink, J.G.A. ; 26 april 1990; Fosfaatverzadigde gronden: analyse van problemen en oplossingen. In : Milieueffecten van nitraat en fosfaat uit dierlijke mest: problemen en oplossingen. ; Wageningen : Staring Centrum ; 1990 - DLO Onderzoek inzake de mest- en ammoniumproblematiek in de veehouderij ; 7; p. 51-62.

- CUWVO, 1988. Ecologische normdoelstellingen voor Nederlandse wateren. CUWVO werkgroep V-1, 's-Gravenhage.
- Gils, K. van ; 2000 ; Milieuagenda voor de 21e eeuw : voortgaand milieubeleid in de periode 2000 tot en met 2003 ; Nijkerk : Gemeente Nijkerk, Sector Ruimtelijke Ontwikkeling, Afdeling Milieu ; 37 p.
- Jeurissen, L.J.J ; 1993; Verkenningen van mogelijke waterbeheersmaatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden met modelberekeningen ; Wageningen : SC-DLO, Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Staring Centrum ; SC-DLO rapport 285 ; 42 [2] p.
- Jeunissen, L.J.J.; Verhaegh, W.B; 1990; Invloed van schijngrondwaterspiegels op de fosfaatuitspoeling uit een perceel met een fosfaatverzadigde grond ; Staring Centrum rapport 47 ; 69 p.
- Kunst, R. ; Duin, E.H.S. van ; 1993; De verspreiding van Schuitenbeek- en Puttergemaalwater in het Wolderwijd – Nuldernauw; Wageningen : Landbouwuniversiteit; 38 p.
- KNMI, 2002. Klimaatatlas van Nederland 1971-2000. Elmar, Rijswijk.
- Landinrichtingscommissie Nijkerk-Putten Citaat (Velp); 1996? ; Herinrichting Nijkerk Putten : voorontwerpplan, milieu-effectrapport ; Landinrichtingscommissie Nijkerk-Putten ; 80 p. + 1 krt.
- Landinrichtingscommissie Nijkerk-Putten ; 2000 ; Herinrichting Nijkerk-Putten : ontwerp landinrichtingsplan en eerste uitvoeringsmodule ; Arnhem : Landinrichtingscommissie Nijkerk-Putten ; 81 p.
- Landinrichtingsdienst (Utrecht); 1958; Rapport betreffende ruilverkaveling van gronden gelegen in de gemeenten : Nijkerk en Putten, genaamd ruilverkaveling "Polder Arkemheen" ; Utrecht : Cultuurtechnische Dienst ; 52 p. + 6 bijl.
- Landinrichtingsdienst (Utrecht), 1993; Landinrichting en milieu: een schone taak : een onderzoek naar maatregelen met positieve milieu-effecten met als studiegebied Nijkerk - Putten ; Utrecht : Landinrichtingsdienst ; 190 p.
- Leenders, W.H. ; Brouwer, F. ; Knotters, M. ; 1990 ; De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Nijkerk - Putten : resultaten van een bodemgeografisch onderzoek ; Wageningen : Staring Centrum; Rapport / Staring Centrum, ISSN 0924-3070 ; 54 ; 269 p. + 9 krt.
- Leenen, J.D. ; Holleman, E.T. ; Swart, E.O.A.M. de ; 1996; Beknopte haalbaarheidsstudie afleiding Schuitenbeek over land. Rotterdam : IWACO, Vestiging West; [33] p.

