

## Een valkuil bij OC-bepalingen

### Het directe zuurstoftransport lucht — actief slib

In de meeste beschouwingen over beluchting door middel van luchtbellen wordt een model gehanteerd waarbij men zich voorstelt dat de zuurstof eerst vanuit de luchtbel naar de waterfase diffundeert en vandaar verder naar de actief slibvlokken. Er wordt dan echter geen rekening gehouden met de mogelijkheid van een direct transport lucht → vlok.

Deze directe overdracht van zuurstof kan men verwachten wanneer luchtbellen zich gedurende kortere of langere tijd hechten aan slibdeeltjes (afb. 1). Weliswaar verloopt het transport van de zuurstof dan ook via de waterfase, maar de weerstand tegen het stoftransport zal toch geringer zijn (Bennett and Kempe, 1964). Deze weerstand zetelt voornamelijk in de dunne vloeistoflaagjes rond de gasbel en de slibvlokken, waarin hoofdzakelijk moleculaire diffusie optreedt, terwijl buiten deze grenslaagjes het transport in de waterfase vooral door turbulente diffusie wordt beheerst (Kishinevskii, 1955). Indien nu een luchtbel zich enige tijd hecht aan een slibvlok zal er waarschijnlijk ook een dunne vloeistoffilm tussen de luchtbel en de slibvlok blijven bestaan, maar de zuurstof behoeft slechts éénmaal een grenslaag met grote weerstand te passeren in plaats van twee keer (afb. 1b). Bekend is het verschijnsel dat grotere gesuspendeerde deeltjes in water de zuurstofoverdracht belemmeren (W. J. Beek, 1969). Het is duidelijk dat, wanneer van neveneffecten wordt afgezien, op alle plaatsen waar het grensvlak lucht-water wordt vervangen door grensvlak lucht-vast, het zuurstoftransport wordt verhinderd. Daardoor zal de totale overdracht van zuurstof verminderen. Indien het gesuspendeerde materiaal echter niet inert is, maar zelf zuurstof verbruikt zoals actief slib, kan het transport aan het grensvlak lucht-vaste stof wel degelijk doorgaan.

Omdat de zuurstofconcentratie in de slibvlok lager is dan in het water, zal het transport aan dit grensvlak lucht-vlok zelfs bevorderd worden doordat hier het concentratieverschil groter is. Dit directe zuurstoftransport onttrekt zich echter aan de waarneming omdat het zuurstoftransport bijna altijd gemeten wordt door de zuurstof-

concentratieverandering in het water te meten (met bijvoorbeeld een zuurstofelektrode) en niet in de lucht. In de praktijk zal men dan ook veelal aanmerkelijk lagere OC-waarden meten dan met de werkelijkheid overeenkomt.

### Meetmethoden

Door o.a. Eckenfelder (1952) en Kayser (1967) is aangegeven op welke wijze men de OC-waarde of de zuurstofoverdrachtscoëfficiënt onder praktijkcondities kan meten.

In het kort komt het neer op het volgende:

Bij beluchting van zuurstofloos of zuurstofarm water neemt de zuurstofconcentratie per tijdseenheid toe met een bedrag dat evenredig is met het deficit. Het deficit is het verschil tussen de verzadigingsconcentratie  $C_s$  en de werkelijke concentratie  $C_t$  (afb. 2). In formule:

$$\frac{dC}{dt} = k_L A (C_s - C_t) \quad (1)$$

De evenredigheidsconstante  $k_L A$  is het produkt van de stofoverdrachtscoëfficiënt  $k_L$  en de grootte van het specifieke grensvlak lucht — water  $A$ . De waarde van  $k_L A \times C_s$  noemt men de OC (het zuurstoftoevoerend vermogen bij zuurstofconcentratie 0).

De geïntegreerde vorm van vergelijking (1) is:

