



Jan Weijma, Paques

Ad de Man, Waterschapsbedrijf Limburg

Coos Wessels, Paques

Hans Wouters, Paques

Nieuwe horizon voor denitrificatie en defosfatering

Nageschakelde zandfiltratie van rwzi-effluent wordt in Nederland beschouwd als de eerste zogeheten no regret-maatregel om te kunnen voldoen aan de stikstof- en fosfaateisen van de Kaderrichtlijn Water. Met kwartzand als filtermedium bedraagt de huidige maximale filtratiesnelheid ongeveer 17 m/uur voor continufiltratie. Dit artikel beschrijft de toepassing van granaatzand als alternatief filtermedium, waarmee de grens van 17 m/uur kan worden doorbroken. Pilotonderzoek op de rwzi Susteren (Waterschapsbedrijf Limburg) toonde aan dat de filterprestaties ten aanzien van simultane denitrificatie, defosfatering en verwijdering van zwevende stof veelbelovend zijn. Bij hoge filtratiesnelheden tot 30 m/uur werd nitraat verwijderd tot minder dan 1 mg/l, met een rendement van meer dan 90 procent. Fosfor werd gelijktijdig verwijderd van 0,3-1,0 mg/l naar 0,10-0,15 mg/l. Een reductie met 40 tot 50 procent van het ontwerp-filtratieoppervlak voor praktijkinstallaties komt hiermee binnen handbereik.



Het Waterschapsbedrijf Limburg (WBL) beheert in totaal 18 zuiveringsinstallaties. Als gevolg van de Kaderrichtlijn Water zal een deel ervan in de nabije toekomst moeten worden aangepast

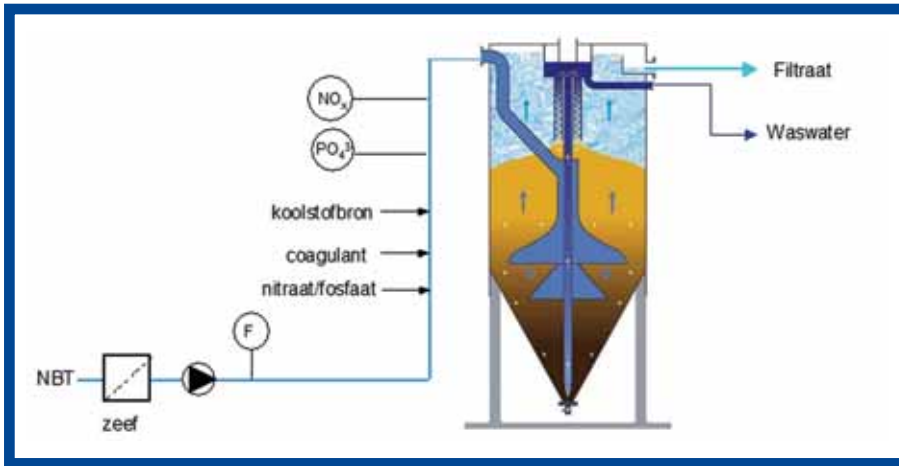
om vergaande verwijdering van stikstof en fosfaat te bewerkstelligen. Effluentpolijsting met Astrasand continufiltratie (zie kader) kan hiervoor een oplossing bieden. WBL en Paques voerden in dit verband in 2006

pilotonderzoek uit op de rwzi Susteren, met als streven het bereiken van filtraatwaarden van 0,15 mg/l P en <1 mg/l NOx-N.

Astrasand filtratie wordt al langer in de praktijk toegepast voor rwzi-effluentpolijsting, zowel voor denitrificatie als voor defosfatering^{1),2)}. Ook voor nitrificatie is het filter inzetbaar; een toepassing die vooral in Groot-Brittannië wijdverbreid is. In deze praktijktoepassingen wordt kwartzand als filtermedium gebruikt. Het pilotonderzoek op rwzi Susteren richtte zich vooral op de toepassing van granaatzand als filtermedium. Daarnaast is aandacht besteed aan een nieuw ontwikkelde filterregeling.

