

Afvalwaterzuivering: hergebruik van proceswater

Biomembraansystemen moeten negatieve ervaringen uit verleden doen vergeten

Biologische afvalwaterzuivering wordt al decennia lang toegepast in de voedingsindustrie en vormt ongetwijfeld de best beschikbare technologie om een effluent te produceren dat beantwoordt aan de normen voor oppervlaktewater. Voor hergebruik binnen de onderneming komt dit effluent echter zelden of nooit in aanmerking, o.a. omdat het niet kiemvrij is. Tenzij men een aantal (dure) nabehandelingstappen aan het proces toevoegt (bijv. omgekeerde osmose, UV-desinfectie, ...), kan het hoogstens gebruikt worden voor secundaire toepassingen los van de productie. Een biomembraansysteem, een relatief nieuwe techniek die de voordelen van biologische zuivering en membraanfiltratie in één processtap combineert, kan hergebruik misschien wel mogelijk maken.

Food Industry had hierover een gesprek met ir. Hans van Soest, Process & Sales Manager bij Enprotech, een kleine onderneming bestaande uit een kern van bio-ingenieurs afkomstig van de Seghers-groep met jarenlange ervaring op het gebied van afvalwaterzuivering. Momenteel is Enprotech volop bezig met de bouw van een waterzuiveringsinstallatie met biomembraansysteem bij Raisio, een onderneming in Veurne die gespecialiseerd is in de verwerking van aardappelzetmeel voor de papierindustrie. Dat betekent dat Raisio eerst het zetmeel grondig moeten wassen, wat zwaar belast afvalwater oplevert. Zetmeel is immers een zeer eenzijdig product (hoofdzakelijk bestaande uit eiwitten), waardoor zich gemakkelijk filamenteus slib ontwikkelt. Dit draadvormige slib blijft aan het oppervlak en leidt soms tot verhoogde concentraties zwevende stoffen in het afvalwater. Reden genoeg dus om eens na te gaan hoe Enprotech dit probleem wil oplossen door de inschakeling van een biomembraansysteem.

Biologische afvalwaterzuivering

Afvalwater uit de voedingsindustrie wordt over het algemeen gekenmerkt door een relatief hoge organische vuilvracht (hoge BOD- en COD-waarden), afkomstig van opgeloste suikers, gisten, smaakstoffen, kleurstoffen, spoelwaters uit slachthuizen, enz. Daarnaast kan het afvalwater vaak ook hoge concentraties zwevende stoffen (suspended solids) bevatten, denk maar aan het bovengenoemde voorbeeld van zetmeelproducten, vuilresten afkomstig van de groenteverwerkende industrie, enz. Andere typische eigenschappen zijn de aanwezigheid van oliën en vetten en een lage pH-waarde door de aanwezigheid van organische zuren (bijv. in de fruitsappen- en frisdrankindustrie) en de vorming van vetzuren. Voor het ogenblik vormt biologische afvalwaterzuivering ongetwijfeld de best beschikbare technologie om dergelijk afvalwater te zuiveren tot op de norm voor oppervlaktewater. Deze norm behelst een aantal parameters zoals pH, vetconcentraties, stikstof- en fosforgehalte, enz. De belangrijkste parameters in de context van dit artikel zijn echter de concentraties zwevende stoffen (minder dan 60 mg O₂/l) en de organische vuilvracht (een BOD-waarde van minder dan 25 mg O₂/l en een COD onder de grens van 120-150 mg O₂/l, afhankelijk van de sector).

Het principe van biologische afvalwaterzuivering (aërobe zuivering om precies te zijn) is in wezen relatief eenvoudig. Na een eventuele voorbehandeling door fysico-chemische of anaërobe biologische zuivering, wordt het afvalwater in een bekken vermengd met geactiveerd slib bestaande uit een cultuur van micro-organismen. Door toevoeging van nutriënten (bijv. stikstof en fosfor) en zuurstof (via een beluchtingsysteem) ontstaat een oxidatiereactie die via een proces van assimilatie en dissimilatie de organische vuilvracht

omzet in water, koolstofdioxide (die in de lucht opgaat) en biomassa (aangroei van het slib). De bedoeling is uiteraard het proces zodanig te stimuleren dat zoveel mogelijk CO₂ en water geproduceerd wordt en zo weinig mogelijk biomassa. Om de juiste slibsamenstelling te verkrijgen wordt meestal slib geënt uit waterzuiveringsstations in dezelfde of een gelijkaardige sector, omdat men zo door een proces van aanpassing en eliminatie vlugger een eigen bacteriecultuur kan ontwikkelen.

