

De functie van de beluchting in het zuiveringsproces

In deze inleidende les zal, om in economische termen te spreken, de beluchting uitsluitend vanuit de consumptieve sector beschouwd worden. Daarbij zullen als richtinggevende vragen aan de orde komen: waar moeten we in het zuiveringsproces beluchten, waarom doen we dat, wat gebeurt er precies met de toegevoerde zuurstof en hoe groot is de zuurstofbehoefte. Wordt in verband met de zuivering van afvalwater gesproken over beluchting, dan denken we meestal alleen aan het inbrengen van luchtzuurstof in de aeratietanks van een actief-slib inrichting. Het is ook duidelijk de bedoeling van deze cursus ons voornamelijk bezig te houden met de beluchting voor dit ene, zojuist genoemde doel.

Toch lijkt het, terwille van de volledigheid, goed nog enkele andere onderdelen of fasen van het zuiveringsproces te noemen waar een beluchting wordt toegepast.

Vóórbeluchting

In sommige installaties onderwerpt men het ruwe afvalwater alvorens het in de voorbezinktank te leiden, aan een zg. vóórbeluchting. Deze vóórbeluchting heeft meestal ten doel het weer in aerobe toestand brengen („opfrissen”) van het tijdens het transport door het riool in aangerotte toestand geraakte afvalwater, teneinde stankontwikkeling in de voorbezinktank te voorkomen. Een voorbeluchting heeft ook zin, indien het rioolwater gemakkelijk oxydeerbare bestanddelen bevat. Behalve op bv. sulfieten kan in dit verband ook gewezen worden op ijzerzouten die in hun geoxydeerde ferri-vorm uitvlokkend kunnen werken en zo het effect van het bezinkproces kunnen verhogen.

Voorts zien we een enkele maal beluchte zandvangsters en beluchte olievangsters, in welke inrichtingen de in-

gebrachte lucht een meer mechanische functie vervult, nl. het veroorzaken van een gewenste turbulentie resp. flotatie.

Nabeluchting

De beheerder van het ontvangende water stelt soms de eis dat het effluent niet alleen in voldoende mate bevrijd moet zijn van verontreinigende bestanddelen, doch tevens tenminste een bepaald gehalte aan opgeloste zuurstof dient te bezitten. Het zal dan in de meeste gevallen nodig zijn het gezuiverde afvalwater een nabeluchting te doen ondergaan, waartoe men bv. van een cascade gebruik kan maken.

Beluchting van oxydatiebedden

Bij de biologische reiniging in open oxydatiebedden is zuurstof nodig die dmv. een natuurlijke trek wordt toegevoerd. In bepaalde gevallen is men gedwongen gesloten, overdekte oxydatiebedden toe te passen. Men moet dan zijn toevlucht nemen tot het opwekken van een geforceerde trek dmv. ventilatoren.

Kunstmatige herbeluchting van oppervlaktewater

Om in oppervlaktewater bij een relatief tekort aan natuurlijke re-aeratie, vissterfte of stankhinder ten gevolge van een te laag zuurstofgehalte te voorkomen, wordt — meestal als tijdelijke maatregel in afwachting van het tot stand komen van meer afdoende saneringsmaatregelen — hier en daar wel kunstmatige herbeluchting van oppervlaktewater toegepast.

Wij zullen dit summiere overzicht hierbij afsluiten en ons verder uitsluitend bezighouden met de functie van de beluchting in het actief-slibproces voor de biologische reiniging van afvalwater.

Het actief-slib proces

Deze kunstmatig biologische zuiveringsmethode werd in 1914 in Engeland door *Arden* en *Lockett* ontwikkeld en wordt, sindsdien verder verfijnd en verbeterd, tot op de huidige dag gebezigd als de zuiveringsmethode bij uitstek.

Het principe van het proces wordt weergegeven in afb. 1.

Het influent, dat meestal door voorafgaande sedimentatie van het zg. primaire slib is ontdaan, leidt men in een acratietank, alwaar het wordt gemengd met eerder gevormd bacterie-slib, het actief-slib. Aan de inhoud van de aeratie-tank wordt dmv. de beluchtingsapparatuur zuurstof toegevoerd. Onder deze omstandigheden kan het actief-slib de organische verontreinigingen uit het afvalwater elimineren. In de nabezinktank vindt de scheiding plaats tussen het gezuiverde water en het bacterie-slib, dat als retourslib in de aeratie-tank wordt teruggeleid. Daar bij het zuiveringsproces de hoeveelheid slib toeneemt, moet spuislib uit het systeem worden afgelaten, teneinde het slibgehalte in de aeratietank op het gewenste niveau te houden.

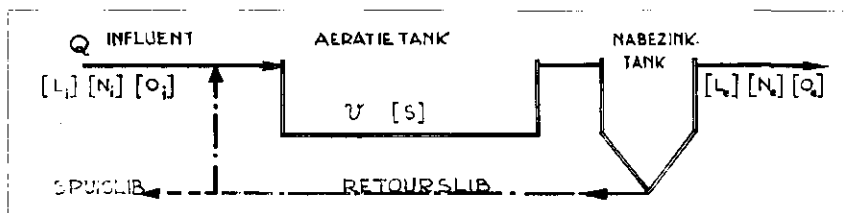
De actief-slibvlok bestaat uit een conglomeraat van eencellige organismen, de bacteriën, bijeengehouden door een min of meer structureloze slijmerige stof. Op de vlok leven ook bacteriën-consumerende protozoën.

