



Invloed van grondwater op oppervlaktewater

Regionale differentiatie in Noord-Brabant

11 mei 2007
Definitief rapport
9S5637/R0001/900642/DenB





TNO Bouw en Ondergrond
Geological Survey of the Netherlands

Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

T 030 256 47 50
F 030 256 47 55
E info-BenO@tno.nl

tno.nl



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

Boschveldweg 21
Postbus 525
5201 AM 's-Hertogenbosch
+31 (0)73 687 41 11 Telefoon
073-6120776 Fax
info@den-bosch.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel	Invloed van grondwater op oppervlaktewater Regionale differentiatie in Noord-Brabant
Verkorte documenttitel	Invloed grondwater - oppervlaktewater
Status	Definitief rapport
Datum	11 mei 2007
Projectnaam	Invloed grondwater op oppervlaktewater
Projectnummer	9S5637
Auteur(s)	Floris Verhagen (RH), Hans Peter Broers (TNO), Andries Krikken (RH), Joachim Rozemeijer (UU/TNO), Remco van Ek (TNO), Michelle van Vliet (TNO), Bas van der Grift (TNO), Ruth Heerdink (TNO) Roel Knobben (RH)
Opdrachtgever	Provincie Noord-Brabant drs. E.T. Buijze
Referentie	9S5637/R0001/900642/DenB

SAMENVATTING

Dit rapport geeft aanbevelingen over te nemen maatregelen in het grondwatersysteem ten behoeve van het halen van de KRW doelen in het Brabantse oppervlaktewater. Deze aanbevelingen kunnen worden ingebracht in het KRW-gebiedsproces (voorjaar 2007) als regionale bijdrage aan de Maasnota zomer 2007.

Gekozen werkwijze op hoofdlijnen

Voor het halen van de KRW doelen in het oppervlaktewater in 2015 of zelfs 2027 is duidelijk geworden dat grootschalige aanpassingen vereist zijn in het generiek mestbeleid (Decembernote 2006). In dit rapport is er van uitgegaan dat deze aanpassingen op korte termijn niet gemaakt worden, conform de landelijke beleidsvoornemens verwoord in de KRW decembernote 2006. Het generieke mestbeleid en bestrijdingsmiddelenbeleid zijn in de afgelopen jaren aangescherpt en zullen in 2007 eerst geëvalueerd worden. Gezien de brede omvang van de problematiek kan geredeneerd worden dat een extra regionale inzet weinig bijdraagt aan de oplossing van de problematiek en daarom niet nuttig is. Zo is in dit rapport niet geredeneerd. Er is juist gekeken of wel gebieden of maatregelen zijn aan te wijzen waar, bovenop het bestaande landelijke beleid, maatregelen kunnen worden genomen die een significante bijdrage kunnen geven aan het halen van de KRW doelen.

Oppervlaktewater voldoet niet aan de kwaliteitseisen

Bij de karakterisering van het Maas-stroomgebied, de Stromon-Quickscan en de Brede Screening voor bestrijdingsmiddelen is naar voren gekomen dat de volgende stofgroepen een probleem vormen voor de kwaliteit van het oppervlaktewater in Noord-Brabant:

- nutriënten (stikstof, fosfaat, sulfaat);
- bestrijdingsmiddelen;
- zware metalen (cadmium, zink, koper, nikkel).

Voor deze stoffen worden de (voorlopige) KRW normen veelal ruimschoots overschreden in de gehele provincie. Bij de beoordeling is het belangrijk om onderscheid te maken in de goede chemische en de goede ecologische toestand voor de KRW:

- voor de goede chemische toestand (prioritaire stoffen) worden nog Europese normen vastgesteld, die later niet verder bijgesteld kunnen worden. Dit geldt voor cadmium en nikkel;
- voor de goede ecologische toestand wordt het Goed Ecologisch Potentieel (GEP) vastgesteld. De concentraties N, P, Zn en Cu maken hier onderdeel van uit.

Een precieze uitspraak over de mate van normoverschrijding kan nog niet gedaan worden. Maar de voorlopige indruk is dat alle stoffen op dit moment een probleem vormen of in de toekomst (metalen) een probleem gaan vormen.

Grondwater belangrijkste bron van oppervlakteverontreiniging

In het rapport is beoordeeld in hoeverre de boven geschetste problemen door uitstroming uit het grondwater worden veroorzaakt of door andere bronnen (RWZI, riooloverstorten, inlaat van gebiedsvreemd water of instroom van grensoverschrijdend water). Zowel op basis van modelstudies (STONE/ERC, Stromon-Pilot, KRW-verkenner) als op basis van nadere analyse van meetgegevens (Stromon-Quicksan) komt naar voren dat in de meeste Brabantse stroomgebieden de uitspoeling vanuit het grondwater de belangrijkste bron is van oppervlaktewaterverontreiniging. In slechts een beperkt aantal stroomgebieden hebben puntbronnen en externe aanvoer een relatief grotere bijdrage. De belasting van het oppervlaktewatersysteem door het grondwater is overal in het zandgebied aanwezig en belangrijk. De verontreinigingen zijn vooral afkomstig uit het bovenste deel van het grondwater.

Technische beschrijving invloed grondwater op oppervlaktewater

Grond- en oppervlaktewater maken deel uit van hetzelfde hydrologische systeem. De oppervlaktewaterkwaliteit is het resultaat van menging van grondwater afkomstig van verschillende diepteniveaus. Het bovenste grondwater is het meest verontreinigd door landbouwactiviteiten. Het diepere grondwater is schoner doordat veel verontreinigende stoffen sterk adsorberen in de ondiepe ondergrond (fosfaat en zware metalen) of worden afgebroken (nitraat).

Tijdens droge perioden wordt het oppervlaktewater voornamelijk gevoed vanuit het diepe, relatief schone grondwater. Onder nattere omstandigheden gaat het ondiepe grondwater ook bijdragen aan de oppervlaktewaterafvoer. Na nog nattere periodes komt ook het bovenste grondwater langs zeer korte stroombanen via kleinere sloten, greppels en drains en eventueel zelfs via oppervlakkige afstroming in de beek terecht. Vooral met deze snelle, oppervlakkige stroombanen wordt veel landbouwverontreiniging meegevoerd naar het oppervlaktewatersysteem.

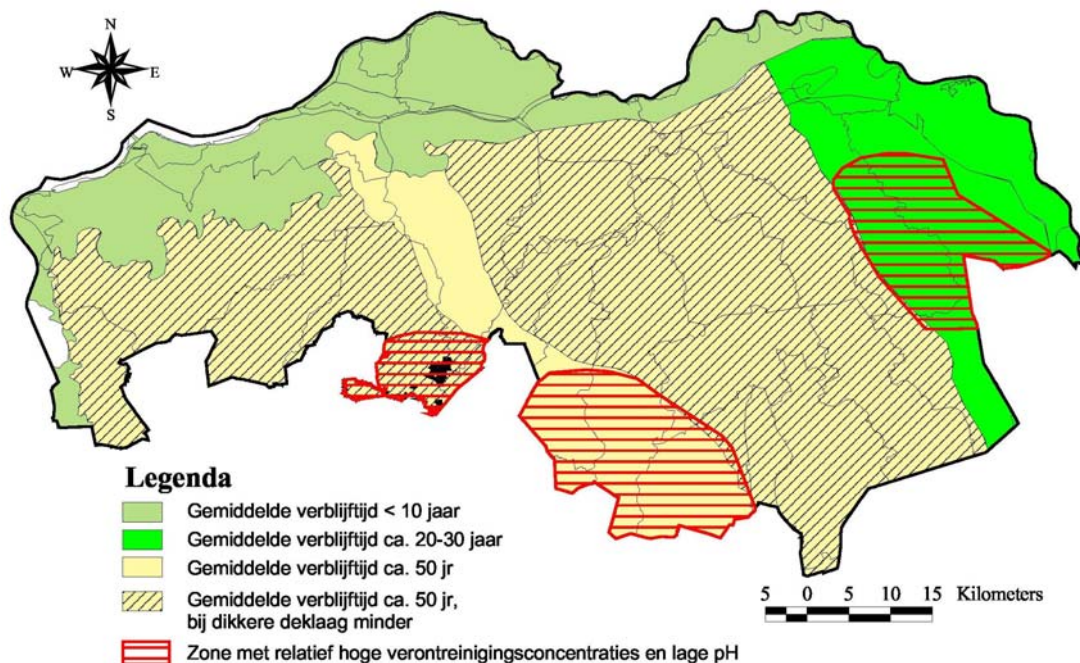
Door verschillen in chemische eigenschappen dringt de ene stof dieper in de ondergrond door dan de andere. Fosfaat en koper zitten voornamelijk in de bouwvoor en komen pas onder zeer natte omstandigheden in het oppervlaktewater terecht. Mobiele stoffen zoals nitraat en sulfaat zijn dieper in het grondwatersysteem doorgedrongen en komen al onder minder natte omstandigheden in het oppervlaktewater terecht.

Snelheid van het hydrologisch systeem

Voor nitraat en sulfaat wordt het effect van de maatregelen vooral bepaald door de hydrologische snelheid. In de praktijk wordt dit vooral bepaald door de dikte van het watervoerende pakket en in mindere mate door de doorlatendheid.

- in een ondiep pakket (zeg 5 m dik) is de gemiddelde reistijd naar het oppervlaktewater circa 5 jaar en is in het slechtste geval na 15 jaar vrijwel alle stof weer uit het systeem verdwenen. (dit zijn overigens ook de gebieden waar de effecten op oppervlaktewater het grootst zijn);
- het grootste effect van maatregelen is dus te verwachten in een goed gedraineerd gebied met een dun watervoerend pakket en samenhangende korte gemiddelde verblijftijd. Stoppen met mestbelasting heeft hier al heel snel effect als er sprake is van stoffen die snel reizen in het grondwater;
- in Noord-Brabant gaat het dan vooral om de kleigebieden en het gebied van de Peelhorst en Venlo Slenk (Figuur S.1).

Figuur S.1: Indicatie voor de snelheid van verontreiniging van het oppervlaktewater en weer schoonspoelen na het nemen van maatregelen op basis van de gemiddelde verblijftijd van het grondwater richting oppervlaktewater (effecten van vertragende processen niet meegerekend)



Chemische snelheid van het systeem

Naast de snelheid van het water is het van belang hoe de stoffen zich gedragen in de bodem: de chemische snelheid. Dit heeft te maken met de mate waarin de stoffen kunnen hechten (retardereren) aan de bodem. Voor retarderende stoffen is niet zozeer de hydrologische snelheid van het systeem, maar vooral de chemische snelheid van het systeem bepalend voor de effecten van maatregelen. De chemische snelheid is met name voor de zware metalen belangrijk. Uit de Stromon-pilotmodelstudie blijkt dat de in de ondergrond opgehoopte metalen maar langzaam uitspoelen en dat voor alle zware metalen tot aan 2050 een *toename* van de belasting van het oppervlaktewatersysteem is te verwachten.

Afstemmen van maatregelen op hydrologische en chemische snelheid

In zijn algemeenheid geldt dat *maatregelen snel effectief* zijn als:

- een stof snel afbreekt in het grondwater. Bijvoorbeeld afbraak/omzetting van nitraat;
- de stof nog steeds wordt opgebracht en het opbrengen kan worden stopgezet.

Maatregelen zijn op *korte termijn veel minder effectief* als:

- de stof retardeert in het grondwater (Zn, Ni, Cd en in nog sterkere mate Cu en P) en de stof dus ophoopt in de ondergrond;
- de stof in het verleden is opgebracht en er zich veel stof heeft opgehoopt in de ondergrond;
- er sprake is van een langzaam hydrologisch systeem, met dikke watervoerende pakketten en relatief lange gemiddelde verblijftijd.

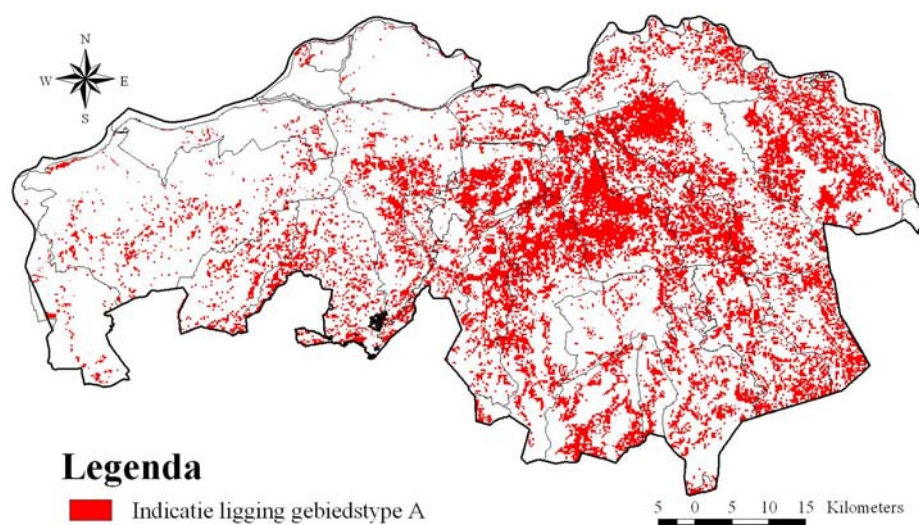
Afstemming maatregelen op gebiedstypen

In het zandgebied geldt eigenlijk voor alle stoffen dat de *problematiek provinciebreed* is. Het dominante patroon is hoge concentraties bovenin grondwatersysteem, en lagere concentraties met toenemende diepte. De belasting van het oppervlaktewatersysteem door het grondwater is dus overal in het zandgebied aanwezig en belangrijk. Dit betekent dat niet zozeer binnen RWSR gebieden differentiatie nodig is, maar wel bijvoorbeeld differentiatie in maatregelen voor natte en drogere deelstroomgebiedjes.

Uit de analyse in dit rapport blijkt dat maatregelen het meest kansrijk zijn op korte termijn in gebieden met een dicht afwateringsstelsel. Voor het nemen van maatregelen is in figuren S.2 en S.3 een indicatie gegeven van de ligging van een tweetal typen gebieden. Elk gebied vertegenwoordigt een eigen pakket maatregelen voor bepaalde stoffen.

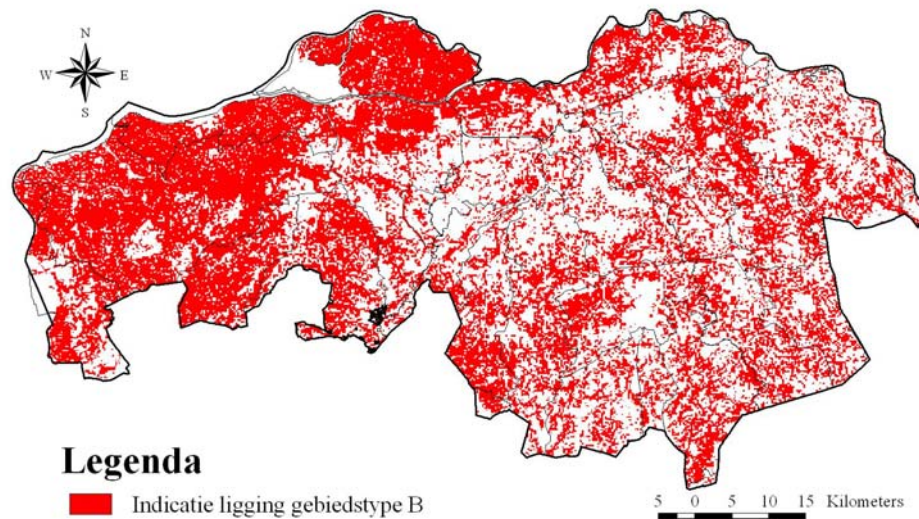
1. Gebiedstype A: natte gebieden waar de grondwaterstand periodiek tot in de bouwvoor reikt. In die gebieden kan in de bouwvoor opgehoopt **P** en ook **Cu** en eventuele andere metalen worden gemobiliseerd als de grondwaterstand tot in de bouwvoor stijgt en kunnen deze stoffen in dergelijke natte omstandigheden uitspoelen en eventueel zelfs afspoelen richting het oppervlaktewater. De kaart is gebaseerd op instationaire grondwaterstandsberekeningen met het Waterdoelenmodel en geeft gebieden aan waar de gemiddeld hoogste grondwaterstand binnen 40 cm onder maaiveld ligt. In gebiedstype A zijn vooral maatregelen effectief voor stoffen die zich zeer ondiep ophopen, zoals **P** en **Cu**. Maatregelen in gebiedstype A zijn er op gericht om piekbelastingen in natte perioden terug te brengen. Daarvoor zijn maatregelen geschikt die oppervlakkige afstroming van percelen voorkomen, of ondiep afstromend water afvangen in natte bufferstroken.

Figuur S.2: Indicatie van de ligging van de gebiedstype A (gebiedstype A omvat de natste gebieden waar Cu en P in natte perioden kunnen uit- en afspoelen uit de bouwvoor)



2. Gebiedstype B: overige gedraineerde en afgewaterde gebieden in de zand- en kleigebieden, met uitzondering van de infiltratiegebieden waar het afwateringsstelsel ontbreekt. Infiltratiegebieden zijn uitgesloten omdat maatregelen aldaar nauwelijks effect op de oppervlaktewaterkwaliteit hebben. Gebiedstype B omvat ook de gebieden met buisdrainage waar de hoogste grondwaterstand de bouwvoor niet bereikt. In gebiedstype B zijn vooral bron- en effectgerichte maatregelen effectief voor stoffen die snel reizen in het grondwater, zoals N en sulfaat, of curatieve maatregelen voor stoffen die vertraagd tot afspoeling komen zoals Zn, Cd, Ni en P. Voor stikstof en sulfaat gaat het bijvoorbeeld om de aanleg van droge bufferstroken en stimulering van het bronbeleid. Voor de metalen en P gaat het om meer experimentele maatregelen zoals lokaal afvangen en zuiveren van drainwater en water in greppels en sloten of bovenloopjes.

Figuur S.3: Indicatie van de ligging van gebiedstype B (gebiedstype B omvat de overige gedraineerde en afgewaterde gebieden)



Maatregelen in de gebiedstypen A en B zijn zowel effectief in gebieden met een middellange als met een korte gemiddelde verblijftijd van het grondwater. Het effect van maatregelen zal echter het snelst zichtbaar worden in gebieden met een korte gemiddelde verblijftijd.

Welk type maatregelen in welke gebieden?

Op basis van de hydrologische en chemische inzichten is een samenvattend overzicht gemaakt van geschikte maatregelen (tabel S.1 en S.2).

In tabel S.1 wordt aangegeven of en op welke termijn de KRW doelstellingen haalbaar zijn. Nitraat en sulfaat kunnen het snelst aangepakt worden; voor cadmium en zink in De Kempen en nikkel in de verzuurde gebieden zijn de gestelde doelen in 2027 niet haalbaar. Omdat cadmium en nikkel prioritair stoffen zijn is een goede onderbouwing naar de EU nodig waarin de problematiek van deze stoffen wordt toegelicht.

Tabel S.1: Samenvatting classificatie stoffen en gebieden qua effectiviteit van maatregelen

Categorie	Stof	Gebied
I. Korte termijn beïnvloedbaar	NO ₃ , SO ₄	<ul style="list-style-type: none"> • Alle afgewaterde gebieden zandgebied
II Fasering doelstellingen	P, Cu, Zn, Cd	<ul style="list-style-type: none"> • Idem, met onderscheid in natste gebieden (type A voor P) en overige gedraineerde gebieden (type B voor metalen), zie par. 6.4; • Voor P in kleigebied ook nog een natuurlijke bijdrage; • Overall brongerichte maatregelen voor lange termijn aanpak.
III Doelverlaging	Zn, Cd Ni	<ul style="list-style-type: none"> • Kempen; • Verzuurde gebieden (Peel, hoge delen Brabant).

In tabel S.2 zijn per stof(groep) geschikte maatregelen ingedeeld op verschillende ruimtelijke schaalniveaus:

- bovenregionale problematiek: benodigde maatregelen of onderzoek wordt aangekaart op landelijk niveau (bijvoorbeeld zware metalen in veevoer);
- regionaal / waterschapsniveau: Brede inzet van bewezen maatregelen met een meetbaar effect in de benedenlopen;
- lokaal niveau: Maatregelen waarvan de effecten van maatregelen onderzocht dienen te worden (kennislacunes). Bijvoorbeeld lokale pilots (onderzoek/experimenten) in hydrologisch geïsoleerde gebieden. De resultaten van de pilots kunnen gebruikt worden ter onderbouwing aan de EU waarom doelen niet haalbaar zijn.

Tabel S.2: Geschikte maatregelen per stofgroep en schaalgrootte

	Boven regionaal	Regionaal	Lokaal
N	Aanscherpen van gebruiksnormen	<ul style="list-style-type: none"> • Bufferstroken in snel reagerende gedraineerde gebieden (type B); • Lagere N-bemesting. 	Uitvoeren van pilots: <ul style="list-style-type: none"> • in hydrologisch snel reagerende gebieden; • in gebieden waar geen knelpunten zijn met P en/of zware metalen; • voorbeeldlocaties: Hooge Raam en Beerze Reusel.
P	Aanscherpen van gebruiksnormen In beeld brengen ligging fosfaatlekkende gronden en verwachte uitspoeling in de toekomst.	<ul style="list-style-type: none"> • Lagere P-bemesting (lange termijn); • Natte bufferstroken in natte gebieden (type A); • Voorkomen van oppervlakkige afstroming (type A). 	<ul style="list-style-type: none"> • Afvangen en zuiveren op lokale schaal.
Cu / Zn / Cd	Rijksbeleid (eisen aan gebruik metalen in veevoer)	<ul style="list-style-type: none"> • Sporenscaan om gebruik metalen in veevoer te verminderen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afvangen en zuiveren op lokale schaal.
Ni / Cd / Zn		<ul style="list-style-type: none"> • Beheerplan nikkel in de ondergrond opstellen; • Beheerplan Kempen opstellen. 	-
bm	-	<ul style="list-style-type: none"> • Gebruik verminderen. 	

Welke gebieden geven we prioriteit?

Om de effectiviteit van extra regionale maatregelen op korte termijn te kunnen aantonen, kan het beste worden gekozen voor stroomgebieden waar relatief snel een meetbaar resultaat kan worden geboekt. De pilot stroomgebieden kunnen daarom het beste gekozen worden in gebieden waar:

- de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater relatief groot is;
- de kwetsbaarheid voor verontreiniging van grond- en oppervlaktewater groot is, waardoor het systeem ook relatief snel weer schoongespoeld is (snel reagerende systemen);
- geen externe aanvoer van verontreinigingen is vanuit gebieden waar geen extra maatregelen worden getroffen (grensoverschrijdende waterlopen en wateraanvoergebieden).

Onzekerheden

Bij de uitwerking van regionale maatregelen moet nog rekening worden gehouden met veel onzekerheden. De schatting van de bijdrage van het grondwater aan het oppervlaktewater is op lokale schaal moeilijk in te schatten, de normstelling voor de KRW is nog in ontwikkeling en het effect van maatregelen is niet precies bekend. We raden daarom aan om niet op grote schaal regionale maatregelen te implementeren, maar de regionale pilots voort te zetten en eventueel uit te breiden. In deze pilots wordt in de praktijk ervaring opgedaan met de effectiviteit en toepasbaarheid van maatregelen. Bij de uitbreiding van regionale maatregelen kan het beste het 'altijd goed' principe worden aangehouden: de maatregelen moeten tegen aanvaardbare kosten een naar verwachting aantoonbare verbetering in waterkwaliteit op de kortere termijn (< 10 jaar) geven.

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding tot de vraag	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Afbakening en werkwijze	1
1.4	Leeswijzer en gekozen aanpak op hoofdlijnen	2
2	KNELPUNTEN IN OPPERVLAKTEWATER	3
2.1	Toestand van het oppervlaktewater	3
2.1.1	Systematiek	3
2.2	Weergave van de toestand	7
2.3	Bronnen van verontreiniging	10
2.4	Synthese	14
3	EFFECTEN VAN HUIDIG BELEID	15
3.1	KRW Nota 2006	15
3.2	Effect van mestbeleid	16
3.3	Effect van bestrijdingsmiddelenbeleid	17
3.4	Gebiedsanalyses Brabantse waterschappen	18
3.5	Synthese	19
4	INVLOED GRONDWATER OP OPPERVLAKTEWATER	20
4.1	De grondwaterkwaliteit in Brabant	20
4.2	Interactie tussen grond- en oppervlaktewater	22
4.3	Verschillen tussen stoffen	25
4.3.1	Nitraat	28
4.3.2	Fosfaat	29
4.3.3	Sulfaat	29
4.3.4	Zink, cadmium, nikkel en koper	30
4.4	Verschillen tussen gebieden qua grondwaterkwaliteit	30
4.4.1	Het dominante regionale patroon	31
4.4.2	Zones met relatief hoge concentraties	33
4.5	Verschillen tussen gebieden: consequenties voor de invloed van het grondwater op de oppervlaktewaterkwaliteit	35
4.6	Hoe snel effecten van maatregelen: lessen uit de Stromon-pilot modelstudie	37
5	TYPEN MAATREGELLEN	41
5.1	Beschikbare maatregelen	41
5.2	Indeling in maatregelen	42

6	AFSTEMMING MAATREGELEN OP GRONDWATERROUTES	45
6.1	Onderscheid in gebieden	45
6.2	Onderscheid in stoffen en gebieden	46
6.3	Kaarten met differentiatie van maatregelen over gebieden	47
6.4	Classificatie stoffen en gebieden	49
6.5	Onderscheid tussen boven-regionale, regionale en lokale aanpak	51
6.6	Welke gebieden geven we prioriteit?	52
7	KENNISHIATEN EN ONZEKERHEDEN	53
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	55
8.1	Conclusies	55
8.2	Aanbevelingen	56
	LITERATUUR	57
	BIJLAGEN	
	1. Tabel normstelling in grond- en oppervlaktewater	
	2. Gemeten concentraties bij verschillende afvoeren (Stromon)	
	3. Bronnenanalyse met KRW Verkenner	
	4. Belangrijkste mogelijkheden STONE-model	

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding tot de vraag

De invloed van grondwater op de oppervlaktewaterkwaliteit is één van de grondwater-gerelateerde onderwerpen bij de gebiedsprocessen KRW. In de KRW-rapportages 2006 van verschillende werkgroepen in het stroomgebied van de Maas is geconstateerd dat de interactie en afstemming tussen grond- en oppervlaktewater onderbelicht is gebleven.

