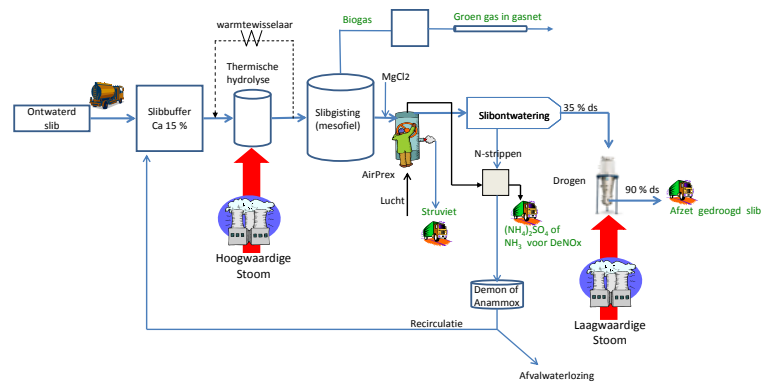


Nieuwe slibeindverwerking, kansen voor slibdroging met restwarmte en slibenergiefabriek



20 april 2011

**Nieuwe slibeindverwerking, kansen
voor slibdroging met restwarmte
en slibenergiefabriek**

Verantwoording

Titel	Nieuwe slibeindverwerking, kansen voor slibdroging met restwarmte en slibenergiefabriek
Opdrachtgever	Waterschap Reest en Wieden
Projectleider	Berend Reitsma
Auteur(s)	Ronnie Berg en Berend Reitsma
Tweede lezer	Piet Tessel
Projectnummer	4748020
Aantal pagina's	58 (exclusief bijlagen)
Datum	20 april 2011
Handtekening	



Colofon

Tauw bv
afdeling Waterbouw
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Managementsamenvatting

Voor het wetterskip Fryslân en de waterschappen Noorderzijlvest, Hunze en Aa's, Velt en Vecht en Reest en Wieden is in opdracht van het waterschap Reest en Wieden een verkenning uitgevoerd naar alternatieve methoden voor slibeindverwerking. Hierbij zijn globaal doorgerekend: slibdroging met restwarmte bij Attero in Wijster en 4 slibenergiefabrieken (SEF), één centrale SEF in Wijster en 3 in de afzonderlijke provincies (bij OMRIN Harlingen, EON Delfzijl en een kleinschalige variant bij Attero Wijster).

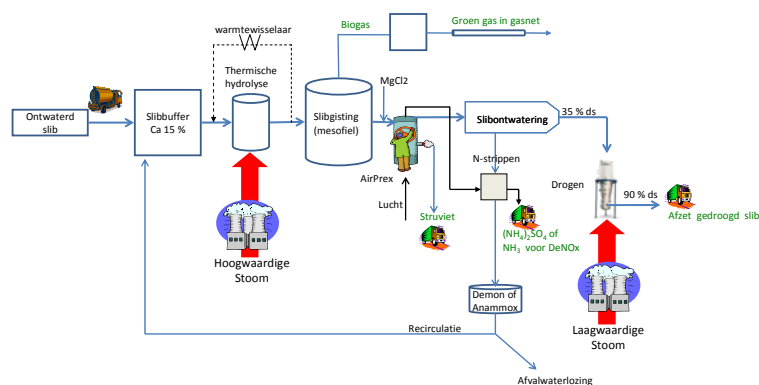
Bij een SEF wordt er voorafgaande aan de droging slib vergist met thermische drukhydrolyse en worden nutriënten N en P teruggewonnen.

Uit de verkenning is naar voren gekomen dat drogen van slib met reststoom van Attero een zeer interessante

verwerkingsmogelijkheid is. Hiermee kan op het huidige verwerkingstarief van 93-100 euro per ton koek circa 37 euro per ton koek worden bespaard. Bij toepassen van een SEF bij Attero voor alle genoemde waterschappen samen is de besparing op het verwerkingstarief circa 10,5 euro/ton koek. Deze besparing kan worden vergroot door voor een grotere schaal te kiezen (bv twee waterschappen er bij). Een provinciale SEF op de genoemde locaties is in ieder geval niet haalbaar.

Verder is globaal de relatie bepaald tussen de verwerkingscapaciteit en de kosten van drogen met restwarmte. Hoewel er al snel financieel voordeel te behalen valt ten opzichte van de huidige situatie, is samenwerken met meer waterschappen noodzakelijk om onder de verwachte marktprijs uit te komen.

Een SEF heeft als voordeel dat er groen gas wordt gevormd dat lokaal kan worden ingezet, of worden getransporteerd of toegepast voor het wagenpark (mede als PR functie). Verder worden de nutriënten N en P teruggewonnen, die als meststoffen kunnen worden hergebruikt. Wel of niet toepassen van een SEF ten opzichte van droging is dus ook een duurzaamheidsvraag. Er zijn mogelijkheden denkbaar dat de slibeindverwerking modulair wordt opgezet, bijvoorbeeld eerst drogen en in een later stadium uitbreiden met voorgeschakelde gisting en nutriëntenterugwinning, indien deze processen door de ontwikkelingen van de laatste jaren verder zijn doorontwikkeld.



Als vervolg op de uitgevoerde verkenning is een Business Case nodig. Hierin kunnen diverse mogelijke varianten worden doorgerekend, kunnen uitgangspunten worden gecheckt door leveranciers en kan feedback worden verkregen via een begeleidingscommissie.

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
1 Inleiding.....	11
2 Uitgangspunten	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Huidige situatie	13
2.3 Huidige slibhoeveelheden en slibverwerkingskosten	14
2.4 Nat slibtransport en kosten.....	15
2.5 Uitgangspunten berekeningen	16
3 Slibenergiefabriek en slibdroging.....	19
3.1 Inleiding	19
3.2 Slibenergiefabriek.....	19
3.3 Slibdroging	20
3.4 Mogelijke SEF Locaties	21
3.5 Beschikbaarheid reststoom	22
3.6 Transportkosten ontwaterd slib naar SEFs/droging	23
4 Schetsontwerpen SEF's	25
4.1 Inleiding	25
4.2 Capaciteit van de installaties.....	25
4.3 Slibbuffer met losplaatsen	25
4.4 Thermische drukhydrolyse	26
4.5 Mesofiele slibgisting	28
4.6 Struvietreactor (AirPrex).....	30
4.7 Slibontwatering.....	31
4.8 Slibdroging	32
4.9 NH ₃ strippen uit rejectiewater en condensaat	33
4.10 Deelstroom(na)behandeling	35
4.11 Restlozing.....	35
5 Schetsontwerp slibdroging met restwarmte	37
5.1 Inleiding	37
5.2 Capaciteit van de installatie.....	37
5.3 Slibbuffer met losplaatsen	37

5.4	Slibdroging met restwarmte.....	38
5.5	NH3 stripper voor condensaatbehandeling	39
5.6	Deelstroombehandeling condensaat en restlozing	40
6	Raming kosten en baten SEF's en slibdroging	43
6.1	Inleiding	43
6.2	Stichtingskosten en jaarlijkse kosten.....	43
6.3	Baten	46
6.4	Overzicht batig saldo.....	47
6.5	Nabeschouwing marktprijs slibtarieven	49
6.6	Fasering droging met reststoom en later voor te schakelen SEF	49
7	Energie en CO2 balans	51
7.1	Inleiding	51
7.2	Energiebalans	51
7.3	Kooldioxidebalans	52
8	Conclusies en aanbevelingen	55
8.1	Conclusies.....	55
8.2	Aanbevelingen.....	55
9	Literatuurlijst	57

Bijlage(n)

1. Presentatie Slibenergiefabriek op 8 maart 2011 (bijgewerkte versie 13 april 2011)
2. Mailwisseling met Attero, Ommen (REC) en EON
3. Kooldioxidebalans
4. Berekening extra slibtransport
5. Bouw-, stichtings- en jaarlijkse kosten

1 Inleiding

De contracten voor de slibeindverwerking van de Noord-Nederlandse waterschappen wetterskip Fryslân, waterschap Noorderzijlvest, waterschap Hunze en Aa's, waterschap Velt en Vecht en waterschap Reest en Wieden lopen over circa 4-7 jaren af. De slibben worden op dit moment op vier locaties ontwaterd en afgevoerd naar vier locaties voor eindverwerking: Swiss Combi Heerenveen en Garmerwolde en GMB Zutphen en Tiel. Er wordt nu nagedacht over de slibeindverwerking voor de toekomst.

De laatste jaren is de aandacht voor energiebesparing en duurzaamheid sterk toegenomen en is er draagvlak ontstaan voor andere manieren van slib verwerken. Het waterschap Reest en Wieden heeft het initiatief genomen om de kansen voor een centrale Slib Energie Fabriek voor Noord Nederland (SEF-Noord NL genoemd) te verkennen. In analogie met de rwzi als energiefabriek worden daarin groen gas en nutriënten teruggewonnen. Het slib wordt vervolgens gedroogd met restwarmte. Als alternatief is alleen drogen met restwarmte meegenomen. Het gedroogde slib kan in beide gevallen als secundaire brandstof worden ingezet.

In deze rapportage worden de resultaten van de verkenning beschreven. In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten beschreven die zijn gebruikt om de verwerkingsconcepten door te rekenen. In hoofdstuk 3 worden de verwerkingsconcepten en potentiële locaties beschreven. In hoofdstuk 4 en 5 worden de schetsontwerpen van de SEF's respectievelijk droging toegelicht. De kostenberekeningen staan in hoofdstuk 6 met de afweging van de energie en CO2 emissies en reducties in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 staan de conclusies en aanbevelingen. In bijlage 1 staat de presentatie die naar aanleiding van het rapport op 8 maart is gehouden op het platform Afvalwater en Energie. Naar aanleiding van reacties en nieuwe inzichten is deze op 13 april bijgewerkt.

2 Uitgangspunten

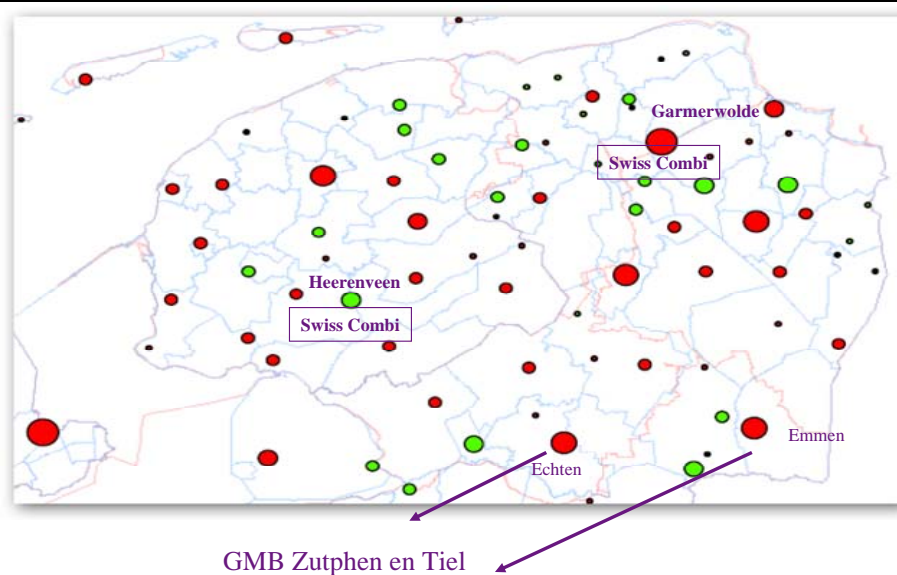
2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten weergegeven die bij de verkenning van de haalbaarheid van de SEF en droging met restwarmte zijn gebruikt.

De huidige situatie als referentiesituatie wordt besproken in paragraaf 2.2, met de huidige slibhoeveelheden en slibverwerkingskosten in paragraaf 2.3. In paragraaf 2.4 wordt het transport en de bijbehorende kosten uitgewerkt. De uitgangspunten die zijn gebruikt bij de berekeningen staan in paragraaf 2.5.

2.2 Huidige situatie

In figuur 2.1 zijn de rwzi's met de slibverwerkingslocaties van de 5 noordelijke waterschappen weergegeven.



Figuur 2.1 Rwzi's en slibverwerkingslocaties van de 5 noordelijke waterschappen

Het waterschap Fryslân brengt het ingedikte slib naar de rwzi Heerenveen, waar het wordt ontwaterd met kamerfilterpersen en gedroogd bij Swiss Combi. Er zijn plannen om de verwerkingslocatie te verplaatsen naar Leeuwarden, maar daarover is nog geen zekerheid. Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat in de toekomst in ieder geval alle slib van het waterschap vergist wordt aangeleverd. De waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's brengen de

ingedikte slibben naar de rwzi Garmerwolde, waar het wordt vergist, ontwaterd met kamerfilterpersen en wordt gedroogd bij Swiss Combi. Waterschap Velt en Vecht vergist en ontwaterd alle slibben met een membraanfilterpers op de rwzi Emmen. Inmiddels is daar een Airprex geïnstalleerd, waardoor het ds gehalte van het ontwaterde slib is toegenomen van 19 naar 22 %. Er is bij de berekeningen uitgegaan van 22 %. Daarna gaat het per as naar GMB in Tiel (circa 50 %) en Zutphen (circa 50 %) om biologisch te worden gedroogd. Reest en Wieden vergist en ontwaterd alle slibben met kamerfilterpersen op de rwzi Echten. Inmiddels heeft er een aanbesteding plaatsgevonden voor uitbreiding van de slibgistingcapaciteit met thermofiele gisting en Airprex. De effecten hiervan op het ds gehalte na ontwatering (verwachte toename tot 27,5 %) zijn in de beschouwing meegenomen. Daarna gaat het per as naar GMB in Tiel (circa 50 %) en Zutphen (circa 50 %) om biologisch te worden gedroogd.

2.3 Huidige slibhoeveelheden en slibverwerkingskosten

In tabel 2.1 zijn de door de waterschappen opgegeven slibhoeveelheden (jaren 2009 -2010) weergegeven. Er is van uitgegaan dat alle door de waterschappen opgegeven hoeveelheden (uiteindelijk) lokaal worden vergist. Deze waarden in tabel 2.1 zijn berekend (met uitzondering van de waarde van het wetterskip, deze zijn door het wetterskip zelf ingeschat).

Tabel 2.1 De opgegeven slibhoeveelheden voor 2009 - 2010 (ton ds/jaar)

Bron	Niet vergist slib	Vergist slib
WS Fryslân	16.455*	13.000
WS Ndzv	5.145	4.065*
WS H&A	7.087	5.599*
WS V&V	6.707	5.299*
WS R&W	6.062	4.789*
Totaal	41.456*	32.752*

* berekende waarden

Deze slibhoeveelheden zijn ook 'toegerekend' aan de verschillende rwzi's die in figuur 2.1 zijn weergegeven, om de verschillen in transportkosten te kunnen berekenen, zie paragraaf 2.4.

In tabel 2.2 zijn de totale slibverwerkingskosten berekend op basis van de (vergiste) slibhoeveelheden per waterschap, de ds percentages na slibontwatering en de prijs per ton slibkoek. De verwerkingskosten zijn exclusief transport van het ingedikte slib naar de ontwateringslocaties maar inclusief transport naar de verwerkingslocaties (Swiss Combi en GMB) en inclusief btw. De huidige totale kosten voor de slibeindverwerking voor de waterschappen in

Noord Nederland voor het deel na de slibontwatering is EUR 12.924.000 per jaar inclusief btw. De gemiddelde prijs per ton slibkoek is dan EUR 12.924.000/132.150 = EUR 98,- per ton koek (inclusief btw).

Tabel 2.2 Vergiste slibhoeveelheden met berekende slibverwerkingskosten (inclusief BTW)

Waterschap	Ton ds/jaar	% ds	Slibkoek ton/jaar	Kosten slibkoek (EUR/ton)	Totale kosten (EUR/jaar)
WS Fryslân	13.000	25,0	52.000	100	5.200.000
WS Ndzv	4.065	25,0	16.258	100	1.626.000
WS H&A	5.599	25,0	22.395	100	2.239.000
WS V&V	5.299	22,0*	24.084	93	2.240.000
WS R&W	4.789	27,5*	17.413	93	1.619.000
Totaal	32.752	24,7	132.150	98**	12.924.000

* na aanpassingen aan de huidige slibverwerking, zie tekst

** mix tarief

2.4 Nat slibtransport en kosten

Omdat voor de slibeindverwerking een aantal verschillende verwerkingslocaties worden bekeken, zijn ook de transportafstanden en -kosten in beeld gebracht. Daarbij is een formule afgeleid, om verschillende varianten 'snel' te kunnen doorrekenen. De constante in deze formule is afgeleid uit de werkelijke transportkosten die bij de waterschappen zijn opgevraagd (uit 2009 of 2010).

$$Y = B * x * c$$

Hierin geldt:

- Y : transportkosten (in EUR/jaar)
- c : te transporteren nat slib per jaar (in ton nat slib of koek/jaar)
- x : af te leggen afstand (km)
- B : constante 0,08755 (EUR/km.ton nat slib of koek)

In tabel 2.3 zijn de hoeveelheden natslib met via de formule berekende transportkosten (intern bij de waterschappen) weergegeven. De totale kosten zijn berekend op circa EUR 2.152.000/jaar exclusief btw.

