



Verkenning grondwaterkwaliteit in Natte Natuurparels in het beheergebied van waterschap Aa en Maas

Werkplanproduct	: 62.16.12.20	Opdrachtgever	: Rob Merkelbach
Investeringsproduct	: n.v.t.	Projectleider	: Bart Brugmans
Afdeling	: Onderzoek & Monitoring	Auteurs	: Hanneke van Zuilichem Bart Brugmans
		Datavoorbereiding	: Jon Mensink André de Jong
Collegiale toets	Intern	Hans de Bruin, Mirja Kits, Jappe Beekman (O&M) Anne Wim Vonk (IB t.b.v. onderdeel beleid)	
	Extern	Lotte Fleskens	(Waterschap De Dommel)
		Henk Tamerus	(Waterschap De Dommel)
		Andries Krikken	(Royal Haskoning)

Waterschap Aa en Maas

21 oktober 2011

SAMENVATTING

Aanleiding

Waterschap Aa en Maas heeft in het Waterbeheerplan als opgave staan om vóór 2015 6.300 ha verdroogde natuurgebieden op orde te hebben. Het waterschap dient ervoor te zorgen dat aan de randvoorwaarden wordt voldaan om de doelstellingen voor een betreffende Natte Natuurparel te kunnen behalen. Het gaat hierbij niet alleen om het juiste waterpeil (GGOR), maar ook om de juiste (grond)waterkwaliteit. Daarnaast vraagt de Kaderrichtlijn Water om een analyse waarbij rekening wordt gehouden met veranderingen in grondwaterstand op de terrestrische ecosystemen.

Probleemstelling

Waterschap Aa en Maas heeft onvoldoende inzicht hoe de grondwaterkwaliteit is in de Natte Natuurparels in haar beheergebied en of deze grondwaterkwaliteit de ecologische doelstellingen (behalen natuurdoeltypen- / beheertypen) beïnvloedt.

Verkenkend onderzoek

In 2009 en 2010 is grondwater bemonsterd van 15 Natte Natuurparels. Op basis van deze eerste verkenning zijn enkele typerende eigenschappen van het grondwater beschreven en is een inschatting gemaakt van de mogelijke kansen en risico's van vernatten van Natte Natuurparels met dit grondwater (opzetten van de peilen). Daarbij is gekeken naar mogelijke risico's voor de na te streven vegetatie en de mate waarin het grondwater door menselijke activiteiten wordt beïnvloed.

Resultaat

Vanwege de eenzijdige benadering (alleen grondwater bekeken) kan de probleemstelling alleen op een hoger abstractieniveau beantwoord worden. De bevindingen uit deze rapportage hebben een signaalfunctie voor wat betreft kansen en knelpunten in de onderzochte Natte Natuurparels. Uit deze verkenning blijkt dat de grootste aandachtspunten liggen op het gebied van sulfaat, stikstof en mogelijk fosfaat. Op basis van deze eerste meetronde van het grondwater worden voor 10 Natte Natuurparels knelpunten voor het realiseren van natuurdoeltypen gezien op het gebied van:

- zowel directe als indirecte eutrofiëring* (bij 4 Natte Natuurparels);
- directe eutrofiëring (bij 4 Natte Natuurparels);
- indirecte eutrofiëring (bij 2 Natte Natuurparels).

Voor Natte Natuurparels Wijnstgronden Uden en Hoge Raam geldt dat het grondwater het sterkst door menselijk handelen beïnvloed wordt en hier worden dan ook de grootste risico's verwacht bij de ontwikkeling van de gewenste grondwaterafhankelijke vegetatie. Voor Natte Natuurparels De Bundertjes en Sang en Goorkens geldt dat het grondwater het minst door menselijk handelen beïnvloed wordt en hier worden de minste risico's verwacht bij de ontwikkeling van de gewenste grondwaterafhankelijke vegetatie.

Belangrijkste advies

Om een compleet beeld te krijgen van de problematiek van vernatten met grondwater is een integrale aanpak noodzakelijk in de vorm van een ecohydrologische systeemanalyse (ESA). Dit blijkt nog niet mogelijk vanwege het ontbreken van cruciale informatie, zoals bodemkwaliteit en (lokale) grondwaterstromingen ter hoogte van de Natte Natuurparels. Ook zijn daarvoor per Natte Natuurparel meer grondwateranalyses van representatieve peilbuizen nodig.

Belangrijkste aanbeveling

De bevindingen uit deze rapportage hebben geleid tot een aantal aanbevelingen voor de afdelingen Onderzoek & Monitoring, Grondzaken & Inrichting en Integraal Beleid. De belangrijkste aanbeveling luidt om bij een GGOR- of inrichtingsproject een ecohydrologische systeemanalyse op te stellen. Zodoende wordt in een vroegtijdig stadium een integraal inzicht verkregen van de huidige situatie en hoe de verschillende onderdelen van het watersysteem op elkaar reageren. Alleen dan kunnen complete herstel- en beheermaatregelen geformuleerd worden.

*) Zie paragraaf 3.4 voor een uitleg van de terminologie indirecte en directe eutrofiëring.

INHOUDSOPGAVE

Blz.

SAMENVATTING		III
<u>1</u>	<u>INLEIDING</u>	<u>7</u>
1.1	Aanleiding	7
1.2	Probleemstelling	7
1.3	Onderzoeksvragen	7
1.4	Afbakening	7
1.5	Status rapportage	8
1.6	Leeswijzer	9
<u>2</u>	<u>AANPAK & WERKWIJZE</u>	<u>11</u>
2.1	Keuze van aanpak	11
2.2	Werkwijze	12
2.3	Presentatie gegevens	13
2.3.1	Hoofdrapportage	13
2.3.2	Informatiebladen	14
<u>3</u>	<u>OVERZICHT VAN DE GRONDWATERCHEMIE IN NATTE NATUURPARELS</u>	<u>15</u>
3.1	Inleiding	15
3.2	Grondwaterchemie per groep van Natte Natuurparels	15
3.2.1	Hoge zandgronden	15
3.2.2	Rivierengebied	16
3.2.3	Beekdalen	16
3.2.4	Nat zandlandschap	16
3.3	Watertypering en aandachtspunten per Natte Natuurparel	17
3.4	Mogelijke risico's bij vernatten	23
<u>4</u>	<u>MENSELIJKE INVLOED OP GRONDWATER EN EFFECT OP VEGETATIE</u>	<u>25</u>
4.1	Mate van menselijke beïnvloeding van grondwater	25
4.2	Effecten van het grondwater op de vegetatie	27
4.3	Resumerend	30
<u>5</u>	<u>DISCUSSIE</u>	<u>31</u>
5.1	Interpretatie analyseresultaten grondwater	31
5.1.1	Indicatieparameters	31
5.1.2	Beoordelingsresultaten	34
5.2	Kennishiaten	34
<u>6</u>	<u>CONCLUSIES</u>	<u>37</u>
6.1	Mate van menselijke beïnvloeding van grondwater	37
6.2	Kansen en knelpunten bij vernatting	38
6.3	Ecohydrologische kennishiaten	38
6.4	Optimalisatie meetnet grondwaterkwaliteit	38
<u>7</u>	<u>AANBEVELINGEN</u>	<u>41</u>
7.1	Voor opstellen meetnet	41
7.2	Voor ecohydrologische systeemanalyse	41
7.3	Voor beoordeling grondwaterkwaliteitsgegevens	42
7.4	Voor advisering ten behoeve van inrichtingsprojecten	42

BIJLAGEN

- BIJLAGE 1: Relevante informatie over referentiekaders grondwaterkwaliteit
- BIJLAGE 2: Methodieken voor bepaling kwaliteit en indicatie herkomst grondwater
- BIJLAGE 3: Verslag brainstormsessie
- BIJLAGE 4: Toelichting gekozen methodieken in deze verkenning
- BIJLAGE 5: Referentiekader voor parameters in grondwater
- BIJLAGE 6: Peilbuisgegevens Natte Natuurparels
- BIJLAGE 7: Spreiding concentraties van enkele indicatieparameters in Natte Natuurparels
- BIJLAGE 8: Informatiebladen grondwaterkwaliteit per Natte Natuurparel
- 1 Informatieblad grondwaterkwaliteit Astensche Aa
 - 2 Informatieblad grondwaterkwaliteit De Bult
 - 3 Informatieblad grondwaterkwaliteit De Bundertjes / Aa bij Helmond
 - 4 Informatieblad grondwaterkwaliteit De Moerputten
 - 5 Informatieblad grondwaterkwaliteit Deurnese Peel
 - 6 Informatieblad grondwaterkwaliteit Groote Peel
 - 7 Informatieblad grondwaterkwaliteit Het Zinkske
 - 8 Informatieblad grondwaterkwaliteit Hoge Raam
 - 9 Informatieblad grondwaterkwaliteit Hooibroeken
 - 10 Informatieblad grondwaterkwaliteit Oude Gooren
 - 11 Informatieblad grondwaterkwaliteit Sang en Goorkens
 - 12 Informatieblad grondwaterkwaliteit Sompen en Zooislagen
 - 13 Informatieblad grondwaterkwaliteit Strabrechtse Heide
 - 14 Informatieblad grondwaterkwaliteit Wijboschbroek
 - 15 Informatieblad grondwaterkwaliteit Wijstgronden Uden

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Waterschap Aa en Maas heeft in het Waterbeheerplan als opgave staan om vóór 2015 6.300 ha verdroogde natuurgebieden op orde te hebben. Daarbij wordt gestart met de Natura 2000 gebieden, vervolgens met de TOP-gebieden en daarna met de overige EHS (Waterschap Aa en Maas, 2009). Zoals afgesproken in de intentieverklaring 'Aanpak en monitoring van verdroging' is het waterschap verantwoordelijke voor de realisatie en monitoring van Natte Natuurparels. Het waterschap dient ervoor te zorgen dat aan de randvoorwaarden wordt voldaan om de doelstellingen voor een betreffende Natte Natuurparel te kunnen behalen (Provincie Noord-Brabant e.a., 2002). Het gaat hierbij niet alleen om het juiste waterpeil (GGOR), maar ook om de juiste (grond)waterkwaliteit.

Daarnaast vraagt de Kaderrichtlijn Water om een analyse waarbij rekening wordt gehouden met veranderingen in grondwaterstand op de terrestrische ecosystemen. Door het onttrekken van (diep) grondwater en het draineren van (ondiep) grondwater zijn natuurgebieden verdroogd geraakt. Dit betekent zowel een lagere grondwaterstand dan gewenst als een verandering in waterkwaliteit door een verandering in kwelstromen (Verhagen e.a., 2010).

1.2 Probleemstelling

Wanneer de (grond)waterkwaliteit een belemmerende rol speelt in het realiseren van de Natte Natuurparel dient het waterschap hier verbeteringsmaatregelen voor te treffen. Waterschap Aa en Maas heeft onvoldoende inzicht hoe de grondwaterkwaliteit is in de Natte Natuurparels (hierna te noemen: NNP's) in haar beheergebied en of deze grondwaterkwaliteit de ecologische doelstellingen (behalen natuurdoeltypen- / beheertypen) beïnvloedt.

1.3 Onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen van deze verkennende studie zijn:

1. In welke mate wordt het grondwater beïnvloed door menselijk handelen?
2. Welke kansen en knelpunten zijn er voor de grondwaterkwaliteit in relatie tot de te behalen natuurdoeltypen in de onderzochte NNP's door grondwaterstanden te verhogen?
3. Welke (ecohydrologische) kennishiaten liggen er nog?
4. Voor welke informatiebehoefte en hoe kan het meetnet grondwaterkwaliteit in NNP's geoptimaliseerd worden?

1.4 Afbakening

Afdeling Onderzoek & Monitoring heeft eind 2009 een oriënterend meetplan voor de grondwaterkwaliteit in Natte Natuurparels opgezet. De keuzes voor de te bemonsteren peilbuizen is daarbij voornamelijk gebaseerd op beschikbaarheid van peilbuizen van het waterschap. Dit meetplan is uitgevoerd in december 2009 en de zomermaanden van 2010. Dit rapport is een verkennende studie waarin de eerste interpretatie plaats vindt van de verkregen analyseresultaten. Daarbij is de volgende afbakening gehanteerd:

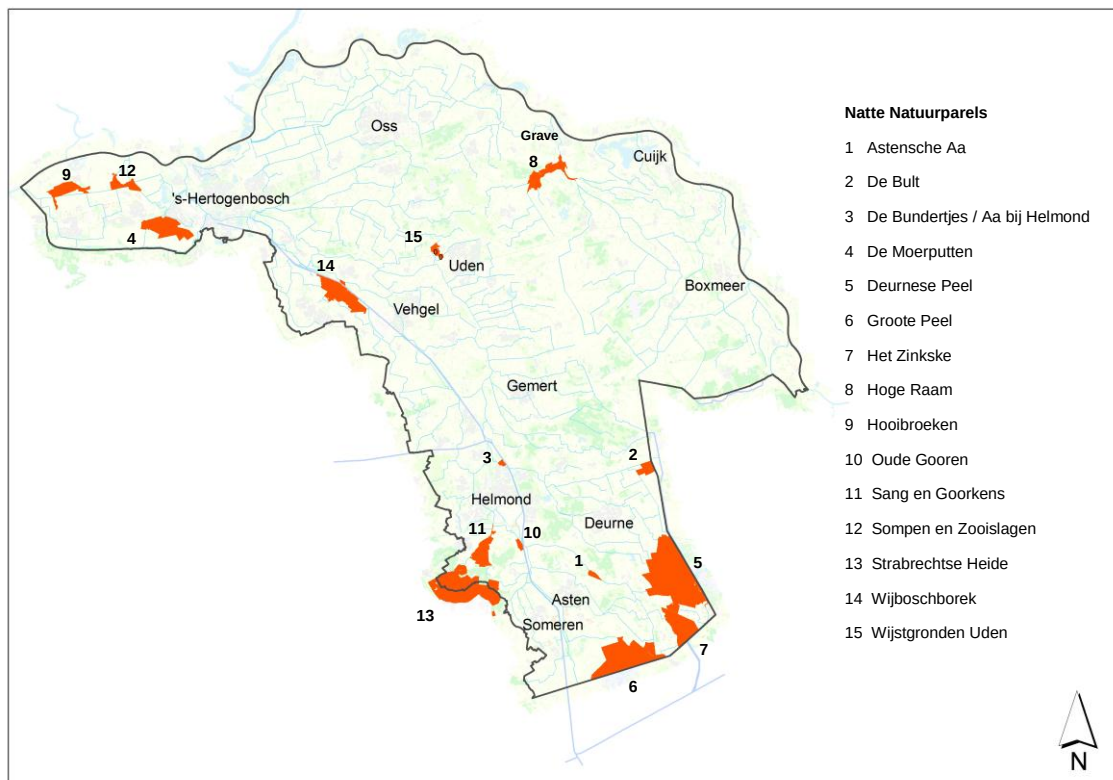
Proces

- Startpunt van deze rapportage zijn de verkregen analyseresultaten van het grondwater uit beschikbare peilbuizen in Natte Natuurparels in 2009 en 2010.
- Er wordt geen ecohydrologische systeemanalyse per Natte Natuurparel opgesteld. Het is een verkennende studie, waarin enkel de verkregen kwaliteitsgegevens van grondwater zijn geïnterpreteerd;
- In dit rapport zijn alleen kwaliteitsgegevens van het **ondiepe** grondwater meegenomen bij de beoordeling van de grondwaterkwaliteit, omdat dit water in de wortelzone kan komen (bij vernatten) en invloed heeft op de vegetatie;

- Voor elke Natte Natuurparel is een informatieblad opgesteld, inclusief kaartmateriaal, waarin alle analyseresultaten zijn gepresenteerd;
- Grondwaterkwaliteitsgegevens van **dieper grondwater** wordt alleen besproken in het informatieblad dat per Natte Natuurparel is opgesteld;
- Relevante kansen en knelpunten worden alleen in hoofdlijnen benoemd.

Geografisch

- In totaal zijn 15 van de 17 Natte Natuurparels in het beheergebied van waterschap Aa en Maas opgenomen in het meetplan. Figuur 1 toont een overzichtskaart met de betreffende locaties;
- Natte Natuurparel De Vilt is niet meegenomen bij de bemonstering van de peilbuizen. Hiervoor is een al monitoringsplan gemaakt (Van Rens, 2011);
- Grondwater in Natte Natuurparel Vlijmensch Ven is eveneens niet bemonsterd, omdat ten tijde van de bemonstering geen geschikte peilbuizen aanwezig waren.



Figuur 1: Overzichtskaart van de Natte Natuurparels in het beheergebied van waterschap Aa en Maas die opgenomen zijn in de verkenning van de grondwaterkwaliteit, periode 2009 - 2010

1.5 Status rapportage

Dit rapport is een intern technisch achtergronddocument en is gericht op kennisontwikkeling en kennisdeling. Doelgroepen van de rapportage zijn de afdelingen:

- **Onderzoek & Monitoring (O&M):** rapport kan dienen als input voor inhoudelijke adviseurs bij inrichtingsprojecten.
- **Integraal Beleid (IB):** input voor verdere beleids- en planvorming ten aanzien van de strategie voor grondwaterkwaliteit.
- **Grondzaken en Inrichting (G&I):** input bij de aanpak van een Natte Natuurparel.

Relevante projectleiders van G&I en beleidsmedewerkers van IB worden op basis van de resultaten van deze rapportage via adviseurs en onderzoeksmedewerkers van O&M geïnformeerd.

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak en werkwijze bij de analyse en rapportage van de dataset. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de grondwaterchemie van de bemonsterde NNP's, waarbij een eerste indicatie wordt verkregen van de kansen en risico's van vernatten. Hoofdstuk 4 geeft een beeld van de mate van beïnvloeding van het grondwater door menselijke activiteiten, om zodoende een indruk te krijgen voor welke NNP's hier de grootste aandachtspunten liggen. Daarnaast is het risico aangegeven dat, nu of op korte termijn, negatieve effecten optreden voor de vegetatie (indien dit grondwater de wortelzone bereikt). In Hoofdstuk 5 volgt een discussie van de resultaten, gevolgd door conclusies en aanbevelingen in respectievelijk hoofdstukken 6 en 7.

2 AANPAK & WERKWIJZE

Dit hoofdstuk beschrijft hoe gekomen is tot een gedragen en uniforme aanpak voor de verwerking en interpretatie van de analyseresultaten van het grondwater. Daartoe wordt eerst het resultaat van de brainstormsessie beschreven (de informatiebehoefte en keuze van beoordelingsmethodieken). Vervolgens is de werkwijze toegelicht hoe de gegevens nader zijn uitgewerkt. Tot slot is aangegeven tot welke rapportagevorm dit heeft geleid.

2.1 Keuze van aanpak

Het meten van grondwaterkwaliteit van vooral ondiep grondwater is nog niet goed tot stand gekomen. Dit heeft verschillende oorzaken. Eén van de oorzaken is dat de concrete uitwerking nog blijft hangen tussen waterschappen en provincies (Verhagen e.a., 2010). Een andere oorzaak is het (grotendeels) ontbreken van geüniformeerde referentiekaders en normen voor de kwalificatie van grondwater. Bij waterschappen en provincies worden dan ook verschillende methodieken gebruikt om tot een interpretatie van de gegevens van de grondwaterkwaliteit te komen. Bijlage 1 geeft een overzicht van enkele relevante kaders en de kennisontwikkeling op het gebied van interpretatie van grondwaterkwaliteitgegevens. Bijlage 2 toont een overzicht van een aantal gebruikte beoordelingsmethodieken.

Op 17 maart 2011 heeft een brainstormsessie plaatsgevonden met als doelen om kennis uit te wisselen, de informatiebehoefte in beeld te krijgen en om (een) methodiek(en) te kiezen om de verkregen grondwaterkwaliteitsdata te interpreteren. Van de brainstormsessie is een verslag opgesteld (bijlage 4). De informatiebehoefte bestond uit:

1. Inzicht in het type grondwater. Met deze informatie kan beoordeeld worden of een NNP te maken heeft met regionaal of lokaal grondwater (en kwel), wat het bufferend vermogen is en wat de belangrijkste macro-ionen zijn. Deze informatie geeft een eerste indruk in hoeverre het grondwater aan de standplaatsseisen van de gewenste grondwaterafhankelijke vegetaties voldoet;
2. Een (geografisch) overzicht van de mate waarin het grondwater binnen een Natte Natuurparel wordt beïnvloed door menselijk handelen. Hierdoor wordt een beeld verkregen of bepaalde herstelmaatregelen voor de Natte Natuurparels (gericht op landbouw) effectief zijn of voor welke Natte Natuurparels de grootste acties liggen op zit gebied;
3. Een beoordeling in hoeverre het grondwater tegemoet komt aan de gewenste standplaatsfactoren voor de ontwikkeling van de grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen of in hoeverre de ontwikkeling van de gewenste vegetatie kan belemmeren.

Om aan bovengenoemde informatiebehoefte invulling te kunnen geven zijn de volgende methodieken gekozen voor de interpretatie van de grondwaterkwaliteitsdata:

1. Bepalen van het grondwatertype via de Stuyfzand-methodiek. Deze methode is toegepast door waterschap De Dommel (Lüers & Stuyfzand (review), 2007). Ook wordt deze methode toegepast in ecohydrologische systeemanalyses die waterschap De Dommel heeft laten uitvoeren door derden;
2. Bepalen van het oxidatievermogen van het grondwater en beoordelen van de mate van menselijke beïnvloeding van het grondwater (OXV-methodiek). Deze methode is bijzonder geschikt gebleken om effecten van bemesting op grondwater te monitoren. Deze methode is gebruikt bij de quickscan grondwaterkwaliteit in Natte Natuurparels voor de provincie Limburg en waterschap Peel en Maasvallei (Krieken e.a., 2009);
3. Gezien de beschikbare gegevens en het verkennende karakter van dit project is gekozen voor het maken van een grove risico-inschatting voor de te ontwikkelen vegetatietypen via de KWR-methodiek. Deze methode is ook toegepast door de provincie Noord-Brabant voor de evaluatie van het beleidsmeetnet verdroging (Runhaar e.a., 2009). Daarbij is alleen het onderdeel grondwaterkwaliteit gebruikt.

2.2 Werkwijze

Uitwerking methodieken

Bijlage 4 geeft per methodiek: een nadere toelichting, de gemaakte keuzes en de belangrijkste aandachtspunten bij de interpretatie van het beoordelingsresultaat. Voor alle afzonderlijke peilbuizen zijn de analyseresultaten verwerkt volgens de drie beschreven methodieken:

- Berekening van oxidatievermogen en koppelen aan oordeel van mate van menselijke belasting van het grondwater (OXV);
- Vergelijken van de concentraties sulfaat, chloride en opgelost stikstof met de referentienormen voor een goede ontwikkeling van 'korte vegetatie' en 'bossen' (KWR);
- Bepalen van het grondwatertype (Stuyfzandtypologie).

Bij analyseresultaten waarbij de concentratie onder de rapportagegrens ligt, is gerekend met de halve waarde van de betreffende rapportagegrens.

Indicatieparameters

De gekozen beoordelingsmethoden bekijken elk steeds een deel van de beschikbare grondwaterkwaliteitsgegevens die per peilbuis beschikbaar zijn. Daarom is een beschrijving gegeven van opvallende zaken over alle beoordelingsresultaten beschouwd.

Voor alle NNP's is daartoe voor de volgende parameters per NNP de spreiding van de concentraties weergegeven, zoals aangetroffen in de verschillende peilbuizen binnen een NNP:

- Fe^{2+} i.v.m. mogelijkheid binding P;
- SO_4^{2-} i.v.m. risico op
 - interne eutrofiëring,
 - vorming van giftig H_2S ,*)
 - verzuring, door oxidatie van pyriet bij lage grondwaterstanden;
- HCO_3^- i.v.m. bufferend vermogen en inschatting regionale of lokale kwel;
- NO_3^- i.v.m. risico op eutrofiëring;
- NH_4^+ i.v.m. potentiële voorraad NO_3^- indien grondwater in contact komt met O_2 ;
- oPO_4^{2-} i.v.m. risico op eutrofiëring (bij weinig bindingscapaciteit bodem);
- TPO_4 i.v.m. risico op eutrofiëring (bij afbraak en weinig bindingscapaciteit bodem);
- pH i.v.m. de processen die pH-gevoelig zijn (o.a. oplosbaarheid metalen)

*) : Bij anti-verdrogingsmaatregelen (opstuwen van water) kan sulfaat worden omgezet naar sulfide. Sulfide zal met ijzer binden tot pyriet. Als er geen ijzer (meer) is voor de binding, dan wordt het giftige H_2S gevormd.

Deze parameters zijn gekozen, omdat deze een eerste totaalindruk geven van overeenkomsten en verschillen tussen de NNP's en welke risico's en aandachtspunten er op hoofdlijnen spelen.

Bijlage 7 geeft een presentatie van de gegevens in grafieken. In deze grafieken is steeds per parameter de spreiding weergegeven (ofwel: de minimale en maximale concentratie) die aangetroffen is in de peilbuizen in de periode juni - augustus 2010 (en juli 2009 voor Wijstgronden Uden). Alleen de analyseresultaten in ondiep grondwater bij de zomerbemonstering zijn gebruikt voor de grafieken, omdat dit de meest relevante periode is voor de vegetatie.

Naast een visuele weergave van de grondwaterchemie voor deze 8 parameters is ook gekeken naar het grondwatertype per NNP. Op basis van beide beschouwingen is een eerste risico-inschatting gemaakt voor effecten van grondwater op de ontwikkeling van de vegetatie.

Referentiekader concentraties

Bij de interpretatie en beschrijving van alle analyseresultaten worden beoordelingstermen als 'lage', 'hoge' en 'verhoogde' concentraties, evenals 'relatief hoge' en 'relatief lage' concentraties gebruikt. Wanneer gesproken wordt over relatief hoge of lage concentraties van een bepaalde parameter is dit afgezet tegen de grondwaterkwaliteitsgegevens van andere peilbuizen binnen dezelfde NNP. Wanneer gesproken wordt over 'lage', 'hoge' en 'verhoogde' concentraties is hierbij als referentiekader gekozen voor de waarden die aangehouden zijn in de rapportage van Bobbink e.a. (2007). Bij bicarbonaat is uitgegaan van de klassenindeling voor alkaliniteit van Stuyfzand (Lüers & Stuyfzand (review), 2007). Bijlage 5 toont een overzicht van de referentiewaarden.

Ondiep grondwater

Bij de beoordeling (OXV en KWR) is uitgegaan van grondwater dat bemonsterd is uit **ondiepe** peilbuizen, omdat voor dit grondwater het meest waarschijnlijk is dat het tot in de wortelzone kan reiken. Bijlage 6 toont een overzicht van alle bemonsterde peilbuizen per NNP. In dit overzicht is aangegeven:

- Diepte peilbuis;
- Aanduiding filterdiepte (ondiep, middeldiep of diep);
- Stijghoogte grondwater op moment van bemonsteren.

Tijdens de bemonstering van de peilbuizen op beide bemonsteringsdata in de zomer- en winterperiode is de stijghoogte bepaald ten opzichte van bovenkant peilbuis. Wanneer de hoogte van de peilbuis ten opzichte van het maaiveld bekend is, kan een indruk verkregen worden in hoeverre het grondwater tot in de wortelzone reikt.

Wanneer twijfels bestaan over in welk grondwaterpakket het filter van de peilbuis staat, zijn de gegevens wel besproken in de informatiebladen (bijlage 8), maar niet meegenomen in de beoordelingen in het hoofdrapport. De peilbuizen waar twijfels bestaan over in welk grondwaterpakket gemeten wordt, zijn in bijlage 6 gemarkeerd met een '*'.

Kaartmateriaal

Het resultaat van de mate van menselijke beïnvloeding van het grondwater en het resultaat van het mogelijke effect van het grondwater op de ontwikkeling van de gewenste grondwaterafhankelijke vegetatie zijn gepresenteerd op kaarten. Daarbij is de kaartlaag met natuurdoeltypen van de provincie Noord-Brabant als belangrijkste ondergrond gebruikt.

2.3 Presentatie gegevens

Er bleek zowel een behoefte naar een overkoepelde presentatie van de gegevens om een globaal beeld te krijgen waar zich de grootste knelpunten bevinden in het beheergebied van waterschap Aa en Maas als naar detailinformatie per NNP. Dit heeft geleid tot een presentatie en bespreking van de resultaten in de vorm van een hoofdrapportage (overkoepelende presentatie) en een informatieblad per Natte Natuurparel (detailinformatie).