Diverse landelijke en regionale studies geven aan dat het grondwater een substantiële bijdrage levert aan de verontreiniging van het oppervlaktewater. Vooral de belasting met nutriënten, bestrijdingsmiddelen en zware metalen is een probleem. Sinds de inwerkingtreding van de KRW ligt er een duidelijke opgave om de oppervlaktewaterlichamen in een goede toestand te brengen. Momenteel wordt nagedacht over het samenstellen maatregelenpakketten die moeten leiden tot een substantiële verbetering van de toestand van oppervlaktewaterlichamen. Veel van de maatregelen die nu al in beeld zijn, betreffen een brongerichte of procesgerichte aanpak van directe emissies naar het oppervlaktewater. De invloed van het grondwater is daarin nog nauwelijks betrokken.

Inmiddels bieden recente of nog lopende studies met de modellen Stromon (TNO) en STONE (RIVM, Alterra) meer inzicht in de invloed die grondwater kan hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit. Deze inzichten zijn weliswaar op hoofdlijnen voor heel Brabant al beschikbaar, maar zijn nog algemeen van aard. In dit rapport wordt de beschikbare kennis vertaald in een advies op welke wijze maatregelen gebiedsgericht gedifferentieerd genomen kunnen worden.

1.2 Doelstelling

Dit project kent de volgende doelstellingen:

1. het inzichtelijk maken van het functioneren van het grondwatersysteem en de invloed op de regionale oppervlaktewaterkwaliteit;
2. het identificeren van maatregelen die de knelpunten in de regionale oppervlaktewaterkwaliteit, die mede zijn veroorzaakt door de invloed van de grondwaterkwaliteit, te helpen verminderen.

De bovenstaande resultaten worden ingebracht in het KRW-gebiedsproces (voorjaar 2007), zodat ze kunnen worden meegenomen in de regionale bijdrage aan de Maasnota zomer 2007.

1.3 Afbakening en werkwijze

In dit rapport worden de genoemde doelstellingen uit paragraaf 1.2 uitgewerkt op basis van beschikbare kennis. Dit project is uitgevoerd in een kort tijdsbestek van minder dan twee maanden. Uitgebreide nieuwe berekeningen of analyses konden niet binnen deze studie worden uitgevoerd. De gesignaleerde kennisleemten die vragen om nadere analyses worden benoemd in de aanbevelingen.

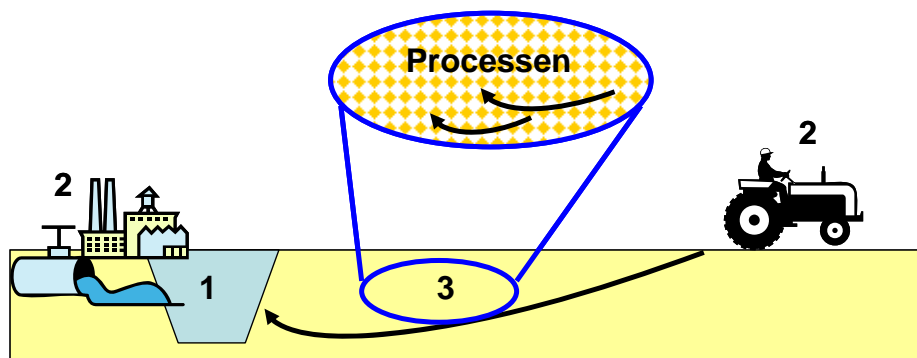
Het project is gericht op:

- de regionale oppervlaktewaterlichamen in de provincie Noord-Brabant, in het beheergebied van de waterschappen Brabantse Delta, De Dommel, Aa en Maas en Rivierenland (Alm en Biesbosch);
- de indeling in RWSR gebieden (17 vlakken) en de KRW oppervlaktewaterlichamen (circa 72 lijnvormige elementen). De indeling van deze gebieden is leidend voor de analyse, aangezien deze gebieden input vormen voor het integrale KRW-gebiedsproces;
- de volgende stoffen:
 - I. nutriënten (stikstof, fosfor);
 - II. bestrijdingsmiddelen;
 - III. zware metalen cadmium (Cd), zink (Zn), koper (Cu), nikkel (Ni).

1.4 Leeswijzer en gekozen aanpak op hoofdlijnen

In Figuur 1.1 wordt de aanpak op hoofdlijnen in dit project gepresenteerd. Vertrekpunt is de toestand van het oppervlaktewater. Daarom leggen we eerst vast wat onder de goede toestand wordt verstaan en wat de probleemstoffen zijn in het oppervlaktewater (paragraaf 2.1). Vervolgens bekijken we welk deel van de verontreiniging uit het grondwater afkomstig is en welk deel direct op of via het oppervlaktewater wordt aangevoerd (paragraaf 2.2). Wanneer verwacht wordt dat deze toestand in 2015 nog altijd slecht is, dienen extra maatregelen genomen te worden. In hoofdstuk 3 geven we aan in hoeverre het huidige beleid helpt om de knelpunten op te lossen. Kern van dit rapport is de invloed van het grondwater op het oppervlaktewater, rekening houdend met alle processen die onderweg in de bodem optreden. Dit wordt in hoofdstuk 4 verder uitgewerkt. Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van beschikbare maatregelen. In hoofdstuk 6 geven we aan hoe maatregelen op de grondwaterroutes kunnen worden afgestemd en of, en zo ja waar, regionale differentiatie van maatregelen mogelijk is.

Figuur 1.1: Aanpak op hoofdlijnen



1. Vertrekpunt is de toestand van het oppervlaktewater (paragraaf 2.1)
2. Deze toestand wordt bepaald door bronnen van verontreiniging (paragraaf 2.2)
3. In dit rapport staat de invloed vanuit het grondwater centraal.

2 KNELPUNTEN IN OPPERVLAKTEWATER

2.1 Toestand van het oppervlaktewater

2.1.1 Systematiek

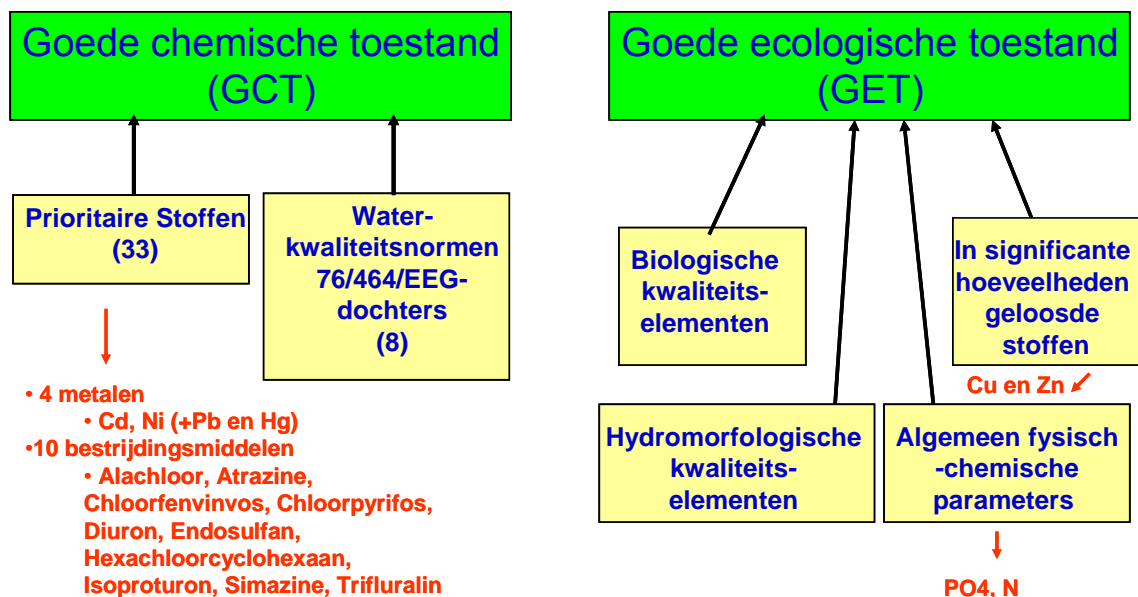
Algemeen

De toestand van het oppervlaktewater wordt bepaald door de huidige gemeten concentraties en de doelen die aan het oppervlaktewater worden gesteld. Het verschil in verwachte concentraties in 2015 en het gestelde doel wordt het doelgat genoemd. Over dit doelgat van het oppervlaktewater bestaat nog onduidelijkheid. Dit hoofdstuk geeft een kort overzicht.

Doelstellingen en normstelling

De afleiding van normen voor stoffen is complex en nog niet geheel uitgekristalliseerd. Op hoofdlijnen wordt onderscheid gemaakt in de goede chemische toestand en de goede ecologische toestand (Figuur 2.1).

Figuur 2.1: Definitie van de goede chemische en ecologische toestand en de rol van de voor deze studie relevante stoffen



Goede chemische toestand

Voor het toetsen van de goede chemische toestand gelden algemeen geldende Europese normen voor 33 prioritaire stoffen en acht 76/464 stoffen. Deze zijn in concept gereed, maar kunnen wellicht nog aangepast worden. In het kader van dit project zijn van deze groep stoffen de metalen cadmium en nikkel, en 10 bestrijdingsmiddelen relevant. Er vindt geen standaardisatie en/of correctie plaats voor zwevend stof. Alleen metingen in totaal water (voor metalen alleen de opgeloste fractie) worden gebruikt voor de toetsing.

Goede ecologische toestand en werknormen voor nutriënten

De goede ecologische toestand wordt bepaald door meerdere parameters. Dit zijn de hydromorfologie, de biologie en de (overige) chemie. Overige chemie wil zeggen, ecologisch relevante stoffen die nog niet beoordeeld worden voor de chemische toestand. Voor deze stoffen kan wederom een tweedeling gemaakt worden. Koper en zink zijn gekenmerkt als stroomgebied relevante stoffen binnen het Maasstroomgebied. Voorlopig worden voor deze stoffen de MTR normen gehanteerd. Als tweede groep zijn eind 2006 werknormen opgesteld voor de nutriënten [STOWA 2007]. Deze normen zijn gedifferentieerd voor de verschillende KRW watertypen (zie tabel 2.1). Daardoor kunnen de normen voor stikstof en fosfaat voor de KRW soms hoger en soms lager zijn dan de MTR waarde, die in principe alleen geldt voor stagnante eutrofiëringsoefelige wateren. Voor de Brabantse situatie zijn de KRW werknormen voor fosfaat in het algemeen wat strenger en de normen voor stikstof minder streng. De werknormen hebben betrekking op de gemiddelde situatie in een zomersituatie voor natuurlijke watertypen. De meeste wateren zijn echter niet van het type 'natuurlijk', maar van het type 'sterk veranderd'. Voor deze wateren mag onderbouwd van de normen worden afgeweken, wanneer aangetoond kan worden dat niet aan de goede ecologische toestand kan worden voldaan (door bijvoorbeeld de slechte onomkeerbare hydromorfologische toestand of de aanwezigheid van fosfaatrijke kwel).

Samenvatting van de normen en onzekerheden

In tabel 2.1 worden de normen samengevat. Bij de beoordeling is het belangrijk om onderscheid te maken in de goede chemische en de goede ecologische toestand voor de KRW:

- voor de goede chemische toestand (prioritaire stoffen) worden nog Europese normen vastgesteld. Dit zijn harde generieke normen en gelden voor heel Europa. Dit geldt voor cadmium en nikkel;
- voor de goede ecologische toestand wordt het Goed Ecologisch Potentieel (GEP) vastgesteld. De concentraties N, P, Zn en Cu maken hier onderdeel van uit. Er mag regionaal gedifferentieerd in werknormen¹.

De KRW normen voor het oppervlaktewater zijn nog voorlopig. De verwachting is bijvoorbeeld dat de chemische norm voor nikkel nog zal worden aangescherpt ten opzichte van het huidige voorstel van de Europese Commissie. Daarnaast mag voor de ecologische toestand rekening worden gehouden met de biobeschikbaarheid voor organismen. Tot op heden is dit in Nederland niet gedaan. Naar verwachting wordt dit alsnog gedaan, waarna de normen voor metalen een factor 5 hoger uitvallen. Dit betekent dat voor koper en zink de huidige situatie veelal onder de Europese norm zal komen te liggen. De verwachting van de waterbeheerders (mededeling in klankbordgroep op 20 april 2007) is echter dat in Noord-Brabant deze correctie minder grote gevolgen zal hebben. Daarnaast zullen de concentraties metalen door uitspoeling uit het grondwater naar het oppervlaktewater de komende jaren nog stijgen. Daarom hebben we in dit rapport aangenomen dat de KRW normen voor metalen in oppervlaktewater, zonder extra maatregelen, overschreden zullen worden.

De drempelwaarden voor grondwater moeten nog vastgesteld worden. Voor welke stoffen dit gedaan wordt en hoe hoog deze drempelwaarden zijn, is nog onbekend.

¹ In tabel 2.1 zijn de landelijke werknormen opgenomen. De regionale werknormen waren nog niet bekend bij het schrijven van dit rapport.

Enige zekerheid zijn de reeds bestaande normen voor nitraat (50 mg/l uit de nitraatrichtlijn) en bestrijdingsmiddelen (0,1 µg/l uit de richtlijn gewasbeschermingsmiddelen) voor het grondwater.

In tabel 2.1 zijn ook de MTR waarden voor oppervlaktewater opgenomen. Deze waarden zijn als referentiewaarde gehanteerd in de Karakterisatie van 2004. Een uitgebreide tabel met normstelling is opgenomen als bijlage 1.

Tabel 2.1: Relevante normen in grond- en oppervlaktewater

	Norm grondwater		Voorlopige KRW norm oppervlaktewater		
	Huidige norm	Norm Ondiep grondwater	MTR (90 percentiel)	KRW norm (jaargemiddelde)	Soort stof binnen KRW
Metalen (µg/l) opgelost					
Cadmium	0,4	Streefwaarde	0,4	zie voetnoot*	Prioritair Gevaarlijk
Nikkel	15	Streefwaarde	5,1	20	Prioritair
Koper	15	Streefwaarde	3,8	?	Stroomgebied relevant
Zink	65	Streefwaarde	40	?	Stroomgebied relevant
Bestrijdingsmiddelen (µg/l)					
Alachloor	0,1	EU Richtlijn	0,3	0,3	Prioritair
Atrazine	0,1	EU Richtlijn	0,6	0,6	Prioritair
Chloorfenvinfos	0,1	EU Richtlijn	0,1	0,1	Prioritair
Chloorpyrifos	0,1	EU Richtlijn	0,03	0,03	Prioritair
Diuron	0,1	EU Richtlijn	0,2	0,2	Prioritair
Endosulfan	0,1	EU Richtlijn	0,005	0,005	Prioritair Gevaarlijk
Hexachloorcyclohexaan	0,1	EU Richtlijn	0,02	0,02	Prioritair Gevaarlijk
Isoproturon	0,1	EU Richtlijn	0,3	0,3	Prioritair
Simazine	0,1	EU Richtlijn	1	1	Prioritair
Trifluralin	0,1	EU Richtlijn	0,03	0,03	Prioritair
Nutriënten (mg/l)					
	Huidige norm	Norm Ondiep grondwater	MTR (zomer gemiddelde)	Landelijke KRW werknorm (zomer gemiddelde)	Soort stof binnen KRW
Fosfor (P)	-		0,15	Maas: 0,14 Midden of benedenloop:0,14 Bovenlopen en Volkerak: 0,12	Fysisch chemisch relevant
Fosfaat (PO4)	?	Drempel Waarde			
Stikstof (N)	-		2,2	Maas: 4 Boven, midden of benedenloop:4 Volkerak: 1,8	Fysisch chemisch relevant
Nitraat (NO3)	50	EU richtlijn			

? moet nog vastgesteld worden

*: Norm afhankelijk van de hardheid

Waterhardheid (mg CaCO3/l)	Norm (ug/l)
< 40	≤ 0,08
40-50	0.08
50-100	0.09
100-200	0.15
> 200	0.25

Oppervlaktewaterlichamen

In 2004 is aan alle waterlichamen in het Maasstroomgebied een type en status toegekend. Het overgrote deel van de waterlichamen, 92% van het oppervlak waterlichamen, is aangewezen als 'sterk veranderd'. Aan 7% is de status 'kunstmatig' toegekend. In het Nederlandse stroomgebied van de Maas heeft 1% van het waterlichaamoppervlak (voornamelijk vennen en enkele bovenlopen van beken) de status 'natuurlijk' gekregen.

Na de artikel 5 rapportage uit 2004 hebben er in 2005 en 2006 diverse wijzingen in de waterlichaamindeling plaatsgevonden. De huidige waterlichaamindeling is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- elk lijnvormig water met een stroomgebied groter dan 10 km² is (onderdeel van) een waterlichaam;
- elk vlakvormig water met een oppervlak groter dan 50 ha is (onderdeel van) een waterlichaam;
- aaneengesloten waterlichamen van een verschillend watertype kunnen worden samengevoegd tot één waterlichaam. Bijvoorbeeld een middenloop en een benedenloop van een beek worden samengevoegd. Dit waterlichaam krijgt dan de typering van het best passende of dominante van de oorspronkelijke deelwaterlichamen.

2.2 Weergave van de toestand

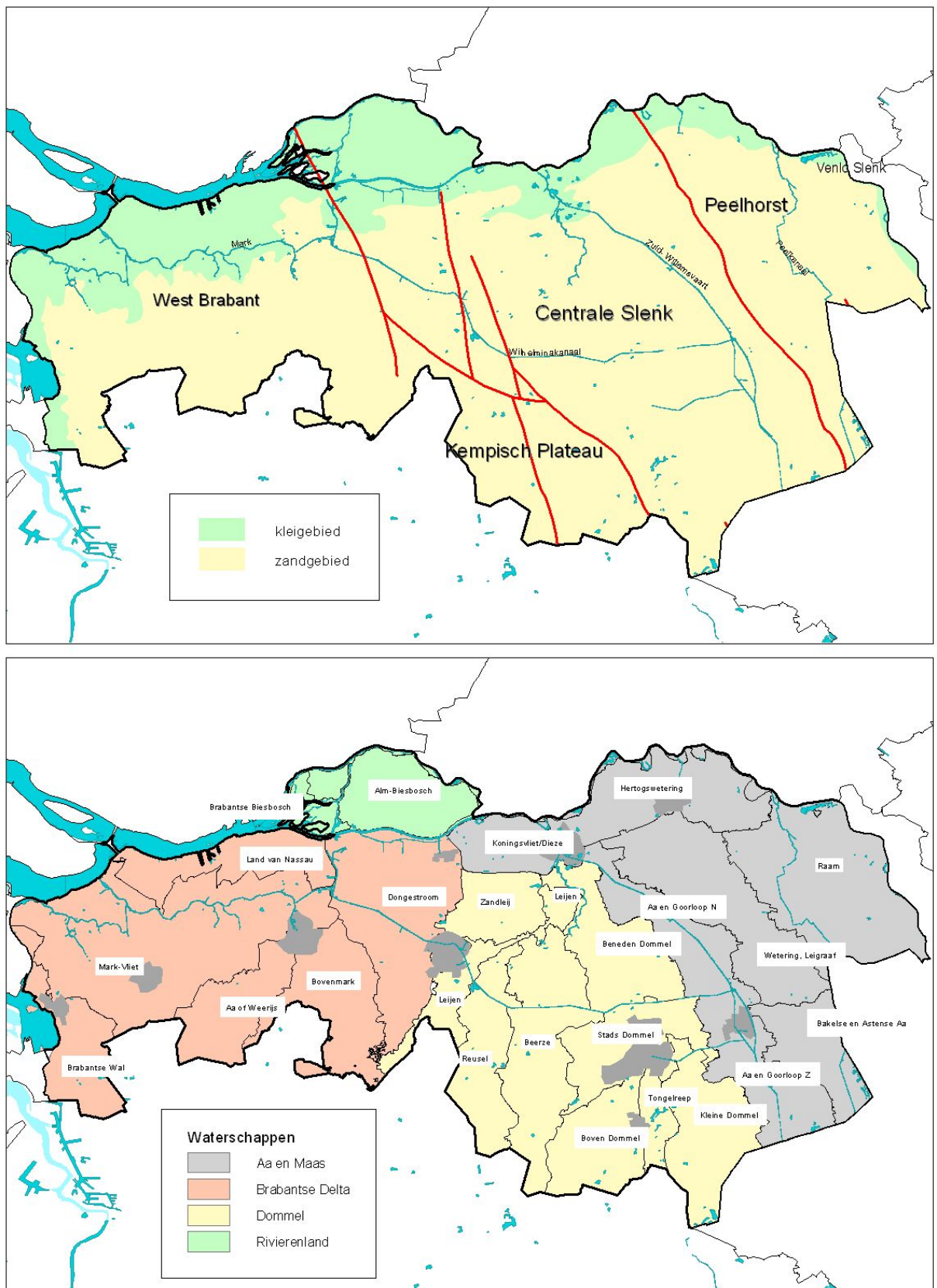
In dit rapport wordt verwezen naar verschillende geografische namen binnen Noord-Brabant. De belangrijkste namen worden genoemd in figuur 2.2: bovenin de hoofdindeling in geologische eenheden en belangrijkste kanalen, onderin de indeling in RWSR gebieden. De indeling en naamgeving van de RWSR gebieden is vooral gebaseerd op de ligging van de hoofdwaterlopen in Noord-Brabant.

Karakterisering 2004

Ten behoeve van de Artikel 5 rapportage aan Brussel is de toestand van het oppervlaktewater in beeld gebracht. Voor de stoffen cadmium, nikkel, zink, koper, diuron (een bestrijdingsmiddel), benzo(k)fluorantheen (een PAK), stikstof en fosfaat is de toestand in beeld gebracht. Dit is gedaan door per KRW waterlichaam aan te geven wat de verhouding is tussen de gemeten concentratie en de MTR waarde. De rapportage is in grote haast gemaakt. Daarom zijn de volgende nuancerende opmerkingen te maken over de betrouwbaarheid van de kaarten:

- de gegevens zijn gebaseerd op waarnemingen rond het jaar 2000. Wanneer deze gegevens niet beschikbaar waren zijn gegevens uit omliggende jaren gebruikt (1998-2003). Daardoor is er een grote spreiding in meetresultaten;
- er is geen duidelijk onderscheid gemaakt in het gebruikte seizoen van de beschikbare metingen (zomer, winter of jaargemiddeldes);
- de wijze van monsterneming en analyse kan verschillen (bijvoorbeeld wel of niet filteren van het monster, verschillende laboratoria);
- de gegevens zijn verwerkt in lijnvormige KRW elementen. Op de kaarten is niet te achterhalen wat de achterliggende data op puntniveau is.

Figuur 2.2: Topografische naamgeving in geologische eenheden (boven) en RWSR gebieden (onder)



Toestand volgens Stromon 2005 (Bijlage 2)

In het kader van het Stromon project zijn de ruwe, onbewerkt en ongecorrigeerde oppervlaktewaterkwaliteitsgegevens van alle meetpunten over de periode 1980 tot heden opgevraagd bij de Brabantse waterschappen. De meetpunten zijn ingekleurd op basis van de gemiddelde concentratie tijdens respectievelijk snelle, gemiddelde en basisafvoer. De legenda's zijn gelijk aan de legenda's die zijn gebruikt bij de karakterisering van het Nederlands Maasstroomgebied.

De kaarten uit het Stromon onderzoek zijn in het voorliggende rapport gebruikt (Bijlage 2), omdat de kaarten een goed inzicht geven in het onderscheid in snelle, gemiddelde en basisafvoer. Op grote lijnen geven de kaarten ook hetzelfde beeld als de Karakterisering van 2004: voor alle stoffen wordt de MTR waarde één of enkele malen overschreden.

Tabel 2.2: Samenvatting van de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant op de Stromon kaarten (Bijlage 2)

	Differentiatie in concentraties per afvoer			Differentiatie in concentraties per regio	
	Snel	gemiddeld	Basis	Relatief hoog	Relatief laag
N	Hoger		Lager		Centrale Slenk
P	Hoger (met name rond Zuid-Willemsvaart)		Lager (met name rond Zuid-Willemsvaart)	Rond Zuid-Willemsvaart	Noordoost Brabant ZW van Eindhoven
SO4	Lager	Hoger	Laagst		Rond Zuid-Willemsvaart
Zink	Hoger		Lager	Zandgebied, met name Kempen, Z van Roosendaal-Tilburg en Z van Eindhoven	Kleigebieden
Nikkel	Licht hoger in kleigebied	Hoger ten zuiden van Roosendaal-Tilburg		Peelhorst, Z van Roosendaal-Tilburg	Rond Zuid-Willemsvaart
Koper	Hoger		Lager		

Bestrijdingsmiddelen

Het voorkomen van bestrijdingsmiddelen is beperkt opgenomen in de Karakterisering en niet in het Stromon onderzoek. Daarom wordt voor een beschrijving van het voorkomen van bestrijdingsmiddelen gebruik gemaakt van de Brede Screening 2003. In 2003 zijn op alle oppervlaktewatermeetpunten van de Brabantse waterschappen bestrijdingsmiddelen aangetroffen; op 91% van de meetpunten was het gehalte van een of meer middelen boven de norm. Deze brede verspreiding in 2003 is vergelijkbaar met de resultaten van de eerste Brede Screening ronde in 2000. Het zijn grotendeels dezelfde stoffen die op veel plaatsen de norm overschrijden. Het betreft niet alleen toegelaten stoffen zoals carbendazim, linuron en diazinon, maar ook stoffen die inmiddels zijn verboden, zoals simazin, diuron en propoxur. De concentraties van deze niet toegelaten stoffen zijn wel afgenomen tussen 2000 en 2003.