De biologische praktijk

Concreet kan biologische waterzuivering op twee manieren gerealiseerd worden. Bij een batchsysteem wordt enkele malen per dag afvalwater in een beluchtingstank met geactiveerd slib gepompt, waar het 'goedje' dan bijv. gedurende 24 uur tot rust komt. Daarna wordt de beluchting stopgezet, waardoor het slib bezinkt. Het heldere effluent wordt weggepompt, net zoals het overtollig geproduceerde slib. Dat slib wordt uiteindelijk afgevoerd voor compostering, eventueel na behandeling in een slibontwateringsinstallatie (bijv. filterpers), of voor toepassing in de landbouw (mits het aan bepaalde normen voldoet). Een batchsysteem is enkel bruikbaar bij kleinere volumes, anders heeft men te grote stations nodig. In een continu systeem daarentegen worden in de beluchtingstank voortdurend instromend afvalwater en slib met elkaar vermengd en belucht. Vanuit deze tank gaat een slibwaterstroom naar de nabezinkingstank (zonder beluchting). Hier wordt het effluent continu afgevoerd, terwijl het slib teruggeleid wordt naar de beluchtingstank. Het overtollige slib wordt dan bijv. dagelijks afgevoerd.

Biologische afvalwaterzuivering biedt over het algemeen goede resultaten. De COD-waarde vermindert bijv. gemiddeld met 80 tot 95%, de BOD-waarde daalt 95-99% en de concentratie zwevende stoffen ligt meestal tussen de 15 en 60 ppm. Het resultaat is een effluent dat in de meeste gevallen beantwoordt aan de normen voor oppervlaktewater. Voor hergebruik binnen de productie komt het effluent echter niet in aanmerking; daarvoor is de organische vervuiling en de concentratie zwevende deeltjes nog te hoog. Bovendien zal het effluent zo goed als zeker nog kiemen bevatten, waardoor hergebruik in de voedingsindustrie helemaal uit den boze is. Hoogstens kan het gebruikt worden voor minder veeleisende toepassingen buiten de productie, zoals reiniging buitenshuis, het afspoelen van vrachtwagens, enz.

Anaërobe biologische zuivering

Bij biologische waterzuivering denkt men in de eerste plaats aan aërobe waterzuivering (d.m.v. beluchting). Als voorbehandeling wordt ook vaak anaërobe zuivering toegepast: hier wordt dus geen zuurstof toegevoegd, maar wordt de organische vuilvracht via een fermentatieproces omgezet in biogas (CO₂ en methaan). Anaërobie is een goede techniek om het afvalwater zonder veel energieverbruik voor te zuiveren. Het effluent is echter slechts voor 80 à 90% gezuiverd, zodat aërobe nabehandeling noodzakelijk blijft of eventueel een behandeling door een biomembraanreactor om het water te kunnen hergebruiken. Om energie te besparen kan men het biogas dat bij de anaërobe reactie vrijkomt, opvangen om een gasmotor aan te drijven. Een deel van de energie die zo geproduceerd wordt, kan dan gebruikt worden om de temperatuur van het afvalwater in de anaërobe fase voldoende hoog te houden (30 tot 35°C).

Membraanfiltratie

Een oplossing die soms naar voren geschoven wordt, is een nabehandeling van het effluent door membraanfiltratie. In vergelijking met biologische afvalwaterzuivering is membraanfiltratie een iets jongere techniek. Ze bestaat weliswaar al een twintigtal jaar, maar wordt slechts de laatste vijf à tien jaar echt toegepast. Het nadeel van membraansystemen is dat ze vrij duur is en dat men er in het verleden in de voedingsindustrie nogal eens negatieve ervaringen mee heeft gehad.

