

AFVALWATERWETENSCHAP

Biologische waterzuivering

De oxydatiesloot, geschiedenis met een grote toekomst

Ruud Kampf

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Vrije Universiteit Amsterdam / TU-Delft
e-mail: ruud.kampf@falw.vu.nl

Deze tekst diende eerder als voordracht tijdens de 60e Vakantiecursus in Drinkwatervoorziening op de TU Delft

Trefwoorden: oxydatiesloot, geschiedenis, zeer laag belast actief-slib, Waterharmonica, oppervlaktewater

De oxidatiesloot is een van de meest succesvolle Nederlandse ontwikkelingen in de zuivering van afvalwater. Maar hoe is dat zo gekomen? Hoe kwam onderzoeker dr. ir. Aale Pasveer op het idee van de oxidatiesloot? De oervorm was gewoon een sloot met een beluchter, zonder bezinking van slib. Met in het achterhoofd dat de toekomst voorspellen eenvoudiger is als je de geschiedenis kent, wordt in dit artikel een overzicht geschetst van de totstandkoming van de ontwerpgeroetheden van dit zeer laagbelaste actiefslibproces en van toekomstige ontwikkelingen.

In 'Afwalwaterzuivering in Nederland. Van beerput tot oxidatiesloot' (Loohuizen, 2006) stopte Kees van Loohuizen bij de oxydatiesloot. Jammer. Maar op zich niet erg, de oxydatiesloot verdient een aparte geschiedbeschrijving. Dit artikel probeert een bescheiden brug te zijn tussen geschiedenis, heden en toekomst. Wellicht draagt het er aan bij om Kees van Loohuizen zo ver te krijgen om een vervolg te schrijven, maar het is ook om de 'jeugd' op te wekken ook oude literatuur te lezen, daar is veel van te leren.

Langs een vervuilde sloot lopen

Een goed uitgangspunt in het leven is om de natuur als onze grote leermeester te zien. De naam van dierentuin Artis in Amsterdam staat voor 'Artis Natura Magistra', ofwel 'de natuur is onze grote leermeester'. Een andere aanpak is 'leren door te doen', ofwel 'zien waar het schip strandt'. Dat dit in veel gevallen niet zo een slechte aanpak is, heeft onderzoeker dr. ir. Aale Pasveer laten zien bij zijn zoektocht naar eenvoudige technieken van waterzuivering.

Na de Tweede Wereldoorlog was Nederland er niet goed aan toe, weinig geld, maar wel veel problemen, net als veel ontwikkelingslanden nu. Als illustratie mag het werkrapport A2 van de afdeling

Gezondheidstechniek van TNO dienen: Werkrapport betreffende proeven, genomen met een beluchtingsinstallatie voor het rioolvocht aan de Dobbe-weg te Voorschoten gedurende het tijdvak 14 juli – 1 oktober 1954 (Baars, 1955). Het probleem werd als volgt omschreven:

- '...sloot was gevuld met zwart stinkende watermassa... door huishoudelijk afvalwater van vierhonderd zielen...
- de bestaande sloot werd veranderd in een ringvormig circuit'

Conclusies:

- '... door beluchting is het afvalwater zodanig te veranderen dat het zonder bezwaar kan worden geloosd
- ... een zeer eenvoudige nabezinking van het slib lijkt ons daarom te prefereren'

Deze gedachtelijn past prima in de klassieke figuur van een lozing op stromend water in figuur 1. Als we de linkerkolom (A-B-C-D) in de figuur opvatten als het schone deel van een stromend water – 'de schone sloot' – dan geeft de rechterkolom de variatie van parameters bij zelfreiniging, maar ook bij door beluchting ondersteunde (zelf)reiniging. Het rapport (Baars, 1955) gaat als volgt verder:

AFVALWATERWETENSCHAP

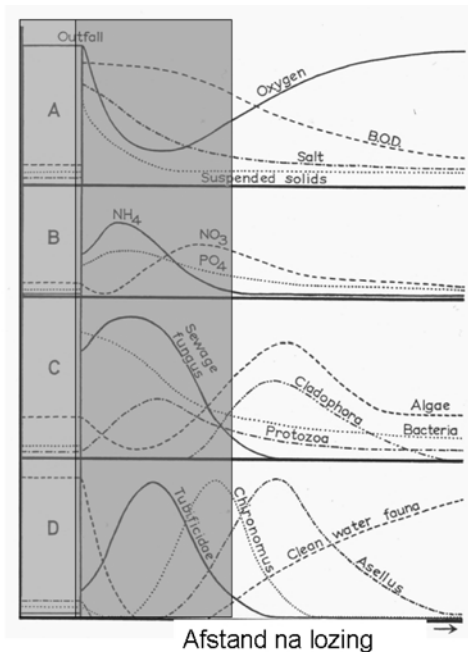
Schema effect organisch effluent op een rivier

A: fysisch-biochemisch

B: chemisch

C: micro-organismen

D: "grotere" dieren



Figuur 1: Weergave van de gevolgen van een lozing

- '...Het geheel kan ook worden gezien als een riviertje: de natuurlijke zuurstoftoevoer van een groot oppervlakte is door een kunstmatige vervangen en het toegevoerde afvalwater wordt, i.p.v. met rivierwater, met reeds gezuiverd afvalwater vermengd...'
- '...Bij het aanleggen van de installatie kon gebruik worden gemaakt van de reeds aanwezige sloot (een been van het circuit) en pomp. Het was dus voldoende het circuit te voltooien en daarin een borstel en een overlaat aan te brengen...'
- '...wanneer men het afvalwater continu toevoert... continu gereinigd water over de overlaat wordt afgevoerd, men een effluent verkrijgt, waarvan de zuurstofbehoefte voor negentig procent is terug gebracht en het effluent enige honderden mg slib/l bevat...'
- '...het circuit bevatte steeds ruimschoots zuurstof...'