In het Brabantse grondwater zijn bij de helft van alle meetpunten bestrijdingsmiddelen aangetroffen; op 32% van de meetpunten ook boven de drinkwaternorm. De stoffen BAM (omzettingsproduct van dichlobenil), diuron en MCPP veroorzaken in 2003 de meeste norm-overschrijdingen in het grondwater. De resultaten in het provinciale grondwatermeetnet tonen geen duidelijke verandering ten opzichte van de vorige meting (1998), maar toen zijn veel minder stoffen onderzocht. Bentazon is in 2003 breed verspreid aangetroffen, maar minder vaak boven de norm dan in 1998.

Het valt op dat een groot aantal probleemstoffen in oppervlaktewater en grondwater dezelfde zijn: bijv. diuron, MCPP, atrazin, carbendazim, metolachlor en simazine. Opvallend is dat diuron, een prioritaire KRW stof, nog steeds veel wordt aangetroffen, terwijl het sinds enkele jaren voor de meeste toepassingen niet toegelaten is.

2.3 Bronnen van verontreiniging

In paragraaf 2.2 is een beschrijving gegeven van de toestand van het oppervlaktewater. Vele bronnen van verontreiniging blijken van invloed te zijn op deze toestand zoals RWZI 's, overstorten, externe aanvoer, bijdrage van grondwater en atmosferische depositie.

Een onderverdeling van de bronnen van verontreiniging naar herkomst is een praktisch hulpmiddel om meer grip op de problematiek te krijgen. Hiervoor kan onderscheid worden gemaakt in:

- emissies vanuit puntbronnen;
- diffuse bronnen (landbouw, atmosferische depositie uit verkeer en industrie);
- externe aanvoer (gebiedsvreemd, grensoverschrijdend).

Emissies vanuit puntbronnen kunnen worden verdeeld in directe emissies naar het oppervlaktewater en indirecte emissies via het rioolstelsel. De indirecte emissies bereiken niet in hun geheel het oppervlaktewater, omdat een deel door zuivering achterblijft in rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's). De restvervuiling wordt via het gezuiverde afvalwater (effluent) geloosd op het oppervlaktewater of afgevoerd via het zuiveringsslib. Bij sterke regenval treden soms riooloverstorten in werking waardoor een deel van het afvalwater ongezuiverd wordt geloosd op het oppervlaktewater.

Voor de belasting van het oppervlaktewater vanuit diffuse bronnen kan onderscheid worden gemaakt in de volgende transportroutes:

- oppervlakkige afspoeling (run-off);
- via het grondwater (uitspoeling);
- Via directe natte en droge atmosferische depositie.

Oppervlakkige afspoeling kan optreden wanneer er door een slecht doorlatende bodem te weinig water kan infiltreren of wanneer grondwaterstanden tot aan maaiveld stijgen. De bijdrage van diffuse bronnen via het grondwater blijkt in veel gevallen een van de grootste en meest onzekere bronnen van herkomst te zijn (Rozemeijer et al. 2005, Rozemeijer en Broers 2007).

Bestaande onderzoeken naar bronnen van verontreiniging in stroomgebied Maas

Er zijn de afgelopen jaren verschillende (deel)onderzoeken uitgevoerd naar de bronnen van verontreiniging in het oppervlaktewater in het stroomgebied van de Maas:

- inventarisatie bronnen van verontreiniging in oppervlaktewater (Witteveen + Bos, 2003);
- karakterisering stroomgebied Maas 2004 (RBO Maas 2004);
- herkomst stoffen in het Maas-stroomgebied (Van Vliet et al. 2006);
- de deelgebiedsrapportages van de waterschappen:
 - deelgebiedsrapportage KRW deelgebied de Dommel, fase 2 (Arcadis 2006a);
 - deelgebiedsrapportage Aa en Maas, fase 2 implementatie KRW (Arcadis 2006b);
 - deelgebiedsrapportage Brabantse Delta, Globale verkenning van knelpunten en maatregelen (Oranjewoud 2006);
- KRW verkenner Maas (Arcadis 2007).

De basisinformatie over bronnen voor het oppervlaktewater is in deze studies afkomstig van de landelijke Emissie Registratie Collectief (ERC) database. In deze database zijn gegevens opgenomen afkomstig van studies, databases en modelberekeningen. Voor de nutriënten N en P zijn de resultaten van de landsdekkende modelberekeningen van STONE de invoer voor de database (uitspoeling ondiepe ondergrond en atmosferische depositie).

Naast vrachten aan verontreiniging van diffuse bronnen zijn in ERC ook de vrachten voor puntbronnen opgenomen. De component "externe aanvoer / toestroming vanuit bovenstroomse gebieden" is in de ERC echter niet opgenomen.

In de emissieregistratie is geen gedetailleerde informatie per bestrijdingsmiddel opgenomen. Bekend is dat deze afkomstig zijn van zowel agrarische alsook van niet-agrarische bronnen. Van bijvoorbeeld dimethenamid, metolachlor en atrazin is de maïsteelt een belangrijke bron. Stoffen als diuron en BAM zijn waarschijnlijk afkomstig van niet-agrarische toepassingen in stedelijk gebied.

KRW verkenner

De afgelopen periode zijn de databases voor de KRW verkenner stroomgebied Maas gevuld (Arcadis 2007). De KRW verkenner is een instrument dat gebruikt kan worden als communicatiemiddel om de effecten van maatregelen inzichtelijk te maken. Het instrument bestaat uit drie onderdelen:

- gebruikersinterface;
- database;
- rekenhart (bakjesmodel).

Het schaalniveau van analyse is het waterlichaam (bakje). Per bakje wordt aan de hand van de gegevens in de database een water- en stoffenbalans berekend voor de stoffen N, P, Cu, Ni en Zn. De database is gevuld met de gegevens van ERC 2003 aangevuld met regionale informatie van de waterschappen.

Volgens het Projectbureau Maas geeft de KRW verkenner het meest actuele beeld van de bronnen aan verontreiniging, maar dat een verdere noodzakelijke optimalisatie en actualisatie van de database in de komende periode wordt uitgevoerd.

Gebiedsrapportages KRW

Afgelopen jaar zijn door elk waterschap gebiedsrapportages opgesteld voor de implementatie van de KRW (fase 2). Met deze rapportages is op het niveau van RWSR gebieden een verkenning van doelen, maatregelen en kosten uitgewerkt.

Met deze gebiedsrapportages zijn voor elk RWSR gebied overzichten gemaakt met de huidige knelpunten inclusief een bronnenanalyse. Met de bronnenanalyses zijn voor een aantal stoffen (N, P, Cu, Ni, Zn, enkele bestrijdingsmiddelen) de belangrijkste bronnen van verontreinigingen bepaald. De bronnenanalyses zijn bij elk waterschap op een verschillende manier uitgewerkt:

- Waterschap Aa en Maas: De informatie is afkomstig uit een combinatie van Karakteriseringsrapportage (2005), balansstudie diffuse bronnen (Witteveen en Bos, 2003), verantwoording werking RWZI's (2004) en de nationale emissieregistratie. De percentages zijn bij grotere getallen afgerond op 5% of 10%;
- Waterschap de Dommel: De gegevens zijn afkomstig uit de inventarisatie en balansstudie diffuse bronnen, die door de gezamenlijke waterkwaliteitsbeheerders in Noord-Brabant in 2002 (Witteveen+Bos, 2003) is opgesteld;
- Waterschap Brabantse Delta: Voor deze rapportage is een toetsing uitgevoerd voor het bepalen van knelpunten op basis van meetgegevens van het jaar 2005. Voor het in beeld brengen van de herkomst van stoffen (emissiebronnen) is gebruik gemaakt van de studie van Witteveen en Bos uit 2003 aangevuld met gegevens uit het Emissie Registratie Collectief (ERC).

Bewerking van KRW Verkenner database

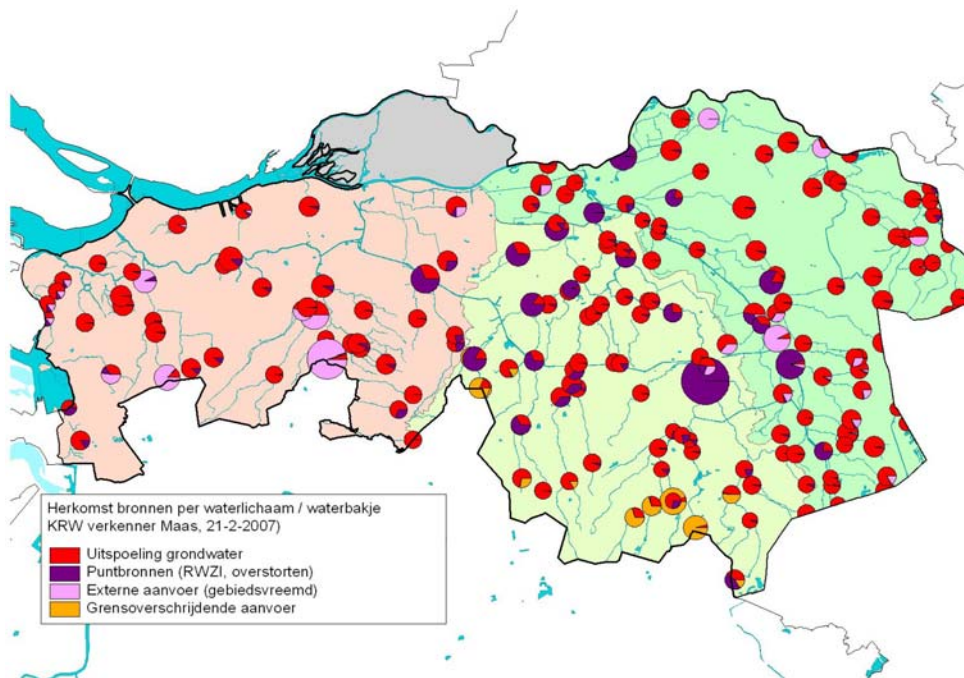
Zowel de beschikbare database van de KRW Verkenner (Arcadis 2007), als de drie gebiedsrapportages hebben we gebruikt om een Brabant breed beeld te geven van de aanwezige bronnen in het gebied. Het is met name interessant om te kijken hoe de verdeling is tussen de uitspoeling uit grondwater en de aanvoer uit oppervlaktewater.

We hebben de volgende indeling gemaakt:

- uitspoeling grondwater;
- puntbronnen (RWZI, riooloverstorten);
- externe aanvoer (gebiedsvreemd);
- externe aanvoer (grensoverschrijdend).

De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in bijlage 3 voor stikstof, fosfor, koper, nikkel en zink. Per kaart hebben we telkens bovenaan de data van de gebiedsanalyses (op RWSR niveau) gepresenteerd en onderaan de data van de KRW verkenner (KRW bakjes). Ter illustratie is in figuur 2.3 de herkomst van bronnen voor stikstof (per waterlichaam) op basis van de KRW verkenner weergegeven. Hiervoor is uitgegaan van de gemiddelde jaarconcentratie. In bijlage 3.6 is het onderscheid tussen zomer- en wintervrachten geïllustreerd voor stikstof. Hieruit blijkt dat op hoofdlijnen er geen grote verschillen worden waargenomen. Op lokale schaal (vooral in de gebieden met veel wateraanvoer) kunnen de verschillen echter groot zijn.

Figuur 2.3: Herkomst bronnen stikstof op basis van de KRW verkenner



Opgemerkt dient te worden dat bij Aa en Maas voor zware metalen geen onderscheid naar stof is gemaakt zodat voor zowel koper, nikkel als zink dezelfde verdeling in bronnen is gepresenteerd. De achtergronden over de gekozen werkwijze zijn vastgelegd in bijlage 3.

Interpretatie kaarten (Bijlage 3)

De resultaten van de bronnenanalyses zoals weergegeven in bijlage 3 geven een complex beeld. Enerzijds bestaan er grote verschillen tussen de gegevens van de KRW-verkenner en de bronnenanalyses van de gebiedsrapportages. Anderzijds zijn er grote verschillen in bronnen naar herkomst per stof en per regio.

De verschillen tussen de KRW-verkenner en de bronnenanalyses van de gebiedsrapportages zijn groot en daarmee relevant omdat deze informatie immers de basis vormt voor de probleemdefinitie en nadere uitwerking van maatregelen. Voor de toekomst zal er naar verwachting worden uitgegaan van de informatie van de KRW-verkenner. Deze zal in de nabije toekomst nog verbeterd worden. Zo is de KRW-verkenner Maas momenteel gebaseerd op ERC-2003 met STONE informatie van 2002. Door de inbreng van de meest recente STONE informatie voor zowel nutriënten als zware metalen zijn er grote veranderingen te verwachten (Van Vliet et al. 2006; Arcadis 2007). Vooral de bijdrage van metalen naar het oppervlaktewater zal minder groot zijn.

In grote lijnen blijkt de bijdrage van grondwater (uitspoeling landbouw in dit geval) bij de KRW-verkenner dominant te zijn ten opzichte van de overige bronnen. Daarnaast is in een aantal gevallen de bijdrage van puntbronnen verhoudingsgewijs groot in de beheersgebieden van de Dommel en Aa en Maas.

2.4 Synthese

Alle beschouwde stoffen in dit rapport (nutriënten, metalen en bestrijdingsmiddelen) overschrijden op grote schaal in heel Noord-Brabant de huidige normen (Bijlage 2). Deze stoffen zijn, volgens de meest actuele inzichten in de KRW verkenner, voor het overgrote deel afkomstig uit het grondwater (Bijlage 3).

De verwachting is dat de inzichten voor metalen in de komende maanden nog zullen veranderen. Dit heeft te maken met verbeterde berekeningen uit STONE (een lagere uitspoeling), hogere norm voor koper en zink, rekening houdend met de biobeschikbaarheid van deze metalen voor organismen en een mogelijk strengere Europese norm voor nikkel. De mate van normoverschrijding voor metalen is niet precies te voorspellen. Maar het voorlopige inzicht is dat voor de metalen koper, zink, nikkel en cadmium, zeker op de langere termijn, nog overschrijdingen van KRW normen in het oppervlaktewater zijn te verwachten. Nikkel lijkt van de vier metalen de grootste probleemstof te zijn.

Voor de nutriënten zijn KRW werknormen afgeleid. In het algemeen zijn deze iets strenger voor fosfaat en minder streng voor stikstof in vergelijking met de MTR. Dat maakt vooral fosfaat tot een probleemstof.

Alleen voor bestrijdingsmiddelen zijn geen gedetailleerde en actuele gegevens bekend over de precieze herkomst uit enerzijds uitspoeling uit het grondwater en anderzijds drift in het oppervlaktewater.

3 EFFECTEN VAN HUIDIG BELEID

3.1 KRW Nota 2006

In de landelijke KRW Nota 2006 is samengevat in hoeverre de doelen voor oppervlaktewater bereikt zullen worden. Deze conclusies zijn gebaseerd op een strategische Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (sMKBA) waarvoor alle regio's informatie hebben aangeleverd. Conclusies hieruit waren:

- de regio zet vooral in op het halen van de ecologische doelen. Voor het halen van de chemische doelen wordt een belangrijke bijdrage van het rijk verwacht;
- inrichting-beheer en eutrofiëring zijn in het algemeen de beperkende factoren voor het halen van de ecologische doelen:
 - bij inrichtingsmaatregelen hebben de maatregelen die de gebiedskwaliteit verbeteren voorrang. Bijvoorbeeld maatregelen die ook een verbetering geven in flora/fauna, natuurbeleving of verbetering van de EHS;
 - voor de eutrofiëring heeft de brongerichte aanpak voorrang. Dit is het mestbeleid en de aanpak van RWZI's en overstorten. Effectgerichte aanpak (uitmijnen, baggeren waterbodems) heeft een minder hoge prioriteit;
- de maatregelen gericht op de chemische toestand bestaan uit een mix van voornamelijk generieke maatregelen. Voorbeelden zijn het toelatingsbeleid voor bestrijdingsmiddelen, het gebruik van koper en zink in veevoer, en de aanpak van diffuse bronnen.

Aanpak nutriënten

De aanpak van nutriënten voor het SGBP 2009-2015 bestaat uit vijf pijlers:

1. realiseren en vasthouden van fosfaatevenwichtsbemesting in 2015;
2. voldoen aan de norm van 50 milligram/liter nitraat in het oppervlaktewater en bovenste grondwater in 2009 en handhaven van de generieke inzet na 2009;
3. aanpak van emissies van stikstof en fosfaat in de glastuinbouw;
4. innovatieve pilots gericht op het kosteneffectief bereiken van doelen in de periode 2015 tot en met 2027;
5. afstemming tussen KRW-nutriëntennormen en doelen van natuurbeleid.

Met het generieke mestbeleid (de pijlers 1 en 2) zal in veel gebieden in 2015 nog niet aan de normen voldaan zijn (zie paragraaf 2.2). Daarom zijn de volgende pilots voorzien:

- fosfaatlekkende gronden, die zijn ontstaan als gevolg van historische overbemesting en sterk bepalend kunnen zijn voor de lokale oppervlaktewaterkwaliteit;
- gebieden waar de norm van 50 milligram nitraat ontoereikend is voor de benodigde waterkwaliteit;
- stikstofvrachten naar kust en zee.

De pilots kunnen gericht zijn op innovaties op bedrijfsniveau (bijvoorbeeld nieuwe teelten, akkerrandenbeheer, aanpassing drainage), vernieuwingen of het stimuleren van beproefde maatregelen op vrijwillige basis. De pilots hebben een looptijd tot minimaal 2015 en moeten vooral door de regio worden aangedragen. In dit rapport doen we in hoofdstuk 6 een voorzet voor inrichting van deze pilots.

3.2 Effect van mestbeleid

Mestbeleid 2006

De nieuwe meststoffenwet is op 1 januari 2006 van kracht geworden en is in lijn met de EU-Nitraatrichtlijn. Deze schrijft gebruiksnormen voor aan het gebruik van dierlijke mest en kunstmest. De Nederlandse gebruiksnormen van 2009 zijn erop gericht om gemiddeld over het gehele landbouwareaal aan de nitraatnorm van 50 mg/l in het grondwater te voldoen. Aanvullend is met de Europese Commissie afgesproken dat óók op de zandgronden gemiddeld aan de nitraatnorm voldaan zal worden. De nieuwe meststoffenwet kent geen onderscheid tussen uitspoelingsgevoelige en niet-uitspoelingsgevoelige (zand)gronden. Hierdoor mag de nitraatnorm op een deel van het landbouwareaal overschreden worden.

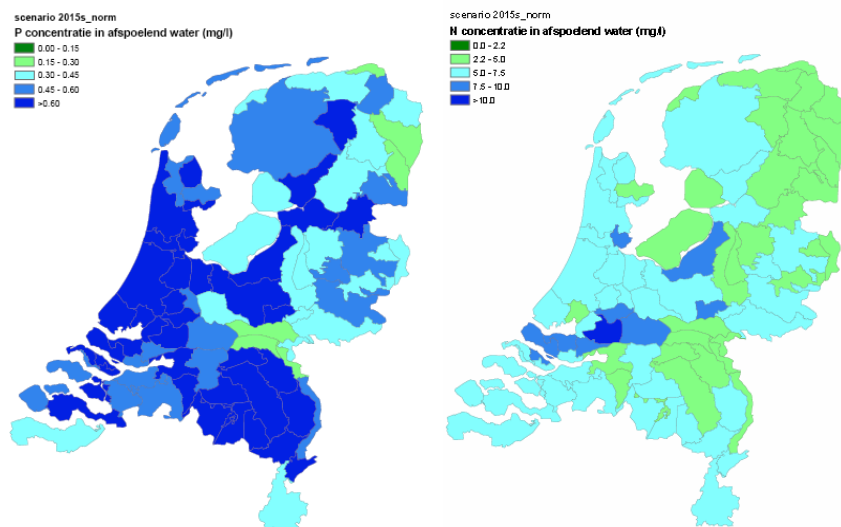
Effecten van nieuwe mestbeleid voor het bovenste grondwater in 2015

De effecten van het nieuwe mestbeleid zijn berekend in een verkennende studie (MNP 2005). De resultaten van deze studie geven aan dat in 2009 de nitraatconcentratie in het totale Nederlandse zandgebied, na correctie voor de grote variatie als gevolg van weersinvloeden, nog rond de 70 mg/l zal liggen als gevolg van naijleffecten in de bodem. Maar in de periode daarna (2010-2015) zal de gemiddelde concentratie de doelstelling van 50 mg/l benaderen. Onder landbouwgronden in het zuidelijk zandgebied (Noord-Brabant en noord- en midden Limburg; Grondwaterlichaam Zand-Maas) zullen gemiddeld over de periode 2010-2015 de nitraatwaarden hoger zijn (gemiddeld circa 80 mg/l). In de berekeningen zitten nog de nodige onzekerheden. Deze worden verkleind na de evaluatie van het mestbeleid in 2007.

Effecten van mestbeleid op uitspoeling naar het oppervlaktewater

In een verkennende studie naar de gevolgen van het nieuwe mestbeleid (MNP 2005) zijn de stikstof en fosfaat concentraties in het oppervlaktewater berekend voor 2015 (zie figuur 3.1).

Figuur 3.1: Landelijk beeld van de N en P concentratie in af- en uitspoelend water afkomstig van landbouwgrond, effect van de scenario 'streng' in de periode 2015-2030 (MNP/UR, 2006)



Vooral de uitspoelende concentratie fosfaat, met name in het oostelijk deel van Noord-Brabant, is veel hoger dan de KRW werknorm. Op het niveau van het KRW stroomgebied Maas is berekend [MNP 2006] in hoeverre de gemiddelde concentraties afnemen door het aangepaste mestbeleid in 2015. De stikstofconcentratie neemt in de periode 2003 – 2015 af van gemiddeld 6,0 mg/l N tot 4,8 mg/N; voor fosfaat is dit respectievelijk 0,9 mg/P tot 0,7 mg/l P.

Evaluatie mestbeleid 2007

Om de vier jaar wordt het Meststoffenbeleid geëvalueerd. Omdat in 2006 een nieuw stelsel van gebruiksnormen voor stikstof, fosfaat en dierlijke mest wordt ingevoerd, zal de evaluatie van de Meststoffenwet in 2007 zich vooral richten op de ex ante evaluatie van de invoering van de gebruiksnormen op de milieukwaliteit (grondwater en oppervlaktewater). Daarnaast wordt het actuele mestoverschot bepaald. Voor de evaluatie wordt het rekeninstrument STONE verder aangepast en wordt een monitoringssystematiek ontwikkeld waarmee inzicht wordt verkregen in de ontwikkeling van het mestoverschot in Nederland. In het kader van dit project is een gesprek gevoerd met Alterra over de gebruiksmogelijkheden van STONE (zie Bijlage 4).

3.3 Effect van bestrijdingsmiddelenbeleid

Het College voor Toelating van Bestrijdingsmiddelen (CTB) is verantwoordelijk voor de beoordeling van de toelaatbaarheid van een bestrijdingsmiddel in Nederland. Het CTB doet dat aan de hand van normen en criteria vastgelegd in het Handboek Toelating Bestrijdingsmiddelen (HTB) van het CTB.

Nederland heeft sinds 1988 gebruik gemaakt van een beslisboom om het risico van uitspoeling van bestrijdingsmiddelen naar grondwater te kunnen beoordelen. Door recente ontwikkelingen op EU niveau was het noodzakelijk om deze beslisboom te herzien om de afstemming met de EU optimaal te houden. In 2004 is de methodiek dan ook herzien en aangescherpt aan het nieuwe Europese beleid. Hoewel dit niet is onderzocht, wordt verwacht dat de nieuwe beslisboom geen invloed heeft op de breedte van het middelenpakket (RIVM, 2004).

In de loop der jaren zijn middelen verboden en komen nieuwe middelen op de markt. Volgens CTB (mond. meded. W. Pol, 2006) zijn de volgende trends in middelen zichtbaar:

- er komen steeds specifiekere middelen, gericht op bepaalde teelten, plagen of ziekten;
- de doseringen worden steeds lager (van kg per ha vroeger tot grammen per ha nu);
- er is geen trend in veranderingen in het chemisch gedrag (DT_{50} of K_{oc} waarden).

3.4 Gebiedsanalyses Brabantse waterschappen

Door de Nederlandse waterschappen zijn in 2006 gebiedsanalyses opgesteld. In Noord-Brabant zijn de volgende studies gedaan:

- deelgebiedsrapportage Kaderrichtlijn Water. Deelgebied De Dommel, Fase 2. Arcadis rapport in opdracht van Provincie Noord-Brabant en Waterschap De Dommel. 19 Mei 2006;
- deelgebiedsrapportage Brabantse Delta. Oranjewoud rapport in opdracht van Provincie Noord-Brabant en Waterschap Brabantse Delta. 7 juni 2006;
- deelgebiedsrapportage Aa en Maas. Fase 2 Implementatie KRW. Arcadis rapport in opdracht van Provincie Noord-Brabant en Waterschap Aa en Maas. 1 augustus 2006.