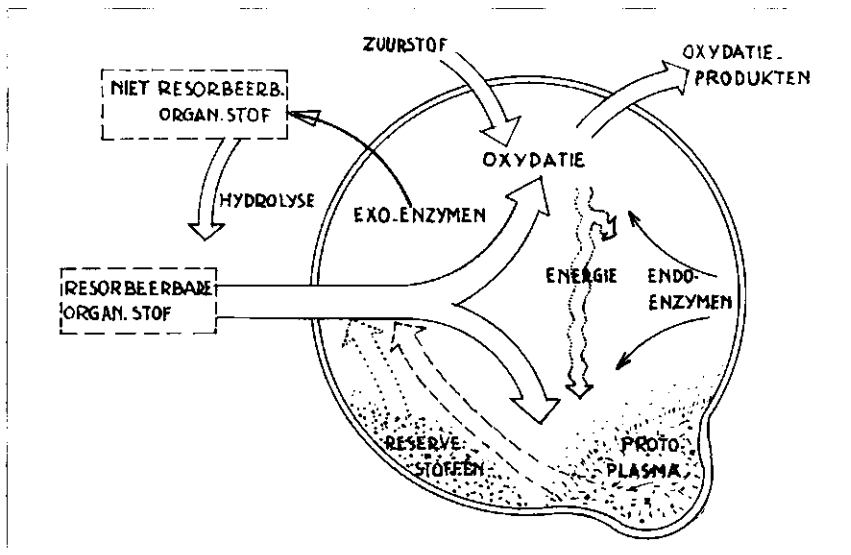
Het zijn de levende bacteriecellen in de vlok, die de omzettingen teweeg brengen welke leiden tot de zuivering van het water. Wat gebeurt er nu om en in deze cellen? Voor het antwoord op deze vraag moeten wij te rade gaan bij de biochemie en de microbiologie. Aan de hand van enkele schematische afbeeldingen kunnen de belangrijkste begrippen en verschijnselen, die hier van belang zijn in grote trekken behandeld worden.

De stofwisseling van de bacteriën

Een bacteriecel omgeven door een waterige oplossing van organische stoffen (substraat) — zie afb. 2 — kan als volgt in zijn behoefte aan energie en stof voor zijn levensverrichtingen en voortplanting voldoen. De substraat-moleculen die door de celwand kunnen diffunderen, worden

Afb. 1 - Schema van het actief slibproces.





Afb. 2 - Stofwisseling van de bacterie-cel (zeer schematisch).

direct in de cel opgenomen (geresorbeerd). Grotere, niet resorbeerbare, moleculen of polymeren moeten daartoe eerst onder invloed van door de cel uitgescheiden exo-enzymen gehydrolyseerd worden tot brokstukken, die wel resorbeerbaar zijn.

Binnen de cel verloopt de stofwisseling (metabolisme), die door endo-enzymen wordt gestuurd, in wezen als volgt. Een deel van het opgenomen substraat wordt oxydatief afgebroken bij welk proces, dat katabolisme of dissimilatie wordt genoemd, energie vrijkomt. Het resterende deel van het substraat wordt gebruikt voor de opbouw, de synthese, van nieuw celmateriaal dat nodig is voor de groei en ook voor de cel-deling (vermeerdering). Soms worden ook reservestoffen gevormd. Voor deze opbouw, ook anabolisme of assimilatie genoemd, is energie nodig die geleverd wordt door de dissimilatie.

Bij afwezigheid of uitgeput raken van uitwendig substraat kan de cel in zijn minimum energiebehoefte voorzien door zijn eigen protoplasma en de eventueel aanwezige reservestoffen te gaan dissimileren. Ten gevolge van deze endogene oxydatie zal dan ook de totale celmassa afnemen.

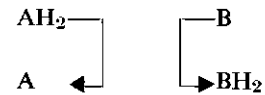
Tenslotte kunnen bacteriën afsterven. De celinhoud kan dan door uiteenvallen van de dode cel (lysis) ter beschikking komen als extern substraat voor andere bacteriën.

Voor de biochemische oxydatie zoals die onder aerobe omstandigheden verloopt, is zuurstof nodig die uit het milieu naar het inwendige van de cel moet diffunderen. De oxydatieproducten (koolzuur, ammoniak) moeten in tegengestelde richting afgevoerd worden.

Voor de synthese van nieuw bacteriemateriaal is vrij veel energie nodig. Om die energie te winnen moet dan ook onder normale omstandigheden een aanzienlijk deel (ca. 40 - 60 %) van de geresorbeerde organische stof geoxydeerd worden, onder verbruik van een overeenkomstige hoeveelheid zuurstof. Onder bepaalde omstandigheden (bijv. een tekort aan stikstof in het substraat, een relatieve overmaat aan substraat of het niet optimaal zijn van groeifactoren) kan veel substraat opgeslagen worden in de vorm van polysacchariden, waarvan de synthese slechts weinig energie vraagt. Onder deze omstandigheden behoeft dan ook maar een geringe dissimilatie plaats te vinden en zal dientengevolge ook

maar weinig zuurstof nodig zijn, terwijl toch een vrijwel volledige eliminatie optreedt.

De biochemische oxydatie, waarbij een deel van de uit het waterige milieu geëlimineerde organische stof wordt geoxydeerd tot minerale eindproducten en de energie wordt vrijgemaakt die nodig is voor de levensverrichtingen van de cel, verloopt volgens een in principe eenvoudig patroon. De algemene reactie kan als volgt geschreven worden:



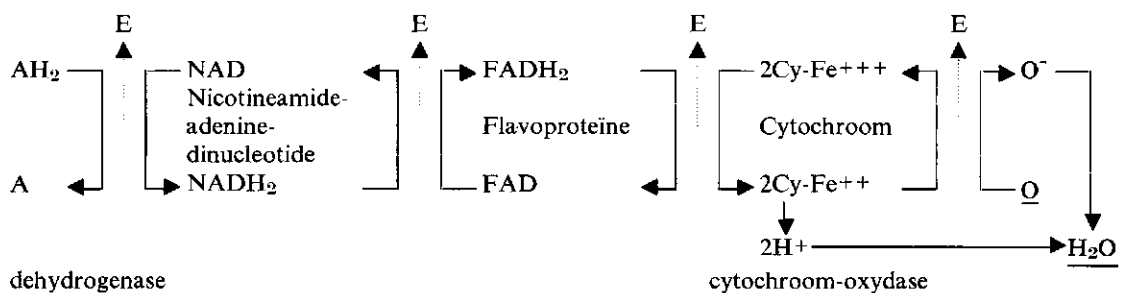
De stof die de oxydatie ondergaat (AH_2) wordt onder invloed van het enzym dehydrogenase gedehydrogeneerd.