Toepassen granaatzand

Het zandbed in een Astrasand-filter wordt opwaarts doorstromd. Het water ondervindt hierbij een weerstand. De drukval die hiervan het gevolg is, is een functie van onder andere de filtratiesnelheid. Bij toepassing van kwartzand is de filtratiesnelheid voor denitrificatie van communiaal effluent hydraulisch beperkt tot maximaal 17 à 18 m/uur bij de gangbare korrelfractie van 1,2 à 2,0 mm. Bij toepassing van granaatzand in plaats van kwartzand wordt het gewicht van het zandbed groter (granaatzand heeft een 1,5 maal hogere dichtheid) en ontstaat meer ruimte in het hydraulische ontwerp. Hierdoor kan



Afb. 1: Een schematische weergave van de pilotopstelling.

de filtratiesnelheid theoretisch worden verdubbeld.

Intermitterend wassen van zand

In het conventionele ontwerp wordt de mammoetpomp continu van lucht voorzien en het zand continu gecirculeerd en gewassen. De capaciteit van het proces om vaste stof af te scheiden, wordt in geval van relatief lage stofbelasting echter niet volledig benut. Deze capaciteit, en daarmee het luchtverbruik (energie) van de mammoetpomp, kan worden verlaagd door het zand intermitterend te circuleren/wassen. Ook wordt hierdoor de waswaterhoeveelheid verminderd. Door intermitterend wassen hoopt zich meer vaste stof op in het zandbed, waardoor de effectieve poriëgrootte kleiner wordt. In theorie verloopt het filtratieproces hierdoor effectiever, resulterend in lagere gehalten aan zwevende stof en de daaraan gebonden stikstof en fosfaat. Het pilotfilter werd uitgerust met de conventionele filterregeling, maar ook met een intermitterende filterregeling. De

intermitterende regeling werd in de laatste fase van het onderzoek beproefd.

Pilot

Het onderzoek is uitgevoerd in een filter met een oppervlak van 0,7 m² en een effectieve zandbedhoogte van twee meter. Met dit formaat is representatief onderzoek mogelijk, dat goed vertaalbaar is naar praktijkschaal. Het filter werd gevoed met rwzi-effluent. Dit werd eerst gezeefd (10 mm). Hieraan werd optioneel, om een grotere flexibiliteit in de stikstof- en fosforbelasting te kunnen bewerkstelligen, een oplossing van natriumnitraat en kaliumdiwaterstoffosfaat gedoseerd. De voeding bevatte in de pilotperiode 1 tot 10 mg/l NO_x-N en 0,2 tot 1,2 g/l P-totaal.

Het voedingsdebiet werd met een instelbare klep op het gewenste debiet ingesteld. In de toevoer naar het zandfilter werd continue NO_x-N en ortho-P geanalyseerd. Op basis van de NO_x-N-analyse, vast ingestelde zuurstofconcentratie en het voedingsdebiet werd de methanoldosering geregeld én het

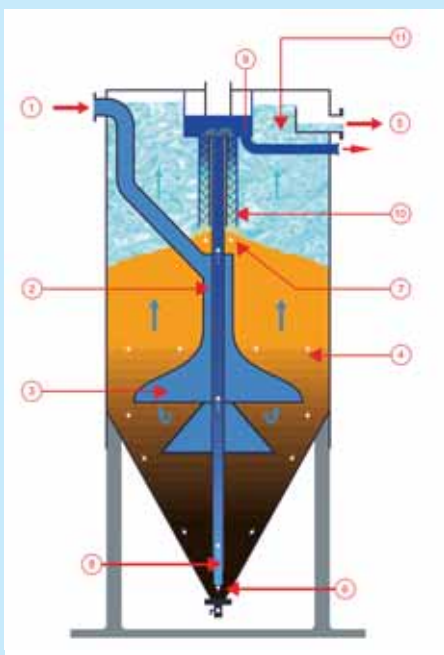
zuurstofgehalte in de toevoer. De dosering van coagulant aan de voeding naar het filter werd geregeld op basis van voedingsdebiet, de gemeten ortho-P-concentratie en een instelbare Me/o-P-verhouding.

