

## Businesscase thermofiele slibgisting

*Anna Veldhoen<sup>1)</sup>, Etteke Wypkema<sup>2)</sup>, Cora Uijterlinde<sup>3)</sup>, Freek Kramer<sup>1)</sup>;*

*<sup>1)</sup> Witteveen+Bos, <sup>2)</sup> Waterschap Brabantse Delta, <sup>3)</sup> Stowa*

Slib afkomstig van communale afvalwaterzuiveringen wordt in Nederland veelal mesofiel vergist om biogas te produceren en het slibvolume te verkleinen. Thermofiele slibgisting wordt niet toegepast, omdat het idee bestaat dat dit proces minder stabiel en economisch niet rendabel is. Middels een businesscase-studie is de financiële meerwaarde van thermofiele slibgisting in drie varianten bepaald ten opzichte van mesofiele vergisting<sup>1</sup>. Alle varianten leiden tot een positieve businesscase, zowel op grote als op kleinere schaal. Hierbij bepaalt de (hogere) biogasproductie en dus hogere afbraak per ton slib bij thermofiele slibgisting de economische haalbaarheid van thermofiele slibgisting in Nederland. De mogelijk verbeterde ontwaterbaarheid van het slib na vergisting is nog onzeker en is derhalve niet meegenomen in de businesscase, maar zou deze positiever maken, omdat de kosten voor eindverwerking, die worden bepaald per ton slib, een groot deel uitmaken van de totale slibverwerkingskosten.

De huidige behandeling van afvalwater is gericht op het zo ver mogelijk afbreken van de aanwezige stoffen. Hierin is een kentering gaande; de aandacht verschuift naar het terugwinnen van water, energie en grondstoffen. Voor het terugwinnen van energie krijgt slibgisting veel aandacht, waarbij vooral gekeken wordt naar het optimaliseren van mesofiele slibgisting (30-33°C) door thermische slibontsluiting (voorbehandeling van het slib door hydrolyse bij hoge druk en temperatuur. Een andere mogelijkheid is thermofiele slibgisting (52-55 °C), al dan niet met voorbehandeling. Bij thermofiele slibgisting verloopt het gistingsproces sneller, waardoor extra vergistingscapaciteit vrijkomt [1]. Deze capaciteit kan worden benut door slib van andere rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) te vergisten.

De technische haalbaarheid van thermofiele slibgisting in Nederland is ingeschat op basis van praktijkervaringen bij communale en industriële toepassing op verschillende plekken in Europa. Daarnaast is een literatuurscan uitgevoerd. De economische haalbaarheid werd bepaald door uitwerking van een businesscase, waarbij de volgende varianten zijn beschouwd:

1. mesofiele gisting (basisvariant);
2. thermofiele gisting zonder benutting van extra capaciteit;
3. thermofiele gisting met benutting van extra capaciteit (thermofiel +);
4. thermofiele gisting met thermische slibontsluiting en benutting van extra capaciteit.

Deze varianten zijn uitgewerkt voor slibverwerking bij een grote rwzi (490.000 i.e.) en een kleinere rwzi (150.000 i.e.).

### Verschillen tussen thermofiele en mesofiele vergisting

In het verleden bestond het beeld dat het thermofiele gistingsproces minder stabiel zou zijn dan het mesofiele. Recente literatuur en ervaringen tonen aan dat deze aanname ongegrond is. Uit de literatuurscan is ook gebleken dat thermofiele vergisting een aantal voordelen heeft ten opzichte van mesofiele vergisting [1]:

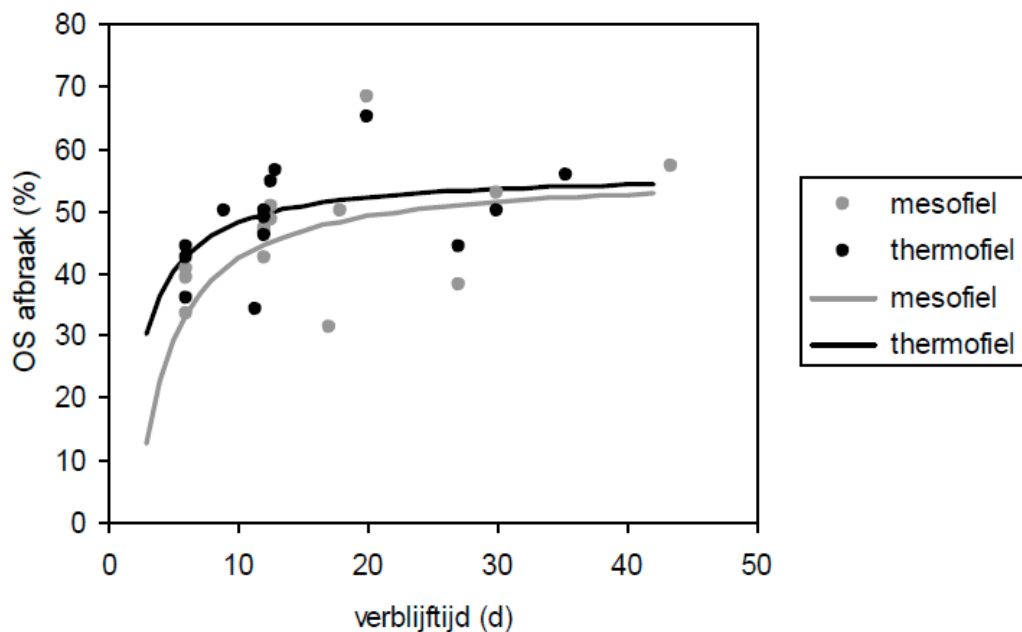
- hogere maximale groeisnelheid, dus hogere belasting van slibvergisters mogelijk;
- hogere afbraak van droge stof, dus hogere biogasproductie (+ 5-30 %) bij gelijke verblijftijd (Afbeelding 1);
- digestaat mogelijk beter ontwaterbaar;
- verhoogde afbraak van pathogenen.

---

<sup>1</sup> De volledige STOWA-rapportage met uitgangspunten en resultaten is te vinden op [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl), STOWA-rapport 2012-W15.

Daarnaast kan het energetisch gunstig zijn thermofiele vergisting te combineren met voorafgaande thermische slibontsluiting, omdat het slib hierbij al wordt voorverwarmd.

Afbeelding 1 geeft de afbraak van organische stof weer onder mesofiele en thermofiele omstandigheden bij verschillende verblijftijden. Hierin geven de lijnen de theoretische afbraak weer, gemodelleerd volgens Chen en Hashimoto [2]. Punten geven gemeten waarden aan van verschillende praktijkinstallaties. In de praktijk spelen naast temperatuur ook andere factoren, zoals de verhouding tussen primair en secundair slib, een rol. In theorie is de afbraak onder thermofiele omstandigheden bij gelijke verblijftijd hoger dan onder mesofiele omstandigheden. Dit is ook voor de meeste praktijkwaarden het geval.



**Afbeelding 1. Theoretische afbraak (lijnen) van organische stof (%) en praktijkwaarden (punten) uitgezet tegen de verblijftijd [1].**

Bij thermofiele slibgisting verdient een aantal zaken extra aandacht:

- hogere warmtebehoefte; afhankelijk van de situatie is warmteterugwinning nodig;
- meer stikstof en fosfaat in het digestaat;
- meer H<sub>2</sub>S- en vocht in het biogas;
- mogelijk hoger siloxaangehalte van het biogas.

### **Ervaringen in het buitenland**

In het buitenland – onder andere in Denemarken, Duitsland en de VS – wordt thermofiele gisting veel toegepast op communaal slib. Het thermofiele gistingsproces verloopt stabiel [3-9]. De afbraak van organische droge stof (ods) ligt tussen 55 en 70 %, wat hoger is dan in Nederland behaalde percentages met mesofiele gisting (gemiddeld 42 %). Hierbij dient te worden opgemerkt dat de gerapporteerde biogasproducties als te onbetrouwbaar zijn beoordeeld om conclusies uit te kunnen trekken. Een aantal praktijkinstallaties rapporteert een verbetering van de ontwaterbaarheid.

Het literatuuronderzoek heeft geen eenduidige kwantitatieve gegevens opgeleverd over de verschillen tussen mesofiele en thermofiele gisting. Om deze reden kan op basis van de buitenlandse praktijkgegevens geen voorspelling gedaan worden voor de Nederlandse situatie. Wel is op basis van modellen (Chen & Hashimoto, [2]) te voorspellen dat de verbetering van de ods-afbraak groter zal zijn bij kortere verblijftijd.

### **Uitgangspunten businesscase**

Voor de businesscase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- de slibamenstelling is representatief voor de Nederlandse praktijksituatie;
- de biogasproductie is berekend met behulp een rekenkundig model (Chen & Hashimoto);
- de ontwaterbaarheid is na thermofiele gisting even hoog als na mesofiele gisting;
- de ontwaterbaarheid is na thermische slibontsluiting hoger dan zonder voorbehandeling;
- deelstroombehandeling van het rejectiewater bij thermofiele gisting vindt plaats in een anammoxreactor.

