

**stowa**

EINDRAPPORTAGE VAN ERVARINGEN MET SLIBDESINTEGRATIE  
OP DE RWZI'S BATH, ENSCHEDE EN NIEUWGRAAF

# SLIBDESINTEGRATIE



RAPPORT

2008  
**10**

SLIBDESINTEGRATIE

EINDRAPPORTAGE VAN ERVARINGEN MET SLIBDESINTEGRATIE  
OP DE RWZI'S BATH, ENSCHEDE EN NIEUWGRAAF

RAPPORT

2008

10

ISBN 978.90.5773.409.0



# COLOFON

UITGAVE STOWA, Utrecht 2008

## PROJECTUITVOERING

mevr. P. Clevering-Loeffen (Grontmij Nederland bv)

dhr. L. Luning (Grontmij Nederland bv)

dhr. O. Coops (Grontmij Nederland bv)

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

dhr. H. Schepman (Waterschap Groot Salland)

dhr. D. de Vente (Waterschap Regge en Dinkel)

dhr. E. Poulus (Waterschap Zeeuwse Eilanden, thans Evides)

mevr. K. Boterman-de Bruijn (Waterschap Vallei en Eem)

dhr. V. Claessen (Waterschap Aa en Maas, thans De Dommel)

dhr. F. Brandse (Waterschap Reest en Wieden)

dhr. L. van Efferen (Waterschap Zuiderzeeland)

dhr. C. Petri (Waterschap Rijn en IJssel)

mevr. E. Wypkema (Waterschap Brabantse Delta)

mevr. C. Uijterlinde (STOWA)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2008-10  
ISBN 978.90.5773.409.0

# TEN GELEIDE

Aan de verwerking van het slib dat bij de zuivering van afvalwater vrijkomt zijn aanzienlijke kosten verbonden. Uit een in 2006 uitgevoerde benchmarkstudie blijkt dat 13%-39 % van de totale kosten voor afvalwaterbehandeling nodig is voor het verwerken en afzet van slib.

Door de omvang van de te verwerken hoeveelheid slib te reduceren kunnen deze kosten worden beperkt. Als die reductie tot stand komt door een verbetering van de vergistbaarheid van het slib wordt bovendien meer (duurzame) energie geproduceerd. In het buitenland, met name in Duitsland zijn positieve ervaringen gerapporteerd over het toepassen van zogenoemde slibdesintegratie technieken die door een behandeling van het secundaire slib voorafgaand aan de gisting de afbraak van het slib verbeteren.

Het doel van het in dit rapport beschreven STOWA onderzoek is om de haalbaarheid in technische en economische zin te onderzoeken van de toepassing van slibdesintegratie op de Nederlandse RWZI's. Door de relatieve eenvoudige inpassing van de benodigde apparatuur in de bestaande sliblijn was het mogelijk dit onderzoek op praktijkschaal uit te voeren. In het onderzoek is de combinatie van slibdesintegratie met slibgisting beschouwd.

Na een oproep van STOWA aan de Nederlandse waterschappen om geschikte locaties aan te melden zijn drie onderzoekslocaties geselecteerd:

- RWZI Bath (Hoogheemraadschap Brabantse Delta);
- RWZI Enschede (Waterschap Regge en Dinkel);
- RWZI Nieuwgraaf (Waterschap Rijn en IJssel).

Belangrijk argument bij de locatiekeuze was de mogelijkheid om onderzoek aan behandeld en onbehandeld slib zoveel mogelijk parallel te kunnen uitvoeren. Hierdoor wordt bereikt dat het effect van de behandeling op een zo direct mogelijke wijze bepaald kan worden.

Voorafgaand aan het praktijkonderzoek is eerst een literatuurstudie uitgevoerd. (STOWA 2005-W04, 'Literatuurstudie slibdesintegratie'). Op basis hiervan is een selectie gemaakt van de technieken die nader zijn onderzocht in de praktijk. Door de relatief lange doorlooptijd van het onderzoek is ook tijdens het onderzoek al een rapportage opgesteld (werkrapport 2007-W06 'Slibdesintegratie; tussenrapportage').

In dit eindrapport zijn de resultaten uit de tussenrapportage aangevuld en geactualiseerd en het rapport vormt daarmee de afsluiting van het uitgevoerde onderzoek.

Uitvoering van het onderhavige onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de bijdragen en de betrokkenheid van de Waterschappen die verantwoordelijk zijn voor de onderzoekslocaties. Ook de medewerkers van deze waterschappen op deze locaties verdienen in dit opzicht een bijzondere vermelding. STOWA is zeer erkentelijk voor de geleverde inspanning.

# SAMENVATTING

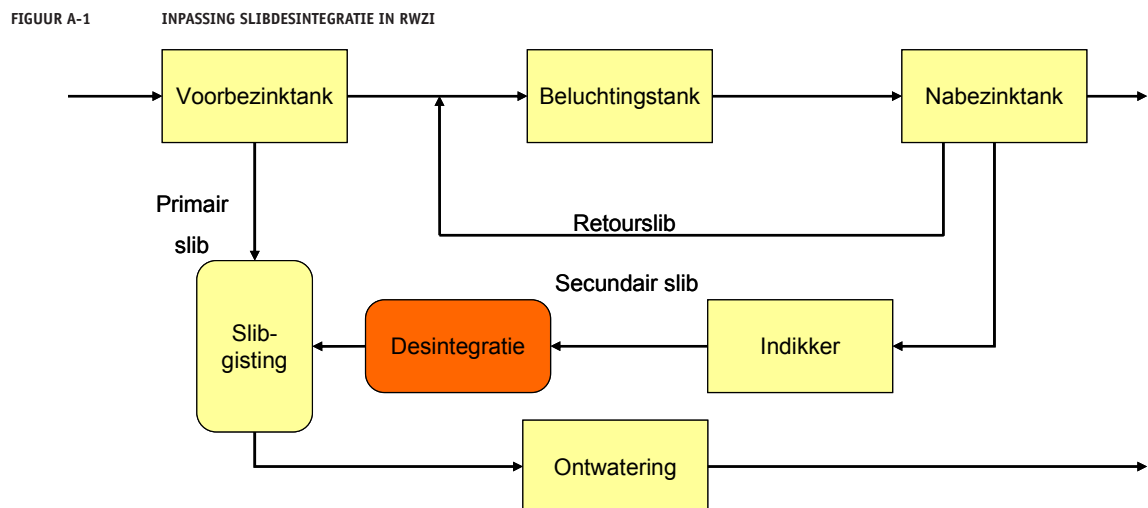
## A.1 INLEIDING

De verwerking van slib is een belangrijke kostenpost voor rioolwaterzuiveringen (rwzi). Eén van de manieren om de kosten voor slibverwerking te reduceren is het toepassen van slibdesintegratie, om zodoende de afbraak van organisch materiaal in de vergisting te stimuleren en het slib vervolgens beter te kunnen ontwateren. Een voordeel van de recent ontwikkelde vormen van slibdesintegratie is dat deze eenvoudig kunnen worden ingepast in de slibverwerkingslijn. Het bestaande proces hoeft niet fundamenteel te worden aangepast en de betrouwbaarheid en beschikbaarheid ervan worden niet negatief beïnvloed.

In aanvulling op de eenvoudige inpasbaarheid zijn er ervaringen in het buitenland, met name in Duitsland, gerapporteerd van toepassingen van nieuwe vormen van mechanische slibdesintegratie die met bescheiden investeringen een duidelijke reductie van de slibhoeveelheid realiseren. In combinatie met slibgisting kan bovendien de energieproductie in de vorm van biogas worden verhoogd en kunnen mogelijke operationele problemen van schuimvorming worden voorkómen of beperkt.

Mede op grond van bovenstaande overwegingen heeft STOWA besloten een praktijkonderzoek aan dit onderwerp te wijden. Het doel van het onderzoeksproject is het in kaart brengen van de haalbaarheid van slibdesintegratie voor Nederlandse rioolwaterzuiveringsinstallaties. Hierbij wordt het effect van slibdesintegratie in combinatie met slibgisting beschouwd.

De inpassing van slibdesintegratie voorafgaand aan slibgisting in een RWZI wordt in onderstaande figuur getoond.



## A.2 UITVOERING

Als eerste stap in de uitvoering is een literatuurstudie uitgevoerd. Deze is in 2005 afzonderlijk gepubliceerd (STOWA, 2005-W04). Op grond van de literatuurstudie is een keuze gemaakt voor technieken die gebruik maken van cavitatie om tot desintegratie van het slib te komen. Belangrijkste redenen hiervoor waren de eenvoudige inpasbaarheid en de gunstige economische vooruitzichten. Cavitatie, het ontstaan en vervolgens weer imploderen van kleine damp-

bellen in het slib, kan op verschillende wijzen tot stand gebracht worden. Technieken die recent ontwikkeld zijn maken gebruik van hoog frequente trillingen (20-24 kHz, ultrasoon geluid) of van variaties in druk en stroomsnelheid van het slib (hydrodynamische desintegratie).

Na een oproep van STOWA aan de Nederlandse waterschappen om geschikte locaties aan te melden zijn drie onderzoekslocaties geselecteerd:

- RWZI Bath (Hoogheemraadschap Brabantse Delta);
- RWZI Enschede (Waterschap Regge en Dinkel);
- RWZI Nieuwgraaf (Waterschap Rijn en IJssel).

Belangrijk criterium bij de locatiekeuze was de mogelijkheid om onderzoek aan behandeld en onbehandeld slib zoveel mogelijk parallel te kunnen uitvoeren. Door één lijn met en één lijn zonder slibdesintegratie te realiseren, wordt een referentiesituatie gecreëerd. Aspecten daarbij waren de voeding van de gistingstanks, afvoer van materiaal uit de gistingstanks, biogasproductie, de nageschakelde ontwatering en de beschikbare meet- en monsternamen voorzieningen.

Het belang van twee parallelle lijnen was uit eerdere ervaringen met slibdesintegratie op de RWZI Land van Cuijk duidelijk geworden. De procesomstandigheden voor slibgisting zijn aan voortdurende variaties onderhevig, zoals wijziging van het slibaanbod en de slibsamenstelling. De situatie van lange verblijftijden ten opzichte van de snelheid van variaties heeft tot gevolg dat er eigenlijk nooit sprake is van een stationaire toestand. Directe vergelijking van prestaties van slibgisting met resultaten uit het verleden is daardoor maar beperkt mogelijk. Bij parallel bedrijf, waarbij de omstandigheden voor beide lijnen met elkaar in de pas lopen, is zo'n vergelijking wel te maken.

Voor de drie locaties heeft een aanbesteding plaatsgevonden om te komen tot een leverancierskeuze. Dit heeft ertoe geleid dat op twee locaties, Bath en Nieuwgraaf, gebruik is gemaakt van techniek gebaseerd op ultrasoon geluid. Deze installaties zijn geleverd door de firma Solis. In Enschede is een installatie volgens het hydrodynamische principe toegepast van leverancier Aqa-Hydrasep. In beide gevallen gaat het om installaties die door Duitse bedrijven zijn ontwikkeld, respectievelijk Ultrawaves en Biogest.

In het programma van eisen (PvE) voor de aanbesteding werd van de leveranciers een minimale relatieve verbetering van de afbraak van organische stof geëist van 15%. Deze waarde is zo gekozen dat enerzijds de verifieerbaarheid van de verbetering niet ter discussie staat, maar dat anderzijds geen onhaalbare eisen aan de leveranciers werden gesteld. Om te beoordelen of de eis van 15 % verbetering haalbaar was heeft een aantal leveranciers oriënterend onderzoek uitgevoerd. Op basis hiervan hebben de leveranciers hun garanties voor de afbraak afgegeven, in enkele gevallen waren deze hoger dan de geëiste 15%. Geen van de aanbieders heeft aangegeven dat een dergelijke verbetering niet te realiseren zou zijn.

In de periode van april 2006 tot en met maart 2008 heeft op de genoemde locaties toegepast onderzoek plaatsgevonden naar verschillende wijzen van slibdesintegratie. De resultaten die zijn behaald worden navolgend besproken.

Naast een directe interpretatie van de meetgegevens zijn deze ook gebruikt om met behulp van een rekenmodel het inzicht in het verloop van het gistingsproces te verbeteren. De uitkomsten van het model zijn gebruikt als verificatie van de gevonden resultaten.

### A.3 OVERZICHT VAN RESULTATEN

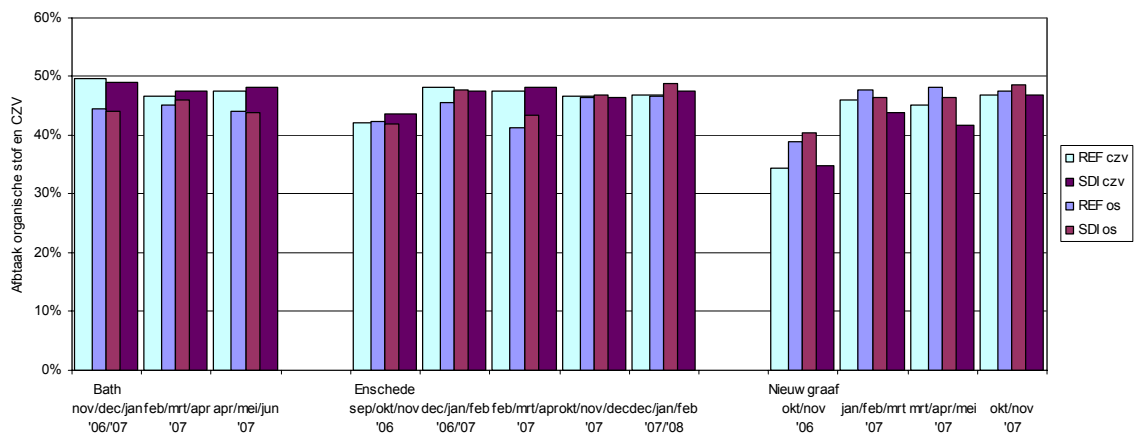
De extra reductie van de slibhoeveelheid met slibdesintegratie komt tot stand door een verdergaande afbraak van de organische stof in de slibgisting. Dit effect komt tot uitdrukking in de massabalans voor organische stof voor de slibstroom en in de optredende gasproductie. Bij het bepalen van de onderzoeksopzet was voorzien dat beide effecten met behulp van metingen zouden worden geverifieerd. Helaas bleek het afzonderlijk meten van de gasproductie in de twee parallelle lijnen op twee van de drie locaties onevenredig hoge kosten met zich mee te brengen zodat hiervan is afgezien. De afzonderlijke gasproductiemeting per lijn is daardoor alleen op de locatie Bath toegepast.

Om de effecten in de massabalans op adequate wijze te kunnen vaststellen is extra zorg besteed aan de wijze van monsternamen en analyse. Tevens is bepaald binnen welke grenzen de resultaten als significant kunnen worden beschouwd.

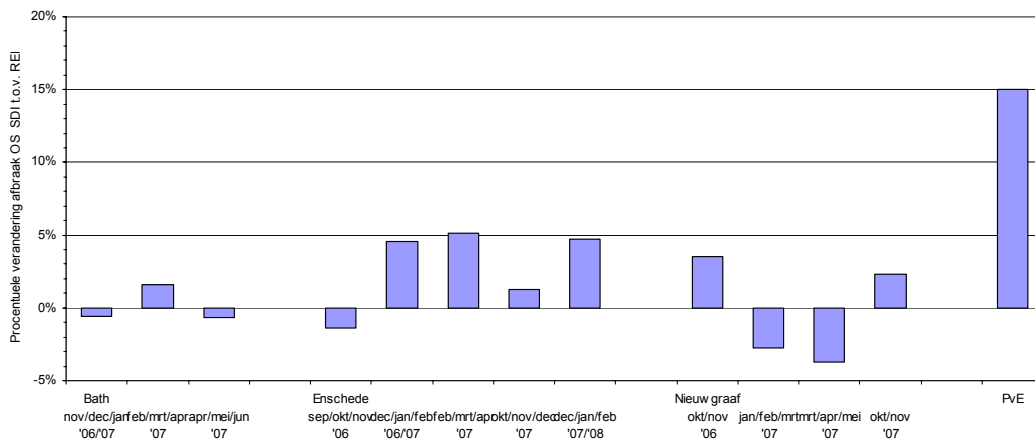
In Figuur A-2 en Figuur A-3 is een overzicht gegeven van de resultaten op het gebied van de afbraak van organisch materiaal. Ter vergelijking zijn in Figuur A-2 tevens de afbraakpercentages voor CZV weergegeven.

Per locatie gaat het hierbij om de gemiddelde gegevens van drie tot vijf perioden van elk twee of drie maanden. Door het presenteren van resultaten over een langere tijd wordt het effect van het optreden van versturende of vertekende tijdelijke effecten tot een minimum teruggebracht.

FIGUUR A-2 RESULTATEN AFBRAAK ORGANISCHE STOF EN CZV IN GISTINGSTANKS MET (SDI) EN ZONDER SLIBDESINTEGRATIE (REF) OP DE DRIE ONDERZOEKSLocatIES



FIGUUR A-3 RELatieve VERANDERING VAN DE AFBRAAK VAN ORGANISCHE STOF BIJ SLIBDESINTEGRATIE (SDI) EN REFERENTIE (REF) OP DE DRIE ONDERZOEKSLocatIES



De gepresenteerde resultaten in Figuur A-2 en Figuur A-3 laten duidelijk zien dat de geëiste relatieve verbetering van de totale afbraak van organische stof of CZV met 15% op geen van de locaties is gerealiseerd. Voor het goede begrip zij vermeld dat een relatieve verbetering van 15% ten opzichte van een afbraakpercentage van 40% overeen komt met een absolute verbetering van 6%.

De gevonden verbeteringen en verslechtingen zijn tevens dermate beperkt dat zij als niet significant beschouwd moeten worden.

Naast de verbetering op het vlak van de afbraak van organische stof, was ook verwacht dat er een verbetering van de ontwateringseigenschappen bereikt zou kunnen worden. Analoog aan het bovenstaande geldt dat ook hiervoor op alle drie de locaties geen significante verbeteringen geconstateerd zijn.

Slibdesintegratie wordt ook als een remedie beschouwd tegen het optreden van schuimvorming in slibgistinginstallaties. Het onderzoek heeft aangetoond dat dit zeker niet altijd van toepassing is. In zowel Enschede als Bath is tijdens de proeven schuimvorming opgetreden.

#### A.4 RESULTATEN MODELLERING

Uit de gevonden resultaten op de onderzoekslocaties is slechts zeer beperkt een effect van slibdesintegratie af te leiden. Het gebruik maken van de modellering van het gistingproces maakt het mogelijk om een aantal onzekerheden dat bij een rechtstreekse interpretatie van de meetresultaten optreedt uit te sluiten. Zo kan het effect van variërende verblijftijden en wisselingen in samenstelling van de voeding op een goede manier worden vertaald naar het effect op de afbraak van organische stof.

Uit de uitgevoerde berekeningen blijkt dat het gebruik maken van een modelberekening een nuttig hulpmiddel is om te komen tot een beter inzicht in de optredende verschijnselen.

Voor alle betrokken installaties is een redelijke tot zeer goede overeenstemming gevonden tussen de berekende waarden en de gemeten waarden uit de praktijk. Een deel van de gevonden verschillen tussen praktijk en berekening zijn waarschijnlijk te wijten aan onvolkomenheden in het gebruikte invoermateriaal voor de berekening, zijnde de debieten en samenstelling van het slib dat aan de gistinginstallatie gevoed wordt.



Gebruikmakend van de mogelijkheden van het rekenmodel blijkt dat er geen significante verbetering van de afbraak als gevolg van het toepassen van slibdesintegratie kan worden aangetoond. Dit is een bevestiging van de resultaten die direct aan de hand van de praktijkmetingen bepaald zijn.

Met behulp van het model kan tevens worden nagegaan welke aanpassingen in het gedrag van de slibgisting noodzakelijk zijn om een bepaalde verbetering in de afbraak te realiseren.

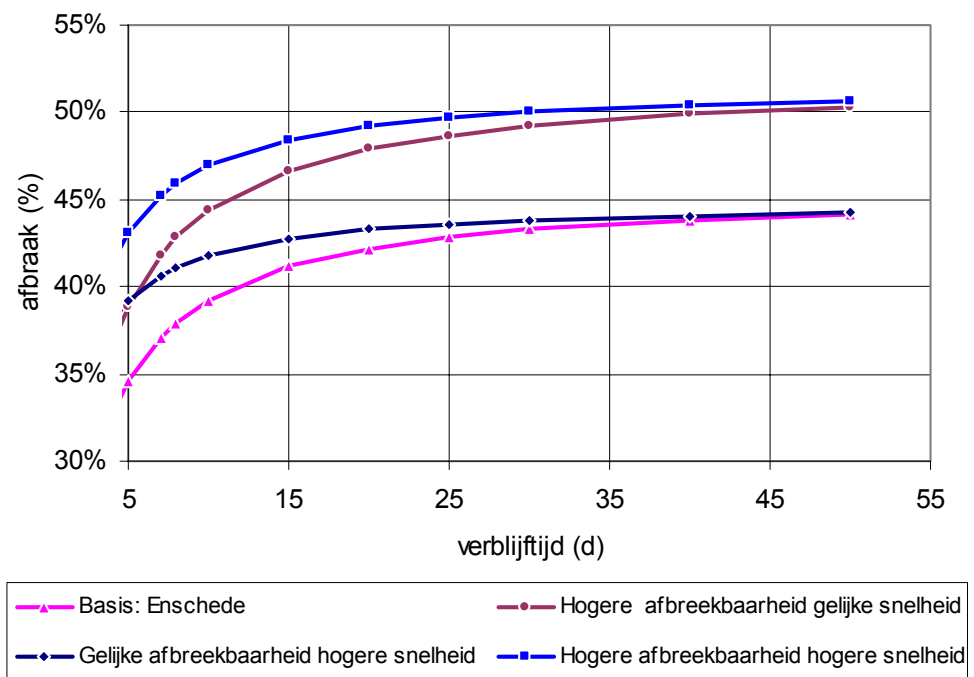
In Figuur A-4 is voor de karakteristiek zoals die voor de installatie in Enschede is vastgesteld nagegaan wat het effect is van het aanpassen van:

- afbraaksnelheid;
- mate van afbreekbaarheid van het secundaire slib;
- combinatie van beide.

Voor de omvang van de aanpassingen is aangehouden dat een verbetering van de afbraak met 15% moet worden gerealiseerd, tenzij dit tot uitgangspunten leidt die niet meer als realistisch worden beschouwd. Dit leidt tot de patronen zoals weergegeven in Figuur A-4.

FIGUUR A-4

EFFECT VAN VERBLIJFTIJD OP DE BEREKENDE AFBRAAK VAN ORGANISCHE STOF



Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Met alleen een verhoging van de *snelheid* van de afbraak is geen extra winst in de orde-grootte van 15% te behalen. In het gebied tussen 10 en 15 dagen verblijftijd is de maximale verhoging 4-7%, boven de 30 dagen verblijftijd is er geen effect meer.
- Om een verbetering van 15% van de totale afbraak te realiseren is een toename van de maximale afbreekbaarheid noodzakelijk van het *secundaire* slib van 40% naar 50%, bij gelijkblijvende eigenschappen van het *primaire* slib. Deze verbetering doet zich dan over vrijwel het gehele bereik van verblijftijden voor (10-45 dagen).
- Met een combinatie van zowel hogere snelheid als een betere afbreekbaarheid kan met name bij kortere verblijftijden (<25 dagen) nog extra winst geboekt worden.

Gelet op het bovenstaande is het van belang in hoeverre de onderzochte installaties in staat zijn de benodigde verbetering van de afbreekbaarheid van het secundaire slib tot stand te brengen. Zoals hierboven aangegeven moet daarbij de maximale afbreekbaarheid met circa 25% toenemen (van 40% naar 50%).

#### A.5 TOETSING VAN DE PRAKTIJK RESULTATEN AAN DE GARANTIEWAARDEN

Door het toepassen van slibdesintegratie wordt beoogd de afbraak van slib in de gistingstanks te verbeteren. De in het onderzoek toegepaste methoden, ultrasonische en hydrodynamische behandeling maken gebruik van het opwekken van cavitatie om dit doel te bereiken. Het effect van de behandeling komt onder meer tot uitdrukking in een verkleining van de aanwezige vloggrootte en in het openbreken van cellen. Dit laatste kan aan de hand van het vrijkomen van opgelost CZV in het behandelde slib worden vastgesteld. Hiermee wordt een indicatie verkregen van de verbetering van de afbreekbaarheid.

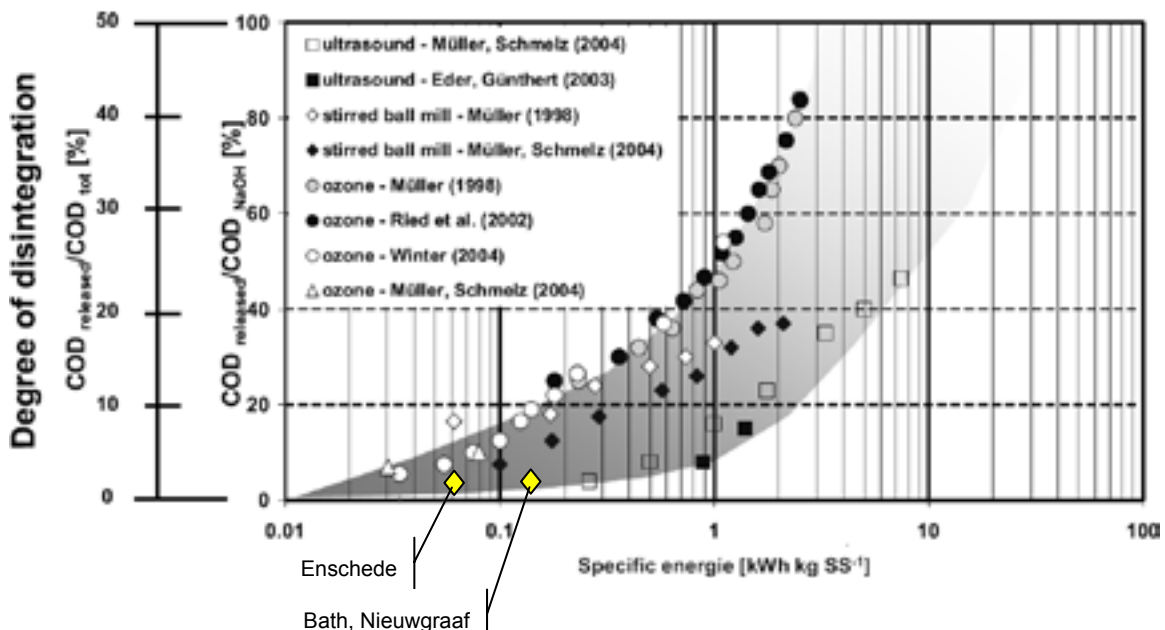
Op voorhand was er een sterk positieve verwachting over de resultaten die met de behandeling bereikt zouden kunnen worden. In de literatuur en bij referentieprojecten werden verbeteringen in de afbraak gerapporteerd van 15-25% met zelfs uitschieters naar meer dan 50%.

De verbetering van de afbraak van zuiveringslib door desintegratie komt tot stand door de combinatie van een aantal effecten:

- grote slibvlokken worden afgebroken tot kleinere deeltjes;
- contactoppervlak van de deeltjes neemt toe;
- aanwezige cellen worden (deels) opengebrouwen;
- aanwezige enzymen worden gemobiliseerd en geactiveerd.

Het verband tussen de toegevoerde energie en de hoeveelheid vrijgemaakt CZV is voor een aantal desintegratietechnieken weergegeven in Figuur A-5.

FIGUUR A-5 VERBAND TUSSEN ONTSLUITINGSGRAAD EN ENERGIETOEVOER BIJ SLIBDESINTEGRATIE<sup>1</sup> PER KG DS BEHANDELD SECUNDAIR SLIB



<sup>1</sup> Uit M. Böhler en H. Siegrist, "Potential of activated sludge disintegration" Conference proceedings IWA Nutrient management in wastewater treatment processes and recycle streams Krakow september 2005

Bij de omstandigheden binnen het onderzoek bedroeg de energietoevoer op Bath en Nieuwgraaf circa 0,12 kWh/kg DS. De hoeveelheid CZV die op deze wijze werd vrijgemaakt bedroeg onder representatieve omstandigheden circa 1,5 % van de aanwezige CZV<sub>tot</sub> in het behandelde slib. De gevonden waarden sluiten daarmee aan bij de waarden die in de grafiek voor ultrasound zijn opgenomen. In Enschede ligt de energietoevoer nog ongeveer een factor twee lager, maar de omvang van de ontsluiting was vergelijkbaar.

Bij deze waarden was volgens de leveranciers sprake van een acceptabele ontsluiting. Deze hoeveelheid is echter zeer gering ten opzichte van de omzetting die normaal in de slibgisting plaatsvindt. Het is daarmee de vraag of een dergelijke kleine mate van ontsluiting verantwoordelijk kan zijn voor een structurele verbetering van de afbraak van organische stof.

*Bij vergisting van slib wordt normaliter tussen de 40 en 45% van het aanwezige CZV omgezet in biogas. Bij een behandeling van 1/3 van de hoeveelheid secundair slib en een toevoer van primair slib naar de gisting die even groot is als de hoeveelheid secundair slib komt 1,5 % ontsluiting van de behandelde hoeveelheid overeen met 0,25% ontsluiting van de totale stroom naar de vergister. Afgezet tegen de geëiste absolute verbetering van de afbraak met circa 6% (=15% relatief) is duidelijk dat dit alleen bereikt kan worden als door middel van de vrijgemaakte materialen een aanzienlijke hefboomwerking (6% verbetering / 0,15% ontsluiting = factor 24) in de afbraak wordt bereikt.*

Met name de activering van enzymen zou een mechanisme kunnen zijn om zowel de snelheid als de maximale afbreekbaarheid van het behandelde slib te vergroten. Gelet op de gevonden resultaten lijkt dit bij de binnen het STOWA-onderzoek toegepaste omvang van de energietoevoer niet toereikend om het gewenste effect te bewerkstelligen.

De toegepaste energietoevoer door de slibdesintegratie installaties binnen het STOWA-project is bepaald door de betreffende leveranciers. Voor het STOWA-onderzoek moesten de verschillende leveranciers voor elke locatie een concurrerende offerte indienen voor een installatie die een verbetering van de afbraak met 15% zou kunnen bewerkstelligen. De keuze tussen de leveranciers is vervolgens per locatie door het betreffende waterschap gedaan op basis van de economisch meest aantrekkelijke aanbieding. De omvang van de benodigde energietoevoer heeft sterke invloed op zowel de investeringskosten als de operationele kosten van een installatie. Voor de leveranciers was het dus belangrijk om een installatie aan te bieden die met de minimale energietoevoer kon voldoen aan de gestelde eisen. Het lijkt dat hierbij te optimistische uitgangspunten zijn gehanteerd. Binnen de looptijd van het onderzoek zijn hiervoor op de onderzoekslocaties nog verder optimalisaties doorgevoerd, maar deze waren niet toereikend om alsnog aan de gestelde eisen te voldoen.

## A.6 ECONOMISCHE BEOORDELING

In het voorgaande is vastgesteld dat de bereikte verbetering van de afbraak sterk achterblijft bij de oorspronkelijke verwachting. Dit heeft natuurlijk ook gevolgen voor de economische haalbaarheid van het toepassen van slibdesintegratie.

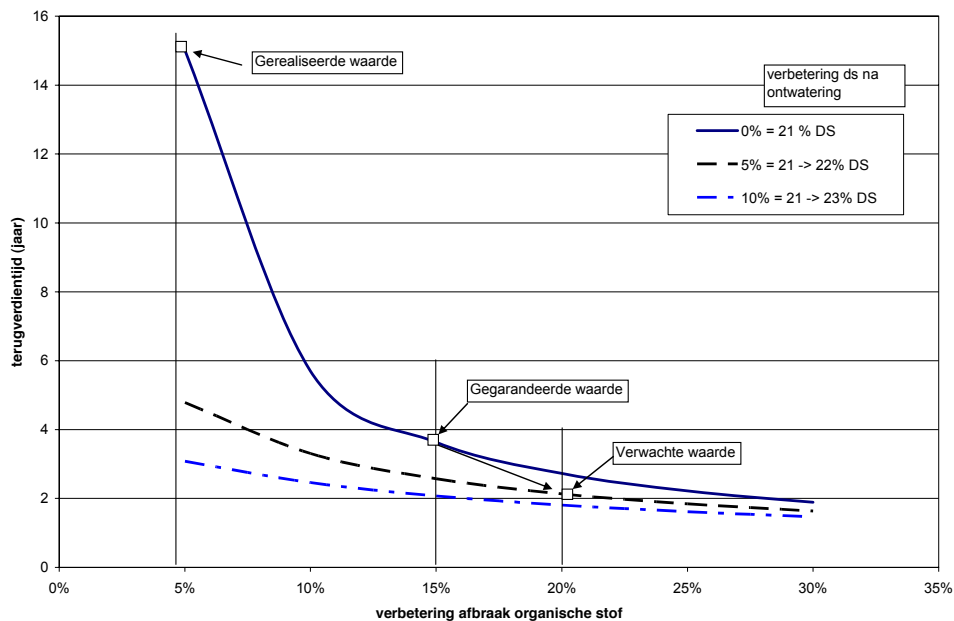
Bij het beoordelen van de economische haalbaarheid zijn een aantal effecten van belang:

- Door afbraak van organische stof hoeft er minder materiaal, uitgedrukt in tonnen droge stof te worden aangeboden voor eindverwerking, hierdoor ontstaat een besparing.
- Indien de ontwaterbaarheid van het slib verbetert, kan een verdere reductie van de hoeveelheid ontwaterd slib voor eindverwerking worden gerealiseerd.

- De afgebroken organische stof komt in de vorm van biogas beschikbaar, waarmee extra elektriciteit kan worden opgewekt.
- Door beperking van de hoeveelheid droge stof voor ontwatering kan een besparing gerealiseerd worden op het elektriciteitsverbruik en het gebruik van vlokmiddel voor de ontwatering. Bij dit laatste speelt mee in hoeverre met een aangepaste dosering kan worden gewerkt.
- Door extra afbraak kan ook een hogere retourbelasting naar de RWZI ontstaan, met als gevolg extra energieverbruik voor de beluchting.
- Voor het bedienen van de desintegratie zijn kosten van belang voor energie, onderhoud, bediening en vervanging van slijtdelen.
- Rekening houdend met deze aspecten kan de haalbaarheid van de slibdesintegratie beoordeeld worden. In Figuur A-6 is het verband tussen de terugverdientijd en de bereikte verbetering van de organische afbraak weergegeven voor de omstandigheden zoals die op de locatie Enschede van toepassing zijn.

