

Herkomst van meststoffen in open water Aa en Maas

Gé van den Eertwegh (KnowH₂O), Andries Krikken, Floris Verhagen (RoyalHaskoningDHV), Harrie Menning en Wim van der Hulst (Waterschap Aa en Maas)

Nutriënten vormen een knelpunt in het oppervlaktewater van waterschap Aa en Maas. Om gericht maatregelen te kunnen nemen is het nodig de bronnen van deze stoffen te identificeren en te kwantificeren. Voor combinaties van deelstroomgebieden en KRW-oppervlaktewaterlichamen is een analyse gemaakt. Door metingen, modelberekeningen en kennis van het grond- en oppervlaktewatersysteem te combineren ontstaat een gedetailleerd en kwantitatief beeld van de herkomst en transportroutes van stikstof (N) en fosfor (P) in open water.

Achtergrond en doelstelling van het onderzoek

De fysisch-chemische kwaliteit van de KRW-waterlichamen in het beheergebied van waterschap Aa en Maas voldoet in ongeveer tweederde van de gevallen niet door te hoge stikstof- en fosforconcentraties. Uit de evaluatie van het Waterbeheersplan (WBP) [1] blijkt dat de waterkwaliteit zich positief ontwikkelt, maar nog onvoldoende is om ecologisch herstel mogelijk te maken. Een effectief maatregelenpakket is alleen mogelijk als de herkomst en transportroutes van nutriënten (N en P) in detail bekend zijn. Zo kan een relatie worden gelegd met actoren, zoals het waterschap (afvalwater-zuiveraar en waterbeheerder), de landbouw en bovenstroomse land- en watergebruikers. Daarom hebben we de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- Wat is de herkomst van water, stikstof en fosfor op het schaalniveau van hydrologische stroomgebieden en KRW-waterlichamen in zomer en winter?
- Welke transportroutes volgen het water en de nutriënten ten aanzien van de afvoer van het neerslagoverschot richting het oppervlaktewater?
- Waar zijn welke bronnen aanwezig van water, N en P in het beheergebied van Aa en Maas en wie zijn de actoren bij deze bronnen?

Aanpak en methode

Waterschap Aa en Maas kent 45 KRW-oppervlaktewaterlichamen en zo'n 35 stroomgebieden. Deze zijn op basis van geografische ligging en hydrologische begrenzing geclusterd tot 29 gebieden (combinaties van deelstroomgebied en KRW-waterlichaam). Voor elk van deze gebieden is de mate van beïnvloeding vanuit vier bronnen gekwantificeerd. Dit zijn (1) het grondwater, (2) de bovenstroomse aanvoer, (3) het rwzi-effluent en (4) inlaatwater. Aangezien de zomer- en wintersituatie sterk verschillen is hierin onderscheid gemaakt. Verder zijn de normen voor N en P in het oppervlaktewater zomerhalfjaar- gemiddelden (zie ook het kader). De stofbelastingen in de zomer zijn dus zeer van belang. Toch verdient ook de winterlozing aandacht in verband met afwenteling in tijd en ruimte.

Normering van N en P voor grond- en oppervlaktewater

Uit de resultaten van de officiële KRW-toetsing voor N en P blijkt dat voor N-totaal het KRW-oordeel meestal matig is. Voor P-totaal is het KRW-oordeel veelal matig tot ontoereikend. Deze oordelen zijn gebaseerd op zomerhalfjaar-gemiddelde normen die verschillen per type waterlichaam. De range aan normen voor het oppervlaktewater loopt bij Aa en Maas voor stikstof van 1 tot 2,8 mg/L N en voor P van 0,11 tot 0,22 mg/L P.

De stikstofnorm (wettelijk vastgelegd door EU, mag niet worden overschreden) voor grondwater is 50 mg/L nitraat-N. Voor fosfaat geldt een streefwaarde van 0,3 mg/L P (door Nederland vastgesteld, richtinggevend).

