

Introductie van biologische defosfatering op een propstroom actief-slibinstallatie

Voordracht gehouden tijdens het NVA-symposium 'Fosfaatverwijdering uit afvalwater' op 9 februari 1988 te Wageningen

TABEL V – Neveneffecten praktijkinstallatie Bunschoten.

| Parameter | Alternerend | |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Continu | (periode) |
| η -P (%) | 29 | 71 |
| NH ₄ -N effluent (mg/l) | < 1 | < 1 |
| NO ₃ -N effluent (mg/l) | 16 | 2 |
| CZV effluent gefiltr. (mg/l) | 63 | 73 |
| SVI (ml/g) | 130-170 | 90-130 |
| slibproductie (m ³ /d) | 40 | 35 |
| slibproductie (kg/d) | 1,5 * 10 ³ | 1,8 * 10 ³ |
| belasting (i.e.) | 45,2 * 10 ³ | 46,6 * 10 ³ |
| Kwh verbruik beluchters (Kwh/d) | 3.250 | 2.050 |

geleverd (tabel V). Bij het afslaan van de beluchters in AT1 wordt in een hoek daarvan een contactzone gecreëerd. Dit heeft tot een verlaging van de SVI geleid. Een gevolg hiervan is dat het slibvolume afnam, ondanks dat de droge stofproductie toenam. Bij regenval vond er geregeld slibuitspoeling plaats. Door de hogere zuurstofconcentraties die dan voorkomen zullen de beluchters in AT2 afslaan en als slibbuffer gaan fungeren. Lage nitraatconcentraties in het effluent verlagen de kans op het ontstaan van drijfslib.

Evaluatie

Een aantal factoren bepalen het succes van introductie van biologische defosfatering op een bestaande praktijkinstallatie, te weten; samenstelling van het influent (CZV:N:P-verhouding en de hoedanigheid van de CZV), de slibbelasting, de beluchtingscapaciteit en de wijze(n) van slibverwerking. In Bunnik zijn een aantal van deze factoren gunstig. Het instellen van een alternerend beluchtingsregiem levert hier continu lage fosfaat effluentgehalten op (≤ 1 mgP/l). In Bunschoten kan zonder veel moeite, met alternerende beluchting een vergaande P-verwijdering verkregen worden. Een aantal factoren zijn waarschijnlijk in meer of mindere mate er de oorzaak van dat lagere effluentconcentraties niet bereikt worden. De introductie van biologische defosfatering heeft zowel in Bunnik als in Bunschoten zeer lage investeringskosten met zich meegebracht. Doordat de zuurstofinbreng naar behoefte wordt geregeld levert dit, naast de optredende denitrificatie, een besparing van de beluchtingskosten op. Introductie van alternerende beluchting houdt wel in dat er overcapaciteit in het beluchtingsvermogen aanwezig moet zijn. Voor (continu) lage fosfaatconcentraties in Bunschoten zullen additionele maatregelen nodig zijn. Wellicht kan bij de huidige procesvoering, een snellere zuurstofinbreng tot een hogere fosfaatverwijdering leiden. Daarnaast zou met een dosering van lagere vetzuren een hoger verwijderingsrendement bereikt kunnen worden. Ook zou een combinatie van chemische en biologische defosfatering tot lage effluentconcentraties kunnen leiden. Het chemicaliënverbruik en productie van chemisch slib zijn dan veel lager.

Inleiding

Biologische defosfatering wordt steeds meer gezien als een bruikbaar alternatief voor chemische defosfatering. Voor het toepassen van biologische defosfatering zijn in een actief-slibproces afwisselend aërobie en anaërobie perioden vereist. Onder anaërobie omstandigheden wordt een toename van de fosfaatconcentratie in de waterfase waargenomen, terwijl onder aërobie omstandigheden door het slib fosfaat in overmaat wordt opgenomen.