In Figuur A-6 is verder aangegeven wat het effect zou zijn van een verbetering van het ontwateringsgedrag van het slib.

FIGUUR A-6 VERBAND TUSSEN TERUGVERDIENTIJD EN VERBETERING VAN DE ORGANISCHE STOF AFBRAAK VOOR DE SITUATIE OP DE RWZI ENSCHEDA



Uit het verband dat in de figuur wordt weergegeven blijkt duidelijk de sterk negatieve invloed op de haalbaarheid van slibdesintegratie bij het achterblijven van de verbetering van de organische stof afbraak. Met de gerealiseerde waarde voor de afbraak van organische stof en het effect op ontwateringsgedrag is geen economisch rendabele inzet mogelijk.

De figuur laat ook zien dat als er wel een verbetering van het ontwateringsgedrag optreedt er toch een economisch haalbare situatie kan ontstaan ondanks beperkte verbeteringen van de afbraak. Deze conclusie is locatie specifiek want ze is sterk afhankelijk van de condities die bij de berekening van de eindverwerkingskosten van toepassing zijn. Voor de locatie Enschede geldt dat deze redelijk zijn met de af te voeren hoeveelheid ontwaterd slib.

## A.7 CONCLUSIES

Onderstaande conclusies zijn gebaseerd op de ervaringen met slibdesintegratie op RWZI's Bath, Enschede en Nieuwgraaf.

- Het gebruik van massa- en CZV-balansen, samen met het intensieve bemonsterings- en analyseprogramma en de optredende fluctuaties in slibsamenstelling en -productie, heeft geleid tot een redelijke betrouwbaarheid van de gepresenteerde resultaten. Bij beperkte veranderingen (relatief verschil in organische stofafbraak kleiner dan 10%) is het effect niet hard aan te tonen op basis van een massa- of CZV-balans.
- De gegarandeerde verbetering in organische stofafbraak door het toepassen van de onderzochte wijzen van slibdesintegratie is niet aangetoond. De bepaalde percentages voor de verbetering van de afbraak, kleiner of gelijk aan 5%, vallen binnen de onbetrouwbaarheidsmarge en moeten als niet significant worden beschouwd.
- Het effect op het ontwateringsgedrag is afwezig tot marginaal. Bij een groter effect op de afbraak is het effect op de ontwatering naar verwachting ook duidelijker.
- Op grond van dit onderzoek geldt voor de beschouwde uitvoeringsvormen dat een economisch rendabele toepassing van slibdesintegratie niet haalbaar is. Deze conclusie is naar verwachting ook van toepassing op installaties die van dezelfde principes gebruik maken en met vergelijkbare energietoevoer werken.
- De energietoevoer door de drie slibdesintegratie-installaties in combinatie met de garantiewaarden voor de verbetering van de organische stofafbraak is laag in vergelijking met literatuurwaarden. Dit heeft tot gevolg dat er een groot verschil ontstaat tussen de mate van ontsluiting die wordt gerealiseerd en de omvang van de te realiseren verbetering in afbraak. Door het optreden van katalytische reacties met behulp van vrijgemaakte enzymen zou dit verschil mogelijk overbrugd kunnen worden, maar dit treedt blijkbaar bij de onderzochte omstandigheden in onvoldoende mate op.
- Schuimvorming kan door toepassing van slibdesintegratie niet in alle gevallen worden voorkomen. Er zijn indicaties dat vooral bij de behandeling van een relatief grote deelsroom met een relatief lage intensiteit een verhoging van de kans op schuimvorming kan optreden. Met behulp van regelmatige schuimpotentiometingen kan de kans op schuimvorming worden gemonitord.
- Het directe effect van de slibdesintegratie-installaties is aantoonbaar in de vorm van vrijgekomen opgelost CZV (ontsluiting) door de behandeling. Onder de onderzochte omstandigheden is de hoeveelheid vrijgemaakte CZV echter erg klein ten opzichte van de gewenste extra afbraak van CZV. Bij een verhoging van de absolute afbraak met 6% (15% relatief) is de vrijgemaakte hoeveelheid CZV meer dan een factor 20 kleiner dan de extra afbraak. Voor het effect op de afbraak spelen ook andere factoren mede een rol zoals de hiervoor genoemde enzym-reacties.
- De retourbelasting naar de RWZI vanuit de ontwatering is niet toegenomen door slibdesintegratie. Met het uitblijven van de verbeterde afbraak is dit ook niet te verwachten.

- Praktische problemen met het bedienen van de installaties zijn beperkt gebleven tot enkele storingen die snel opgelost zijn. Bij onderzoek in parallelbedrijf blijft een punt van aandacht het goed afstemmen van de besturing/aansturing van de slibdesintegratie-installatie in combinatie met de voeding van de gistingstanks om de beoogde bedrijfsvoering te realiseren.
- Parallelbedrijf van twee gistingstanks, waarvan één met slibdesintegratie en één als referentie is een belangrijke randvoorwaarde gebleken om resultaten objectief te kunnen bepalen.
- Op basis van literatuur en leveranciersinformatie en de uitgevoerde modelberekeningen lijkt het aannemelijk dat het effect van slibdesintegratie afneemt bij een langere verblijftijd in de gistingstank. Het effect van langere verblijftijden kan in Enschede een rol hebben gespeeld met verblijftijden van rond de 35 dagen. Voor Bath met verblijftijden rond 25 dagen speelt dit aspect minder en voor Nieuwgraaf met verblijftijden van rond de 16 dagen is het niet aan de orde.
- Aan de hand van de uitgevoerde modelberekeningen is een aantal specifieke conclusies te trekken:
  - de verhouding tussen de hoeveelheid primair en secundair slib in de voeding van de vergisting heeft een grote invloed op de te realiseren afbraak;
  - met alleen een verhoging van de *snelheid* van de OS afbraak is geen extra winst in de orde grootte van 15% te behalen. In het gebied tussen 10 en 15 dagen verblijftijd is de maximale verhoging 4-7%, boven de 30 dagen verblijftijd is er geen effect meer;
  - om een verbetering van 15% van de totale afbraak te realiseren is een toename van de maximale afbreekbaarheid noodzakelijk van het *secundaire* slib van 40% naar 50%, bij gelijkblijvende eigenschappen van het primaire slib. Deze verbetering doet zich dan over vrijwel het gehele bereik van verblijftijden voor (10-45 dagen);
  - met een combinatie van zowel hogere snelheid als een betere afbreekbaarheid kan met name bij kortere verblijftijden (<25 dagen) nog extra winst geboekt worden;
  - met een CZV-ontsluiting van <1% van het aangevoerde slib lijkt een verbetering van de afbreekbaarheid met 15% of meer niet aannemelijk.
- Het gebruik van modelberekeningen heeft een duidelijke toegevoegde waarde geleverd:
  - de modellering maakt effecten van variaties in debiet, DS en verhouding primair/ secundair slib op de totale afbraak inzichtelijk;
  - modellering maakt simulatie mogelijk van procesomstandigheden die in de praktijk ongewenst zijn of moeilijk haalbaar, zoals verdunning van stromen of korte verblijftijden;
  - het effect van geleidelijke variatie van DS en OS van het uitgegiste slib wordt zichtbaar ten gevolge van de fluctuaties in de invoer. Dit maakt een betere procescontrole mogelijk en tevens een betere beoordeling van de representativiteit van meetresultaten.

## A.8 AANBEVELINGEN

- Tenzij zich grensverleggende nieuwe ontwikkelingen voordoen lijkt een verdere implementatie van de hier onderzochte technologie voor de Nederlandse situatie niet aan te bevelen.
- De gekozen aanpak met parallelle lijnen en intensief meetprogramma heeft zich tijdens de uitvoering van het onderzoek bewezen. Voor vervolgonderzoeken ook op andere onderwerpen verdient deze aanpak de voorkeur.

## A.9 LEERPUNTEN

- Bij nieuwe veelbelovende technieken is het belangrijk kritisch te blijven met betrekking tot de resultaten. Enkele positieve referenties geven geen garantie voor een goed resultaat onder andere omstandigheden.
- Bij het beoordelen van het effect van een behandeling is het controleren van de leveranciersopgave van groot belang. Hierbij speelt ondermeer mee:
  - Wat is de achtergrond van het geclaimde effect van de behandeling, is er een goede theoretische verklaring beschikbaar;
  - Kan het geclaimde effect op de beoogde installatie aangetoond worden en wat zijn de randvoorwaarden waaraan dan voldaan moet worden, zowel voor het functioneren van de installatie als voor de verificatie;
  - Is voor alle relevante parameters voldoende betrouwbare informatie beschikbaar (te maken).
- Bij onderzoek aan nieuwe technologieën is het selectie criterium 'meest economische aanbieder' mogelijk een belemmering voor een goede uitvoering van het onderzoek en een goede ontwikkeling van de technologie.

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstututen en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)



# SUMMARY

## B.1 INTRODUCTION

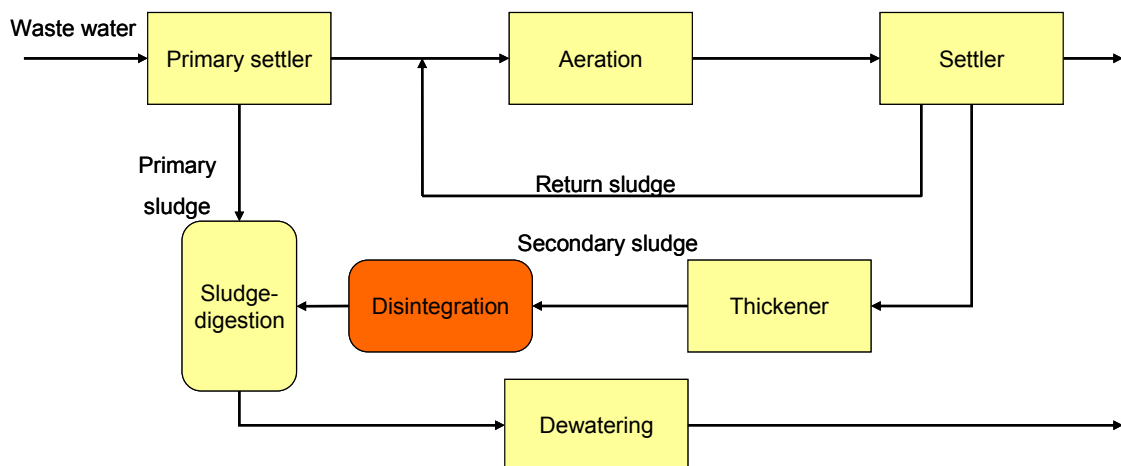
Sludge treatment, including dewatering and final disposal, constitutes a significant element in the overall treatment costs of waste water. One of the options to reduce these costs is the application of sludge disintegration to stimulate the degradation of organic material in sludge digesters and to improve the characteristics for the final dewatering. Recently developed forms of sludge disintegration have the advantage of easy implementation in the sludge treatment line. The existing process does not require fundamental changes and the reliability and availability are not compromised.

Experiences abroad, specifically in Germany, have been reported showing clear reductions of the amount of sludge, by application of newly developed forms of mechanical sludge disintegration. In addition to their easy implementation, these techniques require only a modest investment. In combination with sludge digestion they have the potential to increase the energy production in the form of biogas and to prevent or limit operational problems associated with formation of foam in the digesters.

Based on these considerations, STOWA (Dutch acronym for the Foundation for Applied Water Research: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) funded a research project to this subject. The goal of the project is to investigate the feasibility of sludge disintegration for Dutch Waste Water Treatment Plants (WWTP's). In particular the combination of sludge disintegration with sludge digestion was chosen a subject for research.

The implementation in a WWTP of sludge disintegration prior to sludge digestion is shown in Figure B-1.

FIGURE B-1 IMPLEMENTATION OF SLUDGE DISINTEGRATION IN WWTP



## B.2 STRUCTURE OF THE PROJECT

The first step of the project was the execution of a literature review. This review was published as a separate document in 2006 (STOWA, 2006-W04). Based on the results of the review, it was decided to investigate technologies that apply the principle of cavitation to reach the desired degree of disintegration of the sludge. Important criteria in this choice were the simple implementation and the positive economic perspectives. Cavitation, the development and consecutive implosion of small vapour bubbles in the sludge, can be established in a number of ways. Techniques that have been developed recently make use of ultrasonic vibrations (20-24 kHz), or of swift variations in pressure and flow velocity (hydrodynamic disintegration).

The next step in the project was the selection of WWTP's, suitable to serve as research sites. The Dutch Water boards were requested to present such sites to STOWA. From the sites presented three research sites were selected;

- WWTP Bath (Hoogheemraadschap Brabantse Delta);
- WWTP Enschede (Waterschap Regge en Dinkel);
- WWTP Nieuwgraaf (Waterschap Rijn en IJssel).

Important element in the site-selection was the possibility to perform the research on parallel lines. By comparing one line with treated sludge with one line with untreated material, a direct indication of the effect of the treatment with the reference can be obtained. Included aspects in this evaluation were the possibility to have separate monitoring of input and output of the digesters, biogas production, separate dewatering and sufficient provisions for sampling and monitoring.

The importance of two parallel lines had become apparent in an earlier project with sludge disintegration on WWTP Land van Cuijk. This project made clear that process conditions for sludge digestion are subject to constant variations, such as changes in sludge composition and quantity. A steady state of operation is never really achieved as a result of the combination of relatively long residence times in relation to the rate of these variations. Direct comparison of the performance of sludge digestion with results from the past is therefore often not possible. By creating parallel lines which are subject to the same (variations of) process conditions, direct comparison becomes possible.

For the three sites a tender procedure was performed to select the supplier of the equipment. As a result of this, two sites, Bath and Nieuwgraaf, were equipped with installations based on ultrasound, supplied by the company Solis. At the WWTP Enschede a plant based on hydrodynamic disintegration has been selected, supplied by Aqa Hydrasep. In both cases the applied technology was developed by German companies, Ultrawaves and Biogest respectively.

The Terms of Reference (ToR) for the plants in question specified a relative improvement of the degradation of organic matter by 15% (e.g. from 40% to 46% degradation). For this value two considerations were important. On the one hand, the value should be high enough to enable a clear verification of the achieved improvement. On the other hand the value should be realistic with respect to the expectations regarding the effect of the treatment. To test the feasibility of the required process performance, a number of suppliers have done site-specific research. This has led to process guarantee values which were higher in some cases than the required 15% improvement. None of the suppliers at any of the sites has indicated that the required improvement would not be feasible.

The research project ran from April 2006 to March 2008. Results from the project at the three different sites will be presented below.

### B.3 OVERVIEW OF RESULTS

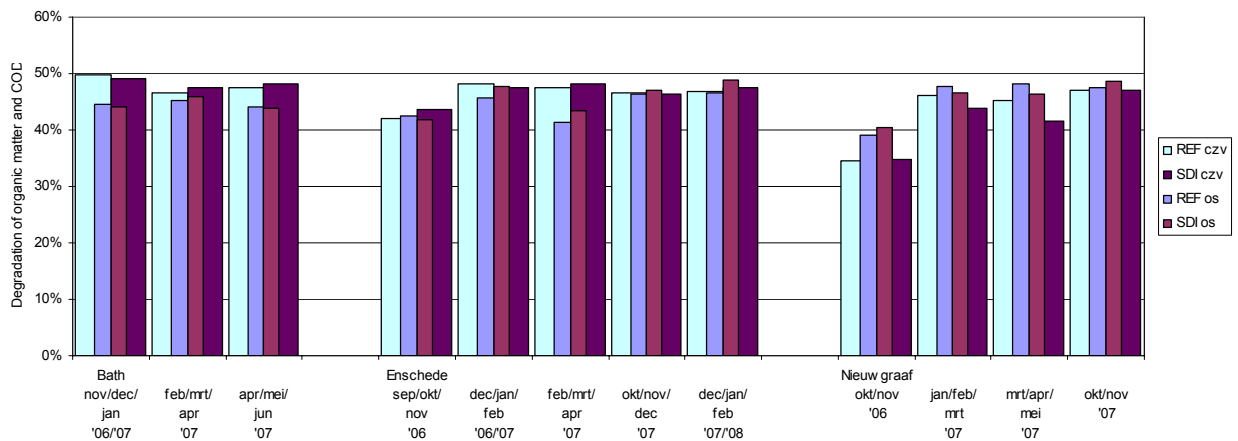
The additional reduction of the quantity of sludge by sludge disintegration is achieved by an extended degradation of the organic matter in sludge digestion. This effect is expressed in the mass balance for organic matter for the sludge stream passing through the digestion as well as in the amount of gas produced. In determining the research objectives the verification of both of these effects was envisaged. In the practical situation however, a separate measurement of the gas flow in both parallel lines proved to be possible only at excessive costs at two of the three WWTP's. For this reason the separate gas measurement was only applied at the WWTP Bath.

To determine the effects on the basis of the mass balance, specific attention was paid to sampling and analysis procedures. A separate investigation took place to determine the limits for the results to be statistically significant.

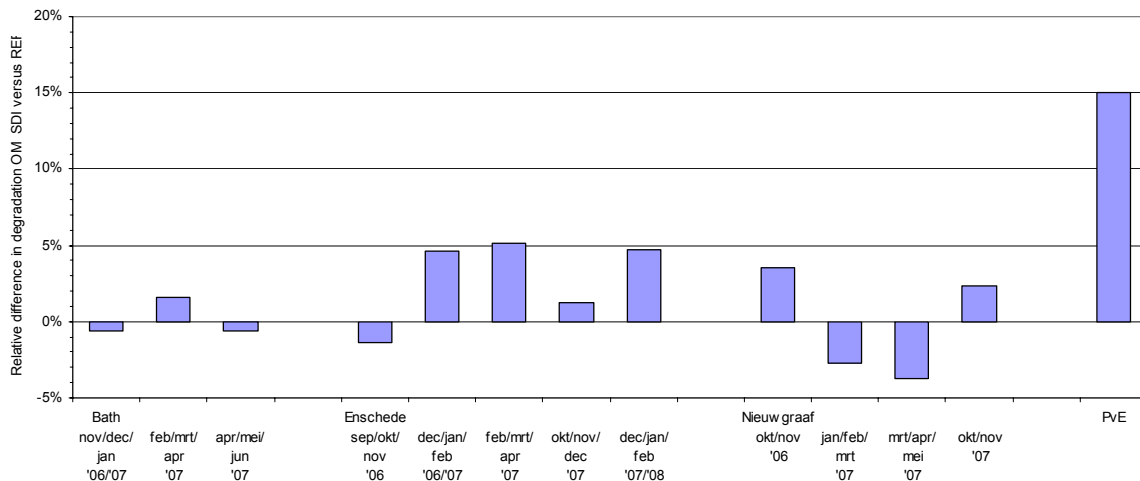
In Figure B-2 and Figure B-3 an overview is presented of the results regarding the degradation of organic matter. In Figure B-2 also the degradation percentages for COD are shown.

For each site this results in three to four periods averaged over two to three months for each period. By presenting average results over a longer time-frame the disturbance of temporary effects are reduced to a minimum.

FIGURE B-2 RESULTS IN THE DEGRADATION OF ORGANIC MATTER AND COD IN THE DIGESTION TANKS WITH (SDI) AND WITHOUT (REF) SLUDGE DISINTEGRATION AT THE THREE RESEARCH LOCATIONS



**FIGURE B-3** RELATIVE DIFFERENCE IN THE DEGRADATION OF ORGANIC MATTER IN SLUDGE DISINTEGRATION VERSUS REFERENCE SITUATION IN THE THREE RESEARCH LOCATIONS



The results presented in Figure B-2 and Figure B-3 clearly show that the required relative improvement of the degradation of organic matter and COD by 15% is not achieved on any of the three research sites. To illustrate the required effect, an improvement of 15% relative to a degree of degradation of 40% results in an absolute improvement of 6%.

The magnitude of the changes in degradation of organic matter, either positive or negative, was too small to be considered statistically significant.

In addition to the improvement of the degradation of organic matter, an improvement of the dewatering characteristics of the sludge was anticipated. However, in line with the results mentioned for degradation of organics, no significant improvements for dewatering were found.

Sludge disintegration is also considered as a potential remedy against the production of foam in sludge digestion. This investigation has shown that this is not generally applicable. At both WWTP's Bath and Enschede, foam production occurred during the execution of the project.

#### B.4 RESULTS OF MODELLING

The results at the research sites indicate only a limited effect of sludge disintegration. By modelling of the digestion process it is possible to eliminate a number of uncertainties connected to the direct interpretation of the acquired data. In this way the effect of changes in residence time and composition of the input stream can be translated in a representative way into the effect on the degradation of organics.

The calculations show that the application of such a model represents a useful tool to gain a deeper insight in the effects that were encountered.

For all of the research sites the match between calculated and measured values was fair to extremely good. Part of the differences found between the practical and the calculated situation is most likely due to inaccuracies in the input data for the model calculation. The most important input data are the flow and composition of the sludge that is fed to the digester.

By making use of the possibilities of the model it can be shown that no significant improvement of the degradation of organics can be determined. This confirms the results that were formulated on the basis of the direct interpretation of the measurements.

An additional feature of the model is that it is possible to identify the individual adaptations that would be required in the behaviour of the sludge digestion in order to realise a specific improvement in the degradation of organics.

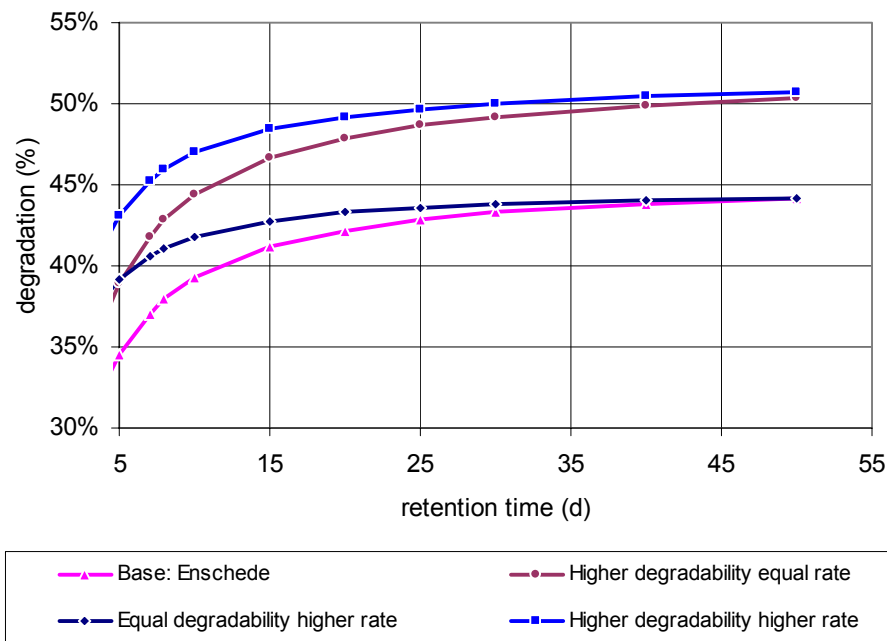
In Figure B-4 the effect of adaptation of the following process parameters is shown:

- Rate of degradation;
- Maximum achievable degree of degradation;
- Combination of these two.

To determine the extent of the required adaptation it is assumed that an improvement of 15% of the degradation should be achieved, unless this leads to parameters which are not considered realistic. The results are shown in the following graph. The base case presented in this graph is the characteristic of the digesters in Enschede. This shows the relationship between residence time and the degree of degradation of organics.

FIGURE B-4

EFFECT OF DIGESTER RETENTION TIME ON THE CALCULATED DEGRADATION OF ORGANIC MATTER



From the results presented the following conclusions can be drawn:

- By increasing only the *rate* of degradation an improvement of the order of 15% cannot be achieved. In the range of 10-15 days residence time, the maximum improvement is 4-7%, at residence times higher than 30 days the effect is negligible;
- To reach an improvement of the overall degradation of the sludge, an increase in the degradability for the *secondary* sludge from 40 to 50% is required, assuming constant features for the primary sludge, which does not undergo treatment. Typical of this improvement is that it appears to be independent of the applicable residence time. It occurs over the total range of values considered (10-45 days).
- With a combination of increased rate of degradation and degree of degradation, additional effect can be achieved, specifically in the range of shorter residence times (<25 days).

Considering the above, the desired improvement of 15% of the degradation can only be achieved by a substantial improvement of the maximum degradability of the secondary sludge. This degradability should improve from the value of 40% that was determined in the base-case to a value of 50%, which indicates an increase of the degradability by 25%. The feasibility of such an increase by sludge disintegration will be discussed in the following paragraph.

## B.5 DISCUSSION OF RESULTS

The aim of applying sludge disintegration is to improve the degradation of sludge in the digesters. The methods that were evaluated in the research project, ultrasonic and hydrodynamic treatment make use of cavitation to achieve this goal. The effect of the treatment is expressed in the reduction of the particle size of the sludge and the destruction of bacterial cells. The release of soluble COD is an indicator for the extent of cell destruction that is achieved by the treatment. This in turn indicates the improvement of the degradability of the sludge.

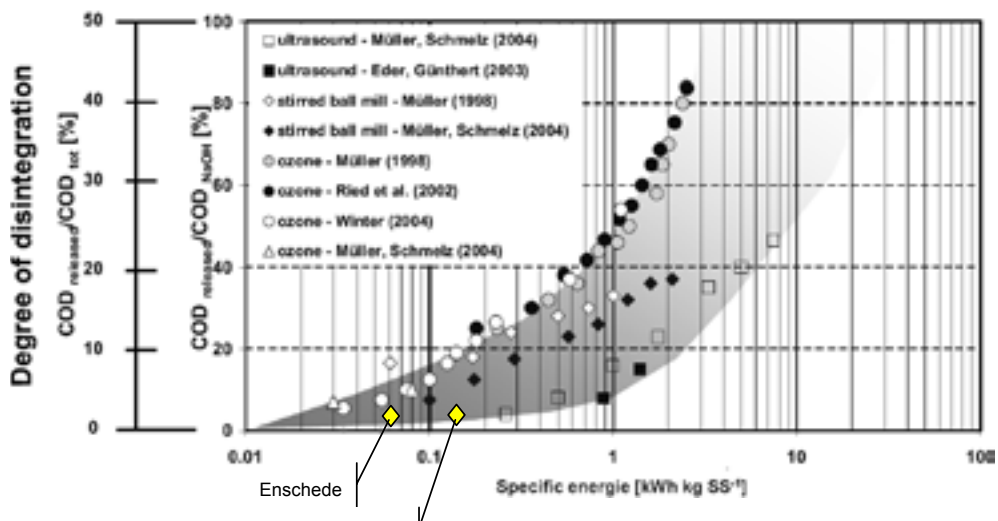
Initially the expectations with respect to the effect of the treatment were quite positive. In literature and in reference projects improvements in the range of 15-25 % were reported with exceptional values of up to 50% improvement of degradation.

The improvement of the degradation of sewage sludge is achieved by a combination of effects:

- Large sludge flocks are broken down to smaller particles;
- Surface area of the particles is increased;
- Bacterial cells are (partly) being destroyed;
- Available enzymes are being mobilised and activated.

The relationship between the energy supplied by different sludge disintegration technologies and the amount of soluble COD that is released is presented in Figure B-5.

FIGURE B-5

RELATIONSHIP BETWEEN DEGREE OF DISINTEGRATION AND ENERGY SUPPLY<sup>2</sup> PER KG SS TREATED SECONDARY SLUDGE

<sup>2</sup> Ref: M. Böhler en H. Siegrist, "Potential of activated sludge disintegration" Conference proceedings\IWA Nutrient management in wastewater treatment processes and recycle streams Krakow september 2005

During the research project the energy supply by sludge disintegration on the WWTP's Bath and Nieuwgraaf was approximately 0,12 kWh/kg  $DM_{\text{treated}}$ . The amount of soluble COD that was released under representative conditions was approximately 1,5% of the  $COD_{\text{total}}$  in the sludge treated. These practical values match very well with the values that are included in figure B-5 for ultrasonic disintegration. In Enschede the energy supply is roughly a factor two lower, but the degree of disintegration was comparable.

According to the reaction of the suppliers of equipment in the research project these values for the degree of disintegration were satisfactory. It has to be recognised however that it is quite low in comparison to the degree of conversion of COD that is occurring in standard digestion of sewage sludge.

*In sludge digestion typically 40-45% of the  $COD_{\text{total}}$  -content of the sludge is converted into biogas. If 1/3 of the amount of secondary sludge is treated by disintegration and the input of the digester consists of 50 % secondary sludge and 50% primary sludge, a degree of disintegration of 1,5% of COD from the treated secondary sludge equals 0,25 % disintegration of the overall input to the digester. In comparison to the required absolute improvement of 6% of the degree of degradation (15% relative improvement) it becomes clear that this can only be achieved if the released materials are capable of realising a substantial multiplication factor in the degradation of organic material ( order of magnitude for this factor would be 24 ( = 6 / 0,25).*

Potentially the activation of enzymes could be a mechanism to improve both the rate of degradation and the maximum degradability. Considering the results found, the magnitude of the energy supplied by sludge disintegration in the STOWA research project has not been sufficient to result in the desired effect.

The applied energy supply by sludge disintegration in the framework of the STOWA project has been determined by the equipment suppliers. For each research site, the suppliers were subject to a tendering procedure. The required performance of the equipment was set at 15% improvement in all cases. The offers have been evaluated by the individual Water Boards and the economically most attractive ones were selected. The magnitude of the required energy supply directly influences both investment costs and operational costs of the disintegration equipment. Therefore it was important that the suppliers offered equipment that was able to meet the performance requirements at a minimum energy supply. It appears that the starting points for the equipment design have been set too optimistically. Within the active period of the project a number of optimisations and additions have been realised, but these were not sufficient to raise the results to the required values.

## **B.6 ECONOMICAL EVALUATION**

In the preceding paragraphs it is shown that the achieved improvement of degradation of organic material does not meet the original expectations. In turn this also affects the economical feasibility of the application of sludge disintegration.

In evaluating the economical feasibility the following parameters are relevant:

- The degradation of organic material leads to a reduction of material that has to be taken care of by final disposal, typically incineration in the Netherlands. This leads to a reduction in disposal and transport costs.

- If the dewaterability of the sludge improves, a further reduction of the amount of dewatered sludge for final disposal can be achieved.
- The additional degradation of organic matter is released in the form of biogas which can be used to generate additional heat and electricity at the WWTP.
- By limiting the amount of Dry Matter sent to dewatering, savings can be made with respect to the consumption of electricity for dewatering and the consumption of flocculation agent. For the latter also the required dosage is a factor to be considered.
- The amount of pollution included in the filtrate from the dewatering could increase as a result of the improved degradation. This water is generally returned to the WWTP and the additional load results in extra costs for aeration.
- For the operation of the disintegration plant costs for energy consumption, maintenance, control and replacement of wear & tear parts have to be considered.

By evaluating the influence of the aspects mentioned above the feasibility of sludge disintegration can be assessed. In figure B-6 the relationship between pay-back time and the achieved improvement of degradation of organic matter are presented for the circumstances that apply to the WWTP Enschede.

In addition to the effect of improved degradation, the effect of improved dewaterability of the sludge is indicated in Figure B-6.

FIGURE B-6 RELATIONSHIP BETWEEN PAY-BACK TIME AND IMPROVEMENT OF DEGRADATION OF ORGANIC MATTER FOR WWTP ENSCHEDE

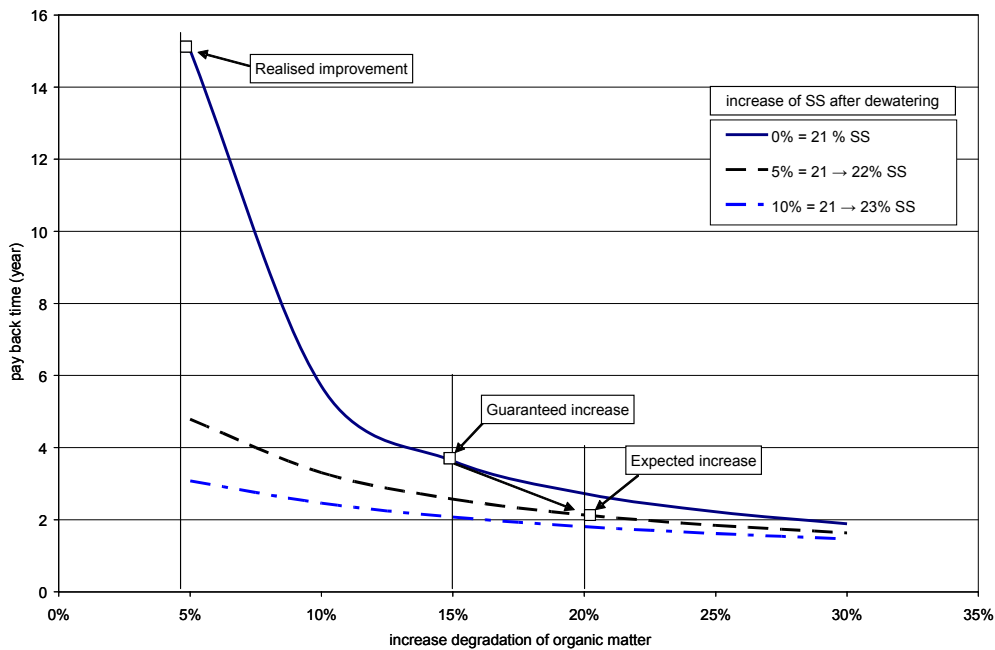


Figure B-6 clearly shows the negative effect on the feasibility of sludge disintegration at lower levels of improvement of degradation of organics. With the achieved values for degradation of organics and the effect on dewaterability, application of sludge disintegration is not economically feasible.

The figure also shows that if the dewaterability of the sludge improves despite of limited improvements of the degradation of organics, a feasible situation may still be achieved. This effect however is site-specific, because it depends quite strongly on the conditions that apply



for the calculation of the costs for the final disposal. For the site in Enschede these costs are directly proportional with the amount of dewatered sludge (mass) sent to final disposal.