De pilot was uitgerust met twee typen filterregelingen; de klassieke en een nieuwe intermitterende filterregeling. Met de eerste wordt een gecontroleerde hoeveelheid vaste stof (biomassa, precipitaten) in het filterbed gehandhaafd. Deze momentane hoeveelheid aanwezige vaste stof kan indirect bepaald worden aan de hand van de filterbedweerstand. Door continue meting van deze weerstand kan de meetwaarde worden vergeleken met de gewenste waarde en zondig aangepast worden door regeling van het luchttoevoerdebiet, en daarmee de zandsnelheid en dus de afvoer van vaste stof. In de intermitterende filterregeling is de mammoetpomp niet continu in gebruik: met instelbare frequentie en tijdsduur wordt de luchtvoorziening naar de mammoetpomp uitgeschakeld. Ook wordt met een klep de waswaterafvoer in de pauzesituatie onderbroken, waardoor geen waterstroom meer vrijkomt. De term 'pauze' heeft dus betrekking op het uit bedrijf zijn van de mammoetpomp, niet op het filtratieproces. De functionaliteit van het filter blijft in deze situatie dus volledig intact.

Resultaten

Biologische opstartfase

De opstartfase duurde van 20 maart t/m 8 juni 2006, een periode van 80 dagen. Omdat op een aantal dagen van de normale bedrijfsvoering werd afgeweken, met name door onderbreking van methanoldosering en het uitschakelen van het filter door de troebelheidsbewaking, is deze periode niet representatief voor de werkelijk benodigde biologische opstarttijd van het filter. Normaal duurt de opstartfase één tot drie weken,



Werking van het Astrasand-filter. In deze beschrijving is uitgegaan van het continu wassen van het zand.

Het te reinigen water wordt aangevoerd door de voedingsleiding (1). Via de toevoerbuis (2) en de verdeelarmen (3) wordt het water in het zandbed (4) geleid. Terwijl het water in opwaartse richting door het zandbed wordt gevoerd, vindt het zuiveringsproces plaats. Het gereinigde water verlaat aan de bovenzijde het filter (5).

Het zandbed beweegt in tegenstroom met het te reinigen water. Het meest vervuilde zand (6) wordt onderuit het zandbed gehaald en gewassen, waarna het weer schoon bovenop het zandbed valt (7).

De zandcirculatie wordt gerealiseerd volgens het mammoetpomp-principe, waarbij onderin de centraal gelegen stijgbuis (8) perslucht wordt ingebracht die samen met het vervuilde zand en watermengsel opstijgt. Door de heftige beweging die hierbij in het mengsel ontstaat, wordt het vuil los gemaakt van het zand. Bovenin de stijgbuis aangekomen, ontwijkt de lucht naar de atmosfeer, stroomt het water over naar de spoelwaterafvoer (9) en valt het zand in de zandwasser (10).

Een centraal geplaatste cilindrische wand met daarin een uitgekiend labirint vormt de zandwasser (10). Het zand valt door het labirint omlaag, waarbij het gewassen wordt door een geringe hoeveelheid schoon filtraat dat door de zandwasser omhoog stroomt. Hierbij wordt het zand van de laatste verontreinigingen ontdaan. De stroming komt tot stand door een niveauverschil tussen filtraat (11) en spoelwater (9).

afhankelijk van de temperatuur. Aan het einde van de opstartfase bedroeg de nitraatconversie 1,5 kilo NO_x-N per kubieke meter zand per dag, betrokken op het actieve zandbedvolume.

Toxiciteit coagulant

Van 6 tot 8 juni werd een stabiele conversie bereikt van 1,5 kilo NO_x-N per kubieke meter zand per dag. Vanaf 9 juni werd polyaluminiumchloride gedoseerd als coagulant/precipitant voor fosfaat. Binnen één dag na de start van de dosering nam de nitraatconversie af met de helft. In de dagen daarna bleef de conversie achter. Na stopzetten van de coagulantdosering op 13 juni herstelde de denitrificatie. Vanaf 15 juni werd de dosering weer gestart, nu met een verhoogde coagulantdosering. Het remmend effect werd hierdoor nog versterkt; de denitrificatie nam in één dag af met 85 procent. Ook in de week daarna verbeterde de denitrificatie niet. Besloten werd om vanaf 27 juni over te stappen op een polyaluminiumchloride-product van een andere leverancier. Dit gaf geen remming van denitrificatie. Na twee tot drie dagen was de denitrificatie weer toegenomen naar een normaal niveau van ongeveer 1,5 kilo NO_x-N per kubieke meter zand per dag.