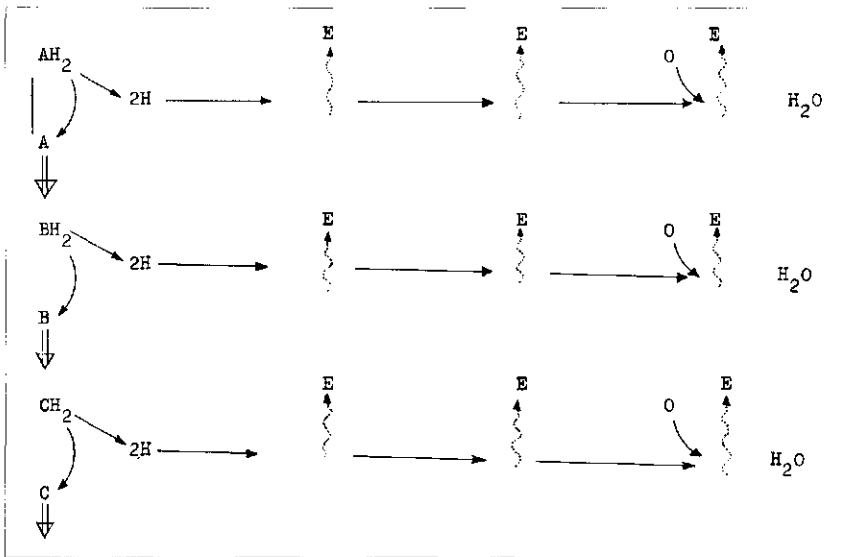
Het afgesplitste paar waterstofatomen wordt overgedragen op een geschikte waterstofacceptor B. In het geval dat ons hier thans bezighoudt is AH_2 de geresorbeerde organische stof en B elementaire zuurstof. Het werkelijke oxydatieproduct is dan H_2O .

De overdracht van de twee H-atomen van de te oxyderen stof op de zuurstof verloopt in werkelijkheid via een aantal intermediaire waterstofacceptoren, die de waterstof aan elkaar doorgeven.

Bij elke overgang komt een pakketje energie vrij. Het ademhalingspigment cytochroom zorgt tenslotte voor de overdracht van de waterstof naar de zuurstof (zie formule onderaan de pagina).

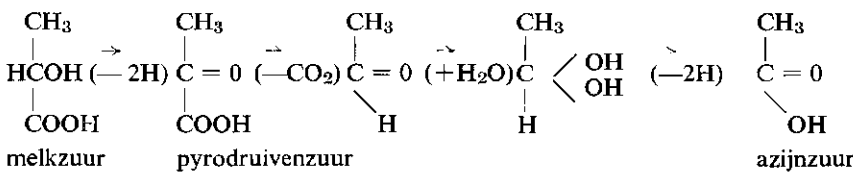
Een eenmalige dehydrogenatie van de organische stof betekent geen volledige oxydatie tot H_2O en CO_2 . Daartoe zijn meerdere stappen nodig (zie afb. 3). Het bij elke stap gevormde dehydrogeneringsproduct kan meestal niet zonder meer opnieuw twee H-atomen afsplitsen. Door middel van allerlei reacties, zoals additie van H_2O , intermoleculaire hergroepering van atomen of atoomgroepen, afsplitsing van CO_2 ed. kunnen weer verbindingen ontstaan met afsplitsbare waterstofato-





Afb. 3 - Mechanisme van de trapsgewijze afbraak bij de biochemische oxydatie.

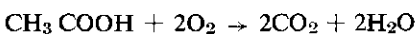
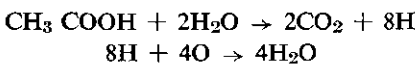
men. Als voorbeeld geven we het volgende vereenvoudigde reactieverloop:



Koolzuur ontstaat dus *niet* door directe oxydatie. De zuurstof dient uitsluitend als waterstofacceptor en het enige werkelijke oxydatieproduct is water.

De natuur werkt veelzijdig met kringprocessen. Dit is ook bij de biochemische oxydatie het geval. Als voorbeeld geven we de zg. citroenzuurcyclus, waarin azijnzuur — een belangrijk tussenproduct bij vele biochemische omzettingen — volledig wordt afgebroken tot CO₂ en H₂O (zie afb. 4). Het azijnzuur treedt deze cyclus binnen in de vorm van het zeer reactieve acetyl-SC₀A.

De gebeurtenissen in de citroenzuurcyclus kan men als volgt samenvatten:

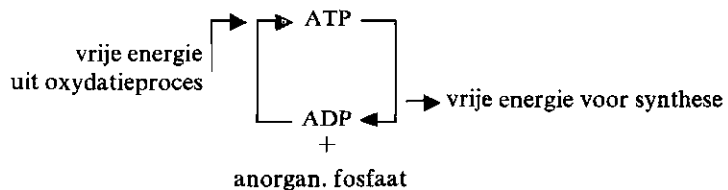


Ook hier ziet men dat de toegevoerde zuurstof niet in het CO₂ terecht komt.