IR. J. W. MULDER
Landbouwniversiteit Wageningen
Vakgroep Waterzuivering



IR. J. H. RENSINK
Landbouwniversiteit Wageningen
Vakgroep Waterzuivering

De bacterie die verantwoordelijk wordt geacht voor deze verschijnselen is *Acinetobacter*. Het belangrijkste substraat voor deze aërobie bacterie is acetaat, dat onder anaërobie omstandigheden reeds wordt opgenomen. Dit acetaat wordt onder anaërobie omstandigheden geproduceerd door facultatief anaërobie micro-organismen. Het fosfaat verlaat het systeem via het surplusslib. Het proces van 'P-afgifte' in de anaërobie periode wordt geremd door de aanwezigheid van nitraat. Voor deze remming worden verschillende verklaringen gegeven. In aanwezigheid van nitraat kan de redoxpotentiaal niet laag genoeg dalen, waardoor facultatief anaërobie micro-

Samenvatting

Biologische defosfatering werd geïntroduceerd op de rwzi van Renkum. Daarnaast zijn experimenten uitgevoerd op semi-technische en laboratoriumschaal. Uit het onderzoek komt naar voren dat biologische defosfatering in het beschreven systeem beperkt mogelijk is. Mogelijkheden ter verbetering zijn strippen van fosfaat, een beperking van fosfaat in het afvalwater, het verhogen van het aanbod van acetaat en het beperken van de invloed van nitraat.

organismen niet in staat zijn om lagere vetzuren (acetaat) te produceren. Ook kan substraatconcurrentie tussen *Acinetobacter* en denitrificerende organismen een rol spelen.

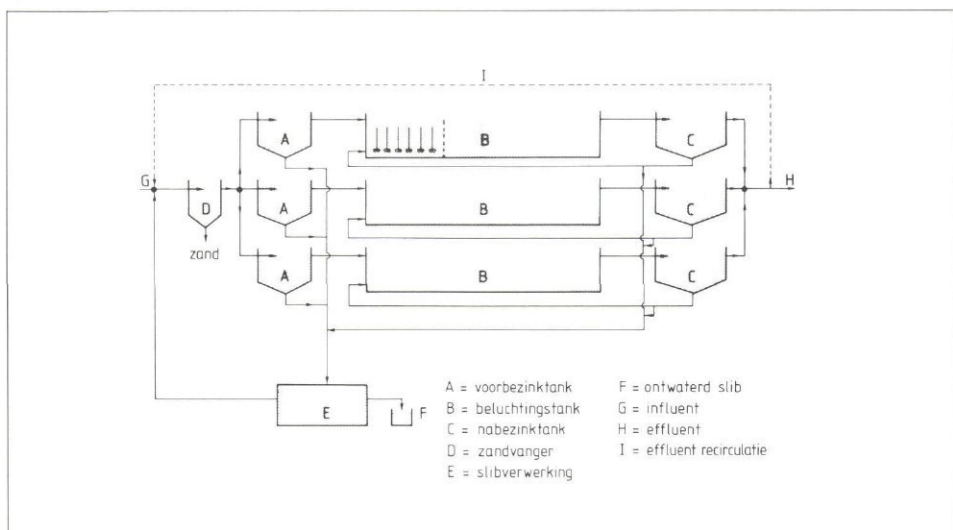
Vooronderzoek Landbouwniversiteit

Sinds vele jaren wordt er aan de LU in Wageningen onderzoek verricht naar biologische defosfatering. Hierbij wordt onder andere gebruik gemaakt van semi-technische actief-slibinstallaties van het propstroomtype. Gebleken is dat de biologische defosfatering toeneemt met de slibbelasting (tabel I). Een vergaande en bedrijfszekere P-verwijdering is te realiseren door het proces van strippen van fosfaat uit een deelstroom van het retour-slib. Er resteert dan een tweede effluent met een laag debiet

TABEL I – Biologische defosfatering bij verschillende slibbelastingen.

| Slibbelasting g CZV/kg DS · D | P-verwijdering % | Slibleeftijd dagen | P in slib % |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 140 | 40 | 30 | |
| 280 | 50 | 27 | 5,0 |
| 400 | 87,5 | 5,3 | 6,8 |
| 600 | 91 | 4,0 | 6,5 |

Afb. 1 - Schematisch overzicht rwzi Renkum.



en met een zeer hoge fosfaatconcentratie, waardoor het mogelijk is om met chemicaliën efficiënt fosfaat neer te slaan.

