




BABE-technologie volwassen

DEBBY BERENDS, DHV WATER
ROBBERT VAN DER KUIJ, DHV WATER
SONIA SALEM, TU DELFT
CORA UIJTERLINDE, STOWA

Veel rioolwaterzuiveringsinstallaties zijn de laatste jaren uitgebreid en aangepast voor de strengere effluenteisen ten aanzien van stikstof. Voor een aantal zuiveringen is uitstel gekregen, met name voor enkele verouderde installaties met slibgisting die zijn ontworpen op BZV- en SS-verwijdering en (eventueel) een gedeeltelijke nitrificatie. Daarnaast heeft een aantal rwzi's te maken met een toename van de biologische belasting. Met de uitbreiding van deze installaties, waarin de stikstofverwijdering meestal het knelpunt is, zijn hoge investeringen gemoeid. Een nieuw concept voor uitbreiding is de BABE-technologie, waarvoor een patentaanvraag is ingediend, ontwikkeld door DHV in samenwerking met de TU Delft. Deze biologische behandelingsmethode voor rejectiewater gaat uit van een nieuw principe, namelijk nitrificeerders zodanig te laten groeien in de deelstroombehandeling dat ze vervolgens kunnen worden geënt aan het actiefslib van het hoofdproces. Hiermee wordt het totaalstikstofrendement van de rwzi verhoogd. Uit oriënterende labproeven, ondersteund door resultaten van modelsimulaties, bleek deze technologie veelbelovend en kosteneffectief. Praktijkproeven op de rwzi Garmerwolde, uitgevoerd in STOWA-verband, hebben onlangs de werking op 'full scale' aangetoond.

De afgelopen jaren is naarstig gezocht naar goedkope technologieën voor het voldoen aan de stikstofeis. Een manier om bij rwzi's met slibgisting de stikstofvracht naar de rwzi te verlagen, is behandeling van de interne retourstroom die vrijkomt bij de slibontwatering. Het gaat hierbij om een geringe volumestroom filtraat of centraat, het zogenaamde rejectiewater, dat met een relatief hoge temperatuur (circa 30°C) en hoog ammoniumstikstofgehalte (750-1500 mg/l) naar de waterlijn van de rwzi wordt teruggevoerd. Separate behandeling van dit stikstofrijke retourwater verlaagt de stikstofbelasting van het hoofdproces met vijf tot 25 procent. Hierdoor verbetert de effluentkwaliteit significant.

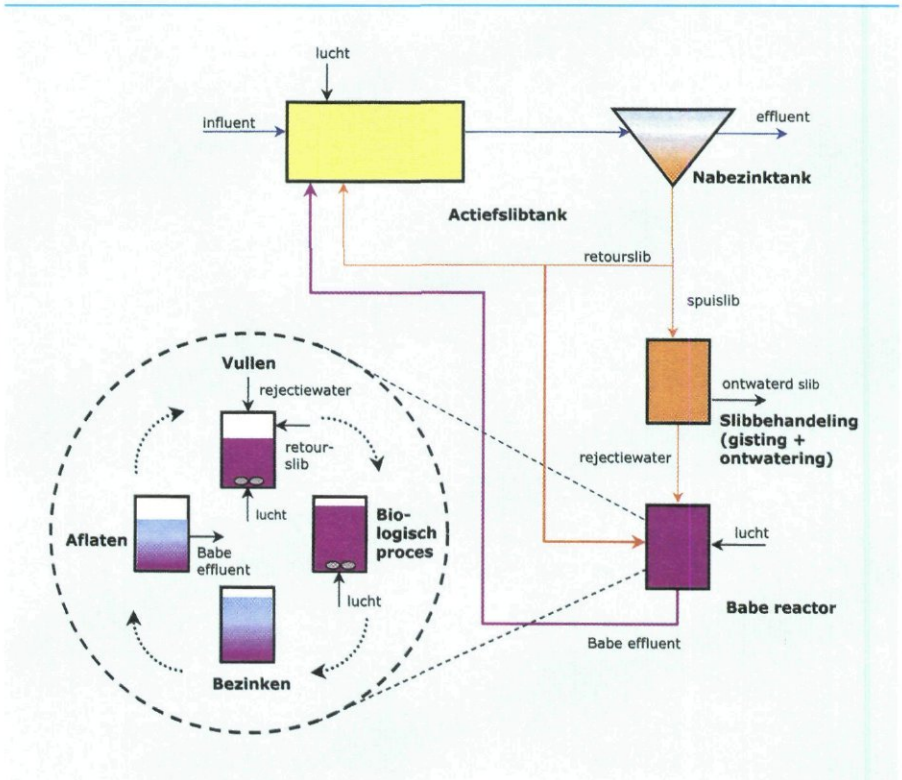
Voorbeelden van rejectiewaterbehandelingsmethoden zijn het Sharon-proces, het lucht- of stoomstrippen van ammoniak, de driefasen-airliftreactor en de membraanbioreactor[1),2)]. De specifieke samenstelling en de temperatuur van het rejectiewater zorgen ervoor dat met name met het Sharon-proces de ammoniumstikstof efficiënt en kosteneffectief, dat wil zeggen in een compacte reactor met een korte hydraulische verblijftijd, biologisch kan worden omgezet. Het behandelde rejectiewater wordt samen met de micro-organismen naar het hoofdproces teruggevoerd. De gevormde micro-organismen leveren echter geen bijdrage aan de stikstofverwijdering in het hoofdproces. Begrazing door hogere organismen en/of uitspoeling gezien de enting in suspensie worden hiervoor als mogelijke oorzaken genoemd.