- Mensink, M. ; 1995 ; Structuurnotitie milieu Nijkerk-Putten ; Arnhem : Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden ; 31 p, [13] bl .
- Meyerink, W.E. ; 1942; Verslag van de praktijktijd (in de bosschen van Het Geldersch Landschap bij Arnhem, de bosschen van de gemeente Arnhem en het Putterbosch bij Putten), 1 juli - 1 oktober 1942 ; Wageningen : L.H ; 27 p.
- Molen, D. van der ; Fainberg, Z. ; 1994; Vergelijking van af- en uitspoelingsmodellen voor nutriënten na toepassing in het stroomgebied van de Schuitenbeek ; Rijkswaterstaat, RIZA : Werkdocument / Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling ; 94.025X; 39 p.
- Nijkerk Copijn Groenadviseurs Nieuwland Advies; 1993 ; Beekboerenplan : cascoplan voor milieuvriendelijke landbouw in Nijkerk ; Nijkerk : Gemeente Nijkerk [etc.] ; 87 p.
- Overbeek, G.B.J. ; Grinsven, J.J.M, van ; Roelsma, J. ; Groenendijk, P. ; Egmond, P.M, van. : Beusen, A.H.W. ; 2001 ; Achtergronden bij de berekening van vermisting van bodem en grondwater voor de 5^e milieuverkenning met het model STONE. RIVM rapport 408129020 ; 85 p.
- Provincie Gelderland. Grondwaterontrekkingen.
- Reeders, H.H.; 1998; Delta Schuitenbeek : voortgangsrapportage en planning 1998 e.v; [S.l.] : BOVAR Projectgroep 1; BOVAR rapport nr. 98.01; [47] p.
- Remesal, L. ; Vlies, M. van der ; 1997 ; Ecologische visie herinrichting benedenloop Veldbeek ; [s-Graveland] : Vereniging Natuurmonumenten; O&B - rapport ; no. 97-02; 33 p.
- Riele, W.J.M. te; Ruimtelijke interpolatie van grondwaterstanden. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte; NOD-nummer : N033674.
- Rijkslandbouwconsulentschap voor de Veluwe, 1955 ; De landbouw in de gemeente Putten ; Arnhem: Rijkslandbouwconsulentschap voor de Veluwe ; 59 p.
- Rijkswaterstaat, 1980. Foutenanalyse beekafvoeren.
- Rijkswaterstaat, 1981. Afvoersimulatie Schuitenbeek 1976-1981.
- Schoumans, O.F. ; Kruijne, R. ; 1995; Voorspelling van de fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater in het stroomgebied van de Schuitenbeek; Wageningen : DLO-SC; Rapport / DLO-Staring Centrum, ISSN 0927-4499; 386; 79 p.
- TNO, Dienst Grondwaterverkenning, 1985. Grondwaterkaart van Nederland, Amersfoort Oost (Kaartmap 32 oost)

- Veen, T. van der ; Vrenken, F. ; 2001 ; Knelpuntenanalyse Putterpolder & Nijkerk : een onderzoek naar het ontstaan en het voorkomen van wateroverlast in de Putterpolder en het stedelijk gebied rondom Nijkerk ; [S.l.] : [s.n.] ; 36 p + bijlagenbundel.
- Verdonschot, P.F.M. ; 1996; Migratie van beekmacrofauna en beekvissen : migreerbaarheid van een gesloten of open afleiding van de Schuitenbeek ; Wageningen : IBN-DLO; 85 p.
- Vermulst, J.A.P.H. ; 1992; Redesign DEMGEN : toetsing van de hydrologische schematisatie op afvoeren van de Schuitenbeek ; RIZA werkdocument nr. 92.053X; Rapport / Landbouwniversiteit, Vakgroep Waterhuishouding, ISSN 0926-230X ; 25; 34 p.
- Vermulst, J.A.P.H. ; 1993; Toetsing van de waterkwaliteitsmodellen NITSOL en PHOSOL op stikstof- en fosfaatvrachten in de Schuitenbeek ; [S.l.] : Rijkswaterstaat [etc.] ; Nota / Rijkswaterstaat, RIZA ; 93.002; 116 p.
- Voskuilen, M.J. ; 1995 ; Zicht op inrichting : de landbouw in Nijkerk - Putten in vogelvlucht ; Den Haag : LEI-DLO ; Mededeling / Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) ; 520) ; 39 p.
- Vrielink, J.G. ; 1981 ; Begraafplaats Zuiderzeestraatweg, gemeente Putten : bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid ; Wageningen : Stiboka ; Rapport / Stichting voor Bodemkartering ; no. 1619 ; 8 p.
- Waterschap Veluwe, 2001. Waterbeheersplan Veluwe 2002 tot 2006.
- Wösten J.H.M., F. de Vries en J. Denneboom, 1988. Generalisatie en bodemfysische vertaling van de bodemkaart van Nederland, 1:250000, ten behoeve van de PAWN-studie. Wageningen, Stiboka. Rapport 2055.