Membraantechnieken worden onderverdeeld op basis van hun scheidingsvermogen. Bij microfiltratie worden deeltjes van ruw genomen 0,1 tot 1 μm verwijderd (grote eiwitten, gistcellen, bacteriën, ...). Ultrafiltratie heeft een scheidingsvermogen van 0,01 tot 0,1 μm (eiwitmoleculen als gelatine, virussen, enz.), terwijl nanofiltratie deeltjes van 0,001 tot 0,01 μm tegenhoudt (grote suikers, bepaalde vitamines en kleurstoffen). De laatste stap is omgekeerde osmose waarmee deeltjes van 0,0001 tot 0,001 μm gefilterd kunnen worden (zoutoplossingen, glucose, metaalionen, enz.). Membraansystemen verschillen vooral van biologische zuivering in de zin dat de meeste filtratietechnieken enkel onopgeloste deeltjes uit het water filteren. Van de resterende organische vuilvracht (COD/BOD) na biologische zuivering zullen micro- en ultrafiltratie bijv. slechts de zwevende deeltjes verwijderen. Opgeloste zouten, suikers, kleurstoffen en metaalionen (die de geleidbaarheid van het water beïnvloeden) worden niet verwijderd, waardoor het effluent nog steeds te hoge COD/BOD-waardes bevat om in aanmerking te komen voor hergebruik binnen een productieomgeving.

Dat laatste is alleen mogelijk met omgekeerde osmose. Hoe groter echter de concentratie van bijv. de zoutoplossing wordt aan de filtraatzijde, hoe groter ook de osmotische druk wordt en hoe meer tegendruk men moet creëren om het afvalwater nog door de poriën te persen. Daarbij moet men de nodige voorzorgen nemen opdat het membraan onder deze hoge druk niet dicht zou slibben door vuilophoping, zoutneerslag, enz. Dit proces veronderstelt m.a.w. hoogtechnologische, drukbestendige en dure membranen. Omgekeerde osmose is m.a.w. een dure, veeleisende techniek die momenteel slechts beperkt ingezet wordt. Tenslotte – en dat geldt zowel voor omgekeerde osmose als micro- en ultrafiltratie – blijft men steeds opgescheept met een sterk geconcentreerd filtraat dat nog eens een nabehandeling zal moeten ondergaan.

Omgekeerde osmose

Een biomembraansysteem is één mogelijkheid om afvalwater te zuiveren tot op een niveau dat het gerecupereerd kan worden voor toepassingen binnen het bedrijf. Een andere mogelijkheid die Enprotech momenteel vaak toepast in de groenteverwerkende industrie, is biologische waterzuivering (met een eventuele anaërobe voorbehandeling), gevolgd door een nabehandeling met omgekeerde osmose. Hoewel relatief duur, vormt omgekeerde osmose een goede oplossing voor deze sector, waar strenge normen gelden inzake recuperatie: een deel van het afvalwater moet immers gerecupereerd worden en voldoen aan de kwaliteitsnormen voor drinkwater.

Biomembraansystemen

Uiteindelijk ontwikkelde men het idee om een membraansysteem voor microfiltratie (0,4 μm) te installeren in het beluchtingsbekken zelf. De slibwaterstroom wordt dan door het membraan gestuwd, het effluent verlaat de tank via de permeaatuitgang van het membraan, terwijl het slib in de tank blijft (een bezinkingsbekken is m.a.w. overbodig) en het overtollig slib op geregelde tijdstippen afgevoerd wordt.

De bedoeling van een dergelijk 'biomembraansysteem' is uiteraard de voordelen van biologische zuivering en membraanfiltratie te combineren. Enerzijds verkrijgt men een helder effluent dat geen zwevende stoffen groter dan $0,4\ \mu\text{m}$ bevat en bovendien kiemvrij is (microfiltratie elimineert de meeste gistcellen en bacteriën). Anderzijds verbetert men ook het rendement van de biologische zuivering doordat men minder afhankelijk wordt van de slibkarakteristieken. Een traditionele biologische installatie mag immers niet meer dan een bepaalde hoeveelheid slib per m^3 water bevatten om het bezinkingsproces niet te verstoren en het effluent mooi af te kunnen scheiden. Bij een biomembraansysteem kent men dit probleem niet: het effluent verdwijnt via de permeaatuitgang van het membraan, waar het slib toch niet doorheen kan. Dat betekent meteen dat men gemakkelijk met een slibconcentratie kan werken die bijv. driemaal zo groot is, zonder een grote installatie te moeten bouwen. Bovendien verkrijgt men een lagere slibbelasting, waardoor de organische vuilvracht grondiger afgebroken wordt en de kwaliteit van het effluent verbetert. Door het feit dat de bacteriën dichter 'opeengepakt' zitten, blijken ze ook minder snel aan te groeien. Een verdrievoudiging van de slibconcentratie leidt bijv. tot een daling van de biomassa-productie met 10 à 15%. Tenslotte ontstaat ook een hogere slibretentie, waardoor traag groeiende bacteriën kunnen overleven en moeilijk biodegradeerbare organische componenten beter verwerkt kunnen worden.