Met andere woorden: door het beluchten van de sloot werd al een redelijk bevredigende situatie bereikt, het water stonk niet meer en de overlast van de lozing van vierhonderd zielen werd sterk terug gebracht. Het BZV van het geloosde water was gereduceerd tot gemiddeld 41 mg BOD/l bij een zuurstofgehalte van 7-8 mg/l en een zwevend stofgehal-

te van meestal minder dan 50 mg/l. Niet direct KRW-waarden, maar het was wel een aanzienlijke verbetering en het kostte heel weinig. Het was een aanpak van eerst eenvoudige stappen, de rest komt wel als we meer geld hebben.

Eenvoudige waterzuivering

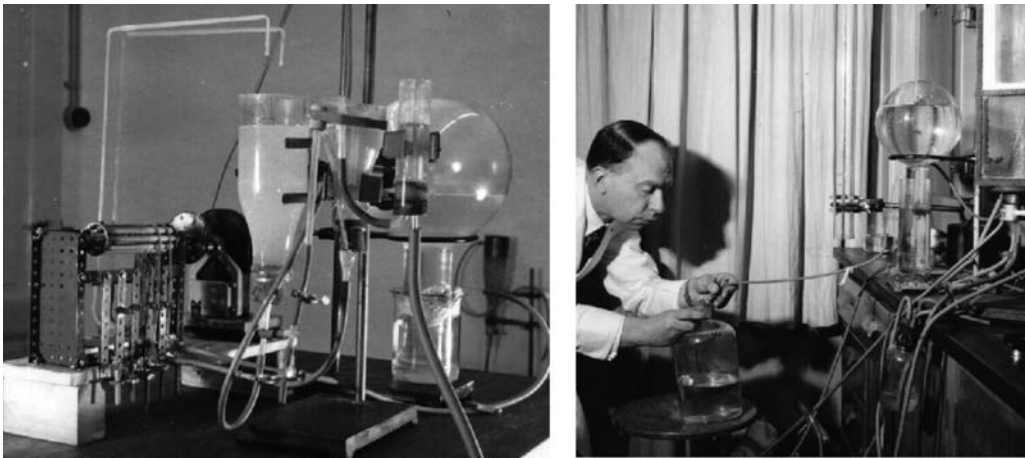
Een later artikel van Pasveer in De Ingenieur (Pasveer, 1957) met de pakkende titel 'Eenvoudige afvalwaterzuivering', geeft meer inzicht in de vroege ontwikkeling van de oxydatiesloot. Enige citaten hieruit:

- '...wanneer oppervlaktewater voldoende stroming heeft... dan kan het slib zonder bezwaar met het effluent worden geloosd.... Het leven in het ontvangende oppervlaktewater kan er door worden gestimuleerd...'
- '...maar in ons vlakke land... onvoldoende stroming... dit heeft tot een verdere ontwikkeling van het systeem geleid...'

Eerst werd op laboratoriumschaal met eenvoudige middelen onderzoek gedaan. Bijvoorbeeld: belucht afvalwater gedurende drie dagen, afname van BOD van 667 naar 44 mg/l. Zie figuren 2a en 2b.

Bij onderzoek aan de inrichting aan de Dobbeweg in Voorschoten was een belangrijke gevolgtrekking dat

AFVALWATERWETENSCHAP



Figuren 2a en 2b: Pasveer aan het werk, apparatuur met een ingenieuze slangenpomp ('Alle medewerkers van de Afdeling Water en Bodem', 1974)

een betere werking kon worden verkregen door meer bacteriën in het systeem te houden. Het is goed om de werkwijze in het geheel te citeren, want dit is de 'bron van de oxydatiesloot (in de eerste publicaties werd alleen geschreven over 'Eenvoudige waterzuivering, de term 'oxydatiesloot' werd pas vanaf ongeveer 1960 gebruikt, geschreven met 'y'). In de publicatie in De Ingenieur (Pasveer, 1957) wordt de gevolgde werkwijze als volgt omschreven:

'Wanneer het afvalwater in het aanvoerende riool een bepaalde stand heeft bereikt, wordt door middel van een vlotterschakeling de borstel stil gezet. Het water in het circuit komt tot rust, het slib bezinkt. Wanneer het afvalwaterpeil in het riool vervolgens voldoende is gestegen, wordt door middel van een tweede vlotter de pomp ingeschakeld. Deze brengt ruw afvalwater in het circuit aan de ene kant, waardoor tegelijkertijd aan de andere kant gereinigd, helder bezonken water over de overlaat wordt verdrongen.

Als het riool leeg is stopt de pomp; op hetzelfde ogenblik wordt een vertraagd werkend relais ingeschakeld, dat er voor zorgt dat een kwartier later de borstel weer in bedrijf wordt gesteld. In dit kwartier moet nog al het overtollige water uit het circuit worden afgevoerd, waartoe een gewone overlaat in zo'n korte tijd niet in staat is. Daarom is het nodig hiervoor een overlaat van bijzondere constructie toe te passen (figuur 4), waarvan de werking als volgt is:

Wanneer de borstel wordt stilgezet heeft het niveau in het circuit stand **a**. Nadat het slib bezonken is, wordt de pomp in werking gebracht; het niveau moet dan eerst tot **b** stijgen alvorens water begint over te storten. Dit komt terecht in bak **e** waarin een uitstroomopening **d** is aangebracht. Met het verder stijgen van het niveau in het circuit neemt de hoeveelheid overstortend water toe tot tenslotte na ongeveer vijf minuten de aanvoer zo groot is, dat niet alles tijdig door opening **d** kan wegvloeien. Bak **e** raakt dan vol en wordt zwaarder dan het gewicht **f**, zodat de bak kantelt en de overlooprand **c** in een ongeveer 4-5 cm lagere stand komt te staan, waardoor de overlaat in volle werking komt.

