

Het Stählermaticsysteem: een integratie van het actief-slib- en het slib-op-dragersysteem

1. Inleiding

Op dit moment vindt de biologische zuivering van afvalwater in Nederland in hoofdzaak plaats door middel van het actief-slibproces. Systemen met slib-op-drager, zoals oxydatiebedden en biorotoren, vinden aanzienlijk minder toepassing.

De belangrijkste verschillen tussen beide systemen zijn:

— de biomassa is bij slib-op-dragersystemen gehecht aan kunststofscheiven of -pakkingen



IR. F. W. A. M. RIJNART
Witteveen+Bos
Raadgevend Ingenieursbureau
Deventer

en bij actief-slibsystemen gesuspendeerd in het afvalwater. Bij slib-op-dragersystemen behoeft het slib dus niet te worden gerecirculeerd om een voldoende hoge concentratie te handhaven;

— de zuurstoftoevoer naar de biomassa vindt bij slib-op-dragersystemen door direct contact met de lucht plaats; bij actief-slibsystemen wordt de lucht mechanisch in het afvalwater ingeblazen of ingeslagen.

De oorzaak van de beperkte toepassing van het slib-op-dragersysteem zijn ondermeer de relatief hoge investeringskosten met name indien vergaande BZV- en N-Kjeldahl-verwijdering moet plaatsvinden, het niet of nauwelijks optreden van denitrificatie, de aanwezigheid van slecht bezinkbare slibdeeltjes in het effluent, de grotere gevoeligheid voor toxische stoffen en voor fluctuaties in hydraulische belasting en de beperkte verwijdering van moeilijk afbreekbare stoffen.

Naast de twee bovengenoemde systemen zijn er ook zuiveringssystemen ontwikkeld waarin beide processen zijn gecombineerd. In dit artikel zal een beschrijving van een van de processen worden gegeven, namelijk het Stählermaticsysteem (type celrad). Tevens wordt ingegaan op de kosten en de toepassingsmogelijkheden. Gedetailleerde gegevens zijn vermeld in het rapport "Toepassingsmogelijkheden van Stählermatic biorotoren in Nederland" [W+B, 1986]. Echter ook andere uitvoeringsvormen van dit principe zijn mogelijk [ATV, 1985].

2. Beschrijving van het Stählermaticsysteem

De reactor bestaat uit een rechthoekige tank (veelal 2 of meer compartimenten) die met het te zuiveren afvalwater wordt doorstroomd; overeenkomstig het actief-slibstelsysteem wordt door middel van slibre-

circulatie uit de nabezinktanks een bepaalde slibconcentratie gehandhaafd. In de tank zijn rotoren aanwezig die voor circa 80% zijn ondergedompeld, dit in tegenstelling tot de gebruikelijke biorotoren, die slechts voor 40-50% zijn ondergedompeld.

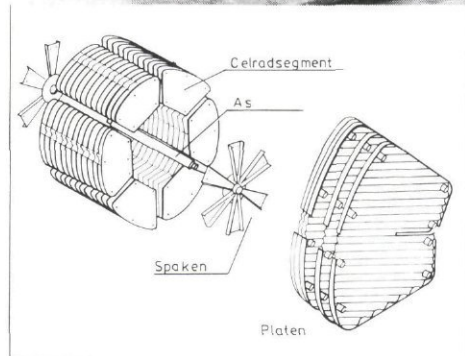
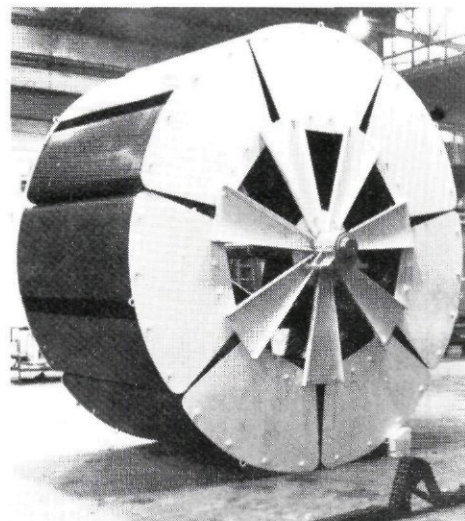
De rotoren bestaan uit een aantal segmenten (afhankelijk van de diameter 6 tot 8 segmenten) die in de vorm van een rad rond een as zijn geplaatst (zie afb. 1).

De segmenten bevatten een groot aantal geprofileerde platen waaraan zich eveneens biomassa hecht. De platen sluiten aan de randen tegen elkaar. Aan de boven- en onderzijde van ieder segment zijn openingen aanwezig, die er voor zorgen dat lucht in de segmenten wordt ingesloten en vervolgens afgegeven aan de vloeistof.

In afb. 2 is aangegeven op welke manieren de zuurstofoverdracht naar het afvalwater en de biomassa kan plaatsvinden.