Naast semi-technisch onderzoek wordt er ook op praktijkschaal onderzoek verricht. Het doel van dit onderzoek is het introduceren van biologische defosfatering op bestaande installaties. Overige zuiveringsaspecten, zoals nitrificatie, mogen daarbij zo weinig mogelijk in gevaar komen.

Onderzoek op de rwzi te Renkum

Op de rwzi te Renkum is gedurende twee jaar praktijkonderzoek verricht. Dit door VROM gesubsidiëerde onderzoek is er op gericht om biologische defosfatering te introduceren met behulp van eenvoudige aanpassingen van de installatie.

Beschrijving installatie

De rwzi te Renkum is een installatie met een ontwerpcapaciteit van 120.000 i.e. (oude formule). De installatie (afb. 1) bestaat uit drie parallelle straten, elk bestaande uit een voorbezinktank, een aëratietank en een nabezinktank. Het debiet van het retourslib is hoog: bij droog weer 300% van het influentdebiet.

Primair en secundair surplusslib worden op het terrein zelf verwerkt door indikking, vergisting en ontwatering met behulp van een filterpers. Het water van de slibverwerking wordt geretourneerd naar het influent. Het gezamenlijke effluent kan worden gerecirculeerd over de gehele installatie. Deze recirculatie dient om stank te bestrijden en wordt slechts in de zomer gebruikt.

Een van de drie straten is omgebouwd ten behoeve van het defosfateringsonderzoek. Daartoe is een derde deel van de aëratietank anaëroob gemaakt door de beluchtings-elementen van de bodem te verwijderen. Zes onderwatermixers zijn geplaatst om het slib in suspensie te houden. Beide andere straten bleven ongewijzigd en dienden als referentie.

Het influent van de rwzi (tabel II) bestaat voor een groot deel uit huishoudelijk afvalwater. De CZV:N:P-verhouding van het voorbezonden influent bedraagt 100:12:3.

Uitvoering

Het onderzoek kenmerkte zich door een gebrek aan flexibiliteit. Parameters als retourslibdebiet, slibgehalte, effluentrecirculatie, lengte van de anaërobe zone

TABEL II – De samenstelling van de beide influenten bij droog weer.

| | Renkum | Bennekom |
|-------------------------|--------|----------|
| CZV (mg/l) | 450 | 500 |
| BZV (mg/l) | 300 | 300 |
| N _{kj} (mg/l) | 56 | 70 |
| P _{tot} (mg/l) | 15 | 18 |

TABEL III – Resultaten met de rwzi te Renkum (onderzoekstraat en referentiestraat in periode 1).

| Periode | Procesvoering | Duur weken | P-verw. % | N _{kj} -verw. % |
|---------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|
| 1 | referentiestraat | 21 | 16 | 89 |
| 1 | geen bijzonderheden | 21 | 55 | 50 |
| 2 | storing slibverwerking | 5 | 74 | 64 |
| 3 | effluentrecirculatie | 7 | 23 | 93 |
| 4 | zonder voorbezinking | 3 | 83 | 62 |
| 5 | zonder voorbezinking | 3 | 79 | 87 |
| 6 | geen bijzonderheden | 8 | 56 | 75 |

en de invloed van de slibverwerking waren nauwelijks of niet te beïnvloeden. Tijdens de onderzoeksperiode is de rwzi onder verschillende procesomstandigheden bedreven. Deze verschillende omstandigheden waren deels een gevolg van het bovengenoemde gebrek aan flexibiliteit.