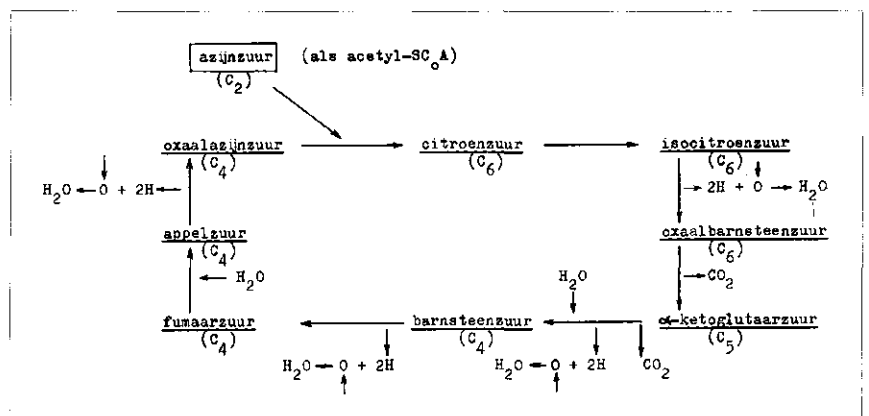
Als slot van ons uitstapje in het gebied van de biochemie en de microbiologie nog enkele woorden over de overdracht van de vrije energie uit de afbraakprocessen. De levende cel heeft niets aan energie in de vorm van warmte. Met warmte kan alleen arbeid verricht worden als er een duidelijk temperatuurverschil bestaat tussen

de warmtebron en de warmteacceptor. In levende wezens komen echter in het algemeen geen hoge temperatuurgradiënten voor.

De levende cel slaat vrijkomende energie op in energierijke fosforverbindingen, zoals het adenosine-tri-fosfaat (ATP), die weer energie kunnen afgeven voor het verrichten van chemische arbeid:



Afb. 4 - De citroenzuurcyclus.



De werking van het actief-slib

Gesterkt door de kennis verschaft door de biochemie en de microbiologie, kunnen we nu een beeld vormen van het gebeuren in de aeratietank. Afb. 5 geeft een min of meer dynamische voorstelling van de verwerking van de organische stof bij de oxydatief biologische zuivering van afvalwater.

Afhankelijk van de belasting van de actief-slibinstallatie wordt een bepaalde fractie van de organische stof aanwezig in het influent in de actief-slibmassa opgenomen en zo uit het afvalwater geëlimineerd. De rest wordt met het effluent afgevoerd. Het is van belang hier op te merken, dat in wezen slechts biologisch degradeerbare organische stof, dat is de stof die door micro-organismen in hun stofwisseling verwerkt kan worden, bij het biologisch zuiveringsproces kan worden geëlimineerd. Biologisch resistente organische verbindingen laten zich slechts voor een zeer gering gedeelte, vnl. door adsorptie aan de slibvlokken, uit het water verwijderen.

De in de slibmassa opgenomen organische stof, zondig onder de invloed van exo-enzymen daartoe geschikt gemaakt, dient nu als voedsel voor de bacteriën die in het actief-slib geconcentreerd zijn. In de stofwisseling binnen de bacteriecellen zal nu een gedeelte van het geresorbeerde materiaal geoydeerd worden. Deze primaire dissimilatie, ook substraat-oxydatie te noemen, levert de energie voor de gelijktijdig verlopende assimilatie, de synthese van nieuw celmateriaal (protoplasma), die de massa en het aantal

van de bacteriën, dus de hoeveelheid actief-slib, doet toenemen. Tevens kan een omzetting plaatsvinden van substraat in reservestof, die in en buiten de cellen wordt opgeslagen.

Van deze primaire assimilatieproducten zal, afhankelijk van factoren die later ter sprake komen, een bepaalde fractie weer in het stofwisselingsproces worden opgenomen en daarbij een oxydatieve afbraak ondergaan. Deze endogene oxydatie werkt in de richting van een vermindering van de totale slibmassa. Gekoppeld aan deze secundaire dissimilatie verloopt een hersynthese van protoplasma. De lysis van afgestorven cellen levert weer extern substraat. Resten van celwanden, een gedeelte van de zg. reservestoffen en hoogmoleculaire humusachtige oxydatieproducten zijn tegen verdere biochemische afbraak bestand en vormen een inactief bestanddeel van het biologische slib.

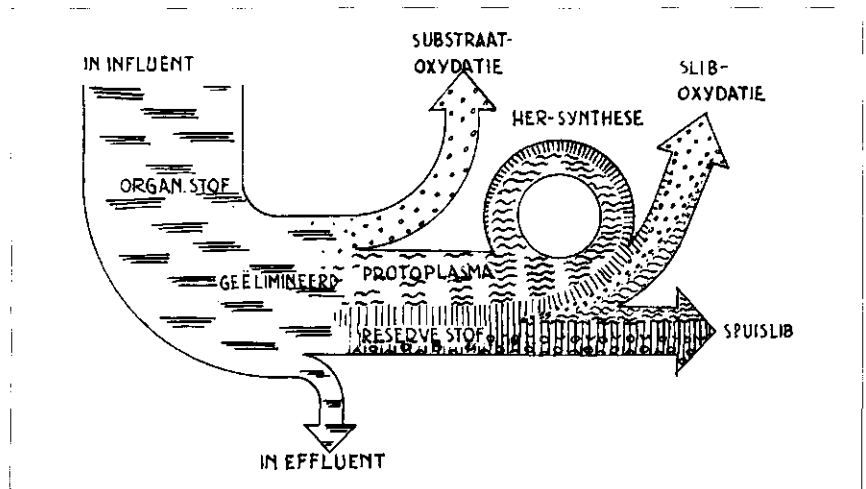
Als het systeem in een stationaire toestand verkeert, zal de netto-productie aan slibstoffen in de vorm van spuislib moeten worden afgelaten om het gehalte daarvan in de aeratie-tank op het gewenste niveau te houden. Naarmate een grotere fractie van de met het influent aangevoerde organische stof omgezet wordt in spuislib en dus minder materiaal behoeft te worden weg-geoxydeerd, zal het zuurstofverbruik bij de biologische zuivering geringer zijn.