De belangrijkste kenmerken van het systeem zijn:

- rotatiesnelheid: regelbaar, in het algemeen tussen 0,4 en 1,5 omwentelingen per minuut;
- rotordiameter: tussen 3 en 4,5 m;
- rotorlengte: tussen 1 en 5 m;
- indompeldiepte: 75-85%;
- specifiek oppervlak biorotoren: 75-100 m²/m³ rotorvolume;
- toegepaste tankinhoud: 0,015-0,025 m³/m² rotoroppervlak;
- plaatafstand: 20-27 mm;
- slibgehalte (gesuspendeerd slib): 2,5-6 kg ds/m³;
- tankvorm: rechthoekig met veelal 2 compartimenten waarin het afvalwater in propstroom wordt doorgeleid;
- zuurstofgehalte: regelbaar door aan-

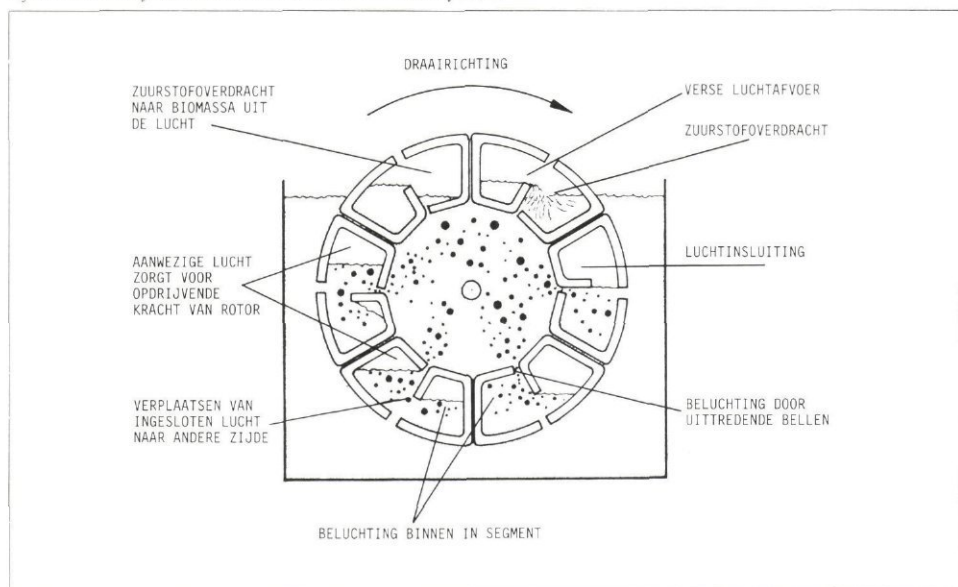


Afb. 1 - Stählermatic-celradstelsysteem.

passing van de rotatiesnelheid en eventueel de indompeldiepte;

- behandeling niet-voorbezonden afvalwater mogelijk, vanwege de voldoende grote plaatafstand en de sterke lucht- en waterstromingen in de rotor; een fijn rooster en een zandvang is dan wel nodig;
- simultane slibstabilisatie is mogelijk bij voldoende lage slibbelasting van het systeem;

Afb. 2 - Zuurstofoverdracht in een Stählermatic-celradstelsysteem.



met een speciale uitvoeringsvorm (pijprad-systeem) is zelfs gescheiden aërobe slib-stabilisatie mogelijk.

Op enkele ontwerpgrondslagen en bedrijfs-resultaten wordt hieronder nader ingegaan.

Biologische belasting

Vanwege de combinatie van het actief-slib- en het biorotorsysteem wordt het zuiverings-effect bepaald door de som van de biologische belasting van beide componenten. Voor het ontwerp van de biologische trap zijn gedetailleerde berekeningen nodig [W+B, 1986] waarbij ondermeer het slibgehalte en het schijf-opervlak per m³ tankinhoud van belang zijn. Globaal kunnen de volgende richtwaarden voor de BZV-volumebelasting worden gehanteerd:

voorzuivering (70-90% BZV-verw.):	4 -6 kg BZV/m ³ .d
vergaande BZV-verw. (90-95%):	1,5-2,0 kg BZV/m ³ .d
BZV-verw. +nitrificatie:	0,8-1,0 kg BZV/m ³ .d
BZV-verw., nitrificatie en slib-stabilisatie	0,4-0,5 kg BZV/m ³ .d

Bovengenoemde waarden gelden voor huis-houdelijk en goed afbreekbaar industrieel afvalwater. Bij aanwezigheid van toxische stoffen of een hoge N/BZV-verhouding zal een lagere BZV-belasting moeten worden toegepast.

Globaal kan gesteld worden dat de bijdrage aan de biologische afbraak van de aan de rotoren gehechte biomassa van dezelfde orde is als die van het gesuspendeerde slib. De biologische trap kan derhalve zowel ten opzichte van een actief-slibstelsysteem (uitgedrukt in tankinhoud), als van een biorotorsysteem (uitgedrukt in m² schijf-opervlak) ongeveer 50% kleiner zijn.