## B.7 CONCLUSIONS

The conclusions below are based on the experiences with sludge disintegration on the WWTP's Bath, Enschede and Nieuwgraaf.

- The use of mass and COD-balances, in combination with an intensive program for sampling and analyses and the occurring fluctuations in sludge composition and flow have led to a reasonable reliability of the presented results. With limited differences between the reference line and the line receiving treated material (relative difference in organic degradation less than 10%), the effect of the treatment can not be determined in a reliable way on the basis of mass and COD-balances.
- The expected improvement of the degradation of organic material in sludge digestion by the application of disintegration has not been demonstrated clearly. The improvements that were determined are equal to or smaller than 5%. With this value they fall within the margin of reliability for the results and can not be considered statistically significant.
- The demonstrated effect on the dewatering behaviour is absent to marginal. It is to be expected that if the improvement of the degradation is increased, also the effect on dewatering will increase. The potential effect of changes in flocculation agent in combination with the application of sludge disintegration has not been investigated in this project.
- Based on the results of this research project the application of the types of sludge disintegration that were subject to investigation is not economically feasible in the Dutch circumstances. This conclusion is expected to be valid as well for other types of equipment that make use of the same operating principles and of comparable energy input levels related to the amount of sludge treated.
- The energy input for the three sludge disintegration plants under investigation is low in connection with the desired improvement of the degradation of organic matter and the values mentioned in literature. As a consequence a large discrepancy occurs between degree of disintegration and the magnitude of the desired improvement of degradation. Catalytic reactions resulting from the release of enzymes could in principle bridge this gap but apparently these do not take place in a sufficient degree.
- Application of sludge disintegration can not prevent the formation of foam under all circumstances. Some results indicate that a low intensity treatment of a relatively large part of the secondary sludge may lead to an increase of the potential for foam formation. The application of regular measurements of the foam potential has shown to be useful to monitor the risk of foam formation.
- The direct effect of sludge disintegration can be demonstrated by the release of soluble COD by the treatment. The amount of soluble COD released under representative circumstances by the treatment is however quite small in comparison to the desired additional degradation of COD. In comparison to a desired improvement of the degradation by 6%, (a relative improvement of 15%), the amount of COD released is

more than 20 times smaller than the desired additional degradation. The overall effect on the degradation is also influenced by other factors such as the catalytic enzymatic reactions that were mentioned before.

- The load of pollutants, present in the water from the sludge dewatering, did not increase by the application of sludge disintegration. Due to the limited effects that were determined this is in line with the expectations.
- Operational problems with the disintegration equipment have been limited to a small number of problems that could be resolved quickly. The adjustment of the control of the sludge disintegration equipment with the rest of the equipment in the sludge line will require attention in each specific case.
- Parallel operation of two sludge digestion lines has proven to be an important condition to determine the effects of the treatment in an objective way.
- Based on information from literature, equipment suppliers and modelling calculations it is plausible that the effect of disintegration will reduce with an increase of the residence time in the digester. The effect of long residence time may have influenced the results in Enschede, at values of 35 days in average. For WWTP Bath at residence times of 25 days, this effect would be less and for Nieuwgraaf, with residence times of around 16 days, it is not applicable at all.
- From the results of the model calculations the following specific conclusions can be drawn:
  - By increasing only the *rate* of degradation an improvement of the order of 15% cannot be achieved. In the area between 10-15 days residence time, the maximum improvement is 4-7%, at residence times higher than 30 days the effect is negligible.
  - To reach an improvement of the overall degradation of the sludge, an increase in the degradability for the *secondary* sludge from 40-50% is required, assuming constant features for the primary sludge, which does not undergo treatment. Typical of this improvement is that it appears to be independent of the applicable residence time, it occurs over the whole range of values considered (10-45 days).
  - With a combination of increased *rate* of degradation and increased *degree* of degradation, additional effect can be achieved, specifically in the range of shorter residence times (<25 days).
  - A release of <1% of soluble COD by sludge disintegration in combination with an increase of degradation of more than 15% does not appear to be realistic.

## B.8 RECOMMENDATIONS

- Unless revolutionary new developments take place, a further implementation of the types of sludge disintegration investigated in this project is not recommended for the Dutch situation.
- The research set-up of using parallel lines in combination with a comprehensive measurement programme has demonstrated its added value. In similar investigations this approach is recommended.

**B.9 LEARNING POINTS**

- When evaluating new promising technologies it is important to remain critical. References showing positive experiences elsewhere are no guarantee for similar results under other circumstances.
  
- When judging the effects of a specific treatment, the verification of the supplier's claims is important. Points to consider are:
  - The background of the claimed effects of the treatment and the availability of a sound theoretical explanation;
  - Is it practically possible to verify the effect of the treatment and what considerations have to be met in order to do so;
  - Is it possible to make sufficient reliable information available on all relevant parameters.
  
- Selecting equipment by the 'most economical offer' may present limitations for the execution of a research project and for the development of the technology in question.

# DE STOWA IN BRIEF

The Foundation for Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are all ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater treatment installations and dam inspectors.

The water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative legal and social scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed based on requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as knowledge institutes and consultants, are more than welcome. After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

The money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some 6,5 million euro.

For telephone contact number is: +31 (0)30-2321199.

The postal address is: STOWA, P.O. Box 8090, 3503 RB, Utrecht.

E-mail: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl).



# SLIBDESINTEGRATIE

## INHOUD

	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
	SUMMARY	
	STOWA IN BRIEF	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Algemeen	1
1.2	Doel van het onderzoek	1
1.3	Leeswijzer	1
<b>2</b>	<b>PROJECTAANPAK</b>	<b>3</b>
2.1	Deelprojecten	3
2.2	Literatuurstudie	3
2.3	Locatiekeuze	3
2.4	Voorbereiding demonstratie	4
2.5	Demonstratie	4
2.6	Tussen- en Eindrapportage	4

<b>3</b>	<b>LITERATUURSTUDIE</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	Algemeen	5
<b>3.2</b>	Samenvatting STOWA-rapportage 2005-W-04	5
	3.2.1 Algemeen	5
	3.2.2 Effect	5
	3.2.3 Marktrijpheid	7
	3.2.4 Aanbevelingen	7
<b>3.3</b>	Recente literatuur 2006-2008	7
<b>4</b>	<b>MODELLERING GISTINGSINSTALLATIES</b>	<b>11</b>
<b>4.1</b>	Inleiding	11
<b>4.2</b>	Beschrijving van het model	11
<b>4.3</b>	Aanbevelingen	16
<b>5</b>	<b>RWZI BATH</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	Beschrijving rwzi en aanpassingen	17
<b>5.2</b>	Beschrijving slibdesintegratie-installatie	17
	5.2.1 Tussentijdse aanpassingen van de installatie	20
<b>5.3</b>	Resultaten demonstratie	20
	5.3.1 Procesomstandigheden	20
	5.3.2 Hoeveelheden en samenstelling slib naar gisting	21
	5.3.3 Afbraak organische stof naar de gisting	22
	5.3.4 Afbraak van CZV	25
	5.3.5 Biogasproductie en specifieke biogasproductie	26
	5.3.6 Werking desintegrator	28
	5.3.7 Ontwateringsresultaat	29
	5.3.8 Balans over gisting (verificatie)	29
	5.3.9 Retourbelasting	30
<b>5.4</b>	Resultaten van de modellering	30
	5.4.1 Referentietank (GT1)	30
	5.4.2 Slibdesintegratietank (GT2)	33
	5.4.3 Conclusies voor de modelberekeningen voor Bath	36
<b>5.5</b>	Afronding van het onderzoek	36
<b>5.6</b>	Resumé resultaten slibdesintegratie RWZI Bath	36
<b>6</b>	<b>RWZI ENSCHEDE</b>	<b>38</b>
<b>6.1</b>	Beschrijving rwzi en eventuele aanpassingen	38
<b>6.2</b>	Beschrijving slibdesintegratie-installatie	39
	6.2.1 Tussentijdse aanpassingen van de installatie	41
<b>6.3</b>	Resultaten demonstratie	42
	6.3.1 Procesomstandigheden	42
	6.3.2 Hoeveelheden en samenstelling slib naar gisting	43
	6.3.3 Afwijkende omstandigheden tijdens proefperiode	44
	6.3.4 Afbraak organische stof in gisting	45
	6.3.5 Afbraak van CZV in de gisting	48
	6.3.6 Biogasproductie en specifieke biogasproductie	49
	6.3.7 Werking desintegrator	51
	6.3.8 Ontwateringsresultaat	53
	6.3.9 Balans over gisting (verificatie)	54
	6.3.10 Retourbelasting	55

<b>6.4</b>	Resultaten van de modellering	56
6.4.1	Algemeen	56
6.4.2	Referentielijn, Enschede GT1	56
6.4.2	Enschede, slibdesintegratie tank, gistingstank 2 en 3	58
6.4.4	Conclusies voor de RWZI Enschede	60
<b>6.5</b>	Afronding van het onderzoek	60
<b>6.6</b>	Resumé resultaten RWZI Enschede	61
<b>7</b>	RWZI NIEUWGRAAF	62
<b>7.1</b>	Beschrijving rwzi en eventuele aanpassingen	62
<b>7.2</b>	Beschrijving slibdesintegratie-installatie	63
<b>7.3</b>	Resultaten demonstratie	64
7.3.1	Procesomstandigheden	64
7.3.2	Hoeveelheden en samenstelling slib naar gisting	65
7.3.3	Afbraak organische stof in gisting	66
7.3.4	Afbraak van CZV	69
7.3.5	Biogasproductie en specifieke biogasproductie	70
7.3.6	Werking desintegrator	71
7.3.7	Ontwateringsresultaat	73
7.3.8	Balans over gisting (verificatie)	73
7.3.9	Retourbelasting	74
<b>7.4</b>	Resultaten van de modellering	75
7.4.1	Algemeen	75
7.4.2	Referentie Nieuwgraaf (gistingstank 1)	75
7.4.3	Slibdesintegratie tank (gistingstank 2)	78
7.4.4	Conclusies modellering voor Nieuwgraaf	79
<b>7.5</b>	Afronding van het onderzoek	80
<b>7.6</b>	Resumé resultaten RWZI Nieuwgraaf	80
<b>8</b>	OVERIGE PROJECTEN IN NEDERLAND	81
<b>8.1</b>	Inleiding	81
<b>8.2</b>	RWZI Land van Cuijk	81
<b>8.3</b>	RWZI Meppel	83
<b>8.4</b>	RWZI Willem Annapolder	83
<b>8.5</b>	RWZI Zeist	84
<b>9</b>	DISCUSSIE VAN DE RESULTATEN	88
<b>9.1</b>	Inleiding	88
<b>9.2</b>	Onderlinge vergelijking	88
<b>9.3</b>	Opzet onderzoek met parallelle slibgistingstanks	91
<b>9.4</b>	Betrouwbaarheid in combinatie met monstername- en analyseprogramma	91
<b>9.5</b>	Toetsing van de praktijkresultaten aan de garantiewaarden	92
<b>9.6</b>	Energie toevoer in relatie tot afbraak	95
9.6.1	Op basis van literatuur	95
9.6.2	Literatuur in combinatie met praktijk	99
9.6.3	Mogelijke invloed van andere factoren	100
<b>9.7</b>	Schuimvorming	101
<b>9.8</b>	Economische beoordeling	101
<b>9.9</b>	Resumé	103



<b>10</b>	<b>CONCLUSIES, AANBEVELINGEN EN LEERPUNTEN</b>	<b>105</b>
<b>10.1</b>	Conclusies	105
<b>10.2</b>	Aanbevelingen	107
<b>10.3</b>	Leerpunten uit het uitgevoerde onderzoek	108
	10.3.1 Algemeen	108
	10.3.2 Positie van leveranciers	108
<b>10.4</b>	Afronding	109
	BIJLAGEN	
1	LOCATIEKEUZE	111
2	MONSTERNAME- EN ANALYSEPROGRAMMA	118
3	VAN KLEECK VERGELIJKING	130
4	CORRECTIE BIOGASMETING RWZI BATH	131
5	ONTSLUITINGSGRAAD	133

# 1

## INLEIDING

### 1.1 ALGEMEEN

De verwerking van slib is een belangrijke kostenpost voor waterzuiveringen. Eén van de manieren om de kosten voor slibverwerking te reduceren is slibdesintegratie, omdat dit de afbraak van organisch materiaal in de vergisting stimuleert en het slib gemakkelijker te ontwateren wordt. Door recente ontwikkelingen op het gebied van slibdesintegratie, met name op het gebied van de mechanische technieken, staat dit onderwerp momenteel volop in de belangstelling.

Inmiddels zijn er in het buitenland enkele tientallen referenties beschikbaar waarbij gebruik gemaakt wordt van ultrasoon geluid of hydrodynamische principes voor slibdesintegratie. Mede dankzij de gunstige resultaten die in deze projecten behaald zijn, zijn ook in Nederland de eerste projecten van slibdesintegratie gerealiseerd.

Een voordeel van de recent ontwikkelde vormen van slibdesintegratie is dat ze eenvoudig kunnen worden ingepast in de slibverwerkingslijn. Het bestaande proces hoeft niet fundamenteel te worden aangepast en de betrouwbaarheid en beschikbaarheid worden niet negatief beïnvloed.

In het kader van dit project is STOWA 2005-W04 'Literatuurstudie slibdesintegratie' verschenen en het werkrapport 2007-W06 'Slibdesintegratie, tussenrapportage'. De resultaten die beschreven zijn in 2007-W06 zijn integraal opgenomen en aangevuld in dit rapport.

### 1.2 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het doel van het onderzoeksproject is het in kaart brengen van de effecten van slibdesintegratie voor Nederlandse waterzuiveringsinstallaties. Hierbij wordt het effect van slibdesintegratie in combinatie met slibgisting beschouwd, omdat deze toepassing het meeste perspectief biedt.

Dit eindrapport heeft tot doel de resultaten en ervaringen die behaald zijn binnen het onderzoeksproject te presenteren en conclusies te trekken over de mogelijke rol en de betekenis van slibdesintegratie voor de Nederlandse situatie van afvalwaterzuivering in combinatie met slibgisting. Daarnaast wordt aandacht besteed aan een aantal algemene leerpunten ten aanzien van de uitvoering van de opzet en uitvoering van (langlopende) onderzoeksprojecten op praktijkschaal.

### 1.3 LEESWIJZER

Het rapport begint met de beschrijving van een aantal algemene zaken die voor het onderzoek van belang zijn. Zo wordt in hoofdstuk 2 de aanpak van het onderzoeksproject beschreven. In hoofdstuk 3 wordt een samenvatting van de literatuurstudie over slibdesintegratie

(STOWA 2005-W04) gegeven. Daarnaast zijn belangrijke en relevante elementen uit de literatuur van 2006 tot en met 2008 toegevoegd. In hoofdstuk 4 is een algemene beschrijving opgenomen van het rekenmodel dat als hulpmiddel in het kader van het onderzoek is ontwikkeld en toegepast.

Vervolgens worden de locaties, de geïnstalleerde desintegratie-installaties en de resultaten beschreven van achtereenvolgens Bath (hoofdstuk 5), Enschede (hoofdstuk 6) en Nieuwgraaf (hoofdstuk 7). De beschrijving van deze resultaten is zodanig gestructureerd dat alle informatie die op een bepaalde locatie betrekking heeft in deze hoofdstukken is terug te vinden. Dit geldt zowel voor de interpretatie van de gemeten resultaten als de uitgevoerde modelberekeningen per locatie. Door deze opzet heeft de informatie in deze hoofdstukken een vrij gedetailleerd karakter.

In hoofdstuk 8 wordt kort ingegaan op de ervaringen die beschikbaar zijn van andere slibdesintegratieprojecten in Nederland.

Na de gedetailleerde beschrijving per locatie die in de hoofdstukken 5 tot en met 7 heeft plaatsgevonden, wordt in hoofdstuk 9 aandacht besteed aan de discussie van de resultaten waarbij de nadruk ligt op het combineren van de resultaten van de verschillende locaties met inzichten die uit literatuur en andere bronnen beschikbaar zijn. Hierbij wordt ook aandacht besteed aan een nadere verklaring van de gevonden resultaten en de consequentie hiervan voor de Nederlandse situatie. De economische beoordeling van de perspectieven voor slibdesintegratie worden ook in dit hoofdstuk behandeld.

In hoofdstuk 10 worden vervolgens de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek geformuleerd.

Voor degene die met beperkte lezing van het rapport wil volstaan is uiteraard de samenvatting van belang. Een verder inzicht in de onderzoeksresultaten is mogelijk door aanvullend het hoofdstuk met de discussie van de resultaten te beschouwen (hoofdstuk 9) en de formulering van de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 10.

# 2

## PROJECTAANPAK

### 2.1 DEELPROJECTEN

Het onderzoeksproject bestaat uit vijf deelprojecten:

1. literatuurstudie;
2. locatiekeuze;
3. voorbereiding demonstratie;
4. demonstratie;
5. evaluatie.

De aanpak van de deelprojecten is in dit hoofdstuk beschreven.

### 2.2 LITERAATUURSTUDIE

Er zijn verschillende technieken waarmee slibdesintegratie bereikt kan worden. Om deze goed in kaart te brengen is een korte literatuurstudie naar marktrijpe en volwassen technieken uitgevoerd (STOWA 2005-W04). De uitkomst van de studie is dat technieken die cavitatie toepassen als het meest kansrijk worden beoordeeld. Noodzakelijkerwijs is hierbij vooral gebruik gemaakt van ervaringen die in het buitenland zijn opgedaan, met een zwaartepunt voor toepassingen in Duitsland. Aan de hand van proceskenmerken en referenties is een keuze gemaakt welke technieken c.q. leveranciers in aanmerking komen voor het onderzoek. In hoofdstuk 3 is een samenvatting van deze literatuurstudie opgenomen.

### 2.3 LOCATIEKEUZE

Parallel aan de literatuurstudie is een inventarisatie uitgevoerd naar mogelijke locaties in Nederland voor het onderzoek. STOWA heeft een oproep gedaan aan de Nederlandse waterschappen om geschikte locaties aan te melden als potentiële deelnemer aan het onderzoek; hierop zijn 22 reacties gekomen.

Op basis van de binnengekomen aanmeldingen bij STOWA en inventarisatie van mogelijkheden zijn uiteindelijk drie onderzoekslocaties geselecteerd:

- RWZI Bath (Hoogheemraadschap Brabantse Delta);
- RWZI Enschede (Waterschap Regge en Dinkel);
- RWZI Nieuwgraaf (Waterschap Rijn en IJssel).

Belangrijk argument bij de locatiekeuze was de mogelijkheid om onderzoek aan behandeld en onbehandeld slib zoveel mogelijk parallel te kunnen uitvoeren. Aspecten daarbij waren de voeding van de gistingstanks, afvoer van uitgegist slib, de nageschakelde ontwatering en de beschikbare meet- en monsternamevoorzieningen. De achtergronden bij de locatiekeuze worden in Bijlage 1 behandeld.

## 2.4 VOORBEREIDING DEMONSTRATIE

Na selectie van de drie locaties is de voorbereiding van de demonstratie begonnen. Hierbij is bij iedere potentiële deelnemer een inventarisatie uitgevoerd die bestond uit de volgende stappen:

1. opstellen van een *balans over de sliblijn*;
2. inventarisatie van benodigde *aanvullende meet- en bemonsteringsvoorzieningen*;
3. *uitvoering van de aanpassing*. De installaties dienden op onderdelen te worden aangepast ten behoeve van de demonstratie, zoals het installeren van slibdesintegratie en het eventueel plaatsen van extra meters;
4. opstellen van een *Plan van Aanpak* voor de demonstratiefase.

## 2.5 DEMONSTRATIE

In deze fase heeft het daadwerkelijke onderzoek aan slibdesintegratie plaatsgevonden. Voor het kwantificeren van de effecten van slibdesintegratie is op de waterzuiveringen een uitgebreid monstername- en analyseprogramma rond de sliblijn uitgevoerd. Dit programma is opgenomen in Bijlage 2. Hierbij is tevens aandacht besteed aan de vereiste reproduceerbaarheid en nauwkeurigheid van de metingen.

Naast het uitwerken van de meetresultaten op basis van een massabalans over de gisting, worden de meetresultaten ook geanalyseerd middels een modelberekening. Tijdens het onderzoek is duidelijk geworden dat voor het interpreteren van de resultaten van de proeven het gebruik van modelberekeningen een nuttig hulpmiddel kan zijn. De achtergrond, aanpak en resultaten van de modelberekeningen zijn gegeven in hoofdstuk 4.

## 2.6 TUSSEN- EN EINDRAPPORTAGE

In verband met de doorlooptijd van het onderzoeksproject zijn de bereikte resultaten tot en met maart 2007 gepubliceerd in een tussenrapportage als voorpublicatie van de volledig afgeronde onderzoeksresultaten in de definitieve eindrapportage ('Slibdesintegratie; tussenrapportage', STOWA 2007-W06).

Bij de publicatie van dit eindrapport is het onderzoeksproject afgerond. De resultaten zijn geëvalueerd, waarbij ook een vergelijking is gemaakt met de andere slibdesintegratieprojecten die tot dit moment in Nederland in uitvoering zijn of zijn geweest. Deze evaluatie is gepresenteerd in dit eindrapport en gaat onder andere in op de technische en financiële mogelijkheden van slibdesintegratie bij Nederlandse waterzuiveringsinstallaties.

# 3

## LITERATUURSTUDIE

### 3.1 ALGEMEEN

In 2005 is een literatuurstudie naar slibdesintegratie uitgevoerd. Deze is in 2005 afzonderlijk gepubliceerd (STOWA, 2005-W04), de samenvatting is in paragraaf 3.2 opgenomen. De belangrijkste elementen uit relevante literatuur die beschikbaar is gekomen na de literatuurstudie (in 2006 en 2007) zijn kort samengevat in paragraaf 3.3.

### 3.2 SAMENVATTING STOWA-RAPPORTAGE 2005-W-04

#### 3.2.1 ALGEMEEN

In het kader van dit onderzoek is als eerste activiteit een literatuurstudie uitgevoerd. De literatuurstudie is in 2005 gepubliceerd als STOWA-rapportage ('Literatuurstudie slibdesintegratie', STOWA 2005-W-04). De studie gaat in op de mogelijkheden voor inzet van slibdesintegratie op een waterzuivering, de verwachte positieve effecten, eventuele nadelige neveneffecten en de marktrijpheid van diverse technieken.

Slibdesintegratie is de verzamelnaam voor technieken die er op gericht zijn de biologische afbreekbaarheid van het slib te verbeteren door het slib "uit elkaar te laten vallen". In eerste instantie is dit het afbreken van slibvlokken en bij intensievere behandeling van het slib worden ook aanwezige cellen opengebrouwen. Naarmate meer energie wordt toegevoerd, worden de slibstructuren verder afgebroken. Afhankelijk van de manier waarop die energie wordt overgedragen, worden vier soorten desintegratieprocessen onderscheiden: mechanisch, chemisch, thermisch en biologisch.

De huidige grootschalige toepassingen betreffen vooral de verbetering van de vergisting door desintegratie van ingedikt secundair slib. Een andere veel genoemde potentiële toepassing is de behandeling van retourslib. De studie is gericht op de eerste toepassing, namelijk desintegratie van secundair slib en vervolgens vergisting, omdat deze naar verwachting meer besparingen oplevert tegen lagere kosten. De behandeling van retourslib kan vooral interessant zijn voor zuiveringen zonder slibgisting.

#### 3.2.2 EFFECT

De belangstelling voor dit onderwerp is het gevolg van de milieuvoordelen en kostenbesparingen die door diverse wetenschappers en leveranciers worden geclaimd:

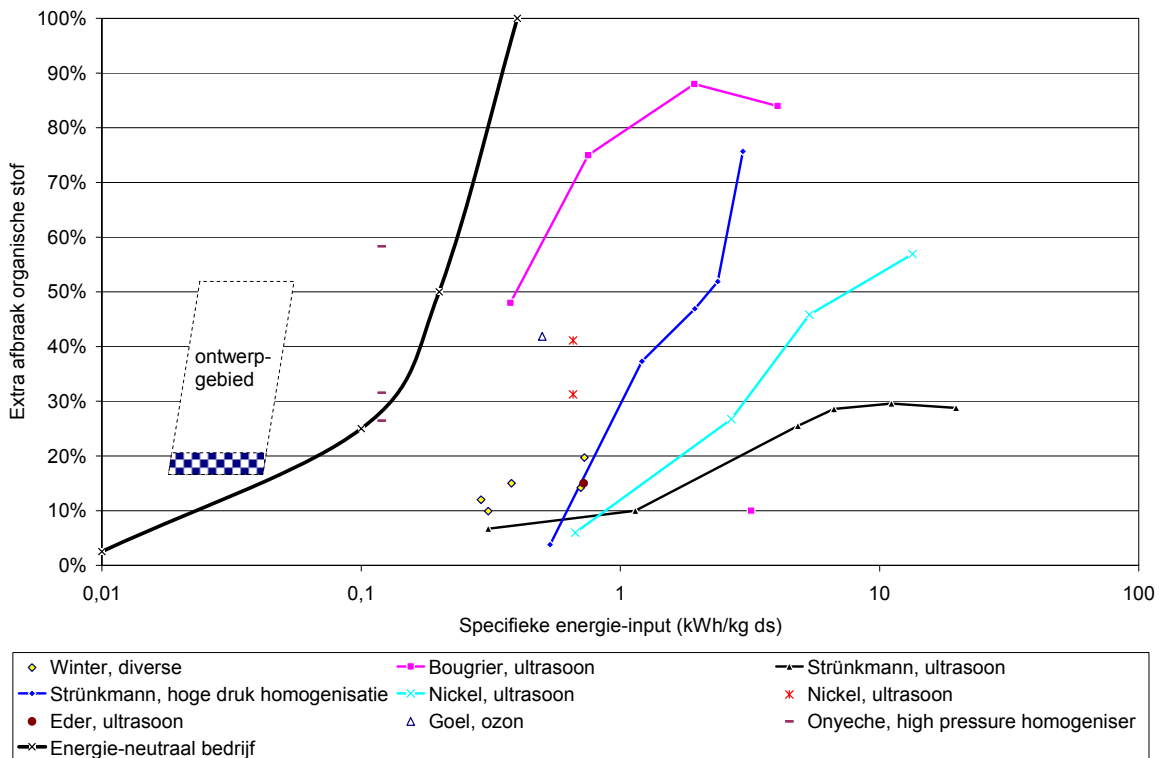
- Slibreductie

Door de voorbewerking van het secundair slib kan dit sneller en vollediger worden afgebroken tijdens de vergisting. Ten gevolge hiervan kan volstaan worden met een kortere verblijftijd ofwel vindt een verdergaande afbraak van organisch materiaal plaats bij dezelfde verblijftijd. In de literatuur worden toenames van de afbraak van organisch materiaal van 25-35% gemeld.

- Verbeterde ontwatering  
Ten gevolge van de andere deeltjesgrootteverdeling van het slib na desintegratie en het lagere gehalte aan organisch materiaal na vergisting is het slib beter ontwaterbaar. Een relatieve toename van het droge stofgehalte in de slibkoek met 10% is haalbaar.
- Bestrijding van licht slib en schuim  
Desintegratie kan de dradige structuur van het slib afbreken, waardoor schuimvorming wordt tegengegaan en het effectief volume van de vergistingstanks toeneemt.
- Toename van biogasproductie  
Door de toegenomen afbraak van biomassa in de vergisting wordt meer biogas geproduceerd. De toename van de biogasproductie is evenredig met de extra afbraak en ligt daarvoor naar verwachting in de grootte orde van 25%-35%.

In onderstaande Figuur 3-1 is het specifieke energieverbruik voor slibdesintegratie in recente installaties vergeleken met diverse onderzoeksresultaten. Tevens is het gebied aangegeven waar slibdesintegratie energie-neutraal draait: de extra elektriciteitsproductie uit biogas is gelijk aan het energieverbruik van de desintegratie-installatie. Via opschaling van laboratorium naar praktijk en de verdere technische ontwikkelingen is in de afgelopen jaren een vermindering van het energieverbruik van slibdesintegratie tot stand gekomen.

FIGUUR 3-1 GERALISEERDE EXTRA AFBRAAK VAN ORGANISCH MATERIAAL IN SLIB ZOALS BEPAALD IN VERSCHILLENDE LABORATORIUM ONDERZOEKEN (RECHTS VAN LIJN) EN HET ONTWERPGEBIED VAN EEN AANTAL COMMERCIELE LEVERANCIERS (UIT LITERAATUURSTUDIE). DE WERKPUNTEN ZOALS DE LEVERANCIERS DEZE VOOR BATH, ENSCHEDE EN NIEUWGRAAF HEBBEN AANGEBODEN BEVINDEN ZICH IN HET BLAUW GEBLOKTE GEDeelTE VAN HET ONTWERPGEBIED.



Naast het extra energieverbruik worden als mogelijke nadelige effecten van desintegratie genoemd:

- een verhoogde retourbelasting van stikstof, fosfaat en CZV en daardoor extra zuurstofverbruik maar ook de beschikbaarheid van een C-bron voor stikstofverwijdering;
- extra polymeerverbruik voor ontwatering; in sommige experimenten wordt gerapporteerd dat het droge stofgehalte na ontwatering toeneemt, maar dat hiervoor meer polymeer nodig is.

### 3.2.3 MARKTRIJPHEID

Ondanks het grote aantal desintegratietechnieken dat in de literatuur wordt beschreven, is het aantal technieken dat marktrijp kan worden genoemd beperkt. Slechts vier technieken voldoen ten tijde van het uitvoeren van de studie aan het selectie criterium dat zij full-scale zijn toegepast voor de behandeling van secundair slib, namelijk: ultrasoon geluid, hydrodynamische desintegratie, lysaatcentrifuge en thermische hydrolyse.

Een vergelijking van deze vier technieken op de criteria referenties, prestaties, bedrijfszekerheid en kostenniveau laat zien dat hydrodynamische desintegratie en toepassing van ultrasoon geluid momenteel de meest veelbelovende technieken zijn voor grootschalige desintegratie van secundair slib voorafgaand aan vergisting. De belangrijkste minpunten van de lysaatcentrifuge en thermische hydrolyse zijn respectievelijk de geringere prestaties op het punt slibreductie en de hoge kosten.

De technieken die door de locaties binnen dit onderzoek zijn toegepast zijn ultrasoon geluid en hydrodynamische desintegratie, beide maken gebruik van cavitatie. Bij cavitatie ontstaan dampbellen door de overdacht van energie op het slib, welke bij een bepaalde kritische grootte imploderen. Tijdens de implosie ontstaan hot spots in het slib, waar lokaal hoge temperaturen en drukken optreden, waardoor slibstructuren worden afgebroken.

### 3.2.4 AANBEVELINGEN

Uit de literatuurstudie komen de volgende aandachtspunten voor het onderzoeksproject naar voren:

- De aantoonbaarheid van resultaten is een moeilijk punt gebleken doordat verschillende interpretaties van gevonden effecten mogelijk bleken. Dit onderstreept de noodzaak om in twee parallelle lijnen met en zonder slibdesintegratie het effect te onderzoeken.
- Potentieel versturende omstandigheden, zoals verstoppingen, moeten vermeden worden om eenduidig het effect van desintegratie te kunnen bepalen. Bovendien is er veel tijd gemoeid met het opnieuw bereiken van een stationaire toestand in de gistingreactoren.

## 3.3 RECENTE LITERATUUR 2006-2008

Bij het beschouwen van recente literatuur valt op dat er de laatste jaren relatief weinig nieuwe ontwikkelingen en toepassingen zijn beschreven op het gebied van de slibdesintegratie technieken die in deze studie worden onderzocht. De thermische technieken zoals CAMBI, zijn juist relatief goed vertegenwoordigd. Dit kan te maken hebben met de verhoogde aandacht voor hygiënisatie van zuiveringsslib dat een landbouwkundige toepassing vindt. Door toepassing van CAMBI ontstaan voordelen bij de vergisting, maar wellicht belangrijker door het kunnen handhaven van de landbouwkundige toepassing kunnen hogere eindverwerkingskosten voor verbranding van het slib worden vermeden.



Bij een aantal recente artikelen valt op dat er wordt verwezen naar het tweede rapport van de Duitse 'Arbeitsgruppe Klärschlamm-desintegration' om een afnemend effect van slibdesintegratie met toenemende verblijftijd te onderbouwen. In dit rapport uit 2001 wordt een aantal uitspraken gedaan over dit verband. Zo wordt gesteld dat 'bij zeer hoge verblijftijden (>20 dagen) in één-traps volledig gemengde gistingssystemen nauwelijks een verbetering van de stabilisatie wordt bereikt'. Voor mechanische slibdesintegratie voor volledig gemengde systemen wordt als geschikt werkingsgebied een verblijftijd tussen 7 en 15 dagen genoemd, met als opmerking dat hiervoor nog geen ervaringen op praktijkschaal beschikbaar zijn. Ook wordt gewezen op de noodzaak voor goede menging bij dergelijk korte verblijftijden om kortsluitstromen te vermijden. Een verdere onderbouwing van deze stellingnamen wordt niet gegeven.

Door Böhler en Siegrist wordt een overzicht gegeven van verschillende toepassingen van slibdesintegratie inclusief het gebruik van ozon. Met betrekking tot slibdesintegratie in combinatie met gisting geven zij een verband tussen energietoevoer en mate van ontsluiting. Algemeen blijkt toepassing van ozon een efficiëntere methode voor ontsluiting dan mechanische methoden. Ultrasonische resultaten scoren ten opzichte van het toepassen van een kogelmolen weer vrij slecht. Algemeen komen zij tot de conclusie dat als de mate van ontsluiting wordt gebruikt als maat voor de extra afbraak, de benodigde energie voor alle beschouwde technieken, leidt tot een onrendabele exploitatie (zie voor verdere vergelijking met deze gegevens de discussie in hoofdstuk 9).

De vraag is of de ervaringen uit het buitenland nog steeds zo positief zijn als ten tijde van de aanvang van het project. Bij de publicatie van resultaten geldt bovendien dat het melden van positieve resultaten aantrekkelijker is dan negatieve ervaringen zeker voor de betreffende leverancier.

Objectief gezien geldt dat de ontwikkelingen van de afgelopen jaren voor de leveranciers niet altijd positief zijn geweest. Het pionierbedrijf op het gebied van ultrasonische slibdesintegratie, de firma IWE-tec is tijdens de looptijd van het project failliet gegaan. Hiermee komen ook de door dit bedrijf opgebouwde referenties in een ander daglicht te staan.