2.3.1 Hoofdrapportage

Voor een overzichtelijke presentatie van de (beoordelings)resultaten zijn de NNP's gegroepeerd. Daarbij is gekeken naar overeenkomsten in grondsoort, kwel of infiltratie en geografische ligging in het beheergebied van waterschap Aa en Maas. Dit heeft geleid tot de volgende groepen:

1. Beekdalen;
2. Nat zandlandschap;
3. Rivierengebied;
4. Hoge zandgronden.

De gedachte hierbij is dat de (gewenste) grondwaterkwaliteit per groep NNP's vergelijkbaar is. Dit gaat op voor de Beekdalen, Rivierengebied en Hoge zandgronden. De NNP's in Nat

zandlandschap zijn onderling minder goed vergelijkbaar qua grondwatersysteem. Tabel 1 toont de verdeling van de NNP's over deze groepen.

Tabel 1: Groepering van Natte Natuurparels (NNP) op basis van kwelsituatie, type gebied en grondsoort

Groep	NNP	Kwelkaart	Type gebied	Grondsoort
1	Astensche Aa	kwel/intermediair	Beekdalen	zand/veen
1	De Bundertjes / Aa bij Helmond	kwel/intermediair	Beekdalen	zand/veen
1	Hoge Raam	kwel/intermediair	Beekdalen	zand/veen
1	Oude Gooren	kwel/intermediair	Beekdalen	zand/veen
1	Sang en Goorkens	kwel/intermediair	Beekdalen	zand/veen
2*	Wijboschbroek	intermediair	Nat zandlandschap	zand
2*	De Moerputten	kwel/intermediair	Nat zandlandschap	zand
2*	Wijstgronden Uden	kwel/intermediair	Nat zandlandschap	zand
3	Hooibroeken	kwel	Rivierengebied	klei
3	Sompen en Zooislagen	kwel/intermediair	Rivierengebied	klei
4	De Bult	infiltratie/intermediair	Hoge zandgronden	veen/zand
4	Groote Peel	infiltratie/intermediair	Hoge zandgronden	veen/zand
4	Deurnese Peel	infiltratie/intermediair	Hoge zandgronden	veen/zand
4	Het Zinkske	infiltratie/intermediair	Hoge zandgronden	veen/zand
4	Strabrechtse Heide	infiltratie/intermediair	Hoge zandgronden	zand

*: De groep Nat zandlandschap bevat drie NNP's die in een laagte of anderszins in een nat zandgebied liggen.

Qua grondwatersysteem zijn ze onderling waarschijnlijk meer verschillend dan de NNP's binnen andere groepen:

- NNP Wijstgronden Uden (Peelrandbreuk, wijstgebied);
- NNP De Moerputten (moerasgebied langs de Naad van Brabant);
- NNP Wijboschbroek (laag gelegen zandgebied, niet te koppelen aan een beekdal, wel mogelijk sprake van kanaalkwel).

2.3.2 Informatiebladen

Voor elke NNP is een informatieblad opgesteld, inclusief kaartmateriaal. Het doel van het informatieblad is om alle verkregen analyseresultaten van de grondwaterkwaliteit van een betreffende NNP te bundelen, zodat bij een aankomend (anti-verdrogings) project al deze informatie met betrekking tot grondwaterkwaliteit voorhanden is.

Elk informatieblad bevat de volgende onderdelen:

1. Een gebiedsbeschrijving;
2. Een beschrijving van de typologie van het grondwater;
3. De mate van menselijke invloed op het grondwater;
4. Het risico dat nu of op korte termijn negatieve effecten optreden voor de vegetatie;
5. Een beschrijving van opvallende parameters in het grondwater met mogelijke oorzaken;
6. Een samenvatting van de onderdelen 2 tot en met 5.

Daarnaast zijn twee kaarten gemaakt waarin een geografisch beeld gegeven wordt van:

1. De mate van menselijke beïnvloeding van het grondwater.
2. Het risico dat nu of op korte termijn negatieve effecten optreden voor de vegetatie.

Alle informatiebladen zijn opgenomen in bijlage 8.

3 OVERZICHT VAN DE GRONDWATERCHEMIE IN NATTE NATUURPARELS

Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste kenmerken en aandachtspunten van het grondwater aangetroffen in de peilbuizen in of vlakbij de 15 NNP's in het beheergebied van waterschap Aa en Maas. Per NNP zijn de typerende eigenschappen van het grondwater beschreven. Daarnaast worden aandachtspunten benoemd voor het geval grondwaterstanden tot in de wortelzone komen of wanneer deze (verder) worden verhoogd om tot in de wortelzone te kunnen komen om de toegekende natuurdoeltypen te realiseren.

3.1 Inleiding

In hoeverre het grondwater daadwerkelijk een probleem kan vormen voor een NNP hangt onder meer af van:

- de grondsoort;
- de bodemkwaliteit;
- de concentratie ijzer in het grondwater en de bovengrond (mogelijkheid tot binding P);
- het type grondwatersysteem waardoor het ondiepe grondwater gevoed wordt;
- in hoeverre het ondiepe grondwater (en waar) tot in de wortelzone komt/kan komen of boven maaiveld kwelt binnen de NNP.

Regionale grondwaterstromen zijn in de regel schoner dan lokale grondwaterstromen, omdat ze door diepere grondwaterpakketten stromen en daardoor weinig tot geen invloed ondervinden van lokale uitspoeling van bijvoorbeeld meststoffen of chloride (via strooizout of ook via landbouwbemesting). Wanneer het inrijgebied menselijk beïnvloed wordt, dan kan de lange reistijd door de ondergrond voor een natuurlijke zuivering van het grondwater zorgen. Wanneer het ondiepe grondwater voornamelijk gevoed wordt door lokale systemen en het water is vervuild, dan zijn effectieve maatregelen in de betreffende NNP te nemen. Bij regionale systemen zal verder buiten de begrenzing van de NNP gekeken moeten worden, waar mogelijke vervuilingbronnen zitten.

3.2 Grondwaterchemie per groep van Natte Natuurparels

In deze paragraaf worden de bevindingen besproken die gedaan kunnen worden op basis van de grafieken met indicatieparameters in bijlage 7.

3.2.1 Hoge zandgronden

Samenvattend geldt voor het ondiepe grondwater onder de NNP's op de Hoge zandgronden dat het grondwater kenmerken vertoont van infiltratie en lokale grondwaterstromen (o.a. door het zeer lage tot lage bufferend vermogen, lage EGV en matig tot zwak zuur grondwater).

Voor NNP's Strabrechtse Heide en Het Zinkske geldt dat:

- Het grondwater lage concentraties ijzer bevat (in de meeste gevallen $< 1,7$ mg/l);
- De fosfaatconcentraties tegelijkertijd laag zijn (meeste gevallen $< 0,06$ mg/l);
- En de sulfaatconcentraties daarnaast ook vrij laag zijn (< 25 mg/l).

Voor NNP Strabrechtse Heide en NNP Het Zinkske is het risico klein dat het grondwater voor negatieve effecten zal zorgen op de ontwikkeling van de gewenste vegetatie, ware het niet dat de concentraties nitraat hoog zijn (maximaal 4,6 en 8,3 mg/l). Het grondwater staat hier nog sterk onder invloed van menselijk handelen (landbouw). Hier is dan ook sprake van invloeden van een lokale grondwaterstroming.

Voor de overige drie NNP's op Hoge zandgronden (De Bult, Groote Peel en Deurnese Peel) geldt dat er aandachtspunten liggen op gebied van zowel stikstof (nitraat en/of ammonium), fosfaat als sulfaat.

3.2.2 Rivierengebied

Samenvattend geldt voor het ondiepe grondwater onder de NNP's in het Rivierengebied dat:

- De concentraties Fe-filtraat hoog zijn (bijna overal > 1,7 mg/l oplopend tot 39 mg/l);
- Het bufferend vermogen kan oplopen van matig laag tot hoog;
- De concentraties nitraat laag zijn (< 1,55 mg/l);
- De concentraties ammonium laag zijn (< 1,8 mg/l);
- De concentraties fosfaat licht tot sterk verhoogd zijn (P-totaal soms > 0,60 mg P /l);
- De sulfaatconcentraties lokaal verhoogd zijn (> 96 mg/l).

Bovenstaande overziend, is het risico dat dit grondwater negatieve effecten op de vegetatie heeft klein. De fosfaatconcentraties zijn weliswaar verhoogd, maar daar staat tegenover dat het grondwater ijzerrijk is. Hierdoor zal het fosfaat in het grondwater gebonden worden indien het water in contact komt met zuurstof (zoals in kwelsituaties). Aandachtspunt zijn echter wel de verhoogde sulfaatconcentraties in verband met interne eutrofiëring.

3.2.3 Beekdalen

Samenvattend geldt voor het ondiepe grondwater onder de NNP's in de Beekdalen dat:

- De concentraties Fe-filtraat hoog zijn (bijna overal > 1,7 mg/l oplopend tot 13 mg/l);
- Het bufferend vermogen kan oplopen van matig tot matig hoog;
- De concentraties nitraat overwegend laag zijn, maar kunnen in enkele NNP's hoog oplopen (van 2,1 tot 23 mg/l). Dit geldt voor NNP's Hoge Raam en Sang en Goorkens;
- De concentraties ammonium laag zijn (< 1,8 mg/l);
- De concentraties fosfaat licht tot sterk verhoogd zijn (lokaal P-totaal pieken 1 - 3 mg/l);
- De sulfaatconcentraties lokaal hoog kunnen zijn (97 - 480 mg/l).

Op basis van deze bevindingen is het risico dat dit grondwater negatieve effecten op de vegetatie heeft lokaal aanwezig. Het fosfaat zal weliswaar grotendeels gebonden worden door het aanwezige ijzer, maar de concentraties stikstof in het ondiepe grondwater kunnen erg hoog zijn. Bovendien kan de concentratie sulfaat lokaal erg hoog zijn, waardoor interne eutrofiëring kan optreden bij vernatting van de bovengrond.

3.2.4 Nat zandlandschap

Samenvattend geldt voor het ondiepe grondwater onder de NNP's in Nat zandlandschap dat:

- De concentraties Fe-filtraat hoog zijn (bijna overal > 1,7 mg/l oplopend tot 29 mg/l);
- Het bufferend vermogen overwegend matig tot hoog is;
- De concentraties nitraat overwegend laag zijn, met een enkele piek in NNP Wijstgronden Uden (10 tot 23 mg/l);
- De concentraties ammonium overwegend laag zijn (< 1,8 mg/l), met enkele pieken in NNP Wijstgronden Uden (3,1 tot 8,5 mg/l);
- De concentraties fosfaat overwegend licht tot sterk verhoogd zijn (lokaal P-totaal pieken van 1 – 3,1 mg/l);
- De sulfaatconcentraties vooral voor NNP Wijstgronden Uden en NNP Wijboschbroek hoog zijn (tot 189 - 240 mg/l).

Op basis van deze bevindingen is het risico, dat dit grondwater negatieve effecten op de vegetatie heeft, aanwezig. De combinatie van hoge concentraties Fe-filtraat en fosfaat is gunstig, vanwege de vastlegging van het in het grondwater aanwezige fosfaat door ijzer.

De concentraties nitraat en ammonium kunnen in NNP Wijstgronden Uden erg hoog zijn. Verder zijn de concentraties sulfaat in NNP Wijstgronden Uden en NNP Wijboschbroek hoog. Hier is het risico interne eutrofiëring groot. In NNP De Moerputten zijn de minste problemen te verwachten met vernatting met grondwater: het grondwater is ijzerrijk en kan het in het grondwater aanwezige fosfaat vastleggen. De sulfaatconcentraties zijn daarnaast laag, waardoor het risico op interne eutrofiëring klein is.

3.3 Watertypering en aandachtspunten per Natte Natuurparel

In deze paragraaf wordt per NNP kort aangegeven:

- Welk type grondwater het betreft (o.m. regionaal of lokaal gevoed);
- Mogelijke processen die het grondwater beïnvloeden;
- Aandachtstoffen in het grondwater welke in ogenschouw genomen moeten worden indien de NNP vernat wordt met dit water.

Deze informatie per NNP is ook opgenomen in de informatiebladen (zie bijlage 8).

Astensche Aa

Grondwatertypering

- Het ondiepe grondwater is zwak zuur en heeft een matig lage alkaliniteit;
- Het grondwater is in twee van de drie peilbuizen van het calciumbicarbonaat-type. Dit is kenmerkend voor grondwater dat een lange weg afgelegd heeft in de ondergrond (regionale kwel);
- In één peilbuis is het grondwater van het calciumsulfaat-type. Dit grondwater is zeer waarschijnlijk in contact geweest met pyriet in de bodem;
- De samenstelling van het ondiepe grondwater duidt op beïnvloeding door regionale grondwaterstroming.

Kenmerken menselijke invloed

- Sulfaat is een indicator voor menselijke invloed;
- Sulfaat kan vrijkomen bij afbraak van pyriet. Pyriet kan afgebroken worden wanneer het in contact komt met zuurstof, zoals bij verlaging van de grondwaterstand. Ook kan pyriet onder anaerobe situaties afgebroken worden door nitraat. De concentraties nitraat in het grondwater zijn echter laag.

Aandachtspunten

- De lokaal licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De lokaal verhoogde concentraties sulfaat;
- De lokaal licht verhoogde concentraties ammonium;
- De lokaal licht verhoogde concentraties nitraat.

De Bult

Grondwatertypering

- Het ondiepe grondwater is zuur tot matig zuur en heeft een zeer laag tot laag bufferend vermogen;
- Het grondwater is zeer zoet en kan getypeerd worden als lithotroof water;
- Het dominante ion is sulfaat (vooral in de winterbemonstering) of chloride (vooral in de zomerbemonstering);
- Het grondwater vertoont kenmerken van lokale grondwaterstroming (lage pH en EGV);
- In drie van de zes peilbuizen is het grondwater van het calciumsulfaat-type en dit is kenmerkend voor min of meer natuurlijke maar zuur tot licht zure wateren dat in contact is geweest met pyriet.

Kenmerken menselijke invloed

- Naast beïnvloeding door pyrietoxidatie, worden ook menselijke invloeden gezien in de vorm van verhoogde concentraties sulfaat en een enkele keer nitraat;
- Mogelijk dat het grondwater aan de randen van de NNP wordt beïnvloed door bekalking in de landbouw.

Aandachtspunten

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De licht tot sterk verhoogde concentraties ammonium;
- De lokaal hoge concentraties nitraat.

De Bundertjes / Aa bij Helmond

Grondwatertyping

- Het ondiepe grondwater is neutraal van pH met een matig hoog bufferend vermogen;
- Het grondwater is van het calciumbicarbonaat-type.
Dit is kenmerkend voor grondwater dat een lange weg afgelegd heeft in de ondergrond (regionale kwel);
- De samenstelling van het ondiepe grondwater duidt op beïnvloeding door regionale grondwaterstromingen.

Kenmerken menselijke invloed

- Er zijn geen parameters die duiden op menselijke beïnvloeding van het grondwater;
- Aangezien het grondwater een regionaal karakter heeft, is het aannemelijk dat de bron voor de verhoogde concentraties fosfaat van natuurlijke aard is.

Aandachtspunten

- De hoge concentratie fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat.

De Moerputten

Grondwatertyping

- Het ondiepe grondwater is zwak zuur tot neutraal van pH met een matig hoog bufferend vermogen;
- Het grondwater is van het calciumbicarbonaat-type. Dit is kenmerkend voor grondwater dat een lange weg afgelegd heeft in de ondergrond (regionale kwel);
- De samenstelling van het ondiepe grondwater duidt op beïnvloeding door regionale grondwaterstromingen.

Kenmerken menselijke invloed

- Het grondwater vertoont menselijke invloed in de vorm van sulfaat;
- Gezien het regionale karakter van het grondwater (bicarbonaattype) en tegelijkertijd lage nitraatconcentraties heeft het fosfaat en ammonium in het grondwater een natuurlijke herkomst, zoals van natuurlijke fosfaatmineralen en anaerobe afbraak van gebonden stikstof.

Aandachtspunten

- De hoge concentratie fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De licht verhoogde concentraties ammonium.

Deurnese Peel

Grondwatertyping

- Het ondiepe grondwater is matig tot zwak zuur;
- Het bufferend vermogen van het grondwater loopt uiteen van zeer laag tot laag;
- Het grondwater vertoont kenmerken van lokale grondwaterstroming (lage pH en lokaal hoge concentraties chloride, kalium en nitraat);

- Het grondwater is zeer zoet tot zoet, waarbij het zoete water getypeerd kan worden als grondwater in zandinfiltratiegebieden (regenwaterinvloed) en het zeer zoete water als lithotroof water;
- Het grondwater is voornamelijk van het natriumsulfaat- of calciumsulfaat-type. Dit is kenmerkend voor min of meer natuurlijke maar zuur tot licht zure wateren dat in contact is geweest met pyriet.

Menselijke beïnvloeding:

- Naast beïnvloeding door pyrietoxidatie, worden ook menselijke invloeden gezien in de vorm van lokaal verhoogde concentraties sulfaat, nitraat en chloride.

Aandachtspunten:

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De licht tot sterk verhoogde concentraties ammonium;
- Het voorkomen van lokaal hoge concentraties nitraat;
- Het voorkomen van lokaal hoge concentraties sulfaat;
- Het voorkomen van lokaal verhoogde concentraties chloride.

Groote Peel

Grondwatertypering

- Het grondwater varieert van zeer zoet tot zoet;
- Het zoete water kan getypeerd worden als grondwater in zandinfiltratiegebieden (regenwaterinvloed) en het zeer zoete water als lithotroof water (grondwater);
- De alkaliniteit van het grondwater loopt uiteen van zeer laag en laag tot middelmatig. Op drie meetlocaties was sprake van grondwater met een zeer laag bufferend vermogen (zeer lage alkaliniteit). Hier kan verzuring optreden;
- Het grondwater is voornamelijk van het natriumsulfaat-type. Dit is kenmerkend voor min of meer natuurlijke maar zuur tot licht zure wateren dat in contact is geweest met pyriet.

Menselijke beïnvloeding:

- Naast beïnvloeding door pyrietoxidatie, worden ook menselijke invloeden gezien in de vorm van lokaal verhoogde concentraties sulfaat, nitraat en chloride.

Aandachtspunten:

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De licht tot sterk verhoogde concentraties ammonium;
- Het voorkomen van lokaal hoge concentraties nitraat;
- Het voorkomen van lokaal hoge concentraties sulfaat;
- Het voorkomen van lokaal verhoogde concentraties chloride.

Het Zinkske

Grondwatertypering

- Het grondwater is extreem zoet tot zeer zoet;
- Het extreem zoete water kan getypeerd worden als atmotroof water (regenwaterinvloed) en het zeer zoete water kan getypeerd worden als lithotroof water (grondwater);
- De alkaliniteit van het grondwater loopt uiteen van zeer laag tot laag;
- De alkaliniteit zegt iets over de het bufferend vermogen van het grondwater. Wanneer het bufferend vermogen gering is kan verzuring optreden;
- Het grondwater bevat weinig opgeloste stoffen en is van het calciumnitraat-type. Hieruit blijkt een sterke invloed van nitraat op het voor de rest zuivere grondwater;
- Het grondwater heeft een lokaal karakter.

Menselijke beïnvloeding:

- Het grondwater vertoont menselijke invloed door verhoogde concentraties nitraat.

Aandachtspunt:

- De verhoogde concentraties nitraat.

Hoge Raam

Grondwatertyping

- Het grondwater is in vrijwel alle peilbuizen zeer zoet en kan getypeerd worden als lithotroof water;
- In deze Natte Natuurparel komt vooral ondiep grondwater voor van het calciumbicarbonaat-type en van het calciumsulfaat-type;
- De alkaliniteit van het grondwater loopt uiteen van laag tot matig hoog;
- Het grondwater vertoont kenmerken van regionale voeding (calciumbicarbonaat-type);
- Het grondwater van het calciumsulfaat-type is kenmerkend voor grondwater met kalkbuffering dat in contact is geweest met pyriet.

Menselijke beïnvloeding:

- Daarnaast vertoont het ondiepe grondwater ook kenmerken van voeding via lokale grondwaterstromingen door de sterk verhoogde concentraties nitraat.

Aandachtspunten:

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater (en tegelijkertijd lage concentraties ijzer);
- De licht tot sterk verhoogde concentraties nitraat;
- De hoge concentraties sulfaat.

Hooibroeken

Grondwatertyping

- Het grondwater is in vrijwel alle peilbuizen zeer zoet en kan getypeerd worden als lithotroof water;
- De alkaliniteit van het grondwater loopt uiteen van matig hoog tot hoog, ofwel: het grondwater heeft een matig hoog tot hoog bufferend vermogen;
- Het grondwater is van het zogenaamde calciumbicarbonaat-type is kenmerkend voor grondwater dat een lange weg door een kalkrijke ondergrond heeft afgelegd (regionale grondwaterstroom/kwel).

Menselijke beïnvloeding:

- Het grondwater vertoont menselijke invloed door verhoogde concentraties sulfaat.

Aandachtspunten:

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De lokaal licht tot sterk verhoogde concentraties ammonium;
- De verhoogde concentraties sulfaat.

Oude Gooren

Grondwatertyping

- Het grondwater is zoet en kan getypeerd worden als grondwater in zandinfiltratiegebieden;
- De alkaliniteit van het grondwater is matig hoog;

- Grondwater is van het calciumbicarbonaat-type en is kenmerkend voor grondwater dat een lange weg door een kalkrijke ondergrond heeft afgelegd (aanvoer vanuit een regionaal grondwatersysteem);

Menselijke beïnvloeding:

- Het grondwater vertoont menselijke invloed door licht verhoogde concentraties chloride.

Aandachtspunt:

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater (en tegelijkertijd lage concentraties ijzer).

Sang en Goorkens

Grondwatertyping

- Het grondwater is in vrijwel alle peilbuizen zeer zoet en kan getypeerd worden als lithotroof water;
- In een enkel geval is het grondwater extreem zoet (atmotroof) of zoet (grondwater in zandinfiltratiegebieden);
- De alkaliniteit van het grondwater loopt uiteen van zeer laag tot matig hoog;
- De peilbuizen waarin het grondwater een zeer laag bufferend vermogen heeft, liggen in de natuurdoeltypen Elzenbroekbos, Berkenbroekbos en Bloemrijk grasland;
- Het grondwater is overwegend van het calciumbicarbonaat-type en is kenmerkend voor grondwater dat een lange weg door een kalkrijke ondergrond heeft afgelegd (regionale herkomst).

Menselijke beïnvloeding:

- Het grondwater vertoont menselijke invloed in de vorm van lokaal verhoogde concentraties nitraat, chloride en sulfaat.

Aandachtspunten:

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De lokaal licht tot sterk verhoogde concentraties ammonium;
- Het voorkomen van lokaal hoge concentraties nitraat;
- Het voorkomen van lokaal hoge concentraties sulfaat;
- Het voorkomen van lokaal verhoogde concentraties chloride.

Sompen en Zooislagen

Grondwatertyping

- Het grondwater is zeer zoet, waarbij het water getypeerd kan worden als lithotroof water;
- Op een enkele locatie (in Hakhout/Griend) is het water zoet, waarbij het getypeerd kan worden als grondwater in zandinfiltratiegebieden;
- De alkaliniteit van het grondwater loopt uiteen van matig laag tot matig hoog;
- Het grondwater is van het calciumbicarbonaat-type en een enkele keer van het calciumchloride-type (Hakhout/Griend);
- Grondwater van het calciumbicarbonaat-type is kenmerkend voor grondwater dat een lange weg door een kalkrijke ondergrond heeft afgelegd (regionale grondwaterstroming);
- Verder is het grondwater ijzerrijk, vooral in het westen van de Natte Natuurparel.

Menselijke beïnvloeding

- Het grondwater vertoont menselijke invloed in de vorm van lokaal verhoogde concentraties chloride en sulfaat.

Aandachtspunten

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De lokaal licht tot sterk verhoogde concentraties sulfaat;
- De lokaal verhoogde concentraties chloride.

Strabrechtse Heide

Grondwatertypering

- Het grondwater is in de winterperiode extreem zoet (atmotroof water) en in de zomerperiode zeer zoet (lithotroof);
- De alkaliniteit van het grondwater is zeer laag, waardoor het bufferend vermogen zeer laag is en verzuring kan optreden;
- Het grondwater is kenmerkend voor min of meer natuurlijke zuur tot lichtzuur grondwater dat in contact is gekomen met pyriet;
- Het grondwater heeft een lokaal karakter.

Menselijke beïnvloeding

- Het grondwater vertoont menselijke invloed in de vorm van lokaal verhoogde concentraties nitraat.

Aandachtspunten:

- Lokaal verhoogde concentraties fosfaat (en tegelijkertijd lage concentraties ijzer);
- De licht tot sterk verhoogde concentraties nitraat.

Wijboschbroek

Grondwatertypering

- Het grondwater is overwegend zeer zoet, waarbij het water getypeerd kan worden als lithotroof water;
- Het bufferend vermogen van het grondwater in deze Natte Natuurparel kan lokaal matig laag zijn (zoals in Bloemrijk grasland), maar is overwegend middelmatig tot matig hoog;
- Lokaal is het grondwater ijzerrijk;
- Het grondwater is overwegend van het bicarbonaat-type, dat kenmerkend is voor regionaal grondwater.

Menselijke beïnvloeding:

- Het grondwater vertoont menselijke invloed in de vorm van lokaal verhoogde concentraties sulfaat en chloride.

Aandachtspunten:

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De lokaal licht tot sterk verhoogde concentraties sulfaat;
- De lokaal verhoogde concentraties chloride.

Wijstgronden Uden

Grondwatertypering

- Het grondwater is zeer zoet tot zoet, waarbij het zeer zoete water getypeerd kan worden als lithotroof water en het zoete water als grondwater in zandinfiltratiegebieden;
- De alkaliniteit loopt uiteen van laag tot matig hoog;
- Grondwater is van het calciumbicarbonaat-type of van het calciumsulfaat-type;

- Grondwater van het calciumbicarbonaat-type is kenmerkend voor grondwater dat een lange weg door een kalkrijke ondergrond heeft afgelegd en/of dat het ondiepe grondwater wordt gevoed vanuit een regionaal grondwatersysteem;
- De aanwezigheid van sulfaat is hier het gevolg van pyrietoxidatie;
- Het grondwater bevat hoge concentraties ijzer, kenmerkend voor wijstwater, maar de concentraties kunnen lokaal ook erg laag zijn (< 1,7 mg/l);
- Hoge concentraties sulfaat komen tegelijkertijd voor met hoge concentratie ijzer, waardoor het risico op interne eutrofiëring kleiner wordt vanwege het fosfaatbindend vermogen van het ijzer in grondwater (wanneer het in contact komt met zuurstof).

Menselijke beïnvloeding:

- Het grondwater vertoont menselijke invloed in de vorm van lokaal verhoogde concentraties sulfaat en nitraat.

Aandachtspunten:

- De licht tot ernstig verhoogde concentraties fosfaat in het grondwater, maar mogelijk wordt dit (voor een groot deel) al gebonden door het ijzer dat het grondwater bevat;
- De lokaal licht tot sterk verhoogde concentraties ammonium;
- Het voorkomen van lokaal hoge concentraties nitraat;
- De lokaal licht tot sterk verhoogde concentraties sulfaat.

3.4 Mogelijke risico's bij vernatten

Bij verhoogde concentraties nitraat, ammonium en/of fosfaat wordt gesproken van directe eutrofiëring. Deze voedingsstoffen kunnen zowel afkomstig zijn uit het gebied zelf (door uitspoeling van mest uit landbouwgronden) als van buiten het gebied (zoals via regionale grondwaterstroming of door inlaatwater). Bij verhoogde concentraties sulfaat wordt gesproken over indirecte eutrofiëring. Sulfaat kan namelijk in vernatte situaties (anaerobe bovengrond) optreden als oxidator waardoor onder anaerobe omstandigheden organisch stof afgebroken kan worden. Hierbij komt onder meer fosfaat en bicarbonaat vrij. Fosfaat leidt dan weer tot eutrofiëring en het bicarbonaat kan op zijn beurt weer de mineralisatie stimuleren (waardoor ook weer fosfaat kan vrijkomen). Wanneer er onvoldoende ijzer aanwezig is in het grondwater of in de bovengrond in combinatie met hoge concentraties sulfaat (en anaerobe omstandigheden), dan is er kans op de vorming van het giftige sulfide.