Nadat de pomp is uitgeschakeld, blijft de overlaat aanvankelijk nog in werking. Daardoor daalt het niveau in het circuit, de hoeveelheid overstortend water wordt dus kleiner en is tenslotte – ongeveer elf minuten na het uitschakelen van de pomp – zodanig verminderd, dat opening **d** de dan nog overstromende hoeveelheid verder kan verwerken. Bak **e** loopt dus leeg en keert in de oorspronkelijke stand terug, waardoor de overlaat wordt gesloten. Op dat moment is het niveau in het circuit weer tot stand **a** gedaald.'

De oxydatiesloot

Al lezende in de aangehaalde literatuur spreekt de proefondervindelijke speurtocht mij zeer aan. Dat

AFVALWATERWETENSCHAP

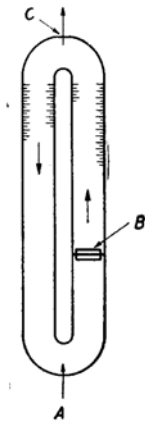
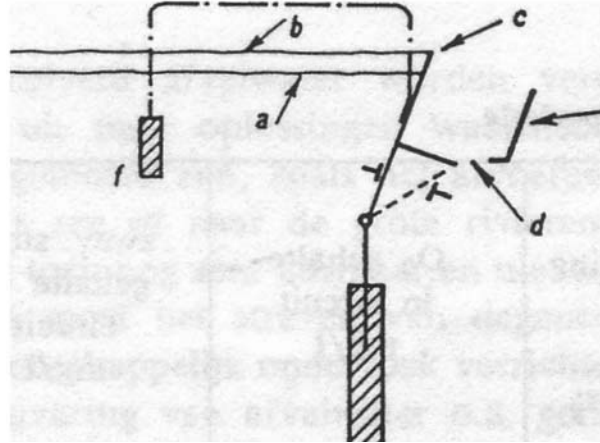


Fig. 1. „Grondvorm” van de vereenvoudigde zuiveringsinstallatie.



Figuur 3: Het begin (Pasveer, 1958b)

Figuur 4: De kanteloverlaat (Pasveer, 1957)

een oxydatiesloot gekenmerkt wordt door een slibbelasting van 0,05 kg BZV per kg slib per dag is alom bekend. Maar waar komt dat vandaan?, Inderdaad al van heel vroeg. Ik vond in het eerste overzichtsrapport van Pasveer in 1958 (Pasveer, 1958a) de volgende verwijzing: 'Bij een gehalte aan zwevende stof van 4 g/l bedraagt de toevoer aan BZV slechts 45 g per kg droge stof per 24 h.' (= 0.045 kg BZV/kg slib.dag). Ook wordt opgemerkt: 'de lange verblijftijd van het slib in de installatie, nl. één tot twee maanden... is gunstig voor het ontstaan van een krachtige nitrificerende flora.'

In zijn onderzoek had Pasveer ondervonden dat bij het kenmerk van de oxydatiesloot de hoeveelheid



Figuur 5: De 'eenvoudige afvalwaterzuivering in Voorschoten, de eerste oxydatiesloot (Pasveer, 1958b)

slib inderdaad cruciaal is: er moet ongeveer 1000 g slib per aangesloten inwoner aanwezig zijn, dit leidt bij 50 g BZV/i.e. per dag tot de bekende slibbelasting van 0.05 kg BZV/kg slib.dag. Bij een slibgehalte van 4 kg/m³ komt 1 m³ aeratieruimte overeen met 4 i.e., ofwel 250 l aeratieruimte per i.e.. De gemiddelde verblijftijd van het water volgt uit de dagelijks toevoer van 100-125 l per inwoner en bedraagt 2-2,5 dagen. De slibproductie bedraagt ongeveer 40 g slib per inwoner per dag. De gemiddelde slibleeftijd is dan 1.000 g slib gedeeld door 40 g slib per dag ofwel 25 dagen. Met 1 m kooirotor kan voldoende zuurstof voor 500 inwoners worden ingebracht. Hiervoor is ongeveer 25 kWh per jaar aan elektrische energie nodig, ofwel omgerekend 11,5 W/m³ ((4x25x1000)/(365x24)) ofwel 3 W/i.e. Dit vermogen is ruim voldoende om het slib in suspensie te houden (Heide, 1977b).

Over slibterughouding in de 'eenvoudige waterzuivering' is in die dagen veel gesproken en geschreven, zie voor een overzicht Heide, 1977b. Het is ook een golfbeweging, zoals bij zoveel processen. Eerst was het een systeem helemaal zonder bezinking, daarna een discontinu proces met bezinking in het circuit of bezinking in aparte benen van het circuit (zoals het systeem Noordwijk (figuur 6) gevolgd door de wijdverspreide toepassing van systemen met aparte nabe-

AFVALWATERWETENSCHAP



Figuur 6: Oxydatiesloot Noordwijk (Loohuizen, 2006)



Figuur 7: Proefinstallatie carousel (DHV, 1975) (DHV, 2007)

zinkers, zoals oxydatiesloten met Mammoetrotors en de door DHV ontwikkelde carousel (DHV, 1975). Figuur 7.

Door toepassing van moderne regelsystemen zijn discontinue systemen weer aantrekkelijk geworden. Vooral als het zwevendstof gehalte in het effluent minder kritisch wordt bij toepassing van een tertiaire behandeling, maar ook omdat in de beluchtingruimte hydraulische piekbelastingen goed worden opgevangen, wat leidt tot een gelijkmatiger toevoer naar de nabehandeling.