Slibkwaliteit

Met betrekking tot de slibkwaliteit geldt in het algemeen:

- slib-op-dragersystemen geven goed bezinkbare slibvlokken, maar daarnaast is er ook een hoeveelheid fijne slecht bezinkbare slibdeeltjes aanwezig, die in het effluent vaak een relatief hoog BZV- en zwevende stof-gehalte veroorzaken;
 - in actief-slibsystemen worden de fijne deeltjes in de slibmassa ingevangen en hechten aan de grotere slibvlokken. Daarentegen bestaat de kans op vorming van licht slib, waardoor slibuitspoeling kan plaatsvinden. Dit treedt vooral op wanneer het aandeel eenzijdig industrieel afvalwater groot is.
- Het gecombineerde systeem heft de nadelen van beide systemen op, zodat in het algemeen een goede slibkwaliteit optreedt, zelfs bij moeilijk afbreekbaar industrieel afvalwater.

Energieverbruik

Het opgenomen vermogen ten behoeve van de aandrijving van de rotoren van het Stählermaticsysteem bedraagt in het algemeen circa 0,6 W/m² schijfoppervlak. Bij biorotorsystemen bedraagt het energie-verbruik circa 0,25-0,3 W/m² [RIZA, 1984]. Omdat het benodigde schijfoppervlak van biorotoren ongeveer 2-3 maal zo groot is als van het gecombineerde systeem zal het energieverbruik dus van dezelfde orde zijn. Voor beide systemen kunnen waarden worden bereikt van circa 1 kWh/kg BZV afgebroken wanneer vergaande BZV- en N-Kjeldahl-verwijdering plaatsvindt. Böhnke [1983] is van mening dat het energieverbruik van dit systeem door optimalisatie kan worden teruggebracht tot circa 0,65-0,75 kWh/kg BZV afgebroken bij belastingen van 1-1,5 kg BZV/m³.d. Ook bij actief-slibsystemen kan dit energieverbruik worden gehaald.

In de praktijk worden voor alle drie bovengenoemde systemen veelal waarden van 1,5-2 kWh/kg BZV afgebroken gevonden vanwege niet optimale condities (onderbelasting, niet optimale zuurstofregeling, e.d.). Van het Stählermaticsysteem mogen dus in het algemeen geen duidelijke energetische voordelen worden verwacht.

Stikstofverwijdering

De drie systemen die hier worden vergeleken zijn in staat om goede nitrificatie te bewerkstelligen, wanneer de juiste proces-omstandigheden aanwezig zijn. Zowel in actief-slibinstallaties als bij het Stählermatic-systeem is het door recirculatie van slib of afvalwater en door een goede zuurstof-regeling mogelijk om denitrificatie te laten plaatsvinden.

Bij biorotoren treedt geen recirculatie van nitraat naar de zone met een hoog BZV-gehalte op en kunnen geen zuurstof-loze zones worden gecreëerd vanwege de beperkte indompeldiepte. Hierdoor vindt bij biorotoren nauwelijks denitrificatie plaats.

Processturing

Doordat het toerental van iedere rotor van het Stählermaticsysteem afzonderlijk is te regelen, bijvoorbeeld aan de hand van het zuurstofgehalte, is op een eenvoudige wijze een optimale zuurstofinbreng te verkrijgen in verschillende secties van de tank. Hierdoor is een goede processturing mogelijk, benodigd voor een minimaal energieverbruik en maximale nitrificatie zowel als denitrificatie.

Processtabiliteit

Door de relatief lange verblijftijd en de verdunning door de retourslibstroom geldt het actiefslibproces in het algemeen als een stabiel zuiveringsproces. Fluctuaties in hydraulische belasting en BZV-belasting

kunnen in het algemeen goed worden verwerkt.

Ook lozingen van moeilijk afbreekbare en toxische stoffen leiden veelal niet tot ernstige verstoringen van het proces. Ook het Stählermaticsysteem heeft een redelijk lange verblijftijd, alsmede slibrecirculatie, waardoor eveneens sprake is van een stabiel proces. Biorotoren hebben echter een relatief korte verblijftijd waardoor dit proces aanzienlijk gevoeliger is voor fluctuerende aanvoer en afvalwatersamenstelling. Bij actief-slibinstallaties kan eenzijdig samengesteld afvalwater of de aanwezigheid van moeilijk afbreekbare stoffen leiden tot een slechte slibkwaliteit waardoor de bedrijfsvoering van de installatie en de zuiveringsresultaten niet optimaal zijn. Zoals reeds eerder vermeld wordt de vorming van licht slib tegengegaan bij het Stählermaticsysteem.

De ervaringen met dit systeem in W.-Duitsland (o.a. rwzi's Steinau, Achertal en papierfabriek Köhler) zijn zeer goed. Op de rwzi Steinau is het systeem geplaatst als voorzuivering voor afvalwater van een chemisch bedrijf dat de bestaande actief-slibinstallatie ernstig verstoortte. Het systeem op de rwzi Achertal vervangt met goed resultaat een slecht functionerende biorotorinstallatie. Het afvalwater van de papierfabriek bevat veel toxische stoffen.