Een nitraat-concentratie van 50 mg/L komt overeen met een N-concentratie van 11,3 mg/L. Dit betekent dat er een discrepantie in normstelling is voor nutriënten in oppervlaktewater en in grondwater. De discrepantie heeft tot gevolg dat grondwaterbeheer, en ook bijvoorbeeld het mestbeleid, veel minder een probleem 'ziet' dan de oppervlaktewaterbeheerder – ook het generieke landelijke mestbeleid is namelijk volledig afgestemd op de nitraatnorm van 50 mg/L. Uit deze studie blijkt dat grondwater een belangrijke bron en transportroute is, die zorgt voor een aanzienlijke belasting van het oppervlaktewater. Aa en Maas gaat de discrepantie in normstelling agenderen en zal de discussie aangaan met de provincie Noord-Brabant (Maas-stroomgebied) en het Rijk om de normering van N en P voor grond- en oppervlaktewater in de toekomst beter op elkaar af te stemmen.

Voor de schatting van de eerste component, het grondwater, is gebruik gemaakt van het Brabant-brede grondwatermodel. Op basis van een analyse van afvoercomponenten [2, 3] is de totale grondwaterafvoer verdeeld in oppervlakkige afvoer en afvoer van ondiep en diep grondwater. Dit is gedaan omdat de chemische signatuur voor elk van deze drie componenten verschillend is [4, 5, 6]. De grondwaterkwaliteit wordt weer bepaald door het land- en bodemgebruik. Aan de afzonderlijke brontermen van water zijn verschillende stofconcentraties voor N-tot en P-tot gekoppeld. Deze zijn herleid uit metingen aan het freatische en diepe grondwater [4], dan wel uit literatuur [5]. Door de kwaliteit van deze combinaties te combineren met de verschillende afvoercomponenten ontstaat een gedifferentieerd beeld van de grondwatercomponent. Voor de volledige rapportage verwijzen we naar [7].

Transportroutes van water en stoffen

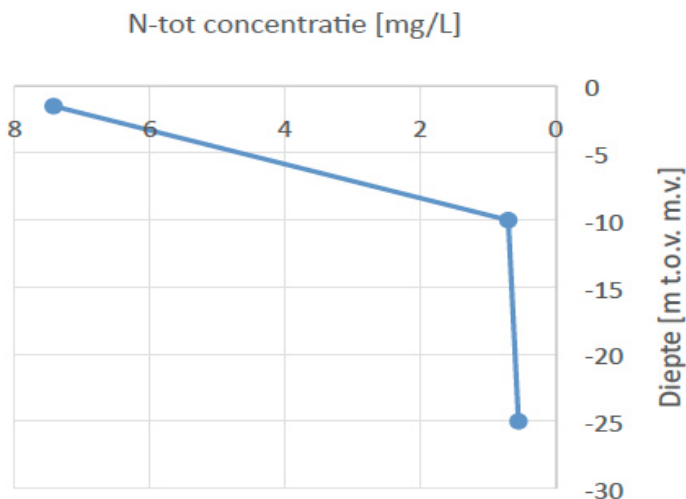
Op gebiedsniveau hebben we te maken met de volgende bronnen van water en stoffen:

- inlaatwater van buiten het gebied;
- aanvoer van water van elders in het gebied;
- effluent van rwzi;
- afvoer van grondwater.

Inlaatwater, aanvoerwater en rwzi-effluent hebben een duidelijke chemische signatuur voor N en P. De stofvracht kan bepaald worden door de stofconcentraties in de waterstroom (mg/L of g/m³) te vermenigvuldigen met de volumestroom (m³/tijdseenheid). Grondwater echter heeft geen eenduidige chemische signatuur voor N en P. Stofconcentraties en daarmee de samenstelling van het grondwater op een bepaalde locatie worden met name bepaald door [8]:

1. inbreng van stoffen aan het maaiveld;
2. stroming en hieraan gerelateerde reis- en verblijftijd van grondwater;
3. chemische processen in de onverzadigde en verzadigde zone, zoals oplos-, neerslag-, sorptie- en afbraakprocessen.

N en P hebben een karakteristiek concentratie-diepteprofiel in het grondwater (afbeelding 1). Het oppervlaktewater is een mengsel van jong, dus ondiep grondwater en ouder, diep grondwater. Daarnaast kan er sprake zijn van oppervlakkige afvoer tijdens of vlak na regenval. De genoemde mengverhouding kan per gebied verschillen, want het uittredende grondwater heeft in elk gebied een karakteristieke ouderdomsverdeling.