De genoemde fractie hangt van tal van factoren af, zoals de aard van de organische stof, de contacttijd, de hoeveelheid aangeboden organische stof in verhouding tot de hoeveelheid bacteriemateriaal en de activiteit van de bacteriën. Bij afvalwater van vergelijkbare samenstelling is de zg. *slibbelasting* voor de praktijk een maatgevende parameter.

Onder slibbelasting ($\frac{B}{S}$) verstaat men de verhouding tussen de dagelijks met het influent aangevoerde hoeveelheid organische stof — uitgedrukt in zuurstofbehoefte als $\text{kg BOD}_5/\text{d}$ (B) — en de totale hoeveelheid actief-slib in het systeem — uitgedrukt in kg droge slibstoffen (S).

Hoe lager die slibbelasting is, des te meer het slib de gelegenheid krijgt door endogene oxydatie de primaire assimilatieproducten (protoplasma en reservestoffen) te verteren. De netto slibvermeerdering = spuislibproductie zal dan relatief gering zijn.

In afb. 6 is een schematisch beeld gegeven van de relatieve waarden van



Afb. 5 - Verwerking van organische stof bij de oxydatief-biologische zuivering (ontleend aan Stewart).

eliminatie, substraatoxydatie, synthese (primaire assimilatie), sliboxydatie en de resulterende spuislibproductie als functie van de reciproke slibbelasting. In direct verband met de slibbelasting staat de *slibleeftijd*, de gemiddelde tijd dat het slib in het systeem verblijft. Als ΔS de dagelijkse spuislibproductie is en S de totale hoeveelheid slibstoffen, dan bedraagt de slibleeftijd in

$$\text{dagen: } \frac{S}{\Delta S}$$

De beluchting

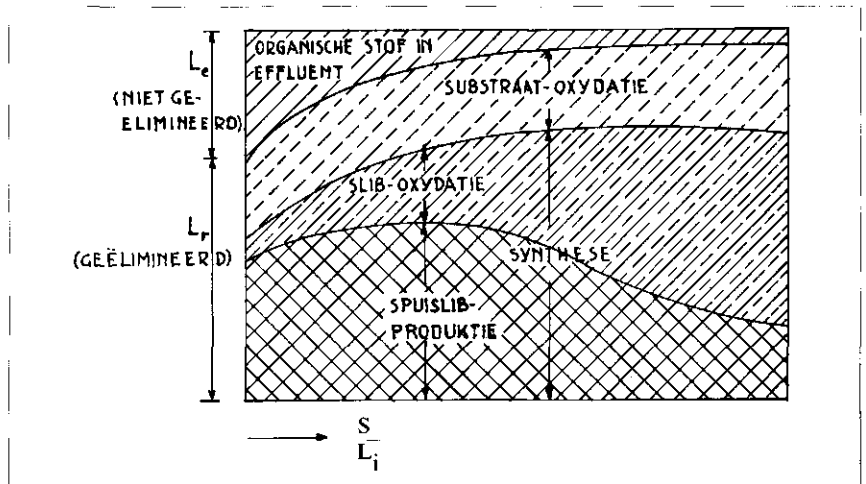
Welke functies vervult nu de beluchting in het actief-slibproces? Primair is de oxygenatiefunctie, het inbrengen van zuurstof. Deze zuurstof is nodig voor verschillende doeleinden:

1. De bevrediging van de zuurstofbehoefte, het bijhouden van de zuurstofconsumptie, van de heterotrofe bacteriën die de organische stof

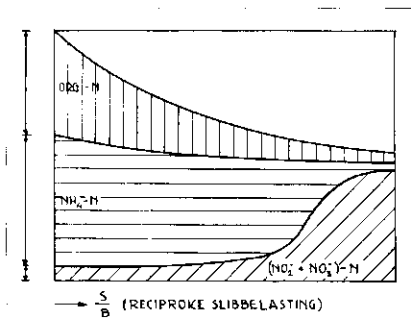
uit het afvalwater elimineren en voor een gedeelte oxyderen tot minerale eindproducten (CO_2 , NH_3).

2. De bevrediging van de zuurstofbehoefte van de autotrofe bacteriën, die de ammoniak die bij de onder 1. bedoelde afbraak van de organische stof is vrijgekomen, oxyderen tot nitriet en nitraat. (Deze bacteriën gebruiken als koolstofbron de in het water aanwezige CO_2). Of deze zg. nitrifikatie plaatsvindt en in welke mate, hangt o.m. af van de slibbelasting. Men zie hiervoor afb. 7.

3. Het verschaffen van een blijvend aëroobmilieu in de aeratietank, hetgeen een voorwaarde is voor een optimale activiteit van de aerobe bacteriën. Daartoe is een gehalte aan opgeloste zuurstof van tenminste 1-2 mg/l noodzakelijk gebleken. Het zuurstofgehalte van de inhoud van de aeratietank komt tot stand als resul-



Afb. 6 - Eliminatie, substraatoxydatie en spuislib-productie als functie van de reciproke slibbelasting (ontleend aan Stewart).



Afb. 7 - Verschuiving van de verhouding van org. N, NH_4-N en $(NO_2^- + NO_3^-)-N$ in het effluent als functie van de reciproke slibbelasting (ontleend aan Wuhmann).

taat van de instelling van een dynamisch evenwicht, dat bepaald wordt door het zuurstofinbrengvermogen van de beluchtingsapparatuur, de zuurstofconsumptie en de verzadigingsconcentratie van de zuurstof in het betrokken water-slib mengsel.