De drie Brabantse waterschappen hebben elk vijf beleidsvarianten uitgewerkt (tabel 3.1). Per RWSR waterlichaam zijn maatregelen geselecteerd die een bijdrage leveren aan het oplossen van gesignaleerde KRW knelpunten, inclusief een schatting van de kosten.

Tabel 3.1: Beleidsvarianten in de gebiedsanalyse Maas

Beleidsvariant	Invulling
Referentie	Vastgestelde maatregelen tot 2009 vanuit het huidige beleid, waarvan bekend is dat ze bijdragen aan de KRW doelstellingen. (incl. geld geprogrammeerd t.b.v. de uitvoering)
Basis	Nog uit te voeren maatregelen op grond van vigerende EU richtlijnen (pre-KRW), met name de Natura 2000 doelen.
Beperkt ¹⁾	Beperkte mate van extra areaal waar KRW-doelen gehaald dienen te worden. Bijv. een deel van de beken met een natuurdoelstelling of de meest prioritaire verdroogde gebieden .
Fors ¹⁾	Aanzienlijk mate van extra areaal waarvoor maatregelen genomen worden om de KRW-opgave te halen. Bijvoorbeeld alle beken met een natuurdoelstelling of alle verdroogde gebieden in de gehele EHS.
Maximaal	Alle doelen in 2015 volledig realiseren in het hele Maasgebied (In 100 % realisatie van het areaal maximale inspanning).

¹⁾ Op hoofdlijnen komen de beleidsvarianten beperkt/fors overeen met de Limburgse en Brabantse reconstructie- en revitaliseringsplannen. De planperiode hiervan is 2015/2016.

De gebiedsanalyses zijn op een vrij grof niveau uitgevoerd. Met de analyse is een eerste schatting gemaakt van de mogelijk te nemen maatregelen en de bijbehorende kosten. Conclusie is dat het halen van 100% van de doelen mogelijk is. Hier staan echter, waarschijnlijk maatschappelijk onaanvaardbare hoge kosten tegenover. In de zomer van 2007 wordt dit verder uitgewerkt in een voorkeursvariant. Deze voorkeursvariant ligt waarschijnlijk in de buurt van de variant Beperkt en Fors. Voorliggend rapport dient als invoer voor deze gebiedsprocessen.

3.5 Synthese

Op veel plaatsen in de regionale Brabantse wateren worden de KRW doelen nog niet gehaald. Eutrofiering is één van de problemen waardoor de ecologische doelen niet worden gehaald. Het landelijke mestbeleid wordt in de loop van 2007 geëvalueerd. Aan de regio is gevraagd om in de vorm van regionale pilots methoden te ontwikkelen om regionaal de ecologische doelen te kunnen halen in de periode 2015 – 2027. In de volgende hoofdstukken wordt hier nader op ingegaan.

4 INVLOED GRONDWATER OP OPPERVLAKTEWATER

4.1 De grondwaterkwaliteit in Brabant

Onder natuurlijke omstandigheden wordt de kwaliteit van het grondwater voornamelijk beïnvloed door uit de ondergrond vrijkomende stoffen. Het voedselarme regenwater dat infiltreert naar het grondwater neemt in de ondergrond nutriënten en andere stoffen op. Dit matig voedselrijke/voedselarme water kwelt vervolgens op in beken en kwelgebieden.

In Brabant wordt de grondwaterkwaliteit ook sterk beïnvloed door vervuilende menselijke activiteiten nu en in het verleden. Door jarenlange bewoning, industrie, verkeer en landbouw zijn de bodem en het grondwater verontreinigd met nutriënten en zware metalen. Deze verontreinigingen dringen steeds dieper in de ondergrond door en vormen een bedreiging voor de mens (o.a. drinkwatervoorziening) en voor grondwaterafhankelijke natuur.

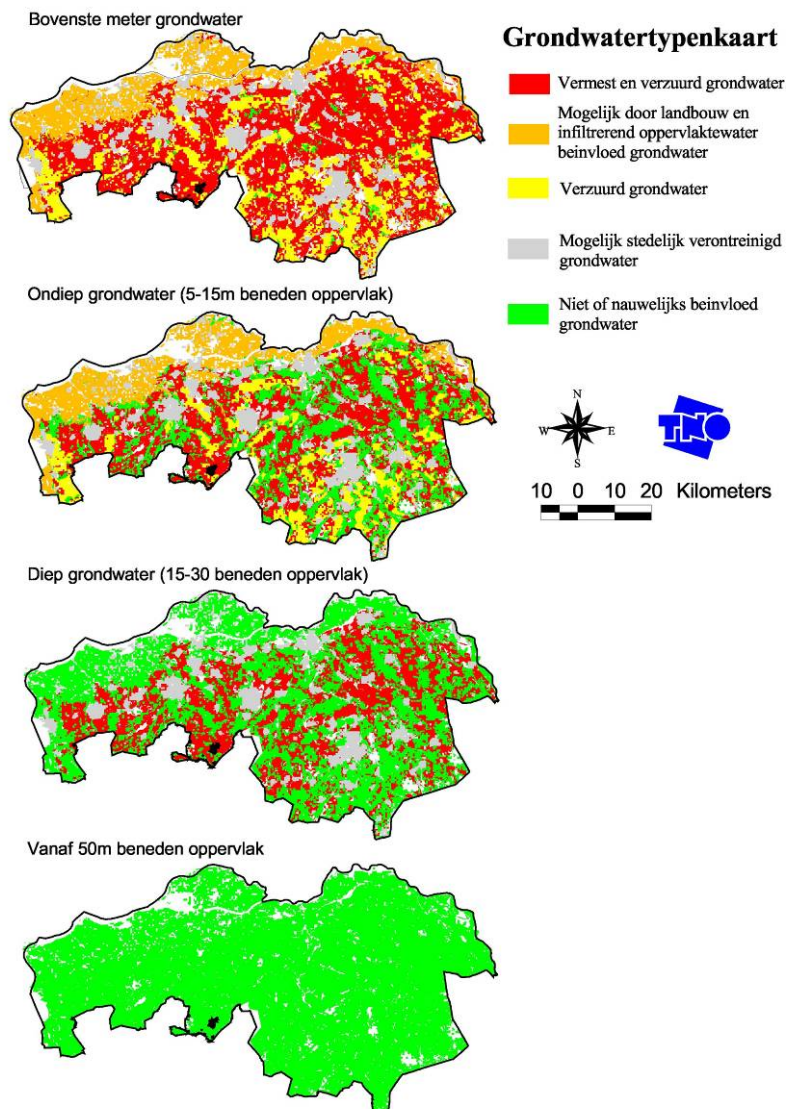
De grondwatertypenkaarten in figuur 4.1 geven weer welk grondwater door menselijke activiteiten is beïnvloed. Er wordt onderscheid gemaakt in:

- vermest en verzuurd grondwater;
- mogelijk door landbouw en infiltrerend oppervlaktewater beïnvloed grondwater;
- verzuurd grondwater;
- mogelijk stedelijk verontreinigd water;
- niet of nauwelijks beïnvloed grondwater.

Aan de hand van grondwaterkwaliteitsgegevens is voor verschillende gebiedstypen bepaald of de grondwaterkwaliteit antropogeen beïnvloed is. Hierbij is gekeken naar verschillende parameters, zoals nitraat, oxiderend vermogen, chloride, kalium en pH. Bij de gebiedstypenindeling wordt onderscheid gemaakt in landgebruik (landbouw, natuur, stad), geohydrologische situatie (kwel, intermediair, infiltratie) en bodemtype (zand, klei).

Over de processen die inzicht geven in de bijdragen van verschillende transportcomponenten naar het oppervlaktewater (zoals drift, uit- en afspoeling) is nog weinig bekend. Er worden in de literatuur wel aannames gedaan, maar deze zijn niet gebaseerd op grondig modelmatig en monitoringsonderzoek. De beschrijving van de uitwisseling van bestrijdingsmiddelen van het grondwater naar het oppervlaktewater wordt daarom verder niet beschreven in dit hoofdstuk.

Figuur 4.1: Grondwatertypenkaarten voor menselijke beïnvloeding voor vier diepteniveaus



Voor het stedelijk gebied geldt dat zowel het bovenste, als het ondiepe en diepe grondwater mogelijk verontreinigd is. Veel grote steden zijn al eeuwenlang bewoond waardoor verontreinigingen diep in het grondwater kunnen zijn doorgedrongen.

Het bovenste grondwater is in alle landbouwgebieden vermest en verzuurd. Dit geldt zelfs voor de landbouwgronden in kwelgebieden, terwijl daar schoon en oud grondwater opkwelt. Dit kwelwater wordt toch verontreinigd met meststoffen die vanaf het oppervlak uitspoelen naar het bovenste grondwater. In natuurgebieden is het bovenste grondwater over het algemeen verzuurd met uitzondering van natuur in kwelgebieden, waar de kwaliteit van het bovenste grondwater nauwelijks is beïnvloed door de mens. In de kleigebieden in het noorden en westen van Brabant wordt de kwaliteit van het bovenste grondwater niet gemeten. De verwachting is dat het grondwater hier wel wordt beïnvloed door landbouw en door het infiltreren van verontreinigd oppervlaktewater.

Het ondiepe grondwater (5-15 meter beneden het oppervlak) is vermest en verzuurd in de landbouwgronden met infiltratie en de intermediaire landbouwgebieden. In landbouwgebieden met kwel is op deze diepte meestal geen menselijke invloed meer merkbaar. Behalve in landbouwgebieden is ook in natuurgebieden met infiltratie de invloed van verzuring nog merkbaar in het ondiepe grondwater. In intermediaire natuurgebieden en natuurgebieden met kwel is het ondiepe grondwater niet verzuurd. Voor de kleigebieden zijn erg weinig metingen beschikbaar. Op basis van de weinige metingen is het ondiepe grondwater in de kleigebieden aangemerkt als mogelijk door landbouw en infiltrerend oppervlaktewater beïnvloed water.

In het diepe grondwater (15-30 meter beneden het oppervlak) is alleen sprake van menselijke invloed in intermediaire landbouwgebieden en landbouwgebieden met infiltratie. In het stedelijk gebied is de kwaliteit van het diepe grondwater mogelijk ook beïnvloed. Voor de kleigebieden zijn weinig metingen beschikbaar, maar de verwachting is dat de menselijke invloed daar meestal niet tot in het diepe grondwater doordringt.

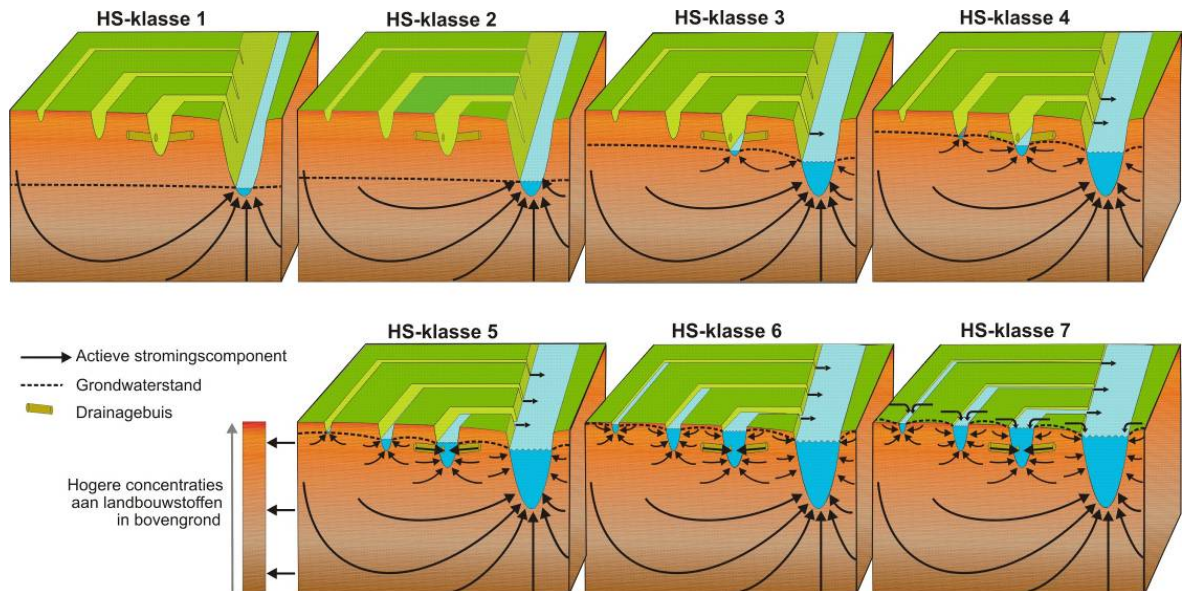
Vanaf een diepte van circa 50 meter beneden maaiveld is er nauwelijks nog sprake van antropogene beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit. Het water op deze diepte is over het algemeen geïnfiltrerd voordat de belasting van landbouwgronden vanaf de jaren '50 sterk toenam.

4.2 Interactie tussen grond- en oppervlaktewater

Grond- en oppervlaktewater maken deel uit van hetzelfde hydrologische systeem. In Nederland zorgt het neerslagoverschot voor een grondwateraanvulling van ongeveer één meter per jaar. Om wateroverlast te voorkomen wordt het teveel aan grondwater afgevoerd door het (deels kunstmatige) stelsel van beken, sloten, greppels en drains. Het oppervlaktewater bestaat derhalve voor een groot deel uit afgevoerd grondwater. De oppervlaktewaterkwaliteit is de resultante van een bepaalde mengverhouding van grondwater afkomstig van verschillende diepteniveaus². Deze mengverhouding is afhankelijk van de afvoeromstandigheden; bij snelle afvoer verschuift de mengverhouding naar de ondiepere, snellere afvoercomponenten. Bij basisafvoer hebben de diepere, tragere afvoercomponenten meer invloed. Door de verschillen in waterkwaliteit tussen de diepteniveaus hebben de verschuivingen in de mengverhouding gevolgen voor de oppervlaktewaterkwaliteit (Rozemeijer & Broers, 2007).

² Onder grondwater wordt in dit rapport al het water verstaan dat via stroming door de verzadigde ondergrond wordt getransporteerd, dus inclusief het bovenste grondwater dat afwatert op drains en greppels in natte perioden.

Figuur 4.2: Visualisatie van het conceptuele model voor de relatie tussen grond- en oppervlaktewater; grondwaterstromingscomponenten die onder verschillende afvoeromstandigheden (HS-classes) bijdragen aan het oppervlaktewater



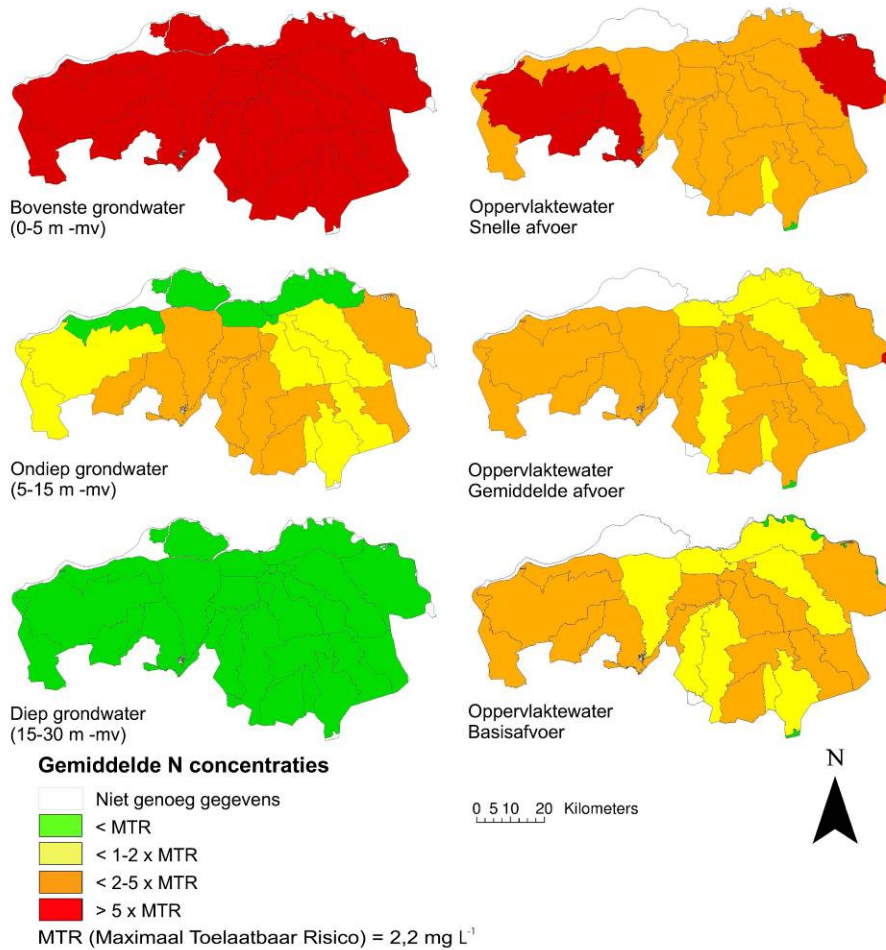
In figuur 4.2 wordt dit concept gevisualiseerd voor een geschematiseerde dwarsdoorsnede van een stroomgebied. Het bovenste grondwater is het meest verontreinigd door landbouwactiviteiten (Van der Grift et al., 2004). Het diepere grondwater is schoner doordat veel verontreinigende stoffen sterk adsorberen in de ondiepe ondergrond (fosfaat en zware metalen) of worden afgebroken (nitraat). In figuur 4.2 is de verontreinigingsstoestand van de ondergrond met kleur gevisualiseerd (van rood naar bruin). In figuur 4.2 is ook te zien dat het oppervlaktewater onder droge omstandigheden wordt gevoed vanuit het schone diepere grondwater (HS-klasse 1). Onder nattere omstandigheden gaat het ondiepe grondwater ook bijdragen aan de oppervlaktewaterafvoer. Na nog nattere periodes komt ook het bovenste grondwater langs zeer korte stroombanen via kleinere sloten, greppels en drains en eventueel zelfs via oppervlakkige afstroming in de beek terecht. Vooral met deze snelle, oppervlakkige stroombanen wordt veel landbouwverontreiniging meegevoerd naar het oppervlaktewatersysteem.

De relatie tussen grond- en oppervlaktewater wordt hier verder geïllustreerd voor stikstof. Aan de hand van figuur 4.3 kunnen de stikstofconcentraties in het grondwater op verschillende dieptes vergeleken worden met de concentraties in het oppervlaktewater onder verschillende afvoeromstandigheden.

De grondwaterkaarten in figuur 4.3 (links) laten zien dat de stikstofconcentraties in het grondwater afnemen met de diepte. In het bovenste grondwater zijn de concentraties overall minstens vijf maal hoger dan de MTR. In het ondiepe grondwater wordt de MTR ook in de meeste stroomgebieden overschreden. In het diepe grondwater zijn de stikstofconcentraties over het algemeen erg laag. Uit de grondwaterkaarten in figuur 4.3 blijkt dat het bovenste en het ondiepe grondwater een bedreiging zijn voor de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant.

De oppervlaktewaterkaarten in figuur 4.3 (rechts) laten zien dat de gemiddelde stikstofconcentraties in het oppervlaktewater in alle stroomgebieden de MTR-norm overschrijden. De concentraties zijn het hoogst onder snelle afvoersomstandigheden en het laagst onder basisafvoersomstandigheden.

Figuur 4.3: Gemiddelde N-concentraties in het bovenste, ondiepe en diepe grondwater en in het oppervlaktewater gedurende basisafvoer, gemiddelde afvoer en snelle afvoer in de RWSR-gebieden in Noord-Brabant



Uit vergelijking van de grond- en oppervlaktewaterkaarten blijkt ten eerste dat de concentraties in het oppervlaktewater bij basisafvoer, gemiddelde afvoer en snelle afvoer kunnen goed worden verklaard door menging van het bovenste, ondiepe en diepe grondwater. De stikstofconcentraties in het oppervlaktewater liggen binnen de range van concentraties in het grondwater. Hiernaast wordt de grootste flux vanuit het bovenste grondwater en daardoor de hoogste stikstofconcentraties in het oppervlaktewater verwacht onder snelle afvoersomstandigheden. In figuur 4.3 is te zien dat de concentraties in het oppervlaktewater inderdaad het hoogst zijn onder snelle afvoersomstandigheden.

In Noord-Brabant hebben ook lozingen, de inlaat van Maaswater en water uit grensoverschrijdende riviertjes invloed op de oppervlaktewaterkwaliteit. Ondanks de invloed van deze andere bronnen van oppervlaktewaterverontreiniging, zijn er duidelijke relaties gevonden tussen de grondwaterkwaliteit op verschillende diepteniveaus en de oppervlaktewaterkwaliteit onder verschillende afvoeromstandigheden. Hieruit kan worden geconcludeerd dat grondwater een belangrijke bron van oppervlaktewaterverontreiniging is. De slechte kwaliteit van het bovenste grondwater zorgt ervoor dat de normen voor het oppervlaktewater worden overschreden voor de beschouwde stoffen, vooral tijdens natte periodes.

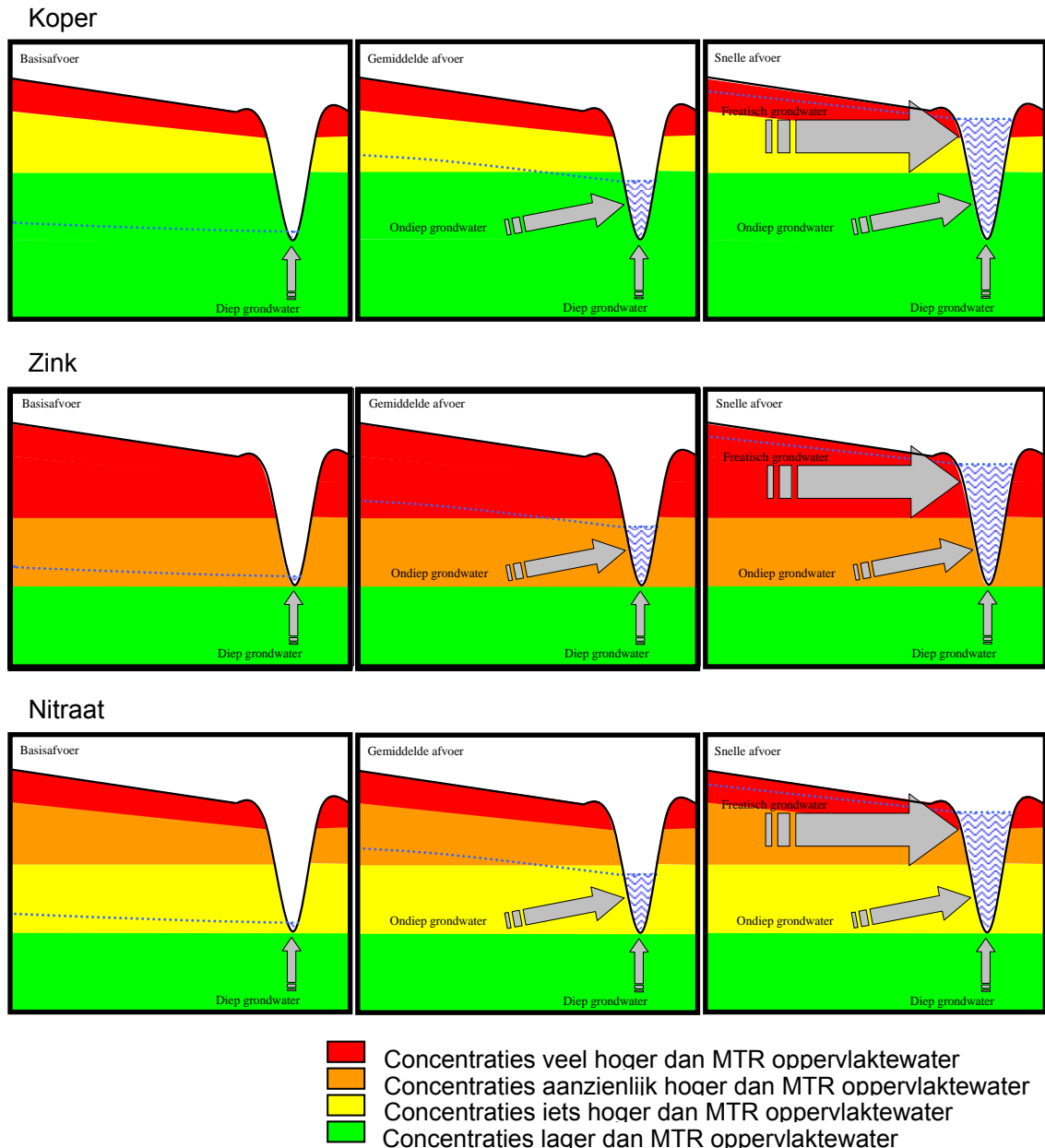
4.3 Verschillen tussen stoffen

Op hoofdlijnen gelden de in paragraaf 4.2 beschreven relaties tussen grond- en oppervlaktewaterkwaliteit ook voor alle andere landbouwstoffen. Er zijn echter verschillen in belasting en in chemisch gedrag tussen de verschillende stoffen. Hierdoor dringt de ene stof dieper in de ondergrond door dan de andere. De gevolgen hiervan voor de oppervlaktewaterkwaliteit zijn geschetst in figuur 4.4.