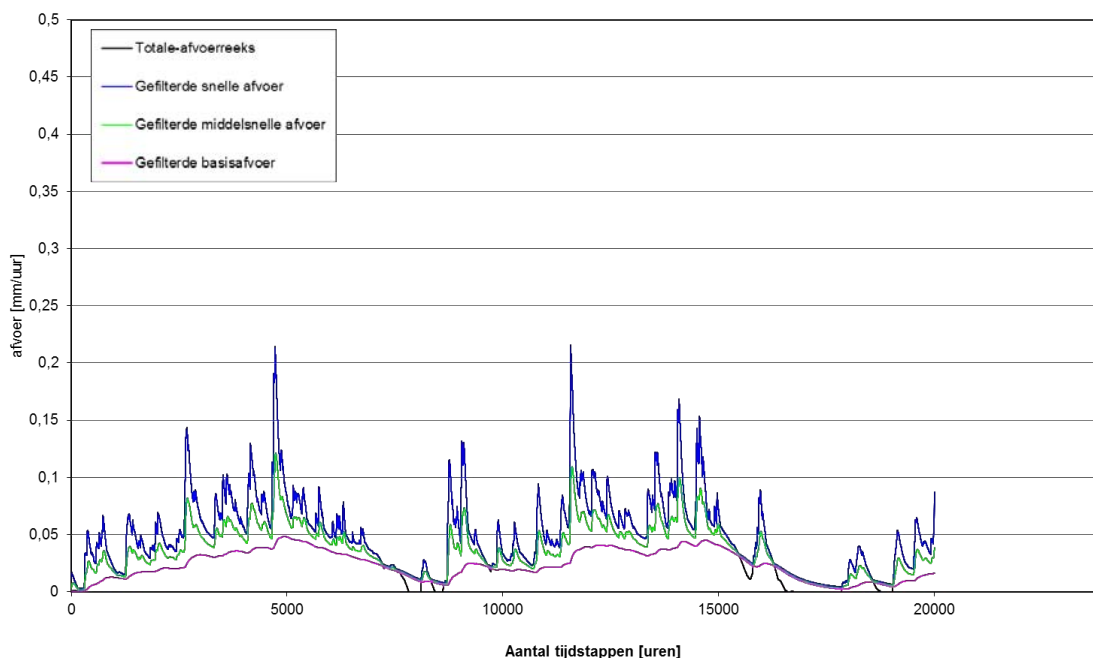


Afbeelding 1. Berekende gemiddelde N-tot concentraties in grondwater als functie van de meetdiepte
 Gemiddelden voor freatisch grondwater en water op 10 en 25 m beneden maaiveld, berekend uit metingen in [4], (meetronde 2012 van het Provinciaal Meetnet Bodemkwaliteit (PMB), het Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG) en het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG)).

In [4] zijn meetdata gerapporteerd van freatisch en diep grondwater (10 en 25m-m.v.). In [5] zijn kentallen verzameld voor oppervlakkige afvoer. Vanwege het diepte-concentratieverloop voor N en P, zijn uit de afvoerverlopen van de geanalyseerde hydrologische stroomgebieden afvoercomponenten geschat met behulp van de 'Willems-methode' [2, 3]. Afbeelding 2 laat een voorbeeld zien van een tijdreeks met afvoeren, die zijn gesplitst in drie componenten:

- oppervlakkige afvoer
- afvoer van freatisch grondwater (1 à 2 m-m.v.)
- afvoer van diep grondwater (>10 m-m.v.)

Deze componenten en de volumestroom aan water per component zijn op seizoensbasis (m³/halfjaar) gekoppeld aan N- en P-concentraties (g/m³) uit genoemde referenties om stofvrachten te schatten. Zo ontstaat een gekwantificeerd beeld van transportroutes en stofvrachten.



Afbeelding 2. Voorbeeld van afvoerverloop en de splitsing van de totale afvoer in drie componenten: snelle (blauw), middelsnelle (groen) en basisafvoer (paars)

