



NOG MEER ENERGIE UIT AFVALWATER

Een *energiefabriek*: dat is een afvalwaterzuivering die zoveel energie produceert dat ze er minimaal zelf helemaal op kan draaien. Daarvan komen er steeds meer. Het streven naar energiefabrieken heeft de vernieuwing van het proces van gisting van rioolslib een extra impuls gegeven. Betere slibgisting kan leiden tot veel betere energieprestaties. Een voorbeeld van zo'n vernieuwing is de innovatieve technologie Ephyra®. Het verslag van een onderzoek met veelbelovende resultaten.

AUTEURS



Dennis Heijkoop en André Visser
(Royal HaskoningDHV)



Leo van Efferen
(Waterschap Zuiderzeeland)

Voor het vergisten van slib van afvalwater (en de productie van biogas) bestaan verschillende opties. *Mesofiele* slibgisting, waarbij de procestemperatuur in de slibgistingstanks varieert tussen 33 en 35 graden Celsius, is de traditionele methode. Sinds enkele jaren zijn echter diverse technologieën beschikbaar die zorgen voor betere slibafbraak, meer biogasproductie en een beter ontwateringsresultaat.

Processen als ultrasone voorbehandeling, *thermofiele* gisting (bij temperaturen rond 55 graden Celsius) en *thermische drukhydrolyse* (het verbeteren van de afbreekbaarheid van organisch materiaal door een voorbehandeling onder hoge druk) zijn voorbeelden die de afgelopen jaren met meer of minder succes zijn geïmplementeerd.

Elk van deze technologieën heeft voor- en nadelen en de keuze is afhankelijk van onder andere de samenstelling van het slib, de schaalgrootte van de installatie en van lokale omstandigheden.

Advies- en ingenieursbureau Royal HaskoningDHV heeft de beschikbare technologieën geïnventariseerd en geconcludeerd dat er in Nederland, maar zeker ook in het buitenland, nog ruimte is voor een verbeterde slibgistingstechnologie. Deze verbetering zit dan niet alleen in het slibafbraakrendement, de biogasproductie en/of het ontwateringsresultaat,

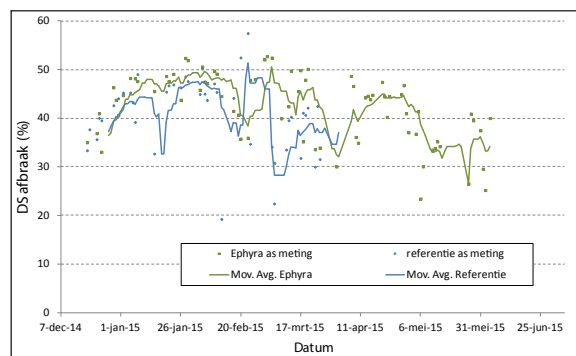
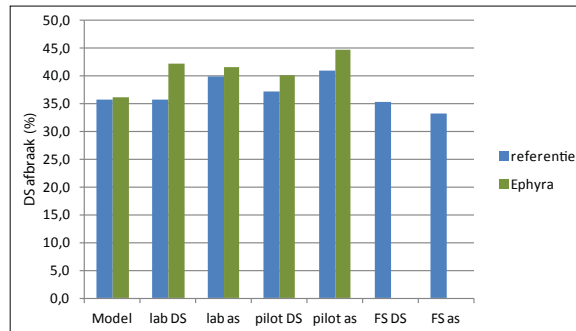
maar juist ook in zaken als lagere investeringskosten, minder onderhouds- en beheerkosten, eenvoud en een grotere robuustheid.

Met twee nieuwe technologieën (Ephyra® en Themista®) verwacht het bedrijf deze verbeteringen te kunnen realiseren. Echter, hoe wordt een dergelijke vernieuwende technologie ontwikkeld en hoe wordt bewezen dat deze functioneert zonder dat één of meerdere partijen buitensporige risico's loopt?

