




Veel zuurstof met fijne bellen: OC-meting plaatbeluchters rwzi Westpoort

ING. J. HANGELBROEK, DIENST WATERBEHEER EN RIOLERING
ING. R. NEEF, DIENST WATERBEHEER EN RIOLERING
IR. E. DAAMEN, WITTEVEEN+BOS, THANS DOUWE EGBERTS
ING. T. WIJFFELS, WITTEVEEN+BOS

In 2003 bouwde DWR een nieuwe vierde actiefslibtank op de rwzi Westpoort. Hiermee werd de zuiveringscapaciteit uitgebreid tot 500.000 inwonerequivalenten. Oorspronkelijk was het plan de beluchting in deze tank te verzorgen door de gangbare techniek van inblazing via (meest ronde) rubberen membranen. De techniek van plaatbeluchting was wereldwijd nog niet eerder op de schaal van rwzi Westpoort toegepast. In Nederland werd de techniek alleen nog maar ingezet op realtief kleine rwzi's. In overleg met de Nederlandse leverancier van plaatbeluchters werd in de nieuwe actiefslibtank door DWR een proef op volle schaal uitgevoerd op basis van 'no cure - no pay'. Het risico dat DWR daarmee aanging, heeft maximaal resultaat opgeleverd. In september 2003 en in april 2004 zijn OC-metingen uitgevoerd in de actiefslibtanks. Gemeten is in reinwater en in een slib/watermengsel aan plaatbeluchters en keramische elementen (bouwjaar 1992). De OC van de plaatbeluchters voldoet aan de garantiewaarde zoals opgegeven door de leverancier. Tevens ligt de zuurstofinbrengefficiëntie van de plaatbeluchting, gebaseerd op slib/watermetingen, 60 procent hoger dan die van keramische elementen. De overige drie nog om te bouwen actiefslibtanks zullen naar aanleiding van deze resultaten allen worden voorzien van plaatbeluchting.

In H_2O nummer 25/26 van 2002 is verslag gedaan van de samenwerking tussen het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht. Deze samenwerking resulteerde in de uitbreiding van de rwzi Westpoort om zo het communaal en industrieel afvalwater uit Zaanstad te kunnen behandelen. De eerste fase van de uitbreiding is in oktober 2003 in bedrijf genomen: een actiefslibtank en een nabezinktank zijn bijgebouwd. In de nieuwe actiefslibtank wordt gebruik gemaakt van plaatbeluchting. Om de efficiëntie van de plaatbeluchting in deze tankconfiguratie vast te stellen, zijn OC-metingen uitgevoerd. In dit artikel worden de resultaten gepresenteerd van deze stap in de richting van duurzaam zuiveren.

Een belangrijke verandering in het ontwerp van rwzi Westpoort is dat wordt overgestapt van chemische naar biologische fosfaatverwijdering. Dit leidt tot forse ingrepen in de actiefslibinstallaties. De huidige omloopcircuits worden omgebouwd naar een kleiner omloopsysteem voor nitrificatie en denitrificatie. Het overblijvende deel wordt omgebouwd tot acht anaërobe zones. De huidige beluchtingsinstallatie wordt vervangen door een geheel nieuwe.

Ontwerp beluchtingssysteem biologische fosfaatverwijdering

Vanwege de hoge efficiëntie van plaatbeluchters heeft DWR onderzocht of zij met aanvaardbare risico's toepasbaar konden zijn op rwzi Westpoort. Uitkomst van dat onderzoek was dat het uitvoeren van een proef op volle schaal met deze techniek leidde tot aanvaardbare operationele en financiële risico's. De vraagstelling was of plaatbeluchting in een omloopsysteem op deze schaal in dezelfde mate voldoet als in andere typen actiefslibtanks.