Simultane denitrificatie en defosfatering

Van 27 juni t/m 9 augustus 2006 werd simultaan gedenitrificeerd en gedefosfateerd. In de gehele periode werd extra nitraat en fosfaat gedoseerd. Tot 8 juli werd het zand continu gewassen; daarna werd intermitterend gewassen tot het eind van de pilotperiode.

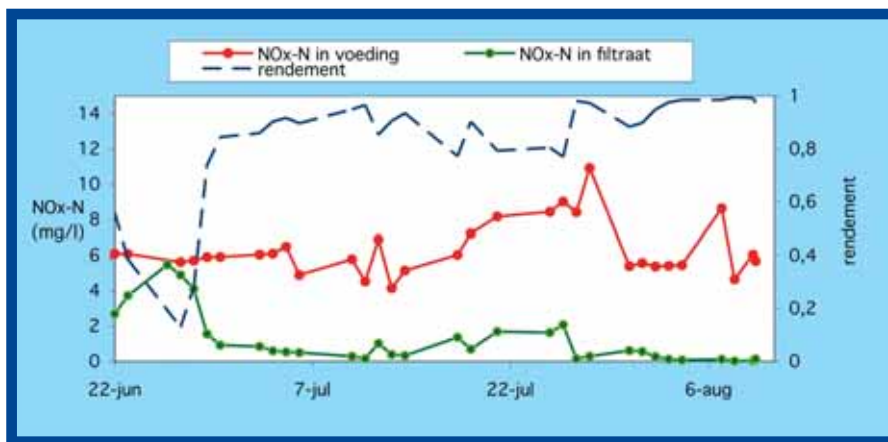
Afbeelding 2 toont de resultaten voor denitrificatie. Met continue en intermitterende zandwassing werd bij filtratiesnelheden van 25 tot 27 meter per uur en 22 tot 24°C over het algemeen een goede denitrificatie bereikt. Rendementen van meer dan 90 procent bleken goed haalbaar bij belastingen van 1,4 à 2,4 kilo NO_x-N per kubieke meter zand per dag. Intermitterend wassen had geen merkbare invloed op de denitrificatie.

Afbeelding 3 toont het rendement van de verwijdering van P-totaal als functie van de werkelijke Me/o-P-verhouding in de periode van 27 juni tot 9 augustus, waarbij onderscheid is gemaakt tussen continu en intermitterend wassen. Hieruit blijkt dat met intermitterend wassen vergelijkbare rendementen voor P-totaal worden bereikt.

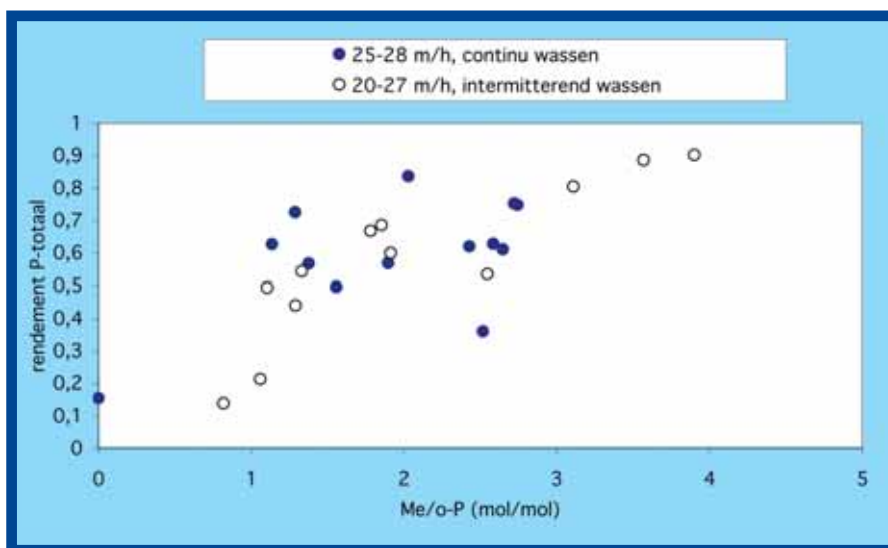
Afbeelding 4 toont de relatie tussen rendement en de concentratie P-totaal in filtervoeding. De stippelijne geeft het vereiste rendement weer voor het bereiken van de streefwaarde voor een P-totaal (0,15 mg/l): datapunten die boven deze lijn liggen geven de condities aan waaronder de streefwaarde haalbaar is, namelijk een ingaande P-totaal tot 1,0 mg/l en een Me/o-P van 2,5-4,0 mol/mol.