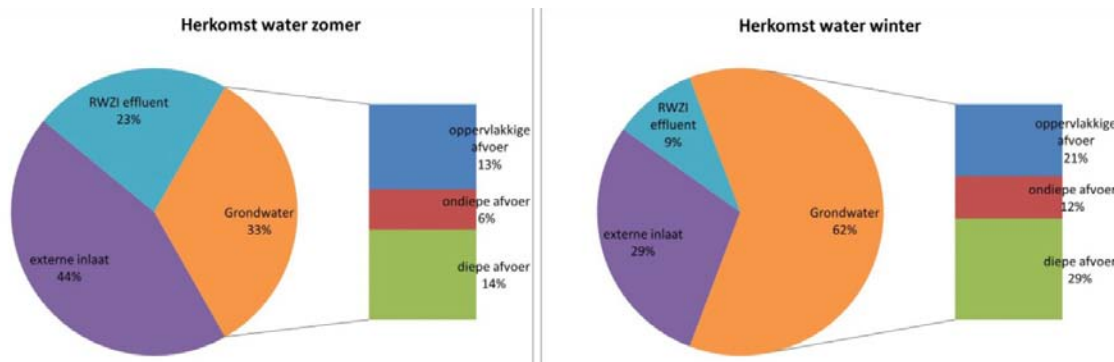
Deze drie zijn voor deze studie vertaald naar oppervlakkige afvoer, afvoer van freatisch grondwater (1 à 2 m-m.v.) en van diep grondwater (>10 m-m.v.) [2].

Voor de oppervlaktewatercomponent is in eerste instantie uitgegaan van metingen. Er is gebruik gemaakt van het volledige hydrologische en chemische meetnet en meetreeksen voor de periode april 2010 tot en met september 2013. De oppervlaktewaterkwaliteit is gebaseerd op ruim 100 meetpunten. De gemeten aanvoer en afvoer in watergangen zijn aangevuld met afvoerberekeningen van het regionale grondwater. Zo kan berekend worden of de aanvoer via bovenstroomse watergangen en de grondwaterafvoer opgeteld gelijk zijn aan de gemeten afvoer benedenstrooms.

De waterstromen in beeld

Als eerste stap is de herkomst van het water in beeld gebracht (afbeelding 3).

In de winter is er vooral afvoer naar het oppervlaktewatersysteem. 's Zomers is er naast afvoer ook regelmatig infiltratie vanuit het oppervlaktewatersysteem naar de bodem. Dit is het geval in de poldergebieden waar water wordt ingelaten ten behoeve van peilbeheer maar ook in de vrij afwaterende gebieden waar sprake is van wateraanvoer vanuit het kanalenstelsel.



Afbeelding 3. Herkomst van het oppervlaktewater voor een gemiddeld winterhalfjaar en zomerhalfjaar, voor het gehele beheergebied van waterschap Aa en Maas

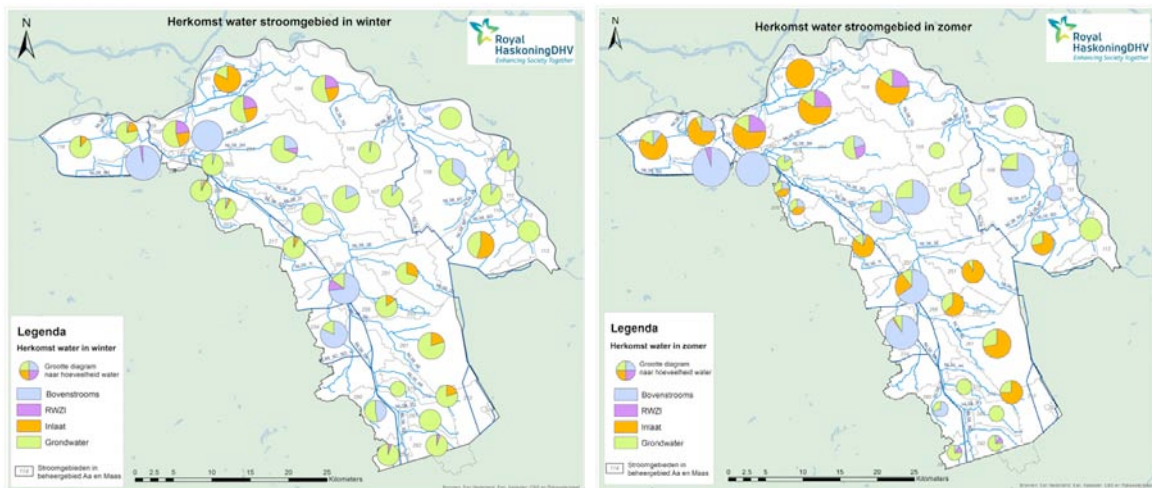
Het neerslagoverschot in de periode 2010 t/m 2013 bedraagt gemiddeld bijna 300 mm/jaar. Hiervan komt 220 mm/jaar via het oppervlaktewatersysteem van Aa en Maas tot afvoer en is daarmee gebiedseigen afvoer. Het resterend gemiddelde neerslagoverschot van 80 mm/jaar komt niet in het beheergebied tot afvoer, maar infiltreert naar het diepere grondwatersysteem en wordt later onttrokken door een grondwaterwinning, of komt tot afvoer in de Maas door haar direct drainerende werking.