Verder wordt ook wel gesproken van interne en externe eutrofiëring (Roelofs e.a., 2007). Bij externe eutrofiëring wordt de nutriëntenbeschikbaarheid in een systeem van buitenaf vergroot. Dit gebeurt onder andere door natte en droge deposities van zwavel- en stikstofverbindingen vanuit de atmosfeer en landbouwmeststoffen, die in oppervlaktewater en grondwater terecht kunnen komen. Bij interne eutrofiëring treedt op grote schaal mobilisatie op van nutriënten die al in het systeem liggen opgeslagen. Verdroging, (her)vernatting en wisselende waterpeilen spelen een belangrijke rol bij het vrijkomen of vastleggen/-houden van nutriënten die al in het gebied aanwezig zijn.

In het kader van deze verkenning is gekeken naar directe en indirecte eutrofiëring, omdat alleen analysesresultaten van grondwater in beschouwing zijn genomen.

Uit de voorgaande twee paragrafen blijkt dat er in verschillende NNP's sprake is van:

- verhoogde concentraties stikstof en/of
- verhoogde concentraties fosfaat en/of;
- verhoogde concentraties sulfaat.

Daarnaast is gekeken naar:

- De mate waarin het fosfaat door ijzer in het grondwater gebonden kan worden;
- Of er sprake is van verhoogde concentraties sulfaat;
- Of er sprake is van verhoogde concentraties nitraat en ammonium;
- Of er sprake is van lokaal verhoogde concentraties of dat deze in meerdere peilbuizen worden gezien.

Op basis van de eerste oriënterende meetronde van grondwater in Natte Natuurparels worden de grootste risico's bij vernatten voor het realiseren van natuurdoeltypen gezien bij:

- Deurnese Peel : zowel directe als indirecte eutrofiëring;
- Groote Peel : zowel directe als indirecte eutrofiëring;
- Hooge Raam : zowel directe als indirecte eutrofiëring;
- Wijstgronden Uden : zowel directe als indirecte eutrofiëring;
- De Bult : directe eutrofiëring;
- Het Zinkske : directe eutrofiëring;
- Oude Gooren : directe eutrofiëring;
- Strabrechtse Heide : directe eutrofiëring;
- Somp en Zooislagen : indirecte eutrofiëring;
- Wijboschbroek : indirecte eutrofiëring.

Bij de volgende NNP's worden weinig problemen verwacht op basis van de eerste oriënterende bemonsteringen van de grondwaterkwaliteit:

- Astensche Aa;
- De Bundertjes;
- De Moerputten;
- Hooibroeken;
- Sang en Goorkens.

4 MENSELIJKE INVLOED OP GRONDWATER EN EFFECT OP VEGETATIE

Tot dusver is in dit rapport besproken welke kenmerkende eigenschappen het grondwater in de diverse Natte Natuurparels bezit, welke processen een rol hebben (gespeeld) op de waterkwaliteit en welke aandachtspunten er liggen bij vernatten. In dit hoofdstuk wordt verder gekwantificeerd (en geüniformeerd) in hoeverre vernatten met het betreffende grondwater risico's met zich meebrengt bij het behalen van de gewenste vegetatie. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van een beoordeling van:

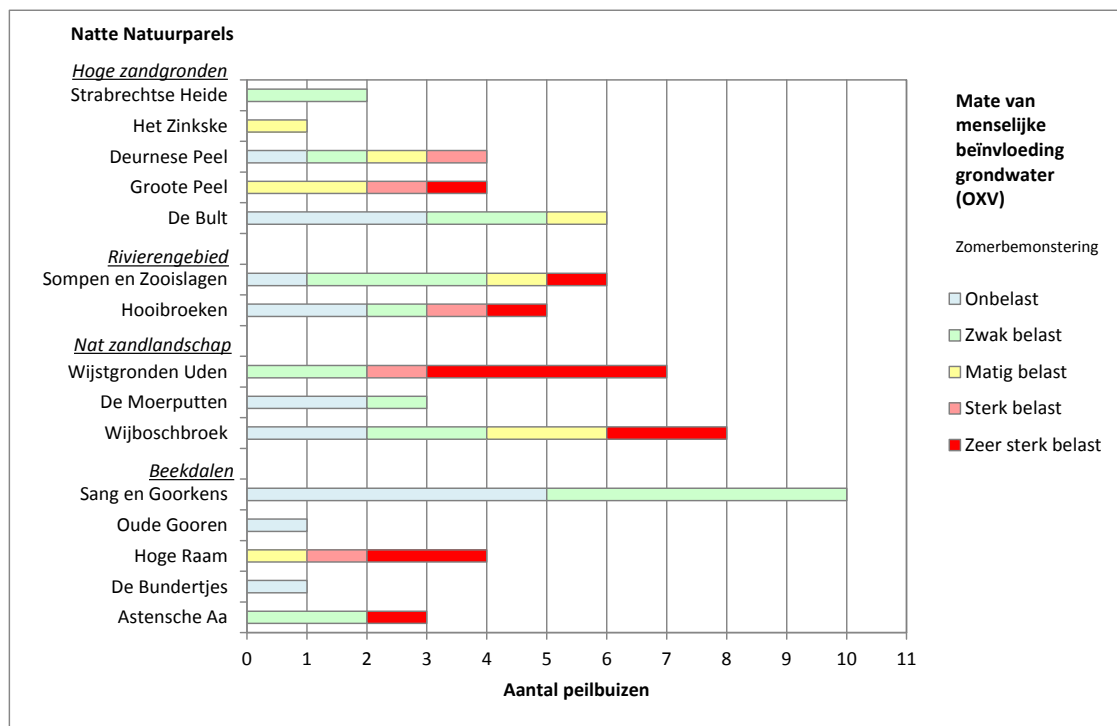
- de mate waarin het grondwater beïnvloed wordt door menselijk handelen;
- het risico dat nu of op korte termijn negatieve effecten optreden voor de vegetatie.

Bovenstaande is bepaald aan de hand van twee verschillende methoden die niet met elkaar te vergelijken zijn, maar aanvullend op elkaar zijn. Beide methoden kijken wel naar (deels dezelfde) parameters in het grondwater die duiden op menselijke invloeden, maar gaan er bij de beoordeling vanuit een ander gezichtsveld mee om: bekeken vanuit de menselijke belasting (m.n. gericht op bronnen aanwijzen, landbouw) of vanuit de vegetatie gezien (m.n. effect die de belasting heeft op de vegetatieontwikkeling).

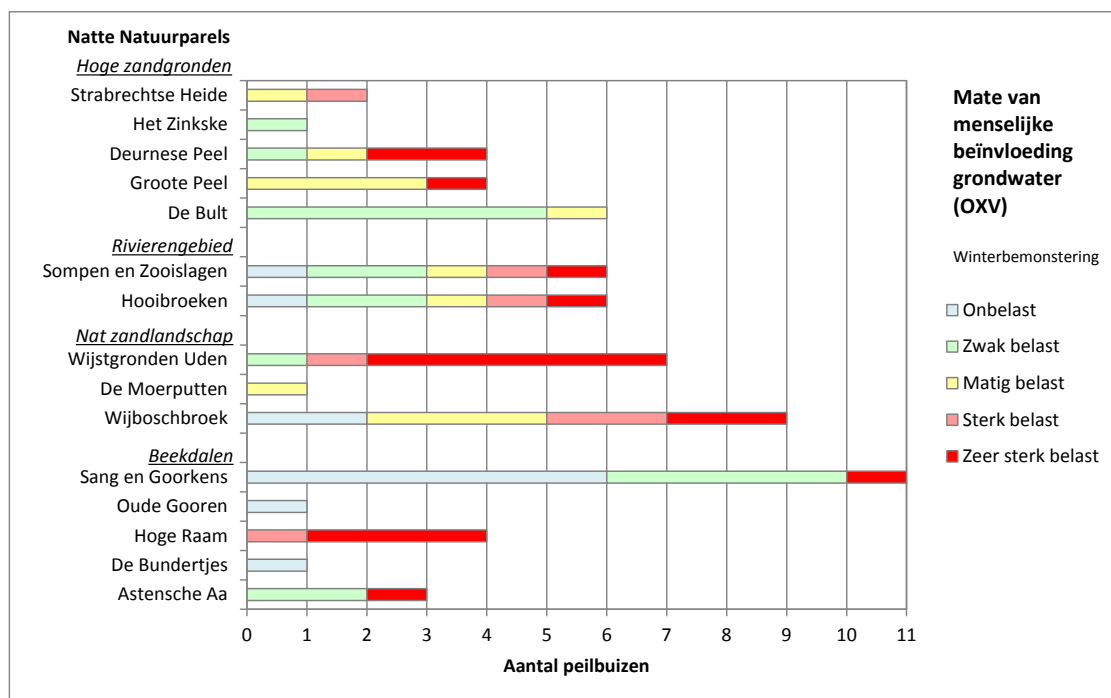
Beide beoordelingsmethoden moeten gezien worden als een signaalfunctie. Wanneer blijkt dat het grondwater in een Natte Natuurparel een verhoogd risico op negatieve effecten op de vegetatie-ontwikkeling heeft en/of wanneer de menselijke invloed op het grondwater verhoogd is, dan kan hier straks meer gericht naar gekeken worden binnen een GGOR-project.

4.1 Mate van menselijke beïnvloeding van grondwater

De figuren 2 en 3 tonen per NNP het resultaat van de mate waarin het ondiepe grondwater onder invloed staat van menselijk handelen ten tijde van de zomer- en de winterbemonstering. Dit is bepaald op basis van het oxidatievermogen van het grondwater. In bijlage 4 is een toelichting gegeven bij deze methodiek.



Figuur 2: Mate van menselijke beïnvloeding van het ondiepe grondwater op basis van oxidatievermogen (gebruikte parameters NO_3^- en SO_4^{2-}) voor Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009)

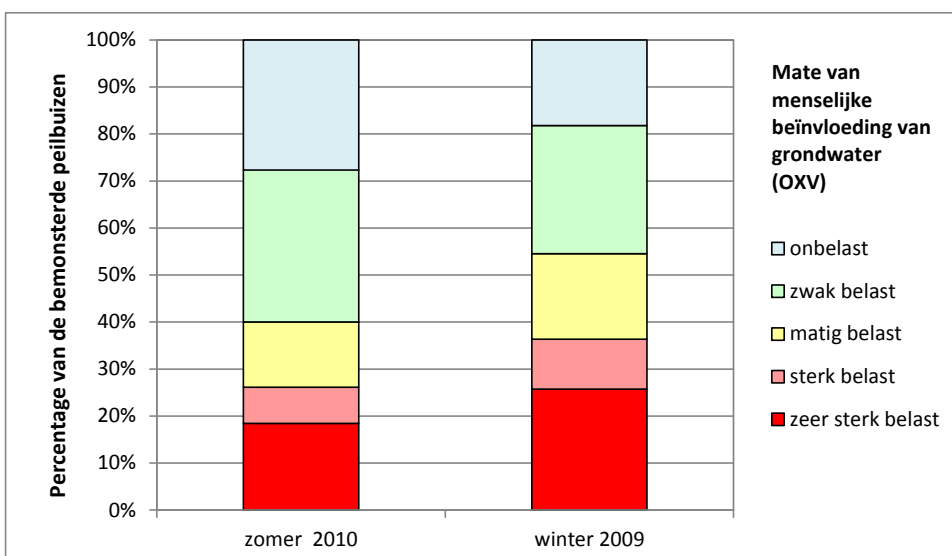


Figuur 3: Mate van menselijke beïnvloeding van het ondiepe grondwater op basis van oxidatievermogen (gebruikte parameters NO_3^- en SO_4^{2-}) voor Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de winter van 2010 (Wijstgronden Uden 2009)

Figuren 2 en 3 laten zien dat in 11 van de 15 NNP's sprake is van een sterkere menselijke belasting in de winterperiode vergeleken met de zomerperiode, te weten:

- Hoge zandgronden : voor 4 van de 5 NNP's;
- Rivierengebied : voor beide NNP's;
- Nat zandlandschap : voor alle 3 NNP's;
- Beekdalen : voor 2 van de 5 NNP's.

Figuur 4 laat de mate van menselijke belasting in de zomer- en wintersituatie zien. In 72 (zomer) tot 82% (winter) van de peilbuizen is een invloed van menselijk handelen op de grondwaterkwaliteit te zien op basis van de concentraties nitraat en sulfaat.



Figuur 4: Mate van menselijke beïnvloeding van het ondiepe grondwater op basis van oxidatievermogen ((gebruikte parameters NO_3^- en SO_4^{2-}) voor Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, winter- versus zomerbemonstering (NNP Wijstgronden Uden, zomer 2009)

Zowel in de zomer- als winterperiode wordt het grondwater vooral negatief beïnvloed door sulfaat. In de winterperiode lijkt het grondwater tegelijkertijd vaker belast te worden met nitraat vergeleken met de zomerperiode. In principe fluctueren de concentraties stoffen in grondwater weinig gedurende een jaar. Een mogelijke verklaring voor het geconstateerde 'verschil' tussen de zomer- en wintersituatie is dat er in de winter weinig gewassen op het land staan, waardoor voedingsstoffen die nog aanwezig zijn in de bouwvoor (waaronder nitraat) gemakkelijker kunnen uitspoelen naar het freatische grondwater. In hoeverre er sprake is van een significant verschil tussen de zomer- en wintersituatie kan pas goed beoordeeld worden wanneer een langere gegevensreeks beschikbaar is.

Wanneer de groepen NNP's onderling worden vergeleken over alle bemonsteringen gezien (dus géén onderscheid zomer/winter), blijkt het volgende:

- Hoge zandgronden : voornamelijk door NO_3^- en mindere mate SO_4^{2-} ;
- Beekdalen : voornamelijk door NO_3^- en mindere mate SO_4^{2-} ;
- Nat zandlandschap : voornamelijk door SO_4^{2-} en mindere mate NO_3^- ;
- Rivierengebied : door SO_4^{2-} .

De twee meest negatief in het oog springende NNP's zijn Hoge Raam en Wijstgronden Uden:

- Voor NNP Hoge Raam geldt dat de mate van menselijke beïnvloeding (belasting uitgedrukt in NO_3^- en SO_4^{2-}) vooral veroorzaakt wordt door hoge concentraties nitraat. Dit is voornamelijk toe te wijzen aan menselijk handelen in de vorm van uitspoeling van stikstof uit mest, aangezien een groot deel van de NNP nog in gebruik is door de landbouw;
- Voor NNP Wijstgronden Uden geldt dat de mate van menselijke beïnvloeding vooral veroorzaakt wordt door de hoge concentraties sulfaat. Deze hoge concentraties komen hier voor vanwege de ligging nabij de Peelrandbreuk en het verschijnsel wijst dat hier zichtbaar voorkomt. Het wijstwater dat uittreedt, heeft hoge concentraties ijzer en sulfaat als gevolg van pyrietoxidatie. Pyriet kan oxideren onder anaerobe omstandigheden door NO_3^- (vanuit bemesting) en onder aerobe omstandigheden door O_2 (bij verlagen grondwaterstand). Beide oxidatiewijzen worden in gang gezet door menselijk handelen.

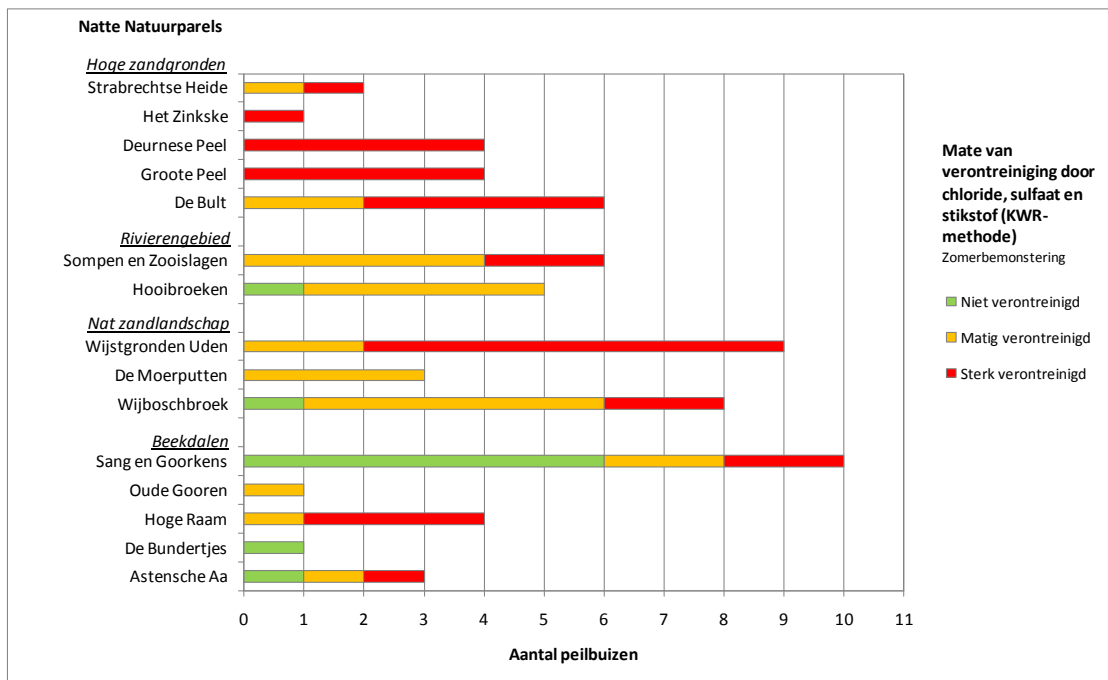
4.2 Effecten van het grondwater op de vegetatie

De figuren 5 en 6 tonen per NNP het resultaat van de mate van verontreiniging van het ondiepe grondwater voor 'korte vegetaties' en 'bossen' van respectievelijk de zomer- en winterbemonsteringen. Daarbij wordt gekeken naar de concentraties SO_4^{2-} , Cl^- en N ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) in het grondwater. De eerste drie parameters zijn indicators voor menselijke beïnvloeding van het grondwater. De laatste parameter NH_4^+ heeft in grondwater veelal een natuurlijke oorsprong en komt vrij bij anaerobe afbraak van organisch gebonden stikstof dat in het grondwater aanwezig is. NH_4^+ is in eerste instantie geen probleem in het grondwater, maar kan dit wel worden, wanneer dit grondwater in contact komt met zuurstof en nitrificerende bacteriën; dan vindt omzetting naar NO_3^- plaats. Verder kan NH_4^+ in (oppervlakte)water giftig zijn voor plant en dier. Buiten de wortelzone is NH_4^+ geen probleem, binnen de wortelzone kan NH_4^+ een probleem vormen, zolang niet alles geoxideerd is.

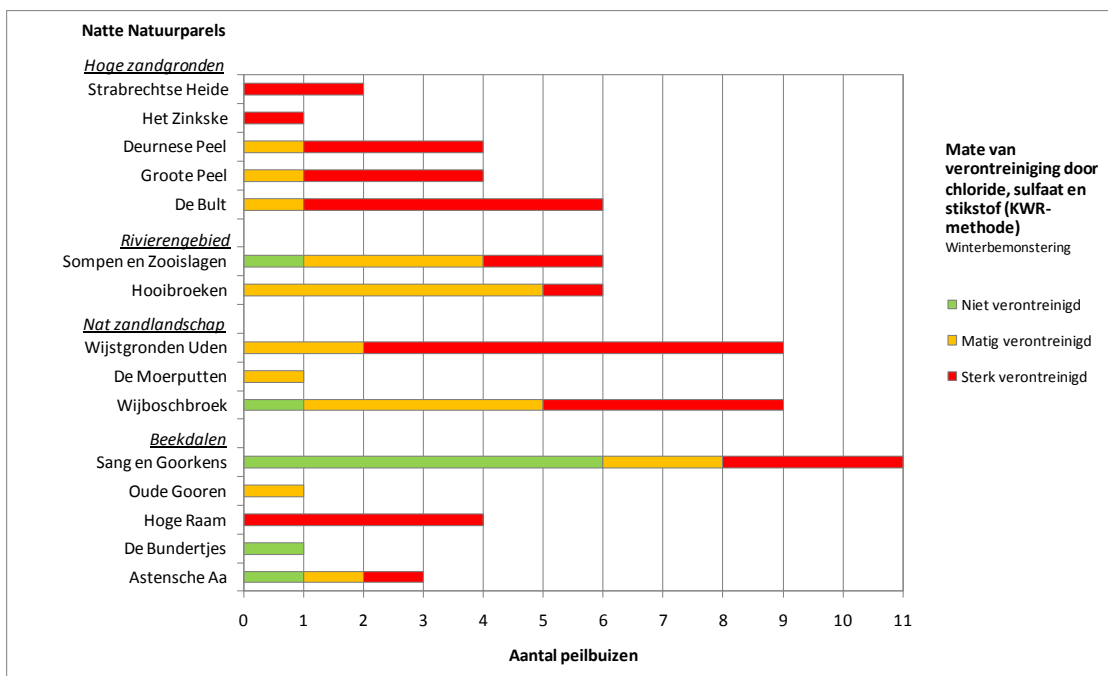
De figuren 5 en 6 laten het eindoordeel zien: een samengesteld oordeel van risico's voor chloride, sulfaat en stikstof. Deze beoordeling gaat volgens het principe 'One out - All out'. De grenswaarden die per parameter aangehouden zijn, geven het risico weer dat nu of op korte termijn negatieve effecten optreden voor het betreffende vegetatietype. In bijlage 5 is een nadere toelichting gegeven bij deze methodiek. De mate van verontreiniging met deze parameters geeft daarmee een eerste indicatie (signaalfunctie) in welke NNP's de hoogste prioriteiten liggen om op detailniveau (op niveau van specifiek natuurdoeltype) te beoordelen hoe verontrustend de situatie werkelijk is.

Wanneer over alle NNP's wordt bekeken dan blijkt dat zowel in de zomer- als winterperiode op 55 van de 65 bemonsterde peilbuislocaties (= 85%) het risico op schade voor de vegetatie

matig tot groot is, indien dit grondwater de wortelzone bereikt. Figuren 5 en 6 laten zien dat er in alle NNP's risico's zijn dat het grondwater nu of in de nabije toekomst een negatief effect heeft op de ontwikkeling van de vegetatie.

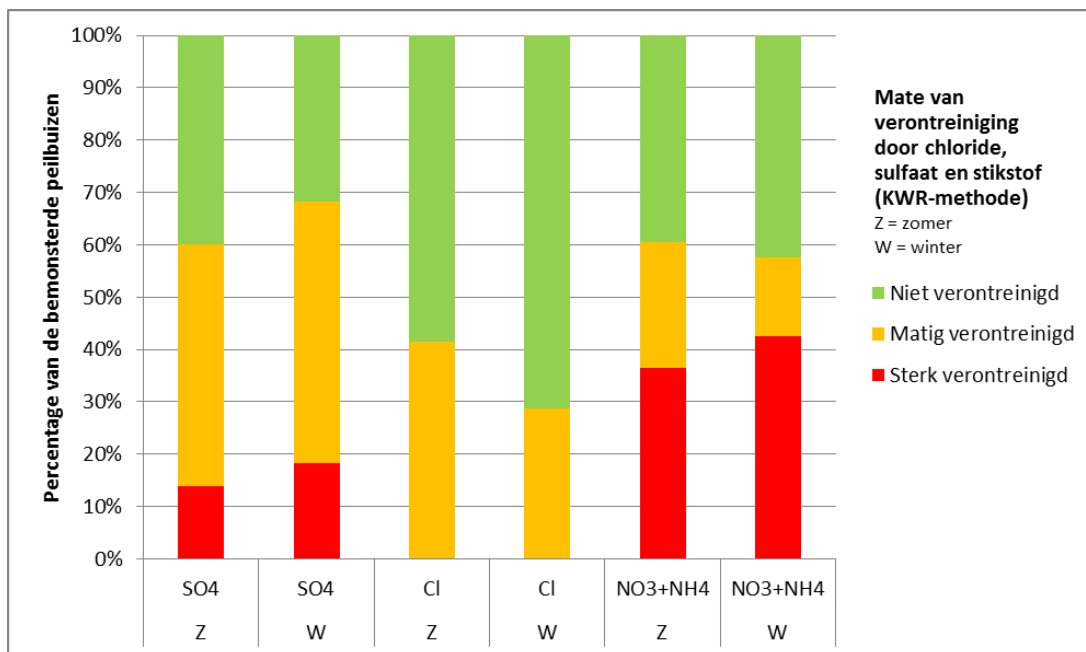


Figuur 5: Mate van verontreiniging*) van het ondiepe grondwater op basis van concentraties sulfaat, chloride en stikstof (nitraat en ammonium) voor Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009). *): KWR-methode 2009.



Figuur 6: Mate van verontreiniging*) van het ondiepe grondwater op basis van concentraties sulfaat, chloride en stikstof (nitraat en ammonium) voor Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de winter van 2010. *): KWR-methode 2009.

In de figuren 5 en 6 is niet te zien welke parameters het eindoordeel bepaald hebben (volgens het 'One out – All out' principe). Figuur 7 toont welke parameters de mate van verontreiniging bepalen in de zomer en in de winter. Zowel in de zomer- als winterperiode wordt het grondwater vooral negatief beïnvloed door stikstof en daarna door sulfaat. De mate van verontreiniging (en daarmee het risico op negatieve effecten op de vegetatie) van het grondwater is in de winter iets groter. Dit is minder relevant voor de vegetatie dan in de zomer (= groeiperiode), tenzij dit grondwater over een half jaar in de wortelzone omhoog komt in een gebied waar grondwaterafhankelijke vegetatie nagestreefd wordt, die qua standplaats minder voedselrijk water behoeft.



Figuur 7: Mate van verontreiniging*) van het ondiepe grondwater op basis van concentraties sulfaat, chloride en stikstof (nitraat en ammonium) voor Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, zomer- versus winterbemonstering. *): KWR-methodiek 2009.

Wanneer de groepen NNP's onderling worden vergeleken over alle bemonsteringen gezien (dus géén onderscheid zomer/winter), dan blijkt dat de mate van verontreiniging van het grondwater vooral wordt gevormd bij:

- Hoge zandgronden : door N ($= \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) en minder vaak door SO_4^{2-} ;
- Beekdalen : door N ($= \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) en minder vaak door SO_4^{2-} ;
- Nat zandlandschap : zowel door SO_4^{2-} en N ($= \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$);
- Rivierengebied : zowel door SO_4^{2-} en N ($= \text{NH}_4^+$).

Voor chloride wordt voor de meeste NNP's weinig tot geen risico op negatieve effecten verwacht voor de vegetatie. Lokaal kunnen soms hoge concentraties aangetroffen worden, zoals in NNP Wijboschbroek en NNP Sompen en Zooislagen (120 mg/l).

Vooraf op de Hoge zandgronden en het Rivierengebied wordt de mate van verontreiniging door stikstof in de vorm van NH_4^+ veroorzaakt.

In Beekdalen bestaat het grondwater voor een groot aandeel uit regionale aanvoer, maar lokale grondwaterstroming kan hier ook voorkomen. Via lokale grondwaterstromen kunnen af- en uitgespoelde nutriënten richting het ondiepe grondwater gaan.

4.3 Resumerend

Menselijke beïnvloeding:

Wanneer naar de mate van menselijke beïnvloeding van het grondwater wordt gekeken aan de hand van het oxidatievermogen van het grondwater dan blijkt dat in de zomerperiode bij 72% van de bemonsterde peilbuizen sprake is van belasting door menselijk handelen. In de winterperiode geldt dit voor 82% van de bemonsterde peilbuizen. Bekeken voor de zomerperiode (= groeiperiode) geldt dat:

NNP's met meeste menselijke belasting ($\geq 50\%$ van de peilbuizen sterk belast):

- Wijstgronden Uden;
- Hoge Raam.

NNP's met minste menselijke belasting ($\geq 50\%$ van de peilbuizen onbelast):

- De Bult;
- De Bundertjes / Aa bij Helmond;
- De Moerputten,
- Sang en Goorkens;
- Oude Gooren.

Mogelijke effecten op de vegetatie:

Zowel voor de zomer- als winterbemonsteringen is op 85% van de bemonsterde locaties van ondiep grondwater het risico op schade voor korte vegetatie en bossen matig tot groot. Bekeken voor de zomerperiode (= groeiperiode) geldt dat:

NNP's met grootste risico's voor vegetatie ($\geq 50\%$ van de peilbuizen sterk verontreinigd):

- Strabrechtse Heide;
- Het Zinkske;
- Deurnese Peel;
- Groote Peel;
- De Bult;
- Wijstgronden Uden;
- Hoge Raam.

NNP's met kleinste risico's voor vegetatie ($\geq 50\%$ van de peilbuizen niet verontreinigd):

- Sang en Goorkens;
- De Bundertjes / Aa bij Helmond.