4. De directe, chemische, oxydatie (dus niet door tussenkomst van micro-organismen) van reducerende stoffen (ferrozouten, sulfiden) die, ofwel als zodanig reeds in het te zuiveren afvalwater aanwezig zijn, ofwel tijdens het zuiveringsproces ontstaan. Bij normaal rioolwater kan men deze factor verwaarlozen.

Behalve de oxygenatie vervult de beluchting nog een tweetal bijkomende functies.

5. Het uitdrijven van het ontwikkelde koolzuur, waarvan een te hoog gehalte in het water het biologisch gebeuren zou kunnen storen (b.v. door pH-verlaging).

6. Het veroorzaken van een turbulentie. Bij het inslaan of inblazen van lucht komt de watermassa in beweging. Men kan onderscheiden:

- een macro-turbulentie (waterwals), die de bezinking van het gesuspendeerde bacterieslib moet voorkomen;
- een micro-turbulentie, die bepalend is zowel voor de grootte van de betrekkelijk tere slibvlokken, als voor het stoftransport naar en van de vlok (zuurstof, substraat, koolzuur). Beide zojuist genoemde factoren beïnvloeden op hun beurt de snelheid van het zuiveringsproces.

Het basale en het assimilatieve zuurstofverbruik

In het laboratorium kan men met behulp van een zg. respirometer de zuurstofconsumptie volgen van een actief-slib suspensie vóór en na toevoegen van een bepaalde portie afvalwater.

Het resultaat van zulk een meting is grafisch weergegeven in afb. 8.

In de periode vóór de toevoeging van het afvalwater manifesteert zich uitsluitend de zuurstofconsumptie ten behoeve van de endogene sliboxydatie, ook het basale zuurstofverbruik te noemen.

Onmiddellijk na toevoeging van het afvalwater stijgt de snelheid van het zuurstofverbruik ten gevolge van het inzetten van de substraat-oxydatie. Met het aflopen van de eliminatie wegens het uitgeput raken van het externe substraat valt de snelheid van het zuurstofverbruik weer terug op de oorspronkelijke, basale waarde.

De hoeveelheid zuurstof verbruikt voor de substraat-oxydatie (AB) noemt men het assimilatieve zuurstofverbruik. De assimilatieve zuurstofbehoefte dient bij het zuiveringsproces

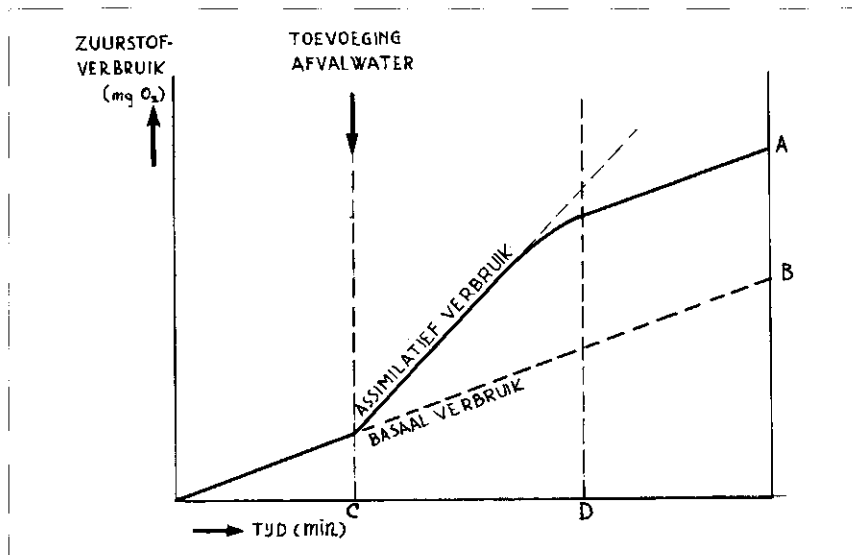
in de tijd CD, de assimilatietijd, bevestigd te worden.

De assimilatie-tijd, praktisch gelijk aan de tijd benodigd voor de eliminatie van de organische stof uit het afvalwater, neemt — onder overigens gelijke omstandigheden — af met de verhoging van de actief-slibconcentratie (zie afb. 9).

Bij een hogere slibconcentratie is vanzelfsprekend ook het basale zuurstofverbruik groter. Er zijn dan meer cellen aanwezig die elk zuurstof verbruiken voor de endogene oxydatie van het protoplasma en de reservestoffen, die in een vorige cyclus zijn gevormd.

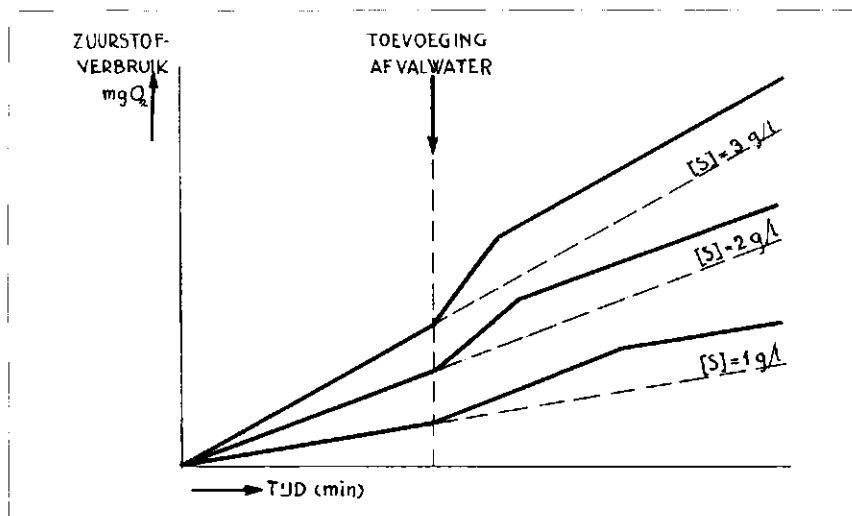
De totale zuurstofbehoefte in de aeratietank

Voor het systeem dat in afb. 1 is aangegeven, berekenen we nu de totale zuurstofbehoefte O_t (in $kg O_2/d$). Het



Afb. 8 - Verloop van de zuurstofconsumptie gemeten met een respirometer.

