



Mathijs Oosterhuis, Waterschap Regge en Dinkel  
 Hans Ellenbroek, Waterschap Regge en Dinkel  
 Alexander Hendriks, Royal HaskoningDHV  
 Paul Roeleveld, Royal HaskoningDHV

# Thermische ontsluiting van secundair slib biedt mogelijkheden voor centralisatie slibverwerking

**Thermische behandeling van secundair slib, ook wel thermische slibontsluiting (TSO) of thermische drukhydrolyse (TDH) genoemd, staat bij de waterschappen in Nederland volop in de belangstelling. Waterschap Regge en Dinkel voerde samen met Cambi en MWH Global in 2011 een pilotonderzoek uit naar het effect van thermische slibontsluiting op de organische stofafbraak van secundair slib. Het onderzoek wees uit dat de organische stofafbraak van secundair slib stijgt van 24 naar 41 procent bij een 2,5 keer zo hoge drogestofbelasting van de vergisters. Toepassing van thermische drukhydrolyse biedt een mogelijkheid voor centralisatie van de slibvergisting in Hengelo. Een dure renovatie van de slibgistingstanks in Enschede kan zo worden vermeden.**

Door een verwarming van secundair slib tot circa 165°C bij een druk van ongeveer 6 bar wordt de organische stof in het slib ontsloten en is een hoger afbraakrendement mogelijk in de slibvergisting. De viscositeit van het slib verandert door thermische drukhydrolyse dusdanig dat op veel hogere drogestofgehalten kan worden vergist. De techniek wordt al sinds 1995 op rwzi's in Noorwegen, Denemarken en Engeland toegepast volgens het principe van het bedrijf Cambi<sup>1)</sup>. Een extra voordeel van thermische drukhydrolyse in het buitenland is dat het slib gesteriliseerd wordt en toepassing als meststof in de landbouw mogelijk wordt. In Nederland is de meststoffenwetgeving dermate streng dat sterilisatie alleen onvoldoende is om zuiveringslib af te zetten richting de landbouw. De energiewinst daarentegen en een positief effect op de slibontwatering maken de toepassing van thermische drukhydrolyse zo interessant dat Waterschapsbedrijf Limburg heeft besloten tot de bouw van een TDH-installatie van het bedrijf Sustec. Ook op de rwzi's Tilburg, Apeldoorn en Amersfoort is besloten om thermische drukhydrolyse toe te passen. Waterschap Regge en Dinkel overweegt TDH te gaan implementeren op rwzi Hengelo. De aanleiding ligt in een dure renovatie van drie slibvergistingstanks op rwzi Enschede, die vermeden kan worden als de slibver-

gisting wordt gecentraliseerd op rwzi Hengelo in combinatie met een thermische drukhydrolyse-installatie. Samen met MWH Global voerde Regge en Dinkel vorig jaar een pilotproef uit. De resultaten ervan zijn gebruikt om een *businesscase* door te

rekenen. De resultaten worden in dit artikel besproken.

Doel van het project was het vaststellen van het effect van thermische drukhydrolyse op de anaerobe afbreekbaarheid van secundair

**Pilot thermische slibontsluiting Hengelo.**



slib en het toetsen van de financiële haalbaarheid en de energiebalans van centrale slibvergisting op de rwzi Hengelo in combinatie met een thermische drukhydrolyse-installatie.