5 DISCUSSIE

Dit hoofdstuk beschrijft welke zaken in ogenschouw genomen moeten worden bij de interpretatie van de gegevens. Daarnaast worden een aantal belangrijke kennishiaten aangestipt. Deze komen deels voort uit de afbakening die gemaakt is voor deze verkenning.

5.1 Interpretatie analyseresultaten grondwater

5.1.1 Indicatieparameters

In bijlage 7 worden van enkele belangrijke parameters grafieken getoond. Hieronder volgt een toelichting bij de interpretatie van de concentraties van betreffende parameters in het grondwater. Bijlage 5 toont een overzicht van de referentiewaarden die zijn gebruikt en welke bronnen hieraan ten grondslag liggen. Op basis van deze informatie zijn de bevindingen tot stand gekomen, zoals weergegeven in paragraaf 3.2.

IJzer

Figuur B7.1 toont per groep en afzonderlijke NNP de spreiding van de concentratie ijzerfilteraat in het ondiepe grondwater. Figuur B7.1 laat zien dat in 11 van de 15 NNP's sprake is van hoge concentraties ijzer ($> 1,7$ mg/l).

Dit is een positieve eigenschap van het grondwater voor NNP's. Wanneer het grondwater namelijk in contact komt met zuurstof (zoals in kwelsituaties) zal het oplosbare ijzer (Fe^{2+}) oxideren. Geoxideerd ijzer (Fe^{3+}) kan het in het grondwater aanwezige fosfaat vastleggen. Echter, in situaties waar na vernatten anaerobe omstandigheden ontstaan, zal het door ijzer gebonden fosfaat weer in oplossing kunnen gaan. Het gevolg daarvan kan eutrofiëring zijn.

Sulfaat

Figuur B7.2 toont per groep en afzonderlijke NNP de spreiding van de concentratie sulfaat in het ondiepe grondwater. Deze figuur laat zien dat in 10 NNP's de concentraties sulfaat verhoogd zijn (> 20 mg/l), waarbij in 6 NNP's sprake is van hoge concentraties sulfaat (> 96 mg/l).

Voor deze NNP's (met $\text{SO}_4^{2-} > 96$ mg/l) is interne eutrofiëring een reëel risico bij vernatten. Sulfaat kan namelijk onder anaerobe omstandigheden (zoals in een vernatte bovengrond) optreden als oxidator bij de afbraak van organisch materiaal in de bovengrond/wortelzone. Hierbij komt onder meer fosfaat vrij. Verder is er een risico op de vorming van het giftige sulfide bij gebrek aan ijzer. Daarnaast kan bij lage waterstanden door oxidatie van pyriet verzuring optreden (door vorming van H_2SO_4).

Bicarbonaat

Figuur B7.3 toont per groep en afzonderlijke NNP de spreiding van de concentratie bicarbonaat in het ondiepe grondwater. Figuur B7.3 laat zien dat in 11 NNP's sprake is van hoge concentratie bicarbonaat (> 92 mg/l), waarbij de alkaliniteit uiteen loopt van matig tot hoog ($122 - 976$ mg HCO_3^- /l). Dit wil zeggen dat het grondwater een redelijk tot hoog bufferend vermogen heeft. Deze eigenschap van het grondwater is kenmerkend voor grondwater dat een lange weg door de ondergrond heeft afgelegd, ofwel: het ondiepe grondwater wordt gevoed door een regionaal grondwatersysteem (met kalk in de ondergrond).

Bepaalde vegetatietypen, zoals Blauwgrasland (NNP De Moerputten) hebben als randvoorwaarde voor hun standplaats dat ze gebufferd (grond)water nodig hebben. Het is een positief gegeven dat in het merendeel van de NNP's ondiep grondwater voorkomt waar deze eigenschap nog aanwezig is.

Voor NNP's op de Hoge zandgronden geldt dat het grondwater over het algemeen lage concentraties bicarbonaat bevatten. De concentraties zijn hier veelal zo laag dat de alkaliniteit en daarmee het bufferend vermogen van het grondwater als zeer laag beschouwd moet worden. In deze situaties is er een risico op verzuring. Dit is op zich een natuurlijk en gewenst proces voor de NNP's op de Hoge zandgronden. Deze gebieden liggen in infiltratiegebieden

met lokale (zure) kwel). Voor veengronden geldt dit ook; levend hoogveen heeft van nature een lage pH, maar een al te lage pH is weer schadelijk ($\text{pH} < 4$).

Zuurgraad (pH)

In oppervlaktewateren zijn de buffering en de zuurgraad nauw aan elkaar gekoppeld. In terrestrische systemen hoeft dat niet het geval te zijn: het kan zijn dat het grondwater voldoende bicarbonaat bevat, maar de bovengrond toch verzuurd is, doordat het basenrijke grondwater onvoldoende kan doordringen in de wortelzone (Runhaar e.a., 2009).

Buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een systeem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties (H^+). Het oplossen van calciumcarbonaat is het belangrijkste buffermechanisme, gevolgd door kationomwisseling en vervolgens het oplossen van aluminium(hydr)oxiden (Bobbink e.a., 2007; Krikken e.a., 2009):

- De calciumcarbonaatbuffer bevindt zich globaal tussen een pH van 8.3 - 6.2, beneden deze pH is alle kalk opgelost;
- In het traject van pH 4,5 en 5,5 gaat de binding van H^+ -ionen aan het bodemadsorptie-complex, tegen uitwisseling van kationen als Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ en K^+ een rol spelen;
- Beneden een pH van ongeveer 4,5 gaat het aluminiumbuffertraject in werking, waarbij aluminium(hydr)oxiden in oplossing gaan;
- Daalt de pH nog verder (ca. < 3) dan gaan ijzer(hydr)oxiden in oplossing.

Zware metalen hechten in de bodem goed aan kleideeltjes en organische stof, maar een lage zuurgraad van de bodem verhoogt de oplosbaarheid van deze metalen. Wanneer het bufferend vermogen van de grond laag is, dan zal grondwater met een lagere pH verzurend werken voor de bodem.

Figuur B7.4 toont de spreiding in zuurgraad van het ondiepe grondwater per groep en afzonderlijke NNP. Hierin is te zien dat op Hoge zandgronden de pH varieert van pH 4,1 - 5,7 en daarmee overwegend lager is dan in de overige gebieden.

In beide peilbuizen in NNP Strabrechtse Heide schommelt de pH rond 4,5. Bij NNP De Bult en NNP Groote Peel ligt de pH van het grondwater op een aantal locaties tussen de 4,1 en 4,5. Hier is het aluminiumbuffertraject bereikt en een risico op negatieve effecten voor gewenste vegetatie reëel. In de overige NNP's / gebieden bevindt de pH zich globaal tussen de 5 en 7. Hier is dus sprake van het calciumbicarbonaat- en/of bodemadsorptiecomplex.

Stikstof

Figuren B7.5 en B7.6 tonen per groep en afzonderlijke NNP de spreiding van de concentraties opgelost stikstof (nitraat en ammonium) in het ondiepe grondwater. Ammonium wordt in de wortelzone in aanwezigheid van zuurstof omgezet naar nitraat. Nitraat is wordt niet gebonden in de bodem en is daardoor zeer mobiel. Wanneer grondwater met verhoogde concentraties nitraat tot in de wortelzone reikt, kan deze voedingsstof gemakkelijk door planten opgenomen worden. De meeste grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen zijn niet gebaat bij hoge concentraties stikstof; ze worden namelijk weggeconcentreerd door vegetatie die onder voedselrijke omstandigheden sneller groeit dan de gewenste vegetatie.

Ammonium

Vooraf in de NNP's op de Hoge zandgronden worden verhoogde concentraties ammonium ($> 1,8 \text{ mg/l}$) aangetroffen. Ammonium (NH_4^+) kan via atmosferische stikstofdepositie neerdalen als gevolg van uitstoot van ammoniak (intensieve veehouderij). Ammonium wordt onder aerobe omstandigheden snel omgezet naar nitraat, zodat het meestal niet meer in de vorm van ammonium terug te vinden is in het grondwater.

Ammonium in grondwater heeft veelal een natuurlijke oorsprong en komt vrij bij anaerobe afbraak van organisch gebonden stikstof dat in het grondwater aanwezig is. NH_4^+ is in eerste instantie geen probleem in het grondwater, maar kan dit wel worden, wanneer dit grondwater in contact komt met zuurstof; dan vindt omzetting naar NO_3^- plaats. Overigens wordt NH_4^+ op klei sterk gebonden aan positief geladen kleideeltjes (zoals bij NNP Sompen en Zoislagen).

In bijna alle grondwatermonsters is óf alleen NH_4^+ (sterk) verhoogd óf alleen NO_3^- . Wanneer alleen NH_4^+ verhoogd is, dan mag aangenomen worden dat al dit ammonium van natuurlijke oorsprong is. Ammonium dat vanuit meststoffen wordt aangebracht in de bodem spoelt namelijk niet uit, maar wordt vrijwel direct gebonden (klei) of omgezet naar nitraat.

Nitraat

Vooraf in enkele NNP's in de Beekdalen worden sterk verhoogde concentraties nitraat ($> 1,55$ mg/l) aangetroffen, zoals NNP Hoge Raam en NNP Wijstgronden Uden (tot wel 23 mg N/l). Ook in enkele NNP's op de Hoge zandgronden worden hoge concentraties aangetroffen, zoals NNP Groote Peel en Het Zinkske (resp. tot wel 7,3 en 8,3 mg N/l). Nitraat zal vooral in het ondiepe grondwater terecht komen via uitspoeling van meststoffen uit de landbouwpercelen die soms nog in de NNP's liggen of direct aan de NNP's grenzen.

Fosfaat

Figuren B7.7 en B7.8 tonen per groep en afzonderlijke NNP de spreiding van de concentraties opgelost (ortho)fosfaat en totaal fosfaat in het ondiepe grondwater.

De natuurlijke concentraties fosfaat van diep grondwater kunnen hoog zijn, zoals blijkt uit onderstaande tabel 2. De gemiddelde concentratie P-totaal in het grondwater in de ondergrond van dekzandgronden in het centrale, oostelijke en zuidelijke zandgebied van Nederland is ongeveer 0,2 mg/l. Fosfor kan in het grondwater terecht komen via oplossen van natuurlijke fosfaatmineralen in de ondergrond (Schoumans e.a., 2008).

Tabel 2: Gemiddelde totaal-P concentraties in het diepe grondwater (mg P/l) in Nederland bij verschillende grondsoorten.

Diepte onder maaiveld (m)	Gemiddelde concentratie P-totaal per grondsoort (mg P/l)			
	Zand	Rivierklei	Zeeklei	Veen
10	0,19	0,48	1,94	1,74
25	0,20	0,35	1,33	0,85

Bron: Schoumans e.a., 2008 (afgeleid uit de bron: RIVM, 2004 Reijnders e.a., 2004)

Figuren B7.7 en B7.8 laten zien dat alleen in NNP Het Zinkske en NNP Strabrechtse Heide geen verhoogde concentraties fosfaat aangetroffen worden in het ondiepe grondwater ($< 0,06$ mg P-totaal/l). In de overige NNP's zijn de concentraties licht ($0,06 - 0,155$ mg P-totaal/l) tot sterk verhoogd ($> 0,155$ mg P-totaal/l, oplopend tot 3 mg P/l).

Belangrijke bronnen van fosfaat in bodem en oppervlaktewater zijn: bemesting van landbouwgronden en afvalwaterlozingen. Daarnaast is oppervlakkige afspoeling (over maaiveld) een belangrijke bron voor de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. De natuurlijke fosfaatconcentraties in grondwater kunnen (onder anaerobe omstandigheden) verhoogd zijn als gevolg van de afbraak van organisch materiaal. Fosfaat wordt sterk geabsorbeerd aan ijzer- en aluminiumhydroxiden. Deze oxiden zijn bij zandgronden onder aerobe omstandigheden in grote mate aanwezig. Daarom is fosfaat immobiel in de onverzadigde zone. IJzeroxiden lossen weer op onder zuurstofloze condities waardoor het gebonden fosfaat weer in oplossing gaat. Kleigronden en zandgronden met een relatief hoge grondwaterstand zijn over het algemeen kwetsbaar voor fosfaatspoeling naar het oppervlaktewater.

In alle 15 onderzochte NNP's worden (lokaal) hoge concentraties fosfaat aangetroffen. Wanneer alleen concentraties P hoog zijn in het grondwater, dan kan er in de regel van uitgegaan worden dat deze P van nature in het grondwater voorkomt (mededeling A. Krikken, 29 juni 2011). Wanneer in het grondwater naast hoge concentraties P tegelijkertijd de concentraties van parameters als NO_3^- , Cl^- en/of SO_4^{2-} hoog zijn, dan duidt dit op grondwater dat onder invloed staat van menselijk handelen (bemesting). Deze stoffen zijn dan via neerslag op de bovengrond meegenomen richting het grondwater.

Spreading van concentraties binnen een NNP

Voor veel parameters geldt dat de spreiding van de concentraties in peilbuizen binnen een NNP groot kan zijn. Een verklaring hiervoor is dat de peilbuizen een verschillende positie innemen in het watersysteem, waardoor in de ene situatie lokale effecten teruggezien worden en op de andere locatie regionale effecten. Ook worden er soms verschillen gezien binnen een peilbuis tussen zomer- en winterperiode.

Opgemerkt dient te worden dat het hier gaat om een verkenning waarbij de bevindingen gebaseerd zijn op twee meetmomenten. In principe verandert de grondwaterkwaliteit niet snel. De verschillen die aangetroffen worden, zijn vooral een gevolg van fluctuaties in de grondwaterstand van het freatisch grondwater, waardoor in de ene situatie meer of minder invloed van neerslag wordt teruggezien (zoals uitspoeling van meststoffen).

Kortom: om te kunnen beoordelen in hoeverre verschillen tussen peilbuizen en tussen beide meetmomenten echt verschillen zijn, moet voor elke peilbuis de plaats in het hydrologisch systeem bekend zijn. Duidelijk moet zijn wat er precies wordt gemeten (ouderdom van het water) en herkomst van het water (natuur, landbouw stad, etc.). Hiervoor ondersteunt een hydrologische analyse. Afhankelijk van de hydrologische situatie kan aangegeven worden wat de representativiteit is van de peilbuizen. Ook dient een langere meetreeks beschikbaar te zijn van waterkwaliteitsgegevens.

5.1.2 Beoordelingsresultaten

Op basis van een beschrijving van de grondwaterchemie van de Natte Natuurparels zijn mogelijke risico's gegeven die vernatten met dit grondwater met zich mee kunnen brengen voor de realisatie van de toegekende natuurdoeltypen. Om deze risico-inschatting nader te kwantificeren en te uniformeren, is gebruik gemaakt van de grove en indicatieve systematiek, zoals opgesteld door KWR en toegepast door de provincie Noord-Brabant in de evaluatie van het grondwatermeetnet verdroging (Ertsen e.a., 2009). Bij deze methodiek is niet gekeken op niveau van natuurdoeltypen maar op niveau van vegetatietypen 'korte vegetatie' en 'bossen'. Hierbij worden voedselarme, kwelgevoede en voedselrijk vegetaties op een hoop gegooid. Denk bijvoorbeeld aan de groep 'korte vegetatie' waar nu zowel de natuurdoeltypen bloemrijk grasland als hoogveen onder geschaard zijn!

Het nader uitzoeken van mogelijke effecten op het niveau van natuurdoeltype kan aan de hand van de risico-indicatie geprioriteerd worden.

Daarnaast is de menselijke invloed bepaald aan de hand van het oxidatievermogen van het grondwater. Soms kan de verhouding sulfaat en nitraat door andere processen dan (puur) menselijke invloeden afwijken van wat als natuurlijk schoon grondwater wordt beschouwd. Zo kan schoon grondwater bijvoorbeeld verhoogde concentraties NH_4^+ bevatten als gevolg van anaerobe afbraak van organisch gebonden stikstof. Pas wanneer het grondwater in contact komt met zuurstof (bijvoorbeeld bij kwel) zal dit ammonium omgezet worden in NO_3^- en een probleem kunnen vormen voor de ontwikkeling van de gewenste vegetatie.

Kortom: voor de risico-inschatting voor de vegetatieontwikkeling volgens de KWR-methode én de bepaling van de mate van menselijke invloed op het grondwater via het oxidatievermogen is het van belang om deze in het licht te zien van de algehele grondwatersamenstelling. Alleen dan kan de juiste conclusie getrokken worden over het al dan niet kunnen ontwikkelen of behouden van de gewenste vegetatie.

5.2 Kennishiaten

Integrale aanpak

Deze verkenning heeft uitsluitend betrekking op de grondwaterkwaliteit (zie afbakening). Een integrale aanpak is echter noodzakelijk om een compleet en gedetailleerd beeld te krijgen van de mogelijke problematiek bij vernatten met grondwater. Hieronder volgt een opsomming welke onderdelen binnen het watersysteem van een Natte Natuurparel minimaal nodig zijn om een goede risico-inschatting te kunnen maken voor vernatting met grondwater.

- Bodemkwaliteit
Er zijn zeer beperkt bodemanalyses uitgevoerd in de Natte Natuurparels (P-front, Olsen-P, pH, e.d.). Er is nu te weinig informatie beschikbaar om gefundeerde uitspraken te doen over de interactie grondwater-bodem bij vernatten van de bovengrond met grondwater.
- Grondwaterstromingen
Er is geen of zeer beperkte informatie beschikbaar van het grondwatersysteem en de lokale grondwaterstromingen binnen een NNP. Het is de vraag of en waar het grondwater dat nu gemonitord is in de wortelzone terecht komt (al dan niet via kwel). Verder is onduidelijk welke peilbuizen in hetzelfde grondwaterstroomgebied meten en welke van elkaar gescheiden zijn. Soms is dit wel duidelijk: in geval er tussen twee peilbuizen een waterloop ligt (zoals bij NNP Hoge Raam).
- Schijngrondwaterspiegels
Het is onduidelijk waar sprake is van schijngrondwaterspiegels. Dit is vooral relevant bij de interpretatie van waterkwaliteitsgegevens voor de NNP's op de Hoge zandgronden, zoals het gebied met leemlagen in de Peelrestanten. Peilbuizen meten dan niet in het ondiepe grondwater, maar in regenwater dat niet verder weg kan zakken dan een oppervlakkig aanwezige zeer slecht doorlaatbare laag. Overigens is dit wel het water dat relevant is voor een vegetatietype en niet het grondwater daaronder.
- Beoordeling effect grondwaterkwaliteit op de vegetatie
In deze rapportage is uitgegaan van de methode die KWR heeft opgesteld (KWR, 2009). Deze gaat uit van een integrale aanpak. In deze verkenning is alleen gekeken naar het onderdeel grondwaterkwaliteit (de mate van verontreiniging). Overigens zou de complete methodiek nog niet toegepast kunnen worden bij gebrek aan gegevens over kweldruk en bodem-pH.

Incomplete informatie van bemonsterde peilbuizen

In deze verkenning is uitgegaan van informatie van peilbuizen die bij het cluster Hydrologie van waterschap Aa en Maas bekend was ten tijde van de selectie van peilbuizen.

- Ondiep of diep grondwater
Voor enkele peilbuizen is niet zeker of ze in het ondiep grondwater geplaatst staan of tot in een dieper grondwaterpakket reiken. Er zijn in de oriënterende meetronde peilbuizen bemonsterd die op basis van gegevens van cluster Hydrologie een ondiep filter hebben, waarbij tijdens het uitwerken van de grondwaterresultaten twijfels ontstonden of deze wel in ondiep grondwater geplaatst zijn. Zo bleek bijvoorbeeld dat een aantal peilbuizen dezelfde coördinaten hadden, maar waar verschillen in de grondwateranalyses en grondwatertypering werden gezien. Verder is onduidelijk hoe de categorieën ondiep, middeldiep en diep grondwater gedefinieerd zijn.
- Grondwaterstand t.o.v. maaiveld
Voor de meeste peilbuizen is bij bemonstering van het grondwater ook de stijghoogte gemeten ten opzichte van bovenkant peilbuis. Tijdens de gegevensverwerking bleek dat van de meeste peilbuizen de maaiveldhoogte niet beschikbaar is. Maaiveldhoogtes zijn naar verwachting deels terug te vinden in oude boorstaten (niet digitaal), maar deels ook niet meer te achterhalen.

In de loop van 2011 worden alle maaiveldhoogtes die in deze boorstaten staan gedigitaliseerd. Van peilbuizen waar geen gegevens meer van te achterhalen zijn, zullen opnieuw ingemeten moeten worden. Vanaf 2008 wordt overigens bij alle nieuw geplaatste peilbuizen standaard maaiveldhoogte bepaald en digitaal vastgelegd. Controle van de gegevens blijft nodig. Vanaf 2012 wordt de periodieke controle van de peilbuizen (o.a. het inmeten) opgepakt.

Voor deze verkenning is daarom nu niet indicatief te bepalen tot hoe ver het grondwater onder maaiveld zit en in hoeverre het grondwater tot in de wortelzone komt/kan komen. Het is echter wel zeer wenselijk dat op termijn, wanneer ook langere meetreeksen beschikbaar zijn, wél bepaald kan worden tot hoe ver het grondwater tot maaiveld komt, in het bijzonder in het voorjaar en de zomerperiode.

- Zware metalen

Uit de analyse van grondwaterkwaliteitsgegevens van de provincie bleek dat er vooral op de Hoge zandgronden verzuring een probleem kan vormen. Als gevolg daarvan worden ook verhoogde concentraties zware metalen aangetroffen in het grondwater. Deze kunnen schadelijk zijn voor de ontwikkeling van de gewenste vegetatie in natuurgebieden (Provincie Noord-Brabant & TNO, 2003). In deze voorliggende verkenning is niet gekeken naar zware metalen.

Optimalisatie huidige grondwaterkwaliteitmeetnet

Voor deze verkenning zijn nu gegevens van twee bemonsteringsmomenten per peilbuis beschikbaar. In de regel verandert de samenstelling van grondwater niet snel. Het is op basis van deze twee metingen nog niet te bepalen in hoeverre bepaalde meetresultaten uitschieters betreffen of dat het om werkelijke verschillen tussen zomer- en winterperiode gaat.

Op basis van de beschikbare informatie voor deze verkenning kan niet beoordeeld worden in hoeverre:

- de geselecteerde peilbuizen voldoende representatief zijn voor betreffende NNP;
- of er nog peilbuizen bijgeplaatst moeten worden;
- indien plaatsen van extra of nieuwe peilbuizen, in welk gebied en tot welke diepte het filter geplaatst dient te worden.

Bovenstaande vragen kunnen beantwoord worden door per NNP een ecohydrologische systeemanalyse te maken. Op basis van deze analyse kan voor elke Natte Natuurparel een representatief meetnet opgezet worden.

6 CONCLUSIES

Waterschap Aa en Maas heeft onvoldoende inzicht hoe de grondwaterkwaliteit is in de Natte Natuurparels in haar beheergebied en of deze grondwaterkwaliteit de ecologische doelstellingen (behalen natuurdoeltypen- / beheertypen) beïnvloedt.

Deze probleemstelling die ten grondslag ligt aan deze verkenning, kan deels - en op een hoger abstractieniveau dan natuurdoeltype - beantwoord worden, vanwege de eenzijdige benadering (alleen grondwater bekeken) en door het ontbreken van cruciale informatie (zie ecohydrologische kennishiaten).

Dit hoofdstuk geeft per paragraaf antwoord op één van de onderzoeksvragen, zoals genoemd in de inleiding.

6.1 Mate van menselijke beïnvloeding van grondwater

- Wanneer naar de mate van menselijke beïnvloeding van het grondwater wordt gekeken via het oxidatievermogen (op basis van concentratie nitraat en sulfaat) dan blijkt dat in bijna 80% van de bemonsterde peilbuizen een invloed van menselijk handelen is te zien;
- De grootste aandachtspunten liggen op het gebied van sulfaat, stikstof en mogelijk fosfaat. In hoeverre het grondwater daadwerkelijk een probleem kan vormen voor het realiseren van de natuurdoeltypen in een NNP hangt onder meer af van:
 - de grondsoort;
 - de bodemkwaliteit van de bovengrond;
 - de concentratie ijzer in het grondwater (mogelijkheid tot binding P);
 - het type grondwatersysteem waardoor het ondiepe grondwater gevoed wordt;
 - in hoeverre dit ondiepe grondwater (en waar) tot in de wortelzone komt of boven maaiveld kwelt binnen de NNP;
- Verder blijkt dat vooral in NNP's op de Hoge zandgronden een relevante aanvoer van stikstof terug is te zien in het grondwater in de vorm van ammonium. Voor 3 van de 5 NNP's geldt dat er zowel aandachtspunten liggen op het gebied van stikstof, fosfaat als sulfaat;
- Voor de NNP's in het Rivierengebied geldt als aandachtspunt de verhoogde concentraties sulfaat;
- Voor de NNP's in Beekdalen geldt dat er zowel aandachtspunten liggen op het gebied van stikstof, fosfaat als sulfaat. De concentraties stikstof zijn weliswaar overwegend laag, maar in enkele NNP's komen sterk verhoogde concentraties nitraat voor in het ondiepe grondwater;
- Voor de NNP's in Nat zandlandschap is geen eenduidig aandachtspunt te formuleren:
 - In NNP Wijstgronden Uden komen erg hoge concentraties nitraat en ammonium voor. Sulfaatconcentraties zijn ook hoog in combinatie met hoge concentraties ijzer. Het risico op interne eutrofiëring is daarmee kleiner vanwege het P-bindend vermogen van het grondwater;
 - In NNP Wijboschbroek geldt overwegend hetzelfde als voor NNP Wijstgronden Uden, uitgezonderd dat het grondwater lage concentraties stikstof bevat;
 - In NNP De Moerputten worden bij vernatten met grondwater weinig problemen verwacht voor de ontwikkeling van de gewenste vegetatie, vanwege de lage concentraties stikstof en sulfaat in combinatie met hoge concentraties fosfaat én ijzer.

6.2 Kansen en knelpunten bij vernatting

- Op 85% van de bemonsterde locaties van ondiep grondwater het risico op schade door de concentraties sulfaat, stikstof en chloride voor korte vegetatie en bossen matig tot groot;
- Op basis van de eerste oriënterende meetronde van grondwater worden voor de volgende Natte Natuurparels de beste kansen gezien dat de nagestreefde grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen behaald kunnen worden indien vernat wordt met dit grondwater:
 - Astensche Aa;
 - De Bundertjes / Aa bij Helmond;
 - De Moerputten;
 - Hooibroeken;
 - Sang en Goorkens.
- De grootste knelpunten bij vernatten met grondwater voor het realiseren van natuurdoeltypen worden verwacht bij Natte Natuurparels:
 - Deurnese Peel : zowel directe als indirecte eutrofiëring;
 - Groote Peel : zowel directe als indirecte eutrofiëring;
 - Hooge Raam : zowel directe als indirecte eutrofiëring;
 - Wijstgronden Uden : zowel directe als indirecte eutrofiëring;
 - De Bult : directe eutrofiëring;
 - Het Zinkske : directe eutrofiëring;
 - Oude Gooren : directe eutrofiëring;
 - Strabrechtse Heide : directe eutrofiëring;
 - Sompen en Zooislagen : indirecte eutrofiëring;
 - Wijboschbroek : indirecte eutrofiëring.

6.3 Ecohydrologische kennishiaten

Om een completer beeld te krijgen van de problematiek van vernatten met grondwater is een integrale aanpak noodzakelijk in de vorm van een ecohydrologische systeemanalyse. Dit is voor de meeste Natte Natuurparels nog niet mogelijk vanwege het ontbreken van de volgende informatie:

- Bodemkwaliteit (o.a. diepte fosfaatfront, bodem-pH);
- Grondwaterstromingen binnen een Natte Natuurparel (o.a. ontbreken van kaartmateriaal over grondwaterstromingen op schaalniveau van een Natte Natuurparel);
- Incomplete peilbuisgegevens (o.a. onduidelijkheid over in welk grondwaterpakket het filter zit);
- in hoeverre het ondiepe grondwater (en waar) tot in de wortelzone komt of tot boven maaiveld kwelt binnen de betreffende Natte Natuurparel (ligt eraan hoe vernat wordt).

In het Handboek projectmonitoring verdrogingsbestrijding staan beschrijvingen van de verschillende ecohydrologische systeemtypen voor Noord-Brabant, evenals een handleiding hoe een systeemanalyse uitgevoerd kan worden (Wergroep monitoring, 2002). Deze informatie kan als basis dienen om peilbuizen een plek te geven binnen het watersysteem van een Natte Natuurparel. Op basis van deze verkenning is daarom nog geen oordeel te geven over de representativiteit van de bemonsterde peilbuizen.