Koper, zink en nitraat zijn stoffen die voornamelijk door bemesting en atmosferische depositie in de bodem terecht komen. Koper hecht zich zeer sterk aan bodembestanddelen. Hierdoor hoopt koper zich op in het allerbovenste deel van de bodem (zie figuur 4.4) en spoelt maar een klein deel uit naar het bovenste grondwater. Zink is iets mobieler dan koper. Hierdoor zijn de zinkconcentraties vooral in het bovenste grondwater, maar ook in het ondiepe grondwater relatief hoog (zie figuur 4.4). Nitraat is erg mobiel en komt in Brabant ook in het ondiepe grondwater nog in hoge concentraties voor. In het diepe grondwater zit nauwelijks nog nitraat doordat het op deze diepte meestal is omgezet.

Doordat koper zich alleen bovenin de bodem bevindt, zal koper alleen onder zeer natte omstandigheden uitspoelen naar het oppervlaktewater. Bij zeer snelle afvoer kunnen de grondwaterstanden stijgen tot in het bovenste deel van de bodem. Koper kan dan via drains of greppels, worden meegevoerd naar het oppervlaktewater. Ook bij afstroming van water over het landoppervlak kan relatief veel koper worden meegevoerd. Dit veroorzaakt hogere koperconcentraties in het oppervlaktewater onder zeer natte omstandigheden. Voor zink en vooral voor nitraat geldt dat ook het wat diepere grondwater hogere concentraties bevat. Zink en vooral nitraat komen daardoor al bij wat minder natte omstandigheden in verhoogde concentraties in het oppervlaktewater voor. Onder zeer droge omstandigheden, als er alleen diep grondwater afgevoerd wordt, zijn de concentraties koper, zink en nitraat erg laag in oppervlaktewateren die verder niet door andere bronnen beïnvloed worden.

Figuur 4.4: Vereenvoudigde weergave van de verschillen in verontreinigingstoestand van het grondwater tussen koper, zink en nitraat en de gevolgen voor de toevoer van deze stoffen naar het oppervlaktewater onder verschillende afvoersomstandigheden

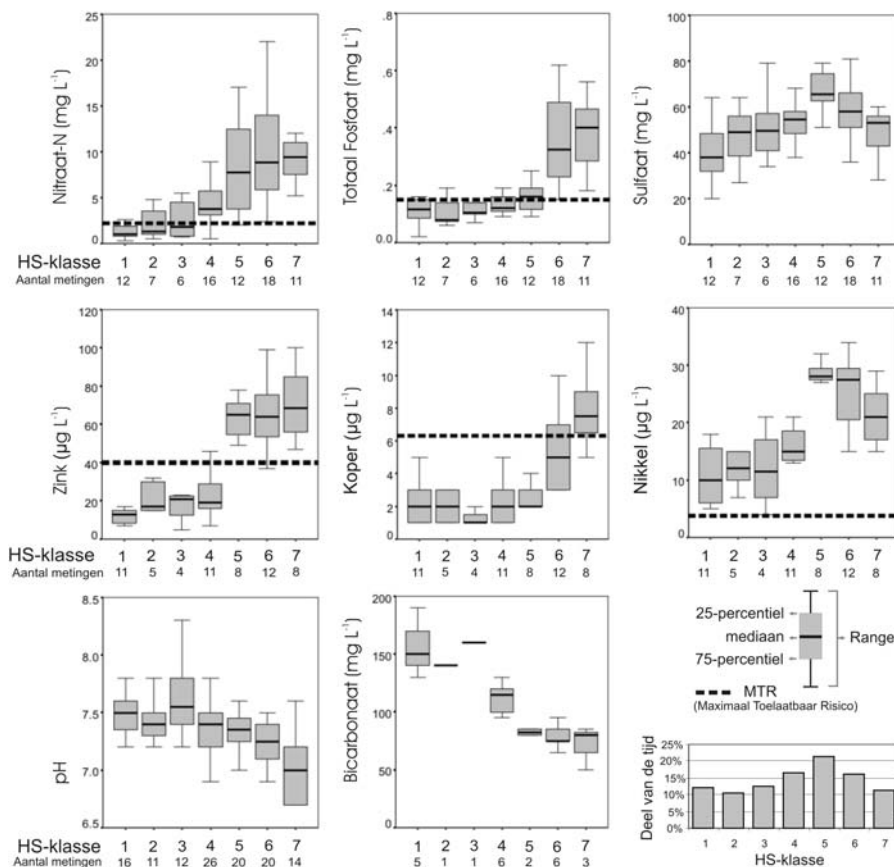


Dat de verschillen tussen stoffen in verontreinigingstoestand van het grondwater ook doorwerken in de kwaliteit van het oppervlaktewater onder verschillende afvoersomstandigheden is te zien in figuur 4.5. Deze figuur laat waterkwaliteitsgegevens van het Merkse zien, onderverdeeld in 7 afvoerclassen van droog (klasse 1: 100% basisafvoer) tot extreem nat (>90% snelle afvoer).

De boxplots in figuur 4.5 laten duidelijk de relatie zien tussen oppervlaktewaterkwaliteit en afvoersomstandigheden. Bij basisafvoer lijkt de kwaliteit van het oppervlaktewater op dat van het diepe grondwater (weinig nitraat en koper, veel bicarbonaat).

Bij veel snelle afvoer laten de concentraties in het oppervlaktewater zien dat de bijdrage van het ondiepe grondwater, met veel nitraat en koper en weinig bicarbonaat, toeneemt. De resultaten van de andere geanalyseerde stoffen en de andere voorbeeldstroomgebieden bevestigen deze algemene relaties. De verschillen tussen de stoffen kunnen worden verklaard aan de hand van verschillen in hun chemische eigenschappen.

Figuur 4.5: Boxplots van de gemeten concentraties in de verschillende HS-classes, rechtsonder is weergegeven hoe veel tijd elke HS-klasse relatief optreedt



In het laatste deel van deze paragraaf worden de historische belasting en de chemische eigenschappen van de stoffen nitraat, fosfaat, sulfaat, cadmium, koper, zink en nikkel kort gekenschetst. Tabel 4.1 geeft een samenvattend overzicht van de belangrijkste chemische eigenschappen per stof.

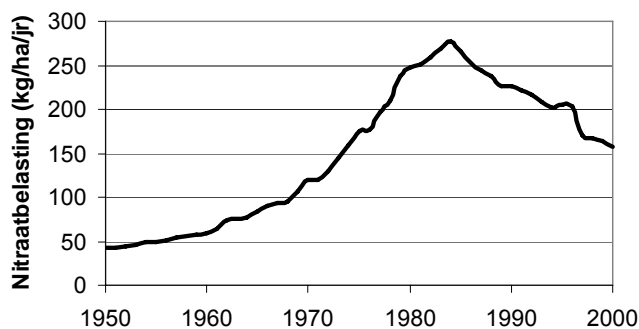
Tabel 4.1: Beknopt overzicht van het chemische gedrag van verschillende probleemstoffen

Stof	Chemisch gedrag
Nitraat (NO ₃)	Zeer mobiel, wordt afgebroken onder zuurstofloze condities in aanwezigheid van organisch materiaal of pyriet (pyrietoxidatie)
Fosfaat (PO ₄)	Immobil in de onverzadigde zone, adsorbeert sterk aan ijzer- en aluminiumoxiden, mobieler in verzadigde zone
Sulfaat (SO ₄)	Zeer mobiel, wordt alleen afgebroken in zeer gereduceerd (diep) grondwater. Komt in de ondergrond vrij bij pyrietoxidatie
Cadmium (Cd)	Immobil, adsorbeert onder invloed van de pH sterk aan klei en organisch materiaal. Mobieler bij lagere pH's. Kan vrijkomen bij verzuring.
Koper (Cu)	Als Cadmium, maar nog immobieler.
Zink (Zn)	Als Cadmium, maar iets mobieler. Kan vrijkomen bij pyrietoxidatie.
Nikkel (Ni)	Als Cadmium. Kan vrijkomen bij pyrietoxidatie en bij uitwisselingsprocessen met de ondergrond onder zure omstandigheden

4.3.1 Nitraat

Nitraat is een stof die via bemesting op landbouwgronden wordt gebracht. In figuur 4.7 is een grafiek afgebeeld met het verloop van de totale nitraatbelasting inclusief atmosferische depositie op landbouwgebieden in Noord-Brabant. De totale belasting bestaat uit belasting met kunstmest en drijfmest minus de opname van nitraat door planten. In de figuur is te zien dat vanaf 1950 de nitraatbelasting snel is toegenomen tot een maximum in 1984. Door afname van de overbemesting is na 1984 de nitraatbelasting van het grondwater weer gedaald.

Figuur 4.7: Het verloop van de nitraatbelasting van landbouwgebieden in Brabant in de periode van 1950 tot en met 2000

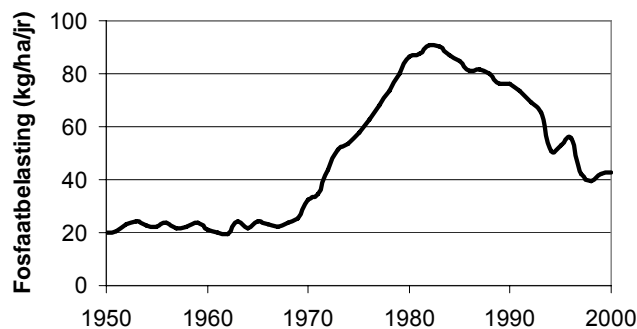


Nitraat is zeer mobiel en kan door natuurlijke chemische processen zowel worden gevormd uit organisch gebonden stikstof en ammonium (mineralisatie of nitrificatie) als worden afgebroken (denitrificatie en pyrietoxidatie). Mineralisatie en nitrificatie van stikstofverbindingen in mest treden op onder zuurstofrijke condities in de onverzadigde zone. In de verzadigde zone kan nitraat worden afgebroken (gereduceerd) in aanwezigheid van organisch materiaal of pyriet (pyrietoxidatie). Door deze afbraak processen nemen de concentraties van nitraat over het algemeen af met de diepte.

4.3.2 Fosfaat

Belangrijkste bronnen van fosfaat in bodem en oppervlaktewater zijn bemesting van landbouwgronden en afvalwaterlozing. De grafiek van de historische belasting van landbouwgronden met fosfaat (figuur 4.8) is vergelijkbaar met die van nitraat. Fosfaat wordt in de bodem zeer sterk geadsorbeerd aan ijzer- en aluminiumoxides. Hierdoor is het immobiel in de onverzadigde zone. In de verzadigde zone en onder zeer natte omstandigheden is fosfaat echter mobieler.

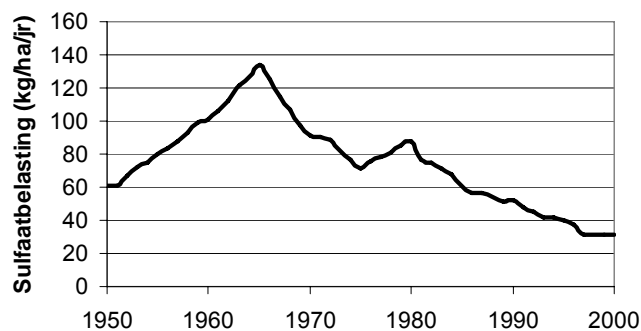
Figuur 4.8: Het verloop van de fosfaatbelasting van landbouwgebieden in Brabant in de periode van 1950 tot en met 2000



4.3.3 Sulfaat

Atmosferische depositie van zwavelverbindingen vanuit verkeer en industrie is een belangrijke bron voor de belasting van het grondwater met sulfaat. De eerste piek in de grafiek van de historische belasting van sulfaat (figuur 4.9) is het gevolg van een piek in deze atmosferische depositie. Daarnaast speelt in landbouwgebieden bemesting (drijf- en kunstmest) een rol. Bemesting veroorzaakt de tweede piek in figuur 4.9. In stedelijke gebieden kan ook straatvuil en rioolwater bijdragen aan de uitspoeling van sulfaat naar het grondwater. Sulfaat wordt in de bovenste tientallen meters grondwater niet afgebroken en is zeer mobiel. Het komt in de ondergrond vrij bij pyrietoxidatie en wordt alleen afgebroken in zeer gereduceerd (diep) grondwater.

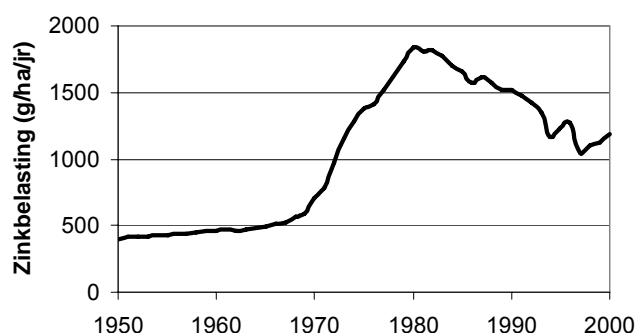
Figuur 4.9: Het verloop van de sulfaatbelasting van landbouwgebieden in Brabant in de periode van 1950 tot en met 2000



4.3.4 Zink, cadmium, nikkel en koper

In het grondwater zijn de belangrijkste bronnen van zink en cadmium atmosferische depositie en bemesting (drijf- en kunstmest). Door de uitstoot van stofdeeltjes uit de zinksmelterijen in de grensstreek met België is de atmosferische depositie van cadmium en zink in de 70-er jaren vele malen hoger geweest in de Kempen regio dan in de rest van Brabant. In tegenstelling tot cadmium en zink is er geen regionaal patroon in atmosferische depositie van nikkel en koper. Voor deze metalen is bemesting³ de belangrijkste bron in het grondwater, gevolgd door atmosferische depositie. In figuur 4.10 is de historische belasting van landbouwgronden met zink afgebeeld. De andere zware metalen zijn qua belasting vergelijkbaar met zink. Net als bij nitraat valt de piek samen met de piek in de mestbelasting in de jaren '80.

Figuur 4.10: Het verloop van de zinkbelasting van landbouwgebieden in Brabant in de periode van 1950 tot en met 2000, zonder de effecten van de belasting in de Kempen



Zink, cadmium, nikkel en koper worden in de bodem sterk geadsorbeerd aan organisch materiaal, kleideeltjes en ijzeroxides. De historische belasting van zware metalen is hierdoor voor een groot deel nog altijd in de bouwvoor aanwezig en spoelt maar langzaam uit naar het grondwater. Van de relatief immobiele zware metalen is koper de minst en zink de meest mobiele. De sorptiecapaciteit van de bodem voor deze metalen is sterk afhankelijk van het organisch stof- en kleigehalte en van de pH. Naarmate de pH lager wordt, neemt de mobiliteit toe. Onder invloed van verzuring kunnen hierdoor ook van nature aanwezige zware metalen loskomen van het sediment en in oplossing gaan. Zink en nikkel kunnen tevens vrijkomen in het grondwater bij de afbraak van nitraat door pyrietoxidatie.

4.4 Verschillen tussen gebieden qua grondwaterkwaliteit

De in paragraaf 4.2 beschreven relaties tussen grond- en oppervlaktewater gelden in hoofdlijnen voor heel Noord-Brabant. Er zijn echter wel regionale verschillen; in het ene gebied zijn hoge concentraties verontreinigingen verder in het diepere grondwater doorgedrongen dan in het andere gebied. Deze regionale verschillen hangen voornamelijk samen met de ligging in het regionale hydrologische systeem en de geohydrologische opbouw en de reactiviteit van de ondergrond. Toch zijn deze regionale verschillen relatief klein ten opzichte van het dominante regionale patroon dat wordt bepaald door het landgebruik, de geohydrologische situatie en het bodemtype.

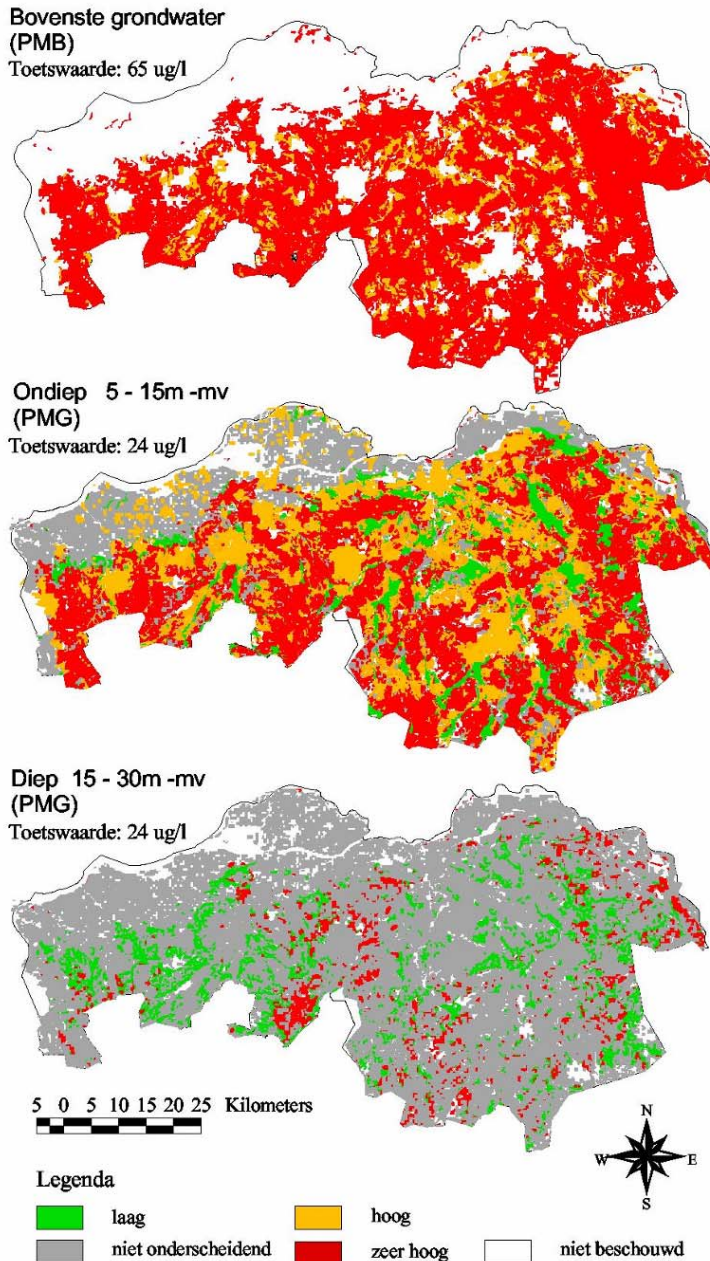
³ Nikkel komt niet voor in mest, maar komt wel vrij ten gevolge van de bemesting.

In deze paragraaf wordt eerst het dominante patroon besproken en vervolgens de regionale verschillen die hierop gesuperponeerd zijn.

4.4.1 Het dominante regionale patroon

Voor de reguliere rapportages over het grondwaterkwaliteitsmeetnet van de provincie Noord-Brabant zijn provinciedekkende kaarten vervaardigd waarin de grondwaterkwaliteit wordt weergegeven voor verschillende stoffen op drie diepteniveaus. Figuur 4.11 voor zink is daarvan een voorbeeld en Figuur 4.12 vat de kaarten in grote lijn samen. De belangrijkste gebiedseigenschappen die de grondwaterkwaliteit bepalen zijn het landgebruik, het bodemtype en de hydrologische situatie. Daarom zijn de homogene gebieden waarop de kaarten gebaseerd zijn op basis van deze gebiedskenmerken ingedeeld. De grondwaterkwaliteitskaarten zijn ingekleurd op basis van de concentraties die verspreid over de provincie in deze homogene gebieden zijn gemeten. Uit deze metingen komen duidelijke verschillen naar voren tussen de homogene gebieden. Zo zijn van veel stoffen de concentraties in kwelgebieden duidelijk lager, evenals in het rivier- en zeekleigebied, al zijn van deze gebieden relatief weinig metingen beschikbaar.

Figuur 4.11: Percentage overschrijding van de streefwaarde voor zink in het grondwater op drie dieptes (bovenste grondwater, 5-15 m diep en 15-30 m diep), bron: reguliere rapportages grondwaterkwaliteits-meetnet Noord-Brabant



Uit de kaarten 4.11 en 4.12 blijkt dat de grondwaterkwaliteit in het zandgebied het slechts is. Uit de analyses van de grondwaterkwaliteit voor het zandgebied komt een duidelijke dominant patroon naar voren: met de diepte afnemende invloed van vermisting en verzuring en afnemende concentraties van probleemstoffen met de diepte. Tegelijkertijd zijn niet zozeer verschillen tussen gebieden dominant, maar worden in zowel het zandgebied van westelijk, midden en oostelijk Brabant soortgelijke concentraties gemeten. In het bovenste grondwater komen vrijwel over het hele zandgebied een lage pH, hoge nitraat en hoge Zn concentraties voor, behalve in de kwelgebieden.

Naar de diepte toe worden de gebieden met invloed van vermisting en verzuring steeds kleiner en beperkt de menselijke invloed zich veelal tot de infiltratiegebieden.

Dit betekent dat niet zozeer verschillende maatregelen nodig zijn tussen verschillende RWSR gebieden, maar dat veeleer naar differentiatie moet worden gezocht binnen RWSR gebieden. Bijvoorbeeld een differentiatie van maatregelen voor natte en drogere deelstroomgebiedjes binnen het RWSR gebied. Dit wordt in hoofdstuk 6 nader uitgewerkt.

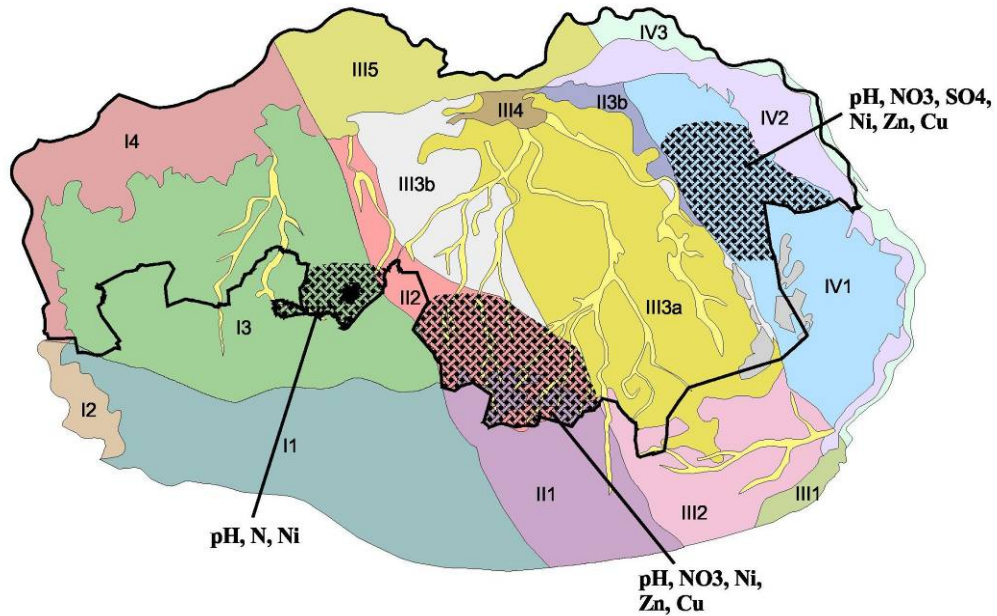
4.4.2 Zones met relatief hoge concentraties

Patronen in de grondwaterkwaliteit die niet worden veroorzaakt door verschillen tussen landgebruik, bodemtype en hydrologische situatie komen niet naar voren in de reguliere grondwaterkwaliteitskaarten. Naast deze gebiedseigenschappen kunnen bijvoorbeeld de geohydrologische en geochemische eigenschappen van de ondergrond invloed hebben op de grondwaterkwaliteit. In de Stromon Quickscan zijn deze gebieden nader aangeduid.

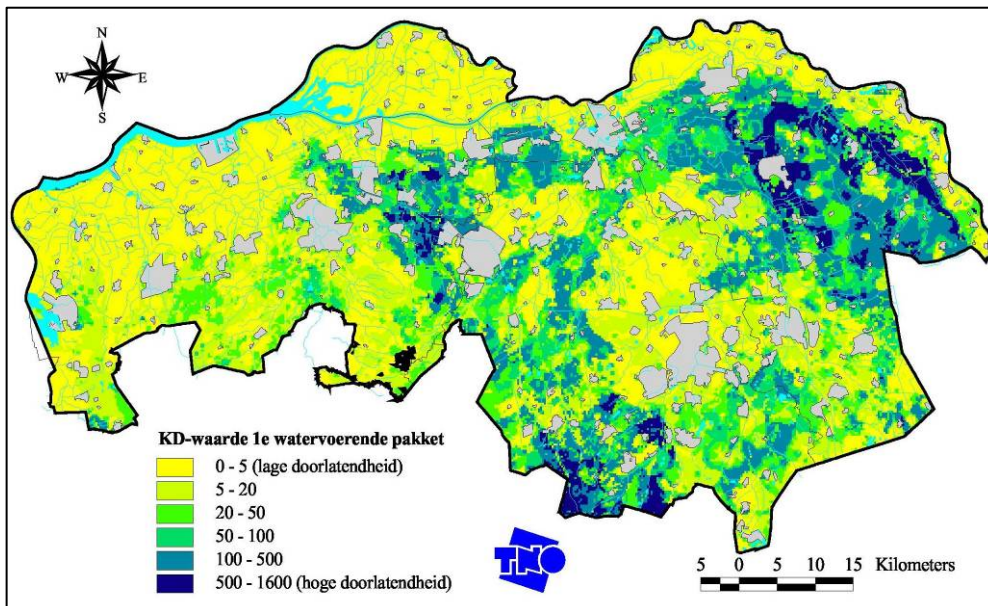
In figuur 4.12 zijn drie zones gearceerd waar de concentraties van een aantal stoffen hoger zijn dan op basis van landgebruik, bodemtype en hydrologische situatie zou worden verwacht. De pH is hier lager en het water is dus zuurder. Het gaat om een groot deel van de Peelhorst, het gebied ten zuidwesten van Eindhoven en het gebied rond Baarle Nassau. Het lijkt erop dat de invloed van vermisting en verzuring in deze gebieden dieper in de ondergrond is doorgedrongen.