Tabel 2.3 Hoeveelheden getransporteerd nat slib met bijbehorende kosten (voor 2009 -2010)

Waterschap	Totale transporthoeveelheid [ton nat slib/jaar]	Transportkosten [EUR/jaar]
WS Fryslân	360.834	1.068.116
WS Ndzv	83.035	179.400
WS H&A	181.248	515.636
WS V&V	70.901	162.229
WS R&W	91.806	226.375
Totaal	787.824	2.151.756

De formule is ook gebruikt voor het transport van slibkoek naar de verschillende verwerkingslocaties (zie paragraaf 3.6). De nat slibtransportkosten zijn in eerste instantie gebruikt om varianten met de aanvoer van niet ontwaterd, ingedikt slib te berekenen. Deze varianten zijn uiteindelijk niet nader beschouwd, omdat lokaal zoveel mogelijk moet worden vergist en ontwaterd (wegens beschikbare capaciteit). Bovendien blijkt uit de slibketenstudie II (STOWA 2010 33 [6] dat dit energetisch optimaal is.

2.5 Uitgangspunten berekeningen

Voor het doorrekenen van de verschillende processtappen van de slibenergiefabrieken en de drogingsinstallaties is gebruik gemaakt van diverse kengetallen, die algemeen bekend zijn of verkregen uit literatuur, zie tabel 2.4.

Tabel 2.4 Samenvatting toegepaste kengetallen literatuur

Parameter	eenheid	waarde	Referentie
Gloeirest ingedikt (nat) slib	%	25	
Gloeirest overige slib	%	35	
Gloeirest slib Attero/Noblesse	%	35	
Afbraak ods nat slib in SGT na TDH	%	50	
Afbraak ods ontwaterd slib in SGT na TDH*	%	22	
Biogasproductie nat slib en Attero	m ³ /ton ods	600	
Biogasproductie ontwaterd slib	m ³ /ton ods	450	
P-release van bio-P slib	% per hoeveelheid bio-P slib ds	1	
P- release van afgebroken slib	% per hoeveelheid afgebroken ds	1,5	
N-release	% per afgebroken ds	12	
Droge stofgehalte na ontwateren	%	35	

Kenmerk R002-4748020BWP-jmb-V01-NL

Parameter	eenheid	waarde	Referentie
Droge stofgehalte na drogen	%	90	[3]
Temperatuur slibbuffer	C	15	
Temperatuur stoom	C	200	
Benodigde energie voor verdamping water	GJ/ton	2,06	[3]
Doseerverhouding Mg:P	Mol/mol	1,2	[1]
P rendement AirPrex	%	95	[1]
Beluchting Airprex	Nm ³ /h.kg MAP	29,4	[1]
Hoeveelheid (NH ₄) ₂ SO ₄ per ton N	ton ds/ton N	4,70	[2] [5]
Stikstofrendement Demon	%	85	[4]
Beluchting Demon	kWh/kg N verwijderd	1,16	[4]
Energie-inhoud 7,5 bar stoom Attero (200 C)	GJ/ton	2,3	Bijlage 2
Energie-inhoud 2,2 bar stoom Attero (120 C)	GJ/ton	2,3	Bijlage 2
Soortelijke warmte slib (water)	J/kg.K	4.186	
Stroomverbruik drooginstallatie	kWh/kg verdampt water	0,12	
Concentratie N in ontwaterd slib	mg/l	1.000	
Concentratie P in ontwaterd slib	mg/l	300	

* Secundair slib rwzi Elburg, 28 % afbraak. Cambi gaat tot 50-65 %. Er is gekozen voor 50-28=22 %. Dat is een voorzichtige schatting

In neerslag 2001-2 is de stookwaarde van diverse slibben bepaald. De stookwaarde is rechtevenredig met het gehalte aan organische stof. De stookwaarde per ton ds varieert van 5 - 16 GJ en de stookwaarde per ton organische stof is 25 GJ. Deze laatste waarde is gehanteerd om de energie-inhoud van het gedroogde slib te bepalen. Ter vergelijking staat in tabel 2.5 de verbrandingswaarde van een aantal fossiele brandstoffen.

Tabel 2.5 Verbrandingswaarde fossiele brandstoffen

Omschrijving	Stookwaarde
Bruinkool	20 GJ/ton
Steenkool	29 GJ/ton
Zware stookolie	41 GJ/ton
Aardgas (Gronings)	31,65 MJ/Nm ³

De stookwaarde van slib is ook als volgt te berekenen:

$$H_{\text{slib}} = (\text{org}\% * H_{\text{org}}) * \text{ds}\% - H_{\text{verdamp. water}} * (1 - \text{ds}\%)$$

Met:

H_{slib}	= stookwaarde in MJ per kg slibmateriaal
H_{org}	= 21.318 MJ/kg org.
org%	= organisch gehalte in droge stof
ds%	= droge stof gehalte van het slib (materiaal)
$H_{\text{verdamp. water}}$	= 2.258 MJ/kg (verdampingswarmte van water)

Voor het aandeel rwzi's met bio-P slib is gebruik gemaakt van het Stowa rapport 'Fosfor terugwinning uit ijzerarm slib van rioolwaterzuiveringsinrichtingen' (rapportnummer 2007-31). Per waterschap is het aandeel bio-P slib bepaald, zie tabel 2.6. Op basis hiervan is ingeschat hoeveel P er bij de SEF vrijkomt.

Tabel 2.6 aandeel bio-P slib

Omschrijving	Aandeel bio-P slib
Wetterskip Fryslân	17 %
WS NDZV en H&A	24 %
WS V&V en R&W	33 %

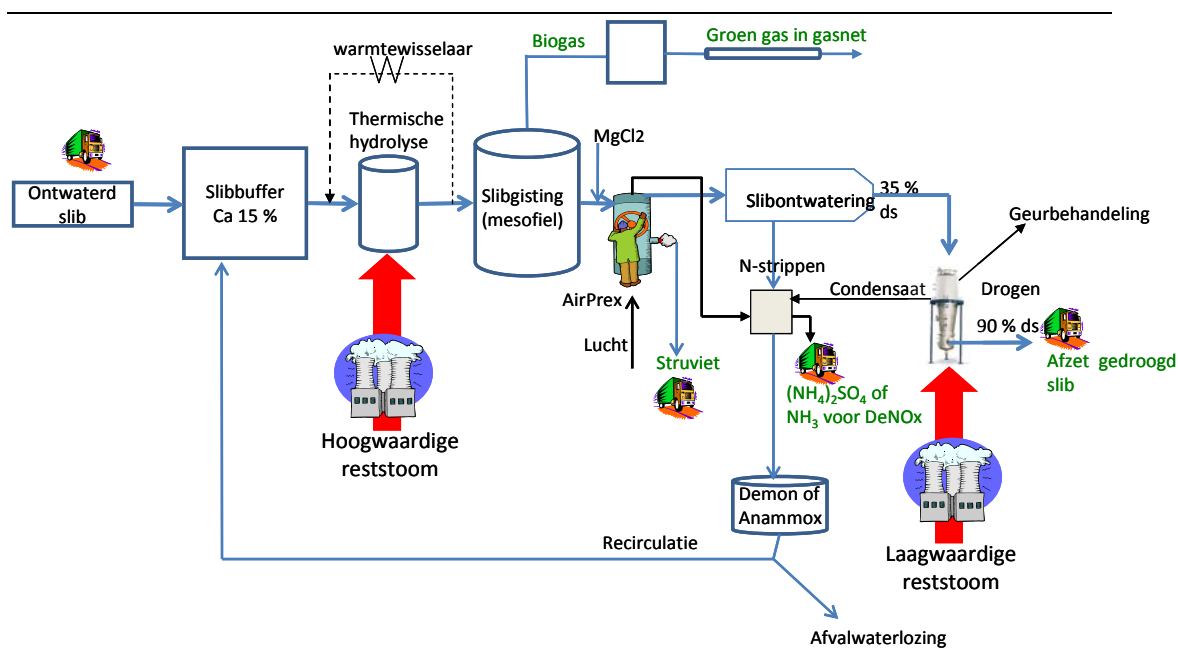
3 Slibenergiefabriek en slibdroging

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de principes van de slibenergiefabriek en slibdroging met restwarmte toegelicht. Ook worden mogelijke locaties voor de slibenergiefabrieken (en één locatie voor droging met restwarmte) in Noord Nederland beschreven.

3.2 Slibenergiefabriek

Een principeschema van de SEF is weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Schematische weergave van de SEF

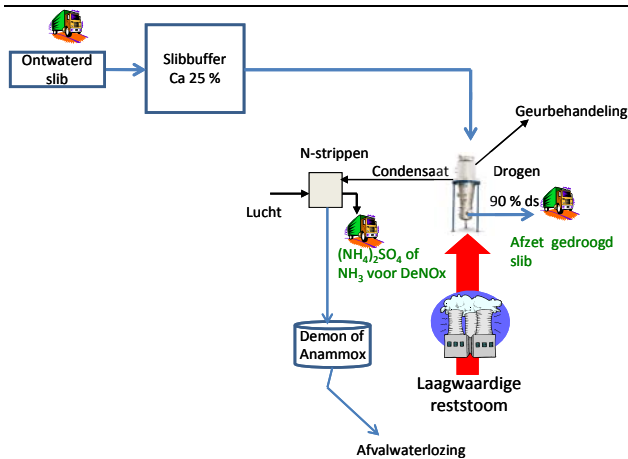
De ontwaterde slibben worden eerst verzameld in een slibbuffertank. De slibben moeten daarin geresuspendeerd worden tot 15 % ds. Dit wordt gerealiseerd door een deel van het vrijkomende behandelde slibwater te recirculeren. Vervolgens vindt TDH (Thermische Druk Hydrolyse) plaats, volgens het principe van Cambi (8 bar en 180 °C). Deze werkt tot een drogestofgehalte van 15 %. De opwarming geschiedt met hoogwaardige reststoom. Met behulp van een warmtewisselaar wordt zoveel mogelijk warmte gerecupereerd. Door deze behandeling wordt een moeilijk afbreekbare fractie van het slib ontsloten. Na deze stap volgt een conventionele mesofiele gisting.

Hierin wordt het gehydrolyseerde slib verder vergist. De organische fracties worden verder afgebroken en er vindt biogasvorming plaats. Het biogas wordt opgewerkt in een HUB tot groen gas en afgezet. Vanuit het uitgegiste slib wordt vervolgens struviet teruggewonnen door toepassing van de Airprex technologie (info afkomstig van PCS Pollution Control Service GmbH). Na de behandeling van het slib in de Airprex-reactor wordt het slib ontwaterd met een slibontwateringsinstallatie (type nog nader vast te stellen). Door de TDH en Airprex wordt een zeer effectieve ontwatering verwacht (tot 35 %). Het ontwaterde slib wordt vervolgens met restwarmte gedroogd en kan vervolgens afgezet worden als biobrandstof. Bij deze verkenning is uitgegaan van transport naar de ENCI in Maastricht.

Het vrijkomende slibrejectiewater bevat relatief hoge concentraties stikstof. Samen met het stikstofrijke condensaat kan hieruit via een stripper $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ worden teruggewonnen. Het restant van de stikstof wordt omgezet in een Demon- of Anammoxreactor via de Anammoxroute. Een deel van het slibrejectiewater wordt gerecirculeerd naar de resuspensiebuffer. Het overige slibrejectiewater moet op het riool worden geloosd.

3.3 Slibdroging

De slibdroging met restwarmte is in figuur 3.2 schematisch weergegeven.

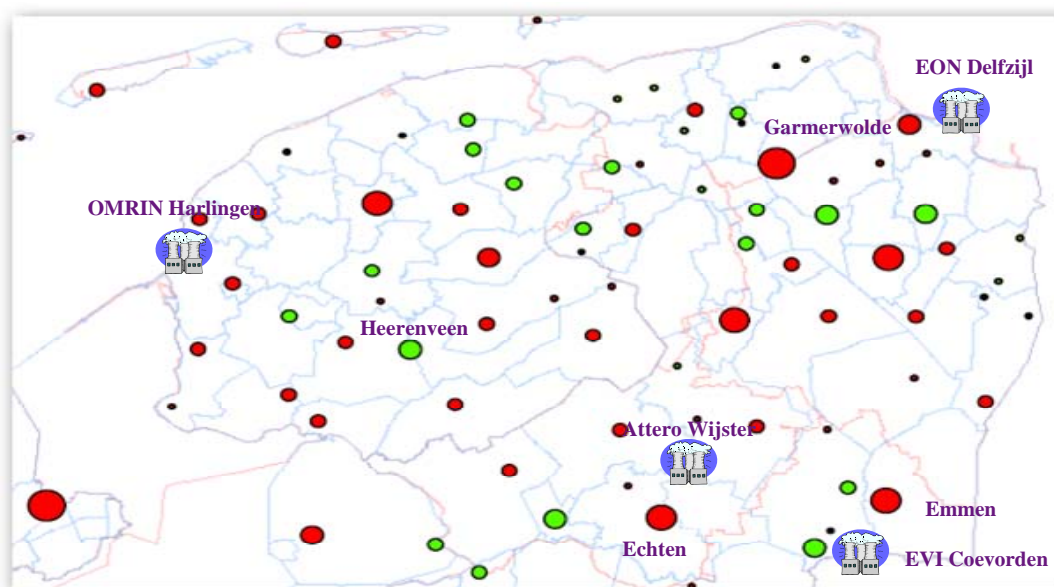


Figuur 3.2 Schematische weergave van de slibdroging met restwarmte

De ontwaterde slibben van de verschillende waterschappen worden eerst ingebracht in een slibbuffer. Van hieruit wordt de slibdroger gevoed. De ontwaterde slibben worden met laagwaardige reststoom gedroogd. Het eindproduct kan vervolgens afgezet worden als biobrandstof. Bij deze verkenning is uitgegaan van transport naar de ENCI in Maastricht. Het stikstof in het condensaat (vrijkomend uit de slibdroger) wordt eerst als nuttig restproduct omgezet in een lucht/stoom stripper, het restant wordt omgezet in een Demon- of Anammoxreactor via de Anammoxroute. Het behandelde water wordt als afvalwater op de dichtstbijzijnde rioolwaterzuivering geloosd.

3.4 Mogelijke SEF Locaties

Per provincie zijn plaatsen gezocht waar een SEF of droging zou kunnen worden opgericht. Voorwaarden zijn de beschikbaarheid van restwarmte en een mogelijke afzet van groen gas. In figuur 3.3 zijn mogelijke SEF locaties weergegeven.



Figuur 3.3 Mogelijke SEF locaties

Voor Wetterskip Fryslân en provincie Friesland is contact gelegd met de OMRIN met de ReststoffenEnergieCentrale (REC) in Harlingen en Ecopark de Wierde in Oudehaske (contactpersoon: Aucke Bergsma). Als locatie voor de reisafstanden is gekozen voor Harlingen (SEF Fryslân).

Voor de provincie Groningen met de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's is gekeken naar Eemshaven en Delfzijl (SEF Groningen). De RWE en Nuon in Eemshaven hebben (op dit moment) geen interesse/mogelijkheden en EON in Delfzijl is wel een geschikte locatie. Ze kunnen droogenergie leveren voor de slibdroging. Daarbij komt ook nog eens dat ze slib kunnen en mogen bijstoken.

Voor de provincie Drenthe met de waterschappen Velt en Vecht en Reest en Wieden is de locatie Attero Wijster de voorkeurslocatie (SEF Drenthe). Contactpersoon: Hans Woelders. Als alternatief is nog gekeken naar de EVI in Coevorden. Zij hebben een huisvuilverbranding en ontwateren en drogen slib van twee Duitse rwzi's. Zij hebben hoogwaardige stoom beschikbaar. Contactpersoon: Eric Pot. Voor het doorrekenen van het transport naar en van deze SEF is in rapport uitgegaan van Attero Wijster.

Attero Wijster is op dit moment met het ETP (Energie Transitie Park) het meeste voorbereid op uitwisselen van reststoom. Om die reden is ook een variant waarbij alle slib van de noordelijke waterschappen op die locatie centraal wordt verwerkt doorgerekend. In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de doorgerekende SEF's en slibdroging.

Tabel 3.1 Doorgerekende SEF's en slibdroging

Provincie	Locatie
SEF Friesland	OMRIN-Harlingen
SEF Groningen	EON-Delfzijl
SEF Drenthe	Attero-Wijster
SEF Noord-Nederland	Attero-Wijster
Droging Noord-Nederland	Attero-Wijster

Attero heeft zelf ook biologische slibben van hun percolaatzuivering en van de zuivering van het Noblesse afvalwater. Deze kunnen ook meebehandeld worden. Om de invloed van de SEF op de slibverwerkingstarieven helder te houden, zijn deze hoeveelheden (ontwaterd slib van 330 ton ds/jaar met een gehalte van 20 % ds) op dit moment buiten beschouwing gelaten.