6.4 Optimalisatie meetnet grondwaterkwaliteit

De bemonsterde peilbuizen zijn ooit geplaatst op basis van in beeld brengen van de grondwaterstanden. Voor deze verkenning is aangenomen dat deze locaties ook geschikt zijn voor het beoordelen van de grondwaterkwaliteit van een Natte Natuurparel. In hoeverre deze peilbuizen een representatief beeld geven van de situatie van de grondwaterkwaliteit is op

basis van deze verkenning niet te bepalen. De belangrijkste redenen daarvoor zijn genoemd in paragraaf 6.3.

Zoals uit de brainstormsessie naar voren is gekomen, is er een informatiebehoefte voor:

- de stand van zaken van de Natte Natuurparels over het hele beheergebied bekeken
→ Toestand en trend;
- de kansen en risico's voor het behalen/behouden van natuurdoeltypen op niveau van Natte Natuurparel
→ Ecohydrologische systeemanalyse.

Om voor beide informatiebehoeften een goed meetnet te kunnen opzetten zal per Natte Natuurparel een ecohydrologische systeemanalyse uitgevoerd moeten worden om zodoende te kunnen bepalen:

- welke plek de huidig beschikbare peilbuizen innemen in het watersysteem;
- of de huidige peilbuizen een representatief beeld geven van de grondwaterkwaliteit;
- of en op welke locatie er peilbuizen bijgeplaatst zouden moeten worden.

7 AANBEVELINGEN

Op basis van de bevindingen uit deze verkenning zijn een aantal aanbevelingen geformuleerd. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van deze aanbevelingen voor de afdeling Onderzoek en Monitoring (O&M).

7.1 Voor opstellen meetnet

Om een goed meetnet te kunnen opzetten moet per Natte Natuurparel een ecohydrologische systeemanalyse uitgevoerd worden, zodat duidelijk wordt of de huidige peilbuizen een representatief beeld geven van de grondwaterkwaliteit of dat er mogelijk nog peilbuizen bijgeplaatst moeten worden.

Op basis van de informatiebehoefte kan vervolgens beoordeeld worden hoe intensief en op welke parameters gemonitord moet worden. Voorbeelden van informatiebehoefte en beoordelingsmethoden (met daaruit voortkomende te monitoren parameters):

- Voor een beeld van de mate waarin een Natte Natuurparel door menselijk handelen beïnvloed wordt en daarmee beoordelen in hoeverre verbetermaatregelen in de landbouw bij kunnen dragen aan het verbeteren van de grondwaterkwaliteit
→ bepalen van het oxidatievermogen en de verhouding bicarbonaat en hardheid;
- Voor een grove indicatie en trends over een aantal jaren ten aanzien van een risico-inventarisatie naar negatieve effecten op vegetaties (t.b.v. beleid)
→ de KWR-methode;
- Voor inrichtings- en beheeradviezen ten aanzien van de te behalen natuurdoeltypen
→ het afzetten van de analyseresultaten tegen standplaatsfactoren van de gewenste vegetatie (maatwerk);

Het is wenselijk om eenduidige referentiekaders te hebben voor de beoordeling van grondwateranalyses. Het is daarom van belang dat de afdeling Onderzoek & Monitoring de ontwikkelingen in (nieuwe) beoordelingsmethoden volgt en stimuleert.

7.2 Voor ecohydrologische systeemanalyse

Ten behoeve van de ecohydrologische systeemanalyse en optimalisatie van het meetnet grondwaterkwaliteit voor adviseurs en onderzoekers van O&M betrokken bij het opstellen van meetnetten:

Cluster Hydrologie

- Voor alle peilbuizen in Natte Natuurparels uitzoeken, (opnieuw) bepalen van de hoogte van de bovenkant peilbuis tot het maaiveld cq. NAP, zodat beoordeeld kan worden in hoeverre het grondwater tot in de wortelzone komt;
- Nagaan in welk grondwaterpakket de peilbuizen meten die gebruikt zijn in deze verkenning. Dit geldt vooral voor de peilbuizen waar nu twijfels bij zijn geuit (zie opmerkingen in bijlage 6);
- In beeld brengen van de lokale grondwaterstromingen op een representatief schaalniveau voor een Natte Natuurparel, zodat nagegaan kan worden of de peilbuizen, zoals opgenomen in de verkenning, een voldoende representatief beeld geven van de grondwaterkwaliteit van het ondiepe grondwater. Ter illustratie is in onderstaand kader een aanbeveling uitgelicht die op basis van deze verkenning al gemaakt kon worden;

Aanbeveling peilbuislocaties Strabrechtse Heide (H. de Bruin, 15-08-2011)

De huidige twee peilbuizen staan in droge heide/nabij natte heide, en nabij berken-eiken of berken(broek)bos. Dit zijn geen van beide ideale locaties. Wenselijk zijn dat hier peilbuizen in venvegetaties en in natte / vochtige heide worden geplaatst om een koppeling te kunnen maken met grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen.

- Nader omschrijven wat verstaan wordt onder freatisch, ondiep, middeldiep en diep grondwater per Natte Natuurparel.

7.3 Voor beoordeling grondwaterkwaliteitsgegevens

Ten behoeve van de beoordeling van grondwaterkwaliteitsgegevens voor onderzoekers van O&M betrokken bij het opstellen van meetnetten en/of bij advisering in inrichtingsprojecten:

Cluster Waterkwaliteit

- Wanneer in een vervolgetraject weer gebruik gemaakt gaat worden van het bepalen van de mate van menselijke beïnvloeding van grondwater is het raadzaam om naast het oxidatievermogen ook de verhouding $[\text{HCO}_3]/[\text{Ca}]+[\text{Mg}]$ te bepalen, zodat beter beoordeeld kan worden of er sprake is van een lager bufferend vermogen door menselijk handelen of door natuurlijke processen (zie aandachtspunt in bijlage 4);
- Wanneer in een vervolgetraject weer gebruik gemaakt gaat worden van de Stuyfzandtypologie dan dienen de parameters Mn^{2+} , Al^{3+} en CO_3^{2-} ook geanalyseerd te worden. Dit geldt vooral voor Al^{3+} , omdat Al^{3+} een belangrijke indicator is voor verzuring (zie aandachtspunt genoemd in bijlage 4);
- In deze voorliggende verkenning is niet gekeken naar zware metalen, terwijl dit mogelijk wel relevant is. Dit geldt in het bijzonder voor de Hoge zandgronden waar verzuring kan optreden. In een vervolg moet voor de Natte Natuurparels (in het bijzonder voor de Hoge zandgronden) het grondwater geanalyseerd worden op zware metalen om zodoende een inschatting te kunnen maken of zware metalen een probleem kunnen vormen voor deze Natte Natuurparels.

7.4 Voor advisering ten behoeve van inrichtingsprojecten

Ten behoeve van adviezen voor inrichtingsprojecten voor adviseurs van O&M betrokken bij anti-verdrogingsprojecten van de afdeling Grondzaken en Inrichting:

- Aanbevolen wordt om voorafgaand aan de aanpak van een Natte Natuurparel een ecohydrologische systeemanalyse uit te voeren om de vakgebieden (grond)waterkwaliteit - hydrologie - ecologie - bodemkwaliteit aan elkaar te kunnen koppelen. Zodoende wordt in een vroegtijdig stadium een integraal inzicht verkregen van de huidige situatie en hoe de verschillende vakgebieden op elkaar reageren. Alleen dan kunnen complete herstel- en beheermaatregelen geformuleerd worden.
- Met de resultaten uit deze voorliggende verkenning worden per Natte Natuurparel de belangrijkste aandachtspunten beschreven. Aanbevolen wordt om bij het opstellen van een inrichtingsplan voor een Natte Natuurparel het betreffende informatieblad erbij te pakken, zodat meteen de grootste aandachtspunten zichtbaar zijn en als input kunnen dienen voor een ecohydrologische systeemanalyse.

INFORMATIEBRONNEN

- Bal, D. e.a., 2001. Handboek Natuurdoeltypen, Tweede herziene editie, Rapport Expertisecentrum LNV nr. 2001/20, in opdracht van Directie Natuurbeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen;
- Bobbink, R. e.a., 2007. Grondwaterkwaliteitsaspecten bij vernatting van verdroogde natte natuurparels in Noord-Brabant, d.d. juli 2007, Rapportnummer 2007.15, B-ware, in opdracht van Provincie Noord-Brabant, Nijmegen;
- Bongers, M.G.H. & J. Spoelstra, 1999. Waterkwaliteit in de Ecohydrologie, dictaat 234059, Internationale Agrarische Hogeschool Larenstein, Velp;
- Damen, L., 2010. Integrale effectmonitoringsrapportage Natte Natuurparel Sompen en Zooislagen, Stage opdracht in opdracht van Waterschap Aa en Maas, 's-Hertogenbosch;
- Ertsen, D., Louw P. de, Buma J., 15 september 2005, OGOR Natuur in Noord-Brabant, Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen, Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch;
- Grobben, M.S., B. Possen & A.C.D. Ertsen, 2009. Verdrogingsbestrijding Noord-Brabant, Stand van zaken en evaluatie voortgang 2008, Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch;
- Provincie Noord-Brabant e.a., 2002. Intentieverklaring 'Aanpak en monitoring van verdroging', 2002. Ondertekend door: Provincie Noord-Brabant, Brabantse Waterschappen, Staatsbosbeheer en Vereniging Natuurmonumenten, Stichting Brabants Landschap & Waterleidingmaatschappij Brabant Water NV de NV DELTA, Nutsbedrijven en N.V. Tilburgsche Waterleiding Maatschappij, d.d. 20 juni 2002, Uden;
- Krikken, A., M.C. Segers & I.M. Folmer, 2009. Quickscan Maatregelen waterkwaliteit NLP, Waterschap Peel en Maasvallei, d.d. 4 februari 2009, projectnummer: 9T4684, Royal Haskoning, 's-Hertogenbosch;
- KWR, 2009. Evaluatie Beleidsmeetnet verdroging – Deelrapport 1: Methodeontwikkeling, in opdracht van Provincie Noord-Brabant, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein;
- Lüers, F & P. Stuyfzand (review), 2007. Chemische vingerafdruk, Waterkwaliteitsmetingen 2006, Waterschap De Dommel, archiefnummer U-07-01409, Boxtel.
- Provincie Limburg, 2010. Verslaglegging OGOR-meetnet 2009, Eindoordelen kwantiteit en kwaliteit 2009, Interpretatie en trendanalyse vanaf 2004,
- Provincie Noord-Brabant & TNO, 2003. Brochure 'Grondwaterkwaliteit in de provincie Noord-Brabant in beeld', opgesteld in het kader van project Interpretatie, evaluatie en optimalisatie Van het grondwaterkwaliteitsmeetnet van De Provincie Noord-Brabant;
- Rens, C. van. e.a., 2011. Monitoring De Vilt, monitoringsplan en inventarisatie huidige situatie, Den Bosch;
- Runhaar, J., I. Leunk & M.H. Jalink, 2009. Evaluatie Beleidsmeetnet Verdroging Noord-Brabant, projectnummer A307779, Nieuwegein;
- Schoumans, O.F, J. Willems & G. van Duinhoven, 2008. 30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu, Alterra, Wageningen;

- Verhagen, F.Th., A. Krikken en H.P. Broers, 2010. Draaiboek monitoring grondwater voor de Kaderrichtlijn Water, projectnummer 9T7892, Royal Haskoning i.s.m. Deltares, in opdracht van Ministerie van VROM, 's-Hertogenbosch;
- Vermulst, J., J. Jansen & A. Krikken, 2009. GGOR-inrichtingvisie Groote Peel, eindrapport 21 januari 2009, projectnr. 9T1278, Royal Haskoning in opdracht van waterschap Aa en Maas, 's-Hertogenbosch;
- Waterschap Aa en Maas, 2009. Waterbeheerplan 2010-2015, Waterschap Aa en Maas, vastgesteld door het Algemeen Bestuur d.d. 13 november 2009, 's-Hertogenbosch;
- Waterschap Peel en Maasvallei, 2009. Blik op het watersysteem 2009, Onderzoeksrapportage van Waterschap Peel en Maasvallei, 21 juli 2010, uitgevoerd door Afdeling Kennis en Advies, Venlo
- Werkgroep Monitoring, 2002. Handboek projectmonitoring verdrogingsbestrijding, Richtlijnen voor ontwerp, inrichting en evaluatie van een meetnet, in opdracht van de Kerngroep Verdrogingsbestrijding Noord-Brabant, juni 2002, 's-Hertogenbosch.

Verantwoording gekozen schrijfwijze naamgeving van de Natte Natuurparels:

In verschillende documenten, GIS-kaarten en topografische kaarten komen verschillende schrijfwijzen voor voor de benaming van de Natte Natuurparels.
Zie voor de tabel voor de uniforme naamgevingen uit het rapport: "*Kaders voor het Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime (GGOR)*", Provincie Noord-Brabant uit 2005.

BIJLAGE 1: Relevante informatie over referentiekaders grondwaterkwaliteit

In tegenstelling tot oppervlaktewater zijn er voor grondwater geen uniforme normen voor parameters als nutriënten, chloride, sulfaat en pH geformuleerd, voor wat betreft (vegetatie specifieke) kwaliteitseisen voor parameters. Hieronder volgt de stand van zaken op het gebied van de interpretatie van grondwaterkwaliteitsgegevens.

Huidige aanpak provincie Noord-Brabant

In 2009 heeft KWR Watercycle Research Institute (KWR) in opdracht van de provincie Noord-Brabant de rapportage “Evaluatie Beleidsmeetnet verdroging Noord-Brabant” opgesteld (Runhaar e.a., 2009; KWR, 2009). Hierin wordt een methodiek omschreven voor een globale interpretatie van grondwaterkwaliteitsgegevens. Daarbij zijn referentienormen gehanteerd (zie ook beschrijving KWR-methodiek in bijlage 4). De ecohydrologische vereisten voor habitattypen die hier achter zitten, zijn terug te vinden op de Natura 2000 website (www.synbiosys.alterra.nl). Hier zijn echter geen verwijzingen geplaatst naar vereisten in termen van grondwaterkwaliteit, om de eenvoudige reden dat dit niet kan (Runhaar, persoonlijke communicatie).

Het is wel mogelijk landelijk aan te geven welke eisen vegetaties stellen aan vochtvoorziening, zuurgraad en dergelijke, maar niet welke eisen deze stellen aan de waterkwaliteit: de doorwerking van waterkwaliteit op de standplaatscondities erg afhankelijk van de context (zoals grondsoort en lokale hydrologie). Bijvoorbeeld:

- op kalkrijke bodems maakt het weinig uit of er al dan niet aanvoer van kalkrijk grondwater plaats vindt,
- door sulfaatreductie in de ondergrond kan bijvoorbeeld alkalinisatie optreden, waardoor het aangevoerde grondwater veel kalkrijker word dan mogelijk was geweest bij aanvoer van schoon (en zacht) water.

In de methodiek, zoals besproken in het rapport “Evaluatie Meetnet Brabant”, staan wel normen voor sulfaat en chloride, maar die zijn niet bepaald op basis van effecten op de vegetatie, maar op basis van mogelijke risico's dat effecten optreden (pers. mededeling H. Runhaar, KWR, april 2011).

Doesjka Ertsen (provincie Noord-Brabant) meldt ook dat normen voor grondwater niet bekend zijn. Er zijn alleen hydrologische randvoorwaarden opgesteld. Bodem- en grondwaterkwaliteitsparameters als bicarbonaat en pH worden alleen gebruikt als indicatoren voor kwel (zie eventueel handboek verdroging en evaluatie van Grobbee e.a. in 2009).

Beoordeling van grondwaterkwaliteit is een onderdeel van een ecohydrologische systeemanalyse (ESA): een instrument waarmee de toestand van een gebied in beeld gebracht kunnen worden, en oplossingsrichtingen voor knelpunten in beeld gebracht kunnen worden. Het is gangbaar om een dergelijk ESA uit te voeren alvorens een gebied aangepakt wordt (Werkgroep monitoring, 2002).

Aanpak provincie Limburg

De kwaliteit van het oppervlaktewater waar het waterschap zorg voor draagt wordt voor een belangrijk deel beïnvloed door de kwaliteit van het grondwater. Voor waterschap Peel en Maasvallei betekende dit dat er meer kennis vergaard moest worden over de relatie tussen deze twee watercompartimenten. Met dat doel is het onderzoeksproject WAHYD (Waterkwaliteit op basis van Afkomst en HYDrologische systeemanalyse) uitgevoerd in 2009 (Waterschap Peel en Maasvallei, 2009). De zeven stoffen die in WAHYD werden onderzocht, zijn (stikstof (vooral nitraat), fosfaat, sulfaat, koper, zink, nikkel en cadmium). Gekeken is naar de concentraties van deze stoffen in verschillende grondwaterlagen. Deze concentraties zijn afgezet tegen de concentraties die in nabijgelegen beekwater werd aangetroffen in periodes met weinig en in periodes met veel waterafvoer.

Waterschap Peel en Maasvallei heeft daarnaast in 2009 een quickscan laten uitvoeren naar Natte Natuurparels. Daarbij is voor een systeemanalyse gekozen, waarvan grondwaterkwaliteit een onderdeel uitmaakte. Voor de interpretatie van de grondwaterkwaliteitsgegevens is gekeken de waterkwalitatieve standplaatseisen zoals gedefinieerd in het OGOR-meetnet van de Provincie Limburg (Krikken e.a., 2009; Provincie Limburg, 2010).

Lopend onderzoek van KWR Watercycle Research Institute

In 2011 werkt KWR aan een onderzoeksopzet om de effecten van nitraat en sulfaat in het grondwater op vegetatie te bepalen, waarbij een effectgerichte aanpak wordt gevolgd. Doel is om uiteindelijk te komen tot een methodiek waarmee het mogelijk is om afhankelijk van de lengte van de stroombaan en de aard van de ondergrond aan te geven óf en op welke termijn er sprake is van nadelige effecten op de vegetatie in de kwelgebieden.

KWR probeert momenteel een projectvoorstel via provincies en waterschappen te financieren. Vanuit de provincies zijn Thomas de Meij (provincie Overijssel) en Rinke van Veen (provincie Drenthe) hierbij betrokken. In dit projectvoorstel staat beschreven hoe en of er generieke normen kunnen worden afgeleid voor de grondwaterkwaliteit voor natuurdoeltypen. KWR probeert dit onderwerp ook bij STOWA aan te kaarten. Centrale vraag blijft of men

- a. **vaste normen** wil voor grondwaterkwaliteit, of
- b. **variabel effectgerichte normen**.

Vaste normen is simpeler en beter handhaafbaar, maar heeft wel het risico dat maatregelen genomen kunnen worden die zinloos zijn of in het slechtste geval nadelig zijn. Idealiter wordt de normstelling afgestemd op wat bekend is over risico's (optie 2).

Draaiboek monitoring grondwater voor de Kaderrichtlijn Water

In 2010 is een draaiboek opgesteld voor monitoring van grondwater (Verhagen e.a., 2010).

De monitoringseisen die de Kaderrichtlijn Water (KRW) stelt vormen het uitgangspunt voor het draaiboek. Het draaiboek geeft concrete aanwijzingen en eisen voor het samenstellen van het KRW grondwatermeetnet. De KRW vraagt om bij de beoordeling van de toestand van de grondwaterlichamen zowel rekening te houden met de kwantitatieve als kwalitatieve invloed van grondwater op oppervlaktewater (zie par. 6.1, Verhagen e.a., 2010).

Het meten van de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater is de afgelopen jaren onvoldoende tot stand gekomen. De concrete uitwerking blijft hangen tussen waterschappen en provincies. Daarom wordt aan het Nationaal Water Overleg (NWO) gevraagd om afspraken te maken over o.a.:

- het meten van beekafvoeren in kwetsbare beken;
- het meten van de grondwaterkwaliteit in een aantal nader te selecteren gebieden verdeeld over Nederland.

Door het onttrekken van (diep) grondwater en het draineren van (ondiep) grondwater zijn natuurgebieden op land verdroogd geraakt. Dit betekent zowel een lagere grondwaterstand dan gewenst als een verandering in waterkwaliteit door een verandering in kwelstromen. De KRW vraagt om een analyse waarbij rekening wordt gehouden met veranderingen in grondwaterstand op de terrestrische ecosystemen.

Dit is een vraag die niet eenvoudig te beantwoorden is:

- freatische grondwaterstanden kunnen sterk fluctueren en worden bepaald door lokale veranderingen (bijvoorbeeld het slootpeil);
- de toestand van terrestrische ecosystemen wordt bepaald door de eisen van de bijbehorende natuurdoeltypen. Deze kunnen onderling sterk verschillen.

De EU-richtlijnen verplichten de lidstaten regelmatig te rapporteren over de staat van instandhouding van soorten en habitattypen. Ze moeten ook rapporteren over de toepassing van genomen maatregelen (in het bijzonder instandhoudingsmaatregelen) en de effecten van deze maatregelen op de

staat van instandhouding van soorten en habitattypen, met speciale aandacht voor de prioritaire soorten. Dit vereist allereerst dat voor de soorten en habitattypen vastgesteld wordt wanneer deze in gunstige staat van instandhouding verkeren (referentie). Per soort en habitattype zal vervolgens moeten worden beoordeeld (landelijk en per gebied) wat de huidige staat van instandhouding is (de nulmeting). Bovendien moet worden bepaald met welke maatregelen de gunstige staat van instandhouding te behouden is. Deze rapportage wordt 6-jaarlijks opgesteld.

In hoofdlijnen geldt de volgende taakverdeling:

- het rijk is verantwoordelijk voor de monitoring van de staat van instandhouding van soorten en habitattypen;
- het bevoegd gezag voor het opstellen van het beheerplan is verantwoordelijk voor het monitoren van de maatregelen (inclusief de effectiviteit ervan) en van veranderingen in het gebied en in het gebruik in en om het gebied. (Verhagen e.a., 2010).

In de intentieverklaring 'Aanpak en monitoring van verdroging' ondertekend in 2002 door o.a. waterschap, provincie en terreinbeheerders is afgesproken dat het waterschap verantwoordelijk voor terrestrische ecosystemen (o.a. Natura 2000 gebieden en Natte Natuurparels. Het waterschap dient ook maatregelen te treffen indien de (grond)waterkwaliteit belangrijk is voor de betreffende Natte Natuurparel (Provincie Noord-Brabant e.a., 2002). De provincie is daarbij bevoegd gezag.

BIJLAGE 2: Methodieken voor bepaling kwaliteit en indicatie herkomst grondwater

Beschikbare gegevens:

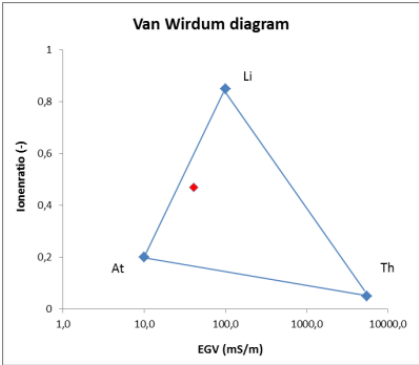
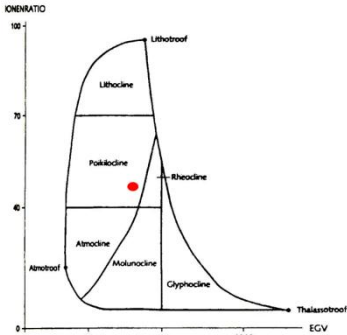
1. In de winter van 2009 en de zomer van 2010 zijn voor 15 Natte Natuurparels peilbuizen bemonsterd.
2. Er is uitgegaan van bestaande peilbuizen.
3. Analyseresultaten van aeroob bemonsterde peilbuizen in december 2009.
4. Analyseresultaten van anaeroob bemonsterde peilbuizen in juli 2010.
5. Parameters: macro-ionen, nutriënten, chloride, veldparameters, EGV (pH, temperatuur en O₂-verzadiging)

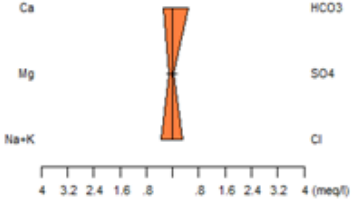
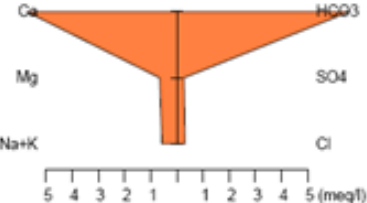
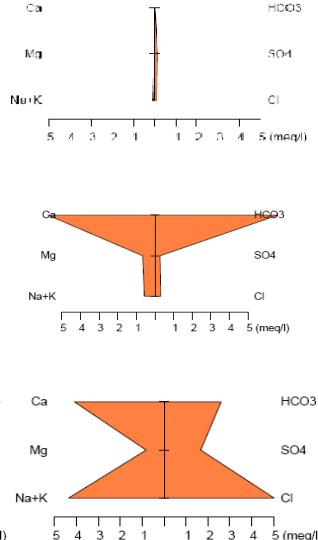
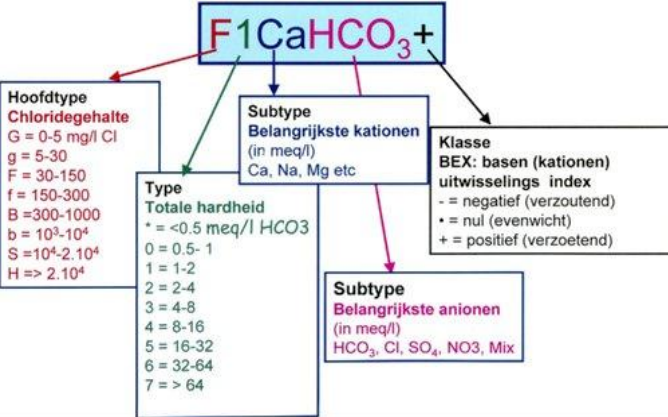
Door te kijken of er verschillen zijn tussen zomer- en wintermetingen wordt een indruk verkregen van seizoenseffecten (infiltratie/kwel).

Niet beschikbaar of onbekend:

1. Diepte van de filters van de peilbuizen? (allemaal tot in het freatische vlak?) → dit is wel erg belangrijk om te weten voor een goede interpretatie van de waterkwaliteitsgegevens in relatie tot achterhalen van de herkomst van het (kwel)water. Daarmee kan ook bekeken worden waar de bron zit van de eventuele vervuilingen (binnen of buiten de Natte Natuurparel gelegen) en daarmee naar mogelijke maatregelen;
2. Informatie over grondwaterstroming / kwelstromen in de Natte Natuurparels? (regionale kwel, lokale kwel) → dit is overigens wel (voor een groot deel) af te leiden uit watertypologie).

Overzicht methodieken:

Methode	Voorbeeld	Wat kun je er mee?	Welke data voor nodig?	Voordelen	Nadelen
Van Wirdum driehoek Bron: 1)	 Of:  Methode Luuk Damen	De herkomst van grondwater bepalen door de mengverhouding te bepalen van de drie referentietypen atmotroof, lithotroof, en thallasotroof water.	EGV [Ca²⁺] [Cl⁻]	Interpretatie is eenduidig; er kan goed worden aangegeven in welke verhoudingen de verschillende watertypen in een grondwatermonster verenigd zijn. Ruimtelijke weergave op kaart is goed mogelijk.	Het ontbreken van een ionenbalans. Er wordt op basis van weinig parameters een oordeel bepaald. Een meetfout heeft gelijk grote gevolgen voor een goede interpretatie. Afwijkingen in de grafiek treden vooral op in het atmotrofe deel, omdat daar de ionenconcentraties zeer klein zijn. In dit type water wordt het atmotroof karakter voor een belangrijk deel bepaald door ionen als SO₄²⁻ en H⁺. Deze ionen worden niet meegenomen in het Van Wirdum diagram.

