



Stefan Jansen, Deltares
Roelof Stuurman, Deltares
Jan Gerritse, Deltares

Nitraatverwijdering uit drainagewater; veldproeven in project Puridrain

Binnen het KRW-Innovatieproject Puridrain wordt onderzocht hoe nutriënten uit het drainagewater van landbouwgronden zijn te verwijderen. De methoden moeten effectief, goedkoop, duurzaam en flexibel inzetbaar zijn. Bovendien dient er voldoende draagvlak voor te bestaan in de praktijk. Voor nitraat komt omhulling van de drains met houtsnippers of dosering van ethanol achter de drains in aanmerking. Dit artikel beschrijft veldproeven die met deze methoden zijn uitgevoerd. De eerste resultaten laten zien dat op eenvoudige wijze nutriënten te verwijderen zijn.

Voor nutriënten in het Nederlandse grond- en oppervlaktewater zijn ambitieuze normen gesteld, onder andere in de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Om deze normen te halen, zijn vergaande maatregelen genomen, zoals verbetering van rioolwaterzuiveringsinstallaties en reductie van bemesting. Maar zelfs met deze inspanningen is op termijn verdere verbetering van de waterkwaliteit nodig¹⁾. Vooral de belasting met nutriënten vanuit de landbouw (uit het verleden en nu) kan een probleem vormen voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Hierbij speelt ook dat voor verschillende sectoren (onder andere de bollenteelt) geldt dat een verdere mestreductie leidt tot kwaliteitsverlies van het product. Zowel bij agrariërs als waterschappen bestaat dan ook behoefte aan aanvullende maatregelen die kunnen bijdragen aan het terugdringen van de nutriëntenuitspoeling.

Bijdrage drainagewater aan waterkwaliteit

In hoeverre is drainwater een bron van nutriënten, wat zijn de hoeveelheden water die worden afgevoerd en kan deze route worden aangegrepen voor waterzuivering? Uit literatuuronderzoek blijkt duidelijk dat drains een belangrijke route voor nutriënten naar het oppervlaktewater vormen (zie tabel 1). De concentraties zijn onder andere afhankelijk van de grondsoort. Over het algemeen is het zo dat - om aan de MTR-norm (het maximaal toelaatbaar risico) te voldoen - de concentratie van

nitraat gemiddeld met een factor 10 tot 40 verminderd moet worden en voor totaal-fosfaat gemiddeld met een factor 10 tot 30. Voor de hogere concentratiegebieden in het drainwater lopen deze factoren op tot circa 25 tot 100 voor nitraat (klei) en 20 tot 75 voor totaal-fosfaat (zand). Voor de in de literatuur gevonden maximale concentraties zouden de concentraties met een factor van enkele honderden teruggebracht moeten worden om te voldoen aan de MTR-norm.

De waterafvoer via drains kan sterk variëren (zie tabel 2), ook per drain op hetzelfde proefveld. De gemiddelde afvoer bedraagt

twee tot drie kubieke meter per drain per dag. Uitschieters tijdens buien kunnen oplopen tot 1,3 liter per seconde, overeenkomend met 110 kubieke meter per dag (gedurende korte tijd). Metingen op diverse proeflocaties komen met dit beeld overeen. Wel is het belangrijk te beseffen dat nutriëntenconcentraties lokaal sterk kunnen verschillen. Het is dus zinvol de concentraties van een gebied als uitgangspunt voor de keuze van de zuiveringsmethodiek te nemen. Drainagewater is een logisch doel voor waterzuivering: de concentraties nutriënten kunnen hoog zijn en het betreft een duidelijk te lokaliseren route. Wel moet bij toepassing

Tabel 1. De bijdrage van drainagewater aan oppervlaktewater: kwaliteit.

Grondsoort	Nitraat (mg N/L)			Totaal-fosfaat (mg P/L)		
	gemiddeld	min	max	gemiddeld	min	max
Klei	10	3,4	21	0,17	0,06	0,36
Duinzand	2,8	1,5	3,1	4,7	3,2	6,6
Overig zand	14	7,2	20	0,11	0,04	0,18
Alle zand	10	5,3	14	1,9	1,3	2,7
Veen	10	0,2	8,1	0,31	0,16	0,37
Alles	10	4,1	18	0,98	0,62	1,44
Normen						
MTR	2,2			0,15		
Werknormen GET	1,0 tot 4,0			0,03 tot 0,14		

van zuiveringsmethoden rekening worden gehouden met sterk variërende afvoeren.