Uit de analyse blijkt dat de grondwatercomponent in het winterhalfjaar een grotere rol speelt. 62% van het oppervlaktewater heeft dan het grondwater als bron. Dit komt doordat in nattere perioden de grondwaterstand hoger is, zodat ook de kleinere waterlopen en sloten en greppels bijdragen aan de afvoer. De bijdrage van externe inlaten vanuit de Maas en het kanalenstelsel is in de winter 29%. In de zomer is bijdrage van inlaatwater in de totale afvoer dominant (44%) en is de bijdrage vanuit het grondwatersysteem minder (33%). Dit komt doordat het neerslagoverschot 's zomers geringer is en de grondwaterstand lager. Bij dalende grondwaterstanden vallen sloten steeds meer droog en beperkt de afvoer zich meer tot regionaal grondwater, op weg naar het primaire afwateringssysteem.

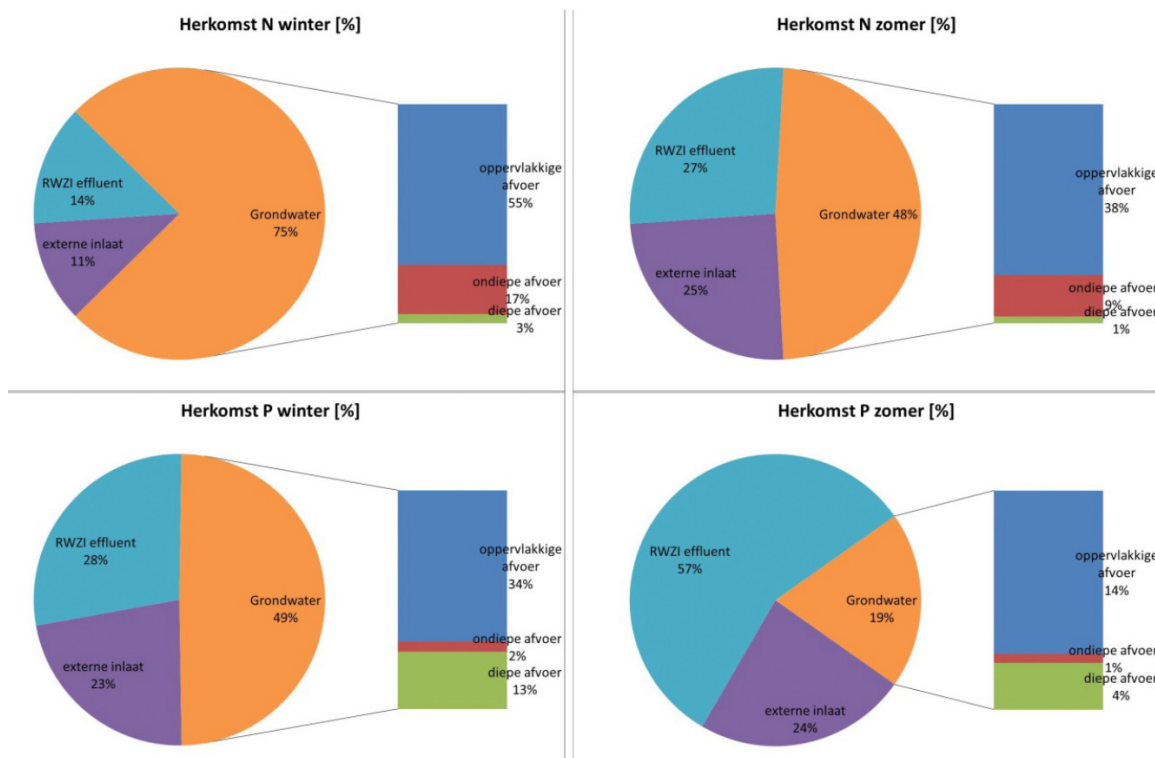
Afbeelding 4 laat het beeld zien van de ruimtelijke herkomst van water. Te zien is dat grote delen van het stroomgebied van Aa en Maas worden bepaald door inlaat van water uit de Maas en bovenstroomse doorvoer van dit water door de kanalen. In de winter speelt inlaat een veel kleinere rol en is in de meeste deelstroomgebieden de aanvoer vanuit grondwater de grootste component.