3.5 Beschikbaarheid reststoom

De afvalverbrander van EON hanteert op dit moment een kostprijs die samenhangt met de gasprijs. Op dit moment ligt de gasprijs op circa 0,71 EUR/Nm³. Voor de levering van stoom, is een prijs aangehouden van 0,65 EUR/Nm³. Om deze prijs te vergelijken met de kosten per ton stoom zijn de kosten per m³ gas omgerekend naar de kosten per ton stoom. De energie-inhoud van één m³ (Gronings) aardgas is 32 MJ/Nm³. De energie-inhoud van een ton stoom is 2.300

MJ/ton. Dit betekent dat per ton stoom circa 72 Nm³ aardgas moet worden verbrand ($2.300 / 32 = 71,875 \text{ Nm}^3/\text{ton}$). De kosten per ton stoom zijn dan circa EUR 47 /ton ($72 * 0,65 = 46,8$).

De REC te Harlingen heeft op dit moment wel warmte beschikbaar (15 MW = 473.000 GJ/jaar), maar heeft geen stoomprijs kunnen afgeven. In deze verkennende studie is daarom ook gekozen voor de gasprijs: 47 EUR/ton.

Attero hanteert een prijs van 20,5 EUR/ton hoogwaardige stoom (kosten demiwater en derving elektriciteit) en 5 EUR/ton laagwaardige stoom (alleen derving elektriciteit). De EVI heeft een kostprijs afgegeven van EUR 25,- per ton hoogwaardige stoom. Zij hebben nog geen laagwaardige stoom, maar oriënteren zich daar wel op. Zie tabel 3.2 voor een overzicht.

Tabel 3.2 Kosten reststoom (exclusief BTW)

SEF	Hoogwaardige stoom	Laagwaardige stoom
Friesland (OMRIN-Harlingen)	47 EUR/ton	47 EUR/ton
Groningen (EON-Delfzijl)	47 EUR/ton	47 EUR/ton
Drenthe(Attero-Wijster)	20,5 EUR/ton	5 EUR/ton

Nadere info heeft opgeleverd dat de gasprijzen voor OMRIN en EON hoger zijn ingeschat dan waarschijnlijk is voor grote afnemers. In overeenstemming met de slibketenstudie II is een prijs van 30-35 ct per Nm³ waarschijnlijker. De berekeningen zijn uitgevoerd met de 'hoge' gasprijs. Op een aantal plaatsen in het rapport is het effect op de kosten van een lagere gasprijs aangegeven. Dat wordt dan expliciet vermeld (prijs wordt dan circa 25 EUR/ton).

3.6 Transportkosten ontwaterd slib naar SEFs/droging

Tabel 3.3 presenteert de transportafstanden en -kosten voor de transporten van de slibontwateringsinstallaties Heerenveen, Garmerwolde, Emmen en Echten naar de SEF's/droger. Deze kosten moeten bij het vaststellen van de haalbaarheid in de beschouwing worden meegenomen.

Tabel 3.3 Transportafstanden en -kosten ontwaterd slib naar de SEF's /droging

Omschrijving	Ontwaterd slib (ton ds/jaar en %)	Totaal (ton /jaar)	Transportafstand (km)	Transportkosten slibben ex BTW (EUR/jaar)
SEF Friesland	13.000 (25% ds)	52.000	56,8	258.588
SEF Groningen	9.663 (25% ds)	38.653	25,8	87.309
SEF Drenthe	10.087 (24,3% ds)	41.497	27,3	99.432
Totaal provinciale SEF's	32.750 (24,7% ds)	132.150	38,5	445.329
SEF Noord-NL	32.750 (24,7% ds)	132.150	53,9	623.302
Slibdroging Noord-NL	32.750 (24,7% ds)	132.150	53,9	623.302

Het transport van de ontwaterde slibben naar de centrale SEF's bij Attero Wijster levert een toename van transportkosten op van circa EUR 625.000 exclusief btw ten opzichte van de huidige verwerkingskosten. De totale transportkosten bij provinciale SEF's zijn lager: EUR 450.000. Het verschil in transportkosten bedragen circa EUR 180.000 in het voordeel van de provinciale SEF's.

4 Schetsontwerpen SEF's

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de schetsontwerpen van de SEF's beschreven. Hierbij worden de kengetallen uit hoofdstuk 2 gebruikt. Verder is van Cambi en Airprex leveranciers informatie (PCS GmbH) opgevraagd. Overige kosten zijn gehaald uit bestaande projecten/offerten en 'geschaald' met de 'wortelregel'. Voor de droging met toebehoren zijn 'op de valreep' nog prijzen uit de Slibketenstudie II [6] gebruikt.

4.2 Capaciteit van de installaties

Tabel 4.1 presenteert de totaal aangevoerde slibkoek voor de provinciale en centrale SEF('s). De precieze ontwerpcapaciteiten met betrekking tot downtime, reservestelling, et cetera moeten nog worden vastgesteld (later uit te werken in een eventuele Business Case).

Tabel 4.1 Capaciteit van de installaties

Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Slib (ton ds/jaar)	32.750	13.000	9.663	10.087
Slibgehalte (% ds)	24,7	25,0	25,0	24,3
Slibkoek (ton/jaar)	132.150	52.000	38.653	41.497
Capaciteit (ton/h)	15	6	4,5	4,7

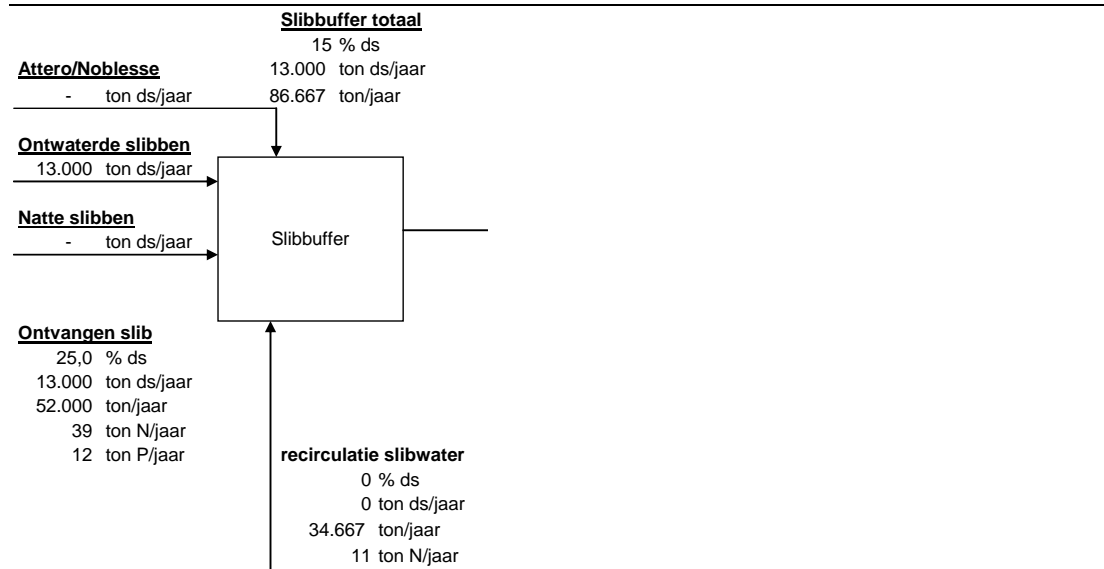
4.3 Slibbuffer met losplaatsen

De slibben worden opgevangen in een resuspendeerbuffer. Er zijn circa 1-2 losplaatsen nodig.

Het Cambi proces werkt tot 15 % ds. Het ontwaterde slib moet dus geresuspendeerd worden. Dat kan gebeuren door:

- Aangevoerde natte externe slibben uit de markt
- Afvalwater van het MERA terrein of nabij gelegen bebouwing of bedrijven
- In overleg met de deelnemers aan te voeren natte slibben
- De reststroom van de te bouwen slibenergiefabriek

In deze verkenning wordt uitgegaan van de laatste optie: recirculatie van slibrejectiewater. In een later stadium kunnen andere keuzes gemaakt worden (dat beïnvloedt de haalbaarheid maar beperkt). In Figuur 4.1 is als voorbeeld de balans van de slibbuffer van SEF Friesland schematisch weergegeven. Voor de capaciteit van de slibbuffer wordt uitgegaan van een overbruggingsperiode van 4 dagen.



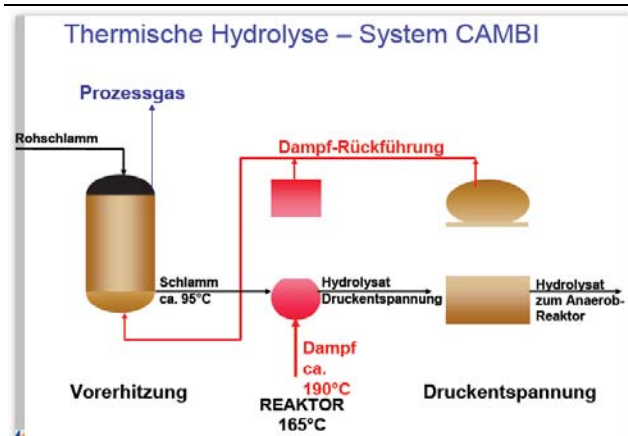
Figuur 4.1 Ontvang slibbuffer (SEF Friesland)

4.4 Thermische drukhydrolyse

Voor deze verkenning wordt uitgegaan van de Thermische Druk Hydrolyse van Cambi, zie figuur 4.2. Deze vorm van drukhydrolyse heeft de meeste referenties. Het proces werkt discontinu. Continue TDH (die Cambi ook levert, maar waar anno 2011 Sustec mee aan de weg timmert (met Turbotec)) is volgens de leverancier wel goedkoper, maar vooral geschikt voor kleinere installaties en lagere ds gehalten. Het discontinue karakter van Cambi zou door de grotere drukverschillen een betere destructie opleveren. Indien een Business Case wordt doorgerekend, zouden de alternatieven voor TDH nader bekeken kunnen/moeten worden.

Cambi omvat een „pulper’ of voorverwarmingsreactor, een hydrolysereactor en een flash tank. De hydrolyse wordt in batch uitgevoerd, maar het proces kan continu doorlopen door parallele schakeling van hydrolysereactoren. Afhankelijk van de gewenste capaciteit wordt het aantal hydrolysereactoren aangepast. Met één pulper en flashtank kunnen 1 tot 5 hydrolysereactoren worden gecombineerd. Het Cambi-proces is in Figuur 4.2 schematisch weergegeven.

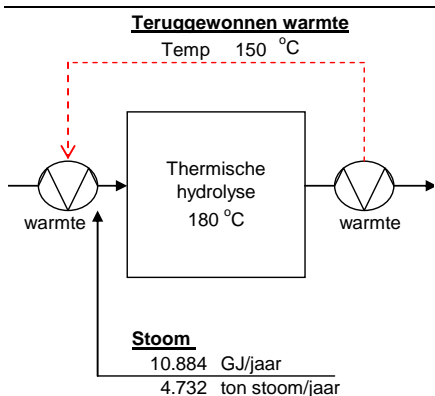
Voor Cambi is ‘hoogwaardige stoom’ nodig van circa 200 C.



Figuur 4.2 Schematische weergave werkingsprincipe CAMBI

Om zo min mogelijk energie (als stoom) in te brengen, moet het ingaand drogestofgehalte relatief hoog liggen. Voorwaarde van de hoogte van het drogestofgehalte is dat het slib wel verpompbaar moet zijn. Voor de verkenning is uitgegaan van een ingaand drogestof van 15 %. Volgens Cambi kan het systeem in principe met slibben van 14-18 % werken.

De volumestroom wordt opgewarmd door de teruggewonnen warmte van de uitgaande stroom van de thermische hydrolyse. Door terugwinning van de warmte kan de ingaande stroom van de thermische hydrolyse worden opgewarmd tot 150 °C. Met behulp van hoogwaardige stoom moet deze stroom verder worden opgewarmd. Figuur 4.3 presenteert de benodigde hoeveelheid stoom per jaar voor SEF Friesland.



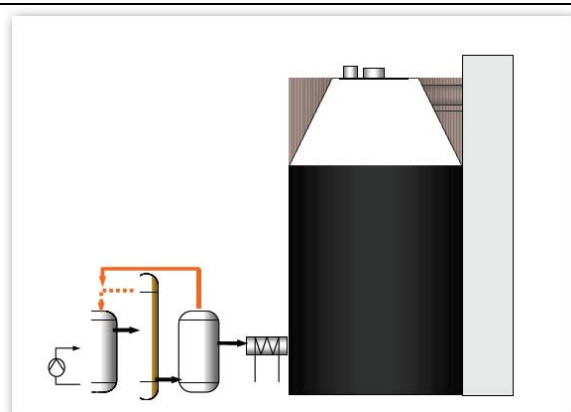
Figuur 4.3 Benodigde hoeveelheid stoom (SEF Friesland)

Tabel 4.2 Samenvatting van berekeningsuitkomsten Cambi

Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe*
Benodigde stoom (GJ/jaar)	27.695	10.884	8.090	8.721

4.5 Mesofiele slibgisting

In figuur 4.4 is de slibgisting na Cambi schematisch weergegeven. Bij toepassen van mesofiele slibgisting mag het gehydrolyseerde slib verder afkoelen dan bij thermofiele gisting (aanname koeling minimaal tot 45 °C). Door de grotere afkoeling is er minder hoogwaardige stoom benodigd (meerwaarde thermofiele gisting na TDH lijkt beperkt).



Figuur 4.4 Schematische weergave slibgistingstank met voorgeschakeld Cambi-proces

Tabel 4.3 presenteert de uitkomsten van het schetsontwerp van Cambi en de slibgisting. De biogasproductie is voorzichtig ingeschat en ligt voor de lokale SEF's in de range van 600.000 tot en met 850.000 m³/jaar. Voor de centrale SEF ligt de jaarlijkse biogasproductie op circa 2.200.000 m³/jaar.

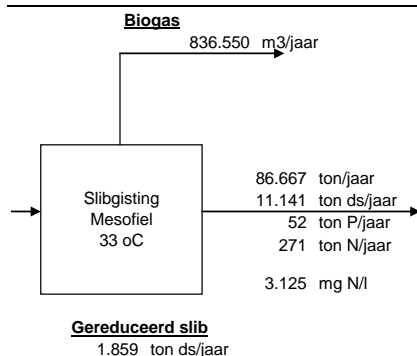
Het uitgaande slib heeft een drogestofpercentage van ongeveer 13 %. Door de afbraak van (organische)drogestof neemt de stikstof- en fosfaatvrucht toe. De stikstofgehalten in de afvoer slibgistingstank liggen in de range van 3.100 – 3.300 mg/l. Die waarden liggen in dezelfde range als door Ewert (PCS) [1] is aangegeven.

Kenmerk R002-4748020BWP-jmb-V01-NL

Tabel 4.3 Schetsontwerp Cambi en gisting

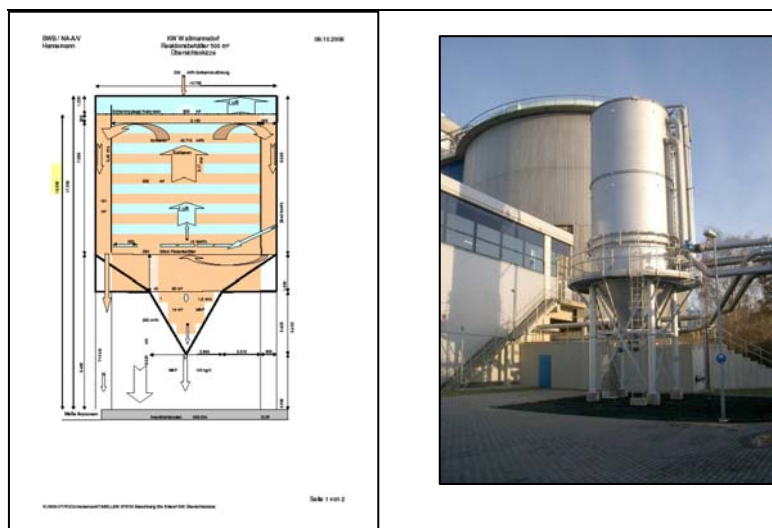
Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Aanvoer				
Slib (ton ds/jaar)	32.750	13.000	8.281	10.087
Slibgehalte (% ds)	15	15	15	15
Slibkoek (ton/jaar)	218.333	86.667	64.422	67.247
P in koek (ton P/jaar)	10	2	2	3
N in koek (ton N/jaar)	101	39	29	33
Afgebroken slib				
Slib (ton ds/jaar)	4.807	1.859	1.382	1.566
Gasproductie				
Biogas (m ³ /jaar)	2.181.738	836.550	621.832	723.356
Methaan (m ³ /jaar)	1.418.130	543.758	404.191	476.031
Afvoer				
Slib (ton ds/jaar)	27.943	11.141	8.281	8.521
Slibkoek (ton/jaar)	218.333	86.667	64.422	67.247
Slibgehalte (% ds)	12,8	12,9	12,9	12,7
P in koek (ton P/jaar)	191	52	46	60
N in koek (ton N/jaar)	699	271	201	227

In figuur 4.5 wordt de balans van SEF Friesland over de slibgisting weergegeven.