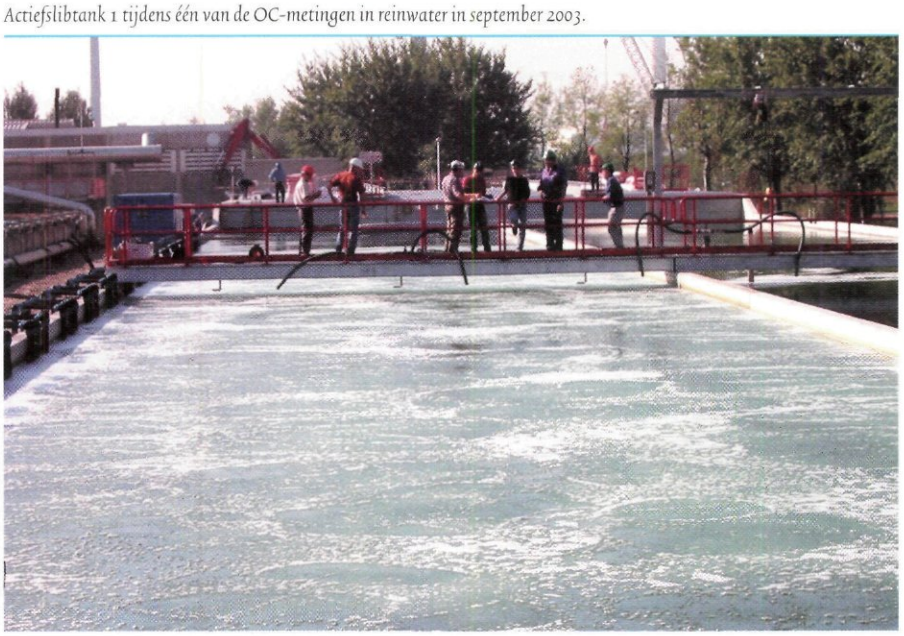
Voor de actiefslibtanks van rwzi Westpoort is door de leverancier een garantiewaarde van 26,07 g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$) (10°C) afgegeven. Het ontwerp is hierop gebaseerd (zie tabel 1 op pagina 46).

Op basis van het criterium van jaarlijkse kosten (energie en afschrijving) blijkt dat de lagere exploitatiekosten opwegen tegenover de hogere kapitaalslasten voor plaatbeluchting. Met de leverancier is overeengekomen met een reinwater-OC-meting de gegarandeerde specifieke OC van 26,07 g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$) te controleren. De meetresultaten van de reinwater-OC-meting dienen als basis voor de besluitvorming over de toepassing van plaatbeluchting in de overige drie (nog om te bouwen) actiefslibtanks.

Meetmethoden

Omwille van de meetnauwkeurigheid zijn de garantiemetingen in september 2003 uitgevoerd in reinwater conform de Stora-richtlijn 'Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingsystemen bepaling in reinwater' (1980). Na zeven

Actiefslibtank 1 tijdens één van de OC-metingen in reinwater in september 2003.



maanden bedrijfsvoering zijn in april 2004 wederom OC-metingen in een slib/watermengsel uitgevoerd in actiefslibtank 1 (plaatbeluchting) en in tank 3 (keramische beluchtingelementen). Hierdoor is het mogelijk beide beluchtingssystemen te vergelijken.

Uitvoering OC-meting in reinwater

In twee rondgangen is bij minimale beluchtingcapaciteit en drie voortstuwers in bedrijf een 15 procent natriumsulfietoplossing gedoseerd in de met leidingwater gevulde actiefslibtank. Op basis van een geleidbaarheidsmeting en sulfietanalyses bleek vervolgens na vijf rondgangen een goede homogenisatie te zijn opgetreden. Op drie plaatsen is de zuurstofconcentratie tijdens de reaëratie gemeten, en wel twee meter vanaf de wand en op 2,5 meter waterdiepte.

Ter controle van de reinheid van het drinkwater zijn α-factorbepalingen en chemische analyses uitgevoerd. De aanleiding daartoe was de groene waas in het water (lichte algengroei) en de lichte schuimvorming ten tijde van de metingen. Het luchtdebiet is berekend uit het toerental van de blowers, de druk en de temperatuur van de aangezogen én van de gecomprimeerde buitenlucht aan de hand van de blowerspecificaties, afgegeven door de leverancier.