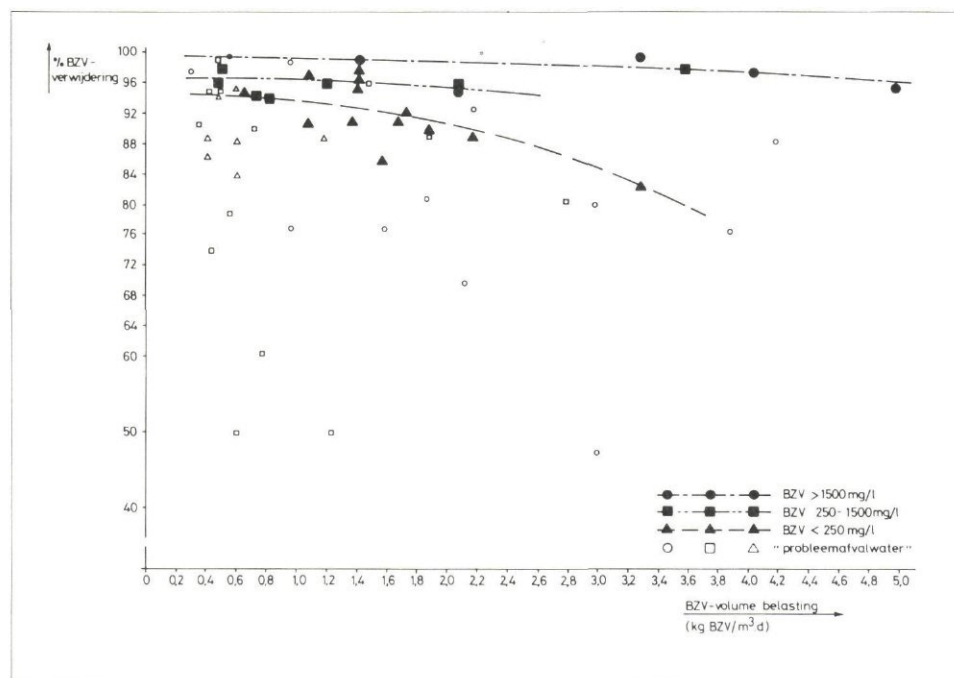
3. Praktijkervaringen

Van het Stählermaticsysteem zijn momenteel ongeveer 40 praktijkinstallaties in bedrijf, waarvan enkele gedurende enige jaren. Het toepassingsgebied is groot, voornamelijk bij velerlei industrieel afvalwater. Ook vindt het systeem toepassing bij visteeltbedrijven en varkensfokkerijen.

In het algemeen is er sprake van problematisch afvalwater (moeilijk afbreekbaar, licht slib veroorzakend). Vier van de installaties zijn in het kader van het uitgevoerde onderzoek bezocht. De bedrijfsvoerders van deze installaties waren allen positief over het systeem vooral vanwege het geringe onderhoud en de stabiele werking. Van deze en 16 andere installaties (veelal proefinstallaties) zijn de bedrijfsresultaten geëvalueerd aan de hand van door Duitse onderzoeksbureau's opgestelde meet-rapporten.

De problemen die bij de evaluatie van de praktijkresultaten naar voren kwamen waren:

- het betrof meestal kortlopende onderzoeken aan proefinstallaties waarbij vaak onvoldoende adaptatie van het slib had plaatsgevonden, met name voor de stikstof-verwijdering;
- de meeste systemen waren opgezet voor deelstroomzuivering zonder stikstof-



Afb. 3 - Vergelijking van de BZV-verwijdering als functie van de BZV-volumebelasting bij de verschillende onderzochte afvalwaterzuiveringsinstallaties.

verwijdering, zodat weinig gegevens over de N-verwijdering bekend zijn;

— vaak was er sprake van moeilijk afbreekbaar afvalwater zodat de zuiveringsresultaten niet altijd goed vergelijkbaar zijn met de gebruikelijke zuiveringsresultaten van 'normaal' afbreekbaar afvalwater bij andere zuiveringssystemen.

In afb. 3 zijn de resultaten van de BZV-verwijdering weergegeven van de verschillende meetseries, die op de bovengenoemde 20 zuiveringsinstallaties zijn uitgevoerd.

Als de installaties met problematisch afvalwater (moeilijk afbreekbaar, stikstofgebrek, zeer lage pH, sterk verdund) buiten beschouwing worden gelaten, blijkt een redelijk verband tussen BZV-verwijdering en de BZV-volumebelasting op te treden. Voor deze installaties mogen de resultaten goed worden genoemd.

De BZV-verwijdering blijkt bij dezelfde BZV-volumebelasting in het algemeen beter voor sterker geconcentreerd afvalwater. Afbeelding 3 geeft echter ook aan, dat het zuiveringsresultaat sterk wordt beïnvloed door de aanwezigheid van toxische stoffen e.d. Overigens worden ook onder deze ongunstige omstandigheden nog redelijke resultaten bereikt, gezien ook de veelal onvoldoende adaptatie en niet optimale procesomstandigheden in de proefinstallaties. Van enige soorten afvalwater is bekend dat zij in andere zuiveringssystemen tot aanzienlijke problemen aanleiding geven (schuimvorming, licht slib, minder vergaande zuivering).