De volgende procesomstandigheden zijn onder andere bestudeerd:

- Een normale laagbelaste bedrijfsvoering zonder storingen en zonder effluent recirculatie.
- Een normale laagbelaste bedrijfsvoering met effluentrecirculatie.
- Een storing in de slibverwerking met als gevolg dat er slib zich ophoopte in de voorbezinking. Dit slib bevond zich in een rottende toestand. De ophoping was soms zo sterk dat slib samen met het voorbezonden influent in de aëratietank werd gevoerd.
- Een uitschakeling van de voorbezinking waardoor onbezonden influent, lagere vetzuren en makkelijk afbreekbaar substraat bevattend, direct in de aëratietank werd gevoerd.

Resultaten

In tabel III zijn de gemiddelde resultaten over verschillende perioden gegeven. De nitrificatie is in de eerste periode afgenomen in vergelijking met de referentie-

straat. Blijkbaar kan het veranderde proces een negatieve invloed op de nitrificatie hebben. De fosfaatverwijdering is toegenomen. Microscopische beelden toonden de aanwezigheid van *Acinetobacter* aan. De fosfaatverwijdering was echter niet volledig: ongeveer 55%. Tijdens een periode met effluentrecirculatie was de P-verwijdering zeer laag. Dit was te wijten aan het grote aanbod van nitraat.

Positieve resultaten zijn bereikt in de perioden waarin er veel lagere vetzuren in de aëratietank werden gevoerd. In de perioden 2, 4 en 5 nam de biologische defosfatering in korte tijd sterk toe.

Onderzoek met de proefinstallatie

Met een semi-technische proefinstallatie is onderzoek verricht met gebruik van hetzelfde proces. De proefinstallatie was flexibeler te bedrijven dan de praktijkinstallatie.

Beschrijving proefinstallatie

De proefinstallatie was een schaalmodel van de praktijkinstallatie, met een inhoud van de aëratietank van 1.000 liter. De installatie werd gevoerd met voorbezonden huishoudelijk afvalwater, afkomstig van het dorp Bennekom, waarvan de samenstelling weinig afwijkt van het influent uit Renkum (tabel II).

Uitvoering

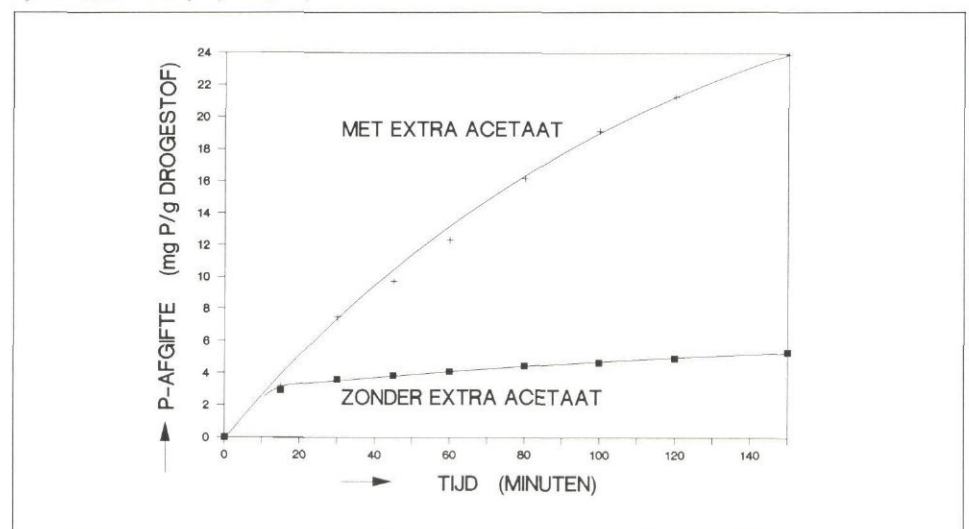
Met de proefinstallatie zijn enkele verschillende procesvoeringen bedreven. De belangrijkste procesvoeringen waren de volgende:

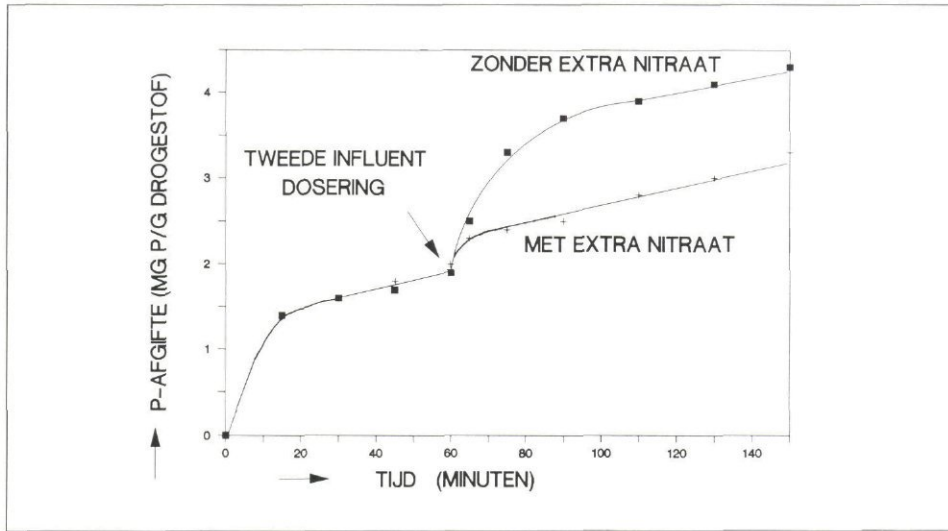
- Een lage slibbelasting, zonder storingen en met een anaërobe zone van 33%.
- Een anaërobe zone van 50% van de tank, in plaats van 33%.

Resultaten

De resultaten staan vermeld in tabel IV.

Afb. 2 - Het P-verloop bij batchproef 1.





Afb. 3 - Het P-verloop bij Batchproef 2.

TABEL IV - Resultaten met de proefinstallatie.

| Periode | Procesvoering | Duur weken | P-verw. % | N _{kj} -verw. % |
|---------|---------------|------------|-----------|--------------------------|
| 1 | 33% anaëroob | 7 | 68 | 47 |
| 2 | 50% anaëroob | 7 | 44 | 88 |

De eerste periode, met een gewone laagbelaste procesvoering, resulteerde in een defosfatering van 68% en een nitrificatie van 47%.

Een verlenging van de anaërobe zone leidde niet tot een hogere fosfaatverwijdering. Metingen aan de propstroomreactor toonden aan dat een aanvankelijk snelle P-afgifte werd gevolgd door een langzamere P-afgifte. Mogelijk was er een tekort aan lagere vetzuren.

Batchexperimenten

Met behulp van batchvaten met een inhoud van 6 liter zijn fosfaatafgifte-experimenten uitgevoerd. Hiermee kan de rol van acetaat en de rol van nitraat worden verduidelijkt. Retourslib en afvalwater, beiden afkomstig van de onderzoeksstraat van de praktijkinstallatie, werden bij elkaar gevoegd in een verhouding van 1:1.

Het eerste afgifteprofiel werd tweemaal uitgevoerd, waarbij aan één van de batchvaten extra acetaat werd gedoseerd (afb. 2). De fosfaatafgifte verliep aanvankelijk snel, gevolgd door een langzamere afgifte. De beginsnelheid bleef langer gehandhaafd in het vat dat van extra acetaat was voorzien. Dit is een aanwijzing dat de initiële snelheid aan de beschikbaarheid van acetaat kan worden toegeschreven. Afb. 3 toont eveneens een dubbel afgifte-experiment, waarbij het influent in twee fasen is toegediend. Bij een van de vaten werd aan de tweede influentdoserings nitraat toegevoegd. Te zien is dat dan de initiële afgiftesnelheid van acetaat nauwelijks aantoonbaar is.