Vier reaëratiemetingen zijn verricht: op half- en vollast beluchtingcapaciteit, beide uitgevoerd in duplo. De resultaten zijn omgerekend naar de standaardcondities van een watertemperatuur van 10°C en een luchtdruk van 101,3 kPa. Naast een meting van het luchtdebiet op basis van het blowertoerental is ook gebruik gemaakt van de geïnstalleerde meetapparatuur op basis van een pitotbuis. Als maatgevend is het luchtdebiet op basis van het toerental van de blower genomen.

Aanvullend zijn door de leverancier van de voorstuwers op 55 meetpunten verdeeld over de natte doorsnede omloopsnelheden gemeten. Dat is eveneens gebeurd bij half- en vollast beluchtingcapaciteit. De gemiddelde vastgestelde omloopsnelheid bij drie voortstuwers in bedrijf bedroeg 0,37 m/s.



Het testen van de plaatbeluchters in de bouwfase; controle van het bellenpatroon.

Na meting van de omloopsnelheden werd een opmerkelijke conclusie getrokken. Voor de omloopsnelheid maakt het nauwelijks verschil of de beluchting uitgeschakeld is, op halflast of op vollast werkt. Kennelijk veroorzaakt het plaatbeluchtersysteem weinig hydraulische weerstand, onafhankelijk van de luchtdoorzet.

Dit fenomeen is terug te vinden in de hoge omloopsnelheid; het systeem werd gedimensioneerd op basis van vergelijkbare systemen met rubber membranen. De ontwerpwaarde bedraagt een gemiddelde snelheid van 25 cm/s. Dit impliceert dat omloopsystemen met plaatbeluchting in omloop kunnen worden gehouden met een veel lager specifiek voortstuwvermogen (omstreeks een factor twee lager). Voor grote rwzi's kan de energiebesparing daardoor aanzienlijk zijn: op Westpoort scheelt dat circa 20 kW continu. Bij een energieprijs van zes cent per kWh is de jaarlijkse besparing circa 10.000 euro.

Tabel 1. Ontwerp nieuwe actiefslibtank.

absolute OC (10°C, 101, 3 kPa)	700	kg O_2/h
specifieke OC	26,07	g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$)
totale ontwerpluchttoevoer:	5.600	Nm^3/h
ontwerpwaarde elementbelasting:	15 *	$Nm^3/m^2.h$
aantal platen (2 m^2/plaat)	180	-
inhoud omloopsysteem	11.100	m^3
waterkolom boven elementen	4,8	m

* De elementen kunnen tot maximaal 20 $Nm^3/(m^2.h)$ belast worden, dus 1,3 maal de ontwerpwaarde.

Uitvoering OC-meting in slib/watermengsel

In april 2004 zijn de zuurstofinbrengcapaciteiten in de actiefslibtanks 1 en 3 bepaald volgens de evenwichtsmethode (Merkblatt ATV M209, juni 1996), waarbij het actiefslib, dat zich in een endogene ademhalingsfase bevindt, wordt belucht totdat een maximale stationaire zuurstofconcentratie wordt bereikt. Door meting van de atmosferische druk, de watertemperatuur en door bepaling van de α-factor

van het actiefslib is de reinwater zuurstofoverdracht berekend voor de situatie van reinwater bij 10°C en 101,3 kPa atmosferische druk. Aan beide actiefslibtanks is gedurende 18 uur voorafgaand aan de metingen geen influent meer toegevoegd, bij instandhouding van de beluchting en de slibretour vanuit de nabezinktank.

Het actiefslib is belucht, zodat het zich in een endogene toestand bevindt. De slibretour is twee uur voor aanvang van de meting stilgezet.

