Arjan Borger, Grontmij
Patricia Clevering-Loeffen, Grontmij
Marc Augustijn, Waterschap Zeeuwse Eilanden
Cora Uijterlinde, STOWA

OC-meting: onbekend maakt onbemind?

Het verminderen van het energieverbruik door rioolwaterzuiveringsinstallaties kreeg de afgelopen jaren steeds meer aandacht. Uit diverse studies bleek dat de beluchting substantieel bijdraagt aan het energieverbruik van de totale rwzi. InfoMil berekende in 2006 dat de beluchting gemiddeld 55 tot 60 procent van het totale energieverbruik voor haar rekening neemt, wat neerkomt op negen tot 21 kWh per i.e.. Een efficiënt beluchtingssysteem kan dus bijdragen aan een verlaging van het totale energieverbruik van de zuiveringsinstallatie.

Een efficiënt beluchtingssysteem kan worden gedefinieerd als een systeem dat per kilowatt opgenomen vermogen relatief veel zuurstof overdraagt aan de waterfase. De snelheid waarmee zuurstof wordt overgedragen, wordt uitgedrukt in de OC (Oxygenation Capacity, ofwel standaard zuurstoftoevoer, in kg O_2/uur). De OC van een beluchtingssysteem dient afgestemd te zijn op de zuurstofvraag van het actiefslib, dus feitelijk op de vuilvracht naar de rwzi en de volgende ademhaling van het slib.

Geen standaard meting

Hoewel de OC een belangrijk kengetal is voor zowel het energieverbruik als voor het eigenlijke zuiveringsproces is het uitvoeren van een OC-meting in Nederland geen standaard praktijk. Complexiteit van de meting is één van de redenen daarvoor. Daarnaast zijn kennis en ervaringen over de OC-meting niet gemakkelijk toegankelijk.

Diverse beheerders hebben aan STOWA aangegeven dat zij graag meer inzicht zouden krijgen in de praktische aspecten van het meten van de OC. Met het oog op het bovenstaande heeft STOWA besloten om de ervaringen die Nederlandse waterschappen, adviesbureaus en leveranciers hebben met het uitvoeren van OC-metingen te inventariseren en toegankelijk te maken, een handreiking 'OC-meting in de praktijk' op te stellen en een rekenhulp te maken die gebruikt kan worden voor het uitwerken van de OC-meetgegevens.

Het meten van de OC en de beluchtingsefficiëntie

De OC wordt gemeten door een beluchtingsruimte te beluchten totdat de evenwichtszuurstofconcentratie onder de heersende procesomstandigheden is bereikt (zie grafiek). Bij aanvang van de meting kan de beluchtingsruimte zuurstofloos danwel oververzadigd met zuurstof zijn.
Indien de beluchtingsruimte voor aanvang van de meting zuurstofloos gemaakt is, wordt belucht totdat de zuurstofconcentratie is gestegen tot de evenwichtsconcentratie. Dit wordt de absorptiemethode genoemd. Zuurstofloze omstandigheden kunnen worden bereikt door inblazing van stikstofgas of door het toevoegen van natriumsulfiet en kobaltchloride.
Oververzadiging kan worden bereikt door inblazing van zuivere zuurstof of door het toevoegen van waterstofperoxide. De ruimte wordt vervolgens belucht totdat de zuurstofconcentratie is gedaald tot de evenwichtsconcentratie. Dit wordt de desorptiemethode genoemd.

Principieel bestaat geen voorkeur voor absorptie- danwel desorptiemetingen. Beide methoden verschillen wel qua bijvoorbeeld toepasbaarheid in een bepaalde situatie, chemicaliënverbruik en dergelijke (zie tabel 1).

Indien de meting wordt uitgevoerd in rein water (leidingwater of vergelijkbaar), dan stijgt of daalt de zuurstofconcentratie volgens

$$C_t = C_s - (C_s - C_0) \cdot e^{-k_L a_T \cdot t}$$

waarin:
- C_t Concentratie opgeloste zuurstof in water op tijdstip t (mg O_2/l)
- C_s Zuurstofverzadigingswaarde (mg O_2/l)
- C_0 Concentratie opgeloste zuurstof in water op tijdstip t=0 (mg O_2/l)
- $k_L a_T$ Zuurstofoverdrachtcoëfficiënt voor rein water bij T °C (h^{-1})
- t tijd (min)