De slibindex is, daar waar gemeten, in het algemeen goed (kleiner dan 80 ml/g) ook bij moeilijk afbreekbaar afvalwater.

Bij één praktijkinstallatie voor de behandeling van huishoudelijk afvalwater is geen voorbezinking aanwezig. Deze installatie heeft lange tijd gefunctioneerd zonder dat problemen optraden.

De meeste onderzochte systemen zijn ééntraps. De resultaten van tweetrapsystemen zijn beter dan gemiddeld. Ook bij hoge belastingen (hoge O_2 -behoefte per m^3) wordt geen melding gemaakt van een zuurstoftekort en zijn de zuiveringsresultaten goed. De zuurstoftoevoer met de speciale

rotorconstructie mag dan ook voldoende worden geacht.

De gegevens over de N-verwijdering zijn slechts van drie installaties bekend.

De N-Kj verwijdering was daarbij meer dan 70%, waarbij de hoogste BZV-volumebelasting 1 kg BZV/ m^3 .d bedroeg. Bij deze installatie trad eveneens vergaande denitrificatie op.

Het zuiveringssysteem wordt reeds enige jaren toegepast bij een viskwekerij. Het water wordt via het zuiveringssysteem gerecirculeerd (recirculatie 1 x per 5 uur). Dagelijks wordt slechts 4% van het water verversd. De uitscheidingsprodukten van de vissen bevatten veel ammoniak en nitriet. Deze stoffen zijn reeds bij lage concentraties toxisch voor de vissen. Gedurende enige jaren functioneert het zuiveringssysteem naar wens bij dit zeer gevoelige visteeltproces en de zeer geringe verversingsgraad. Dit toont aan dat de nitrificatie goed en stabiel verloopt.

Op enige installaties is het energieverbruik bepaald. In afb. 4 zijn de resultaten weergegeven. Veelal betreft het kleine proefinstallaties die niet op energieverbruik zijn geoptimaliseerd. In de praktijk zijn dus waarschijnlijk lagere waarden bereikbaar.

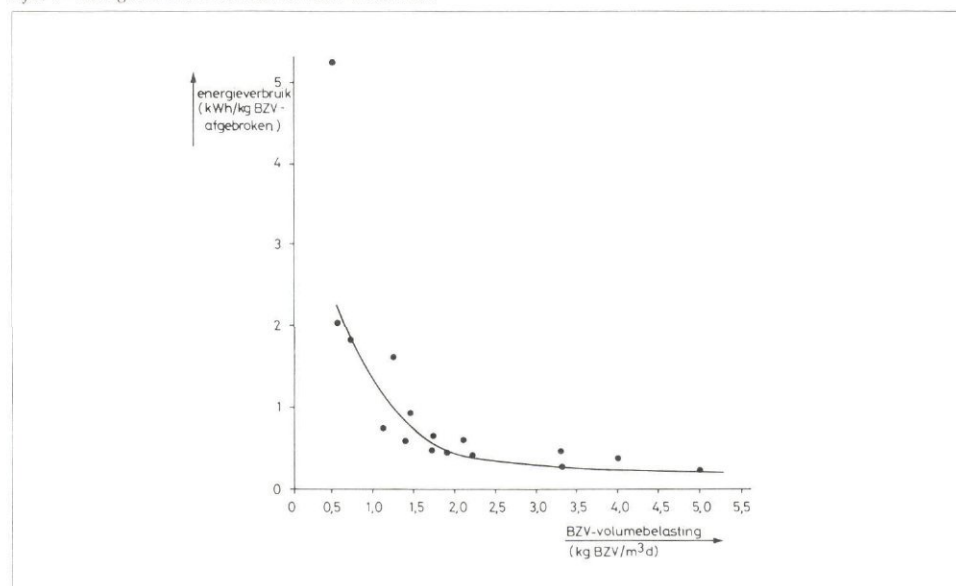
4. Kosten

Voor de vergelijking van de kosten van het Stählermaticsysteem met andere zuiveringsystemen zijn representatief geachte situaties nader uitgewerkt voor 'normaal' afbreekbaar afvalwater.

Bij de vergelijking zijn alleen de procesonderdelen uitgewerkt die verschillend zijn voor de betreffende zuiveringssystemen.

Voor de installaties met volledige zuivering is ervan uitgegaan, dat de in Nederland

Afb. 4 - Energieverbruik van Stählermatic-installaties.



gebruikelijke effluentkwaliteitseisen worden gehaald, namelijk:
BZV: <20 mg BZV/l
N-Kj: in de zomer meer dan 75% verwijdering
ds : <30 mg ds/l
slib : alleen afvoer na stabilisatie.