In dit artikel ga ik niet al te diep in op het gebruik

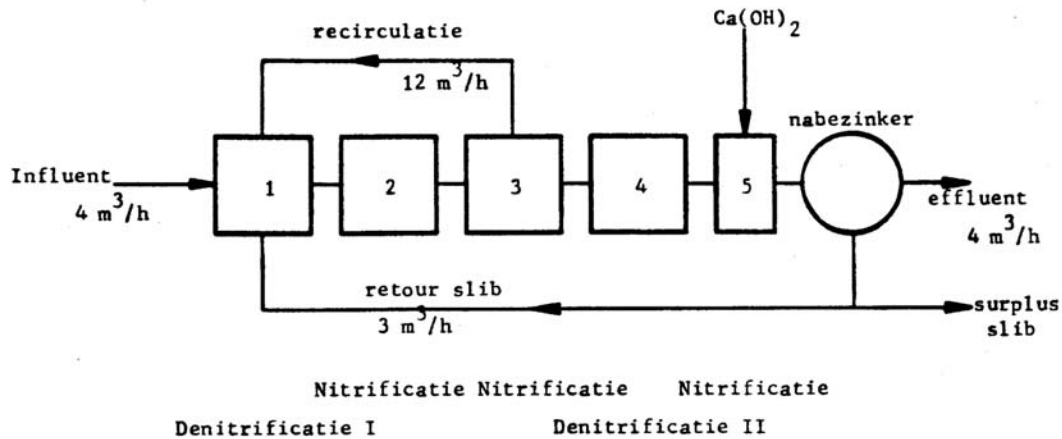
van windmolens voor beluchting en recirculatie (Kampf, 1983), de eerste stappen van de ontwikkeling van de Selector voor verbetering van de slibbezinking (Heide, 1974), het zeer succesvolle onderzoek aan 'actiefslib ecologie' van Dick Eikelboom, bijv. (Eikelboom, 1988), het onderzoek aan verbetering van de bacteriologische kwaliteit van effluent door langzame zandfiltratie (Somers, 1981, 1982) et cetera.

Voor dit onderzoek was sinds 1967 een oxydatiesloot op het terrein van TNO in Delft beschikbaar



Figuur 8: De proefoxydatiesloten van TNO in Delft, rond 1990 (foto auteur)

AFVALWATERWETENSCHAP



Figuur 9: Schema van de continue ODN-installatie (Heide, 1977b)

(Figuur 8). In 1974 werd de ODN-installatie (OxyDeNitro) hieraan toegevoegd. Oorspronkelijk is deze 500 i.e. proefinstallatie bedoeld als een 'continue bedreven discontinue installatie, maar al gauw werd de procesvoering continu, zoals weer-geven in Figuur 9.

Bak 1 was bedoeld voor voordennitrificatie. Bakken 2 en 3 voor nitrificatie, met een retourstroom van driehonderd procent vanuit bak 3. In bak 4 vond denitrificatie plaats op basis van de slibademhaling. In de kleine bak werd in deze fase van het onderzoek kalk gedoseerd voor fosfaatverwijdering. Bij een pH van het effluent van ongeveer 8,5 was de P-concentratie 2-3 mg/l door vorming van hydroxy-apatiet. Te hoge P-gehalten voor nu, zeker in vergelijking met biologische P-verwijdering. Maar door de relatief hoge pH van het effluent ging dit gepaard met een verhoging van de verwijdering van koper van 65 naar 95 procent en van zink van 38 naar negentig procent.

In de ODN-installatie is een aantal jaren (ongeveer 1974-1982), onder leiding van Ad Heide, zeer systematisch onderzoek uitgevoerd naar nitrificatie, denitrificatie, fosfaatverwijdering en slibverwerking. Voor een inleiding verwijs ik naar de hier al eerder aangehaalde bijdrage aan de Postacademiale cursus (Heide, 1977b). Er is regelmatig in H₂O gepubliceerd, bijvoorbeeld: (Heide, 1977a), (Heide and Kampf, 1977a, 1977b, 1978a, 1978b).

De op het terrein van TNO gesitueerde oxydatiesloot en de ODN-installatie (een 'intelligent gedeelde oxydatiesloot') waren inderdaad proefinstallaties, maar wel op (kleine) praktijkschaal. Ook nu zijn de resultaten van de kinetiek-metingen nog boeiend, bijvoorbeeld nitrificatiesnelheid in de zomer 55 en in de winter 25 mg N/g org.dag met een K_s-waarde van 3 mg N/l. De denitrificatiesnelheid was met C-bron 25 en op basis van slibademhaling 10 mg N/g. org.dag met een K_s-waarde van 1,5 mg N/l. De basisademhaling van het actief-slib, gemeten na 24 uur extra beluchten om de opgeloste zuurstofverbruikers te verwijderen bedroeg ca. 50 mg O₂/g org.dag. Zie ook Figuur 10.

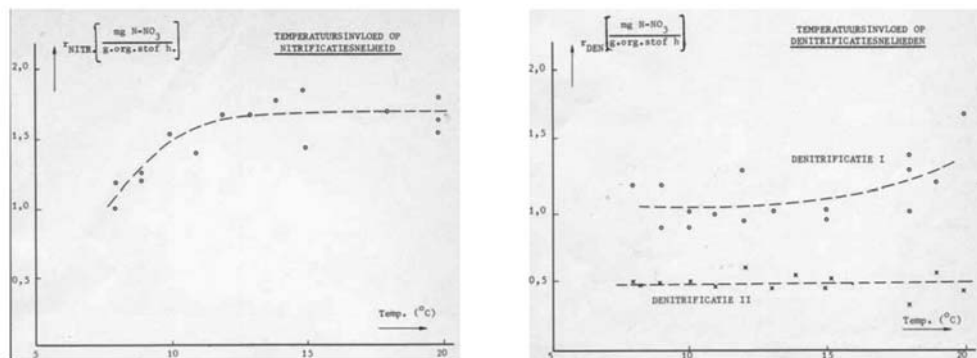
Het is opvallend dat de kennis uit deze onderzoeken niet aangehaald worden in het nieuwe Stowa-onderzoek 'Het actief-slibproces, de mogelijkheden en grenzen' (Bentem et al., 2007).