De BABE-technologie

Vanuit de gedachte dat het mogelijk zou moeten zijn om de nitrificerende organismen die op het stikstof in het rejectiewater groeien, te kunnen benutten in het hoofdproces, is het 'Bio Augmentation Batch Enhanced-concept (BABE) ontwikkeld. In de BABE-reactor groeien deze nitrificeerders in de vlokken van het actiefslib van het hoofdproces doordat een klein deel van het retourslib via de BABE-reactor wordt geleid. Daar wordt de nitrificatieactiviteit van het actiefslib door de hoge stikstofvracht en en de hoge temperatuur verhoogd. Vervolgens gaat het actiefslib met een grotere fractie aan nitrificeerders retour naar het hoofdproces. Op deze manier wordt naast de verlaging van de stikstofvracht de nitrificatiecapaciteit van het actiefslib vergroot.

In de BABE-reactor wordt het ammonium genitrificeerd tot nitriet en nitraat. Hierbij wordt zuur gevormd. Voor een snelle stikstofomzetting moet die zuurproductie ten dele worden geneutraliseerd. Toevoeging van loog is een optie. Denitrificatie heeft echter de voorkeur. Dit kan plaatsvinden door middel van dosering van een externe koolstofbron (methanol) of via koolstofbronnen aanwezig in het actiefslib van het hoofdproces. Met de laatste bron, specifiek voor de BABE-technologie, kan worden bespaard op de methanol- of loogdosering of kunnen deze zelfs achterwege blijven. De grootte van de besparing is afhanke-

Afb. 1: Schematische weergave van het BABE-concept.



lijk van de stikstofvracht en de alkaliniteit in het rejectiewater, de hoeveelheid en het type actiefslib naar de BABE- reactor (hoogbelast slib bevat meer koolstofbronnen) en de gewenste nitraatconcentratie in het effluent van de BABE-reactor.

Het BABE-proces is door het gebruik van het retourslib geïntegreerd met de waterlijn. Het gebruik van het retourslib zorgt naast het inkapselen van de nitrificeerders, het toevoegen van een koolstofbron, de aanvoer van extra alkaliniteit ook voor compensatie van de bij de nitrificatie en denitrificatie geproduceerde warmte. Koeling door warmtewisselaars is niet nodig.

Het BABE-concept is een batchproces dat in principe uit vier stappen bestaat die gedeeltelijk gelijktijdig kunnen optreden (zie afbeelding 1). Het concept kan in één reactor worden uitgevoerd, waarin afwisselend wordt genitrificeerd en gedenitrificeerd of in twee reactoren, één voor nitrificatie en één voor denitrificatie met een interne recirculatie. Het volume van de BABE-reactor wordt in principe bepaald door de stikstofvracht en de effluenteisen. Het volume kan worden verkleind door het drogestofgehalte in de reactor te verhogen. Het maximaal toelaatbare slibgehalte is afhankelijk van de SVI en de lengte van de bezinkfase. De bezinking van het slib behoeft echter niet volledig te zijn, aangezien met de aflaat een deel van het slib meegevoerd dient te worden zodat enting van de hoofdstroom plaatsvindt.