Voor alle varianten is als onderdeel van de businesscase een warmte- en energiebalans opgesteld. Het geproduceerde biogas wordt verbrand in WWK's (warmtekrachtkoppeling) voor de productie van warmte en elektriciteit. De hoeveelheid geproduceerde warmte wordt vervolgens vergeleken met de warmtebehoefte. Bij een tekort aan warmte is uitgegaan van aardgas als aanvullende energiebron.

Het ontwateren van het slib, het energieverbruik en de afvoer voor eindverwerking zijn belangrijke (de belangrijkste?) kostenposten voor slibverwerking.

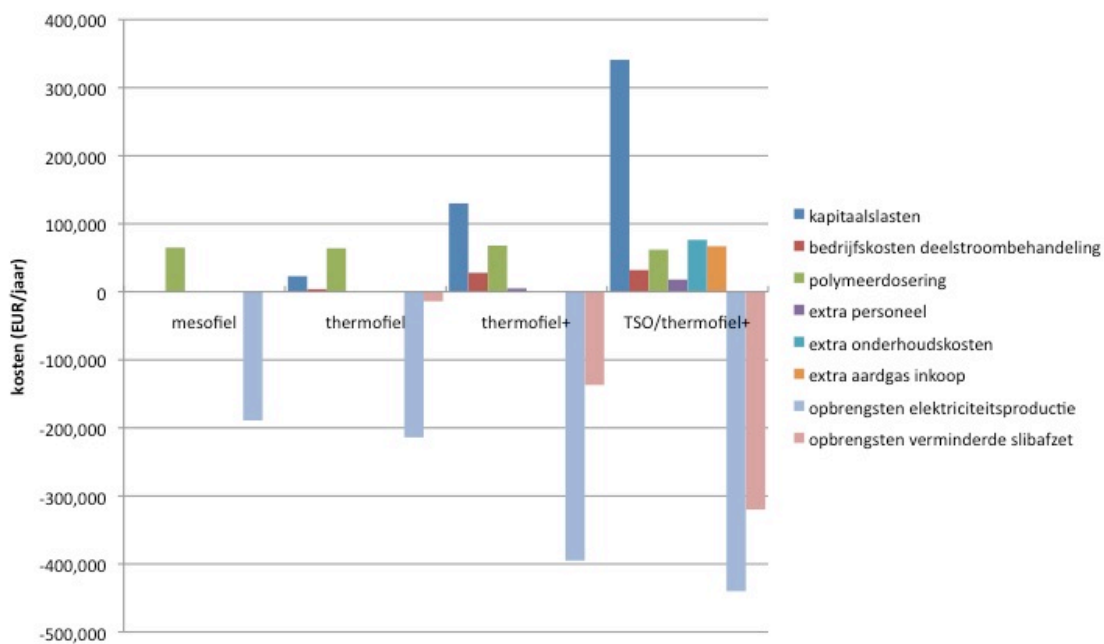
Uitgaande van de eenheidsprijzen in tabel 1 hebben we daarom een gevoeligheidsanalyse van de businesscase uitgevoerd, met de ontwaterbaarheid van het slib, de elektriciteitskosten en de afzetkosten van slib als variabelen.