Methode	Voorbeeld	Wat kun je er mee?	Welke data voor nodig?	Voordelen	Nadelen
Stiff-diagram Bron: 1)	 Regenwaterinvloed (infiltratiewater dat nog niet zo'n lange weg heeft afgelegd door de bodem om ionen op te nemen).  Of: Grondwatertype (bicarbonaattype)	De herkomst van grondwater bepalen door de vorm het Stiff-diagram te vergelijken met drie referentietypen water: atmotroof, lithotroof, en Rijnwater (referentie menselijk beïnvloed water). Referentietypen, waarbij: At = Atmotroof-achtig water Ll= Lithotroof-achtig water 	Macro-ionen: Na^+ K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} Cl^- SO_4^{2-} HCO_3^-	Aanwezigheid van een ionenbalans. Wanneer positieve of negatieve ionen overheersen, kan daaruit de conclusie getrokken worden, zoals: veel nitraat, veel ijzer/ammonium, verkeerde meting etc.	Alle macro-ionen moeten bepaald worden. De interpretatie is lastig als het watertype minder uitgesproken is. Dit is vooral het geval bij mengwatertypen. Alleen de macro-ionen worden meegenomen. Bij een afwijkende ionenbalans is geen goede interpretatie van het Stiff-diagram mogelijk zonder ook nutriënten en ijzerconcentraties te bepalen.
Stuyfzand- typologie Bron: 1) en 2)	 Voorbeeld Ws De Dommel (chemische vingerafdruk) → g0-CAHCO3 “De grondwater in deze Natte Natuurparel heeft voornamelijk de chemische vingerafdruk “g0-CAHCO3” tot “g1-CAHCO3”. Dat betekent dat de mate van bicarbonaat kan wisselen, maar het grondwater omschreven kan worden als zeer zoete grondwater met kalkbuffering en bicarbonaat als belangrijkste anion. Het grondwater heeft als herkomst waarschijnlijk regenwater of ion-arm kwelwater.”	Deze 9-cijfer-lettercode kan gezien worden als een vingerafdruk van de waterkwaliteit van de hoofdionen. Uit deze codering is af te leiden welke invloeden van toepassing zijn op het bemonsterde grondwater.	Macro-ionen: Na^+ K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} Cl^- SO_4^{2-} HCO_3^- Nutriënten: NO_3^-	Eenduidige codering en interpretatie. Ook andere ionen dan de macro-ionen worden meegenomen, waardoor dominantie van bijvoorbeeld nitraat herkend wordt. Ruimtelijke weergave op kaart is goed mogelijk. Met de "vingerafdruk" is inzichtelijk welke wateren eenzelfde karakter hebben.	Het ontbreken van een ionenbalans. Dit zie je niet terug in de codering. (Deze kan er wel zelf erbij gemaakt worden, omdat je wel voldoende parameters meet om dit te kunnen doen). Alle macro-ionen moeten bepaald worden en nutriënten (in het bijzonder oplosbare N-verbindingen).

Methode	Voorbeeld	Wat kun je er mee?	Welke data voor nodig?	Voordelen	Nadelen															
Hydrochemische indicatoren voor antropogene belasting Bron: 3)	Tabel 3.1: Antropogene belasting op basis van OXV <table><tr><td></td><td>Onbelast</td><td>OXV < 1 mmol/l</td></tr><tr><td></td><td>Zwak belast</td><td>OXV 1- 3 mmol/l</td></tr><tr><td></td><td>Matig belast</td><td>OXV 3 - 5 mmol/l</td></tr><tr><td></td><td>Sterk belast</td><td>OXV 5 - 7 mmol/l</td></tr><tr><td></td><td>Zeer sterk belast</td><td>OXV > 7 mmol/l</td></tr></table> Oxidatievermogen: OXV = : 5[NO3-] + 7[SO42-] (mmol/l) Verhouding bicarbonaat en hardheid: [HCO3-] / [Ca2+ + Mg2+]. Gebruikt bij Waterschap Peel en Maasvallei (rapportage door Royal Haskoning)		Onbelast	OXV < 1 mmol/l		Zwak belast	OXV 1- 3 mmol/l		Matig belast	OXV 3 - 5 mmol/l		Sterk belast	OXV 5 - 7 mmol/l		Zeer sterk belast	OXV > 7 mmol/l	Het herkennen van menselijke invloeden en de mate daarvan kwalificeren. Chemische parameters die de antropogene belasting van het grondwater (zoals bemesting, verzuring) typeren zijn parameters als Cl-, NO3⁻, K⁺ en SO4²⁻. Er zijn daarnaast ook hydrochemische indicatoren die gebruikt kunnen worden om de belasting van het grondwater te herkennen en beter te begrijpen zijn, zoals OXV en de verhouding bicarbonaat/Hardheid.	NO3⁻ SO4²⁻ HCO3⁻ Hardheid: Ca²⁺ Mg²⁺	Met de OXV kan (de mate van) antropogene beïnvloeding van de waterkwaliteit eerder opgemerkt worden vergeleken met het bekijken van afzonderlijke parameters (als pH, NO3- en Al³⁺). In het bijzonder het OXV is zeer geschikt gebleken om de effecten van bemesting te monitoren. Er hoeven relatief weinig parameters gemeten te worden. De mate van antropogene invloed is uitgedrukt in een cijfer (met als eenheid mmol/l) en is te koppelen aan een bepaalde mate/klasse van beïnvloeding door mensen. Ruimtelijke weergave op kaart is goed mogelijk.	OXV zegt niets over de herkomst van het grondwater en effecten op vegetaties, maar geeft alleen een indruk van de mate van antropogene invloed. Interpretatie kan echter complex zijn: Bij het beoordelen van het OXV is het van belang om deze in het licht te zien van de algehele watersamenstelling en gebiedseigenschappen. Bijvoorbeeld een (zeer) sterke belasting bij watertypes met een meer uitgeloopte ondergrond (aeroob / kalkarm) uit zich in verhoogde nitraatgehaltes en bij een meer reactieve ondergrond (kalkrijk/ veel pyriet) in verhoogd sulfaat en hardheid. Maar daarnaast is het ook mogelijk dat chloride sterk verhoogd is (ook een verontreinigingsindicator) terwijl het OXV als gevolg van sulfaatreducerende omstandigheden laag is.
	Onbelast	OXV < 1 mmol/l																		
	Zwak belast	OXV 1- 3 mmol/l																		
	Matig belast	OXV 3 - 5 mmol/l																		
	Sterk belast	OXV 5 - 7 mmol/l																		
	Zeer sterk belast	OXV > 7 mmol/l																		

Methode	Voorbeeld	Wat kun je er mee?	Welke data voor nodig?	Voordelen	Nadelen																							
KWR methode Bron: 4)	Onderstaande tabel geeft de beoordeling van de buffering door en verontreiniging van grondwater. <table><tr><td rowspan="2">BMV22PK2 vochtig heischraal grasland</td><td colspan="2">Toestand</td><td>Trend</td></tr><tr><td>op basis van vergelijking met referentie</td><td>op basis van vergelijking met streefbeeld</td><td></td></tr><tr><td>Stijghoogte</td><td>referentie onbekend</td><td>grondwaterstand aan beekdalflank lijkt voldoende voor optreden lokale kwel</td><td>onbekend (meetreeks te kort)</td></tr><tr><td>Samenstelling ondiepe grondwater</td><td>referentie onbekend</td><td>voldoende basenrijk voor buffering (mogelijk te basenrijk voor heischraal grasland), hoge chloride- en sulfaatgehalten wijzen op verontreiniging</td><td>onbekend (meetreeks te kort)</td></tr><tr><td>Zuurgraad</td><td>referentie onbekend</td><td>voldoende hoge pH (mogelijk te hoog voor heischraal grasland)</td><td>dalend?? (ws meetfout)</td></tr><tr><td>Eindbeoordeling</td><td colspan="2">buffering voldoende (te?) gebufferd</td><td>verontreiniging sterk</td></tr></table>	BMV22PK2 vochtig heischraal grasland	Toestand		Trend	op basis van vergelijking met referentie	op basis van vergelijking met streefbeeld		Stijghoogte	referentie onbekend	grondwaterstand aan beekdalflank lijkt voldoende voor optreden lokale kwel	onbekend (meetreeks te kort)	Samenstelling ondiepe grondwater	referentie onbekend	voldoende basenrijk voor buffering (mogelijk te basenrijk voor heischraal grasland), hoge chloride- en sulfaatgehalten wijzen op verontreiniging	onbekend (meetreeks te kort)	Zuurgraad	referentie onbekend	voldoende hoge pH (mogelijk te hoog voor heischraal grasland)	dalend?? (ws meetfout)	Eindbeoordeling	buffering voldoende (te?) gebufferd		verontreiniging sterk	Bepalen of: a.) Het grondwater voldoende basenrijk is voor de gewenste buffering van de standplaats. b.) Er sprake is van verontreiniging van het grondwater die kan leiden tot ongewenste effecten op de vegetatie via vermesting en vergiftiging.	HCO_3^- SO_4^{2-} N-tot Cl^- P-tot	Je hebt direct inzichtelijk of er een mogelijk knelpunt is.	Deze methode betreft een quickscan met vaak maar 3 klassen (voldoende, onvoldoende, slecht). De grenswaarden tussen matig en sterk verontreinigd hebben het karakter van een 'best guess'.
BMV22PK2 vochtig heischraal grasland	Toestand		Trend																									
	op basis van vergelijking met referentie	op basis van vergelijking met streefbeeld																										
Stijghoogte	referentie onbekend	grondwaterstand aan beekdalflank lijkt voldoende voor optreden lokale kwel	onbekend (meetreeks te kort)																									
Samenstelling ondiepe grondwater	referentie onbekend	voldoende basenrijk voor buffering (mogelijk te basenrijk voor heischraal grasland), hoge chloride- en sulfaatgehalten wijzen op verontreiniging	onbekend (meetreeks te kort)																									
Zuurgraad	referentie onbekend	voldoende hoge pH (mogelijk te hoog voor heischraal grasland)	dalend?? (ws meetfout)																									
Eindbeoordeling	buffering voldoende (te?) gebufferd		verontreiniging sterk																									
Luuk Damen methode Bron: 5)	Onderstaande grafiek geeft de beoordeling van de verontreiniging van grondwater weer voor de parameter sulfaat. <table border="1"><caption>Sulfate Concentration (mg/l) by Peilbuis</caption><thead><tr><th>Peilbuis</th><th>Sulfate december 2009 (mg/l)</th><th>Sulfate juli 2010 (mg/l)</th></tr></thead><tbody><tr><td>BS0MZ00002</td><td>~45</td><td>~25</td></tr><tr><td>BS0MZ00003</td><td>~30</td><td>~20</td></tr><tr><td>BS0MZ00004</td><td>~70</td><td>~50</td></tr><tr><td>BS0MZ00005</td><td>~110</td><td>~100</td></tr><tr><td>BS0MZ00006</td><td>~20</td><td>~15</td></tr><tr><td>BS0MZ00007</td><td>~5</td><td>~5</td></tr></tbody></table>	Peilbuis	Sulfate december 2009 (mg/l)	Sulfate juli 2010 (mg/l)	BS0MZ00002	~45	~25	BS0MZ00003	~30	~20	BS0MZ00004	~70	~50	BS0MZ00005	~110	~100	BS0MZ00006	~20	~15	BS0MZ00007	~5	~5	Om de huidige grondwaterkwaliteit te beschrijven is het noodzakelijk om de gemeten waarden te classificeren. Dit wordt gedaan om van de gemeten waarden aan te kunnen geven of het water van goede of slechte kwaliteit is. De klassenindeling is gemaakt op basis van het handboek natuurdoeltypen en Ten Cate 1995.	SO_4^{2-} PO_4^{3-} NO_3^- pH NH_4^+	De methodiek geeft inzichtelijk grafisch weer of er problemen zijn.	Deze methode is vrij omslachtig en tijdrovend, vanwege de vele grafieken die moeten worden gemaakt. De gegevens in zijn eigenlijk alleen toepasbaar op oppervlaktewateren. Een één-op-één vertaling naar terrestrische ecosysteem geeft enkel een globale indicatie.		
Peilbuis	Sulfate december 2009 (mg/l)	Sulfate juli 2010 (mg/l)																										
BS0MZ00002	~45	~25																										
BS0MZ00003	~30	~20																										
BS0MZ00004	~70	~50																										
BS0MZ00005	~110	~100																										
BS0MZ00006	~20	~15																										
BS0MZ00007	~5	~5																										

Bronnen:

- 1) Bongers, M.G.H. & J. Poelstra, 1999. Waterkwaliteit in de Ecohydrologie, dictaat 234059, Internationale Agrarische Hogeschool Larenstein, Velp.
- 2) Lüers, F & P. Stuyfzand (review), 2007. Chemische vingerafdruk, Waterkwaliteitsmetingen 2006, Waterschap De Dommel, archiefnummer U-07-01409, Boxtel.
- 3) Krikken, A., M.C. Segers en I.M. Folmer, 2009. Quicksan Maatregelen waterkwaliteit NLP, Royal Haskoning in opdracht van Waterschap Peel en Maasvallei, 's-Hertogenbosch.
- 4) KWR, 2009. Evaluatie Beleidsmeetnet verdroging – Deelrapport 1: Methodeontwikkeling, in opdracht van Provincie Noord-Brabant, KWR watercycle research institute, Nieuwegein;
- 5) Damen, L., 2010. Integrale effectmonitoringsrapportage Natte Natuurparel Sompen en Zooislagen, stage opdracht in opdracht van Waterschap Aa en Maas, 's-Hertogenbosch.

De Stiff-diagrammen zijn gemaakt met het computerprogramma Aquagem uit 2005.

BIJLAGE 3: Verslag brainstormsessie

M E M O

Aan : Henk Tamerus (Ws De Dommel), Lotte Fleskens (Ws De Dommel), Albert Vrielink, Hans de Bruin, Mirja Kits en Jon Mensink

Kopie : Anne Wim Vonk en Rob Merkelbach

Van : Bart Brugmans en Hanneke van Zuilichem

Datum : 18 maart 2011

Onderwerp : Verslag brainstormsessie 'Grondwaterkwaliteit in Natte Natuurparels'

Inleiding (Bart Brugmans)

Januari 2009 ontstond intern onduidelijkheid over de taken/verantwoordelijkheden van het waterschap bij het herstel van natte natuurparels (NNP's) m.b.t. het monitoren van de grondwaterkwaliteit. Bij Waterschap Aa en Maas is nog nauwelijks gemeten aan grondwaterkwaliteit, terwijl grondwater een belangrijke rol kan spelen in het behalen van doelen in Natte Natuurparels. Eind 2009 waren er ILOW-punten beschikbaar en kwam er ruimte vrij om een eerste aanzet hiertoe te maken. Uiteindelijk heeft dit geleid tot de volgende actie:

- O&M heeft een beknopt meetplan grondwaterkwaliteit in NNP's gemaakt op basis van beschikbare peilbuizen. Dit meetplan is uitgevoerd: van een **15-tal NNP's** zijn analyseresultaten van in totaal 62 peilbuizen beschikbaar van december 2009 en juli 2010.

Deze analyseresultaten zijn nu beschikbaar. Deze gegevens moeten nog geïnterpreteerd en gerapporteerd worden in de vorm van een verkenning. Deze verkenning is bedoeld om mogelijke knelpunten op het gebied van grondwaterkwaliteit zichtbaar te maken. Tevens zullen in de verkenning kennishiaten en witte vlekken aangegeven worden en aanbevelingen worden gedaan voor een strategie voor nieuwe meetrondes in de toekomst.

Brainstormsessie

Op 17 maart is een brainstormsessie met betrokken medewerkers van Aa en Maas georganiseerd. Ook zijn twee medewerkers van waterschap De Dommel bij deze sessie uitgenodigd (Henk Tamerus en Lotte Fleskens), aangezien waterschap De Dommel het enige Brabantse waterschap is dat het monitoren van grondwaterkwaliteit actief heeft opgepakt. Doel van de brainstormsessie is dan ook kennis uitwisselen, de informatiebehoefte in beeld krijgen en een methodiek bepalen om de grondwaterkwaliteitsdata te interpreteren.

Mogelijk kan er zelfs een basis worden gelegd voor toekomstige samenwerking op dit terrein.

Methodieken (Hanneke van Zuilichem)

Er zijn verschillende methodieken in omloop welke iets zeggen over grondwaterkwaliteit:

1. Van Wirdum driehoek;
2. Stiff-diagram;
3. Stuyfzandtypologie;
4. Oxidatievermogen (OXV) & buffering;
5. Grondwatergegevens toetsen volgens referentienormen uit de KWR-methode;
6. Grondwatergegevens toetsen volgens referentienormen uit het Handboek Natuurdoeltypen.

De eerste vier methodieken zeggen vooral iets over de herkomst van het grondwater. Dit is ook een belangrijk aspect i.g.v. van het kunnen bepalen waar eventuele maatregelen het meest effectief ingezet kunnen worden om bijvoorbeeld de nutriëntentoevoer te verminderen. Bij de laatste twee methoden wordt gekeken in hoeverre specifieke parameters in het grondwater voldoen of niet voldoen voor een gewenste vegetatie.

De vraag hierbij is: welke methode(n) is (zijn) bruikbaar voor het bepalen van:

1. De herkomst van het grondwater;
2. De geschiktheid voor het natuurdoeltype in betreffende NNP.

Discussiepunten na afloop van de presentatie van de methodieken:

- In geen van de bovengenoemde methoden wordt de parameter fosfaat meegenomen, terwijl deze een belangrijke belemmering kan vormen bij het behalen van je doelstellingen.
- Waarom wordt er alleen gekeken naar de grondwaterkwaliteit? De landbodem is mogelijk nog belangrijker bij vernatten (Olsen-P), vooral bij het realiseren van nieuwe natuur.
- Geen van bovengenoemde methoden geeft een complete aanpak van analyse van grondwaterkwaliteit. Het effect van grondwaterkwaliteit op een bepaalde vegetatie is niet los te zien van hydrologie. Alleen een integrale aanpak geeft een goed en volledig beeld.

Stand van zaken bij de Dommel (Henk Tamerus en Lotte Fleskens)

- Bij waterschap De Dommel is voor de meeste NNP's een quickscan gemaakt. Het opstellen van dergelijke quickscans is uitbesteed. Deze quickscans zijn integraal aangepakt, zowel landgebruik, waterkwaliteit, hydrologie als ecologie zijn meegenomen en aan elkaar gekoppeld.
- Elke quickscan is een maatwerkrapport geworden en veel aannames/referentienormen zijn gebaseerd op expert judgement.
- Er is wel eens gebruik gemaakt van Van Wirdum driehoeken, maar niet in alle rapporten.
- Waterschap De Dommel heeft de beschikbare grondwaterkwaliteitsdata reeds met de Stuyfzandtypologie getypeerd. De ervaring bij de aanwezigen van waterschap De Dommel is dat de interpretatie van deze chemische vingerafdruk erg lastig is en niet goed bruikbaar voor Natte Natuurparel inrichtingsprojecten. Met andere woorden: Het opstellen van de vingerafdruk is niet zo moeilijk, maar interpreteren des te meer.
- Als referentienormen is gebruik gemaakt van cijfers van en gesprekken met experts bij B-Ware. Eenduidige referentiecijfers zijn tot dusverre nog niet beschikbaar.

Stellingen

Om de discussie op gang te krijgen, zijn aan de groep een 4-tal stellingen voorgelegd. Over elke stelling is ca. 10 minuten gediscussieerd. Uit elke discussie zijn voorlopige resultaten en conclusies gededistilleerd.

Stelling 1: *Stuyfzand en KWR methodiek zijn voor dit onderzoek van voldoende detailniveau om uitspraken te doen over:*

- *Herkomst water;*
- *Geschiktheid voor Natuurdoeltype.*

Discussie stelling 1

- KWR-methode is geschikt om een eerste (grobe) indicatie te geven waar knelpunten zitten voor natuurdoeltypen i.r.t. grondwaterkwaliteit.
- Stuyfzandtypologie blijkt volgens waterschap De Dommel niet de voorkeur te genieten vanwege de lastige interpretatieslag die genomen moet worden. Kennis en ervaring met deze methode is niet voor handen binnen de groep aanwezigen.

- De OXV-methode lijkt de aanwezigen mogelijk ook geschikt. Ook de Van Wirdum grafieken kunnen mogelijk geschikt zijn, vanwege het kunnen bepalen van de mengverhouding van grondwater.
- Aanbeveling is om het integraal aan te pakken. Echter, het doel van de verkenning voor waterschap Aa en Maas is om een eerste indruk te krijgen van grondwaterkwaliteit in NNP's en te bekijken hoe hier verder mee om te gaan in inrichtingsprojecten en welke kennishiaten en witte vlekken zijn er.
- Aanbeveling is om in deze verkenning al wel een onderscheid te maken in 'NNP's bestaande natuur' en 'NNP's nieuwe natuur'. Op deze manier kun je al aangeven dat er bij laatste groep NNP's problemen zijn te verwachten met de landbodem, wanneer water opgezet gaat worden.
- Ideaalbeeld zou zijn om een kaartbeeld te verkrijgen waarin in kleuren is aangegeven hoe de mengverhouding landbouwwater-hemelwater-grondwater is. Aan de hand van dit kaartbeeld wordt inzichtelijk in welke richting de knelpunten en oorzaken gezocht moeten worden.

Resultaat stelling 1

- In de rapportage wordt onderscheid gemaakt tussen 'NNP's bestaande natuur' en 'NNP's nieuwe natuur'. Dit wordt in de rapportage aangegeven in een beslisboom.
- In de blauwdruk worden de volgende methoden uitgewerkt:
 - KWR (grondwaterkwaliteit gerelateerd aan natuurdoeltype);
 - Stuyfzand (grondwatertype, nutriënteninvloed, achterliggende processen);
 - OXV (mate van antropogene invloed);
 - Van Wirdum.

Het nut van de KWR methode is helder. In de blauwdruk worden de OXV methode, de Stuyfzand en de Van Wirdum methode uitgewerkt. De blauwdruk wordt voorgelegd aan de mensen binnen deze brainstormsessie voor feed back. Op basis van de blauwdruk wordt een nadere keuze gemaakt worden de voor toe te passen methoden.

Stelling 2: Een quickscan grondwaterkwaliteit levert nuttige input voor inrichtingsprojecten (GGOR).

Discussie stelling 2

- Een quickscan geeft deels nuttige input. De gegevens dienen wel minimaal gecombineerd te worden met hydrologische gegevens (vanwege (lokale) grondwaterstromingen).
- Wanneer de herkomst van het water bekend is, dan heb je hiermee wellicht een oplossingsrichting te pakken voor het inrichtingsproject.
- Bij voorkeur dienen de grondwaterkwaliteitsgegevens te worden getoetst aan normen (in mg/l) voor de betreffende natuurdoeltypen.

Resultaat stelling 2

- Alleen een uitspraak over de waterkwaliteit m.b.v. een stoplichtmethode is eigenlijk te summier. Eigenlijk wil je een doelgat benoemen op basis van mg/l. Het bepalen van de herkomst en typering van het grondwater kan in inrichtingsprojecten van wel van belang zijn voor het formuleren van oplossingsrichtingen.

Stelling 3: Bij linken grondwaterkwaliteitsdata aan natuurdoeltypen is het volgende leidend:

1. Meest kritische natuurdoeltype voor voedselrijkdom
2. Meest kritische natuurdoeltype voor hydrologie
3. Natuurdoeltype met het grootste oppervlak

Discussie stelling 3

- Een peilbuis kan over een groter gebied iets zeggen, maar dan is het wel erg belangrijk dat er gebiedskennis is betreffende de lokale hydrologie. Als deze kennis (nog) niet voorhanden is,

dan zegt een peilbuis alleen iets over de directe omgeving (het natuurdoeltype) waarin deze staat.

- De grondwaterkwaliteit van één peilbuis heeft enkel een signalerende functie voor een groter gebied. In een detailstudie dient altijd op een lager detailniveau een nadere (integrale) studie plaats te vinden.

Resultaat stelling 3

- Je kunt / mag de grondwaterkwaliteit niet los zien van de hydrologie, om te voorkomen dat verkeerde conclusies worden getrokken. Met het extrapoleren van grondwaterkwaliteitsgegevens naar een groter geografisch gebied dient zodoende uitermate zorgvuldig te worden omgesprongen. Grondwaterkwaliteitsgegevens van één peilbuis kunnen voor een groter gebied enkel een signalerende functie hebben.

Stelling 4: *De gekozen methodieken zijn niet bruikbaar om doelgaten te benoemen, maar is enkel een stoplichtidee (grote klasse indeling, weinig gradiënten).*

Discussie stelling 4

- Dat klopt, maar dat is voor een quickscan niet erg. Doelgaten kunnen alleen goed benoemd worden wanneer er aanvullende referentiekaders/normen voor grondwaterkwaliteit per natuurdoeltype beschikbaar komen. Mogelijk dat de provincie hier nog een bijdrage in kan leveren.

Resultaat stelling 4

- Met de huidige methodieken kunnen geen doelgaten worden benoemd.

Afsluiting en synthese

Er wordt een korte samenvatting gegevens van wat vandaag besproken is. De aanwezigen worden bedankt voor de bijdrage aan de brainstormsessie.

Actiepunten

- Dit project betreft een quickscan, waarin enkel grondwaterkwaliteit wordt meegenomen. Eigenlijk kun je grondwaterkwaliteit niet los zien van hydrologie, ecologie en bodemkwaliteit. In het rapport wordt dit genoteerd onder afbakening en kennisleemte. **Actie Bart**
- In de blauwdruk worden de KWR-methode, de OXV methode, de Stuyfzand methode en de Van Wirdum uitgewerkt. De blauwdruk wordt voorgelegd aan de mensen binnen deze brainstormsessie voor feed back. Op basis van de blauwdruk wordt een nadere keuze gemaakt worden de voor toe te passen methoden. **Actie Bart**
- In de aanbevelingen van het rapport wordt een opmerking gemaakt over nut (en wellicht ook noodzaak) van ecohydrologische studies. **Actie Bart**
- Na afronding van de brainstormsessie wordt een afspraak gemaakt met de provincie Noord-Brabant, waarin het ontbreken van referentienormen voor natuurdoeltypen kenbaar wordt gemaakt. Mocht de provincie eenduidige referentienormen hebben, dan worden deze naar de aanwezigen van de brainstormsessie verspreid. **Actie Bart (en Anne Wim Vonk)**
- Waterschap de Dommel stuurt een ecohydrologische rapportage van een NNP door naar Bart. **Actie Lotte**

Na afronding van de brainstormsessie is contact opgenomen met de provincie Noord-Brabant, waarin het ontbreken van referentienormen voor natuurdoeltypen kenbaar is gemaakt. Uit contacten met de heer H. Runhaar (KWR) en de heer A.W. Vonk (waterschap Aa en Maas, afdeling Integraal Beleid) bleek dat de provincie geen eenduidige referentienormen heeft. De wijze waarop de provincie omgaat met referentienormen is beschreven in bijlage 2.

BIJLAGE 4: Toelichting gekozen methodieken in deze verkenning

Afgesproken is om voor Natte Natuurparel De Bult de volgende methodieken uit te werken (als blauwdruk voor een informatieblad):

- KWR-methodiek,
- Oxidatievermogen (OXV-methodiek)
- Bepaling watertype via de methodiek van Stuyfzand
- Stiff-diagrammen en de Van Wirdum driehoeken.

Tijdens het opstellen van de blauwdruk bleek het bepalen van het grondwatertype via Stiff-diagrammen niet betrouwbaar. Er kwamen te grote afwijkingen voor te komen in de ionenbalans (major-ionen) om betrouwbare Stiff-diagrammen te kunnen maken: 23% tot zelfs 49% afwijking tussen kationen en anionen. Dit duidt erop dat andere ionen - dan de macro-ionen die voor het opstellen van Stiff-diagrammen gebruikt worden - een belangrijke invloed op de ionenbalans hebben, zoals nitraat. De Stiff-diagrammen zijn voor deze verkenning daarom als ongeschikt om grondwaterkwaliteitsdata te interpreteren.

Verder bleek het bepalen van het grondwatertype via de Van Wirdum-driehoeken ook niet praktisch. De methode is bruikbaar om een indruk te krijgen van de mengverhouding tussen de referentietypen lithoclien, lithoclien, reoclien (referentie vervuild, menselijk beïnvloed water) en thalassoclien. Echter, het bleek niet mogelijk om het resultaat visueel overzichtelijk te presenteren.

Besloten is daarom om:

- de KWR-methode,
- de OXV-methode en
- de Stuyfzand-methode

toe te passen op de dataset verzameld uit de oriënterende meetronde in 2009 en 2010. Dit heeft geleid tot een informatieblad voor elke Natte Natuurparel.

Elke beoordelingsmethodiek kent zijn beperkingen. Daarom worden aan het eind van elke subparagraaf de belangrijkste aandachtspunten genoemd, die een mogelijke invloed hebben gehad op de beoordelingsresultaten.

1) KWR-methodiek

Toelichting

Bij deze methode wordt de grondwaterkwaliteit gerelateerd aan het vegetatietype dat nagestreefd wordt. Daartoe wordt een grof onderscheid gemaakt in grondwaterafhankelijke 'korte vegetaties' en 'bossen'. Hieronder volgt een nadere toelichting. Deze methode is toegepast door de Provincie Noord-Brabant voor de evaluatie van de grondwaterkwaliteit in het beleidsmeetnet verdroging (KWR, 2009).