Van laboratorium naar praktijkschaal

Gezien het relatief eenvoudige concept werd het mogelijk geacht om met behulp van de resultaten van oriënterend labonderzoek direct proefonderzoek op praktijkschaal uit te voeren. Hiermee is de ontwikkelingstijd bekort, waarmee de technologie mogelijk nog kan worden ingepast in lopende uitbreidingstrajecten. Om de directe overgang van laboratoriumschaal naar praktijkschaal te ondersteunen is gebruik gemaakt van modelsimulaties. Juist vanwege de invloed van de BABE-reactor op het hoofdproces en omgekeerd, bleek de inzet van dynamische simulatie bij het onderzoek een belangrijk hulpmiddel[3].

Hét doel van de praktijkproef was de werking van de BABE-reactor en het ent-effect in de praktijk aan te tonen en tevens het concept in korte tijd te introduceren op de Nederlandse huishoudelijke afvalwaterzuiveringsmarkt.

Praktijklocatie Garmerwolde

Het BABE-concept is op praktijkschaal getest op de rwzi Garmerwolde (Waterschap Noorderzijlvest). Een jaargemiddeld Nkj-gehalte van het effluent groter dan 10 mg/l was één van de criteria om deze rwzi te selecteren. Modelsimulaties van de rwzi Garmerwolde lieten een positief effect van toepassing van de technologie zien. De rwzi Garmerwolde bestaat uit meerdere identieke gescheiden hoogbelaste actiefslib-systemen, elk met een eigen aëratietank, nabezinktank en separate retourslibstroom. Hierdoor was het mogelijk een BABE-straat en twee referentiestraten te creëren tijdens het onderzoek:

- een actiefslib-systeem met rejectiewater (AT1),
- een actiefslib-systeem zonder rejectiewater (gelijk aan een systeem mét rejectiewaterbehandeling, zónder ent-effect) (AT2),
- een actiefslib-systeem waarop een BABE-reactor is aangesloten (AT3).



BABE-reactor op praktijkschaal, rwzi Garmerwolde.

Praktijkresultaten

Tijdens het onderzoek is de BABE-reactor bedreven met een gemiddeld gehalte aan organisch drogestof van 3,4 g/l, een slibverblijftijd van 2,4 dagen en een procestemperatuur van 23°C. De temperatuur van het rejectiewater van de rwzi Garmerwolde is relatief laag, doordat een grote hoeveelheid koud extern slib, samen met het warme uitgegist slib van de rwzi zelf, wordt ontwaterd.

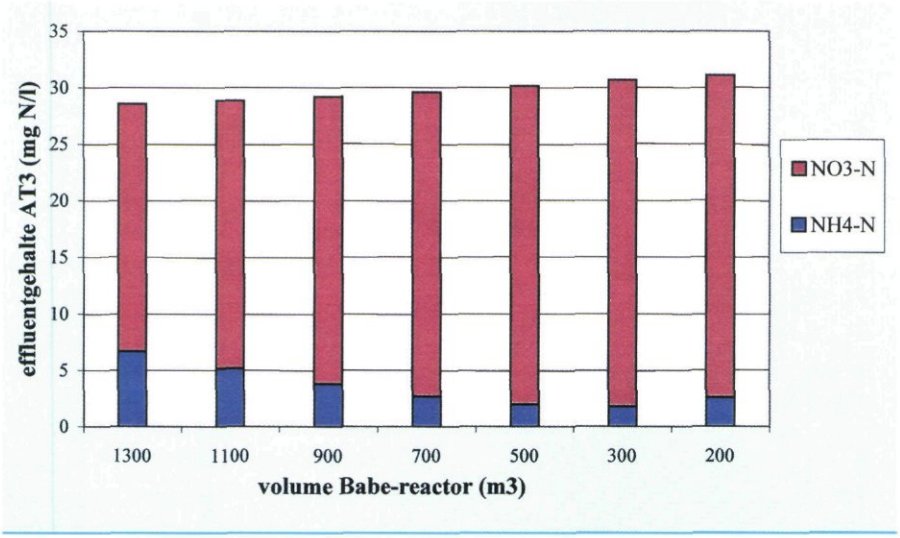
De BABE-reactor heeft op een gemiddeld nitrificatierendement van 74 procent en een denitrificatierendement van 66 procent gedraaid. Voor het bereiken van een maximaal ent-effect, zonder aanvullende koolstofbrondosering met een minimale kalkdosering voor de pH-correctie, is binnen het volume van deze BABE-reactor (1.250 kubieke meter) gestuurd op deze rendementen. Deze pH-correctie was nodig vanwege de zeer lage alkaliniteit van het rejectiewater van de rwzi Garmerwolde. Dit wordt veroorzaakt door een ijzerdosering bij de slibontwatering.