De oorzaak hiervan is de grote doorlatendheid en de lage reactiviteit van de ondergrond in deze gebieden. De zone op de Peelhorst en de zone ten zuidwesten van Eindhoven liggen in geohydrologische deelgebieden (II1, II2 en IV1) met grove rivierafzettingen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit het relatief hoge doorlaatvermogen dat vooral wordt veroorzaakt door de hoge doorlatendheid van de daar aanwezige grinden (figuur 4.13). Ook de relatief hoge ligging van de genoemde zones draagt bij aan het dieper doordringen van de landbouwinvloed (figuur 4.14). In het gebied rond Baarle Nassau (I3) is de hoge ligging waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak van de hogere stofconcentraties en de lagere pH's. De genoemde zones geven een secundair patroon, gesuperponeerd op het regionale dominante patroon.

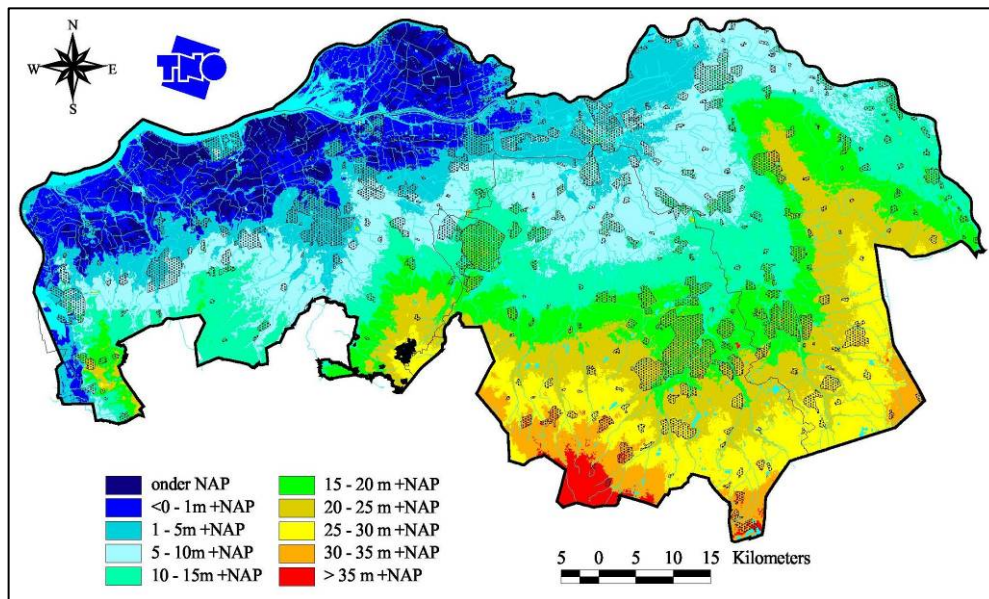
Figuur 4.12: Zones met hogere stofconcentraties en lagere pH's dan op basis van het landgebruik, het bodemtype en de hydrologische situatie zou worden verwacht (dit patroon is gesuperponeerd op het dominante patroon (resultaat Stromon Quickscan))



Figuur 4.13: Doorlaatvermogen (kD) van de ondergrond in Noord-Brabant (een blauwe kleur duidt op het voorkomen van grof materiaal uit rivierafzettingen, zoals grinden die afgezet zijn door de Maas)



Figuur 4.14: Hoogtekaart van Noord-Brabant



4.5 Verschillen tussen gebieden: consequenties voor de invloed van het grondwater op de oppervlaktewaterkwaliteit

Voor de doordringing van verontreinigingen naar het diepere grondwater zijn met name de reactiviteit van de ondergrond, de doorlatendheid en de hoogteligging van belang. Dit betekent dat de diepste verontreiniging van het grondwater plaats vindt in infiltratiegebieden met een hoge belasting en een relatief goed doorlatende en weinig reactieve bodem. Dit zijn van oudsher ook de gebieden waarop grondwaterbescherming zich richtte, mede vanwege de drinkwaterfunctie van het diepere grondwater.

Voor de bijdrage van het grondwater aan de oppervlaktewaterkwaliteit is echter de diepte van het doorstroomde pakket van nog groter belang (Van Ommen 1986, Broers et al. 2007). De diepte van het doorstroomde pakket is een belangrijke factor die de gemiddelde verblijftijd van water in het grondwater systeem bepaalt (de gemiddelde tijd tussen infiltratie en uittreding in het oppervlaktewaterstelsel). Een vuistregel die in Nederland redelijk op gaat, is dat de gemiddelde verblijftijd in jaren ongeveer gelijk is aan de dikte van het doorstroomde pakket in meters. De gemiddelde verblijftijd is zowel van belang bij het vervuild raken van het oppervlaktewatersysteem door het grondwater, als voor het weer schoon raken van het systeem na het nemen van maatregelen. Bij een stof die met dezelfde snelheid reist als het grondwater, een zogenaamde conservatieve stof, is het systeem na het stoppen van de input na circa 3 x de gemiddelde verblijftijd weer voor 95% schoongespoeld. Een voorbeeld: in een stroomgebied met een pakketdikte van 50 meter is de gemiddelde of karakteristieke verblijftijd circa 50 jaar en duurt het 150 jaar voordat een volledig verontreinigd grondwatersysteem voor 95% is schoongespoeld.

De doorstroomde dikte van het systeem is op voorhand niet zo eenvoudig in te schatten omdat vaak onbekend is hoeveel effect de veelal niet continue kleilagen in de ondergrond hebben op de doordringingsdiepte van grondwatersystemen. Aan de hand van grondwatermodellen is daarvan wel een goede inschatting te maken en voor het Aquaterra-Stromon model is een dergelijke diepte dan ook bekend.

Voor het Stromon-model is de gemiddelde verblijftijd bijvoorbeeld ca. 45 jaar en de effectieve diepte ca. 50 meter.

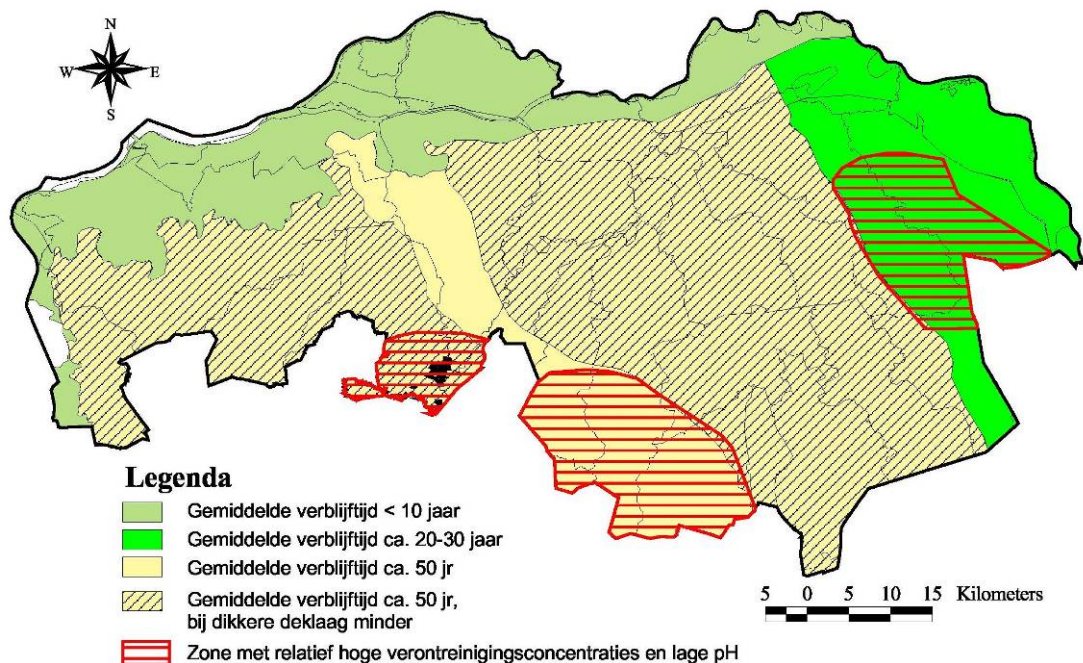
Op basis van hydrogeologische kennis hebben we een eerste inschatting gemaakt van de dikte van het doorstroomde pakket en die vertaald naar de gemiddelde verblijftijd van het grondwatersysteem (Figuur 4.15). Op basis van deze kaart kan worden ingeschat hoe snel het oppervlaktewatersysteem verontreinigd raakt en hoe snel maatregelen effect zullen hebben, als er verder geen chemische reacties optreden die vertragend werken.

Uit de kaart blijkt dat met name voor het kleigebied in het noorden van de provincie, de gemiddelde verblijftijd van infiltrerend water klein is en het systeem in potentie snel kan worden schoongespoeld. In het kleigebied is echter sprake van een relatief grote sorptiecapaciteit zodat sorberende stoffen zoals metalen mogelijk sterk vertraagd reageren.

Een ander gebied in Noord-Brabant waar het doorstroomde pakket relatief dun is, is het gebied van de Peelhorst en de oostelijk gelegen Venlo slenk. In dit gebied ligt de slecht doorlatende Formatie van Breda relatief ondiep en begrenst die het grondwatersysteem. Mede door de goed doorlatende rivierafzettingen boven deze Formatie van Breda is dit deel van de provincie relatief kwetsbaar voor verontreiniging van het oppervlaktewater door het grondwater, maar is het tevens relatief snel weer schoon te spoelen. Voor het overige deel van Noord-Brabant geldt dat de gemiddelde verblijftijd van het systeem in de orde van grootte van 50 jaar is. Vooral in westelijk Noord-Brabant en het gebied van de Centrale Slenk zijn lokaal ondiepe klei- en leemlagen aanwezig die de diepte van het grondwatersysteem en daarmee de gemiddelde verblijftijd mogelijk beperken.

Dat is niet het geval in de zone tussen deze gebieden waar grove rivierafzettingen voorkomen van de uitlopers van het Kempisch plateau. In dit gebied is sprake van een pakketdikte van circa 50 meter en een daarbij horende gemiddelde verblijftijd van ca. 50 jaar.

Figuur 4.15: Indicatie voor de snelheid van verontreiniging van het oppervlaktewater en weer schoonspoelen na het nemen van maatregelen op basis van de gemiddelde verblijftijd van het grondwater richting oppervlaktewater (effecten van vertragende processen niet meegerekend)



De snelheid waarmee het oppervlaktewater reageert op de grondwaterbelasting is niet alleen afhankelijk van de hydrologische snelheid van het systeem, die met name door de verblijftijdenverdeling wordt bepaald, maar vooral ook van de chemische snelheid van het systeem. Dit wordt in de volgende paragraaf geïllustreerd op basis van resultaten van de Stromon pilot modelstudie.

4.6 Hoe snel effecten van maatregelen: lessen uit de Stromon-pilot modelstudie

In de Stromon pilot modelstudie (Heerdink et al. 2006) zijn voor een vijftal stoffen berekeningen uitgevoerd met het transportmodel, om na te gaan hoe snel maatregelen effect kunnen hebben op de uitspoeling van stoffen uit het grondwater naar het oppervlaktewater. Om de werking van het systeem te beschrijven zijn in deze paragraaf alleen de resultaten van het zogenaamde basisscenario en het nulbelasting scenario gepresenteerd:

- basisscenario: situatie met betrekking tot de maaiveldbelasting en de hydrologische situatie anno 2005 blijft gehandhaafd;
- nulbelasting scenario: netto nul aanvoer uit mest voor alle stoffen (dus aanvoer = afvoer door gewas) vanaf 2005.

In Figuur 4.16 worden de resultaten van deze twee scenario's getoond voor het stroomgebied van de Run. Opvallend is dat de 5 verschillende stoffen geheel verschillend reageren op deze scenario's. Dit heeft te maken met het verschillende gedrag van de stoffen in de ondergrond.

Sulfaat

Sulfaat wordt conservatief getransporteerd en heeft dus geen effecten van vertraging of omzetting in de ondergrond ondergaan. Uit Figuur 4.9 bleek al dat de sulfaatbelasting sinds de jaren '60 afneemt en dit resulteert voor de Run in een zeer langzame afname van de sulfaatconcentraties in het oppervlaktewater. Geheel stopzetten van de sulfaatbelasting na 2005 leidt tot een versnelling van deze daling waardoor de concentraties in 2050 uiteindelijk zeer laag zijn. Die langzame daling in het oppervlaktewater is dus geheel aan de hydrologische snelheid en verblijftijd gerelateerd. In het systeem van de Run is de gemiddelde verblijftijd volgens het model rond de 45 jaar. Een stof als sulfaat zal in gebieden met kleinere verblijftijden (zie Figuur 4.15) dus een snellere daling te zien geven dan in de Run.

Nitraat-N

Nitraat wordt net als sulfaat conservatief vervoerd maar ondergaat wel afbraak in het model (denitrificatie). Dat leidt tot een duidelijk snellere daling als de belasting na 2005 op nul wordt gezet. Voor een stof als nitraat zijn maatregelen dus relatief snel effectief. In gebieden met een kleinere gemiddelde verblijftijd zal een nog snellere respons van nitraat te verwachten zijn dan hier getoond voor de Run.

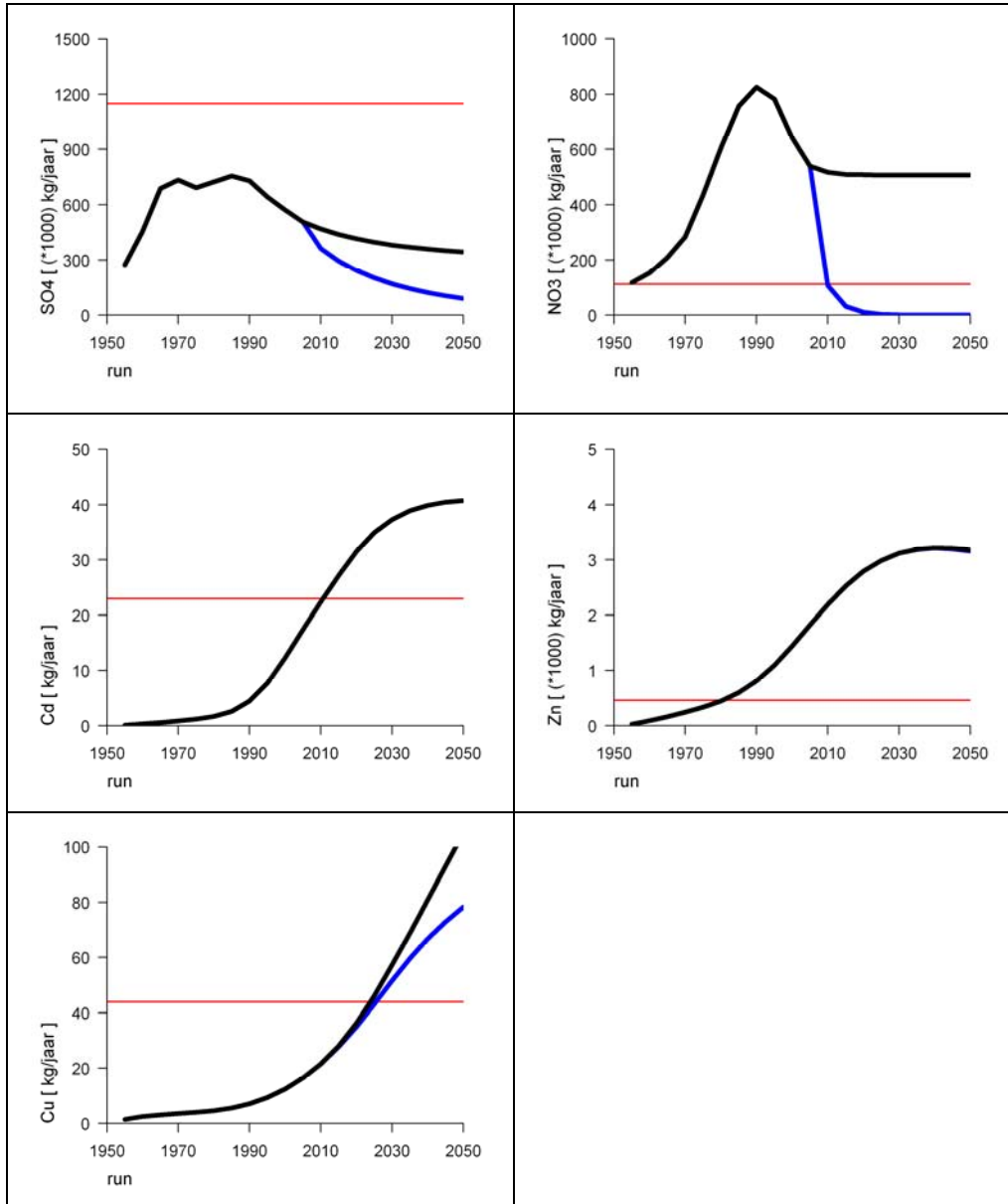
Zink, cadmium en koper

Zink, cadmium en koper worden alle drie door sorptieprocessen beïnvloed waardoor het verontreinigingsfront van deze stoffen veel langzamer in de ondergrond doordringt, terwijl er ondertussen ophoping in de ondergrond optreedt. Deze vertraging wordt retardatie genoemd. De vertraging voor koper is nog veel groter dan voor cadmium en zink, waardoor koper heel ondiep in de bodem blijft hangen.

Gevolg van deze retardatie is dat de uitspoeling van deze stoffen nog doorgaat, lang nadat de belasting met deze stoffen is gestopt. Voor cadmium en zink is de belasting sinds 1975 sterk teruggedrongen in de Kempen. Toch gaat de uitspoeling van deze stoffen nog door en nemen de concentraties in het oppervlaktewater voorlopig nog toe. Voor koper is deze toename feitelijk pas juist begonnen.

Voor cadmium en zink heeft het terugbrengen van de belasting uit mest in het stroomgebied van de Run weinig invloed, omdat die in geen verhouding staat tot de historische belasting in de Kempen. Voor koper ligt dat anders: volledig stopzetten van de belasting uit de landbouw heeft een gering, maar wel duidelijk zichtbaar effect op de toename van de koperconcentraties.

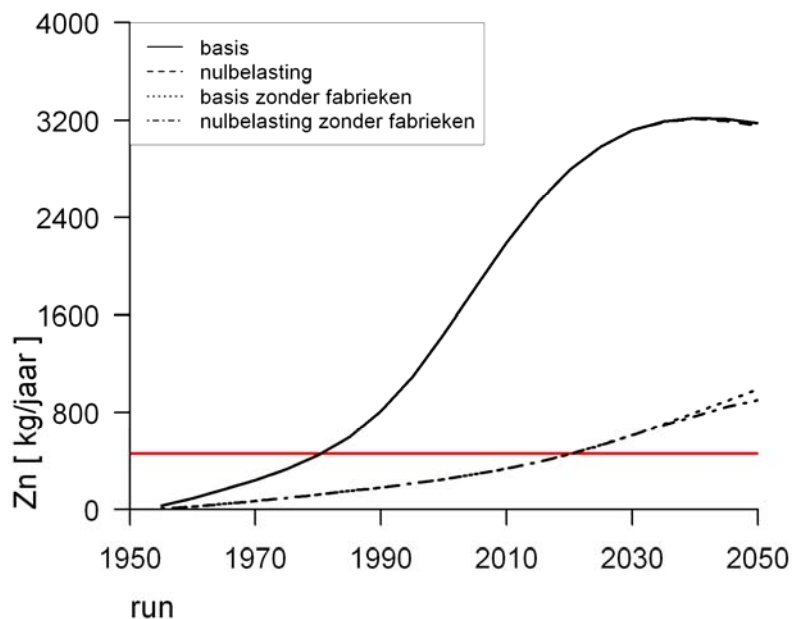
Figuur 4.16: De belasting van het oppervlaktewater met de probleemstoffen nitraat, sulfaat, cadmium, zink en koper in de periode 1950-2050 in het stroomgebied van de Run in het 'netto nulaanvoer uit mest'-scenario (blauw) en het basisscenario (zwart)



Zink en cadmium in het modelgebied van de Stromon pilot worden sterk bepaald door de historische verontreiniging van de zinksmelters. Dat is in de rest van Noord-Brabant veel minder het geval. Vandaar dat enkele extra modelberekeningen zijn gedaan waarbij het effect van de zinksmelters is uitgezet en uitsluitend de belasting van zink en cadmium door mest en kunstmest wordt meegenomen. Het resultaat hiervan is getoond in Figuur 4.17, waarin zowel de zinkbelasting met als zonder de zinksmelters is afgebeeld. Wat direct opvalt is dat de zinkvrachten naar de Run dan veel kleiner zouden zijn, maar ook dat er net als voor koper een duidelijke toename van de zinkbelasting van het oppervlaktewatersysteem valt te verwachten tot aan het jaar 2050.

Volledig stopzetten van de zinkbelasting uit mest en kunstmest heeft nu wel gevolgen voor de concentraties; na 2030 stijgen de zinkconcentraties minder snel, net als voor koper wordt waargenomen.

Figuur 4.17: Scenario's voor de ontwikkeling van zinkgehalten, met en zonder het effect van de zinksmelters (fabrieken)



Uit de Stromon pilot modelstudie blijkt duidelijk dat verschillende stoffen verschillend reageren op maatregelen. Daarbij is zowel de hydrologische snelheid als de chemische snelheid van het systeem belangrijk. Hierbij is de hydrologische snelheid met name bepalend voor de effecten van maatregelen op niet-vertraagde stoffen zoals nitraat en sulfaat. De chemische snelheid is met name voor fosfaat en de zware metalen belangrijk. Voor retarderende stoffen spoelt de opgehoopte verontreiniging maar langzaam uit en voor alle zware metalen is tot aan 2050 een toename van de belasting van het oppervlaktewatersysteem te verwachten, die enigszins kan worden verminderd door de belasting met metalen terug te brengen.

5 TYPEN MAATREGELLEN

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van mogelijke maatregelen. De maatregelen verschillen in praktische uitwerking, werking per stof en schaal.

5.1 Beschikbare maatregelen

Ten behoeve van de uitwerking van de KRW zijn verschillende databanken aangelegd met beschrijvingen van maatregelen (tabel 5.1).

Tabel 5.1: Overzicht van beschikbare databanken met beschrijvingen van maatregelen

Gebiedspilots Noord-Brabant	In Noord-Brabant worden vier gebiedspilots waterkwaliteit gehouden (Chaaamse Beken, Rietkreek, Hooge Raam en Kleine Beerze). Voor deze pilots zijn vooraf beschikbare maatregelen geïnventariseerd en gebundeld in het Beslisinstrument Maatregelen Waterkwaliteit (BMW). De gebiedspilots zijn gestart in 2006 en worden op dit moment tussentijds geëvalueerd.
KRW Verkenner	De KRW verkenner is ontwikkeld in opdracht van het RIZA. Met de KRW Verkenner kan het effect van maatregelen berekend worden. Onderdeel van het instrument is een GIS module. Voor de effectiviteit van maatregelen zijn kennisregels opgesteld.
Gebiedsanalyses	De waterschappen hebben in 2006 gebiedsanalyses opgesteld. Op RWSR niveau zijn maatregelen voorgesteld. Per waterlichaam is aangegeven wat de meest kansrijke maatregelen zijn.
Workshop Stromon	Binnen het Stromon project zijn op 11 juli 2006 samen met provincie en waterschappen kansrijke maatregelen verkend. Voor de modelstudie is gekozen voor maatregelen waarvan op voorhand een groot effect werd verwacht. Het ging om: netto nulaanvoer uit mest, bufferstroken en dempen van greppels en drains. Ook andere typen maatregelen zijn geïnventariseerd op de workshop.
Actieplan bestrijdingsmiddelen	De Provincie Noord-Brabant heeft een actieplan (Noord-Brabant 2007) opgesteld. Per probleemstof zijn acties geclusterd. De maatregelen zijn bijvoorbeeld voorlichting, monitoring, toelating bezien en verbreding van het project "Schoon Water".

Overzicht van realistische beschikbare maatregelen

Ten behoeve van de uitwerking van de KRW zijn lange lijsten opgesteld met mogelijke maatregelen om de uitstroom van nutriënten, metalen en bestrijdingsmiddelen naar het oppervlaktewater te verminderen. Tussen deze maatregelen zitten nog veel maatregelen die in de praktijk niet uitgevoerd zullen worden; onevenredig duur, geen draagvlak, praktisch niet uitvoerbaar. Uit interviews met Limburgse agrariërs (LLTB, 2006) kwamen drie maatregelen naar voren met het hoogste acceptatieniveau; (1) opstellen van een bemestingsplan, (2) de mestgift optimaliseren en (3) het telen van een vanggewas. Welke maatregelen als het meest kansrijk uit de Brabantse pilots naar voren kwam, was nog niet bekend bij het schrijven van dit rapport.