Figuur 4.5 Balans van slibgisting (SEF Friesland)

4.6 Struvietreactor (AirPrex)

De AirPrex technologie is een methode voor de precipitatie van struviet uit vergist slib. De reactor is tussen de vergistingstank en de slibontwateringsinstallatie geschakeld. In de struvietreactoren wordt lucht in het vergiste slib geblazen. De struvietkristallisatie vindt plaats door toevoeging van een magnesiumchloride oplossing. Door de kristallisatie wordt de scaling bij de slibontwatering voorkomen en verloopt de ontwatering beter (circa 3 % extra ds gehalte). In figuur 4.6 is de struvietreactor volgens het principe van Airprex (PCS GmbH) weergegeven.



Figuur 4.6 AirPrex reactor

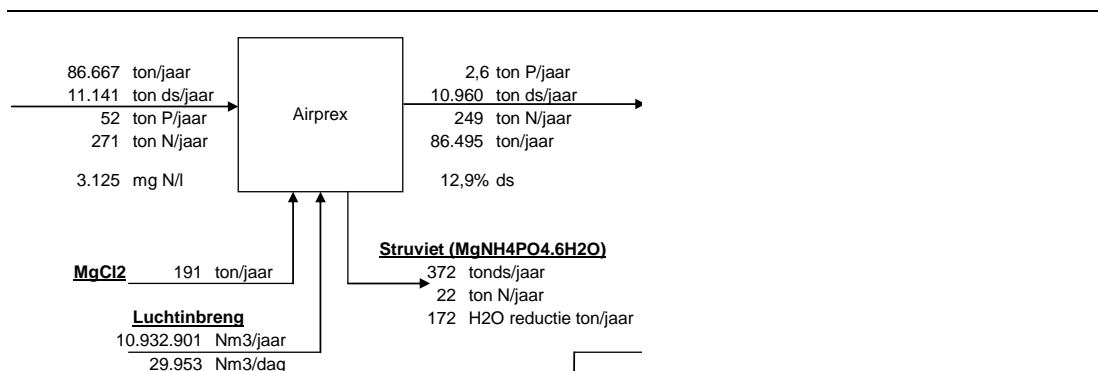
Tabel 4.4 presenteert de resultaten van de berekeningen. In figuur 4.7 wordt de balans rondom de AirPrex-reactor van SEF Friesland als voorbeeld weergegeven. De opbrengst in Duitsland van struviet is circa EUR 75 per ton. In Nederland mag dit nog niet als meststof worden toegepast. Er lopen wel diverse initiatieven om de wetgeving te veranderen. Vooral nog wordt rekening gehouden met een opbrengst van EUR 50 per ton struviet.

Tabel 4.4 Samenvatting van berekeningsuitkomsten AirPrex-reactor

Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Aanvoer				
P in slib (ton P/jaar)	191	52	46	60
N in slib (ton N/jaar)	699	271	201	227

Kenmerk R002-4748020BWP-jmb-V01-NL

Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Toevoeging				
MgCl ₂ (ton/jaar)	704	191	169	222
Lucht (Nm ³ /dag)	110.275	29.953	26.514	34.803
Afvoer				
P in slib (ton P/jaar)	10	2,6	2,3	3,0
N in slib (ton N/jaar)	617	249	181	201
Productie struviet				
Struviet (ton ds/jaar)	1.369	372	329	432


Figuur 4.7 Balans AirPrex-reactor (SEF Friesland)

4.7 Slibontwatering

Na toepassing van TDH, gisting en AirPrex zijn de ontwateringseigenschappen sterk verbeterd. Het drogestofgehalte na de ontwatering is voor alleen TDH en gisting groter dan 30 % (diverse leveranciers van ontwateringsapparatuur geven reeds deze garanties na positieve ervaringen met Cambi slib). Omdat struvietvorming ook een positief effect heeft op de ontwaterbaarheid van het slib, is in deze verkenning na ontwatering uitgegaan van een drogestofpercentage van 35 %. Het type slibontwatering is nog niet gekozen.

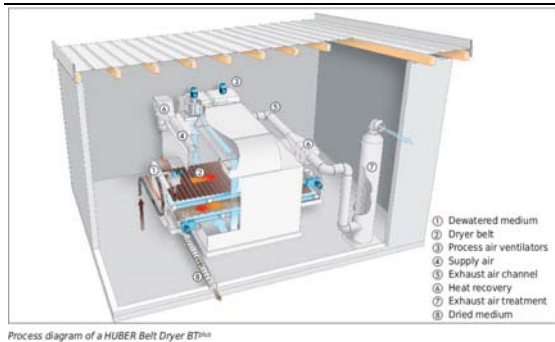
Voor de provinciale SEF's ligt de capaciteit van de ontwateringsinstallatie in de range van 7 tot 10 m³/h, circa 900 tot 1.250 kg ds/h. Er is voor de kosten rekening gehouden met pe dosering.

Tabel 4.5 Samenvatting van berekeningsuitkomsten slibontwatering

Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Aanvoer				
Slib (ton ds/jaar)	27.608	10.960	8.121	8.641
Slibkoek (ton/jaar)	219.903	86.495	64.270	69.248
Afvoer				
Slib (ton ds/jaar)	27.608	10.960	8.121	8.641
Slibkoek (ton/jaar)	78.880	31.315	23.204	24.688

4.8 Slibdroging

Voor deze verkenning is uitgegaan van een Huber banddroger, zie figuur 4.8. In een nadere uitwerking als Business Case moet het type droging (en het aantal banden en units en dergelijke) nog worden vastgesteld.

**Figuur 4.8 Voorbeeld van een Huber banddroger**

Bij slibdroging is de ervaring dat ontwaterd slib moeilijk gedroogd kan worden omdat tijdens de droging een zogenaamde kleeffase (tussen 40 % en 50 % droge stof) wordt doorlopen. Het slib is dan erg stug en moeilijk mengbaar. In de droogtechniek wordt deze toestand van het slib vermeden door een terugmenging van reeds gedroogd slib met inkomend ontwaterd slib toe te passen. In de menger ontstaan hierbij harde, reeds gedroogde slibkernen bekleed met een vochtige omhullende laag, die meer efficiënt te drogen zijn. De mengverhouding gedroogd / niet gedroogd slib varieert tussen 0,25 voor slib met een drogestofgehalte van 40 % en 0,75 voor slib met een gehalte van 20 %. Het is dus van belang om een zo hoog mogelijk drogestofgehalte na te streven. De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in tabel 4.6.

Tabel 4.6 Samenvatting van berekeningsuitkomsten slibdrogingsinstallatie

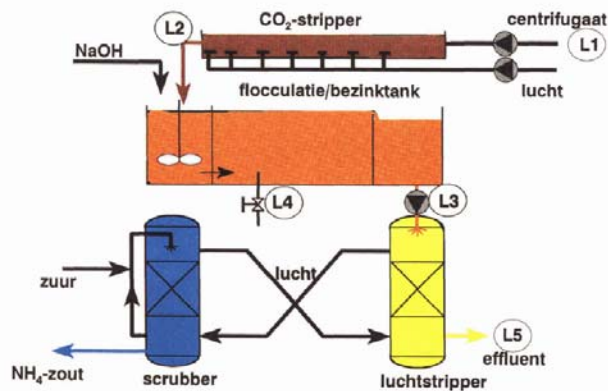
Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Aanvoer				
Slib (ton ds/jaar)	27.608	10.960	8.121	8.641
Slibkoek (ton/jaar)	78.880	31.315	23.204	24.688
Afvoer				
Slib (ton ds/jaar)	27.608	10.960	8.121	8.641
Slib (ton ODS/jaar)	16.030	6.410	4.739	4.995
Slibkoek (ton/jaar)	30.675	12.178	9.024	9.601
Energie				
Stoom (GJ/jaar)	99.301	39.422	29.211	31.080

Het gedroogde slib heeft een drogestofgehalte van circa 90-95 %. Vanwege het hoge drogestofgehalte is de stookwaarde van het gedroogde slib hoog en is het in principe een geschikte brandstof.

Voor de kosten van de droger en de condensaat- en luchtbehandeling is niet uitgegaan van de kosten van Huber, maar van de kosten in de slibketenstudie II [6]. De kosten van condensaat- en luchtbehandeling zaten daarin verwerkt. In de eventuele Business Case moet dit verder worden uitgezocht.

4.9 NH₃ strippen uit rejectiewater en condensaat

Het rejectiewater van de slibontwatering en het condensaat van de droging bevatten veel stikstof en kunnen in een ammoniakstripper worden behandeld, zie figuur 4.9. Door lucht in contact te brengen met het ammoniakrijke water wordt het ammoniak in de luchtfase gebracht. Indien het ammoniakrijke water in onvoldoende mate alkalisch is, moet er kalk of natronloog toegevoegd worden. Het stripgas uit de kolom is rijk aan ammoniak. Afhankelijk van het stripgas, lucht of stoom, wordt de ammoniak hieruit verwijderd door adsorptie in zure vloeistof of door condensatie. Bij luchtstripping ontstaat een ammonium-zoutoplossing als eindproduct. De lucht waaruit de ammoniak door absorptie is verwijderd kan gerecirculeerd worden over de striptoren. Bij stoomstripping wordt het ammoniak uit het slibrejectiewater gestript en resteert, na terugkoeling, een geconcentreerde ammoniakhoudende stroom. Deze stroom kunnen we vervolgens inzetten bij de afgassen van de afvalverbrandingsinstallatie. Hiermee kan de afvalverbrandingsinstallatie de NO_x-emissie reduceren. Hoewel dit een interessante optie is, is dit nog niet uitgezocht. In een Business Case kan dit nader bekeken worden.



Figuur 4.9 NH₃ stripper

Het geproduceerde $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kan in principe als meststof worden afgezet (energetische restwaarde gereduceerde stikstof). Voor de mogelijke opbrengsten van de afzet van $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ als meststof is contact opgenomen met GMB (Bart Wickerink). Deze stroom is bij GMB een reststroom van de luchtbehandeling en de recent in gebruik genomen Saniphos. GMB zet 40 % w/w oplossing met neutrale pH af (85 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ /ton product). Het wordt door boeren in natte vorm op het land gebracht. De prijs wordt bepaald door de stikstofprijs van kunstmest. Er zijn perioden geweest dat het geld opleverde, maar ook dat het geld kostte. Op dit moment is de afzet kostenneuraal. Het materiaal is niet heel populair omdat het alleen N bevat en geen P en K (er moet dus vaker gereden worden). Voor deze verkenning wordt vooralsnog geen rekening gehouden met een opbrengst. In de business case moet de afweging worden gemaakt of N-terugwinnen met strippen kostentechnisch wel aantrekkelijk is.

Tabel 4.7 Samenvatting van berekeningsuitkomsten NH₃-stripper (rejectiewater en condensaat)

Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Aanvoer				
Stikstofwater (ton/jaar)	189.227	74.317	55.246	59.647
Stikstof (ton N/jaar)	617	248	181	201
Afvoer				
Stikstof (ton N/jaar)	309	125	91	101

Kenmerk R002-4748020BWP-jmb-V01-NL

Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Productie				
Product (NH ₄) ₂ SO ₄	2.898	1.168	853	947

4.10 Deelstroom(na)behandeling

Het vrijkomende water uit de ammoniakstripper bevat nog steeds relatief hoge concentraties stikstof. Deze kunnen in een DEMON- of Anammoxreactor worden verwijderd. In deze verkenning is de DEMON reactor verder uitgewerkt.

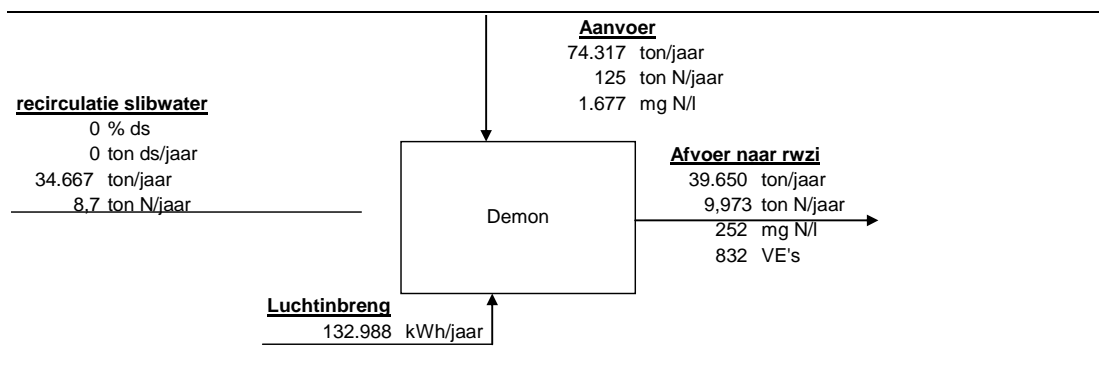
Doordat de DEMON-reactor op een laag zuurstofsetpoint (circa 0,3 mg/l) werkt is het mogelijk de Anammox-bacterie te handhaven. Door dit lage zuurstofgehalte wordt tevens voorkomen dat nitrietoxiderende bacteriën (zoals *Nitrobacter*) zich in het systeem kunnen handhaven.

Tabel 4.8 Samenvatting van berekeningsuitkomsten Demon

Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Aanvoer				
Stikstofwater (ton/jaar)	189.227	74.317	55.246	59.647
Stikstof (ton N/jaar)	309	125	91	101
Omzetting				
Stikstof (ton N/jaar)	263	106	77	86
Benodigde energie				
Energie (kWh/jaar)	329.605	132.988	97.097	107.354

4.11 Restlozing

Het behandelde water wordt deels gerecirculeerd naar de resuspensiebuffer en moet deels via de riolering geloosd (gespuid) worden op een nabijgelegen rwzi, zie tabel 4.9. De mate van verdeling is afhankelijk van het binnenkomende drogestofgehalte (hoe hogere ds aanvoer, hoe groter de recirculatie). In figuur 4.10 is de balans weergegeven.



Figuur 4.10 Balans Demon

Tabel 4.9 Samenvatting van berekeningsuitkomsten lozing en recirculatie

Parameter	SEF Noord-NL	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe
Aanvoer				
Stikstofwater (ton/jaar)	189.227	74.317	55.246	59.647
Recirculatie				
Stikstofwater (ton/jaar)	86.736	34.667	27.769	26.300
Stikstof (ton N/jaar)	21	8,7	6,4	6,7
Afvoer				
Stikstofwater (ton/jaar)	102.491	39.650	29.447	33.346
Stikstof (ton N/jaar)	25	10,0	7,2	8,5
Vuillast (ve's)	2.097	832	608	707

5 Schetsontwerp slibdroging met restwarmte

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het schetsontwerp van de droging bij Attero beschreven. Hierbij worden de kengetallen uit hoofdstuk 2 gebruikt. Voor de droging met toebehoren zijn 'op de valreep' nog kosten uit de Slibketenstudie II (STOWA 2010 33) [6] gebruikt. Overige kosten zijn gehaald uit bestaande projecten/offerten en 'geschaald' met de 'wortelregel'.

5.2 Capaciteit van de installatie

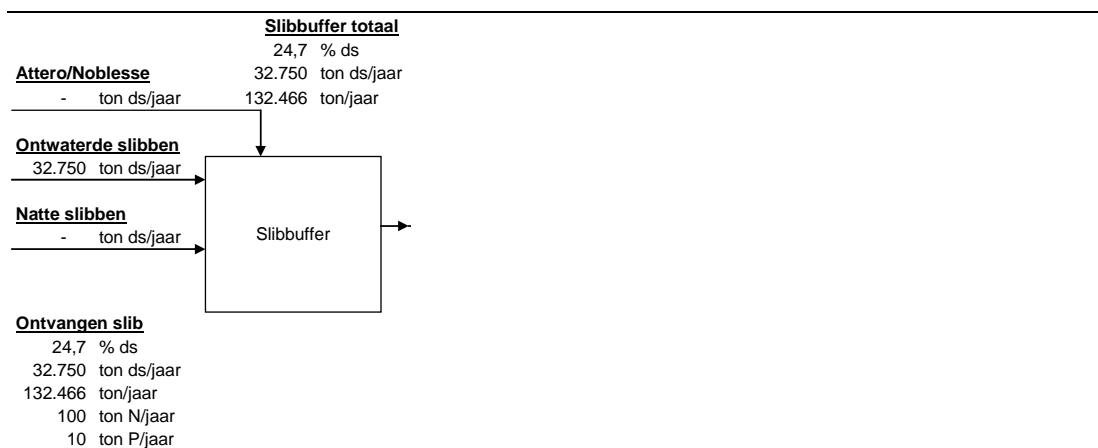
Tabel 4.1 presenteert de totaal aangevoerde slibkoek voor centrale droging Noord NL. De precieze ontwerpcapaciteiten met betrekking tot downtime, reservestelling, et cetera moeten nog worden vastgesteld (later uit te werken in een eventuele Business Case).