Rendement troebelheid

Afbeelding 5 vergelijkt de verwijdering van troebelheid met en zonder aluminiumdosering bij een filtratiesnelheid van 25 m/uur.



Afb. 2: Denitrificatie.



Afb. 3: Rendement P-totaal als functie van Me/ortho-P-molverhouding.

Hieruit blijkt dat dosering van aluminium een positief effect heeft op de verwijdering van troebelheid in een denitrificerend zandfilter; het rendement blijft in ieder geval tot circa 2 kilo NO_x-N per kubieke meter per dag op een niveau van 40 tot 60 procent. Tevens is uit de waarnemingen zonder aluminiumdosering op te maken dat het rendement van de verwijdering van troebelheid bij hoge nitraatbelasting sterk afneemt. De verklaring hiervoor is de toegenomen uitspoeling van biomassa onder deze condities. Bij troebelheden in de voeding hoger dan 3 NTU zal het rendement naar verwachting verder toenemen. Uitgaande van een voor de praktijk relevant P-gehalte van de voeding van 0,5-1,0 mg/l en een kenmerkende Me/P-verhouding van 3 mol/mol, bedraagt de aluminiumdosering 1 tot 3 mg/l. Onder praktijkcondities zal het filter naast nitraat en fosfaat dus tevens troebelheid verwijderen, minimaal ongeveer de helft. De verwijdering van troebelheid geeft aan dat ook zwevende stof wordt verwijderd. Door de relatief lage concentraties zwevende stof en de analyse-onnauwkeurigheid in dit concentratiegebied, in combinatie met het beperkt aantal meetgegevens, was dit echter niet goed te kwantificeren.

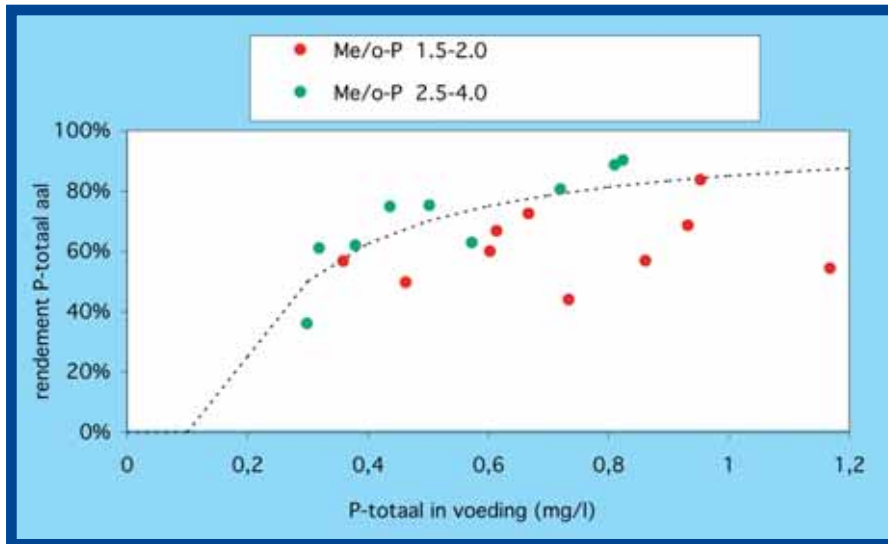
Conclusies en aanbevelingen

Het onderzoek toonde aan dat 40 tot 50 procent minder filteroppervlak nodig is voor