Het ontwikkelproces begint met een *business case* om de haalbaarheid te verkennen. Om deze case te toetsen worden achtereenvolgens een labonderzoek, een pilotonderzoek en een demonstratie-onderzoek op praktisch schaal uitgevoerd. In dit artikel wordt aan de hand van de ontwikkeling van Ephyra® beschreven hoe dit tot en met de pilotfase is verlopen en wat de resultaten daarvan zijn.

Ephyra® is een geavanceerde natte vergister volgens het propstroomprincipe. Het slib ligt in afgesloten tanks, die bestaan uit verschillende compartimenten. De inspiratie hiervoor kwam vanuit praktijkvoorbeelden waarmee het Duitse *Hochlastfaulung* gistingconcept hoge afbraakrendementen behaalt. Aan het Duitse concept zitten echter een aantal belangrijke nadelen, te weten: hoge bouwhoogtes, hoge kosten en verstoppingsgevoeligheid. Ephyra® is in haar technische uitvoering zodanig ontwikkeld dat deze nadelen niet meer optreden. Ook zijn enkele sturingsmogelijkheden toegevoegd, die zorgen voor betere technologische prestaties.

In een labonderzoek op slib van de rioolwaterzuiveringen van Apeldoorn, Epe, Amersfoort, Tollebeek en Nieuwgraaf is Ephyra vergeleken met referentiereactoren op labschaal, waarin de huidige, traditionele procesvoering is toegepast. Daarbij bleek Ephyra® de drogestof voor 38 procent af te breken, terwijl dat bij de referentiereactoren circa 30 procent was (in absolute getallen een verbetering met 8 procent; in relatieve getallen 25 procent). Zo'n betere afbraak leidt doorgaans ook tot een beter ontwateringsresultaat. Op basis van het *Handboek slibgisting* (Stowa, 2011) mag dit geschat worden op 2 tot 3



Nog meer energie uit afvalwater

12

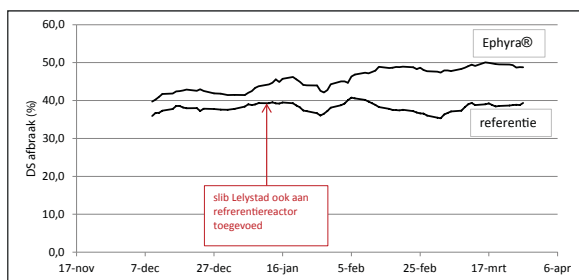
In de grafieken wordt een vergelijking gemaakt tussen de referentie (traditionele slibgisting) en Ephyra® op het punt van de afbraak van droge stof (DS), gebaseerd op metingen van de droge stof concentratie en de anorganische fractie (as) van slib vóór en na de gisting. De gegevens hebben betrekking op lab- en pilotonderzoek alsmede de full-scale.

In de bovenste grafiek is de afbraak van droge stof gegeven volgens de initiële modelberekeningen, en de berekende gemiddeldes uit droge stof (DS) metingen en metingen van de anorganische fractie (as) van slib voor en na de gisting. In de onderste grafiek is het verloop van de afbraak droge stof (DS) berekend uit metingen anorganische stof (as) gegeven.

procent (absoluut). Omdat dit gegeven, inclusief de eventuele toename van het gebruik van poly elektrolyt (PE), belangrijk is voor de haalbaarheid van de business case, is dit in het pilotonderzoek nader getoetst.

Om de betere prestatie van Ephyra® te verklaren zijn onderstaande hypothesen opgesteld:

1. Door de compartimentering treedt fasescheiding op waarbij de verschillende deelprocessen van de slibgisting – hydrolyse, verzuring, beta-oxidatie, acetogenese en methanogenese – deels ontkoppeld plaatsvinden.
2. Mogelijk nadeel van de hoge belasting van het eerste compartiment en de verzuring is dat de processen in de eerste compartimenten instabiel kunnen worden zeker als gevolg van wisselende



Afbraak van droge stof (DS) van de referentiereactor (traditionele slibgisting) en de Ephyra® uit het labonderzoek in de tijd

belastingen (in zowel debiet als droge stof).