In publicaties van leveranciers worden over het algemeen positieve resultaten met verhoging van de gasproductie tussen 20 en 30% gerapporteerd, inclusief positieve effecten op het ontwateringsgedrag. Opvallend is dat er van enkele grote projecten die in 2005 zijn gestart, zoals de installatie in Auckland, Nieuw Zeeland, en Singapore na de initiële proeven geen resultaten meer zijn gepubliceerd. Van de installatie in Auckland kon via de jaarverslagen van het betreffende Waterschap worden achterhaald dat de installatie gedurende 2007 lange tijd buiten bedrijf is geweest en dat er wordt gezocht naar procesoptimalisatie.

Bij de publicaties die door deelnemers van de Arbeitsgruppe Klärschlamm-desintegration in de afgelopen tijd zijn verschenen ondermeer op de workshop in november 2007 in Osnabrück en op de conferentie in maart 2007 in Antalya, Turkije, wordt steeds weer teruggegrepen op de ervaringen die op de RWZI Schermbeck zijn opgedaan met een full-scale experiment waarin in parallelle lijnen verschillende desintegratietechnieken zijn onderzocht.

Dit onderzoek, uitgevoerd in 2003, dat in de vorm van een proefschrift van Anke Winter is vastgelegd, geeft voor de ultrasonische technologie een verbetering aan van bijna 10% op de afbraak van organische stof (van 48,9% naar 53,8%). Bij de bespreking van de resultaten blijkt

echter dat er verschil zit in de resultaten die op basis van de massabalans worden gevonden ten opzichte van datgene wat op basis van de gasproductie wordt gemeten. In eerste instantie blijven de gasproductiecijfers achter bij de waarden gevonden voor de massabalans. Dit wordt geweten aan fouten bij de meting van de gashoeveelheden. Hiervoor is naderhand rekenkundig een correctie toegepast. De resultaten zijn dus niet zo rechttoe rechtaan te interpreteren. In dit onderzoek is voor de energietoevoer bij de ultrasone toepassing een waarde te berekenen van 0,94 kWh/kg DS behandeld. Dit is bijna een factor 10 hoger dan de waarden die in dit STOWA onderzoek zijn gehanteerd. De hoge waarde is deels te verklaren uit de toegepaste apparatuur en deels doordat met lage DS-gehalten is gewerkt. De oorspronkelijke DS-gehalten lagen op circa 3% en er is vervolgens een verdunning toegepast van bijna een factor twee om de verblijftijd terug te brengen van 30 dagen naar 17-18 dagen. De omstandigheden in dit onderzoek zijn hierdoor ook niet meer vergelijkbaar met die binnen het STOWA onderzoek.

Voor de ultrasone slibdesintegratie installatie in Bamberg, die ook in de literatuurstudie als referentie is opgevoerd, was uit de oriënterende proeven een verbetering van de afbraak van circa 30% afgeleid. Resultaten van de praktijksituatie over de periode 2003 tot en met 2006<sup>3</sup> laten zien dat, rekening houdend met een verhoogde verwerking van de hoeveelheid slib, er in de praktijk een verhoging van de gasproductie met circa 10% is gerealiseerd. De daarbij gepresenteerde specifieke gasproducties, zowel betrokken op de hoeveelheid organische stof ingaand als op de verwijderde hoeveelheid organische stof zijn echter dermate hoog dat het vermoeden rijst dat de omvang van de ingaande hoeveelheid slib wordt onderschat. Mocht dit het geval zijn dan is de resulterende verbetering van de afbraak slechts zeer beperkt. Voor de beheerder is echter vooral belangrijk dat hij in staat is gebleken om met de huidige combinatie van slibdesintegratie en slibgisting het verhoogde slibaanbod op gecontroleerde wijze te verwerken en deels in biogas om te zetten.

Voor een andere vorm van slibdesintegratie, zoals de hogedrukhomogenisatie is aan de hand van onderzoek op praktijkschaal vastgesteld dat deze niet economisch rendabel ingezet kan worden voor verbetering van de afbraak in de gisting. Het betreffende Waterschap gebruikt de installatie nog wel voor de behandeling van drijfslaagmateriaal<sup>4</sup>.

Een vergelijkbaar proces, het Microsludge systeem, waarbij een combinatie van loogdosering en zeer hoge druk (800 bar) wordt toegepast, is in Californië zowel op lab- als op praktijkschaal onderzocht<sup>5</sup>. De behandeling had als gevolg dat de hydrolyse van organisch materiaal sterk toenam, maar dat de uiteindelijke omzetting in biogas in de gisting maar beperkt verbeterde, namelijk van 54% naar 57%. De gasproductie nam met minder dan 5% toe. De ontwatering van het uitgegiste slib vertoonde een kleine verbetering voor het behandelde slib, maximaal 1% in DS-gehalte. Op grond van deze resultaten en daarop gebaseerde economische afweging is afgezien van het installeren van een full-scale systeem.

- 3 Neis, U., Two years experience on a large German sewage treatment plant with acoustic disintegration of waste activated sludge for improved anaerobic digestion, 11th IWA-International Conference on Anaerobic Digestion, Brisbane, September 23-27, 2007
- 4 Behandlung von Schwimmschlamm mit einem Hochdruckhomogenisator und die Auswirkungen auf die Belebung und die Faulung auf der Kläranlage Hildesheim. DWA-Workshop „Erfahrungen mit die Desintegration von Belebt- und Überschlussschlamm“, Osnabrück, november 2007
- 5 Gary, D., et al, The effect of Microsludge™ treatment process on anaerobic digestion performance, Weftec 2007, 80th annual technical exhibition and conference, San Diego, 13-17 Oct, 2007, pp 1724-1738

Resumerend geldt dat er in de literatuur weinig over recente ervaringen met slibdesintegratie is gepubliceerd. Dit betekent dat er nog steeds vrij positieve resultaten worden gepubliceerd met name voor installaties en proeven die al langere tijd geleden hebben plaatsgevonden. Het is opmerkelijk hoe klein het aantal publicaties is over nieuwe toepassingen op praktijk-schaal.

Voor mechanische slibdesintegratie is het de vraag of het beeld dat uit de literatuur naar voren komt een goede weerspiegeling is van alle opgedane ervaringen.

Voor zeer intensieve desintegratiemethoden, zoals hogedrukhomogenisatie of toediening van ozon lijkt op dit moment vooral de economische haalbaarheid een verdere toepassing in de weg te staan.

# 4

## MODELLERING GISTINGSINSTALLATIES

### 4.1 INLEIDING

In de presentatie van de resultaten van het slibdesintegratie onderzoek wordt bij de beschrijving van de individuele installaties veel aandacht besteed aan het vaststellen van het mogelijke effect van de behandeling. Hiervoor is gebruik gemaakt van massabalansen op verschillende componenten en over verschillende perioden. Bij de interpretatie van de resultaten komt naar voren dat bij het beschouwen van een bepaalde parameter er voortdurend rekening gehouden moet worden met mogelijke wijzigingen in andere parameters. Zo wordt de relatieve afbraak van organische stof niet alleen beïnvloed door de verblijftijd in de gistingstank, maar bijvoorbeeld ook door de van toepassing zijnde verhouding tussen primair en secundair slib. Een andere complicerende factor is het feit dat bij het optreden van wijzigingen verschillende effecten niet gelijktijdig optreden, maar deels vrijwel direct (gasproductie) en deels met een vertraging (zoals concentraties in het uitgaande slib van de gisting). Om een betere vergelijking mogelijk te maken tussen gemeten en te verwachten waarden is het gebruik van een modelberekening een praktische mogelijkheid.

Een eenvoudig model, met de nadruk op eenvoudig, om het specifieke gedrag van de slibgisting mee te beschrijven was niet direct beschikbaar. De theoretische ondergrond voor het beschrijven van de optredende processen in de gisting is daarentegen wel goed bekend. Met deze beschrijvingen als basis is een rekenmodel ontwikkeld dat gebruik maakt van een veelgebruikt rekenprogramma (MS Excel).

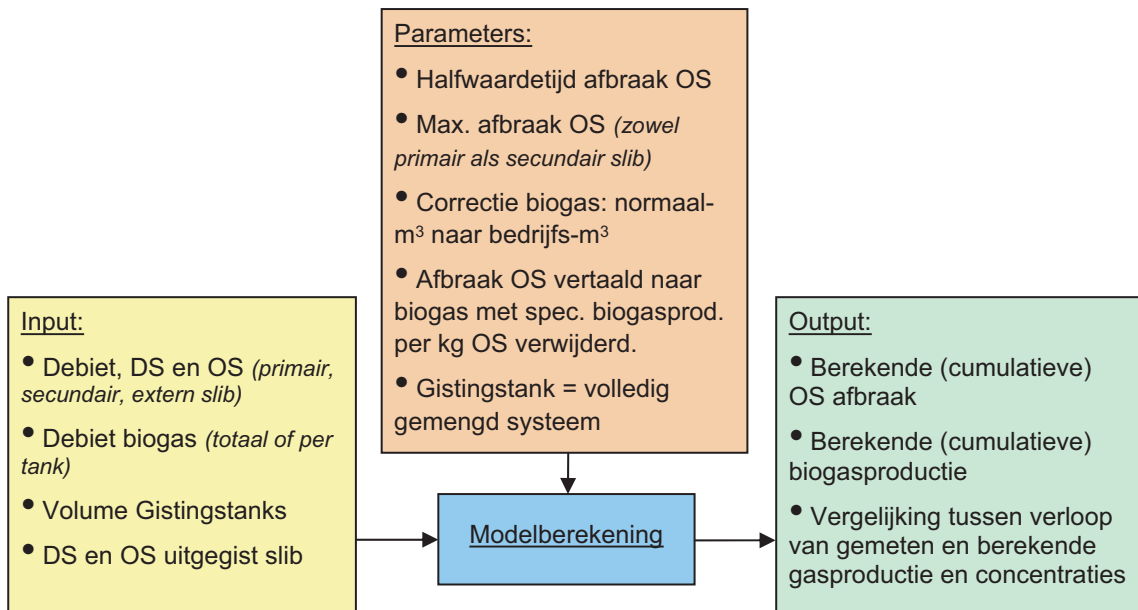
### 4.2 BESCHRIJVING VAN HET MODEL

Met behulp van het rekenmodel kunnen de dagelijkse meetwaarden gebruikt worden voor een simulatie van het proces in de gistingstank. De invoer voor het model bestaat uit beschikbare meetwaarden voor de ingaande stromen naar de vergistinginstallatie. Voor de verschillende stromen, zoals primair en secundair slib wordt rekening gehouden met de afzonderlijke debieten en met de samenstelling zoals die in het DS- en OS gehalte tot uitdrukking komt. Met behulp van het volume van de gistingstanks wordt vervolgens de momentane verblijftijd bepaald.

Op basis van deze invoer wordt door het model een afbraak van organische stof berekend en omgezet in een berekende gasproductie en berekende concentraties in het uitgaande slib. Deze berekende waarden kunnen vervolgens vergeleken worden met de gemeten waarden voor gasproductie en uitgestit slib.

De opzet van het ontwikkelde model is in onderstaande figuur weergegeven.

FIGUUR 4-1 OPZET VAN HET REKENMODEL VOOR SLIBGISTING



Het model is door de veelheid aan beïnvloedbare parameters in de praktijk een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Een aantal parameters die in de modelberekening worden meegenomen zijn de volgende:

- Afbraak van de organische stof volgens een eerste-orde benadering (vaste halfwaardetijd voor aanwezig organisch materiaal).
- Snelheid van afbraak en maximaal mogelijke afbraak van organische stof voor twee slibsoorten, primair slib en secundair slib, deze zijn afzonderlijk instelbaar.
- Gisting wordt als een volledig gemengd systeem beschouwd, de uitspoeling van nog niet gereageerd materiaal wordt in de berekening meegenomen.
- Afgebroken organisch materiaal wordt 'vertaald' naar de omvang van de biogasproductie. Hierbij wordt een specifieke biogasproductie per kg OS-verwijderd gebruikt om de gasproductie in normaal- $m^3$  te berekenen, deze wordt vervolgens omgerekend naar bedrijfs- $m^3$  met behulp van heersende druk, temperatuur en samenstelling, zodat een directe vergelijking met gemeten waarden mogelijk is.

Parameters waar geen rekening mee wordt gehouden zijn ondermeer de volgende:

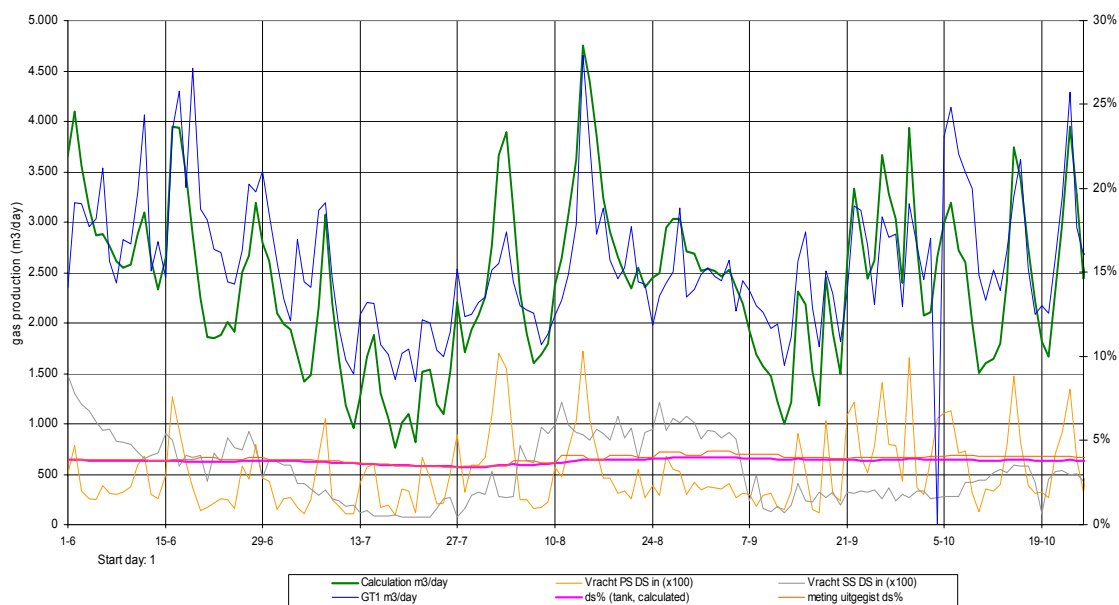
- Invloed van (wijziging van) de temperatuur in de gisting, deze wordt constant verondersteld, de invloed zit verwerkt in de gekozen waarden om een goede fit te bereiken.
- Invloed van mate van menging, deze wordt altijd als volledig beschouwd;
- Mogelijke invloed van uitspoeling of ophoping van materiaal in de gistingstank. Tevens wordt het volledige vloeistofvolume van de gistingstank als effectief volume aangehouden.
- Mogelijke beperkingen van de afbraak door onvoldoende methanogene biomassa in de vergister. Naar schatting kan dit effect in toenemende mate bij verblijftijden korter dan 15 dagen optreden. Voor die omstandigheden is het model in zijn huidige vorm dus niet geschikt. Deze komen in de praktijk bij slibgisting echter vrijwel niet voor.

Het model is een semi-dynamisch model, dat wordt gevoed met gegevens per dag en ook berekeningen uitvoert op dagbasis. De optredende fluctuaties in debieten en samenstellingen (DS en OS) van de ingaande stromen worden door het model verwerkt en de resulterende concentraties in de uitgaande stromen berekend. Op die manier kunnen de gemeten waarden en berekende waarden met elkaar vergeleken worden.

Voor het vaststellen van de parameters in het model wordt gekeken naar de mate waarin de berekening aansluit bij de gemeten waarden. Dit wordt gedaan over een zo lang mogelijke periode waarin de meetwaarden als goed betrouwbaar worden beoordeeld. Perioden met bijvoorbeeld schuimvorming waarin de gemeten gasproductie en de concentraties in het uitgiste slib niet representatief zijn, kunnen buiten de evaluatie worden gehouden.

In de onderstaande figuur wordt een typerend verloop weergegeven van gemeten en berekende waarden voor de referentie tank van de RWZI Bath.

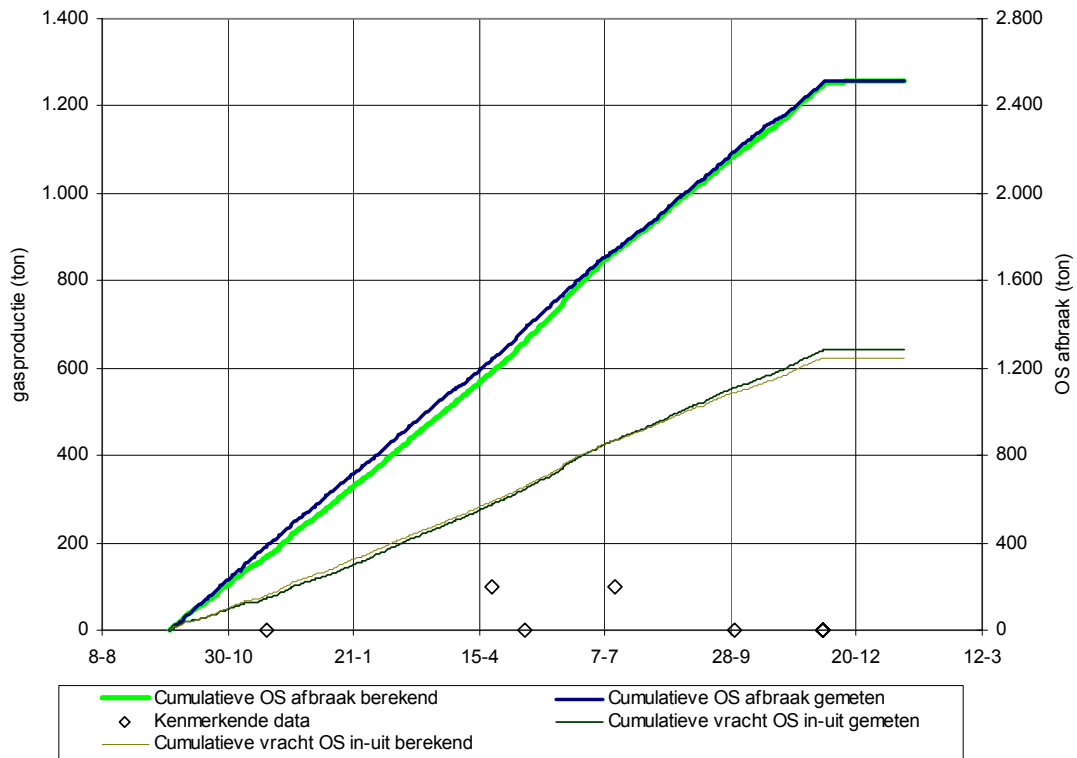
FIGUUR 4-2 VOORBEELD VAN UITKOMST VAN EEN MODELBEREKENING (BATH GISTINGSTANK GT1)



Zoals uit de figuur blijkt kan het patroon voor de gasproductie goed gereproduceerd worden door de modelberekening, zowel op korte als op de wat langere termijn (groene versus de donkerblauwe lijn). In het onderste deel van de figuur zijn verder de ingaande vrachten aan primair en secundair slib aangegeven met een lichtgele en lichtblauwe lijn. De rode en oranje lijn geven respectievelijk de berekende en de gemeten waarde weer van het DS-gehalte in het uitgiste slib. Ook hier blijkt dat een goede overeenkomst wordt gevonden. Ondanks de op het oog goede overeenkomst tussen berekening en praktijk kunnen er toch afwijkingen optreden die niet direct opvallen. Om dit te ondervangen is voor het uitwerken van de berekening gekozen voor het hanteren van cumulatieve gegevens over bepaalde periodes. Deze aanpak wordt hieronder kort toegelicht.

In de eerste plaats wordt het patroon van de dagelijkse variaties zoals het hiervoor is gepresenteerd omgezet naar een grafiek met cumulatieve resultaten. Hieronder is voor de situatie van RWZI Nieuwgraaf voor de referentie gistingstank dit patroon weergegeven.

FIGUUR 4-3 VOORBEELD VAN EEN CUMULATIEVE WEERGAVE VAN RESULTATEN UIT HET REKENMODEL VOOR NIEUWGRAAF



Hierbij is het zo dat er steeds twee lijnen 'bij elkaar horen'. De gemeten gasproductie wordt weergegeven met de dikke donkerblauwe lijn en is gekoppeld aan de dikke heldergroene lijn van de berekende gasproductie. De gasproductie is uitgedrukt in tonnen zodat een directe vergelijking met de afbraak van organische stof mogelijk is. Om te voorkomen dat alle lijnen over elkaar heen vallen is voor de gasproductie een andere schaal gekozen dan voor de organische stof afbraak. De gasproductie moet hierbij op de linker as worden afgelezen.

De dunne lijnen geven de resultaten voor de verwijdering van organische stof uit de slibstroom weer. De berekende waarde hiervan is via de specifieke gasproductie gekoppeld aan de berekende gasproductie. De gemeten waarde van verwijderde organische stof in de slibstroom volgt uit de concentratieverschillen tussen ingaand en uitgaand slib in combinatie met het debiet. Aflezing vindt plaats op de rechter as, uitgedrukt in ton (cumulatieve afbraak).

De stappen in de werkwijze om te komen tot een goede fit zijn de volgende:

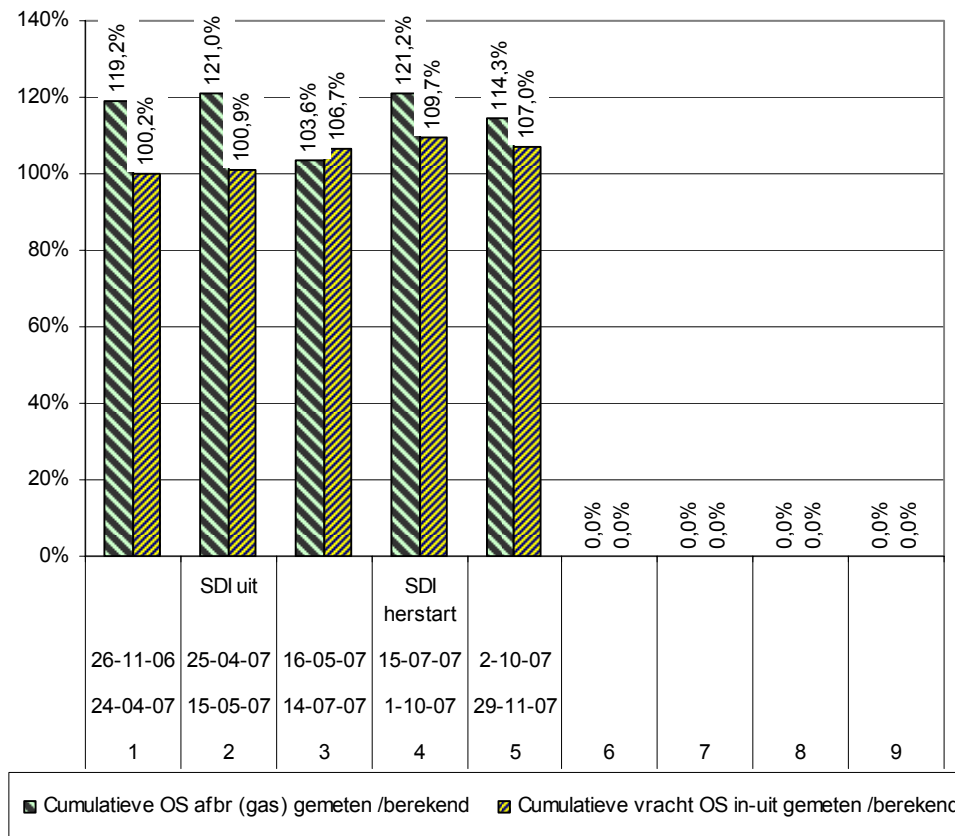
1. Voor de referentiereactor wordt de berekende en gemeten OS-afbraak zo goed mogelijk met elkaar in overeenstemming gebracht door variëren van de parameters afbraakpercentage en snelheidsconstante. Dit levert waarden voor de afbraaksnelheid en de maximale afbreekbaarheid op;
2. Voor de referentie wordt de gemeten gasproductie in overeenstemming gebracht met de berekende waarde. Dit levert de specifieke gasproductie en een verfijning van de afbraaksnelheid. Deze laatste volgt uit de overeenstemming tussen het berekende en gemeten patroon van de dagelijkse gasproductie;
3. Met de gevonden parameters wordt vervolgens de SDI reactor doorgerekend en wordt gekeken naar verschillen met de referentie. Als de afbraak in de praktijk hoger is geweest moet dit blijken uit een toename van de afwijking tussen de berekende en gemeten waarden.

De te onderscheiden perioden zijn in de figuur met ruitjes gemarkeerd. Voor de perioden tussen de ruitjes is nog een keer afzonderlijk gekeken naar de mate van overeenstemming tussen berekening en praktijk. Dit is gedaan door hiervoor de verhouding tussen gemeten en berekende waarde uit te drukken in een percentage. Bij een waarde boven 100% is de gemeten waarde dus hoger dan de berekende waarde.

In het ideale geval van een goede fit zouden voor alle beschouwde perioden de beide percentages zeer dicht bij 100% moeten liggen. Het resultaat van een dergelijke bewerking voor de bovenstaande figuur ziet er als volgt uit:

FIGUUR 4-4

VERGELIJKING VAN MODELRESULTATEN MET GEMETEN WAARDEN VOOR SPECIFIEKE PERIODES (NIEUWGRAAF)



Afgezien van de beginperiode blijkt hieruit een zeer goede overeenstemming tussen berekening en praktijk, zowel voor de benadering vanuit de gasproductie als vanuit de massabalans voor de organische stof in de in- en uitgaande slibstromen.

De mate van correctheid van de fit wordt vooral op twee belangrijke aspecten beoordeeld:

- De mate van overeenkomst tussen de cumulatieve waarden over geselecteerde perioden voor de organische stof afbraak. De berekende organische stofafbraak wordt hierbij vergeleken met de gemeten gasproductie én met de waarde die uit de gemeten massabalans volgt.
- Een tweede toets volgt door het patroon van de gemeten gasproductie te vergelijken met de berekende gasproductie. Dit laatste biedt vooral inzicht in de snelheid van de afbraak. Een te lage waarde voor de snelheid leidt tot een veel gelijkmatiger verloop van de berekende gasproductie dan het patroon van de werkelijke gasproductie.



Met deze aanpak worden waarden gekozen voor de volgende vijf parameters:

1. afbraaksnelheid primair slib;
2. afbraaksnelheid secundair slib;
3. maximale afbreekbaarheid van primair slib;
4. maximale afbreekbaarheid van secundair slib;
5. specifieke gasproductie per kg organische stof afgebroken.

De laatste parameter is voor beide slibsoorten hetzelfde gehouden. Verder is op basis van brede ervaringen aangehouden dat primair slib beter en sneller afbreekbaar is dan secundair slib.

### 4.3 AANBEVELINGEN

Zoals voor elk type modellering geldt is de kwaliteit van het resultaat sterk afhankelijk van de kwaliteit van de gebruikte gegevens. In principe gelden voor de invoergegevens de volgende vereisten:

- Debieten, afzonderlijk voor primair en secundair slib, dienen op dagbasis beschikbaar te zijn;
- Droge stof gehalten van de invoer, wederom gescheiden voor primair en secundair slib, minimaal 2 x per week en bij sterke voorkeur 3 x per week, in het ideale geval dagelijks;
- Organische stofgehalten, voor primair slib in principe bij elke droge stof meting, voor secundair slib minimaal 1 x per week, bij voorkeur 2 x per week.
- Voor uitgestort slib het droge stof gehalte minimaal 2x per week, bij voorkeur dagelijks. Voor het organisch stofgehalte kan volstaan worden met 1x per week.

# 5

## RWZI BATH

### 5.1 BESCHRIJVING RWZI EN AANPASSINGEN

RWZI Bath is een laagbelaste zuivering met vergaande stikstof- en chemische fosfaat-verwijdering (met behulp van ijzersulfaat). De ontwerpcapaciteit van RWZI Bath is 536.000 i.e. à 136 g TZV met een RWA-ontwerpcapaciteit van 15.000 m<sup>3</sup>/h.

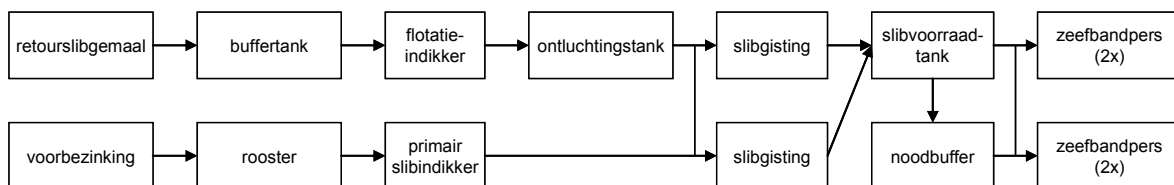
De mechanische voorbehandeling bestaat uit roosters met een spleetwijdte van 6 mm. Na deze voorbehandeling wordt het afvalwater voorbezonden in vier voorbezinktanks. Elke straat bestaat achtereenvolgens uit een selector, een denitrificatietank, een facultatieve tank en een nitrificatietank. De slibleeftijd is circa 16 dagen. Tenslotte wordt het slib van het water gescheiden in de nabezinktank (totaal 10 stuks) en het water wordt geloosd op de Westerschelde.

Het secundair slib wordt door twee flotatie-indikers ingedikt tot ongeveer 4,0%. Dit kan met behulp van extra polymeerdosering verhoogd worden naar maximaal 5,0%. Renovatie van de flotatie of vervanging van de flotatie door bandindikers is in 2008 voorzien.

Op RWZI Bath worden twee identieke parallelle gistingstanks (2 x 5.500 m<sup>3</sup>) afwisselend met primair en secundair slib gevoed. De omwisseling vindt ongeveer elk uur plaats, zodat van een gelijkmatige belasting gesproken kan worden. De verblijftijd in de gisting is ongeveer 20 dagen. In Figuur 5-1 is de sliblijn schematisch weergegeven.

De capaciteit van de WKK is circa 10.000 m<sup>3</sup> biogas per dag. Het gasdebiet vertoont variaties per dag en seizoen: gemiddeld circa 6.000 m<sup>3</sup>/d. Dit betekent een overcapaciteit die naar verwachting groot genoeg is om de mogelijke extra gasproductie door toepassing van slibdesintegratie op te vangen.

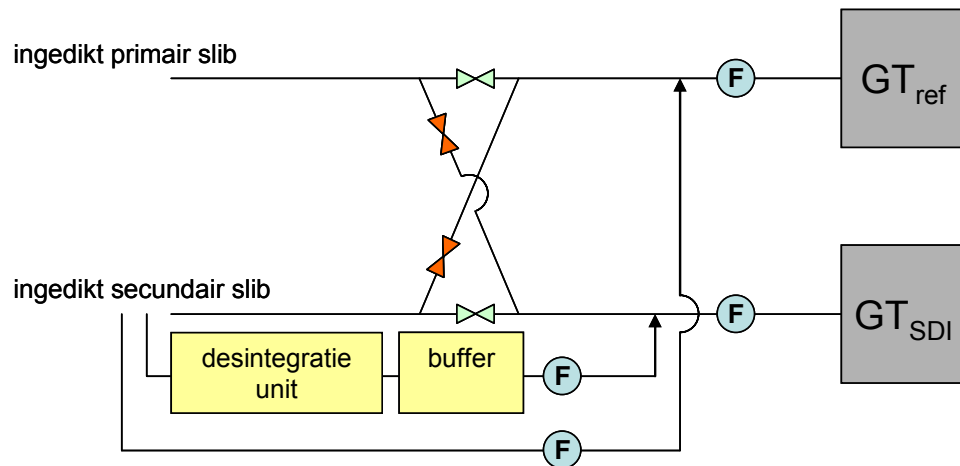
FIGUUR 5-1 SCHEMATISCHE WEERGAVE SLIBLIJN RWZI BATH



### 5.2 BESCHRIJVING SLIBDESINTEGRATIE-INSTALLATIE

Op RWZI Bath is gekozen om een slibdesintegratie-installatie te huren in plaats van te kopen. Dit gezien het feit dat de huidige indikking van het surplusslib met behulp van flotatie-indikers in 2008 gerenoveerd of vervangen dient te worden. Een mogelijkheid is om deze te vervangen door bandindikers.

FIGUUR 5-2 SCHEMATISCHE WEERGAVE INPASSING SLIBDESINTEGRATIE-INSTALLATIE; WISSELBEDRIJF



De slibdesintegratie-installatie inclusief versnijder op RWZI Bath is geleverd door Solis Engineering bv. Voorafgaand aan de desintegratie-installatie gaat het slib door een versnijder van het fabricaat Börger. De desintegratie-installatie werkt op basis van ultrasonische geluidsgolven bij een frequentie van circa 20 kHz. Het ontwerpdebiet is nominaal 48 m<sup>3</sup>/d (2,0 m<sup>3</sup>/h). Hierbij is rekening gehouden met een behandeling van 30% van het secundaire slib dat naar gistingstank 2 (Gistingstank SDI) wordt gepompt. In de installatie zijn acht sonotroden geïnstalleerd met elk een nominaal vermogen van 1 kW. De slibdesintegratie-installatie is 31 mei 2006 opgestart en op 3 juli 2007 uitgezet (week 27). Er heeft gedurende de proef een tussentijdse aanpassing van de slibdesintegratie-installatie plaatsgevonden. Op 1 februari 2007 is het aantal sonotroden uitgebreid van acht naar tien sonotroden.

De leverancier van de installatie heeft de in het programma van eisen gevraagde relatieve extra organische stofafbraak van 15% gegarandeerd voor de totale slibaanvoer naar de gisting. Op basis van laboratoriumtesten verwacht de leverancier een toename van 16%.