Waterbehandeling als oplossing

Zuivering van drainagewater is toepasbaar op verschillende schaalniveaus: de individuele drainagebuis en het drainage-systeem (zie afbeelding 1). Een voorbeeld van het eerste geval is een zuiverende drainbuis (in de buis of in tussencompartimenten). In het tweede geval kan worden gedacht aan een zuiveringseenheid waarin het drainagesysteem uitmondt voordat het water wordt geloosd op het oppervlaktewater. Het drainagesysteem bestaat dan bijvoorbeeld uit meerdere drainagebuizen, bronnering of onderbemaling met pomputten.

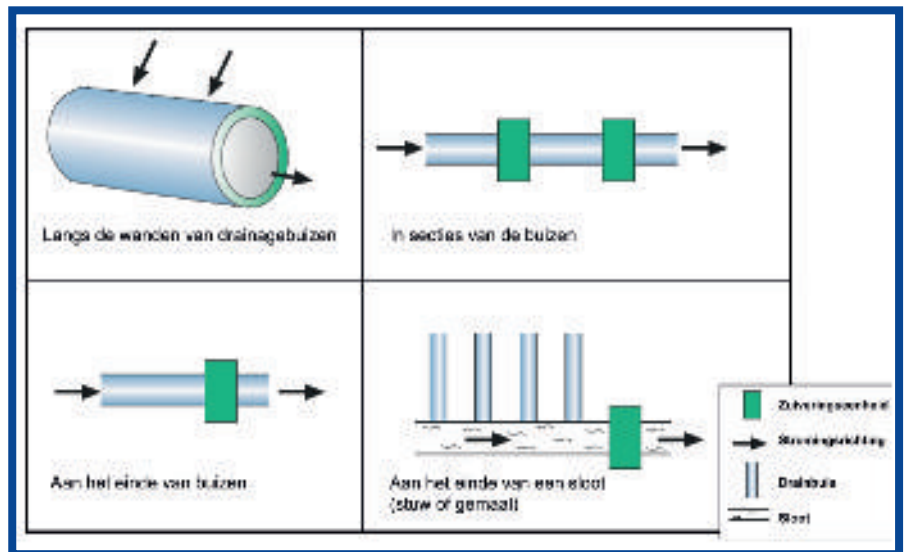
Het zuiveringssysteem moet aan de volgende eisen voldoen: voldoende zuiveringscapaciteit, voldoende doorlatendheid (de drainagefunctie mag niet afnemen), flexibiliteit (piekafvoer, droogte, temperatuur), onderhoudsvriendelijk (regeneratie, vervanging), kosteneffectief én er moet voldoende draagvlak voor bestaan. Binnen het project Puridrain zijn zuiveringsmogelijkheden voor nitraat en fosfaat onderzocht. In dit artikel worden alleen de zuiveringsmogelijkheden voor nitraat beschreven.

Verwijderingsmethoden nitraat

Gekozen is voor gestimuleerde biologische verwijdering van nitraat door middel van denitrificatie. Voor dit proces is een elektronendonorsubstraat (energiebron voor het omzetten van nitraat door de bacteriën) nodig. Om geschikte elektronendonoren te selecteren, zijn verschillende substraten op laboratoriumschaal via kolomproeven getest: houtsnippers, bietenpulp, biks, methanol en ethanol. De houtsnippers, bietenpulp en biks zijn als vaste stof in de kolommen aangebracht. De methanol en ethanol zijn gedoseerd door middel van een permeabele siliconenslang. Door diffusie laat deze slang ethanol en methanol door naar de vloeistof. Het voordeel van deze

Grondsoort	Drainafvoer (m ³ per dag per drain)			Aandeel drains van totale afvoer
	gemiddelde	min	max	
Klei	2,7	0,8	15,0	65 %
Duinzand	2,1	0,7	5,2	
Overig zand	2,9	1,3	4,3	
Alle zand	2,5	1,1	4,7	70 %
Totaal	2,7	0,9	12,0	65 %

Tabel 2. De bijdrage van drainagewater aan oppervlaktewater: kwantiteit.