Door de geavanceerde Ephyra® controller kunnen de deelprocessen geoptimaliseerd worden en verloopt het proces – ook bij wisselingen in de belasting – robuust en betrouwbaar.

3. Door ont koppeling van slib- en hydraulische verblijftijd wordt de slibverblijftijd verlengd.

Het effect van Ephyra® en deze hypothesen is op pilotschaal getoetst op het slib van de afvalwaterzuivering Tollebeek (waterschap Zuiderzeeland).

De pilot vond plaats tussen december 2014 en maart 2015. De huidige situatie op de afvalwaterzuivering van Tollebeek is vergeleken met de toekomstige situatie. Grootste verschil is dat in de huidige situatie op Tollebeek een beter afbreekbaar slib aan de gisting wordt aangeboden dan in de toekomstige situatie bij toepassing van Ephyra®. Dan zal namelijk ook het moeilijker vergistbare slib van de rioolwaterzuivering Lelystad op de locatie Tollebeek worden vergist.

Afbraak droge stof

De eerste modelberekeningen gaven aan dat ondanks een slechter afbreekbaar slib de voorspelde afbraak van droge stof voor de referentie (huidige situatie) en de Ephyra® (toekomstige situatie) even hoog waren. Het labonderzoek en het latere pilotonderzoek bevestigden deze modelberekeningen en wijzen zelfs op nog betere resultaten, zoals blijkt uit de grafiek op de vorige pagina.

De resultaten worden betrouwbaar geacht omdat:

- De afbraak van droge stof is bepaald op twee manieren: aan de hand van de gemeten anorganische fractie en aan de hand van de gemeten gehalten droge stof.

- Ook de afbraak van de huidige full-scale installatie (FS) Tollebeek redelijk in lijn ligt met het lab- en pilotonderzoek.
- De afbraak van droge stof in de pilotinstallatie in lijn is met gemeten biogas- en methaanvolumes, alsmede de gemeten CZV (chemisch zuurstofverbruik) en ammoniacconcentraties in de reactoren.

De pilotresultaten, zoals gepresenteerd in de figuur op de vorige pagina, zeggen iets over de business case Ephyra® Tollebeek, echter ondersteunen deze nog niet de claim dat Ephyra® een extra afbraak van droge stof ter grootte van 25 procent realiseert. Daarom is parallel aan het pilotonderzoek vergelijkend labonderzoek uitgevoerd, waarbij zowel de referentie als de Ephyra zijn gevoed met hetzelfde slibmengsel (eerst alleen uit Tollebeek en later ook uit Lelystad erbij). Dit is te zien in de figuur linksboven.

Toen de reactoren werden gevoed met een verschillend mengsel was de extra afbraak van Ephyra® circa 4 procent in absolute termen, vergelijkbaar met wat in de pilot was geconstateerd. Dat percentage werd hoger nadat de slibsamenstelling van beide labreactoren gelijk werd aan het in de toekomst te verwachten mengsel van Tollebeek en Lelystad; uiteindelijk bleef het stabiel op circa 10 procent (absoluut). Hiermee was het verschil dat Ephyra® maakt als het gaat om afbraak van droge stof dus zowel in het lab als in de pilot bereikt.

Ontwatering

Naast metingen van de afbraak van droge stof, zijn twee grootschalige vergelijkende ontwateringstesten uitgevoerd op het slib van de referentie en de Ephyra®.

- Uitgestist slib van de Ephyra® pilot reactor ontwaart significant beter dan slib uit de pilot referentie reactor. Het verschil bedroeg 2 tot 3 procent droge stof.
- Slib uit de full-scale praktijkinstallatie op Tollebeek werd tot 23,5 - 24 procent droge stof ontwaterd. Slib uit de Ephyra® pilot reactor werd tot 25 - 25,5 procent droge stof ontwaterd.