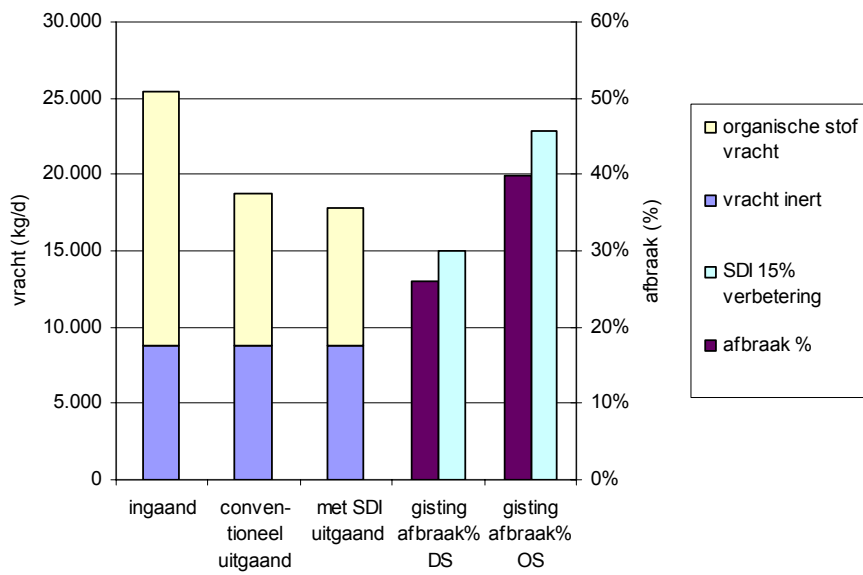
De historische waarden en de verwachting van de desintegrator zoals deze zijn opgenomen in het programma van eisen en het effect van de gegarandeerde afbraak zijn gegeven in Tabel 5-1.

TABEL 5-1 AARD EN SAMENSTELLING SLIB, AFBRAAK IN GISTING EN BIOGASPRODUCTIE

	Gemiddelde '02-'04					Berekende waarden bij 15% verbetering afbraak				
	volume (m <sup>3</sup> /d)	DS (%)	vracht (kg DS/d)	OS (%)	vracht (kg OS/d)	volume (m <sup>3</sup> /d)	DS (%)	vracht (kg DS/d)	OS (%)	vracht (kg OS/d)
primair slib Bath	229	5,5	12.300	nb	nb	229	5,5	12.300	nb	nb
secundair slib RWZI Bath	318	4,1	13.099	nb	nb	318	4,1	13.099	nb	nb
totaal slib naar gisting	547	4,6	25.400	65,6	16.658	547	4,6	25.400	65,6	16.658
totaal uitgestigt slib	547	3,43	18.770	53,4	10.028	547	3,25	17.780	50,8	9.038
totaal afgebroken slib			6.630		6.630			7.620		7.620
Afbraakpercentage			26,1 %		39,8 %			30,0 %		45,8 %
Verblijftijd	19,8	d				19,8	d			
Biogasproductie	5.997	m <sup>3</sup> /d				6.897	m <sup>3</sup> /d			
Specifieke biogasproductie	905	m <sup>3</sup> /ton DS afgebroken				905	m <sup>3</sup> /ton DS afgebroken			
Specifieke biogasproductie	360	m <sup>3</sup> /ton OS ingaand				414	m <sup>3</sup> /ton OS ingaand			
Droge stof% na ontwatering	nb	%				nb	%			

NB: NIET BEKEND

FIGUUR 5-3 GRAFISCHE WEERGAVE VAN DE AARD EN SAMENSTELLING VAN HET SLIB EN DE AFBRAAK IN DE GISTING OP BASIS VAN HISTORISCHE WAARDEN OVER 2002-2004 EN VERBETERING VAN DE AFBRAAK VAN 15% VOLGENS HET PROGRAMMA VAN EISEN



FIGUUR 5-4 SCHAKELKAST EN SLIBDESINTEGRATIE-INSTALLATIE



FIGUUR 5-5 SONOTRODE NUMMER 2: ZIJAANZICHT (LINKS) EN BOVENAANZICHT (RECHTS), OKTOBER 2006 NA EEN BEDRIJFSTIJD VAN CIRCA 3000 UUR. BRON: WATERSCHAP BRABANTSE DELTA



### 5.2.1 TUSSENTIJDSE AANPASSINGEN VAN DE INSTALLATIE

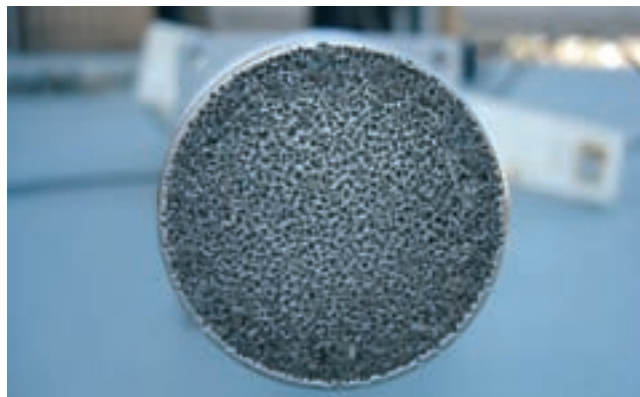
Op 1 februari 2007 (week 5) zijn door de leverancier 2 sonotroden bijgeplaatst, zodat de installatie sindsdien in totaal 10 sonotroden bevat. Hierdoor wordt de intensiteit (en het energieverbruik) van de behandeling 25% hoger. Verder is gebleken dat de rotor van de voedingspomp door slijtage met enige regelmaat vervangen moest worden om het ingestelde debiet te kunnen realiseren.

In de periode van januari tot en met februari 2007 is er sprake geweest van ernstige en langdurige schuimvorming in de gistingstanks. Dit heeft beperkingen opgeleverd voor de continuïteit van de meet- en bemonsteringsactiviteiten. Het was nog wel mogelijk een beeld samen te stellen van deze periode, maar de onzekerheden zijn groter dan in voorliggende maanden.

Eind maart 2007 is slijtage aan de kop van de buitenste ring van de sonotroden geconstateerd. Op basis daarvan werd een rest levensduur van twee maanden ingeschat. Half mei is een sterk verlaagde opname van energie geconstateerd, dit is het resultaat van slijtage. De leverancier heeft op 30 mei 2007 de eerste vier sonotroden vervangen door gereviseerde sonotroden van een andere locatie. De gemiddelde standtijd van de vier vervangen sonotroden is 8000 uur geweest. De slijtage van de sonotrode ten tijde van de vervanging is in Figuur 5-6 gegeven. De opstelling met vier gereviseerde, vier oude en twee nieuwe sonotroden heeft vanaf 30 mei 2007 tot het eind van de bedrijfsvoering van de SDI op 2 juli 2007 gefunctioneerd. Na 2 juli 2007 is de SDI uitgeschakeld. In de periode van juli tot september is getracht een herhaalde 'nul' meting uit te voeren. Door regelmatig aanspreken van de overdrukbeveiliging op de slibvoorraadtank is dit maar ten dele gelukt (zie ook paragraaf 5.3.5).

FIGUUR 5-6

SLIJTAGE AAN SONOTRODE NUMMER 2 DIE VERVANGEN IS OP 30 MEI 2007 NA EEN BEDRIJFSTIJD VAN 8000 UUR.  
BRON: WATERSCHAP BRABANTSE DELTA



## 5.3 RESULTATEN DEMONSTRATIE

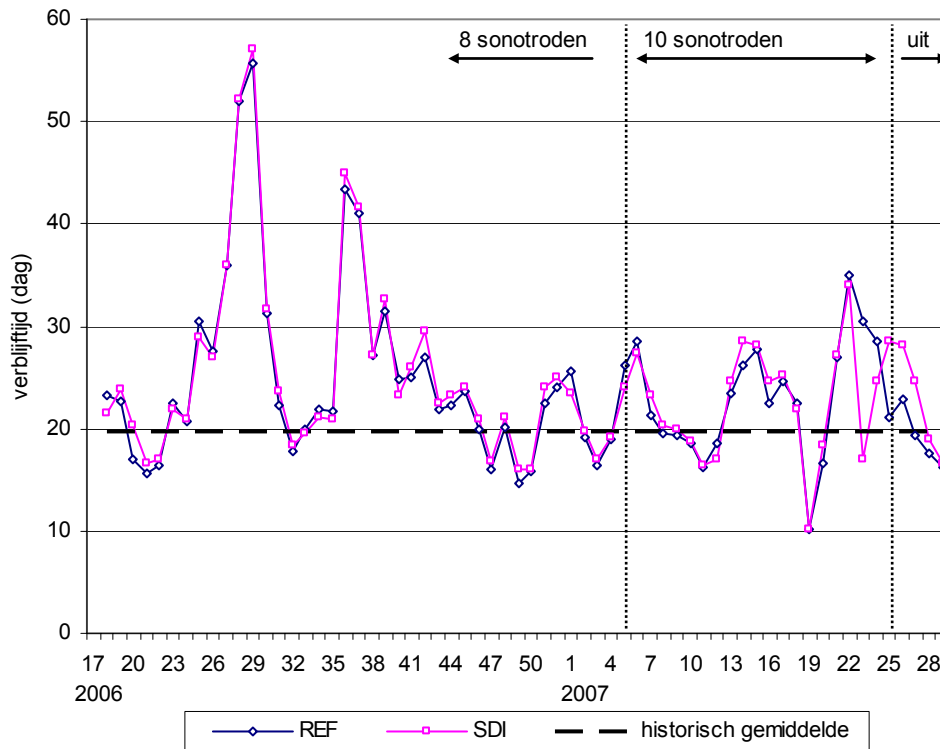
Belangrijk bij het onderzoek is of de twee parallelle lijnen ook daadwerkelijk gelijk belast zijn. Dit wordt onderstaand aan de hand van drie parameters geïllustreerd, namelijk de hydraulische verblijftijd in de beide reactoren en de belasting met droge stof en organische stof.

### 5.3.1 PROCESOMSTANDIGHEDEN

De verblijftijd in de gistingstanks is gegeven in Figuur 5-7. Hieruit is af te lezen dat de beide tanks goed met elkaar in de pas lopen. Wel is opvallend dat er gedurende het onderzoek vrij grote variaties in verblijftijd optreden, waardoor de gemiddelde verblijftijd bepaald aan de hand van debieten per week tussen ongeveer 15 en 30 dagen varieert. Uitzondering daarop zijn weken 27 t/m 29, 36 en 37 in 2006 en week 22 in 2007 met weinig aanvoer en een resulterende lange verblijftijd en week 19 in 2007 met een hoge aanvoer resulterende in een korte verblijftijd.

Ongeveer vanaf week 40 in 2006 is de verblijftijd over het algemeen genomen iets hoger is dan het historisch gemiddelde (20 dagen). Vanaf week 40 in 2006 tot en met week 30 in 2007 is de gemiddelde verblijftijd in de referentietank met 21,7 dagen ongeveer een halve dag lager dan in de SDI-tank (22,2 dagen). Op zich zijn de variaties in de verblijftijd geen beperking voor de onderlinge vergelijkbaarheid van de gistingstanks, maar ze leveren wel beperkingen bij het berekenen van de absolute afbraak over korte perioden als gevolg van het effect van accumulatie en decumulatie in de gistingstanks. Bij de uitwerking is dit ondervangen door langere perioden van respectievelijk 1 maand en 3 maanden in beschouwing te nemen.

FIGUUR 5-7 VERLOOP VERBLIJFTIJD GISTINGSTANKS PER WEEK IN 2006 EN 2007



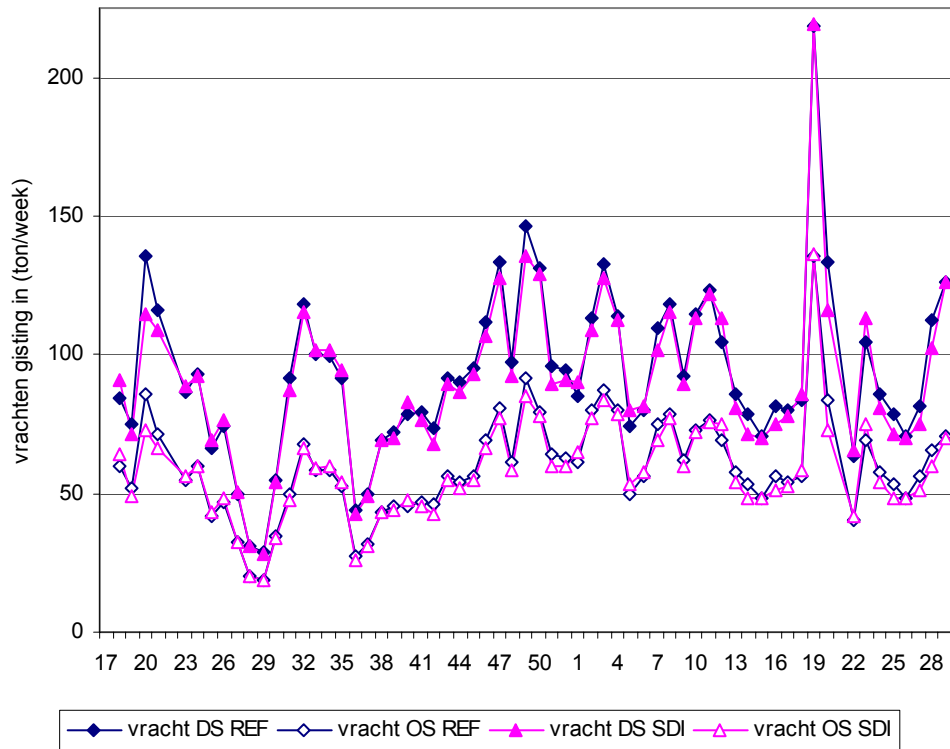
### 5.3.2 HOEVEELHEDEN EN SAMENSTELLING SLIB NAAR GISTING

De bedrijfsvoering van de gisting kan beoordeeld worden aan de hand van de hoeveelheden slib die ingevoerd zijn en de samenstelling daarvan. Voor de toets van de vergelijkbaarheid van de gistingstanks is naast de verblijftijd de belasting met droge stof en organische stof van belang.

Het blijkt dat de beide gistingstanks worden gevoed met een vergelijkbare hoeveelheid droge en organische stof. Uit Figuur 5-8 blijkt dat hoewel de vrachten goed gelijk lopen er wel variaties in belasting optreden gedurende de beschouwde periode. Dit is ook te verwachten op basis van het patroon dat de verblijftijden te zien geeft. In de voorgaande jaren zijn gemiddelde belastingen van 89 ton/week aan droge stof en 58 ton/week aan organische stof gerealiseerd. Vanaf week 40 in 2006 zijn belastingen opgetreden die gemiddeld iets hoger zijn dan de historische gemiddelde vrachten.

FIGUUR 5-8

VRACHTEN DROGE- EN ORGANISCHE STOF NAAR DE GISTING PER WEEK IN 2006 EN 2007



### 5.3.3 AFBRAAK ORGANISCHE STOF NAAR DE GISTING

Uit het verschil van de ingaande en uitgaande vrachten kan de absolute afbraak aan DS en OS worden berekend. Om de resultaten van de verschillende perioden direct te kunnen vergelijken is voor de verschillende perioden de relatieve afbraak van DS en OS berekend. In Figuur 5-9, Figuur 5-10 en Tabel 5-2 is een overzicht van de resultaten gegeven.

Hierbij zijn voor de periode vanaf week 40 (oktober) 2006, de cumulatieve gegevens per maand gebruikt. Tevens is voor drie perioden van drie maanden het cumulatieve resultaat weergegeven. Om de samenhang tussen de gegevens inzichtelijk te houden is tevens het verloop van de verblijftijd gepresenteerd, aangezien verwacht mag worden dat deze ook invloed heeft op de gerealiseerde afbraak. Doorgaans is de afbraak hoger bij een langere verblijftijd in de gistingstank. Als parameter voor de figuur is de afbraak van organische stof gepresenteerd, aangezien deze heel specifiek door het toepassen van slibdesintegratie beïnvloed wordt.

Uit Figuur 5-9 blijkt dat de verblijftijd in de gistingstank met slibdesintegratie (SDI) in de maanden september tot en met december 2006, februari, april en mei 2007 over het algemeen iets langer is dan in de referentie gistingstank, in de overige maanden is dit andersom. Dit kan betekenen dat een deel van het verschil in afbraak toe te schrijven is aan het verschil in verblijftijd.

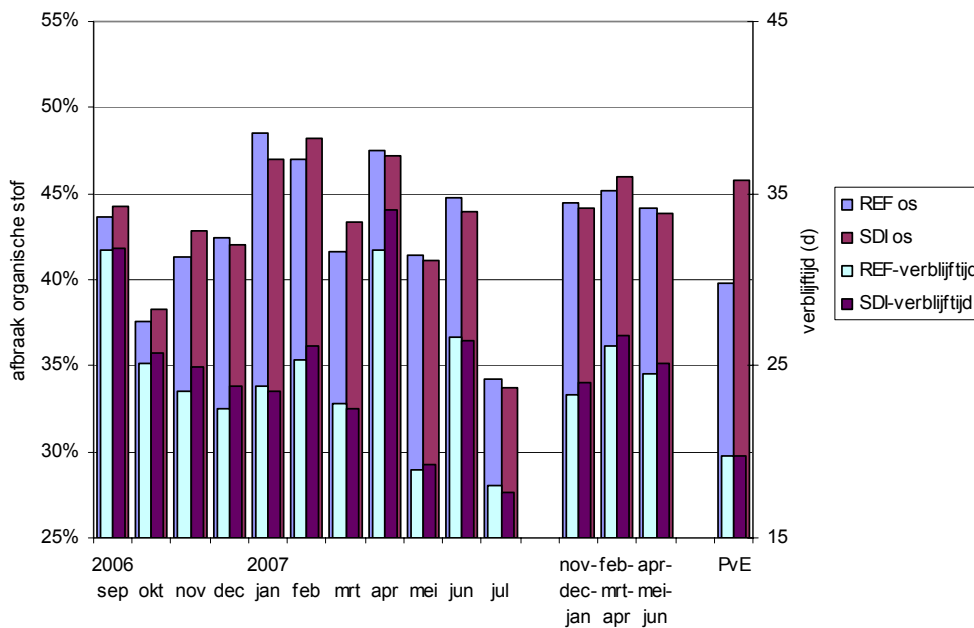
Uit de modelberekeningen komt naar voren dat de invloed van de verschillen in verblijftijd (tot ca. 2 dagen) maximaal ongeveer 0,25 % in absolute organische stofafbraak bedraagt.

Uit Figuur 5-9 en Figuur 5-10 blijkt dat er voor de periode oktober 2006 tot en met maart 2007 sprake is van afwisselend verbeteringen en verslechtingen in de afbraak van organische stof. In februari en maart 2007, na de bijplaatsing van twee extra sonotroden, is sprake

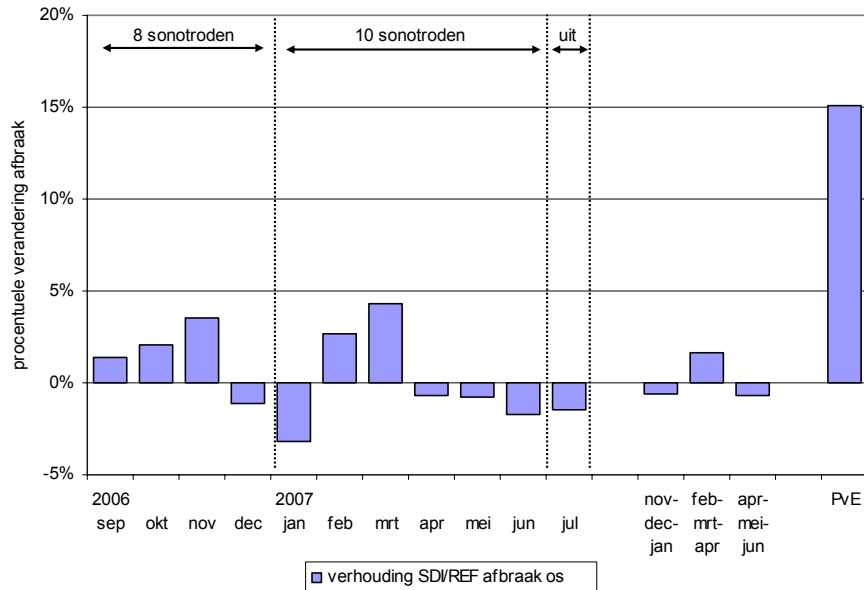
van een verbetering van de afbraak die wat grotere vormen aanneemt dan in de voorgaande maanden. Vanaf april 2007 is dit effect echter niet meer zichtbaar en is sprake van een kleine verslechtering. Als meest rechtse kolom in Figuur 5-9 en Figuur 5-10 zijn de verhoudingen opgenomen zoals die uit het verleden bekend waren en de gegarandeerde verbetering van de OS-afbraak door het toepassen van slibdesintegratie. Hieruit blijkt duidelijk dat de gevonden wijzigingen in de OS-afbraak in alle gevallen klein zijn ten opzichte van de verwachte verbetering door toepassen van slibdesintegratie.

Dit blijkt ook uit de getalswaarden die in Tabel 5-2 zijn gegeven. Hierin is ook de OS afbraak middels Van Kleeck (zie Bijlage 3) berekend, deze geeft een resultaat wat vergelijkbaar is aan de gebruikte methode op basis van massabalans. De afbraak volgens Van Kleeck is telkens enkele procenten lager dan volgens de methode op basis van massabalans,

FIGUUR 5-9 RESULTATEN BATH AFBRAAK ORGANISCHE STOF EN VERBLIJFTIJD



FIGUUR 5-10 PROCENTUELE VERANDERING VAN DE ORGANISCHE STOF AFBRAAK IN DE GISTINGSTANK MET SLIBDESINTEGRATIE (SDI) TEN OPZICHTE VAN ZONDER DESINTEGRATIE (REF)





TABEL 5-2 RESULTATEN OS- EN CZV-AFBRAAK, VERBLIJFTIJD EN RELatieve VERBETERING VAN OS-AFBRAAK

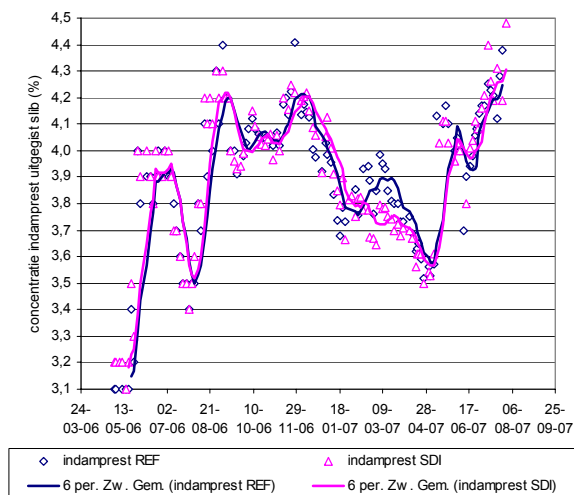
parameter	eenheid	periode nov-dec-jan		periode feb-mrt-apr		periode apri-mei-jun	
		REF	SDI	REF	SDI	REF	SDI
verblijftijd	d	23,3	24,0	26,1	26,8	24,5	25,1
OS-afbraak	%	44,5	44,2	45,2	45,9	44,2	43,9
relatieve verbetering OS-afbraak	%		-0,6		1,6		-0,6
CZV-afbraak	%	49,7	49,0	46,6	47,6	47,4	48,3
relatieve verbetering CZV-afbraak	%		-1,5		2,1		1,7
OS afbraak (van Kleeck berekening*)	%	40,6	40,5	43,1	42,8	42,2	40,6
relatieve verbetering OS-afbraak (van Kleeck*)	%		-0,4		-0,7		-3,7

\* zie Bijlage 3

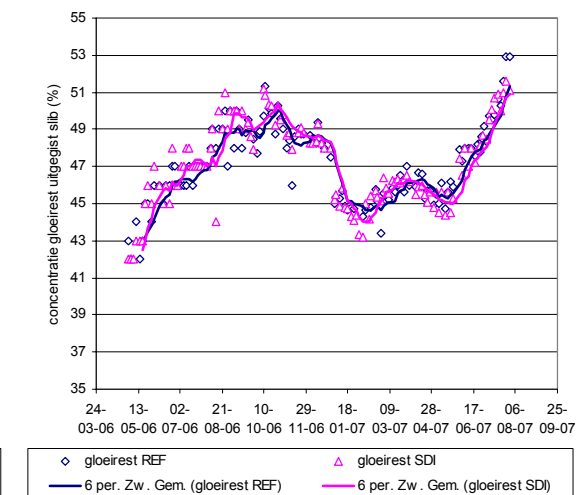
Het verloop van de indamprest- en gloeirestpercentages van het uitgegiste slib is in Figuur 5-11 uitgezet. Om incidentele schommeling uit te vlakken is een voortschrijdend gemiddelde van zes waarden als trendlijn weergegeven. Een lagere concentratie van het uitgegiste slib duidt op een betere afbraak.

In Figuur 5-11 is de gevonden verbetering in de afbraak in de maanden februari en maart 2007 duidelijk terug te vinden. Absoluut gezien zijn de verschillen in concentraties te klein (<0,2% DS-punt) om te kunnen concluderen dat er sprake is van een significante verbetering, maar door triplo-metingen neemt de betrouwbaarheid toe zodat aannemelijk is dat er sprake is geweest van een significante verbetering. Aangezien de significante verbetering met 0,13% DS-punt relatief klein is geweest en deze vanaf april 2007 niet meer zichtbaar is geweest, is er geen sprake van een significante verbetering over februari tot en met juli 2007 (zie Tabel 5-2: +1,6 % over de periode februari tot en met april en -1,7% over de periode mei tot en met juli 2007).

FIGUUR 5-11A VERLOOP INDAMPREST UITGEGIST SLIB



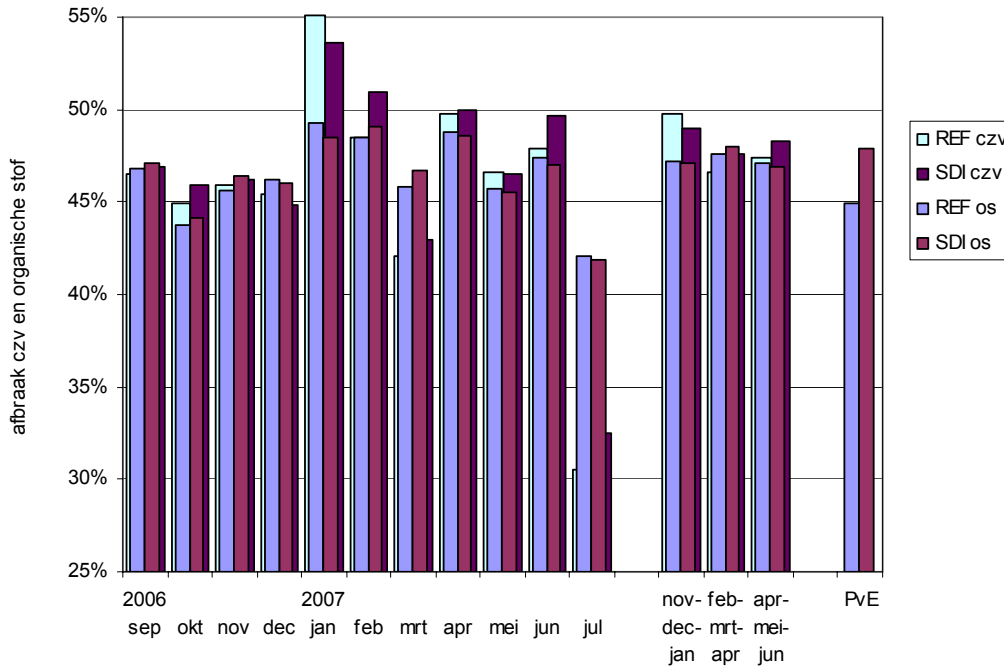
FIGUUR 5-11B GLOEIRESTGEHALTES UITGEGIST SLIB



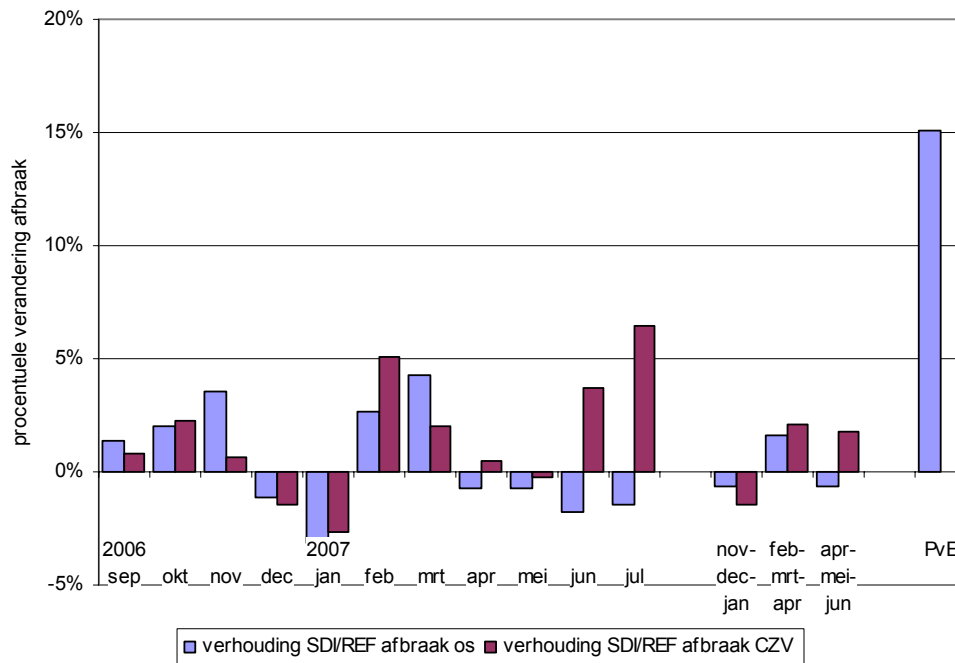
### 5.3.4 AFBRAAK VAN CZV

Naast de afbraak van organische stof is ter verificatie tevens gekeken naar de afbraak van CZV in beide gistingstanks. Wanneer de OS-afbraak vergeleken wordt met de CZV-afbraak (Figuur 5-12), blijkt dat deze hetzelfde patroon volgt met uitzondering van de maanden april tot en met juli 2007. De afbraak van CZV is over het algemeen iets hoger. Ook hier is de verbetering in februari en maart 2007 zichtbaar, maar ook over de maanden april tot en met juli 2007, terwijl de organische stofafbraak in deze periode verandert in een geringe verslechtering (zie Figuur 5-13).

FIGUUR 5-12 ORGANISCHE STOF- EN CZV-AFBRAAK IN DE GISTINGTANK ZONDER(REF) EN MET SLIBDESINTEGRATIE (SDI) GEDURENDE DE TIJD



FIGUUR 5-13 PROCENTUELE VERANDERING VAN DE ORGANISCHE STOF- EN CZV-AFBRAAK IN DE GISTINGTANK MET SLIBDESINTEGRATIE (SDI) TEN OPZICHTE VAN ZONDER DESINTEGRATIE (REF)



### 5.3.5 BIOGASPRODUCTIE EN SPECIFIEKE BIOGASPRODUCTIE

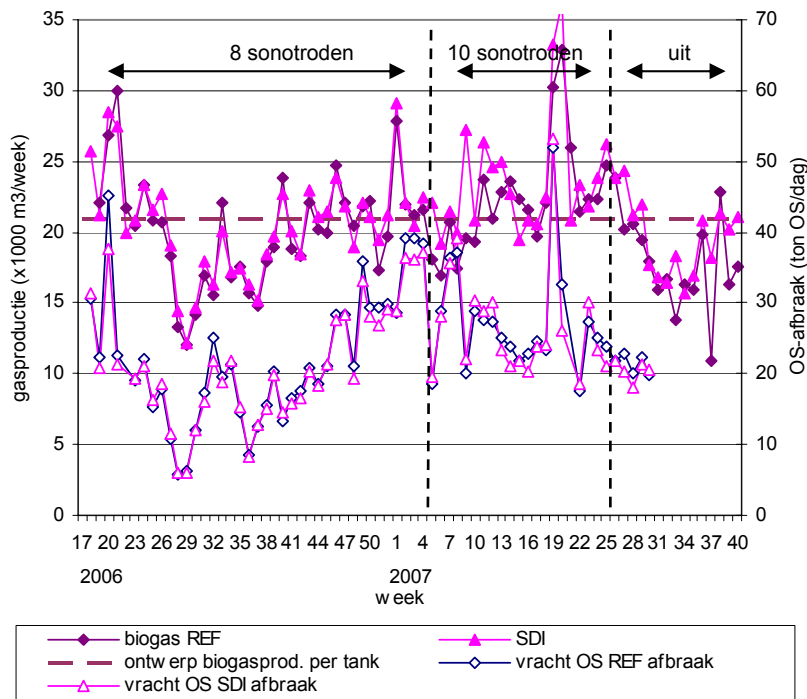
Behalve in de afbraak van organische stof zou een verbeterde afbraak ook tot uitdrukking moeten komen in een verschil in gasproductie. In Bath zijn er voorzieningen getroffen om dit verschil te kunnen meten. Voor de berekening van de gasproductie in de gistingstank met desintegratie is een correctie toegepast voor de slibvoorraadtank, aangezien het totale gasdebiet van één gistingstank en de slibvoorraadtank met eenzelfde meter wordt geregistreerd. In Bijlage 4 wordt de methode van correctie nader toegelicht.

Uit het verloop van de gasproductie (zie Figuur 5-14) is enig verschil tussen de twee gistingstanks waar te nemen, met name in het deel van de grafiek met de waarnemingen van februari en maart (week 5-13). In Figuur 5-15 is het verschil tussen de gasproductie van beide gistingstanks gegeven.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat in de periode 10 tot en met 25 mei 2007 (week 20 en gedeelte week 19 en 21) er geen registratie van de biogasproductie heeft plaatsgevonden door een storing. Dit betekent dat er voor week 20 geen biogasproductie is geregistreerd en de gemiddelde productie per week in de weken 19 en 21 op slechts 3 en 2 waarnemingen gebaseerd zijn.

Ook in juli tot en met september 2007 zijn de waarnemingen van de biogasproductie minder betrouwbaar omdat het waterslot van de slibvoorraadtank regelmatig actief is geweest en er biogas is ontsnapt dat niet met de debietmeter is geregistreerd. Dit leidt tot grote verschillen ( $>1.000 \text{ m}^3/\text{d}$ ) tussen de biogasmeting van de REF en SDI tank en deze waarden zijn duidelijk waarneembaar in de meetresultaten. Indien deze grote verschillen zijn opgetreden in de maanden juli tot en met september, zijn deze dagmetingen niet meegenomen in de uitwerking van de resultaten.