Afb. 1: Mogelijke uitvoeringsmogelijkheden voor waterzuivering van drainagewater.

methode is, dat zonder een pomp continu substraat gedoseerd kan worden. Uit de experimenten werd duidelijk dat ethanol het best geschikt is voor snelle nitraatverwijdering (en dus voor een zuiverende eenheid met een klein ruimtebeslag). Van houtsnippers is meer materiaal nodig, maar

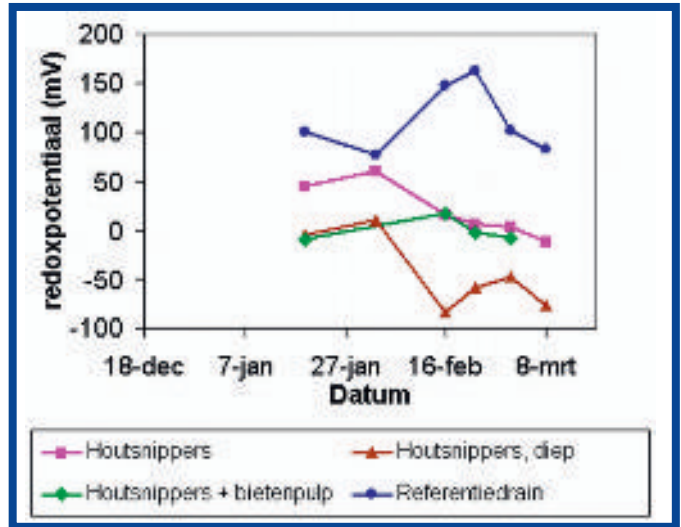
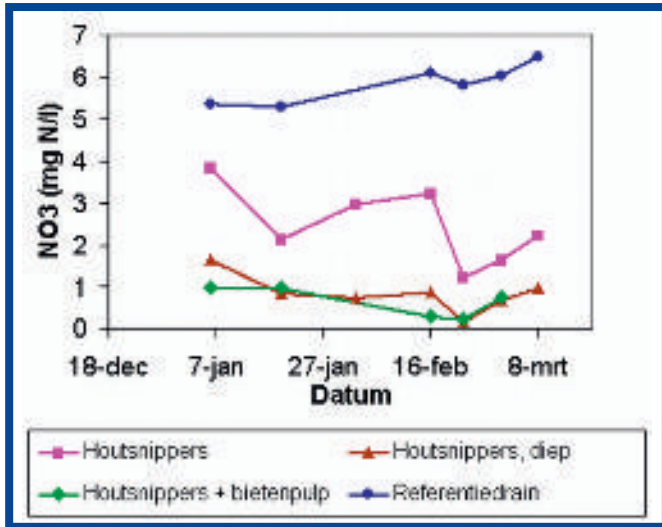
die gaan ook langer mee. Deze optie is dan ook beter geschikt voor toepassing rond de drainagebuis.

Veldtesten met houtsnippers

Op een akkerbouwbedrijf te Noordhoek (Noord-Brabant) zijn drie drains met een

Proefopstelling met omhulde drains in Noordhoek: a) Aanleg van omhulde drain, b) Sleuf met drain en mengsel van houtsnippers en zand, c) Proefopstelling met verzameldrains.





Afb. 2: Effectiviteit van met houtsnippers omhulde drains: a) nitraat, b) redoxpotentiaal.

omhulling van houtsnippers, zand en verschillende hoeveelheden bietenpulp aangelegd om de verwijdering van nitraat te testen. Het perceel van ongeveer 480 bij 280 meter wordt gedraineerd door drains op circa tien meter afstand en ongeveer één meter diepte. De drie testdrains zijn aangelegd tussen de bestaande drains, elk over een lengte van 140 meter (zie foto's). Drain 1 was omhuld met een mengsel van zand en houtsnippers en is op dezelfde diepte als de bestaande drainage aangelegd. Drain 2 was omhuld met hetzelfde mengsel, maar dieper aangelegd (circa 1,2 meter onder maaiveld), omdat de verwachting was dat op deze diepte de condities voor denitrificatie gunstiger zijn (lagere redoxpotentiaal). Drain 3 lag op dezelfde diepte als de bestaande

drainage, maar de omhulling bevatte hier niet alleen zand en houtsnippers, ook wat bietenpulp. Hiervan is bekend dat het een zeer effectieve elektronendonator is. De verwachting is dan ook dat het al bij kleine hoeveelheden de denitrificatie sterk stimuleert. De omhulling is rond de drain gestort in een sleuf van 30 cm breedte.

De drie testdrains zijn op 26 november 2010 aangelegd. Daarna is vanaf afgelopen januari het water dat via de drains wordt afgevoerd, bemonsterd. Hiertoe zijn op diverse tijdstippen watermonsters genomen van drainwater, slootwater en bodemvocht. Verder zijn verzameldrains aangelegd waarmee drainwater naar verzamelbakken werd geleid, zodat de afvoer gemeten kon worden.