In de nieuwe actiefslibtank zijn de interne recirculatiestromen van en naar de denitrificatietank stilgezet. Omdat de lucht toevoer voor actiefslibtank 3 uit één hoofdluchtleiding ten behoeve van meerdere actiefslibtanks wordt verkregen, is voor de bepaling van het luchtdebiet gebruik gemaakt van een thermische gasdebietmeting. Deze is toegepast bij metingen aan zowel de actiefslibtank met plaatbeluchting en die met keramische beluchting. Voor elke tank zijn op één meetdag drie respiratiemetingen en twee reaëratiemetingen uitgevoerd. Tevens is op dezelfde dag en op dezelfde locatie de α-factor van het actiefslib bepaald.

Resultaten

Vooraf is gesteld dat een meetafwijking van vijf procent wordt toegestaan ten opzichte van de gegarandeerde specifieke OC-waarde van 26,07 g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$) in reinwater onder vollast-condities. Tevens is gesteld dat de plaatbeluchting niet voldoet, indien de gemeten specifieke OC meer dan 7,5 procent onder de gegarandeerde waarde ligt.

De in september 2003 gemeten reinwater OC ligt met 25,4 g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$) 2,6 procent onder de gegarandeerde OC. Deze afwijking ligt ruim binnen de grenzen van de meetonnauwkeurigheid van de meetmethode (ongeveer vijf procent).

De gemeten specifieke OC is vergelijkbaar met de uitkomsten van de OC-metingen op de rwzi Sliedrecht in 2002. Na twee jaar gebruik van de plaatbeluchting zijn daar specifieke OC-waarden van 26 (+ 2) en 20 (+ 2) g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$) bepaald. De duplometing in het slib/watermengsel in actiefslibtank 1 van rwzi Westpoort leverde een specifieke OC van 22,7 g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$) op, waarbij het luchtdebiet is bepaald aan de hand van het toerental van de blowers. De vergelijking van de specifieke OC-waarden voor plaatbeluchting en keramische beluchting in gelijkvormige omloopsystemen is gebaseerd op de thermische gasdebietmeting. De specifieke zuurstofinbreng is bij plaatbeluchting 60 procent efficiënter dan bij keramische beluchting.

Bepaling luchtdebieten

In het systeem is op verschillende manieren het luchtdebiet bepaald. Hoewel de maximale meetonnauwkeurigheid van elk van deze metingen ongeveer vijf procent bedraagt, bleek de onderlinge afwijking een veel grotere bandbreedte aan te geven. Voor de reinwatermetingen in actiefslibtank 1 bleek afleiding van het luchtdebiet uit het werkelijke (gemeten) toerental van het rootsbloweraggregaat het meest betrouwbaar. Daartoe werden direct aan weerszijden van het bloweraggregaat druk en temperatuur gemeten. Tezamen met de proefstandgegevens van deze machines is het werkelijke luchtdebiet af te leiden. Bij de reäreatiemeting in de slib-watermengsels van actiefslibtank 1 en 2 kon deze methode niet worden toegepast voor actiefslibtank 2; deze wordt belucht door middel van turbocompressoren.

Om die reden zijn voor beide actiefslibtanks de luchtdebieten gemeten met een thermische gasdebietmeting en is ter vergelijk ook het debiet van actiefslibtank 1 bepaald aan de hand van de rootsblowergegevens. In tabel 2 blijkt dat een significante afwijking aanwezig is tussen de herleiding uit de blowergegevens en die van de thermische gasdebietmeting.

Voor de relatieve vergelijking tussen actiefslibtank 1 en 2 volstaat de thermische gasdebietmeting. Voor de relatieve vergelijking tussen de reinwatermeting en de slib-watermeting in actiefslibtank 1 is de herleiding uit de blowergegevens meer geschikt.

Energiebesparing

Het systeem met plaatbeluchting voldoet aan de hoge verwachtingen. Op rwzi Westpoort wordt daarmee een energiebesparing bereikt zoals aangegeven in tabel 3. In deze tabel is bepaald welk opgesteld vermogen noodzakelijk is voor beluchting van rwzi Westpoort voor de bestaande techniek met keramische buizen, de techniek met plaatbeluchting en de meest gangbare techniek met rubber membranen.