De OC wordt vervolgens berekend uit

$$OC = \frac{V.k_L a_{20}.C_{s,20}}{1000}$$

waarin:
- OC Standaard zuurstoftoevoer in rein water (kg O_2/h)
- V Watervolume in beluchtingstank (m^3)
- $k_L a_{20}$ Zuurstofoverdrachtscoëfficiënt voor reinwater bij watertemperatuur T = 20°C (h^{-1})
- $C_{s,20}$ Zuurstofverzadigingswaarde bij standaardomstandigheden (mg O_2/l)

Een reinwatermeting kan bijvoorbeeld uitgevoerd worden om de werkelijke OC van een beluchtingssysteem te vergelijken met de door de leverancier opgegeven waarde. Bij een reeds in bedrijf zijnde installatie dient echter wel eerst het slib in de beluchtingsruimte te worden vervangen door rein water. In verband hiermee kan in een dergelijke situatie worden gekozen voor het uitvoeren van een OC-meting in slib. Bij meting in slib wordt feitelijk niet de 'echte OC' bepaald, maar een 'schijnbare OC', ofwel 'alfa-OC'. De reden hiervoor is dat bijvoorbeeld het slibgehalte en de zoutconcentratie de uitkomst van de OC-meting beïnvloeden. De alfa-OC wordt afgekort tot αOC en wordt berekend via

$$C_t = C^* - (C^* - C_0) \cdot e^{-k_L a_T \cdot t}$$

en

$$\alpha OC = \frac{V.\alpha k_L a_{20}.\beta.C_{s,20}}{1000}$$

waarin:
C^* schijnbare zuurstofverzadigingswaarde (mg O_2/l)
αOC standaard zuurstoftoevoer in actiefslib (T = 20°C, *p* = 1.013 hPa, C = 0 mg O_2/l) (kg O_2/h)
$\alpha k_L a_{20}$ zuurstofoverdrachtscoëfficiënt voor actiefslib bij watertemperatuur T = 20°C (h^{-1})
β zoutfactor (-)

Uit de (α)OC kan vervolgens de beluchtingsefficiëntie van het beluchtingssysteem worden berekend, zijnde de OC per opgenomen kWh. Deze wordt uitgedrukt in de SAE (Standard Aeration Efficiency), volgens:

$$SAE = \frac{(\alpha)OC}{P}$$

waarin:
SAE = standaard zuurstofoverdracht in rein water (kg O_2/kWh)
P = vermogensopname door de beluchtinginstallatie (kW)

Nederlandse ervaringen met OC-metingen

Uit een enquête onder alle Nederlandse waterschappen, zeven adviesbureaus en elf leveranciers blijkt dat de ongeveer de helft van de waterschappen ervaring heeft met het uitvoeren van OC-metingen (zie tabel 2). Van de adviesbureaus en leveranciers die hebben gereageerd op de enquête, had respectievelijk 100 en 75 procent ervaring met de meting. Gesteld wordt dan ook dat in Nederland een behoorlijke ervaring met het uitvoeren van OC-metingen aanwezig is. De STORA-richtlijn uit 1980 en richtlijn ATV-M 209 uit 1996 worden het meest gebruikt als werkvoorschrift bij het uitvoeren van de meting. De respondenten geven aan zowel desorptie- als absorptiemetingen uitgevoerd te hebben. De resultaten van de enquête zijn vastgelegd in STOWA-rapport 2009-15.

De respondenten hebben verder een aantal knelpunten en aanbevelingen genoemd, gerelateerd aan de praktische uitvoering van de meting en het vergroten van de betrouwbaarheid van de uitkomsten. Deze aandachtspunten zijn meegenomen bij het opstellen van de handreiking.

Beslisboom

Op basis van de uitkomsten van de enquêtes en de bestudering van de normen is de 'Beslisboom OC-meting' opgesteld (zie afbeelding 2). De gebruikers komen bij het doorlopen ervan uit bij de beste OC-meetmethode voor de specifieke situatie waarin de OC-meting wordt uitgevoerd. Werkvoorschrift DWA-M 209, dat in 2007 verscheen ter vervanging van ATV-M 209, is hierbij als uitgangspunt genomen. In een aantal gevallen kan het meten van de alfafactor noodzakelijk zijn. Dit is ook in de beslisboom weergegeven.

De absorptiemethode en de desorptiemethode volgens DWA-M 209 zijn in de handreiking nader uitgewerkt. Er is niet gekozen voor een letterlijke vertaling van dit voorschrift, maar voor het samenvatten van de belangrijkste achtergronden en aandachtspunten die worden genoemd. Hierbij is met name aandacht besteed aan de benodigde overeenstemming vooraf, de benodigde materialen, het verloop van de meting, de belangrijkste formules die relevant zijn voor het berekenen van de OC en het verwerken van de resultaten.