Afb. 9 - Verloop van de zuurstofconsumptie bij verschillende actief-slibconcentraties.



volume van de aeratietank is Vm^3 , het slibgehalte $[S]kg/m^3$.

Het debiet van het influent bedraagt $Q m^3/d$, met een concentratie aan organische stof, uitgedrukt in biochemische zuurstofbehoefte voor volledige mineralisatie*), van $[L_i] kg/m^3$; een zuurstofgehalte van $[O_i] kg/m^3$ en een gehalte aan nitraat-stikstof van $[N_i] kg/m^3$. De betrokken concentraties in het effluent bedragen resp. $[L_e]$, $[O_e]$ en $[N_e] kg/m^3$.

Wanneer we de zuurstofbehoefte van directe, chemische oxydatie verwaarlozen is:

$$O_t = O_s + O_b + O_n + O_z$$

O_s : de assimilatieve zuurstofbehoefte.

Tbv. de energievoorziening voor de assimilatie wordt een gedeelte van het geëlimineerde substraat oxydatief geëlimineerd. De hoeveelheid geëlimineerd substraat bedraagt:

$$L_r = Q[L_i] - Q[L_e]$$

Is a' de fractie die primair geassimileerd wordt, dan zal de zuurstofbehoefte voor de daarmee verbonden substraat-oxydatie $(1 - a')$ L_r bedragen.

$$O_s = (1 - a') Q ([L_i] - [L_e])$$

De waarde van $1 - a'$ ligt meestal in de buurt van 0,4.

O_b : de basale zuurstofbehoefte.

Dit deel van de totale zuurstofbehoefte is evenredig met de totale hoeveelheid slibstoffen $S = V \times [S]$ (kg).

$$O_b = b' \cdot V \cdot [S]$$

De factor b' , de snelheid van endogene sliboxydatie, geeft aan hoeveel kg zuurstof per kg droge slibstoffen per dag verbruikt wordt. Bij een hoge slibbelasting bevatten de cellen nog relatief veel materiaal dat endogeen geoxydeerd kan worden.

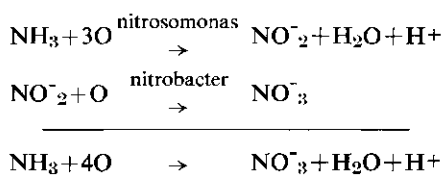
Is de slibbelasting laag, dan zal dat niet meer in die mate het geval zijn en het slib overigens veel dode cellen bevatten.

De waarde van b' zal dus met de slibbelasting afnemen. Bij een conventionele actief-slibinstallatie kan men gemiddeld rekenen op $b = 0,1 kg/kg S. d.$

O_n : de zuurstofbehoefte voor de nitrifikatie.

De biochemische oxydatie van ammoniak tot nitraat vindt plaats in twee trappen, die elk door een be-

paalde bacterie-soort wordt bewerkstelligd:



Bij een vlot verloopende nitrifikatie zal de tussenvoorraad aan nitriet zo gering zijn, dat die verwaarloosd kan worden.

Bij de berekening van de zuurstofbehoefte kan men dus van de totaalreactie gebruik maken.

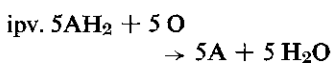
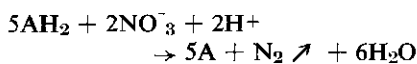
Voor 1 g at. gevormde nitraatstikstof zijn dan 4 g at. O nodig, hetgeen neer- 4×16

komt op $\frac{4 \times 16}{14} = 4,57$ g zuurstof per g stikstof.

$$O_n = Q ([N_e] - [N_i]) \cdot 4,57$$

De stikstofbalans in een actief-slibinstallatie, opgesteld aan de hand van de concentraties aan organische stikstof, ammoniak-, nitraat- en nitrietstikstof, klopt niet altijd. Dit is toe te schrijven aan een *denitrifikatie*.

Nitraat kan namelijk in een anaeroob milieu als waterstofacceptor fungeren en zo de rol van de zuurstof overnemen bij de oxydatie van de organische stof:



Bij de vorming van $2NO_3^-$ is 8 O nodig.

Deze in de nitraatvorming geïnvesteerde zuurstof kan 5 O, dus 62,5 %, vervangen bij de oxydatie van de organische stof.

Een anaerobe toestand, afwezigheid van opgeloste zuurstof, kan voorkomen in de nabezinktank en, plaatselijk of tijdelijk, in de aeratietank. Ook in het inwendige van betrekkelijk grote slibvlokken kan anaerobie heersen. Water kan slechts een geringe hoeveelheid zuurstof (ca. 9 mg/l) opnemen, die tijdens het transport naar het centrum van de vlok snel volledig verbruikt kan worden.

O_z : de zuurstofbehoefte voor de verhoging van het zuurstofgehalte.

$$O_z = Q \cdot ([O_e] - [O_i])$$

Deze post is meestal verwaarloosbaar klein. Het zuurstofgehalte in de aeratie-tank behoeft niet hoger dan ca. 2

mg/l (= 2 g/m³) te zijn, in het effluent zal dan nog lagere concentratie optreden.

Men zal overigens het zuurstofgehalte in de aeratie-tank zo laag mogelijk houden daar dan het nuttig effect van de beluchtingsapparatuur zo groot mogelijk is.