Tabel 5.1 Capaciteit van de drooginstallatie

Parameter	Slibdroging Noord-NL
Slib (ton ds/jaar)	32.750
Slibgehalte (% ds)	24,7
Slibkoek (ton/jaar)	132.150

5.3 Slibbuffer met losplaatsen

In vergelijking met de slibenergiefabriek hoeft er voor de centrale slibdroging geen resuspensie plaats te vinden de slibbuffer kan hierdoor kleiner worden uitgevoerd. In figuur 5.1 is de balans van de slibbuffer schematisch weergegeven. Voor de capaciteit van de slibbuffer wordt uitgegaan van een overbruggingsperiode van 4 dagen.



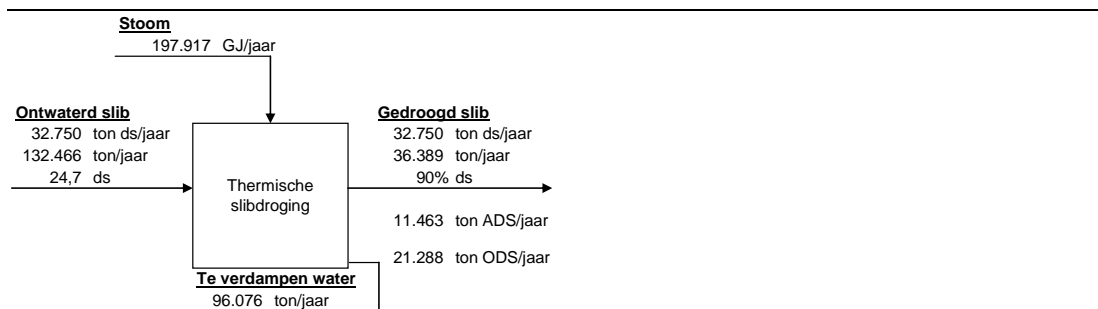
Figuur 5.1 Ontvang slibbuffer

5.4 Slibdroging met restwarmte

De wijze van slibdroging is gelijk gesteld aan de slibdroging van de slibenergiefabriek. Ook bij de centrale slibdrogingsinstallaties gaan we er vanuit dat het slib voor de slibdroging wordt gemengd met gedroogd slib tot een mengsel van meer dan 60 % drogestof (hiermee wordt de kleeffase overwonnen) en daarna in een banddroger wordt gedroogd. De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in tabel 5.2.

Tabel 5.2 Samenvatting van berekeningsuitkomsten slibdroging

Parameter	Slibdroging Noord-NL
Aanvoer	
Slib (ton ds/jaar)	32.750
- Ton/jaar	132.150
Afvoer	
- Ton/jaar	36.389
- Ton ds/jaar	32.750
- Ton ODS/jaar	21.288
Toevoeging	
- Stoom GJ/jaar	199.911

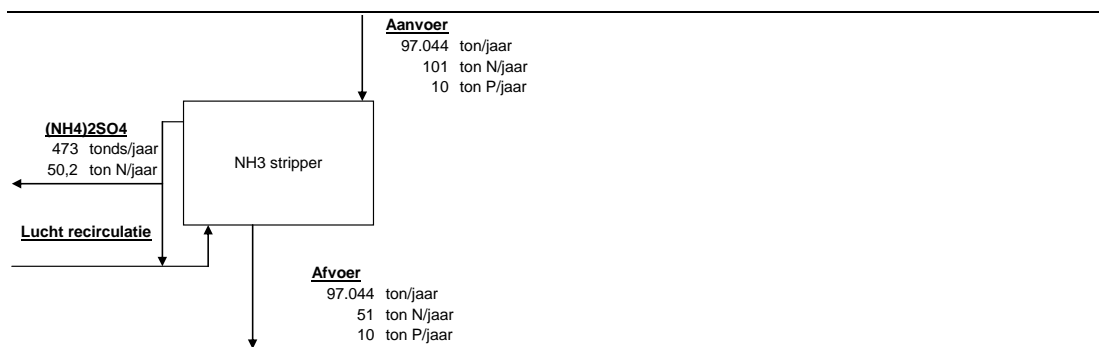

Figuur 5.2 Balans rondom slibdroging

5.5 NH₃ stripper voor condensaatbehandeling

Het verdampte water tijdens de slibdroging bevat veel stikstof. Een gedeelte van deze verontreiniging wordt in een lucht/stoom stripper afgevangen en kan worden omgezet naar een nuttig restproduct (ammoniumsulfaat of ammoniak). De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in tabel 5.3 en de balans is weergegeven in figuur 5.3.

Tabel 5.3 Samenvatting berekeningsuitkomsten luchtstripper

Parameter	Slibdroging Noord-NL
Aanvoer	
Condensaat (ton/jaar)	97.044
Stikstof (ton N/jaar)	101
Afvoer	
Stikstof (ton N/jaar)	51
Productie	
Product (NH ₄) ₂ SO ₄	47,3



Figuur 5.3 Balans luchtstripper

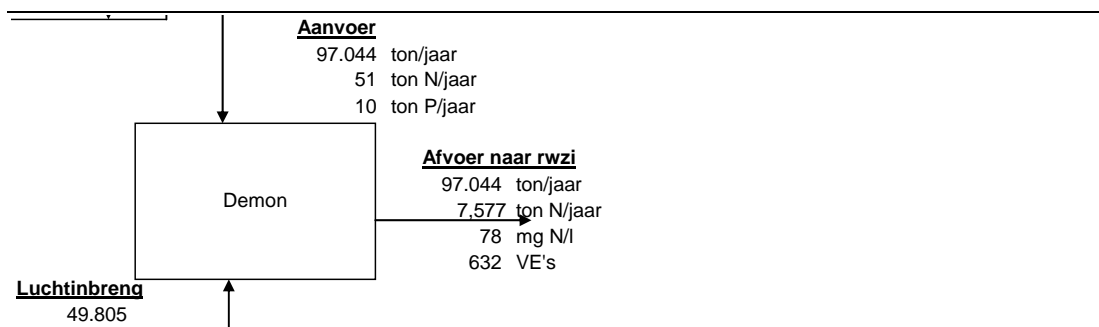
5.6 Deelstroombehandeling condensaat en restlozing

De resterende stikstof uit het condensaat wordt omgezet via de Anammox-route. Tenslotte hoeft nog maar 632 ve in de lokale rwzi (hier rwzi Echten) behandeld te worden.

Tabel 5.4 Samenvatting berekeningsuitkomsten Anammox

Omschrijving	Slibdroging Noord-NL
Aanvoer	
Condensaat (ton/jaar)	97.044
Stikstof (ton N/jaar)	51
Omzetting	
Stikstof (ton N/jaar)	43
Benodigde energie	
- kWh/jaar	49.805

Kenmerk R002-4748020BWP-jmb-V01-NL



Figuur 5.4 Balans deelstroombehandeling Demon

6 Raming kosten en baten SEF's en slibdroging

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de kosten en baten van de SEF's en de slibdroging gepresenteerd. In paragraaf 6.2 worden de stichtingskosten en de jaarlijkse kosten berekend. In paragraaf 6.3 volgen de baten en in paragraaf 6.4 het batig saldo (besparingen) met invloed op de prijs per ton slibkoek met in paragraaf 6.5 een beschouwing over de huidige en toekomstige marktprijzen. In paragraaf 6.6 worden de mogelijkheden van een fasering met eerst alleen droging met reststoom en later voor te schakelen SEF kort besproken.

6.2 Stichtingskosten en jaarlijkse kosten

Voor het inschatten van de bouwkosten is gebruik gemaakt van kostenramingen van leveranciers (AirPrex, Cambi, et cetera) en van andere projecten uit het verleden. Omdat de kosten van de andere projecten gebaseerd zijn op de omvang van de bijbehorende installatieonderdelen, zijn de investeringen opgeschaald en/of verlaagd (afhankelijk van omvang) met de 'wortelregel'. Voor de drogers is de methode uit de slibketenstudie II [6] gebruikt. De totale stichtingskosten zijn in Tabel 6.1 opgenomen. Voor een specificatie van de bouwkosten wordt verwezen naar bijlage 5. De genoemde stichtingskosten zijn exclusief BTW, omdat de SEF waarschijnlijk in een 'BV vorm' zal plaatsvinden. De toegepaste omslagfactor is dan 1,5 (met BTW wordt doorgaans de factor 1,7 toegepast). De kosten in de andere tabellen zijn allen inclusief btw.

Tabel 6.1 Bouw- en stichtingskosten

Onderdeel	SEF	SEF	SEF	SEF	Slibdroging
	Friesland	Groningen	Drenthe	Noord-NL	Noord-NL
Bouwkosten	16.290.000	14.780.000	15.070.000	28.707.000	17.680.000
Onvoorziene kosten (20% van bouwkosten)	3.258.000	2.956.000	3.014.000	5.741.400	3.536.000
Omslagfactor (50% van bouwkosten)	9.774.000	8.868.000	9.042.000	17.224.200	10.608.000
Stichtingskosten	29.322.000	26.604.000	27.126.000	51.672.600	31.824.000

In tabel 6.1 is te zien dat de stichtingskosten voor de centrale SEF op circa 51,7 miljoen EUR uitkomen. Als er drie lokale SEF's komen, zijn de totale kosten van de drie SEF's totaal 83,0 miljoen EUR, circa 50 % duurder. Het schaafeffect is dus evident. De centrale slibdroging is de goedkoopste optie. De totale stichtingskosten zijn circa 31,8 miljoen EUR, dit is circa 40 % goedkoper dan de centrale SEF.

Tabel 6.2 presenteert de jaarlijkse kosten. Voor de totstandkoming van de jaarlijkse kosten zijn de volgende aannamen gedaan:

- Afschrijving 10 % van de investeringen
- Onderhoud 2 % van de bouwkosten
- 3 FTE lokale SEF (1 FTE = 45.000 EUR/jaar)
- 6 FTE centrale SEF en centrale slibdroging
- Chemicaliën op basis van voornaamste verbruiken:
 - $MgCl_2$ 0,9 EURO per kg P verwijderd
 - Pe: 12 g/kg ds, EUR 5,50 per kg
- Het energieverbruik betreft een schatting. De energie is ingeschat met diverse vuistregels (voor menging slibbuffer, Cambi, beluchting Airprex, stripper, Demon, slibontwatering en slibdroging)

In een (eventuele) Business Case kunnen deze kosten nader in detail worden uitgewerkt.

Tabel 6.2 Jaarlijkse kosten SEF's en slibdroging

Omschrijving	SEF	SEF	SEF	SEF	Slibdroging
	Friesland	Groningen	Drenthe	Noord-NL	Noord-NL
Afschrijving	2.932.000	2.660.000	2.713.000	5.167.000	3.182.000
Onderhoud	326.000	296.000	301.000	574.000	354.000
Energieverbruik	463.000	354.000	381.000	1.157.000	1.170.000
Stoomkosten	1.028.000*	762.000*	145.000	463.000	435.000
Personeel	135.000	135.000	135.000	270.000	270.000
Chemicaliën	768.000	575.000	622.000	1.986.000	9.000
Restverontreiniging (50 EUR/ve)	42.000	30.000	35.000	105.000	32.000
Totaal	5.694.000	4.812.000	4.332.000	9.722.000	5.452.000

* voor Friesland en Groningen is voor de stoom met een gasprijs van 0,65 EUR/Nm³ gerekend. Dat zal waarschijnlijk eerder in de buurt van de 0,35 EUR/Nm³ zijn: 25 EUR/ton stoom. De stoomkosten voor Friesland en Groningen kunnen dan bijna gehalveerd worden.

In tabel 6.3 zijn de extra transportkosten (ten opzichte van het tarief van de huidige situatie) weergegeven. Dit zegt dus niet over het totale transport ten opzichte van nu (dat wordt in hoofdstuk 7 met energie en CO2 emissies wel beschouwd). Hierin zitten de kosten van extra transport van de slibontwateringen naar de SEF en droging. Ook de kosten van het transport naar de ENCI zijn extra. Deze zijn ook in de tabel vermeld. Zoals ook al in tabel 3.3 was aangegeven, zijn de transportkosten naar drie provinciale SEF's 180.000 EUR lager dan naar 1 centrale SEF bij Attero. De transportkosten naar de ENCI zijn echter 237.000 euro duurder door de grotere transportafstanden van Delfzijl en Harlingen naar Maastricht. In totaliteit zijn de transportkosten met provinciale SEF's in totaliteit 57.000 EUR duurder.

De centrale SEF bij Attero heeft in vergelijking met de centrale slibdroging lagere transportkosten, omdat er minder slib wordt vervoerd door extra afbraak bij de SEF (Cambi en gisting).

Tabel 6.3 Extra transportkosten (EUR/jaar)

Omschrijving	SEF	SEF	SEF	SEF	Slibdroging
	Fryslân	Groningen	Drenthe	Noord-NL	Noord-NL
Transportkosten SOI naar SEF	259.000	87.000	99.000	623.000	623.000
Transportkosten SEF naar ENCI	356.000	300.000	191.000	610.000	731.000
Totaal kosten (excl. BTW)	615.000	387.000	290.000	1.233.000	1.354.000
Totaal kosten (incl. BTW)	732.000	461.000	345.000	1.467.000	1.611.000

Verder zijn er nog de slibverwerkingskosten bij de ENCI. In tabel 6.4 worden deze vermeld. Welke kosten kunnen daarvoor aangenomen worden? In België heeft Aquafin uitonderhandeld met Electrabel dat men 10 jaar lang 3 EUR/ton ds krijgt (voor 90 % gedroogd slib). Echter omdat aan Vlaanderen voor de verwerking 3 EUR/ton belasting moet worden betaald, is de netto opbrengst 0 EUR/ton (info Willy Bartholomeeusen, Willy Poiesz en Ad de Man). In Nederland is voor gedroogd slib geen markt. Hierdoor moet er voor gedroogd slib betaald worden (Ad de Man, november 2010). Bijvoorbeeld: het gedroogde slib van Waterschapsbedrijf Limburg wordt als biobrandstof afgezet bij de ENCI. De kosten hiervoor zijn circa 30 EUR/ton ds (WBL zet het slib gratis af bij de droger, maar heeft mede gefinancierd als aandeelhouder). Als de brandstofprijzen blijven stijgen, zullen de kansen voor gedroogd slib groter worden, zodat het wellicht net als in België kostenneutraal kan worden afgezet. Voor deze studie is ervoor gekozen de kosten aan te houden van circa 30 EUR/ton ds.

Mogelijk gaan de cementovens van de ENCI wegens overcapaciteit in de markt op afzienbare termijn (tussen nu en 5 jaar?) dicht. Alternatieve verbrandingsmogelijkheden zijn meeverbranden bij een AVI of in een kolen- of biomassacentrale. In ieder geval lijkt qua verbrandingstechniek wervelbedverbranding meer geschikt dan verbranding met roosterovens (moet nog nader worden uitgezocht). De biomassacentrale in Alkmaar van HVC heeft vergunning voor verbranden van B-hout (170.000 ton/jaar). Het vervangen van een deel van het hout door slibgranulaat lijkt een reële optie (er wordt nu granulaat van de SDI van HHNK coverbrand. Huidig tarief circa EUR 30 per ton ds - mondeling G. Zoutberg van HHNK april 2011). Ook deze mogelijkheden moeten nog verder worden verkend.

De totale kosten van de slibeindverwerking bij de SEF provinciaal en centraal en de droging centraal in Noord NL zijn weergegeven in tabel 6.5.

Tabel 6.4 Kosten afzet 90 % gedroogd slib bij de ENCI

Parameter	SEF	SEF	SEF	SEF	Slibdroging
	Friesland	Groningen	Drenthe	Noord-NL	Noord-NL
Slib (ton ds/jaar)	10.960	8.121	8.641	27.608	33.080
Afvoer kosten SEF (EUR/jaar)*	329.000	244.000	259.000	828.000	992.000

* bij de ENCI 30 EURO per ton ds

Tabel 6.5 Totaal overzicht kosten (euro/jaar)

Parameter	SEF	SEF	SEF	SEF	Slibdroging
	Friesland	Groningen	Drenthe	Noord-NL	Noord-NL
Kosten					
Jaarlijkse kosten SEF/droging	5.694.000	4.812.000	4.332.000	9.722.000	5.452.000
Extra transportkosten	732.000	461.000	345.000	1.467.000	1.611.000
Slibverwerkingskosten ENCI	329.000	244.000	259.000	828.000	992.000
Totale kosten	6.755.000	5.517.000	4.936.000	12.017.000	8.055.000

6.3 Baten

De voornaamste baten liggen in de verminderde slibafzetkosten. Daarnaast worden er bij de SEF ook groen gas en nutriënten geproduceerd. In tabel 6.6 zijn deze baten weergegeven.