### Methodie pilotonderzoek

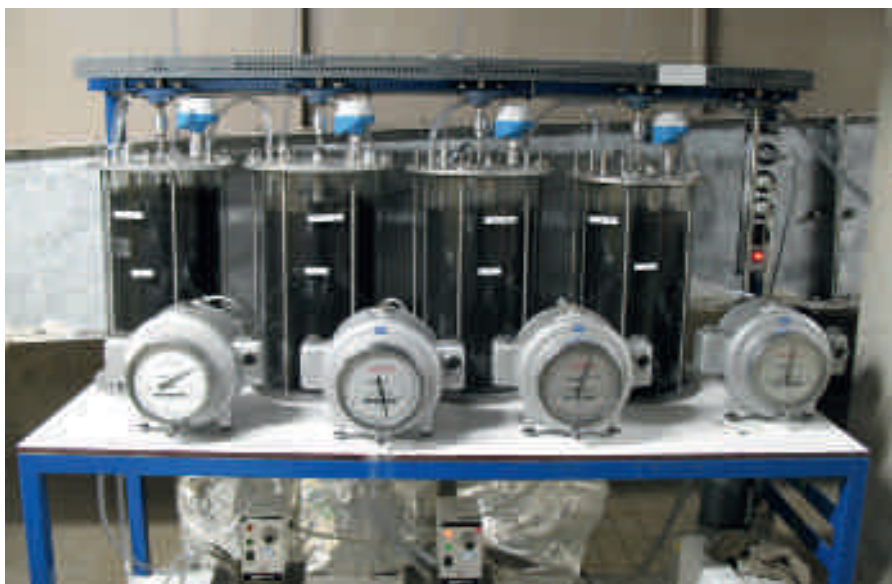
Secundair slib is behandeld in een pilot-installatie van de firma Cambi. Door middel van stoominjectie is het slib gedurende 20 minuten verwarmd tot 165°C bij een druk van 6 bar. Slibmengsels, bestaande uit 80 procent secundair slib en 20 procent primair slib (op basis van droge stof), zijn vergist in vier kleine vergisters (acht liter) bij een verblijftijd van circa 20 dagen en een temperatuur van 37°C. Twee vergisters zijn gevoed met een mengsel van primair slib en voorbehandeld secundair slib (hydrolysevergisters) en twee referentievergisters zijn gevoed met een onbehandeld mengsel van secundair slib en primair slib. Bij de hydrolysevergisters is de drogestofbelasting circa 2,5 keer zo groot geweest als bij de referentievergisters. Dit was mogelijk vanwege een lagere viscositeit van het behandelde slib. De proef liep van mei tot november 2011.

De gasproductie is gevolgd met gasklokken en tweewekelijks zijn slibmonsters geanalyseerd op droge stof, gloeirest, CZV, P, NH<sub>4</sub>-N en pH.

### Resultaten

Afbeelding 1 geeft de maandgemiddelde specifieke biogasproductie weer in liters per kilo organische droge stof. De gasproducties van de afzonderlijke vergisters zijn gemiddeld. Het verschil in specifieke biogasproductie tussen de hydrolyse- en referentievergisters bedraagt tegen het eind van de proef circa 40 procent. Uit de figuur blijkt verder dat de specifieke biogasproductie bij alle vergisters daalt gedurende de proefperiode. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een hogere mineralisatiegraad van het secundaire slib in de zomermaanden. De daling is overigens het sterkst bij de referentievergisters.

Het effect van thermische drukhydrolyse op de organische stofafbraak van secundair



De vergisters waarin het effect op de organische stofafbraak is gevolgd.

slib kan alleen geschat worden, aangezien een mengsel van primair en secundair slib vergist is en de afbreekbaarheid van primair slib niet exact bekend is. De tabel geeft een berekening van de afbraak van organische stof, waarbij is aangenomen dat de organische stof in primair slib voor 60 procent wordt afgebroken.

Uit de tabel blijkt dat de afbraak van organische stof van het secundaire slib toeneemt van 24 naar 41 procent, een relatieve toename van 68 procent. In pilotonderzoek van Sustec op rwzi Venlo<sup>2)</sup> werd een toename van 55 procent in de afbraak van organische stof gevonden en in Amersfoort<sup>3)</sup> 25 tot 45 procent toename, maar hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen primair en secundair slib. In het onderzoek op rwzi Hengelo is voornamelijk vergaand gemineraliseerd zomerslib met een lage initiële afbreekbaarheid behandeld. Uit ander onderzoek blijkt dat het relatieve effect van thermische drukhydrolyse het grootst is bij vergaand gemineraliseerd slib<sup>4)</sup>.