Bijlage 1 Oppervlakten van bodemeenheden

| Code | Omschrijving | Oppervlakte (ha) |
|----------------------------------|--|------------------|
| ABv | Venige beekdalgronden | 26 |
| AS | Stuifzandgronden | 257 |
| bEZ21 | Hoge bruine enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 14 |
| bEZ23 | Hoge bruine enkeerdgronden; lemig fijn zand | 133 |
| cHd21 | Kammpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 4 |
| cHn21 | Laarpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 180 |
| cHn23 | Laarpodzolgronden; lemig fijn zand | 1 |
| cY21 | Loopodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 86 |
| cY30 | Loopodzolgronden; grof zand | 84 |
| EK19 | Tuineerdgronden; lichte zavel, profielverloop 5, of 5 en 2, of 2 | 33 |
| EZg23 | Lage enkeerdgronden; lemig fijn zand | < 0.5 |
| Hd21 | Haarpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 376 |
| Hd30 | Haarpodzolgronden; grof zand | 47 |
| Hn21 | Veldpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 2141 |
| Hn23 | Veldpodzolgronden; lemig fijn zand | 98 |
| Mn52C | Kalkarme poldervaaggronden; zavel, profielverloop 2 | 48 |
| Mn56C | Kalkarme poldervaaggronden; zavel, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4 | < 0.5 |
| pZg21 | Beekeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 15 |
| pZg23 | Beekeerdgronden; lemig fijn zand | 518 |
| pZn21 | Gooreerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 3 |
| Y21 | Holtpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 1050 |
| Y30 | Holtpodzolgronden; grof zand | 788 |
| Zd21 | Duinvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 10 |
| zEZ21 | Hoge zwarte enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 544 |
| zEZ23 | Hoge zwarte enkeerdgronden; lemig fijn zand | 139 |
| zEZ30 | Hoge zwarte enkeerdgronden; grof zand | 6 |
| Zn21 | Vlakvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand | 59 |
| Zn23 | Vlakvaaggronden; lemig fijn zand | 321 |
| zVc | Meerveengronden op zeggeveen. rietzeggeveen of broekveen | 7 |
| b AFGRAV | Afgegraven | 1 |
| f TERP | Oude bewoningsplaats | 3 |
| g MOERAS | Moeras | 2 |
| h BEBOUW | Bebouwing | 377 |
| h DIJK | Dijk | < 0.5 |
| Totaal (excl. Open water) | | ≈7372 |

Bijlage 2 Jaarlijkse neerslag stroomgebied Schuitenbeek

| Jaar | Nijkerk (mm) | Putten (mm) | Voorthuizen (mm) | Gemiddeld (mm) | Omschrijving * |
|-------------------------|-----------------|----------------|---------------------|-------------------|----------------|
| 1970 | 773.8 | 839.5 | 806.9 | 806.7 | normaal |
| 1971 | 529.1 | 606.1 | 526.4 | 553.9 | zeer droog |
| 1972 | 656 | 734.2 | 704.9 | 698.4 | droog |
| 1973 | 706.1 | 802.4 | 718.8 | 742.4 | droog |
| 1974 | 877.9 | 901.9 | 899.7 | 893.2 | normaal |
| 1975 | 642.3 | 741.2 | 617.9 | 667.1 | droog |
| 1976 | 485.7 | 546.8 | 524.5 | 519.0 | zeer droog |
| 1977 | 757 | 795.7 | 741.7 | 764.8 | normaal |
| 1978 | 608.3 | 766 | 697.5 | 690.6 | droog |
| 1979 | 906.6 | 1013.9 | 882.9 | 934.5 | nat |
| 1980 | 752 | 855.3 | 801.6 | 803.0 | normaal |
| 1981 | 815.7 | 994.6 | 971.6 | 927.3 | nat |
| 1982 | 664.7 | 706.9 | 714.2 | 695.3 | droog |
| 1983 | 877.5 | 1000.1 | 985.7 | 954.4 | nat |
| 1984 | 899.5 | 951.2 | 942.4 | 931.0 | nat |
| 1985 | 729.5 | 848.5 | 832.7 | 803.6 | normaal |
| 1986 | 784.8 | 862.2 | 855.5 | 834.2 | normaal |
| 1987 | 857.8 | 960.2 | 913.1 | 910.4 | nat |
| 1988 | 816.8 | 989.7 | 902.1 | 902.9 | normaal |
| 1989 | 647.5 | 822.9 | 745.7 | 738.7 | droog |
| 1990 | 829.9 | 930.2 | 884.9 | 881.7 | normaal |
| 1991 | 662.8 | 754.9 | 699.8 | 705.8 | droog |
| 1992 | 910.3 | 1014.5 | 957.4 | 960.7 | nat |
| 1993 | 886.9 | 1073.7 | 976.9 | 979.2 | nat |
| 1994 | 1013.1 | 1150.6 | 1106.5 | 1090.1 | zeer nat |
| 1995 | 703.1 | 839.6 | 759.2 | 767.3 | normaal |
| 1996 | 620 | 746.3 | 673.3 | 679.9 | droog |
| 1997 | 711.9 | 816 | 743.3 | 757.1 | normaal |
| 1998 | 1159.5 | 1291.1 | 1166.8 | 1205.8 | zeer nat |
| 1999 | 817.4 | 810 | 798.8 | 808.7 | normaal |
| 2000 | 992.9 | 946.5 | 909.5 | 949.6 | nat |
| 2001 | 1002.7 | 1042.5 | 1052.2 | 1032.5 | zeer nat |
| 2002 | 910.4 | 952.4 | 829.9 | 897.6 | normaal |
| 2003 | 640.6 | 662.8 | 655.8 | 653.1 | zeer droog |
| Langjarig gemiddelde | 777.5 | 875.7 | 822.0 | 825.1 | normaal |