De stofstromen in beeld

Het beeld van de relatieve bijdrage van de diverse bronnen in de vracht N en P verschilt t.o.v. die voor de hoeveelheid water. In de zomer is de lozing vanuit rwzi's de grootste bron wat betreft P. Inlaatwater speelt een significante rol in de belasting van de KRW-waterlichamen (afbeelding 5). In de winter is de oppervlakkige afvoer van N en P de dominante bron.



Afbeelding 4. Herkomst van water per combinatie van KRW-waterlichaam en deelstroomgebied, voor een gemiddeld winterhalfjaar en zomerhalfjaar

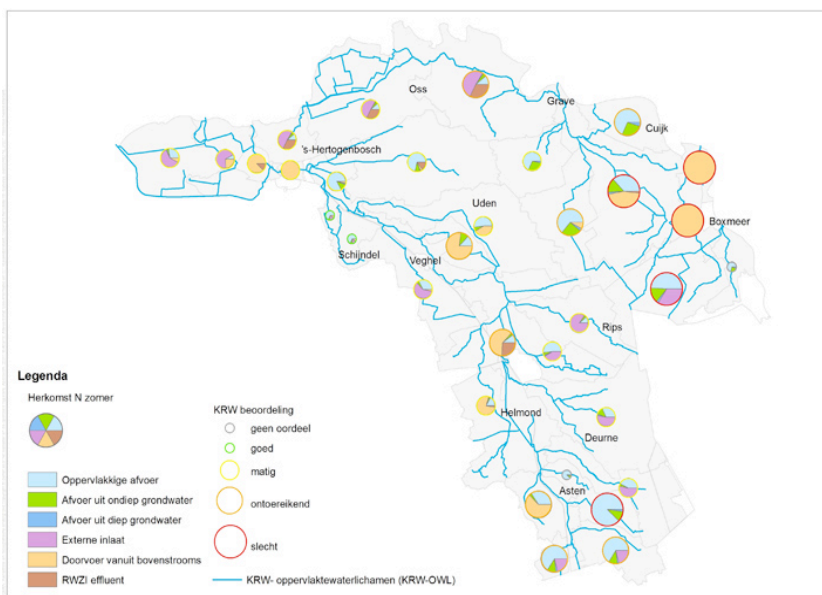


Afbeelding 5. Herkomst van N en P voor een winter- en zomerhalfjaar in het oppervlaktewater van waterschap Aa en Maas

Oppervlakkige afstroming is vaak de belangrijkste transportroute voor de vrachten N en P (afbeelding 5), voor N geldt dit zomer en winter, voor P met name in de winter. Voor de N-vrachten komt 75% tot stand vanuit het grondwatersysteem. Ook hier is oppervlakkige afstroming de belangrijkste transportroute (55%). Op het schaalniveau van het gehele

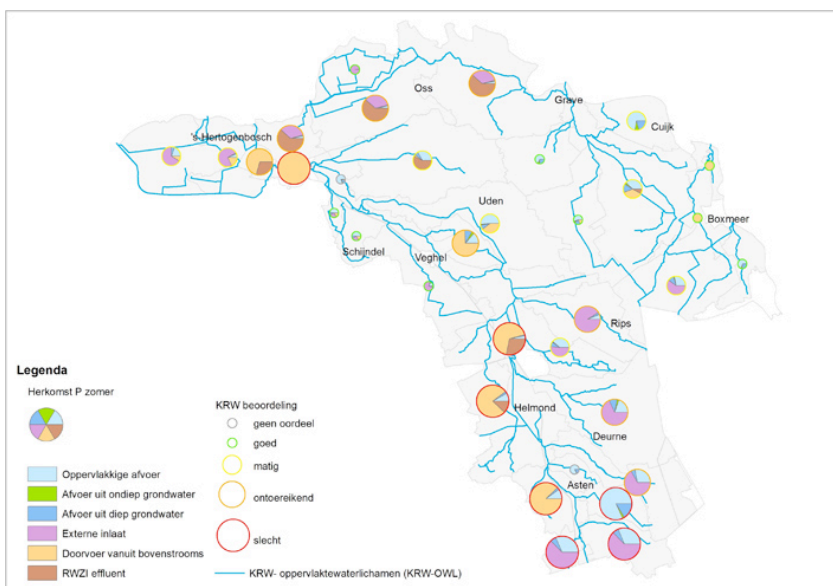
beheergebied zijn ook de berekende vrachten vanuit de rwzi's relatief hoog, met name in de zomer. Van de totale vracht P in de zomer is 57% afkomstig van de rwzi's, voor N is dit 27%.