De analysesresultaten van het drainagewater laten al snel een afname van de nitraatconcentratie tot circa 80 procent verwijdering zien (zie afbeelding 2). Zelfs bij lage temperaturen in de winter komt de denitrificatie dus al snel op gang. Dit wordt bevestigd door de lagere redoxpotentiaal die in het water van de testdrains gemeten wordt. De toepassing van alleen houtsnippers geeft ook al een groot effect en verdiepte aanleg van de drain en extra toevoeging van bietenpulp leiden tot nog hogere verwijdering. Dit doet vermoeden dat een combinatie van verdiepte drainage en elektronendonator zeer effectief zou kunnen zijn.

Veldtesten met ethanol

Op een bedrijf in Prinsenbeek wordt door

Proefopstelling met ethanoldoserende reactor in Prinsenbeek: a) opstelling met gekoppelde drainagebuizen, buffervat en reactor, b) detailaanzicht van binnenzijde reactor met schotten en kunststofslangen met ethanol.



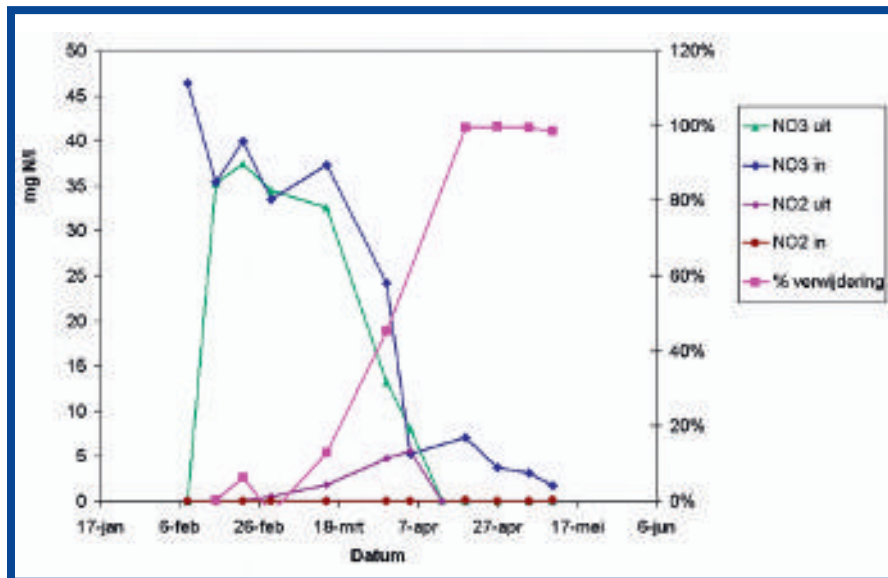
middel van een reactor, geschakeld achter een aantal drains, ethanol toegediend om het nitraat dat uitspoelt te verwijderen. In het drainwater van dit bedrijf, waar vollegrondsgroenten verbouwd worden, is bekend dat de concentraties nitraat en fosfaat hoog zijn. Drie drains van het perceel van 110 bij 190 meter zijn aan het uiteinde verbonden en aangesloten op een buffervat, dat vervolgens op de reactor is aangesloten (zie foto). Het ethanol wordt gedoseerd via kunststof slangen en komt via diffusie vrij in het water. Hierdoor wordt gecontroleerd ethanol gedoseerd, zonder dat pompen nodig zijn. De reactor bevat een aantal schotten, waaraan de slangen met ethanol hangen. Zo wordt de vloeistofstroom geleidelijk langs de slangen met ethanol geleid, zodat een efficiënte ethanol dosering bereikt wordt. Het ethanol dient als voedingsbron voor van nature voorkomende nitraatverwijderende micro-organismen.

De reactor is in februari van dit jaar geplaatst. Daarna zijn dezelfde chemische parameters bepaald als voor de met houtsnippers omhulde drain. De reactor had enige weken nodig actief te worden (zie afbeelding 3). Nadat de micro-organismen voldoende activiteit bereikt hadden, ging de effectiviteit van de nitraatverwijdering zoals verwacht omhoog. In deze overgangsperiode werd ook nitriet gevonden, wat een teken is van onvolledige denitrificatie. Rond de tijd waarin de effectiviteit begon te stijgen, daalde helaas ook de drainafvoer. Daarom is overgestapt op nitraathoudend slootwater, dat nog wel in ruime mate voorhanden was. Ook met slootwater bleef de verwijdering van nitraat gedurende langere tijd constant hoog (circa 100 procent).

Oplossingen door maatwerk

Zuiveringsmethoden voor drainagewater moeten passen binnen de omgeving waar ze worden toegepast. Dit betekent dat ze effectief moeten zijn, maar ook weinig mogen kosten, flexibel moeten zijn en weinig onderhoud mogen vergen. De twee hier beschreven methoden lijken effectief te zijn: nitraat kan worden verwijderd tot beneden de norm. Voor inpassing in de praktijk bieden de twee toepassingsvormen hun eigen voor- en nadelen.