Naar aanleiding van de pensionering van Piet Bakker, de bedrijfsvoerder van de oxydatiesloten op Texel, heb ik in 1994 een berichtje geschreven in de Klaarmeester (Kampf, 1994). Piet was een man van duidelijke uitspraken: '... een oxydatiesloot continu was moeilijk te bedienen. Een discontinue proces had je makkelijker in de hand. Het proces werd dan geregeld op het niveau van het rioolwater in de ontvangkelder. Zodra het niveau hoog was werd een nieuwe cyclus gestart. Eerst bezinken, daarna influent toevoeren, het toegevoerde



AFVALWATERWETENSCHAP

Afvalwaterwetenschap jaargang 7, nr 2, mei 2008



Figuur 10: Temperatuursinvloed op nitrificatie- en denitrificatiesnelheid (Heide, 1975)

afvalwater verdrong het boven het slib staande effluent. Een drijfslag werd met een schot tegengehouden. Daarna bleven de beluchters aan totdat er weer voldoende rioolwater in de kelder was aangekomen.'

Voor ingenieursbureaus was de oxydatiesloot te eenvoudig: 'Die eenvoud werd door de ingenieursbureaus slecht begrepen'. Bakker vertelde dat voor het ontwerp van het Horntje het adviesbureau samen met het RIZA een betonnen oxydatiesloot met aparte nabezinker wilde. Veel beton en duur. Hij heeft toen na veel strijd, samen met Pasveer, een oxydatiesloot volgens het ontwerp van de eerste (discontinue) sloot in Voorschoten erdoor gekregen.

En met succes, het oxydatieslootje is nog steeds in gebruik (stopgezet in 2007). De effluentkwaliteit van 't Horntje is nog steeds erg goed: BZV 2-3 mg/l, ammoniumstikstof 1 mg N/l, nitraat minder

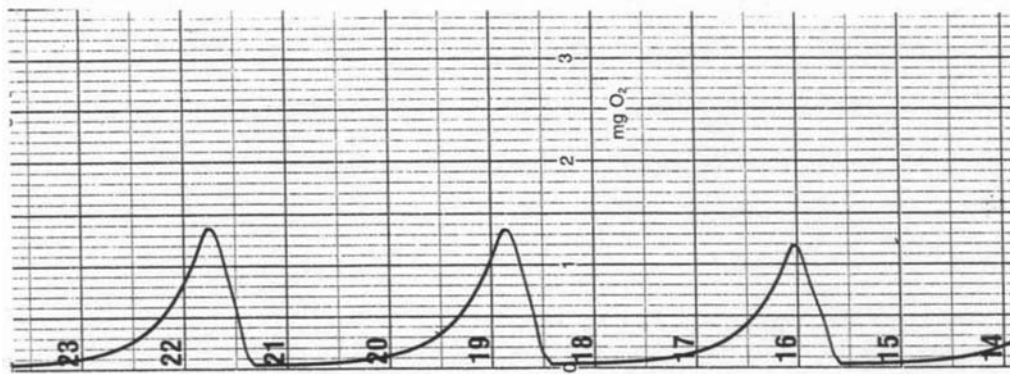
dan 2 mg N/l (gemiddelde over de periode 1991-1993!) Ook het zwevendstof gehalte van het effluent is met gemiddeld 6 mg/l laag.

Over de processturing leerde ik het volgende van Bakker: We hebben gezien dat jouw oxydatiesloten zowel laag- als hoogbelast zijn, hoe regel je het proces? Eigenlijk vrij simpel, zie figuur 11:

- beluchten (alle borstels aan) tot het zuurstofgehalte in het hele circuit het maximale setpoint bereikt heeft (instelling Bakker: meestal 1,5 mg O₂/l);
- vervolgens het zuurstofgehalte laten zakken tot het onderste setpoint (ongeveer 0,3 O₂ mg/l);
- daarna volgt een instelbare mengtijd, de tijd dat de voortstuwingsaan staan is afhankelijk van de belasting van de sloot. Meestal ongeveer een uur. De mengtijd wordt vastgesteld aan de hand van de regelmatige analyse van ammonium en nitraat op de rwzi.

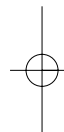
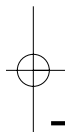
130

www.afvalwaterwetenschap.net



Figuur 11: Het zuurstofgehalte in de tijd, schrijverrol rwzi Eversteekoog (Kampf, 1994)

(Simon Smit Fotografie, Texel)





AFVALWATERWETENSCHAP



(Simon Smit Fotografie, Texel)

Figuur 12: Het moerassysteem Eversteekooq met op de achtergrond de rwzi.

Op mijn vraag aan Bakker waarom de slibindex van het slib in jouw installaties toch erg hoog is (150 tot soms meer dan 300 ml/g), antwoordde hij: 'Eigenlijk heb je alleen maar slecht bezinkbaar slib'. Volgens de oude artikelen van Pasveer was een index van 50 ml/g (wel na een uur bezinken) goed, 100 ml/g matig en daarboven slecht. Al vrij snel na een borstel zie je dat de vlokken al groter worden. Hoe komt die slechte slibbezinking? 'Ja', zegt Bakker, 'Het lijkt wel of de samenstelling van

het afvalwater veranderd is. Misschien was het de invloed van de persleidingen.'