De informatie uit de enquêtes (vooral de praktische knelpunten en aanbevelingen) is gebruikt om de beschrijving praktisch goed bruikbaar te maken.

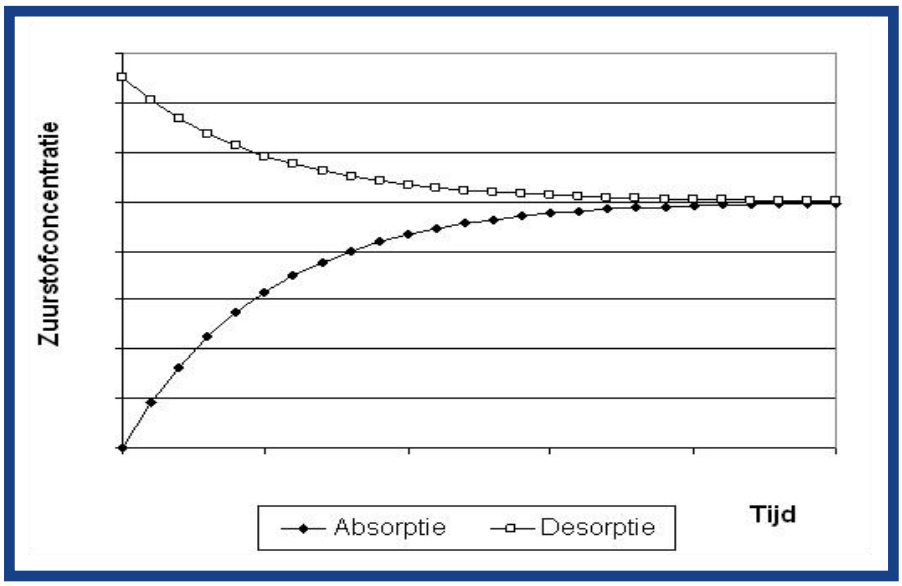
Rekenhulp bij verwerking resultaten

Het resultaat van een OC-meting is een reeks van zuurstofconcentraties en de bijbehorende tijdstippen. Vaak worden meerdere zuurstofelektrodes gebruikt en wordt de meting een aantal malen herhaald. Het uitwerken van deze grote hoeveelheid gegevens is tijdrovend. Om dit wat te vergemakkelijken, is in het kader van het STOWA-project een excel-rekeninstrument opgesteld.
De gelogde gegevens kunnen hierin worden ingelezen, waarna op eenvoudige wijze de zuurstofoverdrachtscoëfficiënt en dus de OC kunnen worden berekend. Tevens is een aantal controles opgenomen waarmee in één oogopslag kan worden beoordeeld of de meetresultaten betrouwbaar genoeg zijn. De controles hebben betrekking op het aantal meetpunten binnen een meting en op de mate van toevalligheid waarmee de meetresultaten verspreid zijn rondom de gefitte curve.

Nut en noodzaak van de alfafactor

Indien de OC-meting in slib plaatsvindt, is de mate waarin een beluchtingssysteem in staat is om zuurstof over te dragen naar de waterfase niet alleen afhankelijk van het beluchtingssysteem, maar ook van de alfafactor. Dat betekent dat de OC in slib en de alfafactor van dat slib met elkaar verbonden zijn. Er is geen gestandaardiseerde methode voor het meten van de alfafactor beschikbaar.
Bij het meten van de alfafactor in een laboratorium zijn de volgende aspecten van belang: de meetomstandigheden moeten bij alle metingen gelijk zijn; het meetvat dient voldoende gemengd te worden, teneinde de menging in het vat niet beperkend te laten zijn voor de zuurstofoverdracht én de zuurstofoverdrachtscoëfficiënt van het actiefslib die gemeten wordt in het laboratorium, mag niet als absolute waarde worden vertaald naar de fullscale-installatie, maar alleen worden gebruikt om de alfafactor te berekenen. Ook voor het verwerken van de resultaten van de alfafactormeting is een rekeninstrument opgesteld.