De omhulde drains vormen een oplossing die zeer weinig kosten en onderhoud met zich meebrengt. Houtsnippers zijn relatief goedkoop, en er kan ook gedacht worden aan andere (afval)materialen. Verder is een voordeel dat de methode geen extra ruimtebeslag met zich meebrengt, zoals helofytenfilters. Het zou ideaal zijn wanneer de omhulling tegelijk bij de aanleg van nieuwe drainage aangebracht kan worden; in dat geval worden nauwelijks extra kosten gemaakt. De inschatting van de levensduur van de houtsnippers is minimaal tien jaar²⁾. De reactor met dosering van ethanol is een zeer efficiënte verwijderingsmethode, waardoor met een relatief kleine zuiverings-eenheid gewerkt kan worden. Daarnaast biedt de methode als voordeel veel handvatten om controle uit te oefenen. Een kostenpost bij deze methode is het ethanol dat gedoseerd moet worden. We denken



Afb. 3: Effectiviteit van nitraatverwijderende reactor.

dat het ook mogelijk is om alternatieve, goedkopere elektronendonoren op dezelfde manier te doseren. Zeer belangrijk bij de selectie van de methode is de hoeveelheid te verwijderen nitraat, de volumes en de ruimte die beschikbaar is. Wanneer bijvoorbeeld weinig ruimte beschikbaar is, moet gekozen worden voor een kleine, intensieve zuiveringsmethode. Wanneer meer ruimte beschikbaar is, kan worden gekozen voor een meer extensieve methode.

Toekomst

Ondanks de veelbelovende resultaten weten we nog niet genoeg om de methoden nu al op grotere schaal toe te passen. Het is dan ook goed meer informatie te verkrijgen over een aantal zaken. De eerste testen zijn nu op beperkte schaal uitgevoerd. Het is belangrijk dit in grotere aantallen te testen, zodat de reproduceerbaarheid beter is aan te tonen. Daarnaast is het interessant te weten hoe effectief zuiveringsmethoden bij toepassing in verschillende bodemtypes zijn. De met houtsnippers omhulde drains zijn getest in kleibodem; zijn ze net zo effectief in zand?

Speciale aandacht verdient het verder testen van de robuustheid van de methoden. Een zuiveringsmethode moet kunnen omgaan met de sterk variërende omstandigheden van de drainageketen. Daarbij is bijvoorbeeld temperatuur een belangrijke factor: denitrificatie is een biologisch proces en daarom afhankelijk van de temperatuur. Daarnaast verdienen ook mogelijke bijeffecten meer aandacht. Het is belangrijk emissies van ongewenste stoffen, zoals lachgas en fosfaat, minimaal te houden. Uit de eerste experimenten blijkt dat deze emissies beperkt zijn.

Ten slotte is het zinvol de methoden verder te optimaliseren voor toepassing in de praktijk en na te gaan hoe deze methode is te combineren met andere zuiveringsontwerpen. Daarbij is vooral de combinatie met peilgestuurde drainage interessant: zoals eerder aangegeven kan een combinatie van houtsnippers en verdiepte drainage leiden tot verhoogde denitrificatie. Bovendien

verdient inpassing in de hydrologische keten zeer de aandacht. Het is slim te zoeken naar de plaats in de waterketen waar zuivering het effectiefst is in te zetten.

Het project Puridrain wordt uitgevoerd door Deltares, de afdeling Waterbehandeling van TNO en Praktijkonderzoek Plant en Omgeving van de universiteit van Wageningen. Er is nauwe samenwerking met en financiële ondersteuning door de Zuidelijke Land- en Tuinbouworganisatie, Waterschap Brabantse Delta, Waterschap De Dommel, Provincie Noord-Brabant, de Koninklijke Algemene Vereniging voor Bloembollencultuur, Provincie Noord-Holland en het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Daarnaast wordt samengewerkt met het KRW-innovatieproject 'Lekken dichten in nutriëntenkringlopen', geleid door Alterra. Het project is mede gefinancierd door het Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water van Agentschap NL.

LITERATUUR

- 1) Planbureau voor de Leefomgeving (2008). Kwaliteit voor later; Ex ante evaluatie Kaderrichtlijn Water.
- 2) Moorman T. *et al.* (2010). Denitrification activity, wood loss and N2O emissions over 9 years from a wood chip bioreactor. *Ecological engineering* 36, nr. 11, pag. 1567-1574.