Inleiding

In hoeverre de hydrologische omstandigheden geschikt zijn voor de realisatie van de waterafhankelijke natuurdoeltypen wordt niet alleen bepaald door de waterkwantiteit, maar ook de waterkwaliteit. Aanvoer van basen met grond- en oppervlaktewater vormt voor een aantal zeldzame en hooggewaardeerde doeltypen (o.a. blauwgrasland en gebufferde vennen) een basisvoorwaarde voor de zuurbuffering van de standplaats op het gewenste niveau (pH 6 of hoger). Voor de meeste natuurdoeltypen geldt daarnaast dat het water voldoende schoon moet zijn: aanvoer van voedingsstoffen of stoffen die de afbraak van organisch materiaal bevorderen, kunnen leiden tot eutrofiëring of verzuuring van de vegetatie.

In het OGOR rapport voor Noord-Brabant is aangegeven welke natuurdoeltypen afhankelijk zijn van de buffering door aanvoer van basenrijk grond- of oppervlaktewater. In de rapportage van KWR (Evaluatie beleidsmeetnet verdroging Noord-Brabant, 2009) is een methode ontwikkeld om **doelrealisatiescores** te bepalen op grond van de gemeten waterkwaliteit en zuurgraad.

Doelrealisatiescores

In de door KWR ontwikkelde methodiek worden scores bepaald voor buffering, zuurgraad en verontreiniging. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een eenvoudige schaal. In tabel B.1 staat de methodiek beknopt weergegeven.

Tabel B.1: Aspecten waarop wordt gescoord bij de beoordeling van de waterkwaliteit en het aantal klassen dat wordt gebruikt in de beoordeling volgens de KWR-methode (2009)

Aspect	Variabelen waarop wordt ingedeeld	Aantal klassen
Basenrijkdom water	Bicarbonaat	2 (voldoende / onvoldoende)
Zuurgraad bodem	pH-H ₂ O	3 (voldoende / onvoldoende / slecht)
Kweldruk	Stijghoogte	3 (voldoende / onvoldoende / slecht)
Verontreiniging	Sulfaat, stikstof, chloride en fosfor	3 (voldoende / onvoldoende / slecht)

In deze rapportage wordt enkel uitgegaan van het aspect "verontreiniging", aangezien er van de overige bovengenoemde aspecten te weinig beschikbare informatie voorhanden is.

Risico op verontreiniging

Het risico op verontreiniging is bepaald op basis van de concentraties van stikstof (in de vorm van ammonium en nitraat), sulfaat en chloride.

- *Ammonium* en *nitraat* werken direct eutrofiërend op de vegetatie en zijn in natuurlijk grondwater vrijwel afwezig. Door bemesting van het inzijsgebied kan het nitraatgehalte in lokaal grondwater zijn verhoogd. Wanneer er voldoende organisch materiaal in de bodem aanwezig is zal onder anoxische omstandigheden een groot deel van het nitraat weer verdwijnen door denitrificatie. Wanneer stroombanen kort zijn en de bodem arm aan organisch materiaal, bestaat het risico dat het nitraat de kwelplekken bereikt. Ammonium werkt niet alleen vermestend, in hoge concentraties is het ook voor veel plantensoorten toxisch.
- *Sulfaat* werkt vooral indirect door op de voedselrijkdom, omdat het in anaerobe milieus de rol van zuurstof als oxidator overneemt en daarmee de afbraak van organisch materiaal stimuleert. Bij die afbraak van organisch materiaal komen weer nutriënten ter beschikking van de plantengroei. Bij sulfaatreductie wordt in aanwezigheid van ijzer ijzersulfide gevormd. Doordat daarbij ijzer wordt weggevangen kan aan ijzer gebonden fosfaat in oplossing gaan, wat eveneens bijdraagt aan een toename van de voedselrijkdom. Bij sulfaatreductie in een ijzerarm milieu kan giftig waterstofsulfide worden gevormd.

- *Chloride* is in hoge gehalten vooral een indicator voor verontreiniging omdat het normaliter in het ondiepe Brabantse grondwater nauwelijks voorkomt. In kustgebieden kan aanvoer van brak of zout grondwater ook een voorwaarde zijn voor de instandhouding van binnenlandse zoutvegetaties. Dit speelt echter in de provincie Noord-Brabant nauwelijks een rol (alleen in kreken in Zuidwest-Brabant).

Voor de overall beoordeling geldt het principe “one out, all out”. De slechtste score per parameter is leidend voor de overall beoordeling.

Referentiewaarden

In tabel B.2 staat aangegeven bij welke concentraties sulfaat, chloride en stikstof het grondwater is ingedeeld bij matig of sterk verontreinigd grondwater.

- Het grondwater wordt aangeduid als ‘matig verontreinigd’ wanneer de concentraties aan potentieel eutrofiërende of toxische stoffen duidelijk verhoogd is ten opzichte van natuurlijk grondwater, maar nog niet zo hoog zijn dat per definitie negatieve effecten optreden. Het risico is echter wel verhoogd dat nu of op korte termijn negatieve effecten op treden;
- Het grondwater wordt aangeduid als ‘sterk verontreinigd’ wanneer de concentraties zodanig hoog zijn dat directe effecten op standplaatscondities en plantengroei te verwachten zijn. Daarbij moet de kanttekening worden gemaakt dat over de kwantitatieve effecten van grondwaterkwaliteit op standplaatscondities en vegetatie weinig bekend is, en de grenswaarden tussen matig en sterk verontreinigd daarmee het karakter hebben van een ‘best guess’.

Tabel B.2: Indeling van grondwater naar verontreiniging volgens de KWR-methodiek (Runhaar e. a., 2009)

Parameter	Niet verontreinigd	Matig verontreinigd		Sterk verontreinigd
		Korte vegetaties	Bossen	
Sulfaat (mg SO ₄ /L)	≤ 20	> 20	> 40	> 100
Chloride (mg Cl/L)	≤ 20	> 20	> 40	> 200
N (mg N/L)	≤ 0,5	> 0,5		> 1

Voor sulfaat en chloride is bij de bepaling van de grenzen tussen niet en matig verontreinigd uitgegaan van de grenswaarden voor niet-verontreinigd grondwater in Noord-Brabantse natuurgebieden onder korte vegetaties (Runhaar et al, 2009). In het bijzonder voor sulfaat zijn echter hogere waarden genomen, omdat rekening te houden met het feit dat in het meetnet alleen het bovenste grondwater wordt bemonsterd. Behalve door indamping kan het sulfaatconcentraties in het ondiepe grondwater ook beïnvloed zijn door landgebruik, oxidatie en atmosferische depositie. Voor bossen zijn de grenswaarden voor zowel chloride als sulfaat verdubbeld, omdat hier door indamping in het ondiepe grondwater de concentraties sterk kunnen toenemen.

De grenzen tussen matig en sterk verontreinigd water zijn gelegd bij concentraties waarbij de betreffende stoffen naar verwachting leiden tot ongewenste effecten op de vegetatie door eutrofiering, vergiftiging en verzilting. Voor chloride is uitgegaan van de grenswaarde die voor veel zoetwaterplanten kritisch is (Runhaar et al. 2009), er van uitgaande dat deze waarden ook voor de meest gevoelige landplanten kritisch is. Of dat laatste ook daadwerkelijk het geval is, kan niet worden nagegaan omdat er over de gevoeligheid van landplanten voor licht verhoogde chloridegehalten in het wortelmilieu vrijwel niets bekend is. Voor sulfaat geldt iets soortgelijks: in oppervlaktewateren is bekend dat gehalten van ca. 100 mg sulfaat voldoende kunnen zijn om te leiden tot eutrofiëeringsproblemen (zie Runhaar e.a., 2009), maar of dit ook in terrestrische milieus het geval is, is onbekend.

Fosfaatconcentraties zijn niet gebruikt bij de indeling naar verontreiniging omdat (a) doorslag van fosfaat uit landbouwbemesting bij stroombanen van meer dan enkele meters nauwelijks te verwachten is en (b) natuurlijke fosfaatconcentraties in grondwater relatief hoog kunnen zijn ten opzichte van gehalten aan stikstof zonder dat dit hoeft te leiden tot eutrofiëeringsverschijnselen (door stikstofbeperking of vastlegging aan ijzer).

Op basis van de grenswaarden in tabel B.2 wordt de mate van verontreiniging / de waterkwaliteit ingeschaald in de klassen 'niet verontreinigd', 'matig verontreinigd' of 'sterk verontreinigd'. Bij de indeling op basis van chloride en sulfaat is uitgegaan van grondwater afkomstig uit pleistocene of holocene pakketten. De grenswaarden zijn niet bruikbaar bij de beoordeling van grondwater afkomstig uit fossiele of recente mariene afzettingen, waarin van nature hoge gehalten aan sulfaat en chloride aanwezig kunnen zijn. Dergelijke situaties komen in de onderzochte meetnetlocaties echter niet voor.

Gemaakte keuzes ten behoeve van referentienormen

Voor toetsing aan de referentienormen in deze verkennende studie moet een keuze gemaakt worden tussen de categorie 'korte vegetatie' of 'bossen'. Hierbij is gekeken in welk natuurdoeltype de betreffende peilbuis staat. Vervolgens is beoordeeld in welke categorie dit natuurdoeltype valt. Indien een peilbuis op een perceel staat waar geen natuurdoeltype aan toegekend is, dan is gekozen voor het meest nabijgelegen grondwaterafhankelijke natuurdoeltype.

Aandachtspunten voor deze verkenning

De KWR-methodiek is een indicatieve methode. Bij de referentienomen zijn natuurdoeltypen geaggregeerd tot twee groepen: 'korte vegetatie' en 'bossen'. Binnen deze groepen kunnen de randvoorwaarden voor ontwikkeling van een bepaald type vegetatie sterk uiteen lopen. Bijvoorbeeld op het gebied van nutriënten: binnen 'korte vegetatie' valt zowel natuurdoeltype 'Vochtig schraalland' als 'Bloemrijk grasland'. De voedingstoestand van het (grond)water bij 'Vochtig schraalland' is kritischer dan bij 'Bloemrijk grasland'.

Verder zijn aan beide groepen referentiewaarden gehangen. Deze waarden zijn over alle grondsoorten geaggregeerd: korte vegetatie op veen, korte vegetatie op klei, korte vegetatie op zand: de referentiewaarden zijn hier niet naar gespecificeerd.

In deze rapportage is er voor gekozen om de grondwaterkwaliteit uit een bepaalde peilbuis te toetsen aan de referentiewaarden die gelden bij het vegetatietype dat nagestreefd wordt op het stuk grond waar de betreffende peilbuis op staat. Het is niet bekend over welk areaal het grondwater een effect heeft en waar het grondwater ook daadwerkelijk tot in de wortelzone reikt of als kwel naar tot maaiveld zal komen cq. komt.

Ofwel: vooralsnog is niet bekend hoe de diverse grondwaterstromingen met elkaar verbonden zijn of van elkaar gescheiden zijn. De referentiewaarden voor sulfaat en chloride liggen voor 'bossen' hoger dan voor 'korte vegetatie'. Dit kan betekenen dat grondwater is getoetst aan referentiewaarden die niet overeen komen met het vegetatietype waar het ondiepe grondwater werkelijk in het veld van invloed zal zijn op de vegetatie (dus waar het grondwater werkelijk minimaal tot in de wortelzone komt).

2) OXV-methodiek

Toelichting

Chemische parameters die de antropogene belasting van het grondwater (zoals bemesting, verzuring) typeren zijn parameters als Cl^- , NO_3^- , K^+ en SO_4^{2-} . Er zijn daarnaast ook hydrochemische indicatoren die gebruikt kunnen worden om de belasting van het grondwater te herkennen en te begrijpen:

- het oxidatievermogen (OXV): $5[\text{NO}_3^-] + 7[\text{SO}_4^{2-}]$ (mmol/l);
- verhouding tussen waterstofbicarbonaat en de hardheid: $[\text{HCO}_3^-] / [\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}]$.

In het bijzonder het oxidatievermogen (OXV) is zeer geschikt gebleken om de effecten van bemesting te monitoren. Het voordeel van het gebruik van deze indicatoren ten opzichte van bijvoorbeeld alleen het gehalte NO_3^- of de pH en aluminium, is dat ze beïnvloeding van de waterkwaliteit eerder opmerken.

Een toename van het OXV (zonder toename van het nitraatgehalte) kan wijzen op overbemesting waarbij nitraat wordt omgezet door pyriet (terwijl sulfaat vrijkomt). Dit proces gaat vaak gepaard met een afname van de bicarbonaat/hardheid verhouding door de productie van sterk zuur. Zeer lage bicarbonaat/hardheid verhoudingen (< 1) gaan vaak gepaard met lage pH's en een verhoogde OXV maar dit is niet altijd het geval. Over het algemeen wijzen deze verhoudingen op verzuring en bevat de ondergrond weinig tot geen kalk meer. Het OXV is de som van sulfaat en nitraat en geeft een indicatie van de mate van antropogene belasting van het grondwater. Een indicatie voor de grootte van de antropogene belasting op basis van het OXV is opgenomen in onderstaand schema (tabel B.3).

Tabel B.3: Mate van antropogene belasting op basis van oxidatievermogen (OXV), waarbij: $5[\text{NO}_3^-] + 7[\text{SO}_4^{2-}]$ (mmol/l)

	Onbelast	OXV < 1 mmol/l
	Zwak belast	OXV 1- 3 mmol/l
	Matig belast	OXV 3 - 5 mmol/l
	Sterk belast	OXV 5 - 7 mmol/l
	Zeer sterk belast	OXV > 7 mmol/l

Bij het beoordelen van het OXV is het van belang om deze in het licht te zien van de algehele watersamenstelling, zodat de juiste conclusie getrokken wordt (Krikken e.a., 2009). Soms kan de verhouding sulfaat en nitraat door andere processen dan (puur) menselijke invloeden afwijken van wat als natuurlijk schoon grondwater wordt beschouwd.

Aandachtspunten voor deze verkenning

De mate van antropogene beïnvloeding gebaseerd op oxidatievermogen (OXV) is voor sommige NNP's niet relevant, zoals Wijnstgronden Uden. Hier zijn de hoge concentraties sulfaat het gevolg van een natuurlijk proces. Daarnaast is in dit rapport geen rekening gehouden met de grondsoort.

Grondsoort is ook geen relevante factor voor deze beoordelingsmethodiek. Wel is het zinvol om bij een volgende analyse ook de verhouding tussen bicarbonaat en hardheid (Ca+Mg). Hardheid kan hier beschouwd worden als de concentratie calcium. De concentratie magnesium voor het beheergebied van waterschap Aa en Maas is minder relevant).

Wanneer de verhouding 1 is dan kan worden aangenomen dat er geen verstoring is van het natuurlijke $\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-$ evenwicht. Het oplossen van kalk vindt plaats door 'natuurlijke' invloed. (onder invloed van CO_2 als zwak zuur)

Wanneer de verhouding 2 is dan kan aangenomen worden dat er verstoring is opgetreden in het evenwicht van oplossen van kalk door menselijke invloed: door sterk zuur als salpeterzuur en zwavelzuur (mondelinge mededeling A. Krikken op 29-06-2011).

3) Stuyfzand-methodiek

Toelichting

Via de Stuyfzand-methode wordt een watertypologie of 'vingerafdruk' aan het grondwater toegekend. Deze typologie is het eerst toegepast in de duinen en poldergebieden die sterk onder invloed van zee staan. Ook voor zoete gebieden is de typologie bruikbaar, omdat er later een aanpassing van de methodiek hiervoor heeft plaatsgevonden. Voordeel van de watertypologie volgens Stuyfzand is een eenduidige interpretatie van watermonsters. Daarnaast worden ook andere ionen meegenomen (dan alleen de maior-ionen: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , zoals NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , CO_3^{2-} , Al^{3+} , H^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+} . Hierdoor wordt dominantie van bijvoorbeeld nitraat eerder herkend (Lüers, F & P. Stuyfzand (review), 2007; Bongers e.a., 1999).

Via de Stuyfzand-methode wordt een indruk verkregen van achterliggende processen die van invloed zijn (geweest) op het grondwater; bijvoorbeeld; "Vertoont het ondiepe grondwater kenmerken van invloed door regionale grondwatersystemen of is beïnvloeding vooral van lokale aard?" en "Welke mate van bufferend vermogen heeft het grondwater?". In bijlage 3 is een schematische weergave getoond van de opbouw van de watertypologie volgens Stuyfzand.

Aandachtspunten voor deze verkenning

De kationen Mn^{2+} , Al^{3+} en CO_3^{2-} zijn niet geanalyseerd in de grondwatermonsters. Mogelijk dat een aantal Stuyfzand-typologieën er anders uitgezien zouden hebben, indien wel op alle relevante stoffen was geanalyseerd.

Bij de Stuyfzand-methodiek wordt de alkaliniteit bepaald op basis van bicarbonaat. Bicarbonaat is een lastig te bepalen parameter in (grond)water, waardoor eerder waarden verkregen kunnen worden die niet representatief zijn voor betreffende situatie in geval er uitgegaan zou zijn van Ca^{2+} en Mg^{2+} (totale hardheid). Een voordeel van de alkaliniteit is dat deze veel minder afhankelijk is van zoutgehalte (bijv. zeewaterinvloed). Hardheid is afhankelijk van het zoutgehalte, omdat Na^+ het Ca^{2+} verdringt. Hierdoor kan de hardheid verlaagd worden (Bongers & Spoelstra, 1999). Een ander meer relevant voordeel voor het beheergebied van waterschap Aa en Maas van alkaliniteit ten opzichte van totale hardheid is de koppeling die is te leggen met verzuring.

Bij het bepalen van de Stuyfzandtypologie is de basenuitwisselingscapaciteit (BEX) niet meegenomen in deze rapportage, omdat dit onderdeel vooral relevant is voor gebieden in het westen van Nederland (in het kader van verzilting). Bovendien is het aspect 'verzilting' al meegenomen in de KWR-methodiek, alleen dan toegespitst op het mogelijke negatieve effect van chloride op de vegetatie.

BIJLAGE 5: Referentiekader voor parameters in grondwater

Bij de beoordeling van deze analyseresultaten wordt geschreven in termen als 'lage', 'hoge' en 'verhoogde' concentraties en 'relatief' hoge en lage concentraties. Wanneer gesproken wordt over relatief hoge of lage concentraties is dit afgezet tegen de waterkwaliteitsgegevens van verschillende peilbuizen binnen dezelfde natte Natuurparel. Wanneer gesproken wordt over 'lage', 'hoge' en 'verhoogde' concentraties zijn de volgende uitgangspunten gekozen voor Fe-filtraat, sulfaat, bicarbonaat, nitraat, ammonium en fosfaat (Bobbink e.a. (2007), namelijk:

Fe-filtraat

- Laag : $\leq 1,7$ mg Fe-filtraat /l;
- Verhoogd : $> 1,7$ mg Fe-filtraat /l;

Sulfaat

- Laag : ≤ 20 mg/l
- Hoog : ≥ 96 mg/l

Bicarbonaat

- Laag : ≤ 15 mg/l
- Hoog : ≥ 92 mg/l.

Nitraat

- Laag : $\leq 1,55$ mg/l
- Verhoogd : $> 1,55$ mg/l.

Ammonium

- Laag : $\leq 1,8$ mg/l
- Verhoogd : $> 1,8$ mg/l.

Fosfaat

- Niet verhoogd : $< 0,06$ mg P-totaal /l
- Licht verhoogd : $0,06 - 0,155$ mg P-totaal/l
- Sterk verhoogd : $> 0,155$ mg P-totaal/l.

Zuurgraad

Gekeken is naar de indeling volgens Bal e.a.(2001), namelijk:

- Zuur : $3,5 - 4,5$
- Matig zuur : $4,5 - 5,5$
- Zwak zuur : $5,5 - 6,5$
- Neutraal : $6,5 - 7,5$
- Basisch: $> 7,5$

N.B.: Deze indeling is gebaseerd op pH-H₂O, terwijl in de grondwateranalyses uitgegaan is van pH-KCl gemeten. De pH-KCl valt iets lager uit dan de pH-H₂O (Dit verschil is niet noemenswaardig, mondelinge mededeling A. Krikken d.d. 29-06-2011)

Alkaliniteit

Gekeken is naar de indeling voor alkaliniteit volgens Stuyfzand (Lüers & Stuyfzand (review), 2007), namelijk:

- Zeer laag : ≤ 31 mg HCO₃⁻/l
- Laag : $31 - 61$ mg HCO₃⁻/l
- Matig laag : $61 - 122$ mg HCO₃⁻/l
- Matig : $122 - 244$ mg HCO₃⁻/l
- Matig hoog : $244 - 488$ mg HCO₃⁻/l
- Hoog : $488 - 976$ mg HCO₃⁻/l
- Zeer hoog : > 976 mg HCO₃⁻/l.

BIJLAGE 6: Peilbuisgegevens Natte Natuurparels

Stijghoogte en diepte peilbuis is gemeten t.o.v. bovenkant peilbuis. Grondwaterstand t.o.v. maaiveld kan voor de meeste peilbuizen nog niet berekend worden vanwege ontbrekende gegevens hoogte maaiveld.

Astensche Aa

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gASTEAA005	Beuken-Eikenbos (v)	22-12-09	112	253	ondiep
		13-07-10	196	253	ondiep
gASTEAA006	Bloemrijk grasland (d) (in grensgebied met Vochtig	16-07-10	180	331	ondiep
		22-12-09	100	331	ondiep
gASTEAA007	Vochtig schraalgrasland/bloemrijk grasland	22-12-09	70	339	ondiep
		16-07-10	164	339	ondiep

De Bult

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gDEBULT002	Berken-Eikenbos (v)	17-12-09	82	322	ondiep
		14-07-10	173	322	ondiep
gDEBULT003	Hoogveen	17-12-09	127	323	ondiep
		14-07-10	156	323	ondiep
gDEBULT004	Hoogveen	22-12-09	100	332	ondiep
		14-07-10	216	332	ondiep
gDEBULT005	Hoogveen	23-12-09	67	414	ondiep
		14-07-10	114	414	ondiep
gDEBULT006	Hoogveen	23-12-09	107	338	ondiep
		14-07-10	168	338	ondiep
gDEBULT007	Hoogveen	22-12-09	93	347	ondiep
		14-07-10	135	347	ondiep

De Bundertjes

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gAAHELM011	Elzenbroekbos	17-12-09	112	367	ondiep
		8-07-10	192	367	ondiep

Groote Peel

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gGROOPE001	Begeleid-natuurlijke eenheid	18-12-09	91	252	ondiep
		19-07-10	252	252	ondiep
gGROOPE002	Begeleid-natuurlijke eenheid	18-12-09	143	312	ondiep
		19-07-10	127	312	ondiep
gGROOPE003	Vochtig schraalland	18-12-09	175	368	ondiep
		19-07-10	148	368	ondiep
gGROOPE004*	Begeleid-natuurlijke eenheid	18-12-09	125	426	middeldiep
		19-07-10	164	426	middeldiep
gGROOPE005*	Begeleid-natuurlijke eenheid	18-12-09	128	282	ondiep
		19-07-10	115	282	ondiep

*) : Deze peilbuizen hebben binnen een Natte Natuurparels dezelfde xy-waarden, dus zeer waarschijnlijk verschillende filterdieptes. De filterdiepte is bepaald op basis van de gemeten peilbuisdiepte in het veld.

Deurnese Peel

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gDEURPE004	Geen, dichtst bij Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland	16-12-09	56	208	ondiep
		13-07-10	102	208	ondiep
gDEURPE009*	Bloemrijk grasland (v) / Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland	16-12-09	34	289	middeldiep
		09-07-10	86	289	middeldiep
gDEURPE010*	Bloemrijk grasland (v) / Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland	16-12-09	26	176	ondiep
		09-07-10	108	176	ondiep
gDEURPE020	Bloemrijk grasland (d) / Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland	17-12-09	92	253	ondiep
		13-07-10	157	253	ondiep
gDEURPE036*	Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland	16-12-09	88	410	middeldiep
		09-07-10	134	410	middeldiep
gDEURPE037*	Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland	16-12-09	45	247	ondiep
		09-07-10	115	247	ondiep

Het Zinkske

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gZINKSK012	Bloemrijk grasland (d) (met daarachter Vochtig schraalland)	17-12-09	128	229	ondiep
		08-07-10	172	229	ondiep

Hooge Raam

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gHOOGRA006	Geen, dichtst bij Moeras	22-12-09	162	376	ondiep
		16-07-10	156	376	ondiep
gHOOGRA007	Geen, dichtst bij Moeras en Vochtig schraalland/Bloemrijk	22-12-09	72	279	ondiep
		16-07-10	85	279	ondiep
gHOOGRA008	Geen, dichtst bij Bos met verhoogde natuurwaarde	22-12-09	76	290	ondiep
		16-07-10	92	290	ondiep
gHOOGRA009	Geen, dichtst bij Bloemrijk grasland (v)	22-12-09	79	284	ondiep
		16-07-10	104	284	ondiep

Hooiboecken

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gHOOIBR080	Vochtig schraalland	23-12-09	100	328	ondiep
		12-07-10	113	328	ondiep
gHOOIBR081*	Vochtig schraalland	23-12-09	149	443	ondiep
		12-07-10	155	443	ondiep
gHOOIBR082*	Vochtig schraalland	23-12-09	147	> 10	diep
		12-07-10	153	> 10	diep
gHOOIBR083*	Vochtig schraalland	23-12-09	142	> 10	diep
		12-07-10	148	> 10	diep
gHOOIBR084	Essen-lepenbos/Elzenbroekbos	23-12-09	92	291	ondiep
		12-07-10	87	291	ondiep
gHOOIBR085	Vochtig schraalland	24-12-09	105	301	ondiep
gHOOIBR086	Essen-lepenbos/Elzenbroekbos	24-12-09	106	294	ondiep
		12-07-10	114	294	ondiep
gHOOIBR087	Vochtig schraalland	23-12-09	105	288	ondiep
		12-07-10	104	288	ondiep

*) Deze peilbuizen hebben binnen een Natte Natuurparels dezelfde xy-waarden, dus zeer waarschijnlijk verschillende filterdieptes. De filterdiepte is bepaald op basis van de gemeten peilbuisdiepte in het veld.

De Moerputten

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gMOERPU001	Vochtig Schraalland/Bloemrijk grasland	15-07-10	38	?	ondiep
gMOERPU002	Vochtig Schraalland/Bloemrijk grasland	23-12-09	32	322	ondiep
		20-07-10	94	322	ondiep
gMOERPU003	Vochtig Schraalland	15-07-10	78	?	ondiep

Oude Goren

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gOUDGOO012	Vochtig Schraalland	17-12-09	33	231	ondiep
		13-07-10	42	231	ondiep

Sang en Goorkens

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gSANGOO002*	Elzenbroekbos	03-12-09	?	398	ondiep
		17-06-10	88	398	ondiep
		23-08-10	34	398	ondiep
gSANGOO003*	Elzenbroekbos	03-12-09	?	?	diep
		17-06-10	45	?	diep
		23-08-10	38	?	diep
gSANGOO006	Berkenbroekbos/Elzenbroekbos	03-12-09	?	?	ondiep
		18-06-10	68	?	ondiep
gSANGOO007	Berkenbroekbos/Elzenbroekbos	03-12-09	?	?	ondiep
gSANGOO008	Berkenbroekbos/Elzenbroekbos	03-12-09	?	?	ondiep
		18-06-10	136	?	ondiep
gSANGOO009	Berkenbroekbos/Elzenbroekbos	03-12-09	?	?	ondiep
		18-06-10	66	?	ondiep
gSANGOO010	Berkenbroekbos/Elzenbroekbos	03-12-09	?	?	ondiep
		18-06-10	144	?	ondiep
gSANGOO012	Elzenbroekbos	03-12-09	?	?	ondiep
		17-06-10	45	?	ondiep
		24-08-10	52	?	ondiep
gSANGOO016	Bloemrijk grasland (d) en verderop Bloemrijk grasland (v)	03-12-09	?	?	ondiep
		17-06-10	120	?	ondiep
gSANGOO017	Elzenbroekbos (op grens met Moeras)	03-12-09	?	?	ondiep
		17-06-10	100	?	ondiep
		23-08-10	84	?	ondiep
gSANGOO019	Elzenbroekbos	03-12-09	?	?	ondiep
		18-06-10	75	?	ondiep
		23-08-10	61	?	ondiep
gSANGOO026	Geen - grensgeval Elzenbroekbos en Vochtig schraalland	03-12-09	?	?	ondiep
		17-06-10	101	?	ondiep
		23-08-10	83	?	ondiep

*) : Deze peilbuizen hebben binnen een Natte Natuurparels dezelfde xy-waarden, dus zeer waarschijnlijk verschillende filterdieptes. De filterdiepte is bepaald op basis van de gemeten peilbuisdiepte in het veld.