FIGUUR 5-14 VERLOOP GASPRODUCTIE EN AFBRAAK ORGANISCHE STOF IN DE GISTINGSTANK ZONDER (REF) EN MET SLIBDESINTEGRATIE (SDI) PER WEEK IN 2006 EN 2007 (IN REF-GISTINGSTANK MET CORRECTIE VOOR DE BIOGASPRODUCTIE IN DE SLIBVOORRAADTANK (SVT) OP BASIS VAN VERBLIJFTIJD IN REF-GISTINGSTANK)



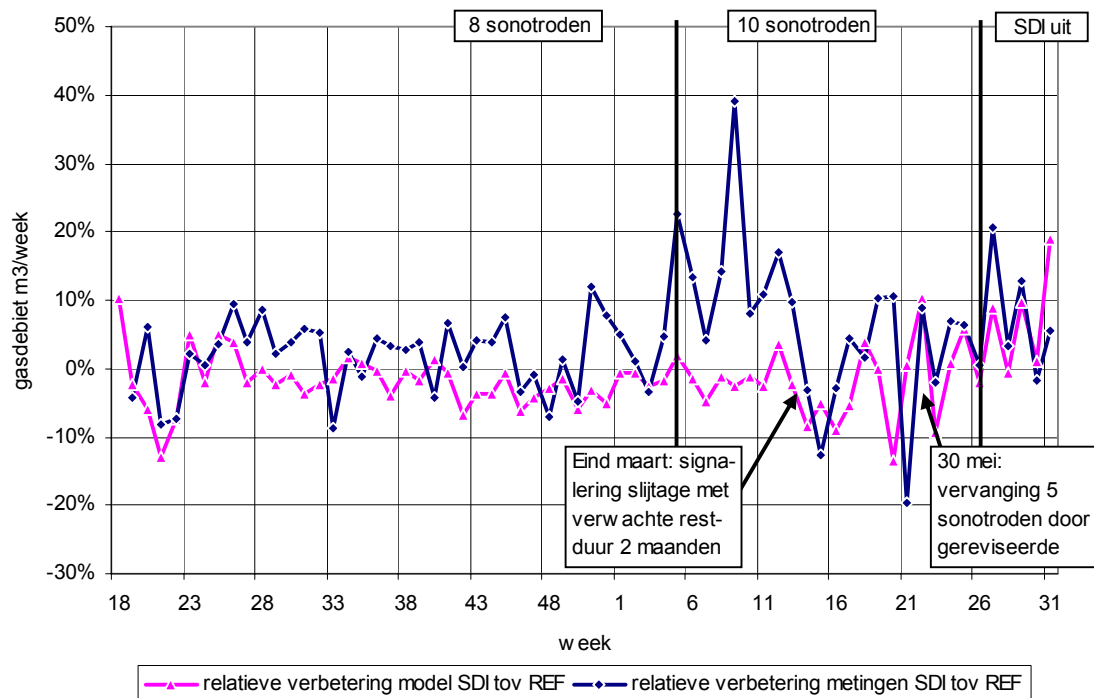
Doordat de resultaten op een kleiner aantal metingen wordt gebaseerd, wordt de betrouwbaarheid lager, maar desalniettemin kan een goed beeld van het verloop van de biogasproductie. Figuur 5-14 laat vanaf week 25 tot en met 30 in 2007 (eind juli tot en met augustus) een tijdelijk lagere biogasproductie zien, die verklaard kan worden met het ontwijken van biogas via het waterslot.

In Figuur 5-15 is de vergelijking weergegeven tussen de gemeten gasproductie in de SDI lijn in vergelijking met de berekende gasproductie met het rekenmodel voor deze lijn. Op deze manier kunnen ook kleine verschillen die in de voeding naar de twee gistingstanks zijn opgetreden worden uitgefilterd.

Uit Figuur 5-15 komt duidelijk naar voren dat er van week 5 tot en met week 13 in 2007 een verbetering van de gasproductie in de gistingstank met gedesintegreerd slib optreedt. De omvang van deze verbetering van circa 20% is duidelijk hoger dan op basis van de verhoging in de afbraak van organische stof verwacht mocht worden. De gehele periode daarvoor is er een gemiddelde verbetering van de biogasproductie van ongeveer 6 % waargenomen. Van week 5 tot en met week 26 2007 is er gemiddeld genomen een verbetering van de gasproductie zichtbaar van ongeveer 8 procent.

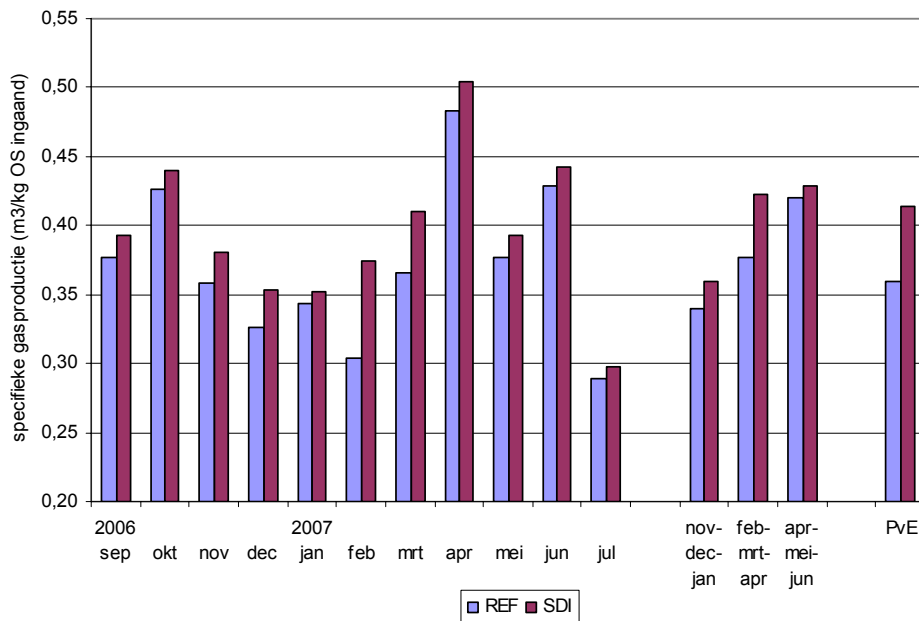
In Figuur 5-15 zijn ook de resultaten opgenomen van de 'nulmeting' die voorafgaand aan de proef is uitgevoerd (week 17-21 in 2006). Op basis hiervan is destijds geconcludeerd dat er een goede scheiding van de gasstromen in combinatie met correctie voor de slibvoorraadtank had plaatsgevonden.

FIGUUR 5-15 VERSCHIL BIOGASPRODUCTIE IN DE GISTINGTANK MET (SDI) EN ZONDER SLIBDESINTEGRATIE (REF) PER WEEK IN 2006 EN 2007



In Figuur 5-15 en Figuur 5-16 is een vergelijking gemaakt op basis van de totale gasproductie per gistingstank. Door de gasproductie te relateren aan de voeding met organische stof aan de gistingstanks kan ook de specifieke gasproductie worden vergeleken. Een verbetering van de afbraak zou tot uitdrukking moeten komen in een hogere specifieke gasproductie. Dit is voor de maanden september tot en met december 2006, februari tot en met juni 2007 zichtbaar. Daarnaast is opvallend dat er in april 2007 sprake is van een sterk verhoogde specifieke gasproductie in zowel de referentie als de gistingstank met behandeld slib. Deze wordt veroorzaakt door de relatief lange verblijftijd in april. In de maanden mei en juli 2007 is deze juist laag, de reden hiervoor is dat de organische stofvrachten naar de gisting in week 19 (mei 2007) en eind juli 2007 relatief hoger zijn, terwijl deze hogere vracht nog niet in de biogasproductie tot uitdrukking komt.

FIGUUR 5-16 VERLOOP SPECIFIEKE GASPRODUCTIE IN DE GISTINGSTANK ZONDER (REF) EN MET SLIBDESINTEGRATIE (SDI) GEDURENDE DE TIJD



### 5.3.6 WERKING DESINTEGRATOR

Het al of niet optreden van een verbetering in de afbraak is uiteraard afhankelijk van het functioneren van de ingezette apparatuur. Een indicator hiervoor is het opgetreden energieverbruik. Het energieverbruik van de desintegratie-installatie bedroeg 0,110-0,133 kWh/kg DS behandeld. Hierbij heeft de eerste waarde betrekking op het energieverbruik tijdens de periode voor de uitbreiding van het aantal sonotroden van 8 naar 10 (oktober 2006 tot en met januari 2007). Het laatste getal geldt voor de situatie met 10 sonotroden (februari 2007 tot en met juni 2007). De toename in het energieverbruik is ongeveer 21% en is iets lager in vergelijking met de toename van sonotroden van 25%.

Algeheel oordeel over de onderzoeksperiode is dat de apparatuur technisch naar behoren heeft gefunctioneerd binnen de verwachte bereiken. Ondanks dat de rotor van de toevoerpomp regelmatig vervangen diende te worden, is de technische beschikbaarheid geen beperkende factor geweest voor het bereiken van het gewenste effect.

De vastgestelde ontsluitingsgraad voor CZV (zie ook Bijlage 5) door de behandeling zoals gemeten in juni 2005 tot en met juli 2007 bedroeg in de periode met sonotroden 0,7% van de CZV-totaal. Na uitbreiding tot 10 sonotroden is dit toegenomen tot 1,6% van de CZV-totaal. CZV analyses zijn eenmaal per week uitgevoerd gedurende de hele periode.

Bij de visuele inspectie op 28 maart 2007 is slijtage aan de kop van de buitenste ring van de sonotrode geconstateerd (Figuur 5-5). Op basis daarvan werd een rest levensduur van 2 maanden ingeschat. Op 14 mei werd door de bedrijfsvoering voor het eerst melding gemaakt van een halvering van het opgenomen vermogen van de sonotroden (400/500 W in plaats van 800/900 W), dit is het resultaat van slijtage. Deze slijtage is geleidelijk verlopen. De leverancier heeft op 30 mei 2007 de eerste vier sonotroden gelet op de doorstroomrichting vervangen. De slijtage van de sonotrode ten tijde van de vervanging is in Figuur 5-6 gegeven. De achterste vijf sonotroden hebben minder last van slijtage en zijn pas vervangen nadat de slibdesintegratie installatie uit is gezet (zie paragraaf 5.2.1).

### 5.3.7 ONTWERINGSRESULTAAT

De resultaten van de ontwateringsproeven met een mini-filterpers op RWZI Bath zijn gegeven in Tabel 5-3. Hierbij is geen significante verbetering aangetoond. Er zijn alleen ontwateringsproeven uitgevoerd in de periode september tot en met december 2006.

TABEL 5-3 RESULTATEN ONTWERING MINI-FILTERPERS RWZI BATH

	REF				SDI				referentie
	gemiddelde	aantal	standaard deviatie	betrouwbaarheid	gemiddelde	aantal	standaard deviatie	betrouwbaarheid	praktijk rwzi
	%DS				%DS				%DS
21-9-2006	24,6	10	0,92	0,57	24,2	10	1,57	0,97	25,0
20-10-2006	25,4	10	0,79	0,49	25,7	10	0,57	0,36	25,0
12-12-2006	21,9	10	1,14	0,71	22,1	10	0,92	0,57	22,3
29-12-2006	21,3	5	0,42	0,37	21,4	5	1,19	1,04	22,5

Uit de proeven blijkt verder dat er een goede overeenkomst is tussen de met de mini-filterpers behaalde resultaten en de praktijksituatie (laatste kolom) wanneer gekeken wordt naar de gemiddelde waarden in combinatie met de betrouwbaarheidsmarge.

### 5.3.8 BALANS OVER GISTING (VERIFICATIE)

Uit Tabel 5-4 blijkt dat met de gevolgde methodiek een goed sluitende balans verkregen wordt voor stikstof (met uitzondering van SDI in de periode oktober 2006 tot en met januari 2007) en in iets mindere mate voor fosfor. Bij CZV is uiteraard sprake van een vermindering tussen de ingaande en de uitgaande stroom. Hiervoor is al geconstateerd dat er een goede relatie tussen de CZV-afbraak en de OS-afbraak bestaat. De CZV analyses zijn gedurende de proefperiode eenmaal per week uitgevoerd, terwijl de metingen aan stikstof en fosfor gedurende vier perioden van drie weken tweemaal per week zijn uitgevoerd. Hierdoor is de betrouwbaarheid van de CZV analyses hoger dan die van stikstof en fosfor. Vertaald naar de specifieke methaanproductie per kg CZV verwijderd komen voor de referentie en voor de SDI waarden naar voren van respectievelijk 0,29 en 0,34 m<sup>3</sup> methaan (CH<sub>4</sub>) per kg CZV verwijderd. In met name de tweede periode bevindt deze waarde zich dicht bij de theoretische waarde van 0,35. Bij de berekening van deze waarden is het gemeten gasvolume gecorrigeerd voor de aanwezigheid van water, kooldioxide en afwijkende temperatuur en druk ten opzichte van de standaard waarden voor genormaliseerde m<sup>3</sup> (1.013 mbar, 0 °C). Het gemeten methaangehalte over 2006 was 68%.

TABEL 5-4 BALANS CZV, N EN P OVER GISTINGSTANKS

	gemiddelde gemeten waarden oktober 2006 tot en met januari 2007			gemiddelde gemeten waarden februari tot en met juli 2007			
	CZV-totaal	Nkj	P-totaal	CZV-totaal	Nkj	P-totaal	
REF in	13.907	451	288	12.870	523	265	kg/d
REF uit	7.174	452	305	7.225	542	291	kg/d
REF afbraak	6.733	-1	-16	5.645	-18	-26	kg/d
afbraak%	48%	0%	-6%	44%	-4%	-10%	%
SDI in	13.482	451	279	12.727	524	264	kg/d
SDI uit	7.013	347	306	7.006	530	294	kg/d
SDI afbraak	6.469	104	-27	5.721	-6	-30	kg/d
afbraak%	48%	23%	-10%	45%	-1%	-11%	%
specifieke gasproductie	0,285			0,343			m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg CZV-verwijderd

### 5.3.9 RETOURELASTING

De opgeloste PO<sub>4</sub> concentratie in het uitgegiste slib van de gistingstank met slibdesintegratie (SDI) is in de eerste periode hoger dan voor de referentietank (REF), evenals de waarde voor (opgelost) ammonium, maar dan in mindere mate (respectievelijk circa 5% en 0,2-0,6%) (zie Tabel 5-5). Dit is in lijn met de geringe toename van de CZV afbraak en OS afbraak.

TABEL 5-5 VERGELIJKING PARALLELE LIJNEN OP NH<sub>4</sub>-N EN PO<sub>4</sub>-P

	gemiddelde gemeten waarden oktober 2006 tot en met januari 2007		gemiddelde gemeten waarden februari tot en met juni 2007		
	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	
REF uit	610	28	792	n.b.	mg/l
SDI uit	612	29	797	n.b.	mg/l
toename SDI t.o.v. REF	0,2%	5,5%	0,6%	n.b.	%

n.b.: geen PO<sub>4</sub>-P resultaten beschikbaar over periode februari tot en met juli 2007

## 5.4 RESULTATEN VAN DE MODELLERING

Met behulp van het ontwikkelde rekenmodel dat in het voorgaande hoofdstuk is beschreven, is voor de RWZI Bath nagegaan in hoeverre de gevonden resultaten overeenstemmen met het beeld dat op basis van de berekeningen kan worden gevormd. Op deze manier vormen de modelberekeningen een extra verificatie op het vaststellen van het effect van de behandeling door slibdesintegratie.

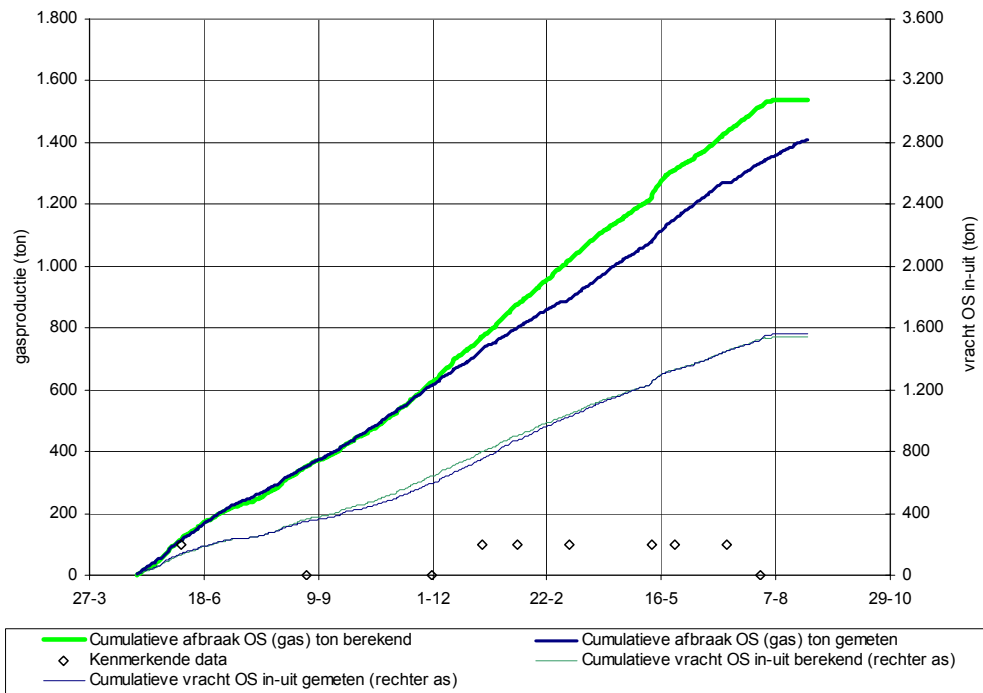
### 5.4.1 REFERENTIETANK (GT1)

Voor Bath (tank 1, REF) is gekozen om de fit uit te voeren op de organische stofbalans dat wil zeggen de verwijdering van organisch materiaal uit de slibstroom. De snelheid en de mate van afbraak zijn zodanig gekozen dat de berekende afbraak zo goed mogelijk overeenkomt met het verschil tussen ingaande en uitgaande vracht zoals die uit de metingen blijkt.

De resultaten zijn in Figuur 5-17 gepresenteerd. In deze figuren worden telkens twee lijnen met elkaar vergeleken: één op basis van metingen, de andere op basis van de modelberekeningen. De gemeten gasproductie wordt weergegeven met de dikke donkerblauwe lijn en is gekoppeld aan de dikke heldergroene lijn van de berekende gasproductie. De dunne lijnen geven de resultaten voor organische stof weer, hierbij is de berekende afbraak gekoppeld aan de gemeten waarde van verwijderde organische stof uit de massabalans.

FIGUUR 5-17

CUMULATIEVE AFBRAAK EN OS-BALANS VAN HET MODEL (GT1, REF)



Uit voorgaande figuur blijkt dat voor deze gistingstank niet voor de gehele periode een goede fit kan worden bereikt. Bij de gasproductielijnen is dit heel duidelijk, deze lopen tot ongeveer halverwege de periode in de pas en vertonen daarna een duidelijke afwijking. Voor de organische stof geldt dat de berekende lijn in eerste instantie iets boven de meetwaarde ligt, maar zich geleidelijk verschuift en in het laatste deel van de grafiek er duidelijk onder ligt.

Een beperking van het gebruik van cumulatieve gegevens is dat afwijkingen die eenmaal zijn opgetreden, het beeld in de rest van de figuur blijven bepalen. Bij het beschouwen van de grafieken is dit te ondervangen door vooral naar het verschil in hellingshoek te kijken van de gepresenteerde lijnen. Lopen de lijnen evenwijdig dan is er toch sprake van een goede overeenkomst ook al is er sprake van een hoogteverschil tussen de lijnen. Om die zienswijze te ondersteunen is de totale figuur in een aantal perioden verdeeld, die op zichzelf zijn beschouwd.

Mede voor een vergelijking met de in dit rapport opgenomen driemaandsperioden is de cumulatieve balans gesplitst in de volgende perioden:

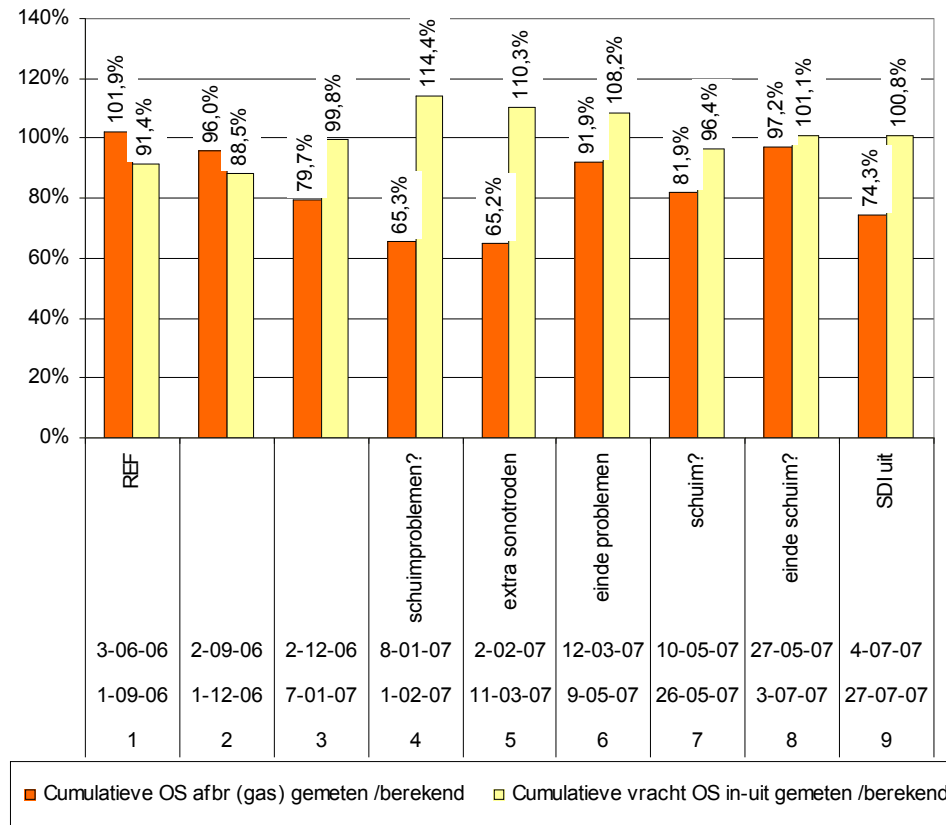
- Juni-juli-augustus 2006: de eerste periode met slibdesintegratie in de andere gistingstank, verder geen bijzonderheden;
- September-oktober-november 2006;
- De hierop volgende perioden worden onderverdeeld door kenmerkende data. Vanaf medio maart 2007 treden schuimproblemen op, deze zijn begin mei voorbij, maar eind mei treden ze weer op. De laatste periode (van eind mei tot eind juli 2007) is een vrij rustige periode, afgezien van een korte periode met sterk afwijkende gasregistraties.

Voor de genoemde periodes is een vergelijking gemaakt tussen de mate waarin de berekende afbraak overeenstemt met enerzijds de meting van de biogasproductie en anderzijds de massabalans op basis van de meting van de ingaande en uitgaande vrachten.



FIGUUR 5-18

VERGELIJKING GASBALANS EN OS AFBRAAK IN KENMERKENDE PERIODEN



De mate van overeenstemming is uitgedrukt als percentage van de verhouding tussen de gemeten en de berekende waarde. Bij een waarde boven de 100% is de gemeten waarde dus hoger dan de berekende waarde. In het ideale geval van een goede fit, zouden voor alle beschouwde periodes de beide percentages zeer dicht bij 100% moeten liggen.

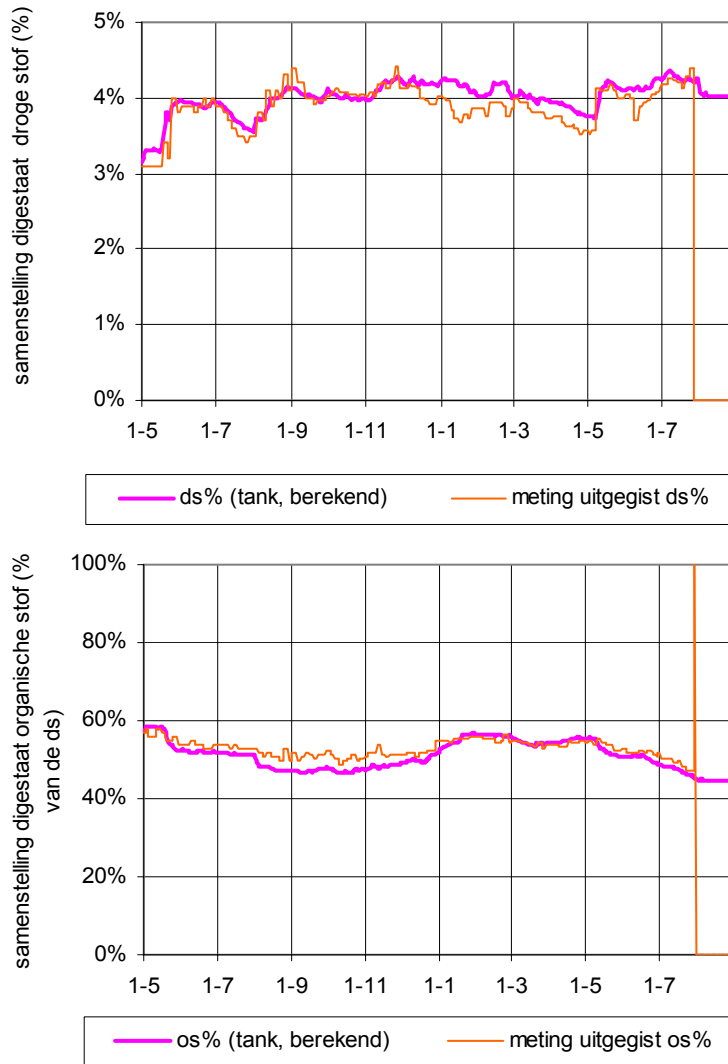
In bovenstaande grafiek is dit voor de referentie tank van Bath (GT1) uitgewerkt. De rechter kolommen in het overzicht hebben betrekking op de vergelijking tussen de gemeten organische stof afbraak en de berekende afbraak. De afwijkingen hierbij variëren van -10 tot +16%. De afwijkingen zijn het grootst in de periode dat schuimproblemen aan de orde zijn geweest (begin 2007).

De vergelijking tussen de berekende en gemeten gasvolumes vertoont grotere afwijkingen. Hier speelt nadrukkelijk mee dat er in het bestand met de gemeten waarden “gaten” voorkomen, die dus niet meetellen in de cumulatieve gasopbrengst. Deze “gaten” zijn het gevolg van het afwezig zijn van metingen of van het voorkomen van meetwaarden in de bestanden die als niet correct zijn bestempeld en om die reden zijn verwijderd. Een andere achtergrond voor het achterblijven van de gemeten gasproductie kan zijn het optreden van schuimproblemen of het aanspreken van de overdrukbeveiliging van de reactor waardoor geproduceerd gas niet geregistreerd wordt.

De genoemde afwijkingen in de droge stof- en organische stofbalans ontstaan door verschillen tussen de gemeten en berekende waarden van droge stof en organische droge stof van het uitgegiste slib. De verschillen kunnen ontstaan door afwijkende metingen van het uitgegiste slib, maar ook door meetafwijkingen van de inputstromen. Het duidelijkst is dit te zien in het verloop van de droge stof en organische stofconcentraties in het uitgegiste slib.

FIGUUR 5-19

VERGELIJKING TUSSEN METING EN BEREKENING VAN DS EN OS GEHALTEN IN HET UITGEGISTE SLIB

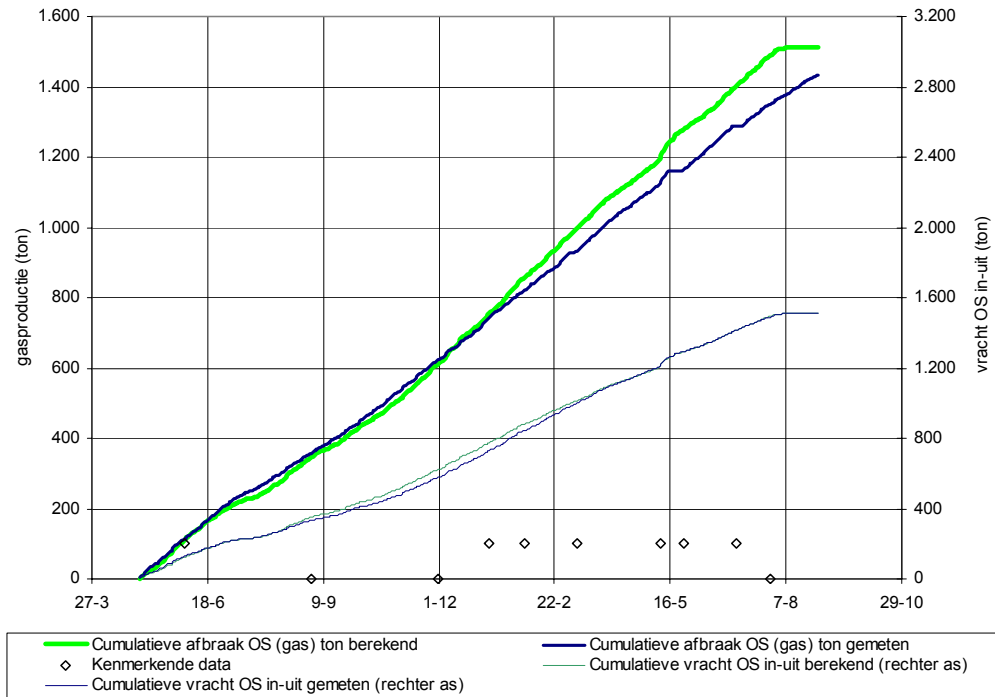


Resumerend geldt voor de referentie tank dat het niet mogelijk blijkt om voor de gehele periode een goede fit te bereiken voor de gemeten waarden. Na een start met redelijke overeenstemming, komt er een periode waarin de afbraak door het model lager wordt ingeschat dan in werkelijkheid. Op het eind van de beschouwde periode zijn de gegevens wel weer goed in overeenstemming. Ondanks de beperkingen in de mate van overeenstemming is toch besloten om het gedrag van de reactor met slibdesintegratie met dezelfde parameters te beschrijven, om te zien of hier verschillen in aan te tonen zijn.

#### 5.4.2 SLIBDESINTEGRATIETANK (GT2)

De SDI-tank (GT2) wordt op dezelfde wijze als tank 1 beschouwd, met dezelfde fitparameters. De resultaten zijn onderstaand weergegeven. Ook hier treden afwijkingen op, met name in de beginperiode en de periode van begin januari t/m begin mei 2007.

FIGUUR 5-20 CUMULATIEVE AFBRAAK EN OS-AFBRAAK VAN HET MODEL (GT2, SDI)



In bovenstaande presentatie van het verloop van de cumulatieve gegevens zijn zowel verschillen als overeenkomsten met de referentie gistingstank aan te geven. Bij het verloop van de gemeten gasproductie, de dikke donkerblauwe lijn vallen een aantal horizontale stukken op. Dit zijn perioden zonder betrouwbare gasmetingen, dit wil niet zeggen dat er in die perioden geen gas is geproduceerd.

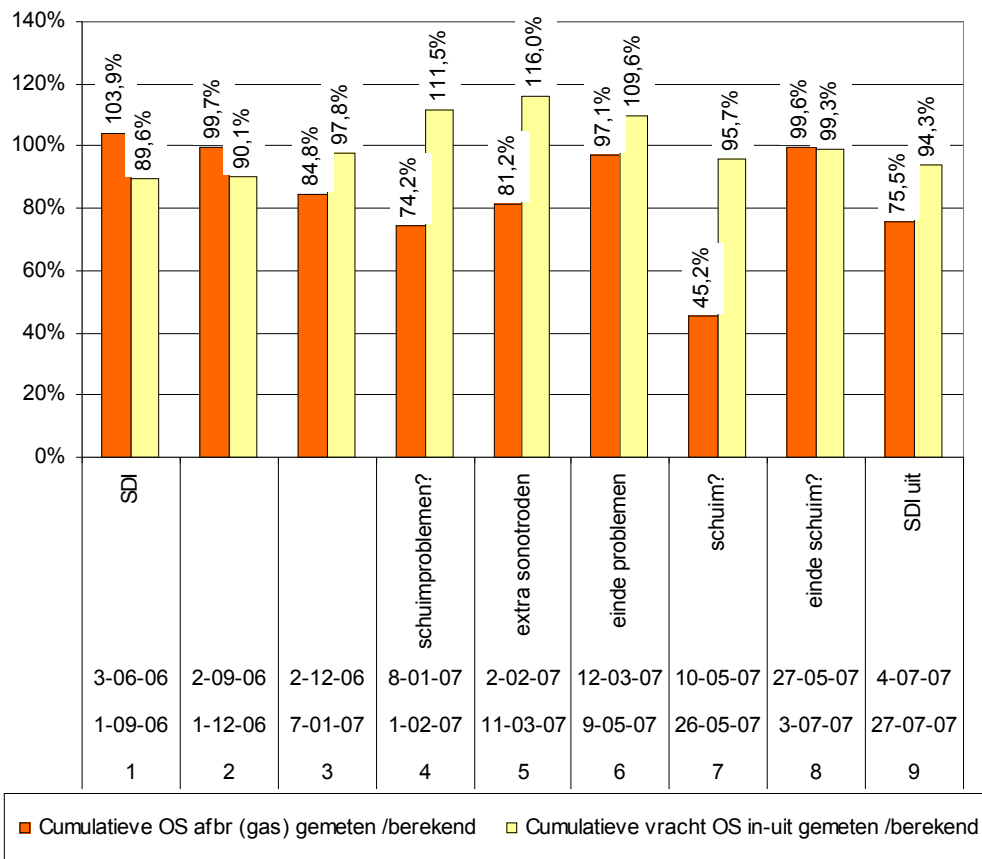
De overeenkomsten tussen REF en SDI zijn het grootst voor de organische stof afbraak (dunne lijnen). De periodes waarin afwijkingen naar beneden en naar boven optreden liggen vrijwel gelijk voor beide tanks.