**Tabel 1. Belangrijkste financiële uitgangspunten**

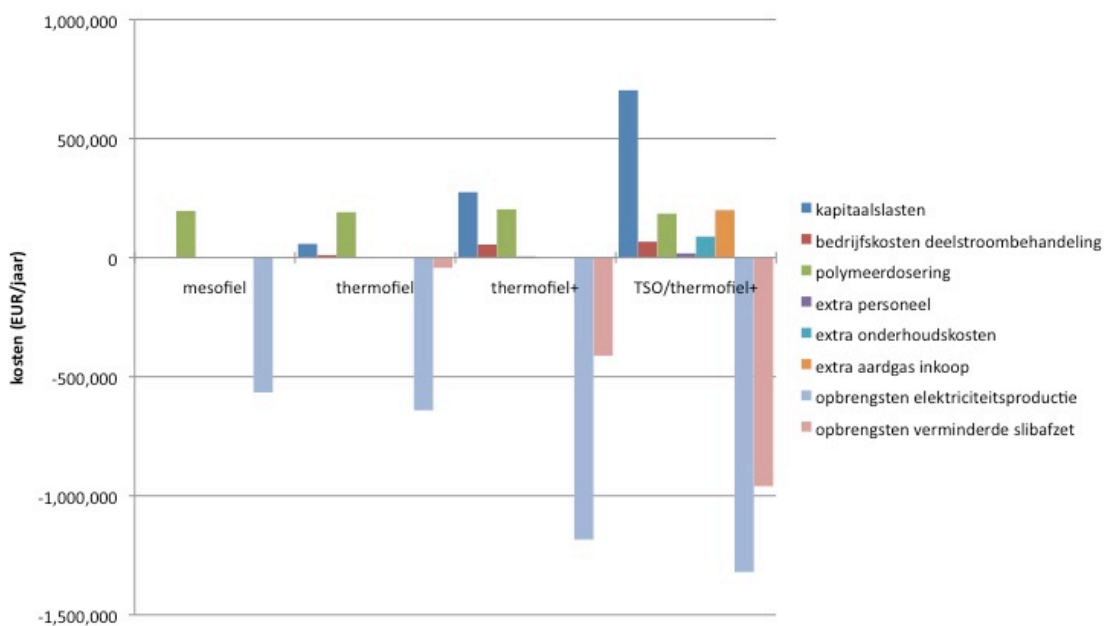
<b>parameter</b>	<b>waarde</b>	<b>eenheid</b>
elektriciteitsprijs	0,125	EUR/kWh
aardgasprijs	0,5	EUR/m <sup>3</sup>
polymeerkosten	3,5	EUR/kg actief PE
variabele kosten slibeindverwerking	30	EUR/ton ontwaterd slib

### **Positieve businesscase**

In afbeelding 2 en 3 zijn de jaarlijkse kosten en baten voor de varianten bij de twee schaalgroottes weergegeven. Hierin zijn de baten als negatieve kosten weergegeven. Daarnaast zijn in tabel 2 de terugverdientijden voor de verschillende varianten bij verschillende schaalgroottes weergegeven. Hieruit blijkt dat het overschakelen van mesofiele naar thermofiele slibgisting voor beide schaalgroottes een jaarlijkse besparing oplevert. Wanneer ook de restcapaciteit gebruikt wordt, neemt de besparing toe en wordt de terugverdientijd korter. Het toepassen van thermofiele gisting met thermische slibontsluiting (TSO) zorgt bij beide schaalgroottes voor een toename van de terugverdientijd ten opzichte van thermofiele vergisting zonder TSO, zowel met als zonder benutting van de restcapaciteit.



Afbeelding 2. Jaarlijkse kosten en opbrengsten voor de varianten bij 150.000 i.e.



Afbeelding 3. Jaarlijkse kosten en opbrengsten voor de varianten bij 490.000 i.e.

Tabel 2. Terugverdiëntijd in jaren voor de verschillende varianten bij twee schaalgroottes

schaalgrootte	thermofiel	thermofiel+	TSO/thermofiel+
150.000 i.e.	7,0	5,2	10,1
490.000 i.e.	5,6	3,5	5,8

Uit de warmte- energiebalans blijkt dat in de varianten zonder TSO restwarmte geproduceerd wordt. In de variant met TSO is periodiek extra warmte nodig, uitgaande van een ingaand drogestofgehalte van 7,0 %. Bij verhoging van het ingaande slibgehalte bij TSO daalt de warmte(stoom)behoefte.

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat als de kosten voor elektriciteit en slibafzet stijgen, de terugverdiendtijd voor de thermofiele varianten verder verkort wordt ten opzichte van mesofiele vergisting. Een verbeterde ontwaterbaarheid (alleen bij de varianten zonder TSO) zorgt eveneens voor een positievere businesscase.

### **Conclusies**

De investeringen voor thermofiele gisting verdienen zichzelf in maximaal tien jaar terug door de jaarlijkse besparingen op de slibverwerkingskosten. Dit geldt voor alle thermofiele varianten. Thermofiele gisting met benutting van restcapaciteit komt als interessantste variant uit de businesscase. Wanneer thermofiele slibgisting – bij gelijke verblijftijd – een hogere afbraak of betere ontwaterbaarheid realiseert, is thermofiele slibgisting ook zonder benutting van restcapaciteit interessant. Er moet rekening mee gehouden worden dat er niet altijd voldoende extern slib beschikbaar is om de restcapaciteit maximaal te benutten. Omgekeerd biedt een verhoogde capaciteit van de slibgisting door toepassing van thermofiele gisting mogelijkheden voor uitbreiding van centrale slibverwerking op de betreffende locatie.