De volgende systemen zijn uitgewerkt:
– Minizuiveringsinstallatie (50 i.e.)
Vergeleken zijn biorotoren, oxidatiebedden en Stählermatic.
De voorbehandeling en de slibbehandeling vinden plaats in een septic tank.
– Kleine zuiveringsinrichting (5000 i.e.)
Vergeleken zijn:
oxydatiesloot (met simultane slibstabilisatie);
biorotor (slibstabilisatie in Imhofftank);
oxydatiebed (slibstabilisatie in Imhofftank);
Stählermatic (met simultane slibstabilisatie).
– Middelgrote zuiveringsinrichting (25.000 i.e.)
Vergeleken zijn:
oxydatiesloot (geen voorbezinking, met simultane slibstabilisatie);
biorotor (met voorbezinking en slibgisting);
Oxydatiebed (met voorbezinking en slibgisting);
Stählermatic (geen voorbezinking, gescheiden aërobe slibstabilisatie).
– Grote zuiveringsinrichting (75.000 i.e.)
Vergeleken zijn:
actief-slibinstallatie, biorotor, oxydatiebed en het Stählermaticsysteem. Alle systemen hebben een voorbezinking en slibgisting.
– Deelzuivering (50.000 i.e.)
BZV-verwijdering: circa 70%.
Vergeleken zijn: actief-slibinstallatie, biorotor, oxydatiebed en Stählermatic.

Tenslotte is een speciale toepassingsmogelijkheid op financiële aantrekkelijkheid

TABEL I – Jaarlijkse meerkosten van verschillende zuiveringssystemen in gulden per i.e. ten opzichte van het Stählermaticsysteem.

Capaciteit	Biorotor	Oxydatiebed	Oxydatiesloot	Actief slib
50 i.e.	f 0,—	~ f 11,—	—	—
5.000 i.e.	+ f 3,30	+ f 0,50	~ f 2,40	—
25.000 i.e.	+ f 5,40	+ f 3,30	+ f 0,80	—
75.000 i.e.	+ f 4,70	~ f 0,70	—	~ f 0,50
deelzuivering 50.000 i.e.	+ f 1,50	~ f 0,40	—	~ f 0,20
uitbreiding beluchtingscapaciteit 80.000 i.e.	—	—	—	+ f 0,30

TABEL II – Kwalitatieve vergelijking van het Stählermaticsysteem met andere zuiveringssystemen.

	Vergelijking Stählermatic ten opzichte van			
	biotoren	oxydatiebedden	oxydatiesloten	actief-slib installaties
ruimtebehoefte ¹⁾	+	+	+	+
complexiteit ²⁾	++	++	—	++
effluentkwaliteit				
– BZV	0	+	0	0
– N-Kj	0	+	0	0
– NO ₃	++	++	0	+
slibkwaliteit ³⁾	++	++	++	++
opvang hydraulische fluctuaties	++	++	0	0
praktijkervaring	0	—	—	—
energieverbruik	0	—	+	+
onderhoud	0	+	—	+
processtabiliteit ⁴⁾	++	++	0	0
geschiktheid voor moeilijk afbreekbaar afvalwater	++	++	+	++
processturing	++	++	+	++

1) Ten gevolge van hogere volumebelasting, geen voorbezinking nodig.
2) Bij kleine en middelgrote installaties ten gevolge van het ontbreken van voorbezinking en toepassing van simultane of aërobe slibstabilisatie.
3) Geen licht slib, geen fijne slibdeeltjes.
4) Bijvoorbeeld ten gevolge van temperatuursinvloeden, verstoppingen, pieklozingen probleemstoffen.
++ Voordeel Stählermatic.
+ Beperkt voordeel Stählermatic.
0 Geen verschil.
– Nadeel Stählermatic.

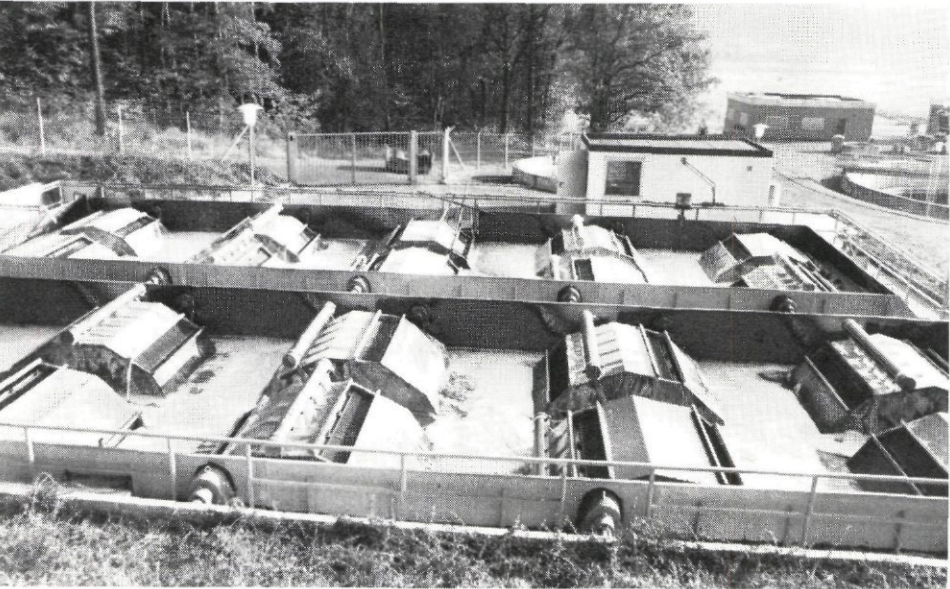
onderzocht. Sommige oudere actief-slibinstallaties voldoen niet meer aan de huidige effluentkwaliteitseisen of zijn overbelast. Daarom is het noodzakelijk de beluchtingsruimte en beluchtingscapaciteit te vergroten. Een alternatief kan echter zijn, indien de constructie van de beluchtingstank het toestaat, de bij het Stählermaticsysteem toegepaste rotoren in de tank bij te plaatsen,