Bij de gasproductie is het voor de SDI-tank zo dat hetzelfde patroon optreedt als voor de organische stof balans. Eerst is er sprake van een hogere berekende waarde, maar later slaat dit om naar het tegendeel.

Uit de helling van de lijnen is geen duidelijk verschil op te maken tussen de periode dat de SDI operationeel is geweest en de periode dat dat niet meer het geval is, vanaf eind juni 2007.

FIGUUR 5-21

VERGELIJKING GASBALANS EN OS AFBRAAK IN KENMERKENDE PERIODEN



In de resultaten voor de verschillende perioden komt de overeenstemming in het gedrag tussen de beide reactoren nog duidelijker tot uitdrukking. Met name het verloop in de afwijkingen voor de organische stofafbraak is vrijwel identiek. Voor de gasproductie zijn de afwijkingen tussen de berekende en gemeten waarden over het algemeen lager dan voor de referentie tank (REF). Om dit verder te illustreren zijn in Tabel 5-6 de geconstateerde afwijkingen voor de gas- en organische stofbalans voor de beide reactoren naast elkaar gezet. Aanvullend op de getalswaarden is dit grafisch weergegeven.

TABEL 5-6

OVERZICHT AFWIJINGEN BATH

Periode	Gas REF	Gas SDI	OS REF	OS SDI	
3-6-06	1-9-06	101,9%	103,9%	91,4%	89,6%
2-9-06	1-12-06	96,0%	99,7%	88,5%	90,1%
2-12-06	7-1-07	79,7%	84,8%	99,8%	97,8%
8-1-07	1-2-07	65,3%	74,2%	114,4%	111,5%
2-2-07	11-3-07	65,2%	81,2%	110,3%	116,0%
12-3-07	9-5-07	91,9%	97,1%	108,2%	109,6%
10-5-07	26-5-07	81,9%	45,2%	96,4%	95,7%
27-5-07	3-7-07	97,2%	99,6%	101,1%	99,3%
4-7-07	27-7-07	74,3%	75,5%	100,8%	94,3%

Een belangrijke vraag achter het uitvoeren van de modelberekeningen is of een wijziging in het gedrag van de gistingstanks op deze wijze geconstateerd en gekwantificeerd kan worden. Bij het beschouwen van bovenstaande verlopen is van belang dat beide gistingstanks met dezelfde parameters zijn doorgerekend. Een indicatie voor een verschil in gedrag komt tot uitdrukking in een afwijking tussen berekende en gemeten waarden, maar vooral als de afwijking in de ene gistingstank duidelijk verschillend is dan in de andere. Als de afwijkingen met

elkaar in de pas lopen is er naar verwachting een gemeenschappelijke oorzaak, zoals onzui-verheden bij de gebruikte invoerparameters, of tijdelijke wijzigingen in de afbreekbaarheid van de organische stof.

Bij RWZI Bath blijkt dat met name voor de organische stofafbraak een grote overeenkomst in het gedrag van de beide gistingstanks. Dit maakt het onwaarschijnlijk dat er een significante invloed van de SDI is geweest. De afwijkingen in de gasbalans vertonen een grilliger patroon, maar de belangrijkste oorzaak hierbij zijn de beperkingen die bij de metingen van de gashoe-veelheden zijn opgetreden als gevolg van de perioden met schuimvorming. In de perioden zonder schuimvorming blijft de afwijking tussen berekende en gemeten waarde binnen een bandbreedte van -10% tot +6%.

#### 5.4.3 CONCLUSIES VOOR DE MODELBEREKENINGEN VOOR BATH

De resultaten van de modelberekeningen voor RWZI Bath laten niet over de gehele periode een goede overeenkomst zien met de gemeten waarden. Opvallend is dat de geconstateerde afwijkingen met name voor de organische stofbalans voor beide gistingstanks een vrijwel identiek patroon volgen. Dit doet vermoeden dat de oorzaak van de afwijkingen gevonden moet worden in een gemeenschappelijke factor, zoals de gegevens van het ingevoerde slib, of de afbreekbaarheid ervan. De werkwijze met twee parallelle lijnen blijkt op deze manier ook voor de modellering een belangrijke toegevoegde waarde.

De modelberekeningen laten geen duidelijke invloed van slibdesintegratie zien. Dit geldt voor zowel de vergelijking tussen de verwerkingslijnen als voor het gedrag binnen de lijn met SDI, voor de perioden waarin de SDI wel en niet operationeel was. Op grond van de modelbe-rekeningen lijkt een relatief effect van SDI van meer dan 10 % op de afbraak van organische stof niet aannemelijk.

#### 5.5 AFRONDING VAN HET ONDERZOEK

Het Waterschap Brabantse Delta heeft besloten de proef met de SDI te beëindigen vanaf 3 juli 2007. Achtergrond hierbij is het uitblijven van een significante verbetering van de organische stofafbraak en het uitblijven van een verbetering van de gasproductie vanaf april 2007. De positieve indicaties die in de maanden februari en maart van 2007 zijn verkregen met betrek-king tot de toename van de gasproductie en de afbraak van organische stof hebben geen stand gehouden en ook het vervangen van de sonotroden op 30 mei 2007 heeft niet geleid tot een verbetering.

#### 5.6 RESUMÉ RESULTATEN SLIBDESINTEGRATIE RWZI BATH

Samengevat kunnen de resultaten van de proef in Bath als volgt worden weergegeven:

- Gedurende de proef is een gelijkmatige voeding tussen de twee parallelle lijnen van de slibgisting gerealiseerd.
- Tijdens het verloop van de proef tot en met juni 2007 is er geen significante verbetering van de afbraak van organische stof geconstateerd.
- Na uitbreiding van de desintegratie-installatie van 8 naar 10 sonotroden in februari 2007 is gedurende de maanden februari en maart een beperkte verbetering van de afbraak zich-tbaar. Deze is vanaf april 2007 niet meer aanwezig. De relatieve wijziging van de orga-nische stof afbraak over de maanden februari tot en met april is 1,6% en over de maanden mei tot en met juli is deze -1,7%.

- De gasproductie is na uitbreiding van de installatie in februari 2007 significant verhoogd met circa 20%, maar zakt vanaf april 2007 weer terug.
- De modelberekeningen laten ook geen duidelijke invloed van slibdesintegratie zien. Dit geldt voor zowel de vergelijking tussen de verwerkingslijnen als voor het gedrag binnen de lijn met SDI, voor de perioden waarin de SDI wel en niet operationeel was. Op grond van de modelberekeningen lijkt een relatief effect van SDI van meer dan 10 % op de afbraak van organische stof niet aannemelijk.
- Het toepassen van SDI heeft niet kunnen voorkomen dat er schuimvorming is opgetreden in de slibgisting.
- Uit de ontwateringsresultaten komt geen significante verbetering naar voren. Er zijn geen data beschikbaar voor de ontwatering voor de periode februari - juni 2007.
- De beschikbaarheid en het technisch functioneren van de SDI zijn conform verwachting geweest. De randapparatuur, met name de toevoerpomp, heeft veel aandacht gevraagd.

# 6

## RWZI ENSCHEDE

### 6.1 BESCHRIJVING RWZI EN EVENTUELE AANPASSINGEN

RWZI Enschede is een laagbelaste zuivering met verregaande stikstof- en biologische- fosfaat-verwijdering. Aanvullend kan fosfaat verwijderd worden met  $\text{FeCl}_3$ . De ontwerpcapaciteit van RWZI Enschede is 275.000 i.e. met een RWA- en DWA-capaciteit van respectievelijk 12.160 en 3.240  $\text{m}^3/\text{h}$ .

De mechanische voorbehandeling bestaat uit roosterharken met een spleetwijdte van 6 mm en een zandvanginstallatie. Na deze voorbehandeling wordt het afvalwater over drie zuiveringsstraten verdeeld (1: ca. 46% en 2 en 3 elk: 27%). Elke straat bestaat achtereenvolgens uit een voorbezinktank, selector, een anaërobe tank, een denitrificatietank, een facultatieve tank en een nitrificatietank, met een recirculatie naar de denitrificatietank. De sibleeftijd is 20-25 dagen. Tenslotte wordt het slib van het water gescheiden in de nabezinktank (totaal 12 stuks) en het water wordt via de effluentmeetput en de effluentleiding geloosd op de Elsbeek.

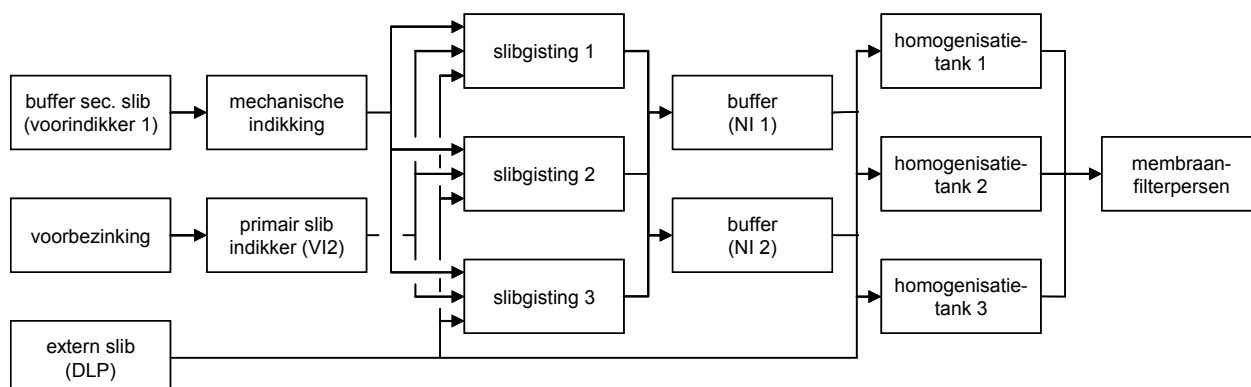
Het primaire slib wordt ingedikt in een gravitaire slibindikker. Het secundair slib van de eigen locatie wordt door een mechanische indikker ingedikt tot ongeveer 5% droge stof.

Het externe slib dat wordt aangevoerd op RWZI Enschede wordt zonder verdere indikking in de gisting in de sliblijn gebracht. In de huidige bedrijfsvoering wordt af en toe een gedeelte van het slib direct naar de ontwatering (via homogenisatietanks) geleid.

Op RWZI Enschede worden drie parallelle gistingstanks van verschillende volumes (3.880, 3.413 en 3.784  $\text{m}^3$ ) afwisselend met primair, secundair en extern slib gevoed. De wijze van afvoer uit de tanks is verschillend. De verblijftijd is ongeveer 30 dagen. In principe wordt het slib in verhouding tot het gistingvolume verdeeld over de gistingstanks, zodat de verblijftijd overal hetzelfde is.

De capaciteit van de WKK's is 7.200  $\text{m}^3/\text{d}$ . Het gasdebiet vertoont variaties per dag en seizoen: gemiddeld 4.200  $\text{m}^3/\text{d}$ . Dit betekent een overcapaciteit die naar verwachting groot genoeg is om extra gasproductie door toepassing van slibdesintegratie op te vangen.

FIGUUR 6-1 SCHEMATISCHE WEERGAVE SLIBLIJN RWZI ENSCHEDE



## 6.2 BESCHRIJVING SLIBDESINTEGRATIE-INSTALLATIE

Voor het STOWA-project is slibgistingtank 1 gescheiden van de bedrijfsvoering van tanks 2 en 3. Deze laatste zijn hydraulisch niet te scheiden. De slibdesintegratie-installatie is 4 april 2006 in bedrijf genomen en in de periode van 4 april 2006 tot en met 12 juni 2007 zijn gistingstanks 2 en 3 beide gevoed met gedesintegreerd slib. De periode van 13 juni 2007 tot en met 10 september 2007 heeft er geen slibdesintegratie plaatsgevonden en zijn alle gistingstanks gevoed met onbehandeld slib. Vanaf 11 september 2007 is de slibdesintegrator weer opgestart en vanaf deze periode is alleen gistingstank 1 gevoed met gedesintegreerd slib.

TABEL 6-1 BEDRIJFSVOERING SLIBDESINTEGRATIE INSTALLATIE EN GISTINGSTANKS ENSCHEDE

gistingstank volume	GT 1 3.880 m <sup>3</sup>	GT 2 3.413 m <sup>3</sup>	GT 3 3.784 m <sup>3</sup>
4 april 2006 – 12 juni 2007			
- gedesintegreerd slib?	nee	ja	ja
- aandeel secundair slib Enschede gedesintegreerd naar GT	0 %	100 %	100 %
- naamgeving in resultaten	REF	SDI	SDI
13 juni 2007 – 10 september 2007			
- gedesintegreerd slib?	nee	nee	nee
- naamgeving in resultaten	REF	SDI	SDI
11 september 2007 – 31 december 2007			
- gedesintegreerd slib?	ja	nee	nee
- aandeel secundair slib Enschede gedesintegreerd naar GT	circa 85% door wachtijd*	0 %	0 %
- naamgeving in resultaten	SDI	REF	REF

\* Per 11 september 2007 wachtijd 21 minuten voordat desintegratie aangeschakeld wordt om ervoor te zorgen dat er geen gedesintegreerd slib in de andere twee gistingstanks terecht kan komen door verblijftijd in retentievat en leidingwerk en aandeel gedesintegreerd slib op totaal maximaal 40% op volumebasis. Per 17 december 2007 is wachtijd verlengd naar 30 minuten.

Er wordt een continue stroom aan ingedikkt secundair slib naar de gisting gepompt. Het slib wordt vervolgens aan één van de drie gistingstanks gevoed. De slibdesintegratie-installatie is gedurende de het eerste gedeelte van de demonstratie slechts ongeveer tweederde van de tijd in bedrijf, omdat twee van de drie gistingstanks gevoed worden met gedesintegreerd slib. Vanaf 11 september 2007 wordt één van de drie tanks gevoed met gedesintegreerd slib en is deze slechts ongeveer een derde van de tijd in bedrijf.



De slibdesintegratie-installatie (inclusief versnijder) op RWZI Enschede is een Biogest installatie geleverd door Aqa Hydrasep. De installatie werkt op basis van hydrodynamische cavitatie. Het gemiddeld maximum ontwerpdebiet is 8,5 m<sup>3</sup>/h en de maximale capaciteit van de installatie is 10 m<sup>3</sup>/h. Het systeem kan 24 uur per dag operationeel functioneren. In het kader van de proefperiode is dit aanvankelijk circa 16 uur (tot 13 juni 2007) en na 11 september 2007 circa 8 uur per dag zijn geweest. Bij het ontwerp van de periode tot en met 10 september 2007 is rekening gehouden met een behandeling van 100% van het secundaire slib dat naar gistingstanks 2+3 (SDI-tanks) wordt gepompt. Vanaf 11 september 2007 is rekening gehouden met een maximum van 40% gedesintegreerd slib ten opzichte van het totale slib op volumebasis. Dit komt overeen met ongeveer 85% van het secundaire slib dat naar gistingstank 1 wordt gepompt. Om er zeker van te zijn dat het gedesintegreerde slib uitsluitend naar gistingstank 1 wordt gepompt, is rekening gehouden met de verblijftijd van het slib in de leidingen naar de gisting en het retentievat. Dit heeft geresulteerd in de instelling van een wachttijd van 21 minuten per 11 september 2007. Om er zeker van te zijn dat het aandeel gedesintegreerd slib niet hoger is dan 40% op volumebasis is per 17 december 2007 de wachttijd verlengd naar 30 minuten.

De leverancier garandeert de in het bestek gevraagde relatieve extra organische stofafbraak van 15%. Door de leverancier is aangegeven dat de verwachte verbetering op basis van ervaring met de geïnstalleerde systemen en de gegevens van RWZI Enschede 20-30% is.

De uitgangspunten voor het ontwerp van de desintegrator zoals deze zijn opgenomen in het programma van eisen en het effect van de gegarandeerde afbraak zijn gegeven in Tabel 6-2.

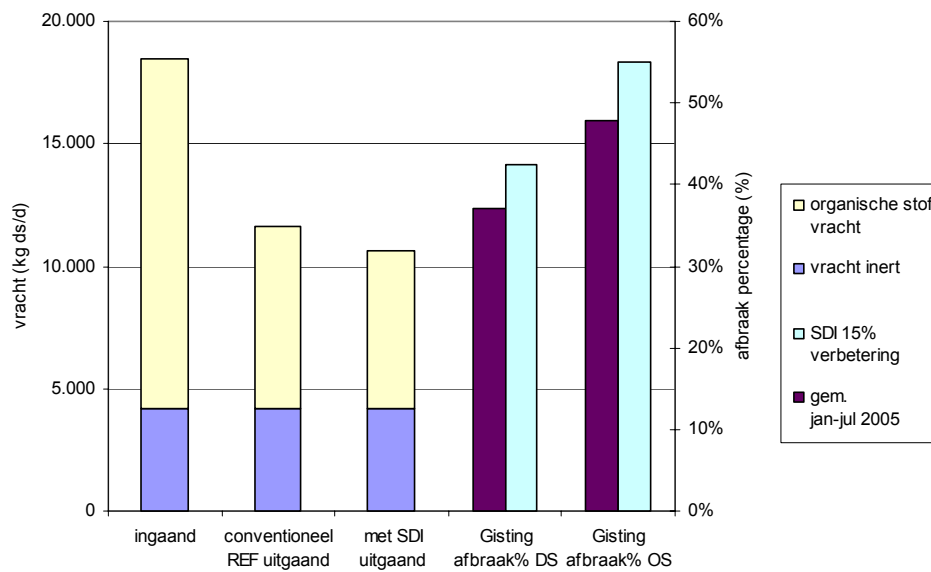
TABEL 6-2 AARD EN SAMENSTELLING SLIB, AFBRAAK IN GISTING EN BIOGASPRODUCTIE (TOTAAL 3 GT'S)

	Gemiddelde januari - juli '05					Berekende waarden bij 15% verbetering afbraak				
	volume (m <sup>3</sup> /d)	DS (%)	vracht (kg DS/d)	OS (%)	vracht (kg OS/d)	volume (m <sup>3</sup> /d)	DS (%)	vracht (kg DS/d)	OS (%)	vracht (kg OS/d)
primair slib Enschede	113	6,0	6.344	nb	nb	113	6,0	6.344	nb	nb
secundair slib Enschede	146	5,8	8.652	nb	nb	146	5,8	8.652	nb	nb
extern slib	97	3,6	3.499	nb	nb	97	3,6	3.499	nb	nb
totaal slib naar gisting	356	5,2	18.495	77	14.316	356	5,2	18.495	77	14.316
totaal uitgestig slib	356	3,27	11.652	64	7.473	356	2,98	10.625	61	6.446
totaal afgebroken slib			6.843		6.843			7.870		7.870
Afbraakpercentage			37,0 %		47,8 %*			42,6 %		55,0 %*
Verblijftijd	31,2	d				31,2	d			
Biogasproductie	5.068	m <sup>3</sup> /d	35.480	m <sup>3</sup> /w		5.828	m <sup>3</sup> /d	40.800	m <sup>3</sup> /w	
Specifieke biogasproductie	740		m <sup>3</sup> /ton DS afgebroken			740		m <sup>3</sup> /ton DS afgebroken		
Specifieke biogasproductie	354		m <sup>3</sup> /ton OS ingaand			407		m <sup>3</sup> /ton OS ingaand		
Droge stof% na ontwatering	21	%				21	%			

nb: niet bekend

\* De organische stofafbraak die in het Programma van Eisen is opgenomen, is door de onzekerheden in de ingaande organische stofpercentages en de relatief lage specifieke biogasproductie (per OS afgebroken) naar beneden bijgesteld. In de opdrachtverlening aan de leverancier d.d. 22 december 2005 is opgenomen dat de relatieve verbetering van 15% organische stof wordt gegarandeerd over het bereik van 35-44% afbraak van organische stof in de referentiereactor. De corresponderende afbraak in de SDI reactor bedraagt dan 41,1 tot 50,6%.

FIGUUR 6-2 GRAFISCHE WEERGAVE VAN DE AARD EN SAMENSTELLING VAN HET SLIB EN DE AFBRAAK IN DE GISTING OP BASIS VAN HISTORISCHE WAARDEN OVER JANUARI TOT EN MET JULI 2005 EN VERBETERING VAN DE AFBRAAK VAN 15% VOLGENS HET PROGRAMMA VAN EISEN



FIGUUR 6-3 SLIBDESINTEGRATIE-INSTALLATIE



### 6.2.1 TUSSENTIJDSE AANPASSINGEN VAN DE INSTALLATIE

In november 2006 zijn de instellingen van de SDI zodanig aangepast dat een intensievere werking gerealiseerd kon worden. Dit is gedaan door het recirculatiedebiet te verhogen, de druk voor de venturivormige nozzle te verhogen van 10 naar 12 bar en het slibvolume in het retentievat te vergroten.

Per 11 september 2007 is de bedrijfsvoering aangepast, waarbij het gedesintegreerd slib naar gistingstank 1 in plaats van 2 en 3 is gepompt. Het behandelde debiet is verlaagd naar circa 7 m<sup>3</sup>/h en de drukinstelling is ongewijzigd gebleven (12 bar). De temperatuur in de gisting is per 11 september 2007 verhoogd van 35 naar 37°C. De reden dat de temperatuur is verhoogd is omdat hiermee verwacht wordt dat dit een positief effect heeft op het tegengaan van schuimvorming. Het effect van deze verhoging wordt verwaarloosbaar geacht op de organische stof afbraak en de gasproductie. Op RWZI Hengelo is gelijktijdig eenzelfde temperatuurverhoging doorgevoerd. Dit heeft niet geresulteerd in een verhoogde gasproductie.

## 6.3 RESULTATEN DEMONSTRATIE

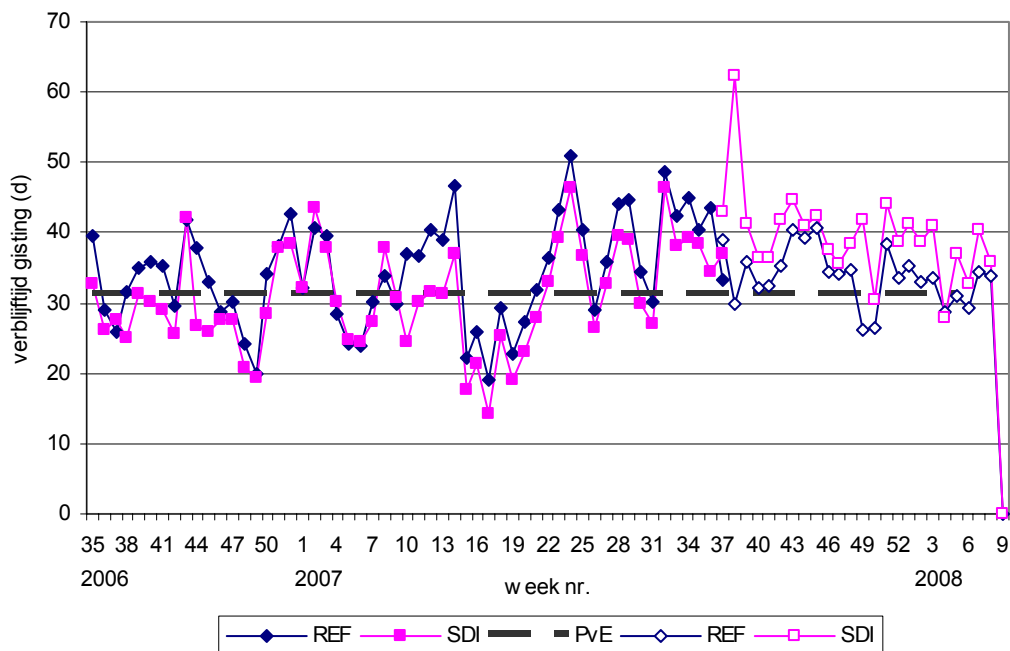
### 6.3.1 PROCESOMSTANDIGHEDEN

De verblijftijd in de gistingstanks is gegeven in Figuur 6-4. Aanvankelijk liggen de verblijftijden van de twee parallelle lijnen relatief ver uit elkaar, waarbij de verblijftijd in de referentietank doorgaans het hoogst is. Sinds november 2006 zijn de verblijftijden nader bij elkaar gekomen door de regeling van de verdeling over de tanks aan te passen. Vanaf 11 september 2007 is er één week (week 39) waarbij de verblijftijden sterk van elkaar afwijken, daarna zijn deze wel weer van dezelfde omvang. In week 39 is op 18 en 19 september is de SDI-gistingstank niet gevoed met slib in verband met reparatiewerkzaamheden om een gaslek op de tank te dichten. Bij de toegepaste verdeling van de ingaande stromen is het ondanks de kleine verschillen in volume blijkbaar mogelijk om een goede gelijkloop te realiseren. Gemiddeld is de verblijftijd in de SDI-tank 4,5 dag hoger dan in de REF tank over de periode 11 september tot en met 17 februari 2008. Punt van aandacht blijft het afstemmen van de besturing van de slibdesintegratie-installatie om de beoogde bedrijfsvoering te realiseren.

Op basis van de afbraakarakteristiek die met het rekenmodel is vastgesteld, ligt de absolute organische stofafbraak bij een verblijftijd van 40 dagen maximaal 0,5% hoger dan bij 35 dagen verblijftijd.

Vanaf week 32 in 2007 (augustus) is de verblijftijd in 2007 met uitzondering van vier punten hoger dan de gemiddelde historische waarde van 31,2 dagen en is met waarden in de buurt van de 40 dagen relatief lang. Vanaf januari 2008 is de verblijftijd weer iets lager met gemiddelde waarden van ongeveer 32 en 37 dagen voor respectievelijk de referentietanks en de SDI-tank.

FIGUUR 6-4 VERLOOP VERBLIJFTIJD GISTINGSTANKS PER WEEK IN 2006 EN 2007

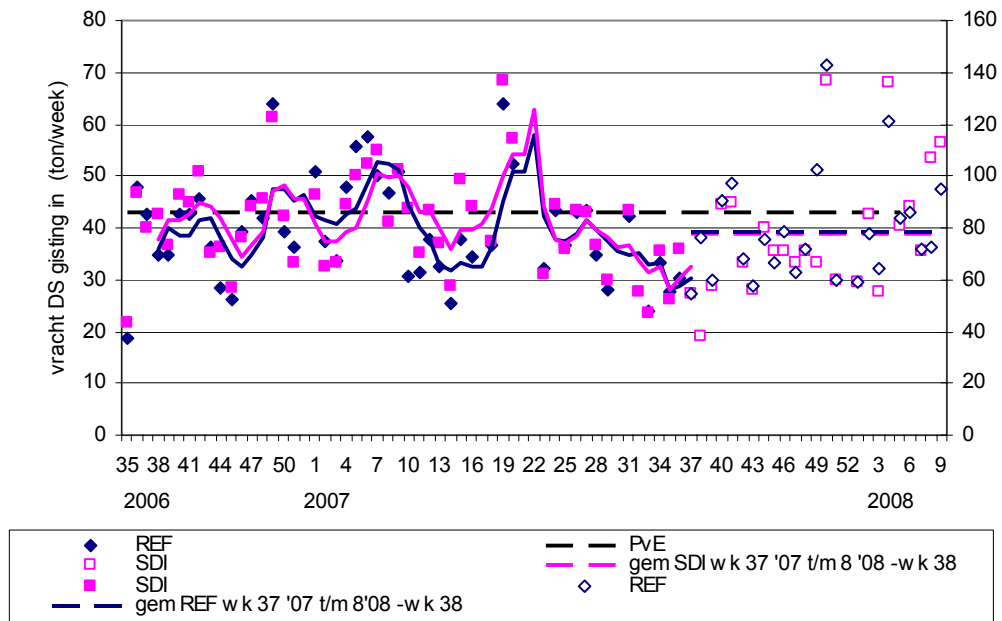


### 6.3.2 HOEVEELHEDEN EN SAMENSTELLING SLIB NAAR GISTING

De bedrijfsvoering van de gisting kan beoordeeld worden aan de hand van de hoeveelheden slib die ingevoerd zijn en de samenstelling daarvan. Aangezien tot en met week 36 in 2007 (10 september) het volume van de gistingstanks met desintegratie (SDI) bijna twee keer het volume van de referentietank (REF) bedraagt en vanaf week 37 het omgekeerde, zijn voor de figuur twee verticale assen gebruikt die een factor 2 van elkaar verschillen. Zo is eenvoudig te zien dat de belasting van de gistingstanks net als de verblijftijd een goede gelijkloop laten zien. Een uitzondering hierop is week 38 in 2007, de week waarin een gaslek is gerepareerd en week 50 in 2007, waarin door een verstopping van de primaire slibindikker ook op de secundaire slibindikker heeft ingegrepen. Door deze verstoringen is in deze weken de SDI gistingstank minder zwaar belast. Vandaar dat deze waarden niet zijn meegenomen in het gemiddelde over de weken 37 van 2007 tot en met 8 van 2008.

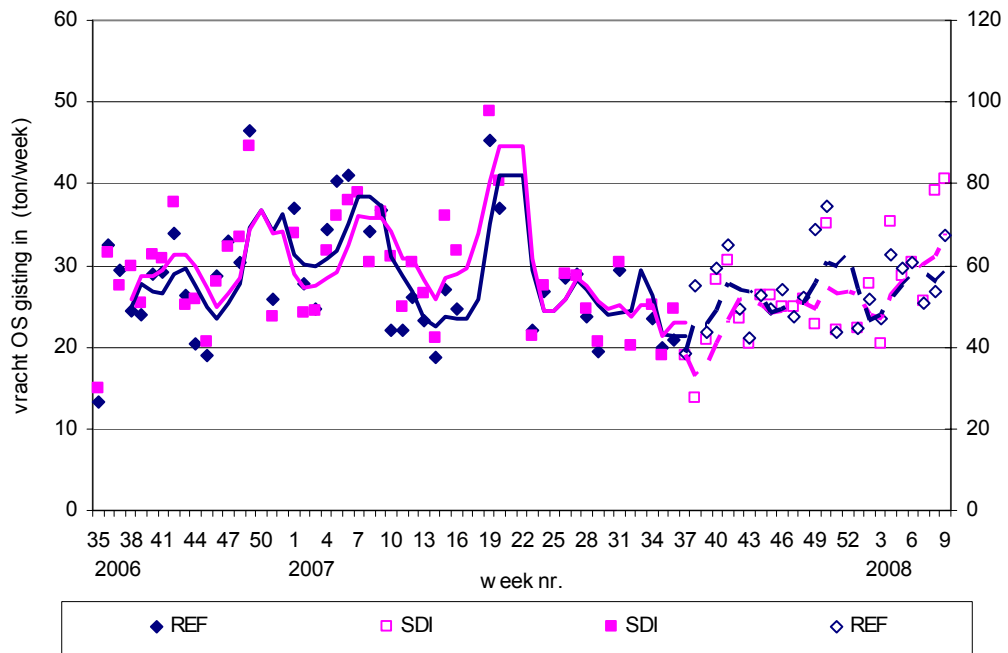
Opvallend is dat met name in 2008, maar ook in december 2007 er grote wisselingen in de toegevoerde vrachten zichtbaar zijn. De oorzaak hiervoor ligt in het hoge droge stof van het primaire slib in deze periode dat veroorzaakt wordt door zandaanvoer in het influent, waarschijnlijk afkomstig van een bouwplaats. In deze periode is de gloeirest echter ook hoog, waardoor de vrachten organisch stof naar de gisting toch maar beperkte variaties vertonen (zie Figuur 6-6).

FIGUUR 6-5 DROGE STOFBELASTING GISTINGSTANKS ZONDER (REF) EN MET (SDI) DESINTEGRATIE PER WEEK IN 2006, 2007 EN 2008



FIGUUR 6-6

ORGANISCHE STOFBELASTING GISTINGSTANKS ZONDER (REF) EN MET (SDI) DESINTEGRATIE PER WEEK IN 2006, 2007 EN 2008



### 6.3.3 AFWIJKENDE OMSTANDIGHEDEN TIJDENS PROEFPERIODE

#### 6.3.3.1 Afbraakprestaties van de drie gistingstanks in het verleden

Om zeker te zijn dat er een goede vergelijking plaatsvindt, is gekeken naar de ervaringen uit het verleden. De gedachte hierachter is dat, als er in het verleden sprake was van een slechtere afbraak in een van de tanks, dit misschien in de huidige situatie wordt verbeterd door de toepassing van slibdesintegratie. Hiervoor is gekeken naar de metingen die aan het slib zijn uitgevoerd in de periode januari 2004 tot juli 2005. Dit gaat om metingen op verschillende hoogtes in de reactor, onder, midden en boven. Ervan uitgaande dat de concentraties boven representatief zijn voor de uitgaande stroom kan er onderling vergeleken worden.

Uit de vergelijking komt naar voren dat met name door achterblijvende resultaten in tank 3 (één van de tanks met desintegratie in de periode tot 11 september 2007) in de periode voorafgaand aan de proef, de organische stof- en droge stofafbraak in tanks SDI mogelijk maximaal 6% lager (relatief) was dan in de referentie gistingstank in de periode tot 10 september 2007.

Door het verwisselen van de gedesintegreerde slibstroom van gistingstanks 2 en 3 naar alleen gistingstank 1 vanaf 11 september 2007 is dit verschil voor zover aanwezig omgekeerd. Vanaf september 2007 zou de gistingstank die gedesintegreerd slib ontvangt dus in een situatie verkeren, waarin er iets hogere afbraak mogelijk is.

#### 6.3.3.2 Schuimvorming en effect op resultaten

Doorgaans wordt er in de winterperiode in meer of mindere mate schuim op de gistingstanks van RWZI Enschede geconstateerd, waarbij dit met name op gistingstanks 2 en 3 is geweest. Dit zijn de tanks die als SDI tanks dienen in de periode tot en met 10 september 2007.

Vanaf ongeveer januari 2007 tot en met februari 2007 is er (bijna continu) schuimvorming op gistingstanks SDI geconstateerd. Om dit te onderdrukken is anti-schuimmiddel gedoseerd aan de tanks; dit resulteerde niet in het volledig verdwijnen van het schuim. Ook is er met water gesproeid boven in de tanks en ter plaatse van de slibafvoer. Zowel de schuimvorming als ook

het watergebruik resulteren in lage droge stofgehalten in de monsters van het uitgegist slib. Dit leidt tot plotselinge verandering in indamprestwaarden, die niet in overeenstemming zijn met hetgeen theoretisch nog mogelijk is, gelet op de bufferende werking van de gisting. Om het effect van deze werkwijze de evaluatie van de resultaten zo min mogelijk te laten beïnvloeden, zijn de meetpunten waar dit verschijnsel optreedt buiten de berekeningen gehouden. Hierbij is gebruik gemaakt van een modelsimulatie om te beoordelen of meetpunten nog binnen een realistische bandbreedte passen. Als gevolg hiervan is de onzekerheid in de resultaten voor de maanden januari tot en met maart 2007 hoger dan buiten deze periode.