De herkomst van N en P in het oppervlaktewater in het zomerhalfjaar is samen met de KRW-beoordeling op kaart gezet in de afbeeldingen 6 en 7.



Afbeelding 6. Herkomst van stikstof (N) in het zomerhalfjaar, periode 2010-2013

De gekleurde rand en de grootte van de taartdiagrammen geeft de KRW-beoordeling weer, het diagram zelf geeft de verdeling van de N-bronnen als fractie van het totaal.



Afbeelding 7. Herkomst van fosfaat (P) in het zomerhalfjaar, periode 2010-2013

De gekleurde rand en de grootte van de taartdiagrammen geeft de KRW-beoordeling weer, het diagram zelf geeft de verdeling van de P-bronnen als fractie van het totaal.

Beschouwing bronnen N en P

De samenstelling van oppervlaktewater is het resultaat van menging van water en stoffen uit diverse bronnen, waarbij grondwaterafvoer afkomstig is van verschillende diepteniveaus. Oppervlakkige afvoer en freatisch grondwater is het sterkst belast door landbouwactiviteiten. Het diepere, meer regionale grondwater op 10 of 25 m-m.v. is veelal schoner, doordat bijvoorbeeld fosfaat sterk adsorbeert in de ondiepe ondergrond en nitraat wordt afgebroken via denitrificatie. Tijdens droge perioden wordt het oppervlaktewater voornamelijk gevoed vanuit het diepe grondwater, dat relatief schoon is ten opzichte van andere bronnen. Dan kan de bijdrage vanuit het grondwater een verbeterend effect hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit, hoewel de fosfaatconcentraties in het diepe grondwater vaak boven de norm voor open water liggen.

Daarnaast is bij meerdere waterlichamen de invloed van ijzerrijk grondwater op het open water belangrijk. Fosfaat wordt in deze gebieden waarschijnlijk gebonden aan ijzer waardoor op diverse plekken lage P-concentraties worden gemeten in combinatie met hoge N-concentraties [9]. Naarmate het neerslagoverschot groter wordt gaat het ondiepe en vaak meer belaste grondwater sterker bijdragen aan de oppervlaktewaterafvoer. Tijdens en vlak na natte periodes komt ook het bovenste grondwater langs zeer korte stroombanen via kleinere sloten, greppels en drains en eventueel via oppervlakkige afstroming in de waterlopen terecht. Vooral met deze snelle, oppervlakkige stroombanen worden veel stoffen meegevoerd naar het oppervlaktewatersysteem. Uit de berekeningsresultaten per stroomgebied blijkt dat oppervlakkige afvoercomponenten een belangrijke bron van nutriënten kunnen zijn [5].

Inlaatwater

Inlaatwater komt in het beheergebied van waterschap Aa en Maas direct uit de Maas en uit het kanalsysteem van België en Limburg. Er komt ook water rechtstreeks binnen via watergangen die in beheer zijn bij waterschap Peel en Maasvallei. Inlaatwater is een dominante bron van herkomst voor de vrachten N en P, met name in de zomer. Het effect op het kwaliteitsoordeel per KRW-waterlichaam verschilt sterk. In grote lijnen is de kwaliteit van het inlaatwater uit de Maas en de kanalen van betere kwaliteit dan het gebiedseigen door de landbouw belaste ondiepe grondwater. De inlaat van Maaswater of water uit het kanalenstelsel is daarom minder belastend voor de waterkwaliteit. Dat neemt niet weg dat de concentraties N en P in het inlaatwater boven de KRW-norm van het ontvangende water liggen en dat inlaat van dat water dus per definitie tot normoverschrijding voor deze stoffen leidt. De kwaliteit van het water uit het kanalenstelsel is meer belast met nutriënten dan het water dat direct uit de Maas wordt ingelaten, onder andere door lozingen van rwzi-effluent op het kanalenstelsel in België en Limburg.