5.2 Indeling in maatregelen

Indeling in bron, proces en effectgericht

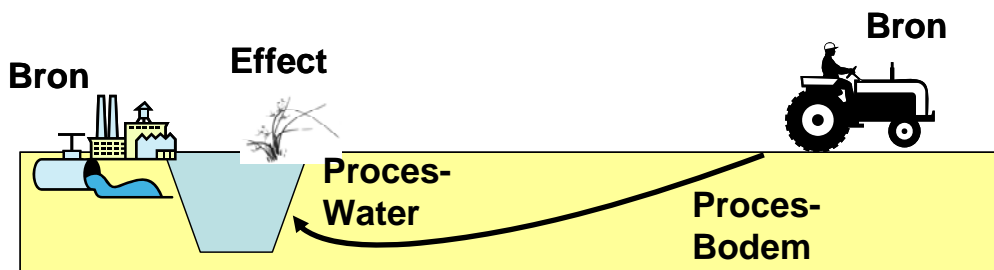
Er kunnen drie typen maatregelen worden onderscheiden: brongerichte maatregelen, procesgerichte maatregelen en effectgerichte maatregelen.

De brongerichte maatregelen richt zich op het aanpakken van de bron van een bepaalde stof (bijvoorbeeld een betere zuiveringstechniek van een RWZI of het aanpassen van de bemesting), zodat voorkomen wordt dat de stof in het watersysteem terecht komt. De laatste twee typen maatregelen richten zich op de verwijdering van de stoffen uit het bodem- en watersysteem.

De procesgerichte maatregelen zijn gericht op de transportroute van stoffen via de bodem. Daarbij maakt het nog verschil waar in het systeem de maatregelen worden genomen. Maatregelen aan het begin van de stroombaan (bijvoorbeeld het plaggen van de bovengrond) zal een veel minder snel resultaat in het oppervlaktewater laten zien dan maatregelen aan het eind van de stroombaan (bijvoorbeeld bufferstroken). De procesmaatregelen worden daarom onderscheiden in Proces-Bodem en Proces-Water (figuur 5.1).

De effectgerichte maatregelen worden genomen in het oppervlaktewater zelf (bijvoorbeeld het baggeren van de waterbodem of de aanleg van een helofytenfilter).

Figuur 5.1: Indeling in bron, proces en effectgerichte maatregelen



Indeling per soort stof

De volgende indeling in maatregelen kan gemaakt worden op stofniveau:

	Stoffen
Maatregelen gericht op het vermindering mest op het maaiveld (bijvoorbeeld gebiedsgerichte normering gebruik van mest)	Vooraf NO ₃ en P. Cu en Zn liften mee,
Maatregelen gericht op afgeleide effecten van vermesting en verzuring (bijvoorbeeld ammoniak arme stallen)	SO ₄ en Ni
Maatregelen gericht op gebruik bestrijdingsmiddelen (bijvoorbeeld sleepdoek)	Bestrijdingsmiddelen
Maatregelen gericht op directe interactie grond en oppervlaktewater (bijvoorbeeld bufferstroken)	NO ₃ , sommige bestrijdingsmiddelen

Voorbeelden van maatregelen

Daarom hebben we in tabel 5.2 een overzicht gegeven van maatregelen die we als wel realistisch uitvoerbaar zien. Dit zijn maatregelen die op dit moment al in proefprojecten in praktijk worden gebracht, zoals op de proefboerderij De Marke, de Koeien en Kansen boerderijen of de gebiedspilots in Noord Brabant. Sommige van de projecten, met name de effectgerichte, bevinden zich nog in de onderzoeksfase. In tabel 5.2 is aangegeven op welke stof de maatregel globaal effect heeft. Dit kan een groot of klein effect zijn. De maatregelen zijn op verschillende schaal uitvoerbaar of al in de praktijk gebracht. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 6.5

Figuur 5.2: Overzicht van realistische maatregelen ingedeeld naar type maatregel en effect

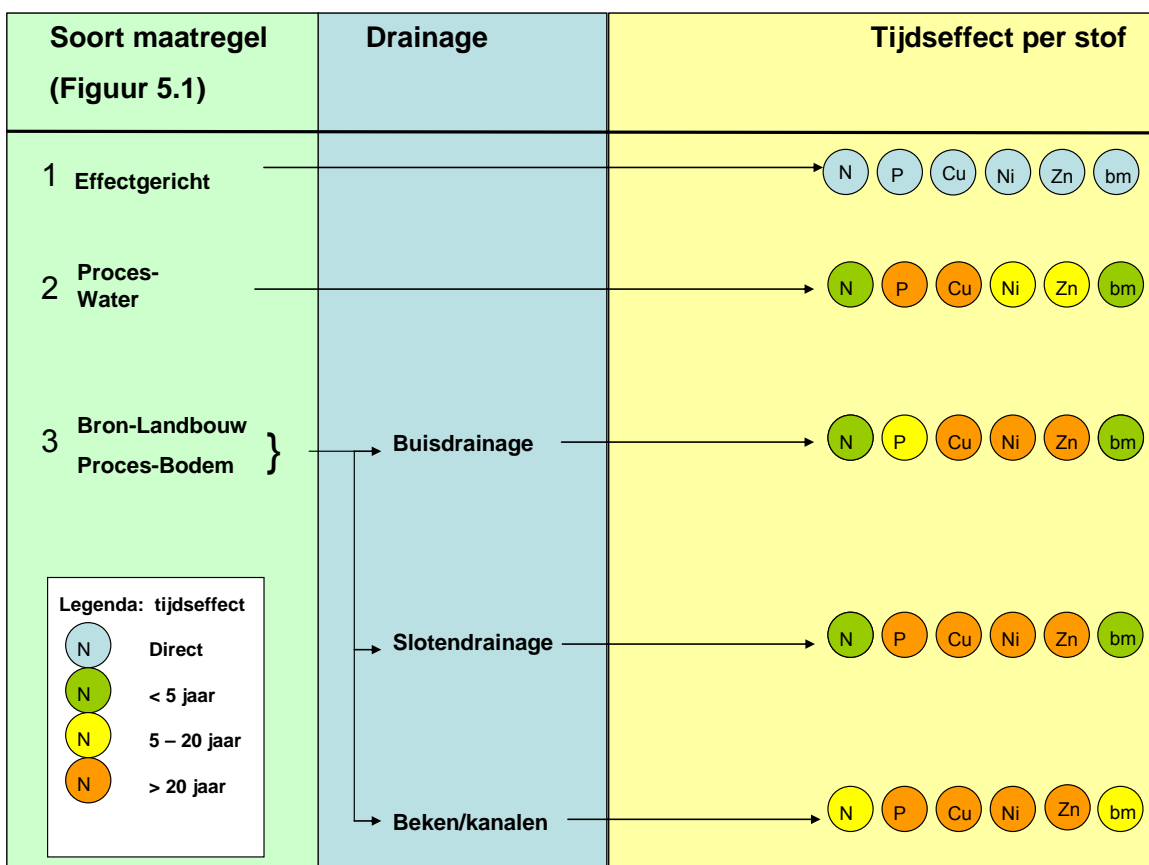
Type maatregel	Voorbeelden van maatregelen	N	P	Cu	Zn	Ni	Cd	Bm
Bronmaatregelen Minder mineralen en metalen	Minder kunstmest strooien	X	X	X	X		X	
	Beperkt weiden	X	X					
	Minder jongvee	X	X	X	X			
	Hogere levensproductie per koe (oudere koeien houden)	X	X					
	Minder eiwit in het rantsoen	X	X					
	Samenstelling of hoeveelheid krachtvoer aanpassen	X	X	X	X		X	
	Sporenscaan: metalen beter afstemmen op behoefte vee			X	X		X	
	Eisen aan metalen in veevoer			X	X		X	
	Regels ten aanzien van afvoer voetbadenwater			X				
	Kopervrije voetbaden			X				
	Vloeibare kunstmest gebruiken	X	X					
	Fosfaatvrije kalkmeststof gebruiken		X					
	Gebruiksnormen N en P aanscherpen	X	X					
	Centrale was en spoelplaats/bezinkslot	X	X					
	Bronmaatregelen betere aanwending mineralen en bestrijdingsmiddelen	Eerder stoppen met bemesten	X					
Later starten met bemesting in het voorjaar		X	X					
Alleen grondbewerking in voorjaar		X						
Mestgift optimaliseren (door onderzoek)		X	X					
Bodemkwaliteit verbeteren (door onderzoek)		X	X					
Mest scheiden in dunne en dikke fractie		X	X					
Mestopslag (in het najaar)		X	X					
Minder emissies en belasting door bestrijdingsmiddelen (o.a. sleepdoek, lagere doseringen, keuze voor middelen)							X	
Procesmaatregelen	Droge bufferstroken	X	X					X
	Natte bufferstroken	X	X	X	X	X	X	X
	Vanggewas/wintergewas telen (bv gras onder mais)	X	X					
	Uitmijnen van fosfaat		X					
	Drainage aanleggen (gwstand niet meer in bouwvoor)		X	X	X		X	
	Drainage opheffen (meer infiltratie in bodem)	X		X	X	X	X	X
Effectmaatregelen	Zuivering op lokale schaal (bijv. Puridrain)			X	X	X	X	X
	Zuivering in bovenlopen en sloten (bijv. Helofytenfilters)	X	X	X	X	X	X	

Indeling in tijdsaspect

De tijdschaal waarop resultaat wordt geboekt verschilt per stof (en type gebied). Figuur 5.2 geeft een globaal beeld voor de metalen, nutriënten en bestrijdingsmiddelen (afgekort met bm). De soort maatregel (bron, proces of effect gericht) is eerder toegelicht in paragraaf 5.2.

Daarnaast is de hydrologische snelheid van belang. In gebieden die intensief gedraineerd zijn met buisdrainage wordt sneller resultaat geboekt dan gebieden waar alleen sloten voorkomen als drainagemiddel. Extensief gedraineerde gebieden, waar het water via diepe stroombanen in de beken en de kanalen terecht komt reageren weer veel langzamer.

Figuur 5.2: Indeling in tijdschaal waarop maatregelen effect hebben in het oppervlaktewater



6 AFSTEMMING MAATREGELEN OP GRONDWATERROUTES

In dit hoofdstuk zijn de resultaten uit de voorgaande hoofdstukken gebruikt om in te schatten wat de fysische haalbaarheid van de maatregelen is in relatie tot de doelen voor 2015 en 2027. Daarbij is specifiek gekeken naar de verschillende stofeigenschappen en de werking van het grondwatersysteem (hydrologische én chemische snelheid van het systeem). In paragraaf 6.3 wordt dit uitgewerkt in een classificatie in drie categorieën:

1. voor welke stoffen en gebieden heeft het zin concrete (regionale) maatregelen op te nemen, ofwel wat is op korte termijn beïnvloedbaar?
2. voor welke stoffen en gebieden zal vermoedelijk een fasering in doelstellingen moeten worden uitgewerkt omdat korte termijn beïnvloeding niet lukt? Maatregelen geven hier op langere termijn wel een verbetering;
3. voor welke stoffen en gebieden is doelverlaging naar verwachting onontkoombaar. Vertaling naar het principe 'geen verdere achteruitgang'?

In de paragrafen 6.1 en 6.2 wordt eerst samengevat welke bevindingen er in de voorgaande hoofdstukken zijn wat betreft het differentiëren van maatregelen naar respectievelijk gebieden enerzijds en stoffen én gebieden anderzijds. In paragraaf 6.3 en 6.4 wordt tenslotte aangegeven in welke gebieden maatregelen op korte termijn effectief kunnen zijn, en welk type maatregelen dan vooral in aanmerking komt.

6.1 Onderscheid in gebieden

Uit de voorgaande hoofdstukken kunnen de volgende conclusies worden getrokken wat betreft het differentiëren van maatregelen naar gebieden:

- er is een duidelijk onderscheid in kleigebied en zandgebied:
 - echter voor kleigebieden is erg weinig data beschikbaar en zijn er nauwelijks representatieve metingen in het diepere grondwater (10 en 25 m diepte) en geen gegevens van het bovenste grondwater. Met name dat laatste is een probleem voor een inschatting van de belasting van het oppervlaktewatersysteem;
 - voor het zandgebied zijn wel voldoende gegevens beschikbaar, en via de Stromon pilot modelstudie is inzicht verkregen in de effecten van een aantal typen maatregelen. Voor verschillende stoffen is daarbij een duidelijk verschillende effectiviteit (zie paragraaf 6.2);
- in het zandgebied geldt eigenlijk voor alle stoffen dat de *problematiek provinciebreed* is. Het dominante patroon is hoge concentraties bovenin grondwatersysteem, en lagere concentraties met toenemende diepte. De belasting van het oppervlaktewatersysteem door het grondwater is dus overall in het zandgebied aanwezig en belangrijk;
- Verschillende stoffen bevinden zich door verschillende reactiviteit op verschillende diepten in het systeem; dat is één van de belangrijkste factoren die de uitspoeling naar het oppervlaktewater bepalen. Hier geldt: hoe ondieper de stof (bijv. PO₄ en Cu) hoe groter de uitspoeling in natte omstandigheden, en hoe dieper de stof, hoe meer ook in droge perioden een bijdrage uit het oppervlaktewater bestaat;

- extra gevoelig zijn gebieden met dunne watervoerende pakketten en daarmee samenhangende korte gemiddelde verblijftijden en gebieden met fluviale grove afzettingen die weinig reactief zijn. Het gaat hier bijvoorbeeld om de Peelhorst en de Venlo Slenk. Hier is de problematiek het meest uitgesproken, maar zullen maatregelen ook het snelst effect hebben;
- binnen het zandgebied zouden maatregelen zich moeten richten op de gebieden met een dicht afwateringsstelsel, dus de intermediaire gebieden voor de meeste stoffen, en ook de kwelgebieden voor stoffen die zich sterk ophopen in de bovengrond (zoals P en Cu);
- voor de uitspoeling naar het oppervlaktewater hoeven we niet te kijken naar de infiltratiegebieden waar sloten ontbreken. De bijdrage van die gebieden aan de oppervlaktewaterkwaliteit is klein.

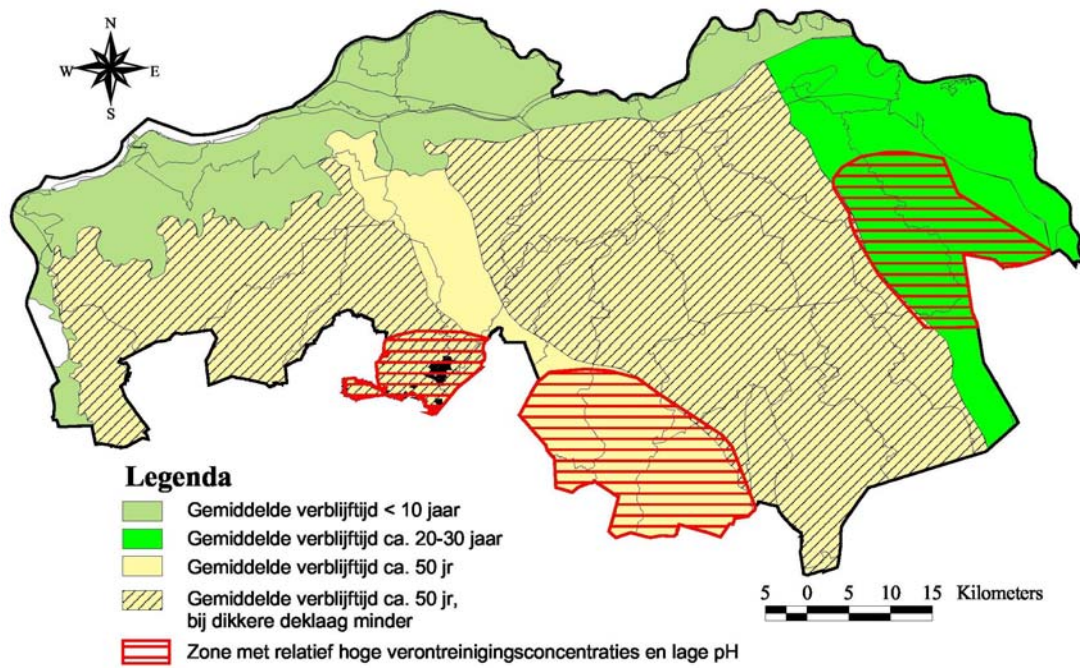
6.2 Onderscheid in stoffen en gebieden

Uit de voorgaande hoofdstukken blijkt duidelijk dat verschillende stoffen verschillend reageren op maatregelen. Daarbij is zowel de hydrologische snelheid van het systeem belangrijk (vooral stoffen die snel reizen zoals nitraat en sulfaat), als de chemische snelheid van het systeem (met name zware metalen). Voor retarderende stoffen spoelt de opgehoopte verontreiniging maar langzaam uit. Zo kan voor alle zware metalen tot aan 2050 een toename van de belasting van het oppervlaktewatersysteem worden verwacht, die maar gedeeltelijk kan worden verminderd door de belasting met metalen tot nul terug te brengen.

In zijn algemeenheid geldt dat *maatregelen snel effectief* zijn als:

- een stof snel reist in het grondwater. Dit geldt bijvoorbeeld voor sulfaat en nitraat.
- een stof snel afbreekt in het grondwater. Bijvoorbeeld afbraak/omzetting van nitraat.
- de stof nog steeds wordt opgebracht en het opbrengen kan worden stopgezet
- er sprake is van een relatief snel hydrologisch systeem: in de praktijk wordt dit vooral bepaald door de dikte van het watervoerende pakket en in mindere mate door de doorlatendheid:
 - in een ondiep zand pakket (zeg 5 m dik) is de gemiddelde reistijd naar het oppervlaktewater circa 5 jaar en is in het slechtste geval na 15 jaar vrijwel alle stof weer uit het systeem verdwenen. (dit zijn overigens ook de gebieden waar de effecten op oppervlaktewater het grootst zijn);
 - het grootste effect van maatregelen is dus te verwachten in een goed gedraineerd gebied met een dun watervoerend pakket en samenhangende korte gemiddeldeverblijftijd. Stoppen met mestbelasting heeft hier al heel snel effect als er sprake is van stoffen die snel reizen in het grondwater (conservatieve stoffen);
 - in Noord-Brabant gaat het dan vooral om de kleigebieden en het gebied van de Peelhorst en Venlo Slenk (Figuur 6.1).

Figuur 6.1: Indicatie voor de snelheid van verontreiniging van het oppervlaktewater en weer schoonspoelen na het nemen van maatregelen op basis van de gemiddelde verblijftijd van het grondwater richting oppervlaktewater (effecten van vertragende processen niet meegerekend)



Maatregelen zijn op *korte termijn veel minder effectief* als:

- de stof retardeert in het grondwater (Zn, Ni, Cd en in nog sterkere mate Cu en P) en de stof dus ophoopt in de ondergrond:
 - de opgehoopte stof komt ook na het nemen van maatregelen pas langzaam weer vrij;
 - de stof niet afbreekt (alle metalen en P);
 - de stof in het verleden is opgebracht en er zich veel stof heeft opgehoopt in de ondergrond;
 - de stof niet meer in het bereik van plantenwortels ligt, zodat ze niet gemijnd kan worden;
 - er sprake is van een langzaam hydrologische systeem, met dikke watervoerende pakketten en relatief lange gemiddelde verblijftijd;
 - Voor retarderende stoffen is niet zozeer de hydrologische snelheid van het systeem, maar vooral de chemische snelheid van het systeem bepalend voor de effecten van maatregelen.

6.3 Kaarten met differentiatie van maatregelen over gebieden

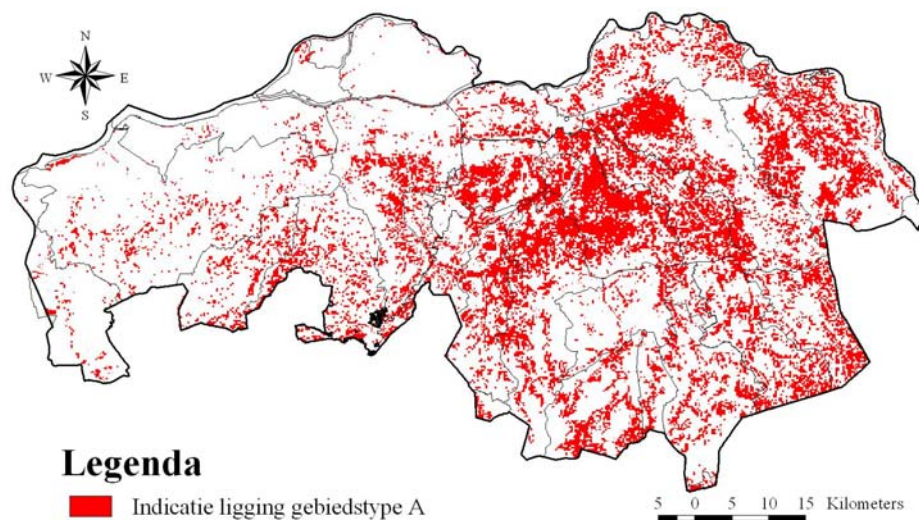
In het zandgebied geldt eigenlijk voor alle stoffen dat de *problematiek provinciebreed* is. Het dominante patroon is hoge concentraties bovenin grondwatersysteem, en lagere concentraties met toenemende diepte. De belasting van het oppervlaktewatersysteem door het grondwater is dus overal in het zandgebied aanwezig en belangrijk. Dit betekent dat niet zozeer dat binnen RWSR gebieden differentiatie nodig is; maar wel differentiatie in maatregelen voor natte en drogere deelstroomgebiedjes.

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat maatregelen het meest kansrijk zijn op korte termijn in gebieden met een dicht afwateringsstelsel. Daarbij gaat het zowel om gebieden met een middellange als een korte gemiddelde verblijftijd van het grondwater (Figuur 6.1). Het effect van maatregelen zal echter het snelst zichtbaar worden in gebieden met een korte gemiddelde verblijftijd.

Voor het nemen van maatregelen is in figuren 6.2 en 6.3 een indicatie gegeven van de ligging van een tweetal typen gebieden. Elk gebied vertegenwoordigt een eigen pakket maatregelen voor bepaalde stoffen.

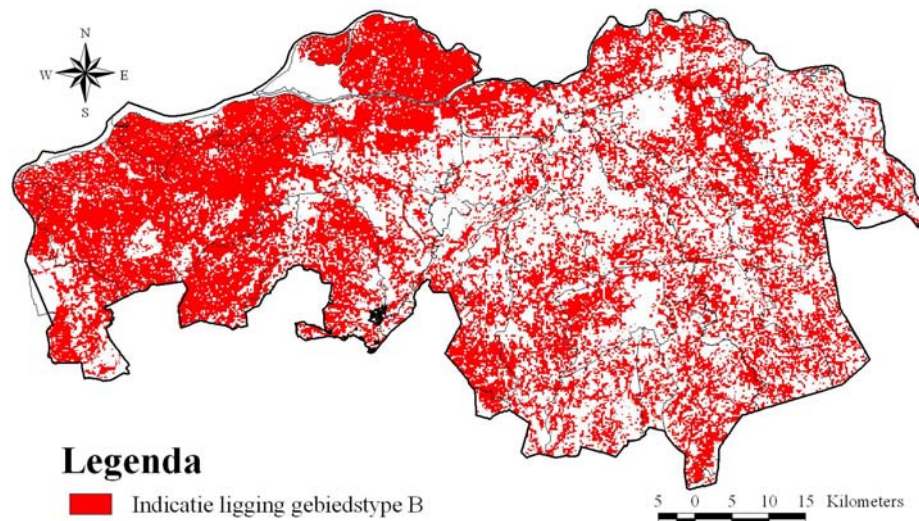
1. Gebiedstype A: natte gebieden waar de grondwaterstand periodiek tot in de bouwvoor reikt. In die gebieden kan in de bouwvoor opgehoopt **P** en ook **Cu** en eventuele andere metalen worden gemobiliseerd als de grondwaterstand tot in de bouwvoor stijgt en kunnen deze stoffen in dergelijke natte omstandigheden uitspoelen en eventueel zelfs afspoelen richting het oppervlaktewater. De kaart is gebaseerd op instationaire grondwaterstandsberekeningen met het Waterdoelenmodel en geeft gebieden aan waar de gemiddeld hoogste grondwaterstand binnen 40 cm onder maaiveld ligt. In gebiedstype A zijn vooral maatregelen effectief voor stoffen die zich zeer ondiep ophopen, zoals **P** en **Cu**. Maatregelen in gebiedstype A zijn er op gericht om piekbelastingen in natte perioden terug te brengen. Daarvoor zijn maatregelen geschikt die oppervlakkige afstroming van percelen voorkomen, of ondiep afstromend water afvangen in natte bufferstroken.

Figuur 6.2: Indicatie van de ligging van de gebiedstype A (gebiedstype A omvat de natste gebieden waar Cu en P in natte perioden kunnen uit- en afspoelen uit de bouwvoor)



2. Gebiedstype B: overige gedraineerde en afgewaterde gebieden in de zand- en kleigebieden, met uitzondering van de infiltratiegebieden waar het afwateringsstelsel ontbreekt. Infiltratiegebieden zijn uitgesloten omdat maatregelen aldaar nauwelijks effect op de oppervlaktewaterkwaliteit hebben. Gebiedstype B omvat ook de gebieden met buisdrainage waar de hoogste grondwaterstand de bouwvoor niet bereikt. In gebiedstype B zijn vooral bron- en effectgerichte maatregelen effectief voor stoffen die snel reizen in het grondwater, zoals N en sulfaat, of curatieve maatregelen voor stoffen die vertraagd tot afspoeling komen zoals Zn, Cd, Ni en P. Voor stikstof en sulfaat gaat het bijvoorbeeld om de aanleg van droge bufferstroken en stimulering van het bronbeleid. Voor de metalen en P gaat het om meer experimentele maatregelen zoals lokaal afvangen en zuiveren van drainwater en water in greppels en sloten of bovenloopjes.