* In deze tabel gehanteerde klassificatie:

zeer droog: gemiddelde < 80% langjarig gemiddelde

droog:: 80% langjarig gemiddelde < gemiddelde < 90 % langjarig gemiddelde

normaal: 90% langjarig gemiddelde < gemiddelde < 110 % langjarig gemiddelde

nat: 110% langjarig gemiddelde < gemiddelde < 120 % langjarig gemiddelde

zeer nat: 120% langjarig gemiddelde < gemiddelde

Bijlage 3 Meetpunten oppervlaktewaterkwaliteit

| Meetpunt: | Meetperiode(s): | Meetfrequentie: | |
|----------------|--|---|---|
| 25200 / G28 | 1994-2000 2001-2003 | ca. 1x/week ca. 1x/maand | Continu meetpunt |
| 25201 | 1973 1974-1977 1978-sept. 1989 okt. 1989-juli 1994 aug. 1994 -2003 | ca. 1x/maand ca. 4x/jaar ca. 1x/maand ca. 1x/week ca. 1x/maand | Einde stroomgebied / Randmeer |
| 25202 | 1981-1986 1992 1993 1995 2002 | ca. 1x/maand ca. 1x/maand Éénmalig ca. 1x/maand ca. 1x/maand | Schuitenbeek - Bovenstrooms van Veldbeek |
| 25280 | sept.-okt. 1993 | 2 metingen | Ven / heide |
| 25281 | Maart 1995-aug. 1997 | 4x/jaar | Ven / heide |
| 25291 | Maart 1995-nov. 1996 | 5 metingen | Ven / heide |
| 25295 | Maart 1995-nov. 1996 | 5 metingen | Ven / heide |
| 25301 | 1980 1981 1982-maart 1986 1992 1995 1996-1998 2000 2003 | Éénmalig ca. 1x/2maanden ca. 1x/maand ca. 1x/maand ca. 1x/maand ca. 1x/2 weken ca. 1x/maand ca. 1x/maand | 3-jaarlijkse roulatie |
| 25302 | 1980 1986-1987 1992 1996 | Éénmalig ca. 1x/2maanden Éénmalig 3x/jaar | Bovenstroomse tak Veldbeek |
| 25303 | 1980 1992 | Éénmalig Éénmalig | Bosrand |
| 25304 | 1980 1992 2003 | Éénmalig Éénmalig ca. 1x/maand | Natuur (Bovenstrooms Veldbeek) |
| 25305 | 1980 1992 1997 2000 2003 | Éénmalig Éénmalig ca. 1x/maand ca. 1x/maand ca. 1x/maand | 3-jaarlijkse roulatie |
| 25307 | 1980 1992 | Éénmalig Éénmalig | Bovenstrooms Goorsteeg |
| 25308 | 1992 | Éénmalig | Knapzaksteeg |

| | | | |
|-------|--------------------------------|---|--|
| 25309 | 1992 2003 | Éénmalig ca. 1x/2maanden | Einde Blarinckhorsterbeek |
| 25310 | 1992 | Éénmalig | |
| 25311 | 1995 1996-2001 2002-2003 | ca. 1x/week ca. 1x/2 weken ca. 1x/maand | Einde Veldbeek |
| 25312 | sept. 1992-okt. 1997 | ca. 1x/week | Proefproject / Aantal grotere onderbrekingen |
| 25316 | 1996-1998 2003 | ca. 1x/2 weken ca. 1x/2maanden | |
| 25317 | 1996-1998 | ca. 1x/2 weken | Einde Blarinckhorsterbeek |