Zoals uit tabel 1 blijkt zorgt de BABE-reactor voor een verlaging van de ammoniumconcentratie in het effluent van de rwzi. Een deel van het effect kan worden verklaard door het wegnemen van de stikstofvracht van het rejectiewater (vergelijking tussen AT1 en AT2) en een deel van het effect wordt veroorzaakt door de ent van nitrificeerders aan het actiefslib (vergelijking AT2 en AT3). De ammoniumeffluentconcentratie van de BABE-AT (AT3) is circa 50 procent lager dan de AT2 met rejectiewaterbehandeling zonder ent, en circa 60 procent lager dan de AT1 zonder rejectiewaterbehandeling.

De nitrificatiecapaciteit van het actiefslib in de AT met BABE-reactor (AT3) ligt gemiddeld 1,6 keer hoger dan de nitrificatiecapaciteit van het slib in de AT met rejectiewaterbehan-

Tabel 1. Het effect van de ent van nitrificeerders op de hoofdstroom (resultaten betrokken op een stabiele periode van 1,5 maand).

rwzi Garmerwolde		NH4 effluentgehalte (mg N/l)	nitrificatiesnelheid bij 22°C (mg N/g ods.d)
actiefsliblijn met rejectiewater	(AT1)	13,3	87
actiefsliblijn zonder rejectiewater	(AT2)	9,9	65
actiefsliblijn met BABE-reactor	(AT3)	5,2	104



Afb. 2: Effect van het volume van de BABE-reactor op de NH_4-N-concentratie in het effluent.

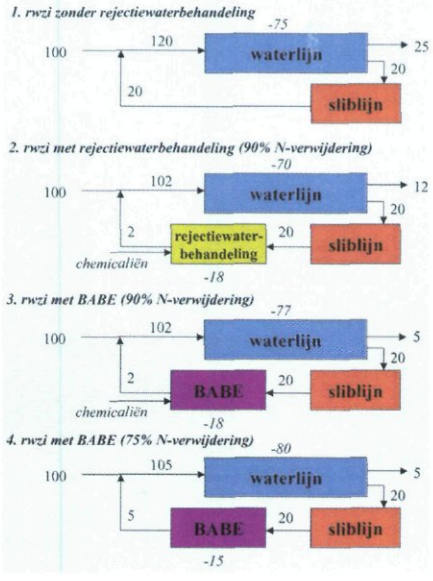
deling zonder ent-effect (AT2). Slibanalyses met behulp van FISH- en DGGE-technieken laten zien dat het type bacterie dat in de BABE-reactor is gecultiveerd, ook in het slib van AT3 wordt aangetroffen.

Modelsimulaties

Uit de modelsimulaties blijkt dat het volume van de BABE-reactor voor deze praktijkproef eigenlijk te groot was. Volgens de simulaties neemt het ent-effect verder toe bij een kleiner BABE-volume tot 300 kubieke meter. De ammoniumconcentratie in het effluent daalt dan nog verder tot onder de twee milligram per liter (zie afbeelding 2). Een analyse van de simulatieresultaten toont aan dat dit wordt veroorzaakt door een vermindering van de afbraak van nitrificeerders bij lagere slibverblijftijden.

Ook blijkt uit de modelsimulaties dat het ent-effect van BABE groter is naarmate de procestemperatuur in het hoofdproces lager is. Tijdens de praktijkproef was deze 16 à 19°C. In de winter is het ent-effect groter dan in de zomer.

Afb. 3: Stikstofbalans (kg NKj/d) in een conventionele rwzi onder verschillende procesomstandigheden.