### Stabiliteit gisting

De pH tijdens de vergisting bedroeg in de

referentievergisters ongeveer 7,5, terwijl in de hydrolysevergisters de pH rond de 8 lag. Tevens was de ammoniumconcentratie in de hydrolysevergisters met 3 à 4 g/l beduidend hoger dan in de referentievergisters met 1 g NH<sub>4</sub>-N/l. De hogere ammoniumconcentratie, veroorzaakt door verdergaande afbraak van organische stof en een hogere drogestofbelasting, leidde niet tot een negatieve werking op het gistingproces.

### Schuimvorming

De metingen met betrekking tot schuimpotentie en -stabiliteit<sup>5)</sup> van het slib geven aan dat deze in de hydrolysevergisters iets hoger zijn dan in de referentievergisters. Bij hogere gassnelheden nemen schuimpotentie en -stabiliteit toe. Het voorbehandelde slib ontmengt echter nauwelijks en de verwachting is dat in de praktijk minder gemengd hoeft te worden door gasinblazing en schuimproblemen daardoor ook beperkt zullen zijn.

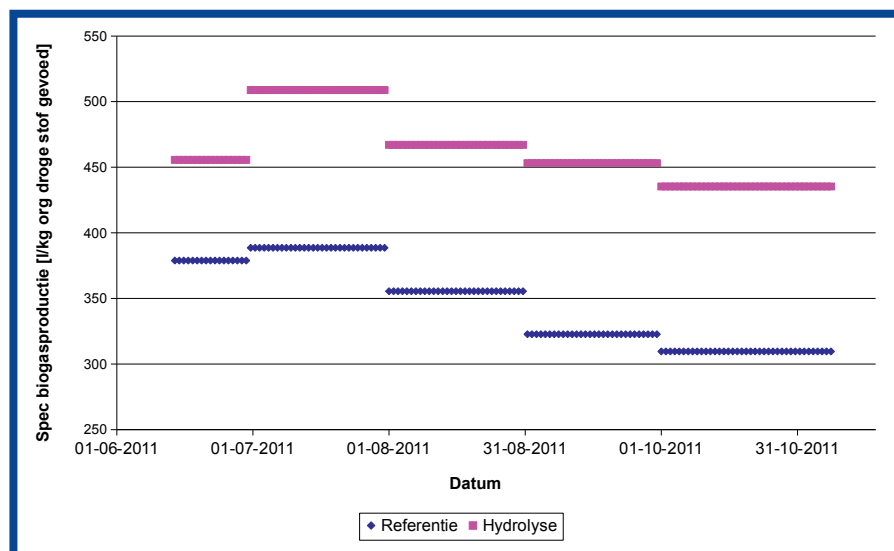
### Biogas

Het geproduceerde biogas uit alle vergisters had een methaangehalte rond de 65 procent en dezelfde hoeveelheid siloxaanverbindingen. Toepassing van thermische drukhydrolyse lijkt niet te leiden tot een afwijkende biogassamenstelling.

### Ontwaterbaarheid

Met een zogeheten thermogravimetrische bepaling<sup>6)</sup> is de ontwaterbaarheid van het uitgiste slib voorspeld. De testen gaven aan dat het drogestofgehalte van het ontwaterde slib van ongeveer 26 procent naar ongeveer 34 procent stijgt door toepassing van thermische drukhydrolyse. Het polymeerverbruik was 40 procent hoger bij de ontwatering van gehydrolyseerd slib. De onderzoeksgegevens zijn echter te beperkt om hier harde conclusies uit te trekken. In het pilotonderzoek door Sustec op de rwzi's Venlo en Amersfoort werden drogestofgehaltes in ontwaterd slib van respectievelijk 31 en 25 procent gevonden. De resultaten maken duidelijk dat de slibontwatering sterk kan verbeteren door thermische drukhydrolyse, maar er

Afb. 1: Maandgemiddelde specifieke biogasproductie (l/kg organische droge stof).



|                       | in<br>(g os/d) | uit<br>(g os/d) | afbraak<br>(g os/d) | afbraak<br>(%) |
|-----------------------|----------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>primair slib</b>   |                |                 |                     |                |
| referentie            | 2,9            | 1,16            | 1,74                | 60             |
| hydrolyse             | 6,6            | 2,64            | 3,96                | 60             |
| <b>secundair slib</b> |                |                 |                     |                |
| referentie            | 10,9           | 8,24            | 2,66                | 24             |
| hydrolyse             | 24,5           | 14,46           | 10,04               | 41             |
| <b>totaal</b>         |                |                 |                     |                |
| referentie            | 13,8           | 9,4             | 4,4                 | 31,9           |
| hydrolyse             | 31,1           | 17,1            | 14                  | 45             |