waardoor de slibbelasting eveneens aanzienlijk wordt verlaagd.
In tabel I worden de kosten van de alternatieve zuiveringssystemen als jaarlijkse meer- en minderkosten per inwoner-equivalent gegeven ten opzichte van het Stählermaticsysteem. De bedragen zijn opgebouwd uit jaarlijkse kapitaalkosten (10% van de investering) en de jaarlijkse kosten voor onderhoud, personeel en energie.
Uit tabel I blijkt dat het Stählermaticsysteem ten opzichte van het biorotorsysteem enige guldens per jaar per i.e. goedkoper is. Dit wordt veroorzaakt door de aanzienlijk hogere investeringskosten van biorotoren. Ten opzichte van de overige systemen zijn de kostenverschillen zeer gering. De investeringskosten van actief-slibinstallaties zijn veelal lager en van oxydatiebedden hoger. Dit wordt gecompenseerd door hogere bedrijfskosten van actief-slibinstallaties en lagere bedrijfskosten van oxydatiebedden.

5. Kwalitatieve aspecten

Gezien de vergelijkbare kosten van het Stählermaticsysteem zal de keuze van het systeem vooral worden bepaald door de kwalitatieve aspecten en de lokale omstandigheden. In tabel II is globaal een indruk hiervan gegeven.
Capaciteitsvergroting of effluentkwaliteitsverbetering van bestaande actief-slib-

Afb. 5 - Stählermatic-installatie voor afvalwater chemische fabriek te Steinau.



installaties kan, wanneer dit constructief mogelijk is, worden bereikt door het bijplaatsen van rotoren in de beluchtingstank.' Dit is soms eenvoudig uit te voeren, vergt geen extra ruimte en kan mogelijk goedkoper zijn dan uitbreiding van de beluchtingstank.

Uit tabel II komen enkele belangrijke positieve eigenschappen van het systeem naar voren, zoals de slibkwaliteit, de denitrificatiemogelijkheden, de beperkte ruimtebehoefte, de processturingsmogelijkheden, de stabiliteit van het proces en de geschiktheid voor moeilijk afbreekbaar afvalwater.

De praktijkervaring met het systeem zijn nog beperkt, maar de eerste ervaringen in W.-Duitsland worden positief genoemd. Uitgebreidere praktijkervaringen, met name naar de optimale stikstofverwijderingsomstandigheden zijn echter gewenst.

6. Evaluatie

Naast de traditionele actief-slibsystemen en de systemen die gebruik maken van slib op een vaste drager, zoals biorotoren en oxydatiebedden, zijn er de laatste jaren systemen ontwikkeld die beide processen combineren.

Een van deze systemen, namelijk het Stählermaticsysteem, is nader onderzocht.

Enkele belangrijke kenmerken van een dergelijk gecombineerd systeem zijn:

- door combinatie van beide systemen ontstaat een goede slibkwaliteit;
- de aanwezigheid van twee slibvormen (op drager en in suspensie) en de ten opzichte van oxydatiebedden en biorotoren langere verblijftijd van het afvalwater zorgen voor een stabiel zuiveringsproces waarbij moeilijk afbreekbare stoffen en fluctuaties in hydraulische en biologische belasting goed kunnen worden verwerkt;
- de regelbaarheid van het systeem is goed waardoor een optimale zuurstoftoevoer kan worden verkregen en het systeem goede nitrificatie- en denitrificatie-eigenschappen heeft;
- aanzienlijke energetische voordelen van het systeem worden voorsnog niet verwacht;
- de praktijkervaringen met het systeem zijn nog beperkt, maar de eerste ervaringen in West-Duitsland zijn goed; uitgebreidere praktijkervaringen met name van de optimale stikstofverwijderingsomstandigheden zijn echter gewenst;
- uit kostenvergelijkingen blijkt dat de totale jaarlijkse kosten in dezelfde orde van grootte liggen als actief-slibinstallaties, oxydatiesloten en oxydatiebedden, als wordt uitgegaan van de in Nederland gebruikelijke effluentkwaliteitseisen; biorotoren zijn in het algemeen duurder.