Beschouwing resultaten

Door de verwerking van extern aangevoerd slib is de stikstofbelasting van het rejectiewater op de rwzi Garmerwolde relatief groot (circa 35 procent van de influentvracht). De resultaten van het praktijkonderzoek zijn vertaald naar een conventionele rwzi met slibgisting en ontwatering, maar zonder aanvoer van extern slib. Voor een viertal situaties is een stikstofbalans opgesteld (zie afbeelding 3).

Uitgangspunt is een rwzi waarbij 75 procent NKj-verwijdering in de hoofdstroom plaatsvindt en 20 procent van de aangevoerde stikstof via het rejectiewater wordt teruggevoerd (situatie 1). Bij toepassing van rejectiewaterbehandeling zonder ent-effect (situatie 2) neemt de stikstofverwijdering van de totale rwzi toe van 75 naar 88 procent. De stikstofverwijdering in de aëratietank neemt in deze situatie enigszins af van 75 naar 70 procent, omdat de rejectiewatervracht daalt en daardoor de nitrificatiecapaciteit als gevolg van de lagere ammoniumconcentratie in de aëratietank ook enigszins afneemt. Dit effect is ook waargenomen tijdens de praktijkproef. Bij toepassing van de BABE-technologie (situatie 3) neemt de stikstofverwijderingscapaciteit in de aëratietank toe dankzij het ent-effect. Hierdoor neemt het totale stikstofverwijderingsrendement toe tot 95 procent.

Bij de toepassing van rejectiewaterbehandeling is de over-all stikstofbalans van belang. Niet alleen de stikstofverwijdering in de rejectiewaterbehandelingsinstallatie, maar ook de invloed daarvan op de stikstofverwijdering in het hoofdproces moet worden meegenomen. Dit kan leiden tot een optimalisatie waarbij de effluentkwaliteit, het ent-effect en het chemicaliënverbruik van de rejectiewaterbehandelingsinstallatie tegen elkaar worden afgewogen.

De simulatieberekeningen hebben aangetoond dat het enteffect afneemt bij een toename van de slibverblijftijd. Het toestaan van een lager verwijderingsrendement in de BABE-reactor kan daardoor een gunstig effect hebben op de stikstofverwijdering van de totale rwzi. Situatie 4 toont het effect bij een minder vergaande stikstofverwijdering in de BABE-reactor. Ondanks het lagere nitrificatierendement van de BABE-reactor (75 procent) is de effluentkwaliteit van de totale rwzi gelijk aan die in situatie 3 (BABE-reactor met 90 procent nitrificatie). Dit is een gevolg van een vermindering van de afsterving van nitrificeerders in de BABE-reactor en daardoor een toename van het enteffect. Dit leidt vervolgens tot een toename van de nitrificatiecapaciteit van de hoofdstroom tot 80 kg N/d en een effluentkwaliteit van eveneens vijf kilo stikstof per dag. Het chemicaliënverbruik in de reactor is in deze situatie echter lager. Eenzelfde optimalisatie kan worden gemaakt voor het denitrificatierendement in verhouding tot het methanol- en/of natronloogverbruik.

Conclusie

Uit de resultaten van het praktijkonderzoek op de rwzi Garmerwolde kan worden geconcludeerd dat de BABE-technologie zich heeft bewezen als een volwaardig alternatief voor de behandeling van rejectiewater. De technologie kan met name effectief worden toegepast indien in het hoofdproces onvolledige nitrificatie plaatsvindt of wanneer de enting van nitrificeerders het nitrificatieproces in de hoofdproces minder kwetsbaar kan maken voor verstoringen. De technologie kan meestal gemakkelijk worden ingepast in de bestaande infrastructuur van een rwzi. De compactheid van de reactor maakt het proces erg aantrekkelijk. ¶

Meer gedetailleerde onderzoeksresultaten van de praktijkproef en de modelsimulaties worden binnenkort gepubliceerd in een STOWA-rapport.

LITERATUUR

1) *STOWA rapport 95-08: Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Evaluatie van Nederlandse praktijkonderzoeken.*

2) *STOWA-rapport 96-01: Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Enkelvoudig reactorsysteem voor ammoniumverwijdering via nitriet.*

3) *Salem S. et al (2002). Model-based evaluation of a new upgrading concept for N-removal. Water Science and Technology vol. 45 nr. 6 pag 169-176.*