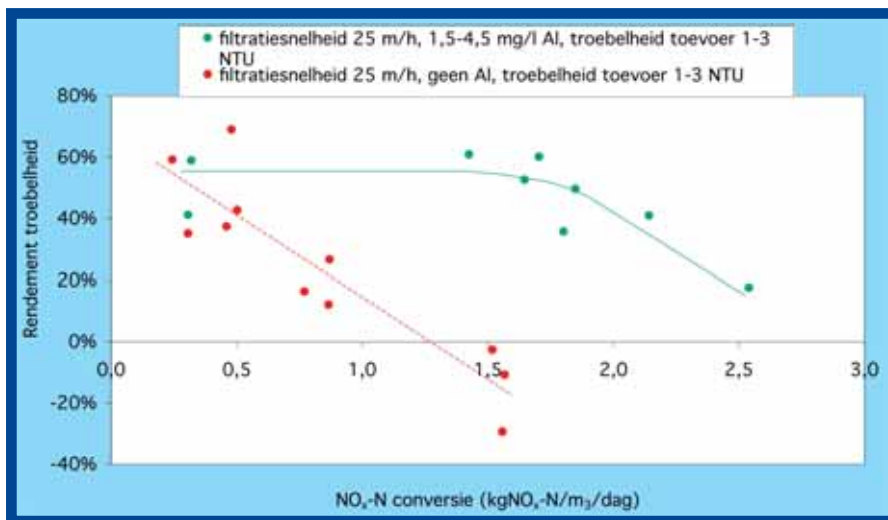
effluentpolijsting indien granaatzand wordt toegepast in plaats van kwartzand. Met granaatzand is een rendement van meer dan 90 procent aangetoond voor nitraat bij een filtratiesnelheid van 25 tot 27 m/uur. NO_x-N werd verwijderd van 4-9 mg/l naar 0,3-0,7 mg/l. Het onderzoek vond plaats onder zomerccondities. De temperatuur heeft mogelijk effect op de denitrificatiecapaciteit. De capaciteit onder wintercondities zal in toekomstig onderzoek moeten worden vastgesteld. Bewaking van de troebelheid in de voeding (effluent rwzi) naar het filter is noodzakelijk om procesverstoring in het filter te voorkomen.

Simultaan met denitrificatie is effectieve fosfaatverwijdering in het filter mogelijk. Met polyaluminiumchloride als precipitant/coagulant werd de streefwaarde voor P-totaal (0,15 mg/l) bereikt met een Me/o-P van 2,5-4,0 mol/mol, bij P-totaal in de filtervoeding tot 1,0 mg/l.

De selectie van het type PAC-coagulant is kritisch; één van de twee toegepaste producten bleek denitrificatie te remmen. De dosering van aluminium heeft een sterk positief effect op de verwijdering van troebelheid onder denitrificerende condities. Onder praktijkcondities zal het filter naast nitraat en fosfaat dus tevens troebelheid verwijderen, minimaal ongeveer de helft.



Afb. 4: Rendement P-totaal als functie van P-totaal in de voeding.



Afb. 5: Rendement troebelheid.

Het pilotzandfilter is gedurende een maand bedreven met intermitterend wassen. Dit had geen merkbare invloed op de filterprestaties ten aanzien van denitrificatie en defosfatering. Intermitterend wassen leidt tot reductie van operationele kosten (minder luchtverbruik en minder waswater, resulterend in een lager energieverbruik). In toekomstig onderzoek zal nadere aandacht worden besteed aan het vaststellen van de optimale was-pauzecycle.

LITERATUUR

- 1) Kramer J., J. Wouters, M. Noordink, E. Anink en J. Janus (2000). Dynamic denitrification of 3,600 m³/h sewage effluent by moving bed biofiltration. Water Science and Technology nr. 4/5, pag. 29-33.
- 2) Wouters J. en J. Weijma (2005). Tertiaire zuivering met (bio)filtratie voor vergaande N- en P-verwijdering. Afvalwaterwetenschap nr. 4, pag. 230-241.