$$2,3 \log \frac{C_s - C_0}{C_s - C_t} = k_L A \times (t - t_0) \quad (1a)$$

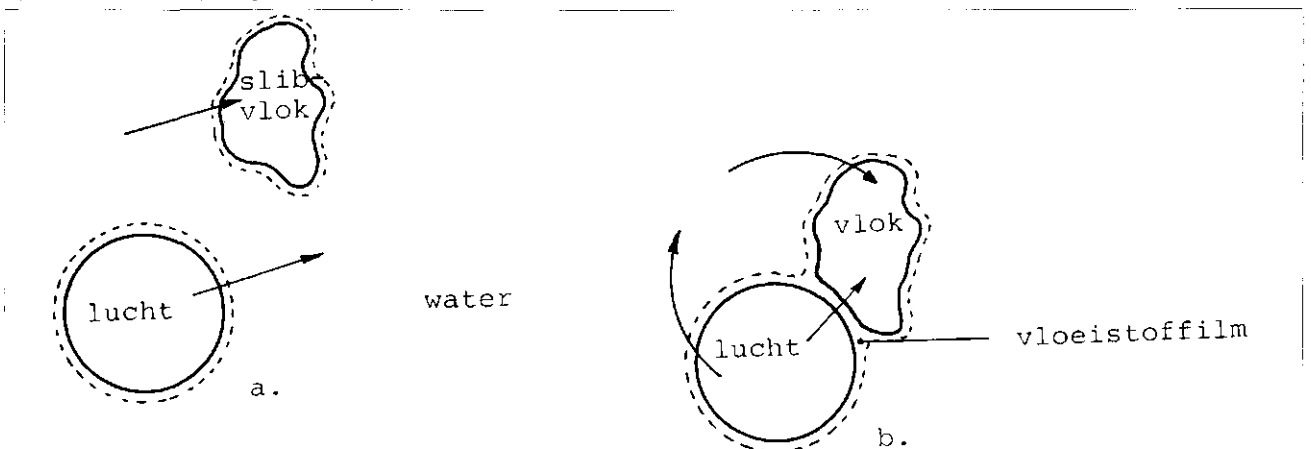
Hierin is  $C_s - C_0$  constant. Door  $C_t$  te meten en  $\log(C_s - C_t)$  tegen de tijd uit te zetten kan men  $k_L A$  uit de helling van de zo verkregen rechte bepalen.

Voor actief slib, waarin zuurstof wordt verbruikt door de bacteriën, wordt vergelijking (1):

$$\frac{dC}{dt} = k_L A \times (C_s - C_t) - r \quad (2)$$

waarin  $r$  het zuurstofverbruik door de bacteriën voorstelt.

Afb. 1 - Het zuurstoftransport in actief slib.



Door dit zuurstofverbruik wordt bij beluchting nu niet meer de verzadigingsconcentratie  $C_s$  bereikt, maar een evenwichtsconcentratie  $C_E$  (afb. 2), waarbij  $\frac{dC}{dt} = 0$ ,

$$\text{ofwel } k_L A \times (C_s - C_E) = r \quad (3)$$

Wanneer  $r$  voor de duur van de meting constant is vindt men uit (2) en (3):

$$\frac{dC}{dt} = k_L A \times (C_E - C_t) \quad (4)$$

en na de integratie:

$$2,3 \log \frac{C_E - C_t}{C_E - C_0} = k_L A \times (t - t_0) \quad (4a)$$

Door  $\log(C_E - C_t)$  als functie van de tijd te bepalen kan men nu weer  $k_L A$  vinden. Men schakelt daartoe eerst de beluchting uit tot de zuurstofconcentratie 0 is. Op het tijdstip  $t = 0$  wordt de beluchting weer aangezet en men meet  $C_t$  als functie van de tijd.

In deze modelvoorstelling wordt geen rekening gehouden met een mogelijk direct transport lucht  $\rightarrow$  vlok.

Vergelijking (2) is niets anders dan een massabalans over de zuurstof in het water. De term  $r$  in de vergelijkingen (2) en (3) stelt dan ook alleen de zuurstof voor die de bacteriën vanuit het water bereikt en niet het totale zuurstofverbruik. De grootte  $k_L A$  is een maat voor de in het water gebrachte hoeveelheid zuurstof. Wat waterzuiveraars echter interesseert is de voor het slib beschikbaar komende hoeveelheid zuurstof en deze is groter door bovengenoemde directe overdracht uit de lucht.

In veel metingen in ons laboratorium is, ook door studenten, dan ook gevonden dat vergelijking (3) niet klopt wanneer men voor  $r$  het zuurstofverbruik door de bacteriën invult. Steeds blijkt dat  $r > k_L A (C_s - C_E)$ .

Men kan  $r$  eenvoudig bepalen door de beluchting uit te schakelen. Uit de afname van de zuurstofconcentratie,  $\frac{dC}{dt}$ , vindt men dan het werkelijke zuurstofverbruik  $r$ ,

omdat de bacteriën nu in hun zuurstofbehoefte volledig moeten voorzien door de zuurstof aan het water te onttrekken. Directe overdracht uit luchtbellen is nu immers niet mogelijk.