Kenmerk R002-4748020BWP-jmb-V01-NL

Tabel 6.6 Baten ten gevolge van wegvallen huidige slibafzet SEF of slibdroging + groen gas en nutriënten

Parameter	SEF	SEF	SEF	SEF	Slibdroging
	Friesland	Groningen	Drenthe	Noord-NL	Noord-NL
Huidige afvoer (zie tabel 2.2)					
Slibafzetkosten (EUR/jaar)	5.200.000	3.865.000	3.859.000	12.924.000	12.924.000
Groen gas en nutriënten					
Groen gas (EUR/jaar)	163.000	121.000	141.000	425.000	-
Struviet (EUR/jaar)	19.000	16.000	22.000	68.000	-
Totaal aan baten (EUR/jaar)	5.382.000	4.002.000	4.022.000	13.417.000	12.924.000

6.4 Overzicht batig saldo

In tabel 6.7 is het batig saldo van de SEF's en droging weergegeven, inclusief de korting op het huidige verwerkingstarief

Tabel 6.7 Overzicht batig saldo (EUR/jaar)

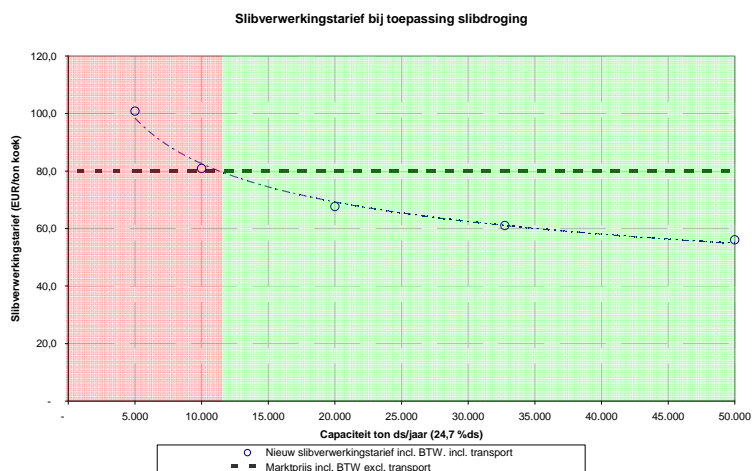
Parameter	SEF	SEF	SEF	SEF	Slibdroging
	Friesland	Groningen	Drenthe	Noord-NL	Noord-NL
Totaal aan baten (EUR/jaar)	5.382.000	4.002.000	4.022.000	13.417.000	12.924.000
Kosten SEF/droging/transport	6.755.000	5.517.000	4.936.000	12.017.000	8.055.000
Batig saldo (EUR/jaar)	-1.373.000	-1.515.000	-914.000	+1.400.000	+4.869.000
Besparing op slibverwerkingstarief (EUR/ton koek)	-26,4*	- 39,2*	-22,0	+10,6	+36,8

* Met een lagere stoomprijs van 25 EUR/ton stoom komen we voor Friesland uit op -17 EUR/ton koek en voor Groningen op -30 EUR/ton koek

Uit de kostenbeschouwing in tabel 6.7 blijkt dat een provinciale SEF niet uit kan. Het schaafeffect heeft veel invloed (Friesland versus Groningen), naast de prijs van reststoom (Drenthe versus Groningen). Een centrale SEF bij Attero met reststoom kan wel uit en levert een besparing op het mix tarief van EUR 98 per ton koek op van EUR 10,5. Dat levert een nieuw verwerkingstarief van EUR 87,5 per ton koek. Ten opzichte van de marktprijs is dat aan de hoge kant. Het is aantrekkelijk om nog een waterschap toe te voegen, zodat de schaalgrootte toeneemt en daarmee meer voordeel behaald kan worden. Een locatie met voordelig reststoom heeft veel invloed en is dus noodzakelijk om SEF en/of droging mogelijk te maken. Dat komt ook overeen met de conclusies uit de Slibketenstudie II (STOWA 2010 33) [6].

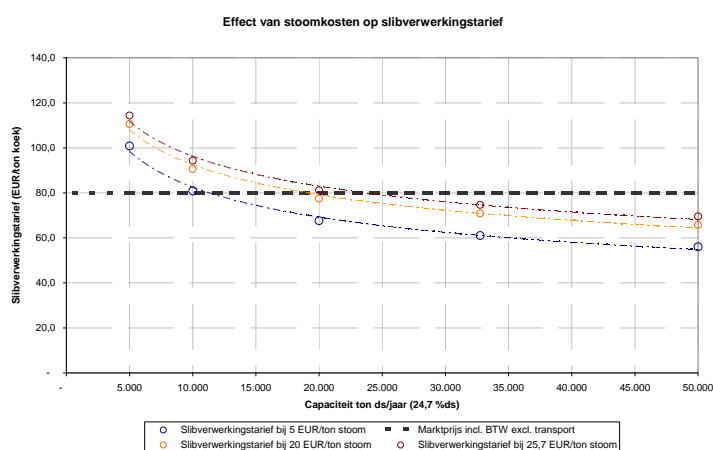
Droging scoort op grote schaal heel gunstig. Er is een reductie op de verwerkingsprijs mogelijk van circa EUR 37 per ton koek. De nieuwe prijs voor Noord NL komt dan op $98-37 = \text{EUR } 61$ per ton koek (inclusief btw, transport en verwerking granulaat).

In figuur 6.1 is de relatie tussen de kosten van slibdrogen met reststoom per ton koek als functie van de aangeboden capaciteit weergegeven. Voor de marktprijs is uitgegaan van EUR 80 per ton koek (zie ook paragraaf 6.5). Hieruit blijkt dat bij een capaciteit van circa 12.000 ton ds/jaar de kosten overeenkomen met de marktprijs. Dus verwerken per provincie komt ongeveer daar op uit. Echt voordeel wordt gehaald op grotere schaal. Bij 2, 3 of meer provincies komen we uit onder de verwachte marktprijs (70-60-55 EUR per ton koek).



Figuur 6.1 Verwerkingstarief slibdrogen met goedkope reststoom (bij Attero) als functie van de verwerkingscapaciteit met de marktprijs als grens voor de haalbaarheid

In figuur 6.2 is het effect van de kosten van reststoom weergegeven. De onderste lijn is de lijn uit figuur 6.1 (stoomprijs Attero) en bovenste lijn is de lijn uitgaande van de gasprijs (dus 25 EUR/ton stoom). De gele lijn is de lijn met 20 EUR/ton stoom.



Figuur 6.2 Effect van kosten reststoom op de verwerkingsprijs als functie van de te verwerken capaciteit.

Indien stoom gebruikt wordt die overeenkomt of in de buurt ligt van de gasprijs wordt het kostenvoordeel snel minder. Het zoeken van een locatie met een gunstige gasprijs, zoals bij Attero of goed onderhandelen over de stoomprijs is dus van groot belang voor de haalbaarheid.

6.5 Nabeschuiving marktprijs slibtarieven

In het kader van het inschatten van de marktprijs voor slibverwerkingstarieven is contact opgenomen met SNB (Korving). Er blijkt een grote range van tarieven toegepast te worden. HVC (vroegere DRSH) heeft een tarief van circa EUR 93 per ton slib (inclusief btw). SNB hanteert gemiddeld een tarief van EUR 83 per ton slib (inclusief btw). Door het 'btw convenant' is het tarief voor de aandeelhouders circa EUR 70 per ton slib (inclusief btw). SNB hanteert voor het tarief een formule waar het ds gehalte en het ods in zitten. In de range van 23 % ds tot 35 % ds en 58-62 % ods variëren de prijzen van EUR 67-90 per ton slib (inclusief btw). Deze tarieven zijn exclusief transport. De transportkosten van Noord Nederland naar SNB zullen circa EUR 5-10 per ton slib (inclusief BTW) bedragen.

Wat de werkelijke marktprijs in de toekomst zal zijn, onder invloed van overcapaciteit in de slibverwerkingsmarkt is op dit moment moeilijk vast te stellen.

6.6 Fasering droging met reststoom en later voor te schakelen SEF

In tabel 6.8 is een mogelijke fasering beschreven, waarbij eerst voor de provincies Friesland en Drenthe een droging wordt gebouwd (voor 2015) en later een SEF wordt voorgeschakeld met de

provincie Groningen (bijvoorbeeld 2018) en bijvoorbeeld de waterschappen Zuiderzeeland (ZZL) en Groot Salland (WGS). In de tabel is te zien dat voor drogen in de eerste fase (2015) een capaciteit van 8 m³/h aan te verdampen capaciteit nodig is. Voor de situatie met de SEF (bijvoorbeeld 2018) is 8,3 m³/h aan te verdampen capaciteit nodig. Qua 'grootte-orde' is een dergelijke gefaseerde aanpak dus denkbaar.

Tabel 6.8 Mogelijke fasering drogen en later voorschakelen SEF, inclusief de waterschappen ZZL en WGS

waterschappen	droging			Fase 1	Fase 2	Fase 3	SEF: afbraak 15 % ds, gehalte 35 % ds			Fase 1a	Fase 2a	Fase 3a	
	ton ds	ton koek	ton water				ton ds	ton koek	ton water				
Fryslan	13000	52000	39000	39000			11050	31571	20521	20521			
Ndzv	4065	16258	12193		12193		3455	9872	6417		6417		
H&A	5599	22395	16796		16796		4759	13598	8838		8838		
V&V	5299	24084	18785	18785			4504	12869	8365	8365			
R&W	4789	17413	12624	12624			4071	11630	7560	7560			
WGS	6000	24000	18000			18000	5100	14571	9471			9471	
ZZL	7434	40600	33166			33166	6319	18054	11735			11735	
Totaal	per jaar	46186	196750	150564	70409	28989	51166	39258,1	112166	72907,9	36446,1	15255	21206,53
	per dag	127	539	413	193	79	140	108	307	200	100	42	58
	per uur	5,3	22,5	17,2	8,0	3,3	5,8	4,5	12,8	8,3	4,2	1,7	2,4

Mocht een waterschap niet mee willen doen, heb je bij de SEF overcapaciteit. Als we geen SEF gaan toepassen, zou je een kleinere droger aanvullend kunnen bouwen.

De drogers van Huber zijn op maat te maken tot een capaciteit van 20 ton water/h: 1-5 modules met 2-4 banden per straat. Volgens Huber is weinig personele ondersteuning nodig. Het is denkbaar dat een koppeling gemaakt kan worden met het personeel van het bedrijf dat de stoom levert. Dan kan er nog meer op kosten worden bespaard.

7 Energie en CO2 balans

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de energiebalans en de CO2 emissies tussen de verschillende SEF's en drogen vergeleken met de huidige situatie.

7.2 Energiebalans

In tabel 7.1 is de energiebalans van de SEF's en de droging weergegeven. In deze tabel is de energie-inhoud van de toegepaste en de gevormde chemicaliën buiten beschouwing gelaten. In de Business Case kunnen deze wel meegenomen worden en (indien gewenst) en/of in een LCA studie worden afgewogen. Voor de berekening van het extra transport verwijzen we naar bijlage 4. In bijlage 3 is de energievraag van de huidige slibbeindverwerking gegeven (drogen met aardgas door Swiss Combi en biologisch drogen GMB).

Tabel 7.1 Energiebalans slibenergiefabriek en droging (in GJ/jaar)

Onderdeel	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe	SEF Noord-NL	Slibdroging Noord-NL	Huidig Swiss Combi en GMB
Energieproductie						
- Groen gas	16.965	12.611	14.670	44.246	0	0
- Gedroogd slib*	133.000	98.000	105.000	334.000	448.000	410.000
- Struviet en ammoniumsulfaat	PM	PM	PM	PM	0	
- Totaal	149.965	110.611	119.670	378.246	448.000	410.000
Energievraag						
- Stoom Cambi	9.599	11.466	8.325	29.391	0	0
- Stoom slibdroging	34.793	41.437	29.700	105.532	199.911	381.000
- Elektriciteit	16.668	12.774	13.716	41.652	42.912	43.000
- Extra transport	1.835	548	-2.609	759	759	0
- Chemicaliën	PM	PM	PM	PM	0	0
- Totaal	62.895	66.225	49.132	177.334	243.582	424.000
Energie overschot	35.645	44.386	70.538	200.912	204.418	-14.000
Groen energie saldo	148.130	110.063	122.279	377.487	447.241	-14.000

* stookwaarde berekend met formule op pagina 16 paar 2.5. SEF slib10,9 GJ/ton koek, gedroogd slib met reststoom: 12,2 GJ/ton koek en huidig slib (33 % naar GMB met 70 % droog): 9,0 GJ/ton koek.

Het energieverbruik van de huidige slibeindverwerking is fors hoger dan is berekend bij de SEF en droging met reststoom. Daardoor is het energieselvo van de huidige verwerking ook ongunstig.

Drogen met reststoom scoort net iets gunstiger dan de SEF. Dat komt omdat het laatste beetje biogas met TDH uit het slib vrij maken ook weer extra energie kost. Bovendien is de biogasproductie conservatief ingeschat.

Bij gebruik van reststoom en elektriciteit die is opgewerkt uit verbranden van afval (zoals bij Attero) worden geen primaire brandstoffen verbruikt en is het groene energie saldo van de SEF en drogen met reststoom fors groter dan de huidige slibeindverwerking.

7.3 Kooldioxidebalans

De hoeveelheid koolstofdioxide die vrijkomt bij drogen door Swiss Combi en composteren bij GMB is circa 29.748 ton CO₂/jaar (zie bijlage 3). Bij de SEF's wordt opgewarmd met groene energie (verbrandingswarmte van huisafval). Ook de benodigde elektrische energie wordt door de afvalverbrandingsinstallaties opgewekt. Voor de energievraag van de SEF wordt dus bijna geen kooldioxide uit primaire brandstoffen verbruikt. Alleen het extra transport levert meer kooldioxide-emissie op (0,88 kg CO₂/km). Hierbij is geen rekening gehouden met het transport van gedroogd slib naar de ENCI. Dit gebeurt nu ook al bij Swiss Combi en wordt het gecomposteerde slib ook ergens afgezet. Tabel 7.2 presenteert de kooldioxidebalans voor de SEF's en de slibdroging.

Tabel 7.2 Kooldioxidebalans

Onderdeel	SEF	SEF	SEF	SEF	Slibdroging
	Friesland	Groningen	Drenthe	Noord-NL	Noord-NL
Aantal transport km/jaar	174.720	52.182	-248.436	72.255	72.255
Extra CO ₂ emissie (ton CO ₂ /jaar)	154	46	-219	64	64
Vermeden CO ₂ t.g.v. andere processen (ton CO ₂ /jaar)	16.816	12.500	432	29.748	29.748
Vermeden CO ₂ (ton CO ₂ /jaar)	16.662	12.454	651	29.684	29.684

In de tabel is te zien dat er voor de lokale SEF Drenthe minder transport kilometers zijn. Dit kan verklaard worden door de kortere transportafstanden naar de slibverwerker (in plaats van GMB naar Attero). De SEF van de overige waterschappen hebben een toename van de transportafstanden tot gevolg. Dit betekent dat de huidige slibverwerker op een kortere afstand gelegen is. De totaalbalans van de vermeden kooldioxide-emissie van de locale SEF's is 29.767 ton CO₂/jaar. Dat is 0,3 % hoger dan de vermeden CO₂ emissie van de centrale SEF. Deze vermeden CO₂-vrachten zijn dus vergelijkbaar.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

Uit de verkenning van de haalbaarheid van de SEF en de slibdroging met reststoom is gebleken, dat de droogstap met reststoom op voldoende grote schaal kostentechnisch zeer interessant is. Dat is ook in overeenstemming met de uitkomsten van de Slibketenstudie II [6]. Door het toepassen van reststoom en ook elektriciteit die wordt opgewekt uit afvalverbranding (zoals bij Attero te Wijster) is het ook interessant qua energieverbruik en vermeden CO₂.

Op voldoende grote schaal levert de SEF financieel ook een batig saldo. Dit kostenvoordeel is echter een stuk kleiner dan alleen droging en levert geen (grote) voorsprong op ten opzichte van de huidige marktprijs. Bij de SEF worden echter wel nutriënten teruggewonnen en komt groen gas beschikbaar. Dit groene gas kan lokaal worden ingezet, of worden getransporteerd of toegepast voor het wagenpark (mede als PR functie). De vorming van dit gas gaat echter ook weer ten koste van de hoeveelheid gedroogd slib, waaruit elders energie kan worden teruggewonnen. Indien met een hogere reststoomprijs gerekend moet worden, worden de verschillen tussen de SEF en alleen droging kleiner, omdat voor alleen droging tweemaal zoveel reststoom nodig is. De vraag hierbij is hoeveel duurzaamheid mag kosten.

Wat uit de verkenning verder opvalt, is het grote effect van de schaalgrootte en de invloed van de stoomkosten. Op provincieniveau kan een SEF niet uit. Een droging per provincie is wel een stuk gunstiger. Daarmee kom je op de marktprijs van 80 EUR/ton koek. Schaalvergroten door met een aantal provincies en extra waterschappen samen te werken geeft een groter kostenvoordeel, zodat de verwerkingstarieven van droging met reststoom kunnen zakken tot circa 60 EUR/ton koek.

De kosten van reststoom hebben ook een grote invloed. Wat uit de verkenning opvalt, is alleen het ETP van Attero 'gereed' is om restwarmte te leveren. De EVI heeft interesse, maar de andere locaties konden nog geen commerciële prijs van reststoom noemen en moeten hier dus nog mee aan de slag.