Het grootste voordeel van thermische slibontsluiting is de verbeterde ontwaterbaarheid. Er is echter een hoge investering nodig en het proces verbruikt warmte (stoom). Hierbij dient te worden opgemerkt dat in de businesscase is uitgegaan van de rwzi Bath, waar bij de ontwerpcapaciteit sprake is van een sub-optimale uitgangssituatie voor de warmtehuishouding. Bij een hoger gehalte aan drogestof van het ingaande slib is geen extra energie voor stoomproductie nodig.

Op basis van deze businesscase gaat de voorkeur uit naar de variant thermofiel+, maar in de praktijk zal vooral de verbetering van de ontwaterbaarheid nader moeten worden geverifieerd. Dit geeft uiteindelijk de doorslag geven welke variant de voorkeur verdient.

### **Outlook: full scale praktijkonderzoek**

In deze businesscase blijkt dat de ontwaterbaarheid van het slib na vergisting van cruciaal belang is voor de rendabiliteit, omdat de kosten van slibafzet een belangrijk deel uitmaken van de jaarlijkse kosten van slibverwerking. Ook de (hogere) biogasproductie per ton slib bij thermofiele slibgisting bepaalt de economische haalbaarheid van thermofiele slibgisting in Nederland. Als vervolg op de eerdere pilotstudie [10] loopt nu een full-scale praktijkonderzoek op rwzi Bath, ter verificatie van de uitgangspunten van de businesscase (Afbeelding 4).



**Afbeelding 4. De twee slibgistingsreactoren op rwzi Bath (foto Roger Vingerhoeds, Waterschap Brabantse Delta)**

Het praktijkonderzoek op de rwzi Bath wordt gefinancierd door Waterschap Brabantse Delta en de STOWA. Waterschap Brabantse Delta en de firma Colsen b.v. voeren het onderzoek uit. Witteveen+Bos ondersteunt het onderzoek en zorgt voor de vertaling van de resultaten naar de landelijke praktijk, waardoor deze ook interessant worden voor andere waterschappen die overwegen over te schakelen van mesofiele naar thermofiele slibgisting.

Wanneer de resultaten van het praktijkonderzoek de businesscase ondersteunen of zelfs versterken, betekent dit dat slibverwerking door de Nederlandse waterschappen tegen aanzienlijk lagere kosten kan plaatsvinden. Wel dient hierbij de kanttekening geplaatst te worden dat waterschappen in sommige gevallen een samenwerking zijn aangegaan waarin slibeindverwerking wordt uitgevoerd. Wanneer de aanvoer naar de eindverwerking daalt door nieuwe strategieën voor slibbehandeling, zoals thermofiele vergisting, ontstaat overcapaciteit. Als deze niet wordt opgevuld, nemen de verwerkingskosten per ton droge stof toe, waarvan de samenwerkende waterschappen zelf nadeel ondervinden.

#### **Referenties**

1. STOWA (2011). Handboek slibgisting. STOWA rapport 2011-16.
2. Chen Y R & A G Hashimoto (1980). Substrate utilization model for biological treatment systems. *Biotechnology & Bioengineering* 22: 2081-2095.
3. Garber, W.F. (1954). Plant-scale studies of thermophilic digestion at Los Angeles. *Sewage Ind. Wastes*. 26, 1202.
4. Garber, W.F., Ohara, G.T., Colbaugh, J.E., Raksit, S.K. (1975) Thermophilic digestion at the Hyperion treatment plant. *J. Water Pollut. Control Fed.* 47, 5, 951-961.
5. Oles, J., Dichtl, N., Niehoff, H.H. (1997) Full scale experience of two stage thermophilic/mesophilic sludge digestion. *Water Sci. Technol.* 36, 6/7, 449-456.
6. Mittsdorffer, R., Demharter, W. (1990). Zweisufig-thermophile/mesophile Faulung-Betriebsergebnisse. *Abwassertechnik*, 41, 2, p. 32, 34-38.
7. Kaemmerer, T. Beheerder Klaranlage Wilhelmshaven (2011). Email contact, 20-10-2011.
8. Siemers, J.C. Beheerder Klaranlage Steinhof (2011). Email contact, 24-10-2011.
9. Nielsen, B. and Petersen G.. (2000). Thermophilic anaerobic digestion and pasteurization: practical experience from Danish wastewater treatment plant. *Water Science and Technology*, Vol 42 No 9 pp65-72.
10. Wypkema, E., Vingerhoeds, R., Colsen, J. & Smet, D. (2013). Pilotonderzoek thermofiele slibgisting op rwzi Bath: veelbelovende resultaten. Gepubliceerd op <http://www.vakblad20.nl>