Wellicht is het acetaat voor denitrificatie gebruikt. Dat illustreert de concurrentie die er kan bestaan tussen denitrificerende bacteriën en *Acinetobacter*.

Discussie

Uit de experimenten komt naar voren dat het toepassen van biologische defosfatering zonder extra hulpmiddelen op de propstroominstallatie van Renkum slechts beperkt mogelijk is. Er wordt weliswaar meer fosfaat uit het afvalwater gehaald dan conventioneel het geval is, maar een defosfatering van bijvoorbeeld meer dan 90% wordt zelden gehaald. De nitrificatie verliep in de onderzoeksstraat doorgaans slechter dan in de referentiestraten. In de zomer was de nitrificatie wel volledig. Het slechtere verloop van de nitrificatie kan worden toegeschreven aan een grotere slibproductie in de onderzoeksstraat. Hierdoor neemt de slibleeftijd af. De traag groeiende nitrificerende populatie zal in het slib achterblijven.

De onvolledige fosfaatverwijdering kan door twee factoren worden veroorzaakt. Enerzijds is de storende rol van nitraat een belangrijke factor. Ten tijde van effluentrecirculatie daalde de P-verwijdering sterk. Dit vloeit voort uit het verhoogde aanbod aan nitraat.

Uit batchexperimenten blijkt dat aanwezigheid van nitraat een belangrijk deel van de P-afgifte doet verdwijnen. Er is waarschijnlijk een concurrentie om substraat tussen denitrificerende organismen en *Acinetobacter*. De storende rol van nitraat kan groot zijn omdat de nitraatvracht met het retourslib in het beschreven systeem groot is (het debiet van het retourslib is tot 300% van het influentdebiet).

Anderzijds is er kennelijk een tekort aan acetaat. Ten tijde van een verhoogd aanbod aan lagere vetzuren, bijvoorbeeld met

gebruik van onbezonden influent, of tijdens een storing in de slibverwerking, nam de defosfatering toe. In de proefinstallatie werd met een anaërobe zone van 50% van de lengte een grote afgiftesnelheid in het begin, gevolgd door een langzame snelheid aan het einde van de anaërobe periode waargenomen. Hieruit blijkt een acetaatgebrek. Dit vermoeden wordt bevestigd door de uitgevoerde batchexperimenten. Met betrekking tot de samenstelling van het afvalwater lijken er in Nederland enkele ongunstige factoren te bestaan. Ten eerste is het aanbod van fosfaten hoog. De CZV:P-verhouding, in dit onderzoek 100:3, is in het buitenland vaak lager, soms zelfs 100:2. Ten tweede is het aanbod van Kjeldahl-stikstof hoog. Dit kan betekenen een hoog nitraataanbod in de anaërobe zone, dus een grote storende invloed van nitraat.

De CZV:N-verhouding, bij ons 100:12, bedraagt in andere onderzoeken soms tot 100:8. In dit onderzoek wordt bovendien uitgegaan van voorbezonden influent. Uit economische overwegingen is dit gunstig, maar voor de biologische defosfatering lijkt een voorbezinking ongunstig, omdat veel snel verzuurbaar substraat (primaire slib) dan is verdwenen.

Meer perspectieven biedt wellicht een systeem waarbij een deelstroom van het retourslib van fosfaat wordt ontdaan (gestript). Dit systeem zal naar verwachting echter duurder zijn dan het eenvoudige systeem.

Concluderend kan worden gezegd dat er mogelijkheden zijn om in Nederland biologisch fosfaat te verwijderen. Deze mogelijkheden zijn op dit moment echter nog beperkt. Indien het afvalwater in de toekomst een gunstigere samenstelling heeft, bijvoorbeeld ten gevolge van een beperking van fosfaat in wasmiddelen, dan zijn de mogelijkheden ruimer.

● ● ●