Uitgaande van een continu gemiddeld verbruik van de helft van het opgestelde vermogen, een energieprijs van zes cent per kWh en een bedrijfstijd van 8.500 uur per jaar zijn ook de energiekosten bepaald. De besparing van plaatbeluchting ten opzichte van beluchting

Tabel 2. Resultaten metingen.

parameter	eenheid	AT1 platen halflast	AT1 platen vollast	AT3 keramisch vollast
reinwater				
massastroom lucht (toerental blower)	mn^3/h	2.507	5.586	
absolute OC	kg O_2/h	386	713	
specifieke OC (opgenomen uit net)	kg O_2/kWh	6,3	5,5	
specifieke OC (toerental blower)	g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$)	30,7	25,4	
α-factor		1,00		
slib/water				
massastroom lucht	m^n_3/h		5.389	5.050/5.777*
absolute OC	kg O_2/h	584	385	
specifieke OC (asvermogen motor)	kg O_2/kWh		5,0	
specifieke OC (toerental blower)	g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$)		22,7	
specifieke OC (thermisch luchtdebiet)	g O_2/($Nm^3.m_{stijghoogte}$)		24,2	15,0
α-factor		0,72		0,80
watertemperatuur	°C	17,1		17,8

* Gemeten met thermische gasdebietmeting tijdens de twee reaëratiemetingen. De andere metingen zijn afgeleid uit het toerental van de rootsblower op basis van gemeten ingangsdruk en -temperatuur, uitgangsdruk en -temperatuur van het aggregaat en de proefstandgegevens van de machine.

door middel van keramische buizen bedraagt circa 96.000 euro per jaar.

Conclusies

Uit de OC-metingen in reinwater en in het slib/watermengsel kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het plaatbeluchtingsysteem in actiefslibtank 1 heeft met een elementbelasting van 15,5 $Nm^3/(m^2.uur)$ een OC (reinwater, 10°C en 101,3 kPa) van 713 kg O_2/uur;
- De specifieke OC-waarden van het plaatbeluchtingsysteem in actiefslibtank 1 bedragen bij half- en bij vollast respectievelijk 30,7 en 25,4 g $O_2/(Nm^3.m_{stijghoogte})$. De plaatbeluchters voldoen daarmee aan de gestelde garantiewaarden van 26,07 g $O_2/(Nm^3.m_{stijghoogte})$;
- De specifieke OC (op basis van thermische gasdebietmeting) in het slibwatermengsel bedraagt in de bestaande actiefslibtank met keramische elementen 15,0 g $O_2/(Nm^3.m_{stijghoogte})$. Op basis van dezelfde meetmethoden is voor plaatbeluchting een waarde van 24,2 g $O_2/(Nm^3.m_{stijghoogte})$ vastgesteld, waarmee plaatbeluchting 60 procent efficiënter is;
- De afname van circa tien procent in de specifieke OC van de plaatbeluchting na zeven maanden bedrijfsvoering wordt mogelijkerwijs verklaard door meetonzekerheden en/of verschillende meetmethoden en/of afgenomen efficiëntie van de plaatbeluchting. Het verdient aanbeveling om de OC-meting in het slibwatermengsel te herhalen na een langere periode van bedrijfsvoering;
- Systemen met plaatbeluchting vereisen een lager specifiek voortstuwvermogen. De hydraulische weerstand wordt nauwelijks beïnvloed door het al of niet ingeschakeld zijn van de beluchting. Ten opzichte van de huidige gangbare beluchtingssystemen kan in omloopcircuits worden volstaan met een voortstuwvermogen dat ongeveer een factor twee lager is.

Tabel 3. Energie.

parameter	eenheid	keramische buizen	plaat-beluchting	rubber membranen
op te stellen vermogen voor systeem met biologische fosfaatverwijdering	kW	940	560	750
jaarlijks energieverbruik	MWh	4.000	2.400	3.200
jaarlijkse energiekosten	euro	240.000	144.000	192.000
besparing ten opzichte van keramische buizen	euro		96.000	48.000