Is eenmaal vastgesteld hoe groot de zuurstofbehoefte in de aeratie-tank is, dan kan men bepalen hoe groot het zuurstoftoevoervermogen van de te installeren beluchtingsapparatuur moet zijn. Het is gebruikelijk het zuurstoftoevoervermogen op te geven als OC (Oxygenation Capacity), de hoeveelheid zuurstof die onder gestandaardiseerde omstandigheden (schoon water, een zuurstofconcentratie van 0 mg/l, een temperatuur van 10° C en een luchtdruk van 760 mm kwik) wordt ingebracht. Er is dus nog een factor Ψ nodig ter omrekening op de bedrijfsomstandigheden.

$$OC = \Psi O_t$$

In de lessen van prof. Beek en ir. Sweeris zal daar nader op ingegaan worden.

In de gegeven beschouwing over de totale zuurstofbehoefte in de aeratie-tank werd als parameter voor de organische belasting van het systeem de zuurstofbehoefte voor volledige mineralisatie (L) gebruikt.

Het is echter in de praktijk van de afvalwatertechniek gebruikelijk de organische belasting uit te drukken in kg BOD₅/d (B), de zuurstofbehoefte voor dat gedeelte van het mineralisatieproces dat in de 5 dagen durende meetperiode verloopt; en een ander onder de genormaliseerde omstandigheden van de BOD-bepaling.

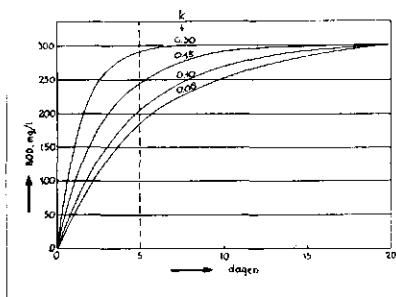
In vele empirische formules in gebruik bij de dimensionering van zuiveringsinstallaties figureert deze B. Deze formules vervullen zeker een nuttige functie, doch men dient te bedenken dat de toepassing ervan toch beperkt dient te blijven tot gevallen waarin van werkelijk vergelijkbare afvalwaterkwaliteit sprake is, hetgeen zelfs bij rioolwater dat geen industrieel afvalwater bevat niet altijd voetstoots aangenomen mag worden!

Voor een fundamentele benadering van de dimensionering is de BOD₅ zelfs volkomen onbruikbaar.

Met de BOD₅ bepaling meet men slechts een *fractie*, een meestal onbekende fractie, van de totale zuurstofbehoefte van het onderzochte afvalwater. Wat dit betekent illustreert afb. 10 overduidelijk.

Men dient voorts te bedenken dat de

*) Praktisch gelijk te stellen aan de BOD₂₀.



Afb. 10 - Invloed van de snelheidsconstante k op de BOD (voor een gegeven eindwaarde L) (uit C. N. Sawyer, *Chemistry for sanitary engineers*, Mc. Graw Hill, 1960).

biochemische oxydatie van een als „moeilijk afbreekbaar” gekarakteriseerde organische stof bij de BOD-bepaling wel veel minder vlot verloopt dan in de aeratie-tank waar zich een volledig aangepaste microflora heeft kunnen ontwikkelen.

De bepaling van L , als BOD_{20} , is een tijdrovende zaak, die door het optreden van nitrifikatie gedurende de meetperiode gecompliceerd kan worden. In vele gevallen kan men zich van de COD-bepaling bedienen.

Het begrip OC/load

Pasveer heeft voor praktisch gebruik ten behoeve van het ontwerp van zuiveringsinstallaties het begrip „OC/load” ingevoerd. Een Nederlandse

term hiervoor is tot op heden nog door niemand voorgesteld! Het is de verhouding tussen de benodigde OC (in kg/d) en de organische belasting B (in kg BOD_5/d).

$$OC/load = \frac{a \cdot b \cdot c}{d}$$

In deze formule is a de factor ter omrekening van de BOD_5 in $L(BOD_{20})$, b het zuiveringseffect gemeten aan de BOD_5 (afhankelijk van de belasting: 0,7 - 0,95), c de fractie van de geëlimineerde organische stof (uitgedrukt in zuurstofbehoefte) die tijdens het zuiveringsproces bij de substraat-oxydatie en de sliboxydatie wordt afgebroken (afhankelijk van de belas-

ting: 0,6 - 0,8) en d het zuurstofdeficit in de aeratie-tank $\frac{C_s - C}{C_s}$ (in de praktijk ca. 0,5).

De factor a wordt gemakshalve op 1,46 aangenomen. Dit mag men slechts doen indien het verloop van de BOD voldoet aan: $BOD = L(1 - 10^{-k \cdot t})$ met een k -waarde van 0,1 aan welke voorwaarde zelfs bij huishoudelijk rioolwater niet altijd voldaan wordt. In de praktijk is gebleken dat men met de volgende OC/load verhoudingen mag rekenen:

Hoogbelast	1,2—1,6
Laagbelast	1,5—2,0
Met slibstabilisatie	> 2,0

Literatuur

- Hunken, K. H., *Untersuchungen über den Reinigungsverlauf und den Sauerstoffverbrauch bei der Abwasserreinigung durch das Belebtschlammverfahren*. Stuttgarter Ber. 3. Siedlungswasserwirtschaft nr. 4 (R. Oldenbourg, München, 1960).
- Pasveer, A., *Research on Activated Sludge V*. Sewage and Industr. Wastes 27 (1955) 783 - 792.
- Pasveer, A., *Assimilations- und Dissimilationsprozesse bei der biologischen Abwasserbelüftung*. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie 12, (p. 207 - 224). (R. Oldenbourg, München, 1965).
- Stewart, M. J., *Activated Sludge Process Variations*. Water & Sewage Works (1964) R 241 - 248.