Bronnen en afwenteling beheergebied Aa en Maas

De P-vrachtberekeningen laten zien dat netto vanuit het beheergebied van Aa en Maas stofvrachten worden afgewenteld op benedenstrooms water i.c. de Maas. De benedenstroomse stofvrachten zijn een factor 1,2 tot 1,7 hoger dan de stofvracht die Aa en Maas impoortert via de aan- en doorvoer van water. De N-vrachten laten een min of meer

vergelijkbaar afwentelingsbeeld zien: de N-vrachten zijn benedenstrooms een factor 1,4 tot 2,2 hoger dan bovenstrooms.

Ook vanwege deze afwenteling naar benedenstrooms heeft het waterschap de opgave om samen met andere actoren de totale N- en P-belasting van oppervlaktewater binnen haar beheergebied te reduceren.

Conclusies en aanbevelingen

De combinatie van monitoringsdata, berekeningen met het grondwatermodel en lokale kennis van het watersysteem levert een compleet beeld op van waterstromen en stofbelasting (N, P) van KRW-waterlichamen. De interactie tussen grond- en oppervlaktewater is uiteengezeld en leidt door koppeling met stofstromen tot systeemkennis. Deze kennis wordt ingezet om data om te zetten in informatie voor beleid, beheer en verbeterde monitoring.

Met de geschetste methodiek is het gelukt bronnen te kwantificeren, en afvoerroutes en bijbehorende actoren te identificeren. Hiermee kan Aa en Maas intern de discussie aangaan over beleid en maatregelen gericht op interne bronnen (rwzi), en het al dan niet inlaten van water. Samen met omringende waterbeheerders kan de strategie voor wateraanvoer en voor de zuivering van afvalwater worden geoptimaliseerd. Daarnaast kan het gesprek worden aangegaan met de landbouw over emissiereductie. Maatregelen die voor de landbouw in beeld komen zijn het opsporen en reduceren van de kans op afspoeling vanaf natte en/of slecht doorlatende percelen. Dit wordt in DAW-verband (Deltaplan Agrarisch Waterbeheer) opgepakt. De analyse heeft geleerd dat de monitoring van waterkwaliteit en -kwantiteit door het waterschap verbeterd kan worden. Daarnaast blijft afstemming van normstelling voor stoffen een punt van aandacht (zie kader).

Literatuur

1. Waterschap Aa en Maas (2014). Evaluatie Waterbeheerplan 2010-2015.
2. Moorman, J. (2014). Persoonlijke mededeling ten aanzien van de verdeling van de totale berekende grondwaterafvoer in drie afvoercomponenten.
3. Willems, P. (2009): A time series tool to support the multi-criteria performance evaluation of rainfall-runoff models. *Environmental Modelling and Software*, Vol. 24, No. 3, 2009, pp. 311-321.
4. Berg, R. van den (2013). 16e Trend- en toestandsmeetronde provinciaal meetnet bodem/ en grondwaterkwaliteit 2012, Provincie Noord-Brabant, Arcadis rapport 077222805: B.3 - Definitief. C01013.000160.0100.
5. Rozemeijer, J. en Y. van der Velde (2008). Oppervlakkige afstroming ook van belang in het vlakke Nederland. *H2O/19-2008*, pp. 92-94.
6. Thunnissen, H.A.M. (1987). Oppervlakte-afvoer: hoeveelheid en samenstelling. RIVM rapport nr. 728472003.
7. Krikken, A., R. Hulsman, I. Folmer en G.A.P.H. van den Eertwegh (2014). Herkomst van water en nutriënten in KRW-oppervlaktewaterlichamen in het beheergebied van Waterschap Aa en Maas. RHDHV en KnowH2O, ref. nr. BC7872/R0001/902344/Nijm.

8. Heerdink, Ruth, Bas van der Grift, Hans Peter Broers, Annemieke Marman, Frans Roelofsen (2006). Deelrapport II van het Aquaterra/STROMON-project – pilot modelstudie in Zuidoost Brabant. TNO-rapport.
9. Krikken, A., G. van Mill, J. Rozemeijer en R. Wolters (2008). Grote dynamiek in oppervlaktewaterkwaliteit in de Hooge Raam. H₂O 23 (2008), pp. 36-39.