***Afb. 1:** Theoretisch verloop van de zuurstofconcentratie in de desorptie- en een absorptiemeting*



***Tabel 1:** Absorptiemeting versus desorptiemeting*

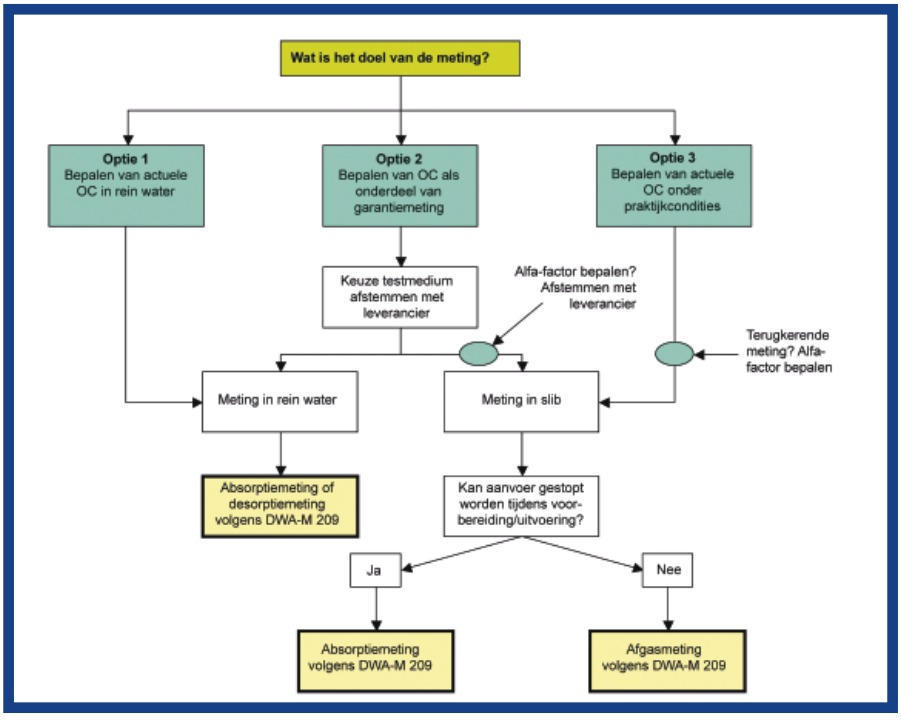
	Reinwatermeting		Slibmeting	
	Absorptie-meting	**Desorptie-meting**	**Absorptie-meting**	**Desorptie-meting**
Toepasbaarheid beluchtingsysteem	Bellen, oppervlakte	Bellen	Bellen, oppervlakte	Bellen, oppervlakte
Chemicaliën/hulpstoffen	Na_2SO_3 + Co of zuiver N_2	Zuivere O_2	Geen (endogeen) of zuiver N_2	H_2O_2 of zuivere O_2
Veiligheid/Arbo	-	-	+	-

Conclusie

Het uitvoeren van meer OC-metingen is uiteraard geen doel op zich, maar door het opstellen van de handreiking en de beide rekeninstrumenten is hopelijk de drempel om een OC-meting uit te voeren verlaagd. Zoals gesteld draagt het beluchtingssysteem in belangrijke mate bij aan de energieconsumptie van de totale zuiveringsinstallatie. In het kader van het streven naar energiebesparing en de energieneutrale zuiveringsinstallatie is het van evident belang om de efficiëntie van het meest energieverbruikende onderdeel van een zuiveringsinstallatie te kunnen beoordelen.

LITERATUUR

1) STOWA (2009). Handreiking OC-meting in de praktijk. STOWA. Rapport 2009-15.
2) STOWA (2009). Handleiding bij de rekentools voor de OC en de alfa-factor. STOWA. Rapport 2009-W-05.
3) DWA (2007). Messung der Sauerstoffzufuhr von Belüftungseinrichtungen in Belebungsan-lagen in Reinwasser und in belebtem Schlamm. DWA-Merkblatt M 209.
4) InfoMil (2006). Handleiding rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Publicatie 3IM06E10.
5) NEN (2003). Afvalwaterzuiveringsinstallaties - deel 15: Meting van het zuurstoftoevoervermogen in schoon water in beluchtingstanks van actieve slibinstallaties. NEN-EN 1255-15 (en), ICS 13.060.30.
6) STORA (1980). Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingssystemen; 1. Bepaling in reinwater (reaeratiemethode). Rapport 80-05.



***Afb. 2:* De beslisboom**

***Tabel 2:* Respons op de enquête**

	verstuurd	respons	ervaring (% van respons)
waterschappen	27	23 (85%)	13 (57%)
adviesbureaus	7	6 (86%	6 (100%)
leveranciers	11	4 (36%	3 (75%)