Wijstgronden Uden

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm - bp)	Filterdiepte
gANNABO008	Vochtig schraalland	09-07-09	?	?	ondiep
		02-12-09	?	?	ondiep
gANNABO011	Geen - dichtst bij Bloemrijk grasland (v)	09-07-09	?	?	ondiep
		02-12-09	?	?	ondiep
gANNABO012	Geen - dichtst bij Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland	09-07-09	?	?	ondiep
		02-12-09	?	?	ondiep
gANNABO015	Geen - dichtst bij Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland	09-07-09	?	?	ondiep
		02-12-09	?	?	ondiep
gANNABO016	Elzenbroekbos	09-07-09	?	?	ondiep
		02-12-09	?	?	ondiep
gANNABO017	Vochtig schraalland	09-07-09	?	?	diep
		02-12-09	?	?	diep
gANNABO018	Multifunctioneel bos (op grens met Vochtig schraalland/Bloemrijk)	09-07-09	?	?	diep
		02-12-09	?	?	diep
gANNABO117	Vochtig schraalland	09-07-09	?	?	middeldiep
		02-12-09	?	?	middeldiep
gANNABO118	Multifunctioneel bos (op grens met Vochtig schraalland/Bloemrijk)	09-07-09	?	?	ondiep
		02-12-09	?	?	ondiep
gANNABO217	Vochtig schraalland	09-07-09	?	?	ondiep
		02-12-09	?	?	ondiep

Sompen en Zooislagen

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm - bp)	Filterdiepte
gSOMZOO002	Grens Vochtig schraalland met Natte ruigte	24-12-09	110	347	ondiep
		15-07-10	127	347	ondiep
gSOMZOO003	Vochtig schraalland	24-12-09	107	335	ondiep
		15-07-10	123	335	ondiep
gSOMZOO004	Natte ruigte	24-12-09	130	353	ondiep
		15-07-10	142	353	ondiep
gSOMZOO005	Hakhout/Griend	24-12-09	151	342	ondiep
		15-07-10	172	342	ondiep
gSOMZOO006	Dotterbloemhooiland	24-12-09	112	194	ondiep
		15-07-10	140	194	ondiep
gSOMZOO007	Dotterbloemhooiland	24-12-09	79	342	ondiep
		15-07-10	103	342	ondiep

Strabrechtse Heide

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm - bp)	Filterdiepte
gSTRABRE001	Droge heide - dicht bij Natte heide	22-12-09	237	357	ondiep
		20-07-10	264	357	ondiep
gSTRABRE009	Geen - dichtst bij Berken-Eikenbos (v)/Berkenbroekbos	22-12-09	156	371	ondiep
		20-07-10	210	371	ondiep

*) : Deze peilbuizen hebben binnen een Natte Natuurparels dezelfde xy-waarden, dus zeer waarschijnlijk verschillende filterdieptes. De filterdiepte is bepaald op basis van de gemeten peilbuisdiepte in het veld.

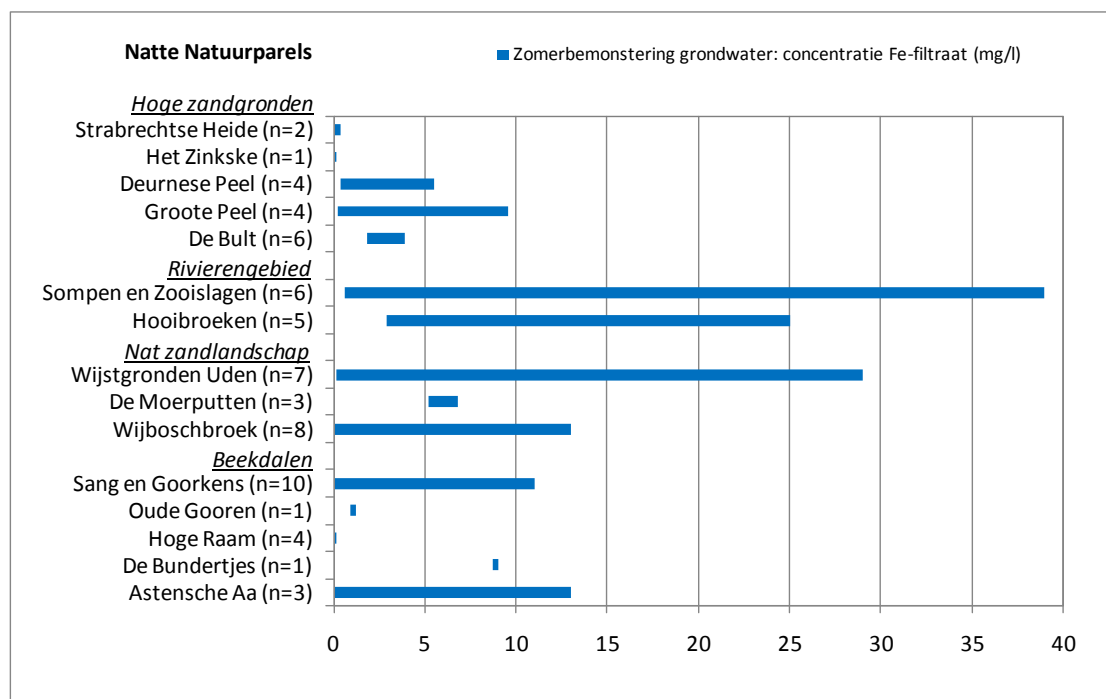
Wijboschbroek

Peilbuis	Natuurdoeltype	Datum	Stijghoogte (cm - bp)	Diepte peilbuis (cm -bp)	Filterdiepte
gWIJBOS001	Vogelkers-Essenbos/ Elzenbroekbos	11-12-09	103	?	ondiep
		08-07-10	234	?	ondiep
gWIJBOS002	Bloemrijk grasland (v)	08-12-09	90	?	ondiep
		07-07-10	194	?	ondiep
gWIJBOS003	Bloemrijk grasland (v)	08-12-09	79	?	ondiep
		07-07-10	179	?	ondiep
gWIJBOS004	Bloemrijk grasland (v)	08-12-09	71	?	ondiep
		07-07-10	179	?	ondiep
gWIJBOS006	Bloemrijk grasland (v)	08-12-09	60	?	ondiep
		07-07-10	180	?	ondiep
gWIJBOS007	Berken-Eikenbos (d), dichtst bij Vogelkers-Essenbos	11-12-09	164	?	ondiep
		08-07-10	267	?	ondiep
gWIJBOS008	Vogelkers-Essenbos	11-12-09	104	?	ondiep
		09-07-10	215	?	ondiep
gWIJBOS009	Vogelkers-Essenbos	11-12-09	101	?	ondiep
		08-07-10	203	?	ondiep
gWIJBOS012***	-	07-07-10	?	?	ondiep
gWIJBOS014	Bloemrijk grasland (v)	08-12-09	87	?	ondiep

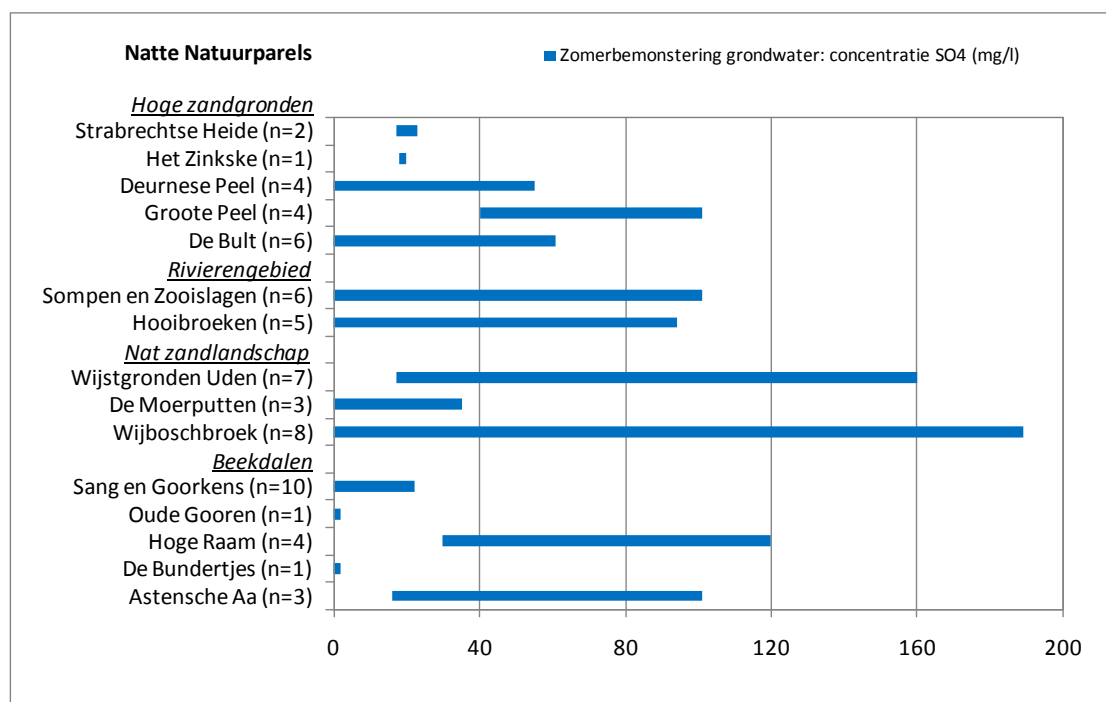
***: Niet kunnen bemonsteren. Peilbuis is afgebroken. Bij veldbezoek werden stukjes peilbuis teruggevonden in het veld.

BIJLAGE 7: Spreiding concentraties van enkele indicatieparameters in Natte Natuurparels

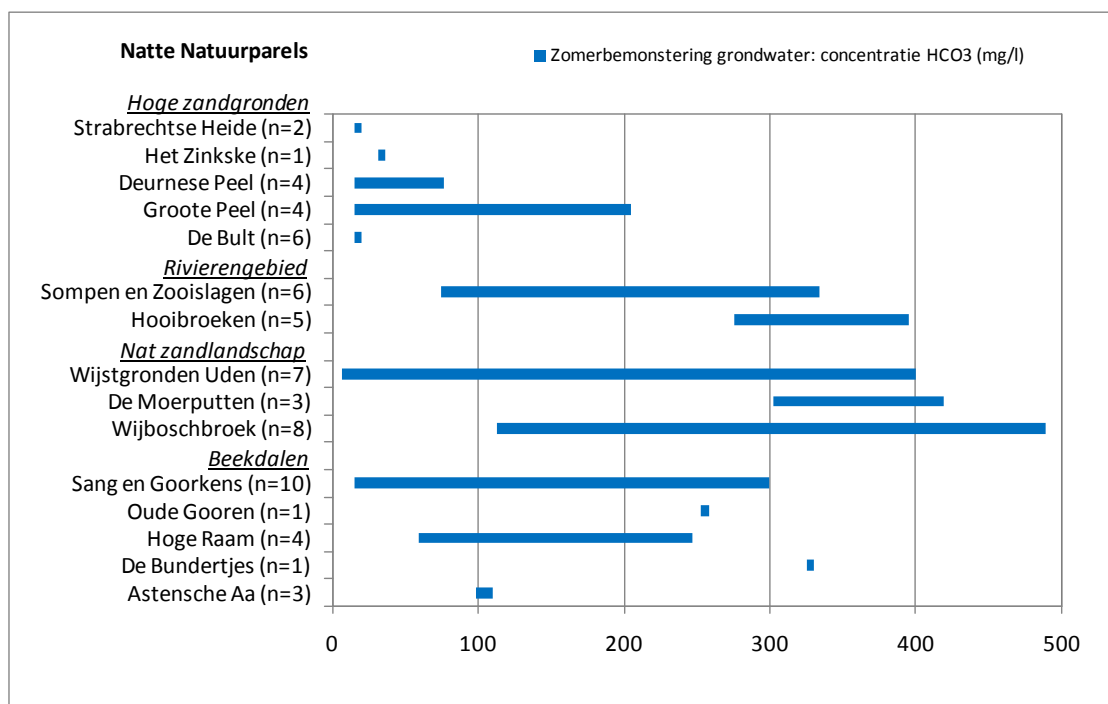
N.B.: Indien er slechts één peilbuis beschikbaar was in een NNP dan kan geen spreiding aangegeven worden. In deze situatie is via een smalle balk in de grafiek de waarde aangeduid die aangetroffen is in de betreffende peilbuis.



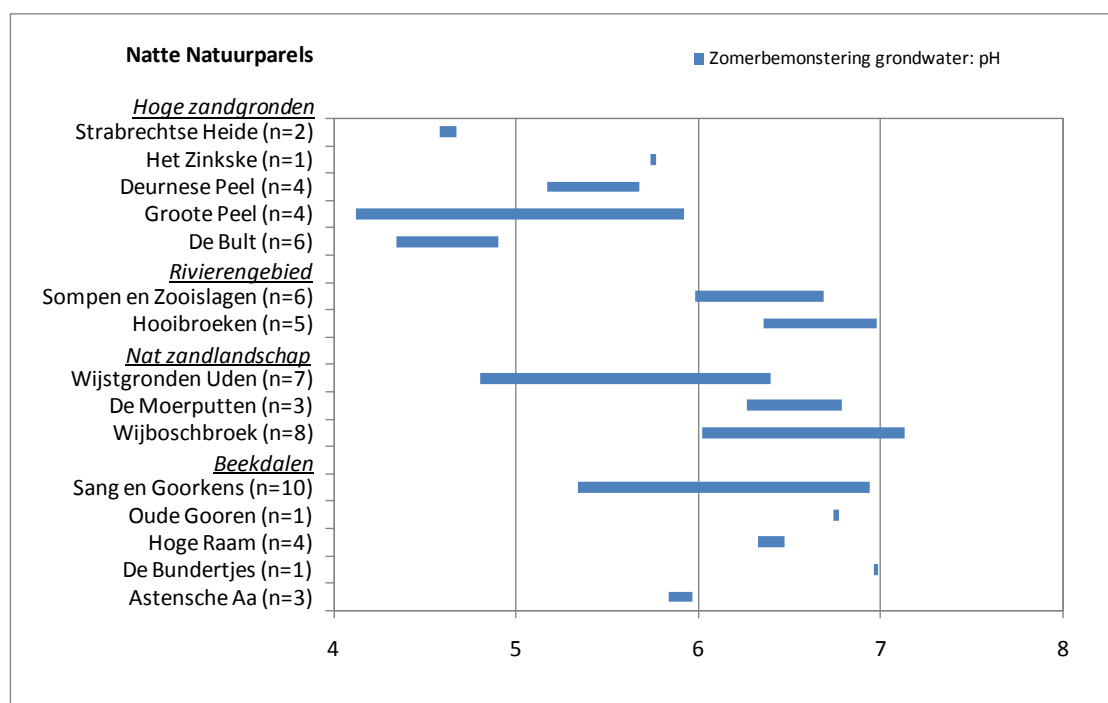
Figuur B7.1: Spreiding van de concentratie Fe-filtraat in ondiep grondwater bij een éénmalige bemonstering van peilbuizen in Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009). Het aantal bemonsterde peilbuizen is aangegeven met 'n'.



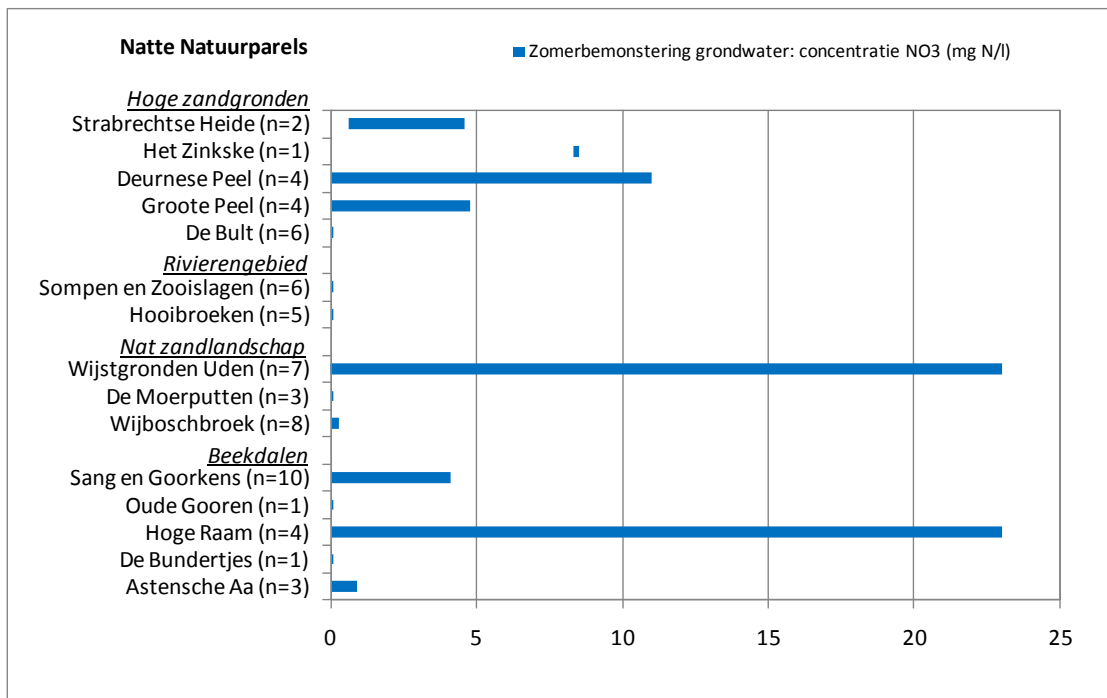
Figuur B7.2: Spreiding van de concentratie sulfaat in ondiep grondwater bij een eenmalige bemonstering van peilbuizen in Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009). Het aantal bemonsterde peilbuizen is aangegeven met 'n'.



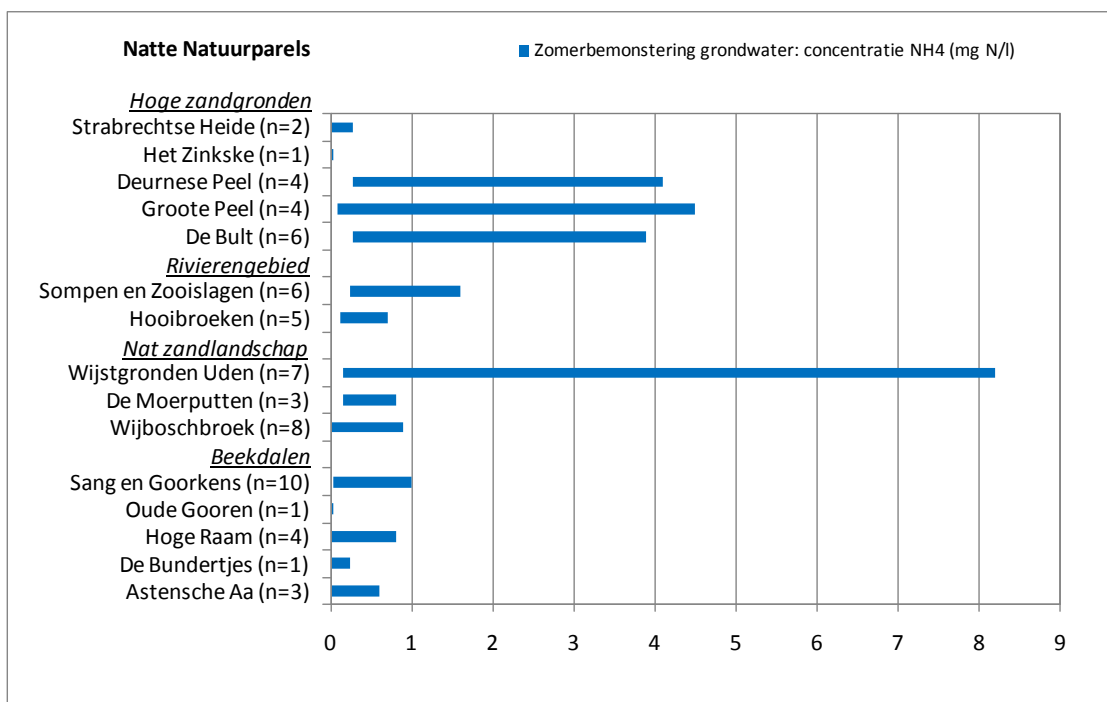
Figuur B7.3: Spreiding van de concentratie bicarbonaat in ondiep grondwater bij een éénmalige bemonstering van peilbuizen in Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009). Het aantal bemonsterde peilbuizen is aangegeven met 'n'.



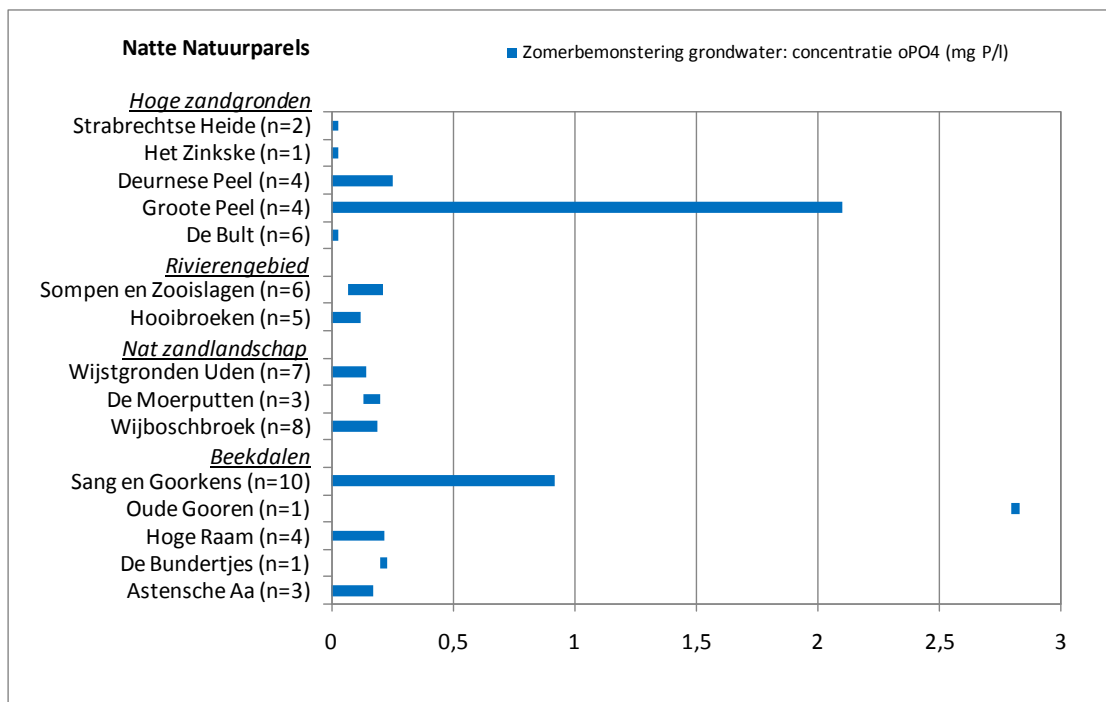
Figuur B7.4: Spreiding van de zuurgraad (pH) van ondiep grondwater bij een éénmalige bemonstering in peilbuizen in Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009). Het aantal bemonsterde peilbuizen is aangegeven met 'n'.



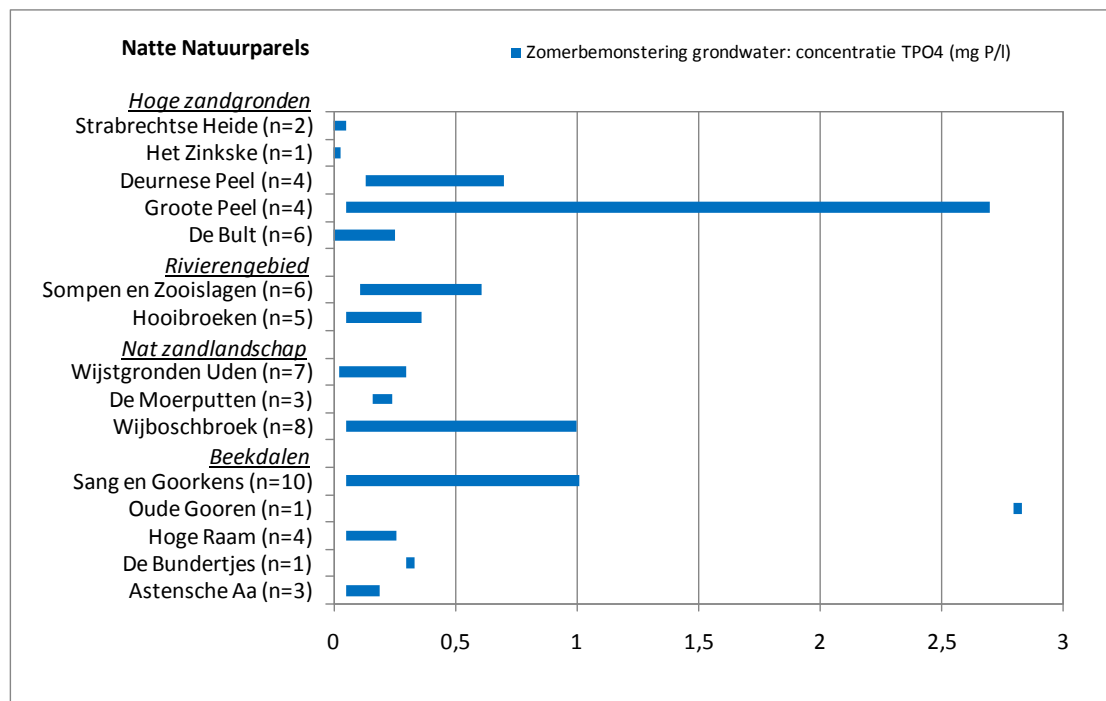
Figuur B7.5: Spreiding van de concentratie nitraat in ondiep grondwater bij een éénmalige bemonstering van peilbuizen in Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009). Het aantal bemonsterde peilbuizen is aangegeven met 'n'.



Figuur B7.6: Spreiding van de concentratie ammonium in ondiep grondwater bij een éénmalige bemonstering van peilbuizen in Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009). Het aantal bemonsterde peilbuizen is aangegeven met 'n'.



Figuur B7.7: Spreiding van de concentratie ortho-P in ondiep grondwater bij een éénmalige bemonstering van peilbuizen in Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009). Het aantal bemonsterde peilbuizen is aangegeven met 'n'.



Figuur B7.8: Spreiding van de concentratie totaal-P in ondiep grondwater bij een éénmalige bemonstering van peilbuizen in Natte Natuurparels in beheergebied van waterschap Aa en Maas, bemonstering in de zomer van 2010 (Wijstgronden Uden 2009). Het aantal bemonsterde peilbuizen is aangegeven met 'n'.

BIJLAGE 8: Informatiebladen grondwaterkwaliteit per Natte Natuurparel

1	Informatieblad Astensche Aa
2	Informatieblad De Bult
3	Informatieblad De Bundertjes / Aa bij Helmond
4	Informatieblad De Moerputten
5	Informatieblad Deurnese Peel
6	Informatieblad Groote Peel
7	Informatieblad Het Zinkske
8	Informatieblad Hoge Raam
9	Informatieblad Hooibroeken
10	Informatieblad Oude Gooren
11	Informatieblad Sang en Goorkens
12	Informatieblad Sompen en Zooislagen
13	Informatieblad Strabrechtse Heide
14	Informatieblad Wijboschbroek
15	Informatieblad Wijstgronden Uden

Colofon

Verkenning grondwaterkwaliteit in Natte Natuurparels in het beheergebied van waterschap Aa en Maas

Opdrachtgever

Rob Merkelbach

Status

Definitief

Projectleider

Bart Brugmans

Auteurs

Hanneke van Zuilichem & Bart Brugmans

Dataverwerking

Jon Mensink & André de Jong

A3-Kaarten bij informatiebladen

Cluster GIS

Collegiale toets

Intern

Extern

Hans de Bruin, Mirja Kits, Jappe Beekman

Lotte Fleskens (Waterschap De Dommel)

Andries Krikken (Royal Haskoning)

Vrijgegeven door

Rob Merkelbach

's-Hertogenbosch, 21 oktober 2011

Waterschap Aa en Maas
Pettelaarpark 70
5216 PP 's-Hertogenbosch
tel 073 615 66 66
fax 073 615 66 00

info@aaenmaas.nl
www.aaenmaas.nl

© waterschap Aa en Maas. Alle rechten voorbehouden