Schatting afbraak organische stof in secundair slib (14 juni t/m 8 november 2011).

nog onzekerheden zijn ten aanzien van het polymeerverbuik. Het type polymeer en de ontwateringstechniek vormen belangrijke factoren voor het behalen van een goed ontwateringsresultaat. Slibontwatering met behulp van een zeefbandpers en een geoptimaliseerd mengsel van een vertakte en een hoog molecuulair polymeer wordt door externe adviseurs als kansrijk gezien.

### Samenstelling centraat

Thermische slibontsluiting heeft de vorming van inert CZV tot gevolg<sup>1),3)</sup>. In het onderzoek op rwzi Hengelo zijn enkele metingen gedaan in de waterfase van uitgestig slib uit de hydrolysevergisters. Hieruit blijkt een inert CZV-gehalte van 1.215 mg/l in helder centraat (geen fines), of 16 kg CZV/ton ds ontwaterd slib. De verhoging van het CZV-gehalte in het effluent zou op rwzi Hengelo ongeveer 7,5 mg/l zijn. Inert CZV is het verschil tussen CZV en BZV in het water. Het is niet duidelijk hoe inert dit CZV is en of het nog deels wordt gemineraliseerd of geadsorbeerd in het actiefslibstelsysteem. Orthofosfaatgehaltes in centraat uit de hydrolysevergisters bedroegen 129 tot 172 mg/l. Dit zijn relatief lage gehalten aangezien de vergisters bedreven werden op 7,5% ds in plaats van 3% ds. Door de hogere pH in de hydrolysevergisters is waarschijnlijk sprake van fosfaatprecipitatie en dus lagere orthofosfaatgehalten.

### Businesscase en energiebalans

In de *businesscase* zijn op hoofdlijnen twee scenario's vergeleken:

- conventionele aanpassing met een renovatie van de slibvergisting in Enschede en slibvergisting en -ontwatering in zowel Hengelo als Enschede;
- centrale slibvergisting en ontwatering in Hengelo in combinatie met thermische slibontsluiting. Het slib uit Enschede wordt voorontwaterd en naar Hengelo getransporteerd.

In de *businesscase* is gerekend met een einddrogestofgehalte van 30 procent (TDH) en 22,5 procent (conventioneel), een PE-verbuik van 16 kg PE/ton ds (TDH) en 13,5 kg PE/ton ds (conventioneel), een organische stof afbraak van secundair slib van 55 procent (TDH) en 35 procent (conventioneel) en een teruglevertarief voor elektriciteit van 0,04 euro/kWh.

De investeringskosten bij een centrale slibvergisting blijken iets lager uit te vallen dan bij een conventionele aanpassing. Investeringskosten in onder andere voorontwatering van het secundaire slib en aanverwante infrastructuur voor de sliblogistiek maken dat het verschil in investeringskosten met een conventionele aanpassing beperkt blijft. De exploitatiekosten zijn in beide gevallen ongeveer even groot. Dit heeft onder andere te maken met de afzet van energie. Op rwzi Hengelo wordt bij centrale slibvergisting namelijk zoveel biogas geproduceerd dat ruimschoots wordt voorzien in de eigen elektriciteitsbehoefte. De lage tarieven voor teruglevering aan het net doen de voordelen van extra biogasproductie grotendeels teniet als op rwzi Enschede voor de volledige energievraag elektriciteit moet worden ingekocht tegen het 'normale' tarief. De energiebalans is positief; met behulp van de MJA3-systematiek wordt een daling van de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-emissie berekend van 2.150 ton, wat een besparing van circa negen procent aan primaire energie inhoudt. De wettelijke voorname is in het opwekken van meer elektriciteit, maar minder transport en deelstroombehandeling dragen eveneens bij aan de energiebesparing. Cruciaal voor een positieve energiebalans is het gebruik van de rookgaswarme van warmtekrachtkoppelinginstallaties voor de productie van de benodigde stoom voor thermische slibontsluiting.