Figuur 6.3: Indicatie van de ligging van gebiedstype B (gebiedstype B omvat de overige gedraineerde en afgewaterde gebieden)



Maatregelen in de gebiedstypen A en B zijn zowel effectief in gebieden met een middellange als met een korte gemiddelde verblijftijd van het grondwater. Het effect van maatregelen zal echter het snelst zichtbaar worden in gebieden met een korte gemiddelde verblijftijd.

6.4 Classificatie stoffen en gebieden

We hebben de effectiviteit van maatregelen in drie categorieën samengevat:

1. voor welke stoffen en gebieden heeft het zin concrete (regionale) maatregelen op te nemen, met andere woorden wat is op korte termijn beïnvloedbaar?
 - niet retarderende stoffen, bij voorkeur met afbraak: vooral *nitraat* en *sulfaat*;
 - vooral richten op gebieden met afwatering, ook effectief in gebieden die gemiddeld hydrologisch langzaam zijn;

2. Voor welke stoffen en gebieden zal vermoedelijk een fasering in doelstellingen moeten worden uitgewerkt omdat korte termijn beïnvloeding niet lukt, maar het toch zinvol is om maatregelen te treffen omdat daarmee op langere termijn wel een verbetering in de situatie wordt bewerkstelligd?
 - eigenlijk alle stoffen die zich hebben opgehoopt: P, Cu, Zn, Cd waarbij de grootste bron de bemesting is geweest (dus niet in de Kempen, zie 4);
 - ook hier zouden maatregelen zich juist op de gebieden met een dicht afwateringssysteem moeten richten;
3. Voor welke stoffen en gebieden is doelverlaging naar verwachting onontkoombaar. Vertaling naar het principe 'geen verdere achteruitgang'?
 - dit gaat vooral om Zn en Cd in de Kempen, waar een zo grote ophoping is geweest uit het verleden dat het systeem nog lange tijd Cd en Zn zal naleveren;
 - het gaat ook om stoffen die uit de ondergrond worden gemobiliseerd, zoals Nikkel, die worden vrijgemaakt omdat het grondwater zuurder is geworden. Dit is een nauwelijks omkeerbaar proces. Voor Ni gaat het vooral om de gebieden waar het zuurfront diep is doorgedrongen.

Tabel 6.1: Samenvatting klassificatie stoffen en gebieden qua effectiviteit van maatregelen

Categorie	Stof	Gebied
I. Korte termijn beïnvloedbaar	NO ₃ , SO ₄	<ul style="list-style-type: none"> • Alle afgewaterde gebieden zandgebied
II Fasering doelstellingen	P, Cu, Zn, Cd	<ul style="list-style-type: none"> • Idem, met onderscheid in natste gebieden (type A voor P) en overige gedraineerde gebieden (type B voor metalen), zie par. 6.4; • Voor P in kleigebied ook nog een natuurlijke bijdrage; • Overall brongerichte maatregelen voor lange termijn aanpak.
III Doelverlaging	Zn, Cd Ni	<ul style="list-style-type: none"> • Kempen • Verzuurde gebieden (Peel, hoge delen Brabant)

In tabel 6.1 wordt aangegeven of en op welke termijn de KRW doelstellingen haalbaar zijn. De uitersten zijn:

- nitraat en sulfaat kunnen het snelst aangepakt worden;
- voor cadmium en zink in De Kempen en nikkel in de verzuurde gebieden zijn de gestelde doelen in 2027 niet haalbaar.

Voor de categorieën II en III is het van belang om de fasering en eventuele verlaging van doelstellingen richting Europa voldoende te onderbouwen en te laten zien dat in het Maas stroomgebied een maximale inspanning wordt geleverd om de situatie zo positief mogelijk te beïnvloeden. Dit geldt met name ook voor cadmium en nikkel als prioritaire stoffen.

6.5 Onderscheid tussen boven-regionale, regionale en lokale aanpak

In tabel 6.2 zijn per stof(groep) geschikte maatregelen ingedeeld op verschillende ruimtelijke schaalniveaus:

- bovenregionale problematiek: benodigde maatregelen of onderzoek wordt aangekaart op landelijk niveau (bijvoorbeeld eisen aan zware metalen in veevoer of mestgebruiksnormen);
- regionaal / waterschapsniveau: Brede inzet van bewezen maatregelen met een meetbaar effect in de benedenlopen (bijvoorbeeld voorlichting over gebruik van metalen in veevoer);
- lokaal niveau: Maatregelen waarvan de effecten van meer kleinschalige maatregelen onderzocht dienen te worden. Bijvoorbeeld lokale voorbeeldstudies (onderzoek/experimenten naar bijvoorbeeld mogelijkheden om metalen lokaal te zuiveren) in hydrologisch geïsoleerde gebieden. De resultaten van deze voorbeeldstudies kunnen gebruikt worden ter onderbouwing aan de EU waarom doelen niet haalbaar zijn.

Tabel 6.2: Geschikte maatregelen per stofgroep en schaalgrootte

	Boven regionaal	Regionaal	Lokaal
N	Aanscherpen van gebruiksnormen	<ul style="list-style-type: none"> • Bufferstroken in snel reagerende gedraineerde gebieden (type B); • Lagere N-bemesting. 	Uitvoeren van pilots: <ul style="list-style-type: none"> • in hydrologisch snel reagerende gebieden; • in gebieden waar geen knelpunten zijn met P en/of zware metalen; • voorbeeldlocaties: Hooge Raam en Beerze Reusel.
P	Aanscherpen van gebruiksnormen In beeld brengen ligging fosfaatlekkende gronden en verwachte uitspoeling in de toekomst.	<ul style="list-style-type: none"> • Lagere P-bemesting (lange termijn); • Natte bufferstroken in natte gebieden (type A); • Voorkomen van oppervlakkige afstroming (type A). 	<ul style="list-style-type: none"> • Afvangen en zuiveren op lokale schaal.
Cu / Zn / Cd	Rijksbeleid (eisen aan gebruik metalen in veevoer)	<ul style="list-style-type: none"> • Sporenscaan om gebruik metalen in veevoer te verminderen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afvangen en zuiveren op lokale schaal.
Ni / Cd / Zn		<ul style="list-style-type: none"> • Beheerplan nikkel in de ondergrond opstellen; • Beheerplan Kempen opstellen. 	-
bm	-	<ul style="list-style-type: none"> • Gebruik verminderen. 	

In Nederland (bijvoorbeeld de proefboerderij het Merkske) en in Noord-Brabant (de gebiedspilots waterkwaliteit) wordt al geëxperimenteerd met vernieuwende maatregelen. De mogelijke maatregelen, eerder genoemd in paragraaf 5.1, zijn nu ingedeeld in schaalgrootte (tabel 6.3) waarop ze kunnen worden toegepast (gele kolom) of al worden toegepast (groene kolom).

Tabel 6.3: Overzicht van realistische maatregelen ingedeeld naar schaal van mogelijke toepassing (gele kolom) en locaties van huidige praktijk van toepassing (groene kolom)

Type maatregel	Voorbeelden van maatregelen	Boven regionaal	Regionaal	Lokaal	Pilots Brabant	Merkske	Onderzoek
Bronmaatregelen Minder mineralen en metalen	Minder kunstmest strooien			X		X	
	Beperkt weiden			X		X	
	Minder jongvee			X		X	
	Hogere levensproductie per koe (oudere koeien houden)		X			X	
	Minder eiwit in het rantsoen			X		X	
	Samenstelling of hoeveelheid krachtvoer aanpassen			X			
	Sporenscaan: metalen beter afstemmen op behoefte vee		X			X	
	Eisen aan metalen in veevoer	X					
	Regels ten aanzien van afvoer voetbadwater	X					
	Kopervrije voetbaden	X					
	Vloeibare kunstmest gebruiken			X	X		
	Fosfaatvrije kalkmeststof gebruiken		X				
	Gebruiksnormen N en P aanscherpen	X					
	Centrale was en spoelplaats/bezinksloot			X			
	Bronmaatregelen betere aanwending mineralen en bestrijdingsmiddelen	Eerder stoppen met bemesten			X		X
Later starten met bemesting in het voorjaar			X				
Alleen grondbewerking in voorjaar				X		X	
Mestgift optimaliseren (door onderzoek)				X			X
Bodemkwaliteit verbeteren (door onderzoek)				X			X
Mest scheiden in dunne en dikke fractie				X			
Mestopslag (in het najaar)				X	X		
Procesmaatregelen	Minder emissies en belasting door bestrijdingsmiddelen (o.a. sleepdoek, lagere doseringen, keuze voor middelen)		X		X		
	Droge bufferstroken			X	X		
	Natte bufferstroken			X	X		
	Vanggewas/wintergewas telen (bv gras onder mais)		X		X		
	Uitmijnen van fosfaat			X			
	Drainage aanleggen (gwstand niet meer in bouwvoor)			X			
	Drainage opheffen (meer infiltratie in bodem)			X			
Effectmaatregelen	Zuivering op lokale schaal (bijv. Puridrain)			X			X
	Zuivering in bovenlopen en sloten (bijv. Helofytenfilters)			X	X		

6.6 Welke gebieden geven we prioriteit?

Om de effectiviteit van extra regionale maatregelen op korte termijn te kunnen aantonen, kan het beste worden gekozen voor stroomgebieden waar relatief snel een meetbaar resultaat kan worden geboekt. De pilot stroomgebieden kunnen daarom het beste gekozen worden in gebieden waar:

- de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater relatief groot is;
- de kwetsbaarheid voor verontreiniging van grond- en oppervlaktewater groot is, waardoor het systeem ook relatief snel weer schoongespoeld is (snel reagerende systemen);
- geen externe aanvoer van verontreinigingen is vanuit gebieden waar geen extra maatregelen worden getroffen (grensoverschrijdende waterlopen en wateraanvoergebieden).

7 KENNISHIATEN EN ONZEKERHEDEN

Dit rapport is in korte tijd opgesteld op van bestaande kennis met als doel het geven van een regionale interpretatie van de invloed van het grondwater op het oppervlaktewater in Noord-Brabant. Het is van belang te beseffen dat er diverse onzekerheden bestaan ten aanzien van dit onderwerp die nadere uitwerking verdienen. Deze hebben betrekking op de informatie over bronnen, over het doorrekenen van maatregelenscenario's met modellen en de wijze van monitoren. Deze onderwerpen worden hier kort aangestipt.

Bronnen

- Op regionale schaal is de informatie over diffuse en puntbronnen op dit moment nog niet op orde. Er wordt bijvoorbeeld nog volop gewerkt aan het actualiseren van de ERC gegevens in de KRW verkenner. Het model STONE vormt de basis van de uitspoelingsgetallen voor nutriënten en zware metalen in de ERC. De ERC is weer de basis voor de uitspoelingsgegevens in de KRW verkenner;
- Voor bestrijdingsmiddelen zijn geen gedetailleerde en actuele gegevens bekend over de precieze herkomst uit enerzijds uitspoeling uit het grondwater en anderzijds drift in het oppervlaktewater.

Doorrekenen van maatregelenscenario's

- Het doorrekenen van maatregelenscenario's voor diffuse bronnen op regionale schaal staat feitelijk nog in de kinderschoenen. Modellen op regionale schaal die aan regionale waarnemingen gekoppeld zijn, zijn schaars. Eigenlijk alleen in de STONE stroomgebiedsmonitoring studies en in de Stromon pilot modelstudie wordt voor het eerst op regionale schaal gemodelleerd aan de invloed van grondwater op oppervlaktewater. De langjarige effecten van belasting van bijvoorbeeld metalen op de oppervlaktewaterkwaliteit zijn dus pas sinds kort in beeld. Voor een belangrijke stof als nikkel is op dit moment nog geen valide modelconcept aanwezig. Wel lijken er mogelijkheden te zijn tot slimme modelversimpelingen (zoals metamodellen en gebruiken van effectieve retardatie-factoren) voor het doorrekenen van maatregelen op de regionale en provinciale schaal;
- Er wordt op dit moment door de gezamenlijke kennisinstituten (Alterra, TNO, WL) gewerkt om het dynamische karakter van de bijdrage van het grondwater aan de oppervlaktewaterkwaliteit in de modellen in te brengen. Daarmee kunnen ook de waargenomen verschillen tussen periodes met basisafvoer en snelle afvoer worden gesimuleerd, hetgeen essentieel is om de modelresultaten te kunnen vergelijken met gemeten concentraties in het oppervlaktewater;
- Een model als STONE is ontwikkeld als een landelijk beleidsanalyse instrument (zie ook bijlage 4). De ontwikkelaars geven aan dat de bruikbaarheid van dit model op regionale schaal nog onvoldoende bewezen is en terughoudendheid in het gebruik ervan op het regionale schaalniveau is geboden. De wijze waarop de hydrologische processen worden meegenomen in STONE is een belangrijke factor bepalend voor de regionale toepasbaarheid. Verbeteringen op dit onderdeel zouden op korte termijn tot een betere schatting van de uitspoeling kunnen leiden. Een andere belangrijke factor bepalend voor betere modeluitkomsten is meer regionale informatie over landgebruik (bronnen), de verspreiding van verontreiniging in de bodem en het grondwater (bijvoorbeeld diepteprofielen van grondwaterkwaliteit) en de reactiviteit van de ondergrond (bijv. voorkomen pyriet);

- In de huidige studie is feitelijk gekeken naar de belasting van het oppervlaktewater-systeem. Processen die gerelateerd zijn aan het opkwellen door een waterbodembodem, of door nalevering en opwerveling vanuit de waterbodembodem kunnen een belangrijke rol spelen bij de regionale invloed van het grondwater op de oppervlaktewaterkwaliteit, maar informatie hierover is nog nauwelijks beschikbaar en zit vooralsnog niet in de modellen.

Monitoren

- Voor de kleigebieden is erg weinig data beschikbaar over de kwaliteit van het 'bovenste' grondwater. Zo is het meetnet voor het diepere grondwater (10 en 25 m diepte) zeer beperkt en ontbreken gegevens van het bovenste grondwater geheel omdat het bodemkwaliteitsmeetnet In Brabant zich richt op het zandgebied. Met name dat laatste is een probleem voor een inschatting van de belasting van het oppervlaktewatersysteem;
- Om effecten van verschillende mogelijke maatregelen aan te tonen is een meetnet noodzakelijk op de regionale schaal van stroomgebieden, waarbij zowel grondwatermetingen als oppervlaktewatermetingen in bovenlopen nodig zijn. Het zou wenselijk zijn om hiervoor regionale voorbeeldstudies op te zetten. Dergelijke monitoringsactiviteiten zijn nodig voor ons eigen inzicht binnen Nederland, maar ook om de benodigde transparantie te kunnen leveren aan de EU waarom bepaalde doelen niet realiseerbaar zijn in Nederland binnen de gestelde KRW termijn.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Conclusies

Huidige toestand oppervlaktewater

- Op basis van de beschikbare informatie blijken zowel de nutriënten (stikstof en fosfaat), bestrijdingsmiddelen als zware metalen (cadmium, zink, koper, nikkel) een probleem te vormen voor de kwaliteit van het oppervlaktewater in Noord-Brabant. Voor deze stoffen worden de (voorlopige) KRW normen veelal ruimschoots overschreden;
- Zowel op basis van modelstudies (STONE/ERC, Stromon-Pilot, KRW-verkenner) als op basis van nadere analyse van meetgegevens (Stromon-Quickscan) blijkt dat in de meeste Brabantse stroomgebieden de uitspoeling vanuit het grondwater de belangrijkste bron is van oppervlaktewaterverontreiniging.

Effecten huidig beleid

- Uit de evaluatie van het mestbeleid komt naar voren dat het landelijke maatregelenpakket er in Noord Brabant niet toe zal leiden dat overal de doelstelling van 50 mg/l nitraat in het bovenste grondwater zal worden gehaald voor 2015. Ook de vrachten naar het oppervlaktewater voor nitraat en andere stoffen zullen door de landelijke maatregelen waarschijnlijk niet voldoende afnemen om het oppervlaktewater voor 2015 of zelfs 2030 in de goede ecologische en chemische toestand te krijgen. Dit geldt met name voor fosfaat en de metalen, die nog lange tijd blijven naleveren.

Invloed grondwater op oppervlaktewater

- Tijdens droge perioden wordt het oppervlaktewater voornamelijk gevoed vanuit het diepe, relatief schone grondwater. Onder nattere omstandigheden gaat het ondiepe grondwater ook bijdragen aan de oppervlaktewaterafvoer. Na nog nattere periodes komt ook het bovenste grondwater langs zeer korte stroombanen via kleinere sloten, greppels en drains en eventueel zelfs via oppervlakkige afstroming in de beek terecht. Vooral met deze snelle, oppervlakkige stroombanen wordt veel landbouwverontreiniging meegevoerd naar het oppervlaktewatersysteem;
- Door verschillen in chemische eigenschappen dringt de ene stof dieper in de ondergrond door dan de andere. Fosfaat en koper zitten voornamelijk in de bouwvoor en komen pas onder zeer natte omstandigheden in het oppervlaktewater terecht. Mobiele stoffen zoals nitraat en sulfaat zijn dieper in het grondwatersysteem doorgedrongen en komen al onder minder natte omstandigheden in het oppervlaktewater terecht.

Afstemming maatregelen algemeen

- Voor de afstemming van maatregelen is het praktisch om hydrologische systemen te karakteriseren op basis van de hydrologische en chemische snelheid:
 - hydrologisch snel reagerende gebieden in Noord-Brabant zijn de kleigebieden en het gebied van de Peelhorst en Venlo Slenk, en mogelijk delen van west-Brabant en de Centrale Slenk waar ondiep klei- en leemlagen voorkomen;
 - de chemische snelheid heeft te maken met de mate waarin stoffen zich kunnen binden aan de bodem en is vooral voor fosfaat en zware metalen belangrijk. Als gevolg van deze vertraging van transport wordt tot 2050 een toename van de belasting van het oppervlaktewater met zware metalen verwacht.

- Effectieve maatregelen voor de korte termijn zijn maatregelen in een situatie waarbij:
 - het snel reagerende hydrologische systemen betreft;
 - de stof snel kan afbreken in het grondwater zoals nitraat;
 - de belasting van verontreiniging kan worden stopgezet;
 - de stof niet sterk vertraagt (retardeert) in het grondwater.

Maatregelen naar stoffen en gebieden

- De meest kansrijke maatregelen voor korte termijn zijn de maatregelen in de snel hydrologisch reagerende gebieden. In algemene zin zijn dit de gebieden met een dicht afwateringsstelsel. Een nadere differentiatie in gebieden is gemaakt op basis van hydrologische karakteristieken:
 - gebiedstype A: gebieden waar de GHG binnen 40 cm beneden maaiveld ligt;
 - gebiedstype B: overige gedraineerde en afgewaterde gebieden met uitzondering van de infiltratiegebieden waar het afwateringstelsel ontbreekt;
- In gebiedstype A zijn vooral maatregelen effectief voor stoffen die zich ondiep ophopen zoals P en Cu. Geschikte maatregelen zijn maatregelen die oppervlakkige afstroming van percelen voorkomen, of ondiep afstromend water afvangen in natte bufferstroken;
- In gebiedstype B zijn vooral bron- en effectgerichte maatregelen effectief voor stoffen die snel reizen in het grondwater, zoals N en sulfaat. Daarnaast zijn curatieve maatregelen geschikt voor stoffen die vertraagd tot afspoeling komen zoals Zn, Cd, Ni en P. Voor stikstof en sulfaat gaat het bijvoorbeeld om de aanleg van droge bufferstroken en stimulering van het bronbeleid. Voor de metalen en P gaat het om meer experimentele maatregelen zoals lokaal afvangen en zuiveren van drainwater en water in greppels en sloten of bovenloopjes.

8.2 Aanbevelingen

- Om de effectiviteit van extra regionale maatregelen op korte termijn te kunnen aantonen, kunnen deze maatregelen in eerste instantie worden gericht op snel reagerende, hydrologisch geïsoleerde stroomgebieden;
- In de voorbeeldstroomgebieden is een extra monitoringsinspanning nodig om het relatief snel optredende effect van maatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit onder snelle afvoeromstandigheden vast te kunnen stellen en om het effect te kunnen onderscheiden van weersinvloeden;
- De biobeschikbaarheid van metalen en de bijbehorende ecologische toestand dient per KRW waterlichaam snel in beeld worden te gebracht. Eventuele maatregelen voor metalen kunnen dan hierop afgestemd worden, rekening houdend met toenemende vrachten in de toekomst;
- In de KRW Verkenner zijn nog niet de laatste inzichten verwerkt. Op dit moment wordt zowel op landelijke als regionale schaal hard gewerkt aan het verbeteren van de onderliggende modellen en databases (STONE model en de ERC database). We raden aan om de herkomst van bronnen later opnieuw uit te voeren met de meest actueel beschikbare gegevens.

LITERATUUR

[Arcadis 2006a]

Deelgebiedsrapportage Kaderrichtlijn Water. Deelgebied De Dommel, Fase 2. Arcadis rapport in opdracht van Provincie Noord-Brabant en Waterschap De Dommel. 19 Mei 2006.

[Arcadis 2006b]

Deelgebiedsrapportage Aa en Maas. Fase 2 Implementatie KRW. Arcadis rapport in opdracht van Provincie Noord-Brabant en Waterschap Aa en Maas. 1 augustus 2006

[Arcadis 2007]

KRW verkenner Maas, werkwijze opbouwfase van de KRW verkenner Maas in opdracht van Projectbureau KRW Maas, 23 februari 2007.

[Bonten, L.T.C., P.F.A.M. Römken & G.B.M. Heuvelink, 2004]

Uitspoeling van zware metalen in het landelijk gebied, modellering van uitspoeling op regionale schaal: modelaanpak, resultaten modelberekeningen en modelvalidatie. Alterra-rapport 1044, Wageningen.

[Bonten, L.T.C. & D.J. Brus, 2006]

Belasting van het oppervlaktewater in het landelijk gebied door uitspoeling van zware metalen; modelberekeningen t.b.v. emissieregistratie 2006 en invloed van redoxcondities. Alterra-rapport 1340, Wageningen.

[Heerdink, R., B. van der Grift, H.P. Broers, A. Marsman en F. Roelofsen 2006]

Deelrapport II van het Aquaterra/Stromonproject – pilot modelstudie in Zuidoost Brabant. TNO conceptrapport december 2006.

[LLTB 2006]

Kaderrichtlijn Water in de praktijk. Opgesteld door Limburgse Land- en Tuinbouwbond en Stichting Milieufederatie Limburg. Opgesteld door Ir. H. Schalk van Area Projecten. Juni 2006.

[MNP/RIVM, 2004]

Mineralen beter geregeld: evaluatie van de werking van de meststoffenwet 1998-2003, RIVM rapport 500031001

[MNP 2005]

Milieu- en Natuurplanbureau. Nutriëntenbelasting van bodem en water. Verkenning van de gevolgen van het nieuwe mestbeleid. Rapport 500031003/2005.

[MNP 2006]

Welke ruimte biedt de Kaderrichtlijn Water? - Een quick scan. 14 februari 2006

[Oranjewoud 2006]

Deelgebiedsrapportage Brabantse Delta. Oranjewoud rapport in opdracht van Provincie Noord-Brabant en Waterschap Brabantse Delta. 7 juni 2006

[Plette, S., C. van Beek & C. van der Salm 2004]

Mest en oppervlaktewater: een synthese van de 3 DOVE projecten t.b.v. de evaluatie meststoffenwet 2004, RIZA werkrapport, nr 2004.092x, Lelystad.

[Provincie Noord-Brabant 2007]

Actieplan bestrijdingsmiddelen 2007-2009 in de Provincie Noord-Brabant. Versie 5 maart 2007.

[RIVM, 2004]

A.M.A van der Linden, JJTI Boesten e.a., 2004. The new decision tree for evaluation of pesticide leaching from soils, RIVM, Bilthoven, report 601450019/2004.

[RBO Maas 2004]

Karakterisering Nederlands Maasstroomgebied. Rapportage volgens Artikel 5 van de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG). Vastgesteld door de Minister van Verkeer en Waterstaat op 21 december 2004.

[Rozemeijer, J. and H.P. Broers 2007]

The groundwater contribution to surface water contamination in a Dutch province with intensive agricultural land use. Environmental Pollution, Aquaterra Special Issue, in press.

[Rozemeijer, J., H.P. Broers, H. Passier & B. van der Grift 2005]

Een quickscan inventarisatie van de bijdrage van het grondwater aan de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant Deelrapport I van het Aquaterra/STROMON project. Rapport NITG 05-186-A (concept)

[STOWA 2007]

Afleiding getalswaarden voor nutriënten voor de goede ecologische toestand voor natuurlijke wateren. Gecombineerd STOWA (2007-02) / RIZA (2007-001) rapport

[Witteveen+Bos 2003]

Inventarisatie en balansstudie (diffuse) bronnen, in opdracht van de gezamenlijke waterkwaliteitsbeheerders in Noord Brabant

[Van Vliet et al. 2006]

Herkomst stoffen in het Maasstroomgebied. Basisrapport. TNO/Grontmij rapport. Projectnummer 034.69142. 9 augustus 2006.

[Verhagen, F., Krikken, A. en Broers, H.P. 2006]

Draaiboek monitoring grondwater voor de Kaderrichtlijn Water. Rapport VenW, Nederland Leeft met Water. Ook als rapport Royal Haskoning nr. 9S1139/R0001/900642/DenB



Bijlage 1

Tabel normstelling in grond- en oppervlaktewater



##Los document##



Bijlage 2 **Gemeten concentraties bij verschillende afvoeren** **(Stromon)**

##Los document##



Bijlage 3 Bronnenanalyse met KRW Verkenner

##Los document##



Bijlage 4 **Belangrijkste mogelijkheden STONE-model**

##Los document##