De wijze van bedrijfsvoering die ik er op na houd, heeft misschien ook een minder goede invloed op de slibbezinking. Door de gefaseerde beluchting is het zuurstofgehalte grote delen van de dag erg laag. Misschien is het hoogste setpoint van 1,5 mg O₂/l te laag. Het lijkt er op dat als je het zuurstofgehalte hoger op laat lopen, de slibvlok vaker volledig van zuurstof wordt voorzien. Dit gebeurde ook in de oude discontinue oxydatiesloten.

Maar waarom zou je over een hoge slibindex inzetten? Zolang je het slib maar binnenhoudt, je moet gewoon niet al te veel slib in de sloot handhaven. En dat gaat zolang de sloot niet overbelast is. Bij een minder goed bezinkbaar slib is je effluent trouwens vaak helderder. Ook de losse slibdeeltjes worden dan bij de bezinking ingevangen.'

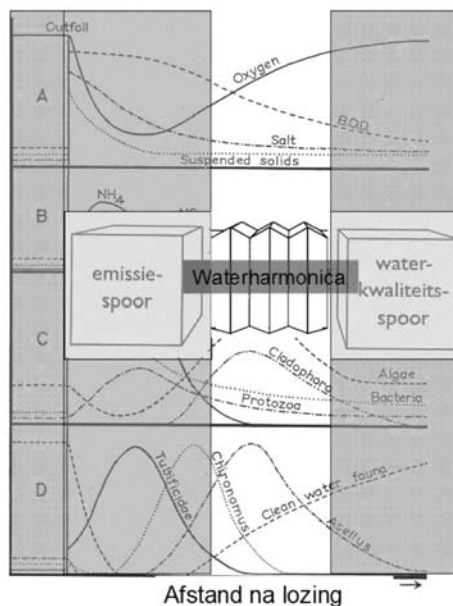
De vijf oxidatiesloten van Texel toonden over de periode 1991 – 1993 gemiddelde gehalten aan NH₄ van 0,6 tot 1,8 mg, N-totaal 4 tot 8 mg N/l. Ook trad regelmatig biologische defosfatering op, gezien de gemiddelde gehalten van Oudeschild en 't Horntje (respectievelijk 1,2 en 2,3 mg/l).

Langs een minder vervuilde sloot lopen

Het moerassysteem van de rwzi Eversteekooq

Schema effect organisch effluent op een rivier

- A: fysisch-biochemisch
- B: chemisch
- C: micro-organismen
- D: "grotere" dieren



Figuur 13: Langs een sloot: Van schoon water, via vervuilde water, naar schoner naar 'schoon'

AFVALWATERWETENSCHAP

(Figuur 12) was het begin van een toenemende belangstelling voor biologische nazuivering van effluent in Nederland (Schreijer et al., 2000). Het rapport is te downloaden vanaf www.waterharmonica.nl. Dit op diverse plaatsen in Nederland nagevolgde voorbeeld (bijv. Land van Cuijk, Hapert, Grou) maakt, zonder dat we het toen beseften, gebruik van het basis idee van Pasveer: 'loop verder langs de sloot en het water wordt beter'.

Daarvoor moet je wel, net als Pasveer deed met zijn 'eenvoudige waterzuivering', de sloot 'engineeren'. Hier nemen processen in vijvers, zoals filtratie van slibdeeltjes door watervlooiën (Kampf et al., 1999, 2007; Schreijer et al., 2000), fototrofe biofilms (algenmatten) en opname door planten de hoofdrol.

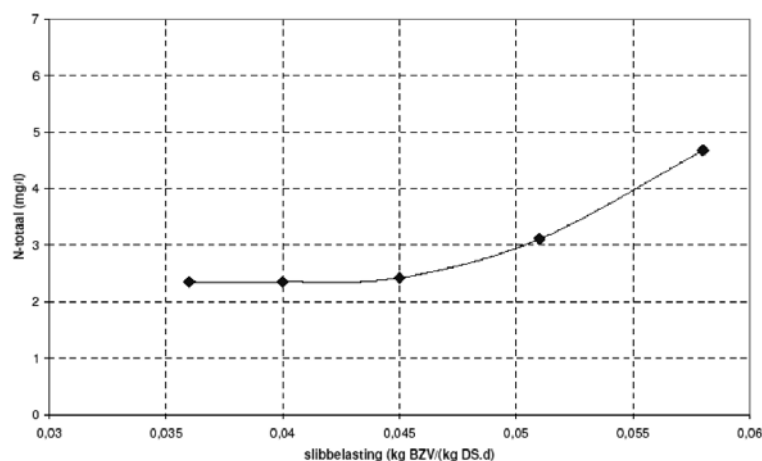
In Figuur 13 wordt in, navolging van Figuur 1, met de 'Waterharmonica' de tocht van schoon water, via vervuild water, naar schoner naar 'schoon' water voortgezet (zie (Claassen, 1996; Claassen et al., 2002).

Voor afvalwaterzuiveraars wordt het niet alleen door de KRW interessant, het is niet meer slechts het wegwerken van een vervuiling, maar het waarmaken van een plaats in de hele watercyclus. Het is in toenemende mate niet meer alleen het 'voldoen aan lozingsseisen, het voorkomen van overschrijdingen van de vergunning', geen 75 procent N-doelstellingen, voldoen aan N-totaal van 10

mg/l. Inderdaad, het is een heel verschil of deze 10mg/l voornamelijk in de vorm van ammonium of als nitraat aanwezig is. Effluent met 0,5 tot 1 mg NH_4/l is bij een oxydatiesloot goed mogelijk en leidt tot een beperkte zuurstofvraag. Een gehalte 8 mg NH_4/l veroorzaakt echter een zuurstofvraag van 37 mg O_2/l en is, door het hoge gehalte aan vrij NH_3 , behoorlijk toxisch voor vis.