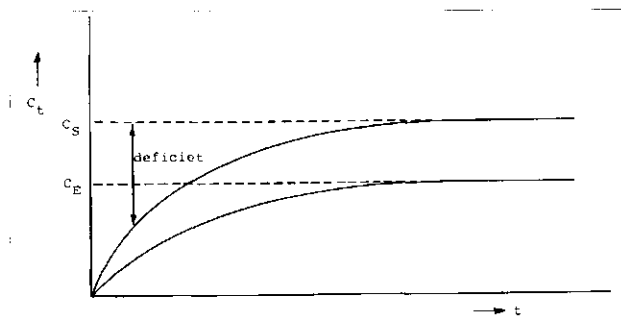
Om bij deze meting van de ademintensiteit verzekerd te zijn van voldoende turbulentie, en tevens om bezinking van het slib tegen te gaan en een juiste aanwijzing van de elektrode te krijgen, is het veelal praktisch deze ademintensiteit van het slib in een afgesloten erlenmeyer te bepalen waarin magnetisch wordt geroerd.

### Uitkomsten

Een aantal meetresultaten, verkregen met endogeen

TABEL I

$k_L A$ (hr <sup>-1</sup> )	temp. ° C	$C_s$ mg/l <sup>-1</sup>	$C_E$ mg/l <sup>-1</sup>	$r$ mg/l <sup>-1</sup> /hr <sup>-1</sup>	$k_L A (C_s - C_E)$ mg/l <sup>-1</sup> /hr <sup>-1</sup>	direct transport mg/l <sup>-1</sup> /hr <sup>-1</sup>
7,32	21,4	8,40	7,02	17,6	10,1	7,5
7,86	22,0	8,29	7,29	13,5	7,86	5,6
4,31	20,4	8,56	4,47	18,3	17,6	0,7
8,70	22	8,30	6,30	22,7	17,4	5,3
11,10	21,7	8,30	6,80	20,2	16,7	3,5
6,60	21,7	8,36	3,67	40,6	31,0	9,6
8,52	22,2	8,30	2,38	62,7	50,4	12,3
10,6	20,8	8,46	6,20	28,9	23,9	5,0



Afb. 2 - Het verloop van de zuurstofconcentratie in water en in actief slib bij OC-bepalingen.

ademend slib in een bellenwasser zijn samengevat in tabel I.

Deze metingen zijn met endogeen slib uitgevoerd om de complicatie van de noodzakelijke constante voeding met rioolwater gedurende de experimenten te vermijden. In praktijkomstandigheden is deze vereenvoudiging vaak niet mogelijk en ook niet zinvol. In deze laboratoriumexperimenten echter wel, omdat het er om gaat aan te tonen dat ook direct zuurstoftransport van belang is.

De metingen waarbij het deficit  $C_s - C_E$  het grootst is, zijn het minst gevoelig voor meetfouten in de zuurstofconcentraties wanneer het er om gaat  $r$  te vergelijken met  $k_L A (C_s - C_E)$ .

Het blijkt dat, afhankelijk van de omstandigheden, soms aanzienlijke hoeveelheden zuurstof „de korste weg” kiezen. De factoren, die invloed op de grootte van de het direct transport hebben zijn o.a. de grootte van de lucht-bellen en de slibvlokken en de zuurstofconcentratie in de vlok. Het is dan ook niet mogelijk op eenduidige wijze aan te geven welke hoeveelheden zuurstof feitelijk aan het slib worden toegevoerd onder andere dan de proefomstandigheden.

Hoewel de situatie bij oppervlaktebeluchters veel ingewikkelder is geldt ook hier dat er de mogelijkheid van een direct zuurstoftransport lucht  $\rightarrow$  vlok bestaat, zodat het zuurstoftoevoerend vermogen feitelijk groter is dan men op de klassieke manier meet.

### Literatuur

- Beek, W. J. *De fysisch technologische aspecten van de gas-absorptie in actief slib installaties*, deel II. De stofoverdrachts-snelheid. *H<sub>2</sub>O* 2 503-508 (1969).
- Bennett, G. F. and Kempe, L. L. Oxygen transfer mechanisms in the gluconic acid fermentation by *Pseudomonas Ovalis*. *Biotechnology and Bioengineering* 6 347-360 (1964).
- Eckenfelder, W. W. *Aeration efficiency and design*. I Measurement of oxygen transfer efficiency. *Sewage and Industrial Wastes* 24 1221-1228 (1952).
- Kayser, R. *Ermittlung der Sauerstoffzufuhr von Abwasserbelüftlern unter Betriebsbedingungen*. Braunschweig (1967).
- Kishinevskii, M. K. *Two approaches to the theoretical analysis of absorption processes*. *Journ. applied Chemistry (USSR)* 28 881 (1955).