Praktische uitvoering

De membranen die Enprotech in haar biomembraansysteem gebruikt, bestaan uit capillaire holle vezels (poriediameter van $0,4\ \mu\text{m}$) die vervaardigd zijn uit 100% polyethyleen en volledig vrij zijn van solventen en chemicaliën. De verwachte levensduur bedraagt ongeveer 5 tot 8 jaar. De membranen worden vastgehecht in twee permeaatuitgangen en hebben een oppervlakte van ongeveer $3\ \text{m}^2$. De membranen worden los opgehangen in cassettes die in de zuiveringstank ondergedompeld worden. Onder de membranen worden grove luchtballen uitgeblazen, zodat ze voortdurend in beweging zijn er minder slibafzetting op de vezels plaatsvindt. Gedurende tien minuten creëert een pomp een lichte onderdruk in het membraan van $-0,05$ tot $-0,25$ bar, waardoor het water aangezogen wordt. Dankzij deze lichte onderdruk hoeft het systeem niet zo drukbestendig en technisch 'hoogstaand' zijn als traditionele membranen die normaal opereren bij een druk van 4 tot 8 bar. Dat verklaart o.a. de lagere kostprijs per m^2 en de langere levensduur: door de lage onderdruk zullen de membranen minder snel vervuilen en dichtslibben. Keerzijde van de medaille is wel dat men relatief meer membraanoppervlakte nodig heeft om hetzelfde volume te filteren (de flux doorheen het membraan bedraagt $15\ \text{l/m}^2$ per uur). Na tien minuten wordt de werking : gedurende twee minuten wordt geen onderdruk gecreëerd zodat het membraan kan ontspannen en het slib van de vezels loskomt. De installatie verbruikt ongeveer $0,1$ tot $0,4$ kWh per m^3 filtraat bij een temperatuur van ongeveer $15-20^\circ\text{C}$.

Tijdens de piloottesten bij Raisio (zie fig. 1) werden de COD-waarden gereduceerd van $7.300 - 15.000$ ppm in het influent tot $50 - 120$ ppm in het effluent, terwijl de BOD-waarde daalde van $4.000 - 7.500$ tot $1 - 20$ ppm. Ook de concentratie van zwevende stoffen zakte gevoelig: van $500 - 2.800$ naar minder dan 5 ppm. Dankzij deze resultaten kan ongeveer 80% van het afvalwater hergebruikt worden zonder verdere nabehandeling. De resultaten waren in elk geval voldoende bemoedigend om over te gaan tot de bouw van een full scale installatie met een flow van $250\ \text{m}^3/\text{dag}$ en een COD belasting van $3000\ \text{kg}/\text{dag}$. Raisio is weliswaar een bedrijf in de rand van de voedingsindustrie, maar Enprotech is ervan overtuigd dat ook voedingsbedrijven dankzij biomembraansystemen een bepaald percentage van hun

proceswater zullen kunnen hergebruiken binnen de productieomgeving. Hoe groot dat percentage zal zijn, moet echter in elk afzonderlijk geval via piloottesten nagegaan worden. Ook de investerings- en werkingskost verschilt van installatie tot installatie. Bij lage debieten kan een biomembraansysteem soms voordeliger zijn dan een klassieke biologische zuivering. Bij hogere debieten kan de prijs soms oplopen. In dat geval dient men na te rekenen hoeveel men bespaart door recuperatie, lagere milieuheffingen, enz. om na te gaan of de installatie van een biomembraansysteem rendabel is.

	Influent (ppm)	Effluent (ppm)
COD	7.300 – 15.000	50 – 120
BOD	4.000 – 7.500	1 – 20
Zwevende stoffen	500 – 2.800	< 5
Stikstofgehalte	100 – 250	2 – 5
Fosforgehalte	10 – 65	1 – 25

Fig 1: De resultaten van de piloottest voor een biomembraansysteem bij Raisio, een onderneming die gespecialiseerd is in de behandeling en verwerking van zetmeel.