Het gaat daarentegen in toenemende mate om het omzetten van het afvalwater in een voor diverse bestemmingen bruikbaar water. Een teken hiervoor was de grote belangstelling van het in oktober 2007 gehouden IWA-congres: 6th Conference on Water reclamation and reuse for sustainability (www.wrrs2007.org). De ontwikkeling lijkt nu in twee richtingen te gaan. De hoofdstroom is een direct hergebruik van het (opgewerkte) effluent in industrie, spoelwater en sproeiwater in steden, golfbanen, irrigatie van landbouw of zelfs direct naar drinkwater. De tweede stroom is 'terug geven van water aan de natuur'.

In wezen is dat het concept van de Waterharmonica (Schomaker et al., 2005), zie ook de recent in Antwerpen getoonde Waterharmonica poster (Sala et al., 2007). Dit kan gaan zoals in Grou (Claassen et al., 2007) of zoals in Emuriabrava, Costa Brava, Spanje (Sala and Romero de Tejada, 2007), veel inspanningen voor het maken van 'natuurwaarden'. Een voorbeeld om via natuurlijke processen om de watercyclus



Figuur 14: Invloed slibbelasting op N-totaal in effluent (modellering rwzi Hoogvliet) (Bentem et al., 2007)

AFVALWATERWETENSCHAP

richting drinkwaterwinning te sluiten, is het werk van Emmanuel Van Houtte bij de Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne Ambacht ('Kringlopend Water is onze Ambacht', IWVA, 2007).

Een belangrijk aspect bij het 'teruggeven van water aan de natuur is' het omvormen van gezuiverd afvalwater tot 'bruikbaar oppervlaktewater', waarbij naar mijn stellige overtuiging het produceren van 'levend' water met weinig toxische stoffen belangrijker is dan water met heel lage nutriënten gehalten.

De toekomst?

Het voorspellen van de toekomst is altijd lastig, maar wordt eenvoudiger bij enig besef van het verleden. Vast staat dat de kloof tussen technici en biologen veel kleiner is geworden in de loop van de tijd. In het begin van de ontwikkeling van afvalwaterbehandeling werden de ontwerpen vooral gemaakt door technici, meestal op basis van vuistregels. Een multidisciplinaire aanpak heeft er voor gezorgd dat het actief-slibstelsysteem al heel redelijk begrepen wordt. Actiefslib kan veel, dat wisten we al en dat wordt ook bevestigd door de zeer recente Stowa-studie 'Grenzen aan actiefslib'. Een slibbelasting van 0,05 is goed, maar modellering van de rwzi Hoogvliet suggereert dat 0,045 of lager 'beter' is. Zie Figuur 14.

Of ligt de toekomst niet bij zulke zeer laag belaste actief-slibsystemen, maar bij slib-op-dragersystemen, korrelslib of juist bij een vergaande nabehandeling met zandfiltratie, membraanfiltratie, actiefkoolbehandeling of biologische filtratie met water-vlooiën (Stowa, 2007)? De tijd zal het leren, het zullen vast combinaties van systemen worden, maar het staat als een paal boven water dat de oxydatiesloot – zeer laag belast actief-slibstelsysteem met een 'slibbelasting van 0,05 of iets lager' – daar een grote rol in zal blijven spelen.

Dit zal ook het geval kunnen zijn in ontwikkelingslanden. Hier kunnen de lessen uit de begintijd van de oxydatiesloot – 'hoe kunnen we zo goedkoop mogelijk een rwzi bouwen?' – gecombineerd worden met recente ervaringen en ideeën: 'gezuiverd afvalwater, geproduceerd door rijken, moet zodanig behandeld worden dat het effluent een goede bron is, niet alleen water voor bevoeding, maar ook

als een bron van nutriënten' (bijv. Kampf en Jacobi, 2006). ■

Referenties

'Alle medewerkers van de Afdeling Water en Bodem, IMG-TNO', 1974, Dr. ir. A. Pasveer met pensioen: H2O, v. 7, p. 3-5.

Baars, J. K., 1955. Werkrapport betreffende proeven, genomen met een beluchttingsinstallatie voor het rioolvocht aan de Dobbe-weg te Voorschoten gedurende het tijdvak 14 juli – 1 oktober 1954. Werkrapport A2. s' Gravenhage, afdeling Gezondheidstechniek T.N.O., sectie Water, bodem en lucht.

Bentem, A. G. N van, A. Buunen, B Reitsma, A. van Nieuwenhuijzen, P. de Jong, 2007. Het actief-slibproces, de mogelijkheden en grenzen. Utrecht, Stowa.

Claassen, T.H.L., S. Gerbens, R. Kampf, 2007. Texelse kennis toegepast bij zuiveringsmoeras en paabiotoop bij rwzi Grou: H2O, 39, p. 41-43.

Claassen, T.H.L., 1996. Het 3D-schakelsysteem: van tweesporenbeleid naar driesporenbeleid; eco-technologisch van randverschijnsel naar centrumpositie. 25 jaar toegepast onderzoek waterbeheer, jubileumsymposium STOWA, 13 september 1996, p. 141-153. Utrecht

Claassen, T.H.L., R. Kampf, B. Palsma, 2002. De waterharmonica als schakelsysteem tussen de afvalwaterketen en het oppervlaktewatersysteem: van afvalwater naar gezond en bruikbaar oppervlaktewater. Utrecht, Stowa.