8.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om de droging met reststoom (voor 2015) gecombineerd met een centrale SEF als tweede fase (voor 2018) als Business Cases in detail te laten doorrekenen. Hierbij kunnen/-moeten een aantal varianten worden beschouwd. Op dit moment kunnen de volgende varianten worden onderscheiden:

- Meer waterschappen/provincies betrekken bij de SEF
- Andere locaties verkennen met ook goede stoomprijzen (net als Attero)

- Slib van Attero en Noblesse en eventueel andere gegadigden meeverwerken
- De kansrijkheid en kostenbalans van andere vormen van TDH (bv Cambi continu, Sustec, Exelys), en gisting tweekraps, thermofiele gisting verkennen
- Wel of geen N en/of P terugwinning
- Toepassen van de NH₄ stroom in de DeNO_x en/of verwerken in de BVZI bij Attero (bij AVI's moet doorgaans NH₄ worden ingekocht om NO_x uit de rookgassen te verwijderen. Door inspuiting in de rookgassen vindt er een gassenreactie plaats: NH₄ (g) + NO_x (g) → N₂ (g) en H₂O (g)). Hiermee kan op de inkoop worden bespaard
- Het meest geschikte type slibontwatering bij de SEF
- De mogelijkheden van bijstook en/of syngas op locatie
- De prijzen en mogelijkheden van granulaatverwerking bij andere partijen dan de ENCI (zoals HVC Alkmaar)

Verder is nodig de gekozen uitgangspunten te laten toetsen door leveranciers. Ook is een begeleidingscommissie noodzakelijk voor feedback.

Er zijn mogelijkheden denkbaar dat de slibeindverwerking modulair wordt opgezet, bijvoorbeeld eerst drogen en in een later stadium uitbreiden met gisting en nutriëntenterugwinning, indien deze processen door de ontwikkelingen van de laatste jaren verder zijn doorontwikkeld.

Ten opzichte van de monoverbranding van SNB en DRSH hebben de SEF en de droging met reststoom nog als nadeel dat er minder P kan worden teruggewonnen dan bij de ijzerarme slibverbranding. Aanbevolen wordt om na te denken aan alternatieve methoden om grotere hoeveelheden P uit slib terug te winnen, ook bij productie van syngas en bijstook.

9 Literatuurlijst

- [1] Presentatie van de heer Ewert; Schlammvorbehandlung durch thermische Druckhydrolyse; WaWi – Kurse N/4, Kassel 2010
- [2] Presentatie van de heer Wilschut; Betuwse Kunstmest, GMB & Waterschap Rivierenland; februari 2010
- [3] J. Kiesewetter, S. Spoelstra, P.T. Alderliesten; Analyse slibdroger Beverwijk; maart 2002
- [4] B. Wett, Development and implementation of a robust deammonification process
- [5] STOWA 95-14. Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's
- [6] STOWA 2010-33. Slibketenstudie II

Bijlage

1

Presentatie Slibenergiefabriek op 8 maart 2011 (bijgewerkte versie

13 april 2011)

Op het platform Afvalwater en Energie

Slibenergiefabriek Noord Nederland (bijgewerkte versie 13 april 2011)

Verkenning haalbaarheid (maart 2011)

Ronnie Berg/Berend Reitsma

in opdracht van WS Reest en Wieden

(Frank Brandse, Hans Geerse en Lammert Luders)



Tauw



Reest-Wieden
waterschap

Inhoud

- Waar hebben we het over ?
- Huidige slibhoeveelheden, tarieven en kosten
- Een nieuw concept: slibenergiefabriek met reststoom
- Alternatief drogen met reststoom
- Beschikbare locaties SEFs
- Indicatieve tarieven reststoom
- Verkende varianten SEFs
- Kosten en baten SEFs en drogen
- Nieuwe tarieven
- Reststoom
- Vermeden CO2
- Slibketenstudie
- Conclusies een aanbevelingen
- Uitsmijter

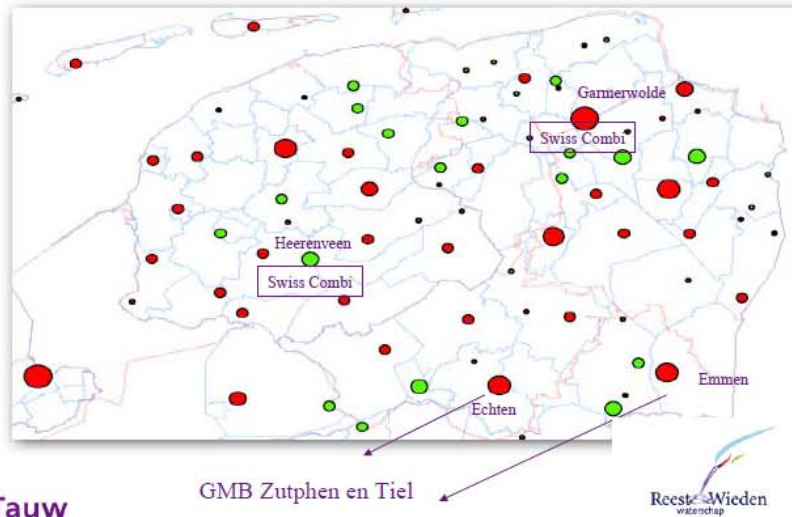


Tauw



Reest-Wieden
waterschap

Waar hebben we het over ?



Tauw

GMB Zutphen en Tiel

Reest en Wieden
waterschap

Huidige slibhoeveelheden + verwerkingstarieven + kosten

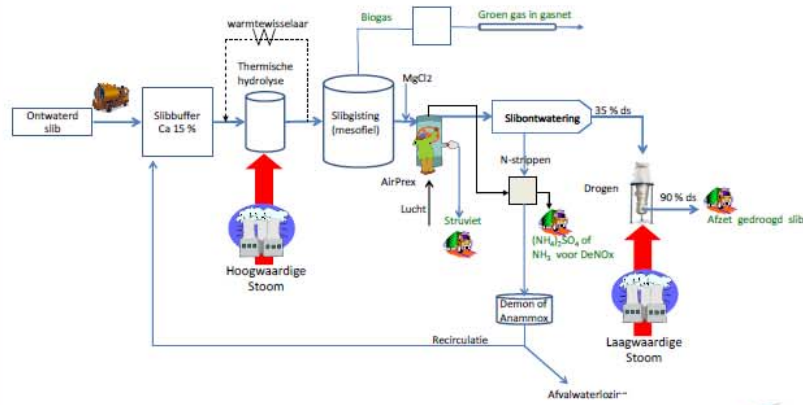
Bron	Ton ds/jaar	% ds	Slibkoek ton/jaar	Kosten slibkoek (euro/ton)	Totale kosten (euro/jaar)
WS Fryslan	13.000	25,0	52.000	100	5.200.000
WS Ndzv	4.065	25,0	16.258	100	1.626.000
WS H&A	5.599	25,0	22.395	100	2.239.000
WS V&V	5.299	22,0	24.084	93	2.240.000
WS R&W	4.789	27,5	17.413	93	1.619.000
Totaal	32.752	24,7	132.150	98	12.924.000



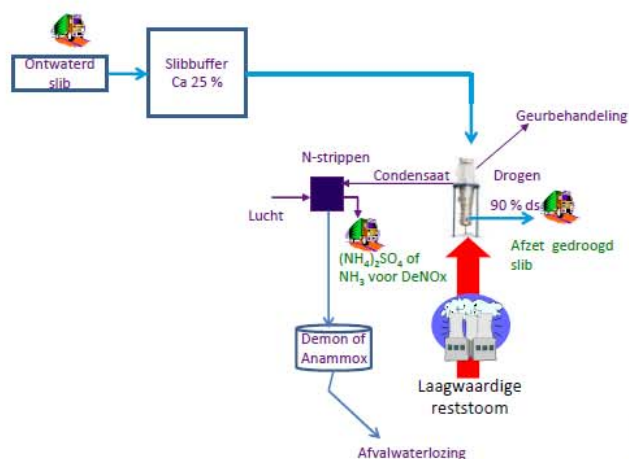
Tauw

Reest en Wieden
waterschap

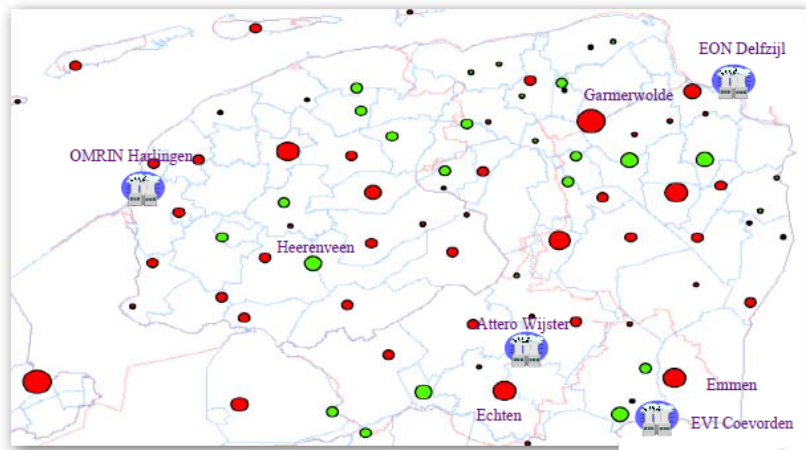
Een nieuw concept: Slibenergiefabriek (SEF)



Alternatief: alleen drogen



Beschikbare locaties SEF: reststoom !!



Tauw



Indicatieve tarieven reststoom (geen offerte...)

SEF	Hoogwaardige stoom (200°C)	Laagwaardige stoom (120°C)
Friesland (OMRIN-Harlingen)	? EUR/ton	? EUR/ton
Groningen (EON-Delfzijl)	25-47 EUR/ton (obv gasprijs: 35-65 ct/m3)	25-47 EUR/ton (obv gasprijs: 35-65 ct/m3)
Drenthe (Attero-Wijster)	20,5 EUR/ton (demiwater en derving elektriciteit)	5 EUR/ton (derving elektriciteit)



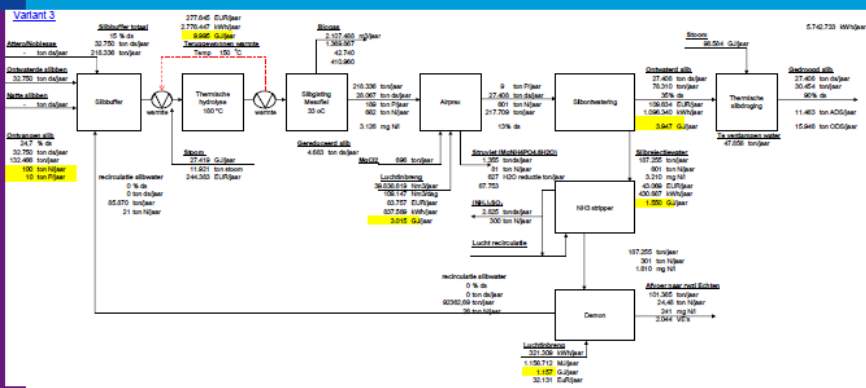
Tauw



Verkende varianten

- SEF Friesland- OMRIN Harlingen
- SEF Groningen- EON Delfzijl
- SEF Drenthe- Attero Wijster
- Centrale SEF Noord NL- Attero Wijster

Voorbeeld doorgerekende slibbalansen



Kosten SEFs en drogen (exclusief transport en afzet)

Omschrijving	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe	SEF Noord-NL	Slibdroging Noord-NL
Stichtingskosten (EUR)	29.322.000	26.604.000	27.126.000	51.673.000	31.824.000
Jaarlijkse kosten (EUR/jaar)	5.694.000	4.812.000	4.332.000	9.722.000	5.452.000

Alle kosten incl BTW, behalve de SEF zelf (wordt BV)



Tauw



Kosten en baten SEF en slibdroging

	SEF Fryslân	SEF Groningen	SEF Drenthe	SEF Noord-NL	Slibdroging Noord- NL
Kosten (EUR/jaar)					
- Exploitatiekosten	5.694.000	4.812.000	4.332.000	9.722.000	5.452.000
- Extra transportkosten	732.000	461.000	345.000	1.467.000	1.611.000
- Slibverwerkingskosten ENCI (30 EUR/ton ds)	329.000	244.000	259.000	828.000	992.000
- Totaal	6.755.000	5.517.000	4.936.000	12.017.000	8.055.000
Baten (EUR/jaar)					
- Biogas (65% CH ₄)	163.000	121.000	141.000	425.000	-
- Struviet	19.000	16.000	22.000	68.000	-
- Totaal	182.000	137.000	163.000	493.000	-
Netto kosten (EUR/jaar)	6.573.000	5.380.000	4.773.000	11.524.000	8.055.000



Tauw

Invloed op de verwerkingstarieven

Omschrijving	SEF Friesland	SEF Groningen	SEF Drenthe	SEF Noord-NL	Slibdroging Noord-NL
Huidige slibverwerkingskosten (EUR/jaar)	5.200.000	3.865.000	3.859.000	12.924.000	12.924.000
Netto SEF/droging slibverwerkingskosten (EUR/jaar)	6.573.000	5.380.000	4.773.000	11.524.000	8.055.000
Besparing (EUR/jaar)	-1.373.000	-1.515.000	-914.000	1.400.000	4.869.000
Besparing op slibverwerkingstarief (EUR/ton koek)	-26,4	-39,2	-22	+10,6	+36,8



Tauw

Alleen centrale SEF + droging is haalbaar

Marktprijzen nu en toekomst

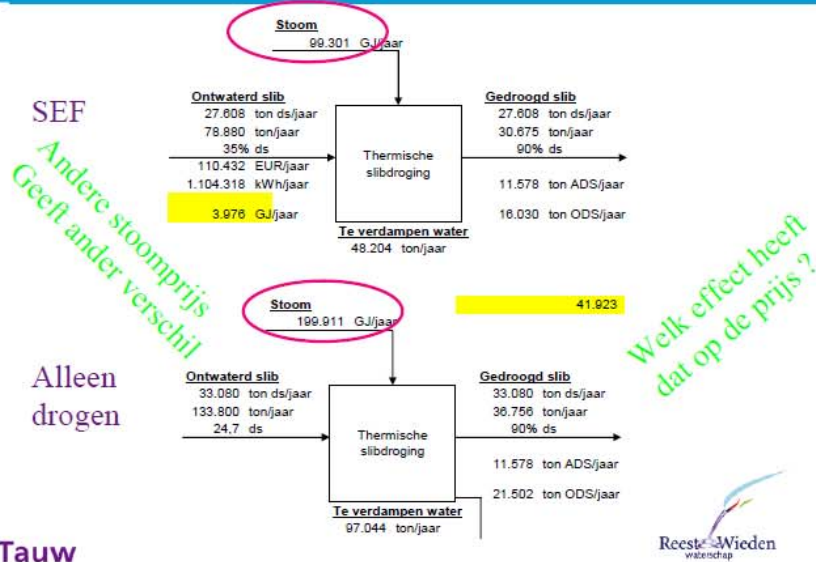
- Huidige mix tarief Noord-NL: 98 EUR/ton koek (incl BTW, all in);
- Reductie door SEF: $98 - 11 = 87$ EUR/ton koek (all in);
- Marktprijs SNB: 70-80 EUR/ton koek (excl transport);
- Met de SEF komen we uit op (niet onder) de huidige marktprijs;
- Toekomst ?
- Drogen met reststoom: ca 60 EUR/ton koek (all in)



Tauw



Reststoom: invloeden



Vermeden CO2

Slijbenergiefabriek	Aantal Transport km/jaar	Extra CO2 emissie (ton CO2/jaar)	Vermeden CO2 tgv andere processen (ton CO2/jaar)
Noord-NL	72.000	64	29.700
Friesland	174.000	154	16.500
Groningen	52.000	46	12.500
Drenthe	-248.000	-219	651

Vergelijking slibketenstudie

Slibketenstudie	
Slibverwerkingskosten en zuiveringskosten	+/- 40 EUR/ie (à 150 g TZV)
Aandeel slibverwerking	< 10%
Slibverwerkingskosten per ie	+/- 4,0 EUR/ie (à 150 g TZV)
<hr/>	
Slibenergiefabriek Noord-NL	
Slibproductie	+/- 11 kg ds/ie.jaar (à 150 g TZV)
Slibhoeveelheid slibenergiefabriek Noord-NL	32.752 ton ds/jaar
Inwonerequivalent	2.980.000 ie (à 150 g TZV)
Slibverwerkingskosten	12.000.000 EUR/jaar
Slibverwerkingskosten per ie	+/- 4,0 EUR/ie (à 150 g TZV)
<hr/>	
Slibdroging Noord-NL	
Slibproductie	+/- 11 kg ds/ie.jaar (à 150 g TZV)
Slibhoeveelheid slibenergiefabriek Noord-NL	32.752 ton ds/jaar
Inwonerequivalent	2.980.000 ie (à 150 g TZV)
Slibverwerkingskosten	8.055.000 EUR/jaar
Slibverwerkingskosten per ie	+/- 2,7 EUR/ie (à 150 g TZV)



Tauw

Conclusies

- Drogen met laagwaardige reststoom lijkt zeer aantrekkelijk
- Terugwinnen van groen gas en nutriënten is duurzaam, maar kostenvoordeel is minder (marktprijs)
- Voldoende schaalgrootte en laagwaardige reststoom zijn essentieel
- Veel vermeden CO2 (reststoom + rest stroom)



Tauw



Aanbevelingen

- Onderzoek kansen/markten bijstoken van het gedroogde slib op de verwerkingslocatie(s);
- Produceren syngas ?
- Wel of niet N en P terugwinnen, N toepassen in DeNOx;
- Business case met verschillende opties doorrekenen noodzakelijk
- Gefaseerde aanpak mogelijk (bv eerst drogen, later SEF met extra waterschappen)



Tauw



Uitsmijter

- Wat
- mag
- duurzaamheid
- Kosten
 - ?