Als belangrijkste toepassingsmogelijkheden voor het systeem, rekening houdend met de Nederlandse situatie voor nieuwe en uit te breiden of te verbeteren afvalwaterzuiveringsinrichtingen, kunnen worden genoemd:

- individuele zuivering van afvalwater van huishoudelijke aard op middellange termijn (max. 500 i.e.);
- beperkte mogelijkheden voor kleine en middelgrote rwzi's (tot 50.000 i.e.);
- rwzi's met strenge eisen ten aanzien van totaal stikstofverwijdering;
- capaciteitsuitbreiding, verbetering slibkwaliteit en effluentkwaliteit op bestaande rwzi's door het bijplaatsen van rotoren in bestaande beluchtingstanks bij zowel oxydatiesloten als actief-slibinstallaties;
- potentieel licht slib veroorzakend afvalwater;
- stikstofverwijdering van effluent van anaërobe zuiveringsinstallaties en oxydatiebedden;
- stikstofrijk of moeilijk afbreekbaar afvalwater;
- voorzuivering industrieel afvalwater;
- viskwekerijen;
- gierbehandeling.

Literatuur

- ATV (1985). *Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik; Band IV, biologisch-chemisch und weitergehende Abwasserreinigung, und Band V, Organisch verschmutzte Abwässer der Lebensmittelindustrie, dritte Auflage.* Ernst und Sohn, Berlin.
- Böhne (1983). *Abwasserreinigung durch Tauchtropfkörper mit Zwang-belüftung.* EWPCA/IAWPRC Seminar, 6-7 oktober, Fellbach.
- RIZA (1984). *Biorotoren.* Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Lelystad, maart.
- Witteveen + Bos (1986). *Toepassingsmogelijkheden van Stählermatic biorotoren in Nederland.* Leenstra Machine- en staalbouw BV, Drachten, juli.
- Meetrappporten van onderzoek aan Stählermatic-proefinstallaties op twintig locaties.



IAWR eist verdere ingrijpende maatregelen ter bescherming van de Rijn

Het is dezer dagen tien jaar geleden dat het Rijn-Chemieverdrag werd ondertekend. Het verdrag had de bedoeling om de verontreiniging van de rivier door toxische stoffen via een zwarte lijst te beëindigen. Toch heeft dit verdrag niet kunnen voorkomen dat er in de laatste weken grote chemie-ongevallen langs de Rijn hebben plaatsgevonden.

De IAWR is daardoor tot de slotsom gekomen dat slechts door verdere ingrijpende maatregelen van de regeringen van de Rijnoverstaten en van de Europese Commissie, de Rijn effectief tegen chemische verontreinigingen behoed kan worden en de

rivier weer een kwalitatief veilige bron voor de openbare drinkwatervoorziening kan worden. Aldus schrijft de Int. Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke in Rheineinzugsgebiet in een brief aan ministers van de Rijnoverstaten aan de vooravond van hun vergadering over de verontreiniging van de Rijn op 19 december te Rotterdam. Zoals iedere techniek heeft ook de techniek van de drinkwaterbereiding haar grenzen, zo vervolgt de IAWR in haar brief. Toxische stoffen, in het bijzonder van antropogene origine, horen niet in het drinkwater thuis en mogen derhalve niet in het rivierwater voorkomen. Uitgaande van deze gedachte eist de IAWR daarom dat alle antropogene toxische stoffen ver van de Rijn en zijn zijrivieren gehouden zullen worden. Als eerste stap ter verwerkelijking van deze eis moet de productie van 129 stoffen die vóórkomen op de voorlopig opgestelde zwarte lijst van de Europese Gemeenschap, voorzover ze antropogeen en toxisch zijn, in het stroomgebied van de Rijn verboden worden.

Bovendien stelt de IAWR de volgende eisen.

- De regeringen van de Rijnoverstaten moeten genoegdoening eisen, ook voor de ecologische schade aan de Rijn die als gevolg van het chemie-ongeval bij Sandoz is ontstaan.

- Bij de te verwachten schadevergoedingsregelingen moet ook de civiele respectievelijke volkenrechtelijke aansprakelijkheid worden bepaald.

- Alle chemische stoffen met hun neven- en afvalprodukten die aan de Rijn of zijn zijrivieren worden geproduceerd, moeten geïnventariseerd worden. Ze moeten op een lijst geplaatst worden en openbaar worden gemaakt.

- Er zal een voortdurende bewaking van het Rijnwater door middel van gaschromatografie en massaspectrometrie stroomafwaarts van de industriegebieden in Basel, Mannheim/Ludwigshafen, Rhein-, Main- en het Ruhrgebied plaats moeten hebben.

- Een tweede lange termijn programma moet door de Internationale Rijncommissie als actualisering van het eerste program opgesteld worden en worden gepubliceerd. Hierbij moeten in bijzonder de stoffen van de zwarte en de grijze lijst in ogenschouw worden genomen.

- Een van de meest effectieve maatregelen voor de bescherming van de waterkwaliteit en tegen ongevallen langs de Rijn is een drastische vermindering van het gebruik van landbouwbestrijdingsmiddelen. Op deze wijze worden de waterleidingbedrijven die het meest essentiële levensmiddel voor de mens produceren weer in de gelegenheid gesteld om natuurlijk zuiver water te gebruiken voor de drinkwaterbereiding, aldus de brief van de IAWR aan de ministers.