Tijdens de testen bleek dat voor een goede ontwatering de combinatie van aangeboden slib, het juiste poly-elektrolyet en de juiste instellingen van de centrifuge cruciaal zijn om tot een goed ontwateringsresultaat te komen.

Toetsing hypothesen

Terug naar de hypothesen die we eerder noemden en wilden toetsen.

Hypothese 1: Fasescheiding treedt op.

Uit het pilotonderzoek blijkt inderdaad dat fasescheiding in de verschillende compartimenten van Ephyra® optreedt.

Geconstateerd is dat:

- er duidelijke verschillen zijn in pH (zuurgraad) en redox potentiaal in de verschillende compartimenten;
- de eerste compartimenten zuurder zijn dan de laatste en ook een hogere redox potentiaal hebben;
- de vetzuren uit het eerste compartiment goed worden afgebroken in de navolgende compartimenten.

Hypothese 2: Door sturing van slibstromen en recirculatie blijft Ephyra® als proces controleerbaar.

Een deel van het effect van Ephyra® wordt toegeschreven aan de fasescheiding. Voor een stabiel proces en een continue prestatie is het gewenst dat deze fasescheiding ook tijdens piekaanvoeren gehandhaafd blijft. Hiervoor is een speciale controller ontwikkeld die door een juiste dosering van de piekaanvoer en de recirculatie stuurt op optimale procesomstandigheden. Tijdens de pilotproeven zijn verschillende piektesten uitgevoerd waaruit blijkt dat het proces en de bijbehorende fasescheiding in de hand gehouden kunnen worden met de controller en de prestatie van de Ephyra® gelijk blijft.

Hypothese 3: Door ontkoppeling van slib- en hydraulische verblijftijd wordt de slibverblijftijd verlengd.

Er zijn bezinkproeven uitgevoerd met het slib van de verschillende compartimenten van de pilot Ephyra®. Daaruit blijkt dat het slib niet of nauwelijks bezinkt. Zelfs niet na een periode van 48 uur. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn

dat er een ontkoppeling van slib- en hydraulische verblijftijd optreedt.

Hoe nu verder?

Na bijna vier jaar labonderzoek en een halfjaar pilotonderzoek kunnen we concluderen dat het positieve effect van Ephyra® op slibafbraak in zowel lab als pilot is aangetoond. Het pilotonderzoek heeft de resultaten vanuit het lab bevestigd en zelfs overtroffen. Ook voor wat betreft ontwatering is een verschil aangetoond.

Het pilotonderzoek heeft verder een aantal hypothesen bevestigd, maar andere ook juist ontkracht. Hierdoor is meer kennis verkregen in de werkingsprincipes van Ephyra®. Ook heeft het pilotonderzoek zijn dienst bewezen door inzicht te verschaffen in een aantal optredende fenomenen waardoor het ontwerp van een demonstratie installatie robuuster zal worden.

Dennis Heijkoop
(Royal HaskoningDHV)

André Visser
(Royal HaskoningDHV)

Leo van Efferen
(Waterschap Zuiderzeeland)

Nog meer
energie uit
afvalwater

SAMENVATTING

In dit artikel is het vergelijkende pilot- en labonderzoek tussen Ephyra® en een traditionele slibgisting beschreven. Dit onderzoek is in feite een tussenstap tussen het al drie jaar lang uitgevoerde labonderzoek en de toekomstige *full scale* demonstratie installatie. Zowel de verwachte resultaten als de gemeten resultaten staan beschreven alsmede de hypothesen en de toetsing ervan.

Uit het pilot- en labonderzoek blijkt het positieve effect van Ephyra® op slibafbraak en ontwatering. Tevens heeft het pilotonderzoek zijn dienst bewezen door meer inzicht te geven in kritische ontwerpparameters.