Tauw



Bijlage

2

Mailwisseling met Attero, Omrin (REC) en EON

Attero

Reitsma, Berend

Onderwerp: FW: Stoom en gas slibenergiefabriek

Van: Woelders, Hans

Verzonden: dinsdag 16 november 2010 13:57

Aan: 'Reitsma, Berend'

CC: Berg, Ronnie; Michels, Eldert

Onderwerp: RE: Stoom en gas slibenergiefabriek

Berend en Ronnie,

hierbij de antwoorden op jullie vragen inclusief de uitgangspunten die we hebben gehanteerd.

thermische hydrolyse

4000 hr/jaar

32.200 GJ/jaar

8 GJ/uur

stoom 7,5 bar (200 gr. C) 2,3 GJ/ton

dus: 3,5 ton/hr stoominjectie

kosten:

Aanmaak demiwater en derving electriciteit: 20,50 EURO/ton stoom;

Vraag: bij terugwinnen warmte is dan inderdaad 32.219 GJ/jaar nodig???

thermische slibdroging

8000 hr/jaar

trommeldroger warmte overdracht via warmte wisselaar

83.528 GJ/jaar

10 GJ/hr

stoom 2,2 bar (120 gr. C) 2,3 GJ/ton

5 ton stoom/uur

kosten:

Alleen derving electriciteit 5 EURO/ton stoom; condensaat terugvoer naar verbrandingsinstallatie.

Hierboven genoemde kosten zijn variabele kosten.

Investerings stoomleidingen, condensaat retourleiding en meet en regel apparatuur zijn niet inbegrepen.

Met vriendelijke groet,

Hans Woelders

OMRIN (REC)

Van: ABergsma@omrin.nl [mailto:ABergsma@omrin.nl]

Verzonden: dinsdag 18 januari 2011 14:14

Aan: Reitsma, Berend

Onderwerp: RE: Verkenning slibenergiefabriek Noord Nederland

www.omrin.nl



Geachte heer Reitsma,
Drogen van slib is denkbaar op Ecopark De Wierde en de REC, gelet op de warmte die op beide locaties vrij komt.

- Bij de REC in Harlingen is nog circa 15 MW aan warmte beschikbaar (160oC, 6 bar). De fysieke mogelijkheden om hier groen gas af te zetten zijn hier nog niet onderzocht.
- Op Ecopark de Wierde is, uitgaand van de huidige configuratie aan WKK's, 2,5 MW aan warmte beschikbaar. De mogelijkheden om groen gas af te zetten zijn hier uitstekend, een hogedruk leiding van Gasunie bevindt zich op ons terrein. Ook beschikken we zelf over voertuigen die op groen gas kunnen rijden.
- Voor prijzen voor de afzet van warmte hebben wij nog geen idee.
- Wat groen gas opbrengt hangt af van de marktprijzen en SDE-subsidie. De SDE subsidie voor hernieuwbaar gas van dit jaar zijn nog niet bekend. Vorig jaar was de subsidie voor gas uit RWZI's 21,8 ct/Nm3. Het correctiebedrag was 20,8 ct/Nm3.

Ik ga er van uit u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.
Mvg Aucke Bergsma

Omrin
Postbus 650
8440 AR Heerenveen
0513-614500



Denk aan het milieu en print dit bericht alleen als het noodzakelijk is

EON

Samenvatting van telefoongesprek

-----Oorspronkelijk bericht-----

Van: Hubbeling, Harm

Verzonden: dinsdag 11 januari 2011 18:29

Aan: Reitsma, Berend

Onderwerp: Eerste oogst

Berend,

Zo links en rechts voorzichtig gepolst; resultaat: bij zowel RWE als NUON in Eemshaven is het niet mogelijk. Enerzijds niet omdat deze geen stoom/warmte kunnen leveren (moeilijk/lastig om proces aan te passen) en daarbij mogen beide om vergunningtechnische redenen dergelijke stromen niet bijstoken..... Dat wordt hem dus niet.

Wat wel een goed optie is, is de EON in Delfzijl. Deze afvalverbrander die stroom en stoom produceert kan en mag dit wel. Er is nog ruimte naast het bedrijf, ze kunnen de droogenergie leveren, en ze kunnen en mogen slib als bijstook gebruiken. Sterker nog, ze doen het al.

Qua kosten is het lastig aan te geven wat stoom kost. Voor wat betreft de kosten, kun je voor het gemak uitgaan van de gasprijs. Ze zitten hier net onder. Wordt vervolgd....

Met vriendelijke groet,

Harm Hubbeling

Consultant HSE

Tauw bv, vestiging Assen

T: 0592-391356

M:06-20446905

www.tauw.nl

Bijlage

3

Kooldioxidebalans

Het gasverbruik van Swiss Combi is voor de locatie Garmerwolde 5.000.000 m³ per jaar (afkomstig uit rapport 'Zuiveringsstrategie 2030, André Hammenga, Afdeling Schoon Water Veendam, 06-10-2010'). Deze waarde is omgerekend naar Swiss Combi van Heerenveen.

Telefonisch navragen bij GMB (van de Pol) heeft als eerste inschatting opgeleverd dat we circa 10 % onder de opgave in het jaarverslag 2009 moeten gaan zitten. In het jaarverslag 2009 voor Zutphen is dit 36 kWh/ton slib en voor Tiel 45 kWh/ton slib (verschil is door schaalgrootte). De berekening is in onderstaande tabel opgenomen.

Waterschap	Ton koek/ jaar	Swiss Combi m3 aardgas/ jaar**	GMB Tiel kWh/jaar***	GMB Zutphen kWh/jaar***	
Wetterskip Fryslan	52.000	6.726.515			
Ws Noorderzijlvest	16.258	5.000.000			
Ws Hunze en Aas	22.395				
Ws Velt en Vecht *	24.084		487.701	390.161	
Ws Reest en Wieden*	17.413		352.613	282.091	
Totaal		11.726.515	840.314	672.251	
Energieinhoud aardgas (MJ/Nm3)		32			
Energie per kWh (MJ/kWh)			3,6	3,6	Totaal
Energie-inbreng (GJ/jaar)		375.248	3.025	2.420	380.694
CO2 emissie aardgas (kg CO2/m3)		2,5			
CO2 emissie aardgas (kg CO2/jaar)		29.316.289			
energie inhoud diesel (kWh/l)			9,1	9,1	
hoeveelheid diesel (l/jaar)			92.342	73.874	
CO2 emissie diesel (kg CO2/l)			2,6	2,6	
CO2 emissie diesel (kg CO2/jaar)			240.090	192.072	
Totale CO2 emissie (ton CO2/jaar)					29.748
* aanname: 50 % gaat naar Tiel en 50 % naar Zutphen					
** uitgangspunt uit rapport Hunze en Aas 5.000.000 m3 aardgas/jaar voor Swiss Combi Garmerwolde					
*** GMB Tiel: 45 kWh/ton slib en Zutphen: 36 kWh/ton slib. In deze tabel is 90 % van deze waarde aangenomen (vd Pol)					

In de tabel kunnen we zien dat de hoeveelheid CO2 die vrijkomt bij drogen door Swiss Combi en composteren bij GMB circa 29.748 ton CO2/jaar is.

Bijlage

4

Berekening extra slibtransport

Berekening van transport SEF Noord-NL en Slibdroging Noord-NL

Waterschap	Ton koek/ jaar	Afstand Attero km	Afstand Tiel km	Afstand Zutphen km	Slibkm/jaar
Wetterskip Fryslan	52.000	78			4.056.000
Ws Noorderzijlvest	16.258	61			991.738
Ws Hunze en Aas	22.395	61			1.366.095
Ws Velt en Vecht *	24.084	30	185	130	3.070.710
Ws Reest en Wieden*	17.413	21	160	100	1.898.017
Totaal					1.445.106
Inhoud transportwagen (m3)					20
Aantal transportwagenkm /jaar					72.255
Energieverbruik per transportkm (MJ/km)					11
Energieverbruik totaal (GJ/jaar)					759

* aanname: 50 % gaat naar Tiel en 50 % naar Zutphen

Berekening van transport SEF Fryslân

Waterschap	Ton koek/ jaar	Afstand REC km	Afstand Tiel km	Afstand Zutphen km	Slibkm/jaar
Wetterskip Fryslan	52.000	67,2			3.494.400
Totaal					3.494.400
Inhoud transportwagen (m3)					20
Aantal transportwagenkm /jaar					174.720
Energieverbruik per transportkm (MJ/km)					11
Energieverbruik totaal (GJ/jaar)					1.835

Berekening van transport SEF Groningen

Waterschap	Ton koek/ jaar	Afstand EON km	Afstand Tiel km	Afstand Zutphen km	Slibkm/jaar
Ws Noorderzijlvest	16.258	27			438.966
Ws Hunze en Aas	22.395	27			604.665
Totaal					1.043.631
Inhoud transportwagen (m3)					20
Aantal transportwagenkm /jaar					52.182
Energieverbruik per transportkm (MJ/km)					11
Energieverbruik totaal (GJ/jaar)					548

Berekening van transport SEF Drenthe

Waterschap	Ton koek/ jaar	Afstand Attero km	Afstand Tiel km	Afstand Zutphen km	Slibkm/jaar
Ws Velt en Vecht *	24.084	30	185	130	-3.070.710
Ws Reest en Wieden*	17.413	21	160	100	-1.898.017
Totaal					-4.968.727
Inhoud transportwagen (m3)					20
Aantal transportwagenkm /jaar					-248.436
Energieverbruik per transportkm (MJ/km)					11
Energieverbruik totaal (GJ/jaar)					-2.609

* aanname: 50 % gaat naar Tiel en 50 % naar Zutphen

Bijlage

5

Bouw-, stichtings- en jaarlijkse kosten

Bouw- en stichtingskosten SEF Noord-NL

Overzicht globale kostenraming		
Onderdelen		
Slibbuffer	EUR	860.000
Warmtewisselaar	EUR	400.000
Cambi (4 reactoren)	EUR	5.300.000
Slibgisting mesofiel	EUR	1.760.000
Gashouder	EUR	100.000
Airprex	EUR	1.300.000
Slibontwatering en appendages	EUR	2.780.000
Thermische slibdroging	EUR	7.857.000
NH3 stripper	EUR	2.650.000
Demon	EUR	910.000
Leidingwerk (14% van onderdelen)	EUR	3.350.000
Verhardingen (6% van onderdelen)	EUR	1.440.000
Bouwkosten	EUR	28.707.000
Onvoorziene kosten (20% van bouwkosten)	EUR	5.741.400
Toeslagfactor (50% van bouwkosten)	EUR	17.224.200
Stichtingskosten	EUR	51.672.600

Exploitatiekosten		
Afschrijving (10% van investering)	EUR/jaar	5.167.000
Onderhoud (2% van bouwkosten)	EUR/jaar	574.000
Energieverbruik	EUR/jaar	1.157.000
Stoomkosten	EUR/jaar	463.000
Personeel (6 FTE)	EUR/jaar	270.000
Chemicaliën	EUR/jaar	1.986.000
Restverontreiniging	EUR/jaar	105.000
Totaal	EUR/jaar	9.722.000

Bouw- en stichtingskosten slibdroging Noord-NL

Overzicht globale kostenraming		
Onderdelen		
Thermische slibdroging	EUR	12.480.000
NH3 stripper	EUR	1.890.000
Demon	EUR	370.000
Leidingwerk (14% van onderdelen)	EUR	2.060.000
Verhardingen (6% van onderdelen)	EUR	880.000
Bouwkosten	EUR	17.680.000
Onvoorziane kosten (20% van bouwkosten)	EUR	3.536.000
Toeslagfactor (50% van bouwkosten)	EUR	10.608.000
Stichtingskosten	EUR	31.824.000
Exploitatiekosten		
Afschrijving (10% van investering)	EUR/jaar	3.182.000
Onderhoud (2% van bouwkosten)	EUR/jaar	354.000
Energieverbruik	EUR/jaar	1.170.000
Stoomkosten	EUR/jaar	435.000
Personeel (6 FTE)	EUR/jaar	270.000
Chemicaliën	EUR/jaar	9.000
Restverontreiniging	EUR/jaar	32.000
Totaal	EUR/jaar	5.452.000

Bouw- en stichtingskosten SEF Friesland (stoomkosten bij 47 EUR/ton)

Overzicht globale kostenraming		
Onderdelen		
Slibbuffer	EUR	480.000
Warmtewisselaar	EUR	160.000
Cambi (4 reactoren)	EUR	2.500.000
Slibgisting mesofiel	EUR	1.130.000
Gashouder	EUR	70.000
Airprex	EUR	350.000
Slibontwatering en appendages	EUR	2.160.000
Thermische slibdroging	EUR	4.490.000
NH3 stripper	EUR	1.660.000
Demon	EUR	580.000
Leidingwerk (14% van onderdelen)	EUR	1.900.000
Verhardingen (6% van onderdelen)	EUR	810.000
Bouwkosten	EUR	16.290.000
Onvoorzien kosten (20% van bouwkosten)	EUR	3.258.000
Toeslagfactor (50% van bouwkosten)	EUR	9.774.000
Stichtingskosten	EUR	29.322.000

Exploitatiekosten		
Afschrijving (10% van investering)	EUR/jaar	2.932.000
Onderhoud (2% van bouwkosten)	EUR/jaar	326.000
Energieverbruik	EUR/jaar	463.000
Stoomkosten	EUR/jaar	1.028.000
Personeel (6 FTE)	EUR/jaar	135.000
Chemicaliën	EUR/jaar	768.000
Restverontreiniging	EUR/jaar	42.000
Totaal	EUR/jaar	5.694.000

Bouw- en stichtingskosten SEF Groningen (stoomkosten bij 47 EUR/ton)

Overzicht globale kostenraming		
Onderdelen		
Slibbuffer	EUR	480.000
Warmtewisselaar	EUR	120.000
Cambi (4 reactoren)	EUR	2.500.000
Slibgisting mesofiel	EUR	1.010.000
Gashouder	EUR	50.000
Airprex	EUR	350.000
Slibontwatering en appendages	EUR	2.160.000
Thermische slibdroging	EUR	3.730.000
NH3 stripper	EUR	1.430.000
Demon	EUR	490.000
Leidingwerk (14% van onderdelen)	EUR	1.720.000
Verhardingen (6% van onderdelen)	EUR	740.000
Bouwkosten	EUR	14.780.000
Onvoorziene kosten (20% van bouwkosten)	EUR	2.956.000
Toeslagfactor (50% van bouwkosten)	EUR	8.868.000
Stichtingskosten	EUR	26.604.000

Exploitatiekosten		
Afschrijving (10% van investering)	EUR/jaar	2.660.000
Onderhoud (2% van bouwkosten)	EUR/jaar	296.000
Energieverbruik	EUR/jaar	354.000
Stoomkosten	EUR/jaar	762.000
Personeel (6 FTE)	EUR/jaar	135.000
Chemicaliën	EUR/jaar	575.000
Restverontreiniging	EUR/jaar	30.000
Totaal	EUR/jaar	4.812.000

Bouw- en stichtingskosten SEF Drenthe

Overzicht globale kostenraming		
Onderdelen		
Slibbuffer	EUR	480.000
Warmtewisselaar	EUR	120.000
Cambi (4 reactoren)	EUR	2.500.000
Slibgisting mesofiel	EUR	1.010.000
Gashouder	EUR	50.000
Airprex	EUR	350.000
Slibontwatering en appendages	EUR	2.160.000
Thermische slibdroging	EUR	3.880.000
NH3 stripper	EUR	1.490.000
Demon	EUR	520.000
Leidingwerk (14% van onderdelen)	EUR	1.760.000
Verhardingen (6% van onderdelen)	EUR	750.000
Bouwkosten	EUR	15.070.000
Onvoorzien kosten (20% van bouwkosten)	EUR	3.014.000
Toeslagfactor (50% van bouwkosten)	EUR	9.042.000
Stichtingskosten	EUR	27.126.000

Exploitatiekosten		
Afschrijving (10% van investering)	EUR/jaar	2.713.000
Onderhoud (2% van bouwkosten)	EUR/jaar	301.000
Energieverbruik	EUR/jaar	381.000
Stoomkosten	EUR/jaar	145.000
Personeel (6 FTE)	EUR/jaar	135.000
Chemicaliën	EUR/jaar	622.000
Restverontreiniging	EUR/jaar	35.000
Totaal	EUR/jaar	4.332.000