DHV, 1975. Carrousel. Treatment plants for municipal & industrial wastewater, brochure, Amersfoort.

DHV, 2007. Carrousel are here, proven technology available Down Under. ABCO/DHV 2007. Perth, Australia: www.awa.asn.au

Eikelboom, D.H., 1988. Handboek voorkomen en bestrijden van licht slib. Rapport 88-03, Stowa.

AFVALWATERWETENSCHAP

- Heide, B.A., 1974. De oxydatiesloot: Voorkómen en bestrijding van licht slib. Delft. Vakantiecursus TU-Delft.
- Heide, B.A., 1975. Aerobe en verdergaande zuivering in zeer laag belaste actief-slib systemen. Stikstofverwijdering door middel van biologische denitrificatie. A 76 en A77. Delft, IG-TNO.
- Heide, B.A., 1977a. Biologische denitrificatie in zeer laagbelaste actiefslibsystemen: H2O, 10.
- Heide, B.A., 1977b. Zeer laag belaste actief-slibsystemen. Delft, Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO. Cursus 'Grondslagen, uitvoeringsvormen en recente ontwikkelingen van de biologische zuivering van afvalwater' 25 - 29 april 1977 van de Stichting Postakademiale Vorming Gezondheidstechniek, Delft.
- Heide, B.A., R. Kampf, 1977a. Eigenschappen en verwerking van oxydatieslootslib met en zonder simultane defosfatering met kalk: H2O, 10, p. 448-456.
- Heide, B.A., R. Kampf, 1977b. Fosfaatverwijdering door middel van simultane precipitatie met kalk: H2O, 10, p. 16-23.
- Heide, B.A., R. Kampf, 1978a. De MFT-methode als kenmerk voor de ontwatering van slib: H2O, 11, p. 439-444.
- Heide, B.A., R. Kampf, 1978b. Simultane defosfatering met aluminiumsulfaat (AVR): H2O, 11, p. 439-444.
- IWVA, 2007. Torreele. Productie uit drinkwater uit effluent: http://www.iwva.be/docs/torreele_ne.pdf
- Kampf, R., 1983. De eerste (?) windmolen op een afvalwaterzuiveringsinrichting: H2O, p. 16.
- Kampf, R., 1994. De oxydatiesloten van Piet Bakker: De Klaarmeester, p. 22-29.
- Kampf, R., R. Jak, M. Groot, 1999. Growing Daphnia on effluent to improve the food situation of spoonbills on the island of Texel, do Daphnia really eat sludge? 4th International Conference on Ecological Engineering for Wastewater Treatment, 7-11 June 1999 ed., As, Norway.
- Kampf, R. en J. Jacobi, 2006. The Waterharmonica – ecological engineering, IWE Seminar Series 'Water and Health', 6 april 2006, WUR, Wageningen (<http://www.waterharmonica.nl/iwe/>)
- Kampf, R., H. v. d. Geest, L. Sala, A. Romani, J. Comas, T.H.L. Claassen, S. Gerbens, R. Neef, H. W. M. Menkveld, 2007. Biological filtration of treated waste water by Daphnia: an alternative for technical filtration, or an addition? IWA 6th Conference on Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability, Antwerpen.
- Loohuizen, K. van, 2006. Afvalwaterzuivering in Nederland. Van beerput tot oxidatiesloot. RWS RIZA rapport 2006.011, Lelystad, RWS-RIZA.
- Pasveer, A., 1957. Eenvoudige afvalwaterzuivering: De Ingenieur, v. 69.
- Pasveer, A., 1958a. Eenvoudige waterzuivering. rapport 26. Delft, Instituut voor Gezondheidstechniek T.N.O.
- Pasveer, A, 1958b. Eenvoudige zuiveringsmethode voor kleinere hoeveelheden afvalwater: Polytechnisch Tijdschrift.
- Sala, L., T. H. L. Claassen, R. Kampf, J. Sala, D. Boix, H. v.d. Geest, 2007. Trophic webs from discharges: nature enhancement through the Waterharmonica concept . 6th Conference on Water reclamation and reuse for sustainability , Antwerpen.
- Sala, L., S. Romero de Tejada, 2007. Use of reclaimed water in the recreation and restoration of aquatic ecosystems: practical experience in the Costa Brava region (Girona, Spain). 6th Conference on Water reclamation and reuse for sustainability, Antwerpen.
- Schomaker, A.H.H.M, A. Otte, J. J. Blom, T.H.L. Claassen, R. Kampf, 2005. Waterharmonica, de natuurlijke schakel tussen Waterketen en Watersysteem. 2005-18. Utrecht, Stowa.

AFVALWATERWETENSCHAP

Schreijer, M., R. Kampf, J.T.A. Verhoeven, S. Toet. 2000. Nabehandeling van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater in een moerassysteem met helofyten en waterplanten, Resultaten van een 4-jarig demonstratieproject op rwzi Everstekooog, Texel. Edam en Utrecht, Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen en Universiteit Utrecht.

Somers, J.A., 1981 Upgrading of biologically treated sewage by slow sand filtration. Fifth European Sewage and Refuse Symposium, München (Dld), 22-26 June 1981, p. 249-275. 1981. Delft, TNO, IMG-publikatie no. 812.

Somers, J.A., 1982. Discharge of treated sewage to groundwater using the criteria for slow sand filtration. Delft, TNO, IMG-publikatie no. 837. Proceedings of the IAHS Exeter Symposium, July 1982, p. 23-35 (IAHS Publication No. 139, Effects of Waste Disposal on Groundwater and Surface Water).

Stowa, 2007. Vergaande zuivering. Wat kan en wil je er mee? De langste dag van Horstermeer. Horstermeer, Stowa, NVA, Waternet.