De prestaties van de slibontwatering (drogestofgehalte en polymeerverbruik) en de organische stofafbraak in de slibvergisting bepalen voor een belangrijk deel de exploitatiekosten.

### Discussie

De resultaten van de pilotproef en de berekeningen in de *businesscase* laten zien dat thermische slibontsluiting een positief effect heeft op de organische stofafbraak en de slibontwatering. Bovendien wordt het door thermische slibontsluiting mogelijk om de slibvergisting te bedrijven op veel hogere drogestofgehalten (7,5 i.p.v. 3% ds), waardoor kan worden volstaan met minder gistingvolume. Deze voordelen kunnen echter teniet worden gedaan als geen goede afzet wordt gevonden voor het surplus aan energie. Teruglevering van elektriciteit aan het net lijkt financieel onaantrekkelijk. Alternatieven

zoals de productie van *liquid* biogas (een transportbrandstof), levering van warmte aan een warmtenet of van elektriciteit aan een gebruiker dichtbij de rwzi zullen eerst worden uitgewerkt voordat een definitief besluit wordt genomen over verdergaande centralisatie van de slibvergisting.

Voor een aantal rwzi's in Nederland is al besloten om thermische slibontsluiting toe te passen: Venlo, Apeldoorn, Amersfoort en Tilburg. De aanleiding zal verschillen per project, maar duidelijk is dat het voornemen om een energiefabriek te realiseren een belangrijke rol heeft gespeeld bij de afweging. De situatie bij Waterschap Regge en Dinkel maakt duidelijk dat de financiële voordelen van thermische slibontsluiting beperkt zijn als de energieafzet niet goed is geregeld. Een compensatie van de lage baten uit teruglevering van elektriciteit zou helpen om de slibverwerking te verduurzamen met behulp van thermische drukhydrolyse.

### Conclusies

Uit het pilotonderzoek volgen als conclusies:

- De organische stofafbraak van secundair slib neemt toe met circa 68 procent als gevolg van thermische slibontsluiting, uitgaande van een initiële afbreekbaarheid van 24 procent;
- Door thermische drukhydrolyse kan de slibvergisting ongeveer 2,5 keer hoger belast worden met droge stof;
- De slibontwatering verbetert tot ongeveer 30 procent droge stof;
- Het specifieke polymeerverbruik voor de slibontwatering zal toenemen.

Uit de *businesscase* volgen als conclusies:

- De investerings- en exploitatiekosten liggen bij centrale slibvergisting in Hengelo ongeveer op hetzelfde niveau als bij decentrale slibvergisting in Enschede en Hengelo;
- Een betere afzet van energie is cruciaal voor de financiële haalbaarheid van centrale slibvergisting in Hengelo;
- Centrale slibvergisting met thermische drukhydrolyse leidt tot een positieve energiebalans en een lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot.

### LITERATUUR

- 1) STOWA (2011). Verkenning thermische slibontsluiting. Rapport 2011-W-03.
- 2) Van Dijk L. en A. de Man (2010). TurboTec: continue thermische slibhydrolyse voor lagere zuiveringskosten en meer energie op de rwzi, Neerslag nr. 5.
- 3) STOWA (2012). Thermische slibontsluiting, pilotonderzoek naar de mogelijkheden en randvoorwaarden. Rapport 2012-25.
- 4) Bougrier J. en H. Delgen 'es (2008). Effects of thermal treatments on five different waste activated sludge samples solubilisation, physical properties and anaerobic digestion. Chemical Engineering Journal 139, pag. 236-244.
- 5) STOWA (2010). Praktijkonderzoek naar oorzaken schuimvorming in slibgistingstanks. Rapport 2010-43.
- 6) Kopp J. en N. Dichtl (2001). Prediction of full-scale dewatering of sewage sludge by thermogravimetric measurement of the water distribution. Water Science and Technology nr. 9, pag. 141-149.