In de maanden juni tot en met februari 2008 zijn in 2007 maandelijks en in 2008 wekelijks schuimtesten<sup>6</sup> uitgevoerd met het uitgegiste slib van de drie gistingstanks. Hieruit bleek dat de 'schuimpotentie' van het slib uit de SDI-tank in de maanden november 2007 tot en met februari 2008 hoger is dan uit de andere twee referentie tanks. De maanden juni tot en met oktober 2007 is de gemeten 'schuimpotentie' van de drie gistingstanks vergelijkbaar. Een hogere schuimpotentie betekent niet direct dat er daadwerkelijk schuimvorming optreedt. In de maanden juni 2007 tot en met januari 2008 is op geen enkele gistingstank schuimvorming gesignaleerd, terwijl eind februari op alle drie de tanks schuimvorming is geconstateerd.

#### 6.3.3.3 Gaslek op gistingstank

Op 6 september 2007 is een gaslek geconstateerd op de referentietank, deze is op 18 en 19 september 2007 verholpen. Het effect op de gemeten gasproductie van de referentietank tot en met 10 september 2007 en de gemeten gasproductie van de SDI-gistingstank in de week van 11 tot en met 17 september 2007 is nader toegelicht in paragraaf 6.3.6.

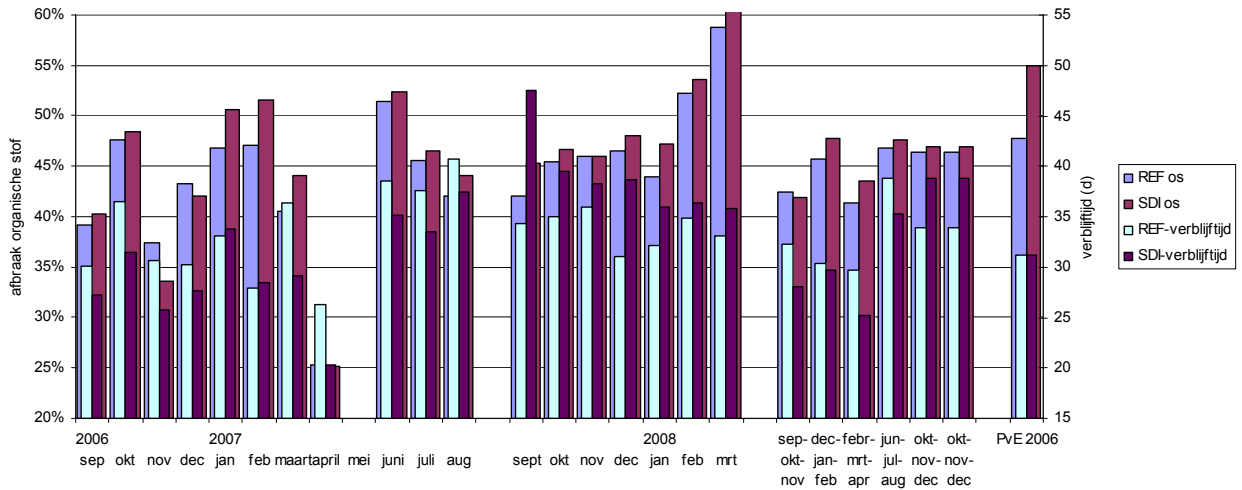
#### 6.3.4 AFBRAAK ORGANISCHE STOF IN GISTING

Op basis van de berekende vrachten voor toevoer en afvoer aan de gistingstanks is de relatieve afbraak van organische stof berekend (zie Figuur 6-7 en Figuur 6-8). Naast gegevens per maand is dit gedaan voor vijf driemaandelijke periodes en zijn de uitgangsgegevens van het programma van eisen opgenomen. In de maand mei is er minder intensief bemonsterd en geanalyseerd, waardoor de betrouwbaarheid van deze data lager is, vandaar dat deze maand uit de vergelijking is gelaten. De maand september 2007 is opgesplitst in een gedeelte tot en met 10 september en een gedeelte vanaf 11 september. Doordat het eerste gedeelte van september slechts 10 dagen heeft geduurd en er dus weinig analyseresultaten over deze korte periode beschikbaar zijn, is de betrouwbaarheid van deze gegevens laag en niet weergegeven.

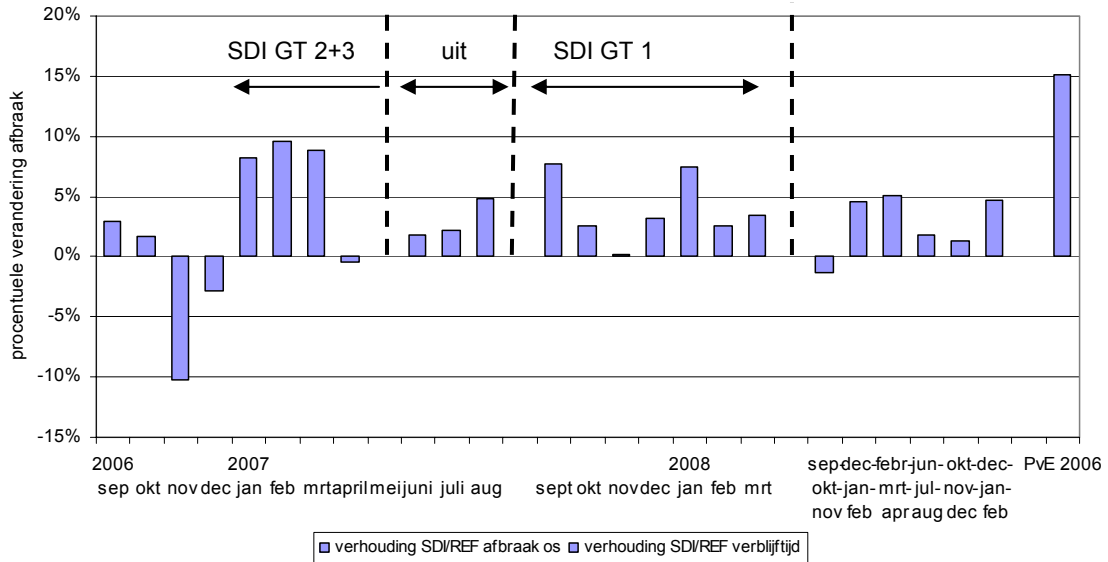
Verwacht wordt dat de grote uitschieters in verblijftijd in de SDI-gistingstank, met name september en december 2007, een positief effect op het resultaat van de organische stofafbraak tot gevolg hebben. In de maanden september 2007 tot en met februari 2008 is er een goede correlatie tussen het verschil in organische stof afbraak en verblijftijd.

<sup>6</sup> Methode schuimpotentietesten: werkwijze conform Pretorius, W.A., Laubscher, C.J.P., Control of biological scum in activated sludge plants by means of selective flotation, Water Science Technology, Vol. 19, pp1003-1011, 1987

FIGUUR 6-7 AFBRAAK ORGANISCHE STOF EN VERBLIJFTIJD IN DE GISTING, PER MAAND, GECUMULEERDE PERIODE EN VOLGENS PROGRAMMA VAN EISEN



FIGUUR 6-8 PROCENTUELE VERANDERING VAN DE ORGANISCHE STOF AFBRAAK IN DE GISTINGSTANK MET SLIBDESINTEGRATIE (SDI) TEN OPZICHT VAN ZONDER DESINTEGRATIE (REF)



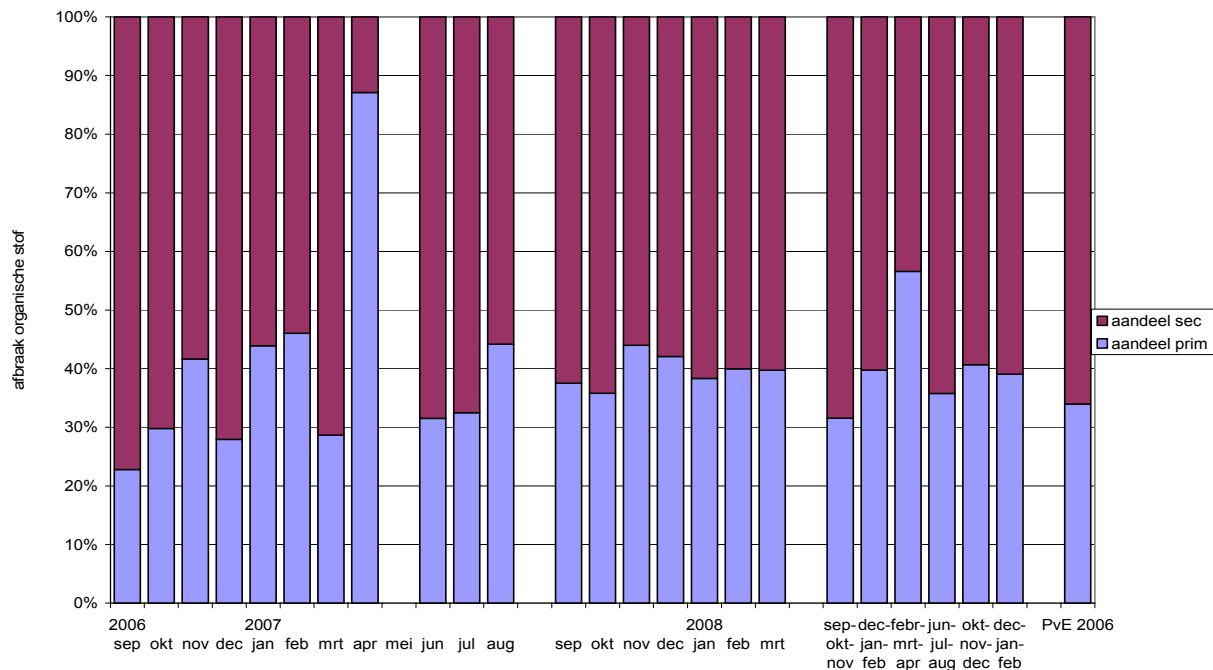
Het beeld dat uit de gepresenteerde resultaten naar voren komt is dat er sprake is van kleine verschillen in afbraak tussen de referentie en de tanks die behandeld slib ontvangen. Het betreft zowel kleine verbeteringen als kleine verslechtingen (november en december 2006). Dit blijkt ook uit de getalswaarden die in Tabel 6-3 zijn gegeven. Hierin is ook de OS afbraak middels Van Kleeck (zie Bijlage 3) berekend, deze geeft een resultaat wat vergelijkbaar is aan de gebruikte methode op basis van massabalans. In de maanden januari, februari en maart 2007 lijken zich wat grotere verbeteringen af te tekenen, maar juist voor deze periode geldt dat de onzekerheid in de onderliggende analysegegevens relatief groot is. Ook in september 2007 en januari 2008 lijkt een grotere verbetering zich af te tekenen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat in deze maanden de verblijftijd in de SDI-gistingstank hoger is dan in de REF-tank. Alle verbeteringen blijven echter onder de 10% en hiermee ook onder de gestelde garantie-eis van 15%.

TABEL 6-3 RESULTATEN OS- EN CZV-AFBRAAK, VERBLIJFTIJD EN RELatieve VERBETERING VAN OS-AFBRAAK

parameter	een- heid	periode sept-okt-nov		periode dec-jan-feb		Periode feb- mrt- apr		periode juni- jul-aug		periode okt-nov-dec		periode dec-jan-feb	
		REF	SDI	REF	SDI	REF	SDI	REF	SDI	REF	SDI	REF	SDI
		32/68		40/60		57/43		36/64		41/59		39/61	
verhouding prim/sec slib o.b.v. OS-vracht		32/68		40/60		57/43		36/64		41/59		39/61	
verblijftijd	d	32,2	28,0	30,4	29,8	29,7	25,3	39,2	35,6	33,8	38,8	32,2	36,9
OS-afbraak	%	42,5	41,9	45,8	47,8	41,4	43,5	46,7	47,5	46,4	47,0	46,6	48,8
relatieve verbetering OS-afbraak	%		-1,4		4,4		5,1		1,8		1,3		4,7
CZV-afbraak	%	42,1	43,7	48,2	47,6	47,5	48,2	47,2	44,5	46,6	46,4	46,9	47,4
relatieve verbetering CZV-afbraak	%		3,9		-1,3		1,4		-5,8		-0,3		1,2
OS afbraak (van Kleeck berekening*)	%	43,0	41,9	41,3	41,9	42,6	43,3	44,8	45,5	46,2	42,1	39,7	30,3
relatieve verbetering OS-afbraak (van Kleeck*)	%		-2,4		1,4		1,7		1,6		-8,8		-23,6

\* zie Bijlage 3

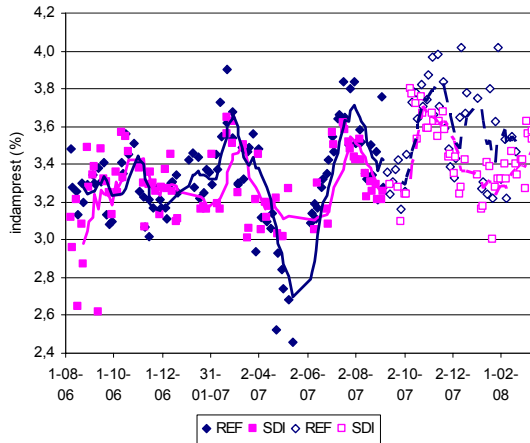
FIGUUR 6-9 AANDEEL PRIMAIR EN SECUNDAIR SLIB IN TOEVOER GISTING



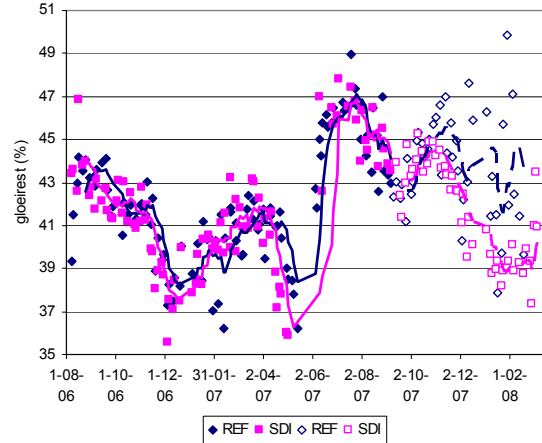
Het verloop van de indamprest- en gloeirestpercentages van het uitgiste slib is in Figuur 6-10 uitgezet. Om incidentele schommeling uit te vlakken is een voortschrijdend gemiddelde van 6 waarden als trendlijn weergegeven. De verschillen in concentraties in het uitgiste slib zijn voor zover aanwezig te klein om van een significante verandering te kunnen spreken, zeker gelet op de onzekerheden die in januari, februari, maart en mei 2007 aan de orde zijn. Vanaf oktober 2007 is zowel de indamprest als de gloeirest in het uitgiste slib SDI hoger. Deze tegengestelde effecten lijken elkaar op te heffen gezien de kleine toename van de organische stofafbraak in deze periode.



FIGUUR 6-10A VERLOOP INDAMPREST UITGEGIST SLIB



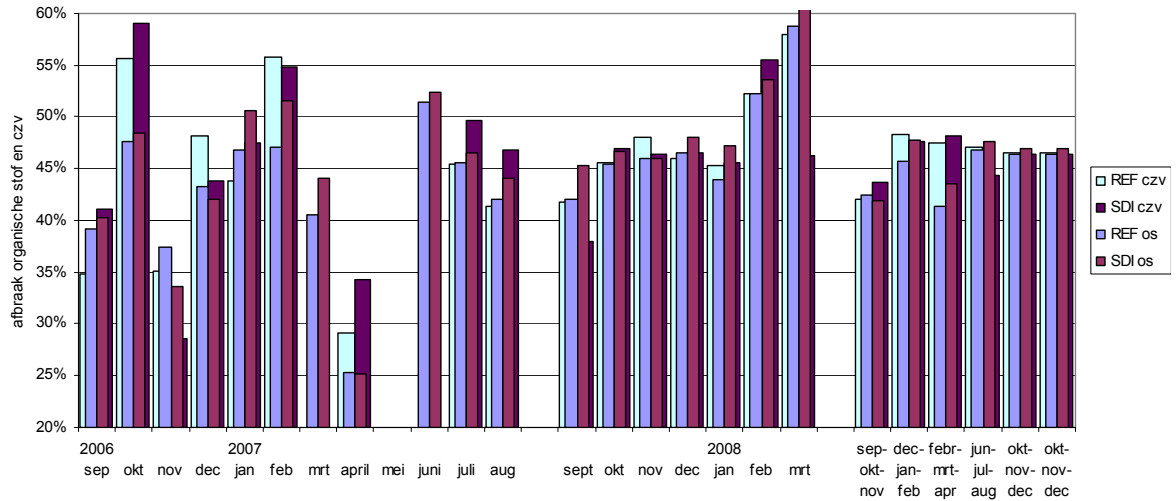
FIGUUR 6-10B VERLOOP GLOEIREST UITGEGIST SLIB



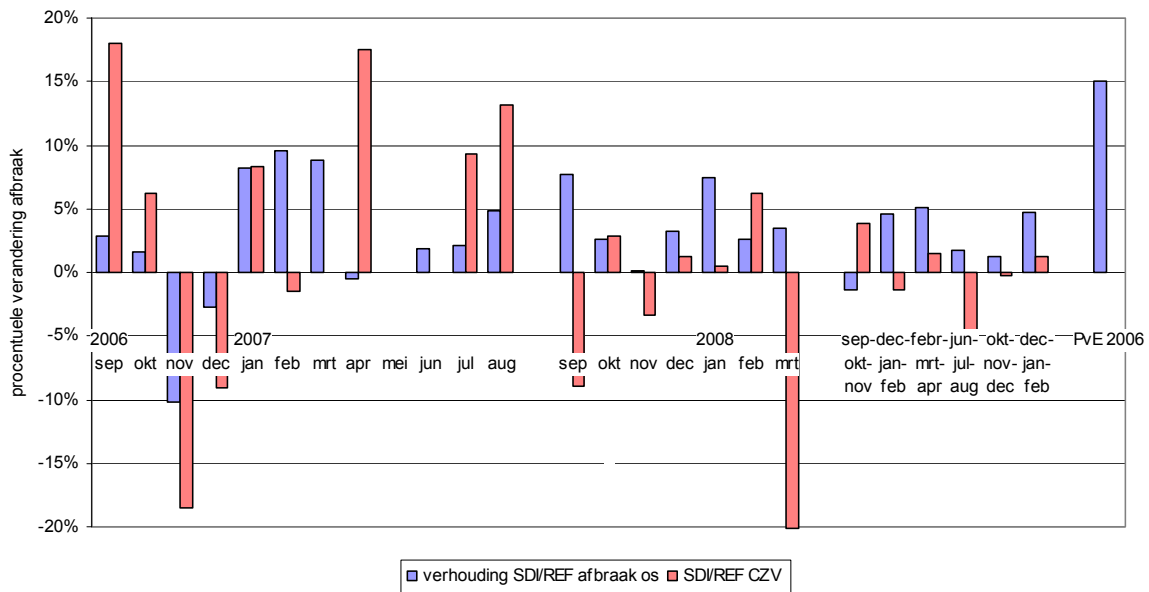
### 6.3.5 AFBRAAK VAN CZV IN DE GISTING

De berekende afbraak van organische stof is geverifieerd, door deze in Figuur 6-11 te relateren aan de CZV-afbraak. Hieruit blijkt dat de gevonden patronen elkaar goed volgen en dat ook de absolute waarden een grote overeenkomst vertonen. Uitzondering hierop is oktober 2006, februari en april 2007. April 2007 valt in veel opzichten uit de toon door de veel kortere verblijftijden die in deze maand zijn opgetreden. In maart, mei en juni 2007 zijn geen CZV-analyses uitgevoerd. De relatieve verbetering van de CZV-afbraak vertoont afwijkingen ten opzichte van de relatieve verbetering van OS-afbraak. De betrouwbaarheid van de CZV metingen is lager dan die van organische stof, gezien de lagere analysefrequentie.

FIGUUR 6-11 VERLOOP ORGANISCHE STOF AFBRAAK EN CZV-AFBRAAK



FIGUUR 6-12 PROCENTUELE VERANDERING VAN DE ORGANISCHE STOF- EN CZV-AFBRAAK IN DE GISTINGSTANK MET SLIBDESINTEGRATIE (SDI) TEN OPZICHTE VAN ZONDER DESINTEGRATIE (REF)



### 6.3.6 BIOGASPRODUCTIE EN SPECIFIEKE BIOGASPRODUCTIE

De totale biogasproductie is gegeven in Figuur 6-13 en de specifieke biogasproductie in Figuur 6-14. In Enschede is het niet haalbaar om de afzonderlijke gasproducties van de reactoren te meten, vandaar dat de totale gasproductie wordt beschouwd. Deze is in deze paragraaf gerelateerd aan de bedrijfsvoering van de gisting als geheel. Uit de eerste figuur blijkt dat de biogasproductie in de laatste maanden van 2006 hoger is dan de rest van de onderzochte periode. Ook vanaf september 2007 is de biogasproductie aanzienlijk hoger dan in de periode daarvoor. In de betreffende periode zijn er geen wijzigingen geweest aan het systeem van gasvolumemeting. Er is geen reden waarom dit plotseling op een andere wijze zou functioneren. De reden voor de hogere biogasproductie kan het dichtn van het gaslek bij de SDI gistingstank op 18 en 19 september 2007 zijn. Door de bedrijfsvoering van de zuivering is dit lek op 6 september 2007 ontdekt en wordt aangegeven dat gezien de grootte van dit lek deze niet veel langer voor de ontdekking aanwezig kan zijn geweest. Vanuit de interpretatie van de resultaten lijkt dit echter toch aannemelijk. Met name de theoretische verwachting voor de omvang van de biogasproductie is sinds het verhelpen van het lek veel beter in overeenstemming met de praktijk (zie onderstaande alinea's). De biogasproductie volgt hetzelfde patroon als de absolute organische stofafbraak, alleen volgt de biogasproductie een vlakkere lijn. Vanaf eind september 2007 lopen de lijnen verder uit elkaar, dit is terug te vinden in de toename van de specifieke biogasproductie. De biogasproductie is met uitzondering van enkele weken, altijd lager dan de historische productie die in het programma van eisen is opgenomen.

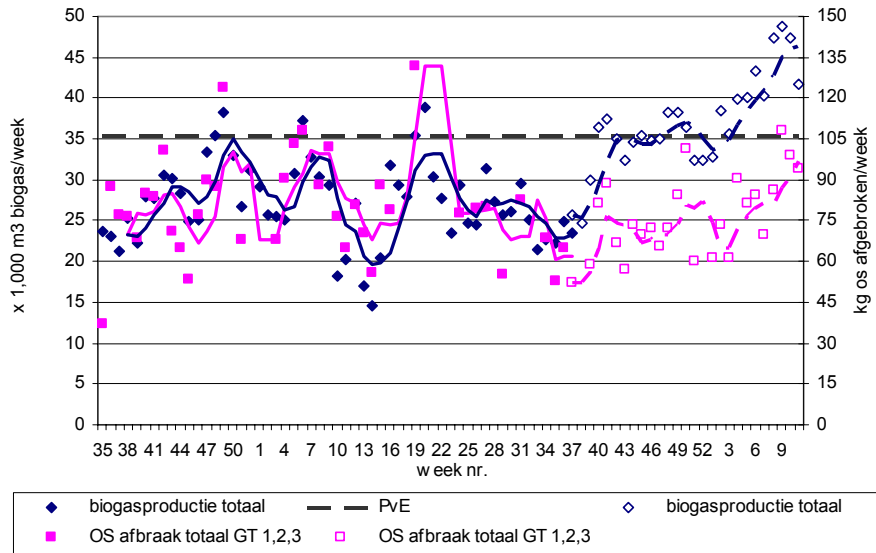
De gemiddelde specifieke biogasproductie per verwijderde organische en droge stof is tot en met april 2007 laag met een waarde van ongeveer  $0,68 \text{ m}^3/\text{kg}$  organische of droge stof verwijderd. De verwachte waarde hiervoor is circa  $0,85\text{-}0,95 \text{ m}^3/\text{kg}$  organische of droge stof verwijderd. Deze lage specifieke gasproductie per kg afgebroken organische stof heeft tot gevolg dat ook de specifieke gasproductie betrokken op de invoer aan organische stof laag wordt met waarden rond  $0,30 \text{ m}^3/\text{ton}$  ingaande organische stof (zie Figuur 6-14). De lage specifieke gasproductie ten opzichte van organische stof wordt ondersteund door die voor CZV (zie paragraaf 7.3.9), waardoor het aannemelijk is dat in deze periode de gasproductie wordt onder-

schat. In juni tot en met augustus 2007 is de specifieke biogasproductie per verwijderde organische en droge stof hoger met een gemiddelde waarde van ongeveer 0,74 m<sup>3</sup>/kg organische of droge stof verwijderd, maar nog steeds lager dan de verwachte waarde. De specifieke biogasproductie per ton ingaande organische stof voldoet in deze periode met 0,35 m<sup>3</sup>/ton ingaande organische stof wel aan de verwachting.

Na het dichtten van het gaslek (18 en 19 september 2007, week 38) is zowel de absolute als de specifieke biogasproductie duidelijk hoger. In de periode van oktober 2007 tot en met februari 2008 voldoet de specifieke biogasproductie per verwijderde organische en droge stof met een gemiddelde waarde van ongeveer 0,93 m<sup>3</sup>/kg organische of droge stof verwijderd, aan de te verwachte waarde, terwijl de specifieke biogasproductie per ton ingaande organische stof met 0,43 m<sup>3</sup>/ton ingaande organische stof aan de hoge kant is. Er kan niet geconcludeerd worden dat de hogere productie uitsluitend veroorzaakt wordt door het dichtten van het lek, aangezien in deze periode de gistingstanks ook iets hoger zijn belast (zie Figuur 6-5).

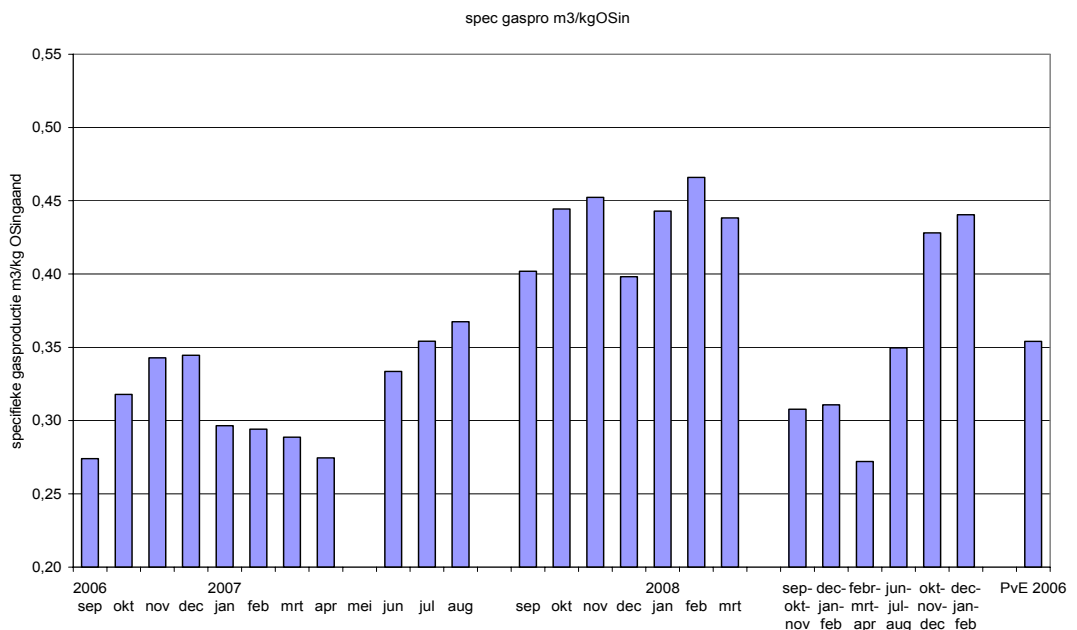
FIGUUR 6-13

TOTALE BIOGASPRODUCTIE IN GISTINGSTANKS



FIGUUR 6-14

SPECIFIEKE BIOGASPRODUCTIE IN GISTINGSTANKS



### 6.3.7 WERKING DESINTEGRATOR

#### 6.3.7.1 Bedrijfstijd slibdesintegratie

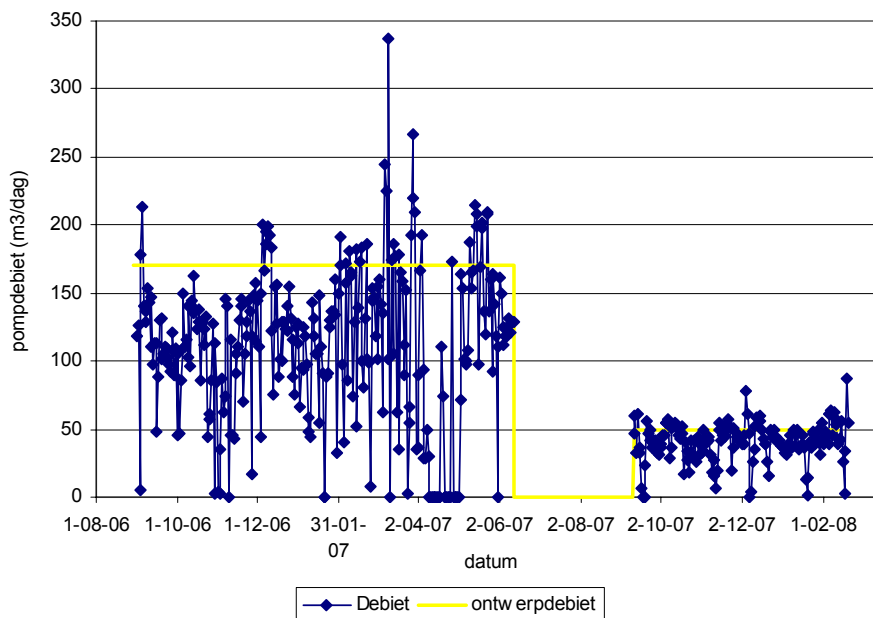
In Figuur 6-15 is het debiet van de slibdesintegratiepomp in relatie tot het ontwerpdebiet gegeven. Oorspronkelijk was het ontwerpdebiet berekend op 16 uur/dag voor twee van de drie gistingstanks, dit is direct bijgesteld naar 20 uur/dag. Uit de figuur blijkt dat het debiet doorgaans lager is dan dit ontwerpdebiet. Per 11 september 2007 is het debiet bijgesteld naar circa 50 m<sup>3</sup>/d, waarbij door de leverancier is aangegeven dat dit maximaal 40% van het totale slibdebiet naar de gisting mag zijn. De reden hiervoor is dat met dit aandeel gedesintegreerd slib de deeltjesgrootteverhouding in de gistingstank ideaal zijn en resulteren in een hogere afbraak.

In november 2006 is naar voren gekomen dat het uurdebiet van de voedingspomp mogelijk veel hoger ligt (12-15 m<sup>3</sup>/h) dan waarvan in het ontwerp (8,5 m<sup>3</sup>/h) is uitgegaan. Dit beperkt de effectiviteit en intensiteit van de behandeling. Dit aspect komt niet naar voren uit de presentatie zoals in Figuur 6-15 en is daardoor in eerste instantie niet opgemerkt.

Uit vergelijking van het totale aanbod van secundair slib en de hoeveelheid naar de SDI over de periode tot 12 juni 2007 blijkt dat al het secundaire slib dat naar deze tanks gepompt wordt bestaat uit gedesintegreerd slib. Dit betekent dat niet de capaciteit van de SDI, maar het aanbod van secundair slib beperkend is voor de bedrijfstijd van de SDI.

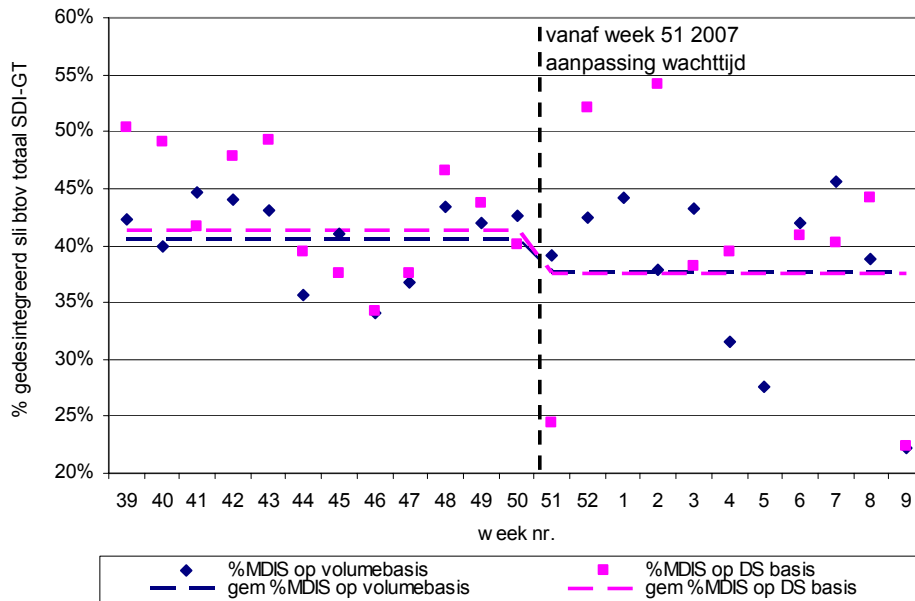
Vanaf 11 september is het debiet dat gedesintegreerd wordt over het algemeen lager dan de op basis van de uitgangswaarden is vastgesteld, dit komt omdat ook het totale debiet naar de gisting lager is geweest dan de uitgangswaarde, maar ook doordat er nu één in plaats van twee gistingstanks met gedesintegreerd slib wordt gevoed.

FIGUUR 6-15 DEBIET DESINTEGRATIE POMP VERSUS ONTWERPDEBIET



In Figuur 6-16 is het aandeel van het gedesintegreerde slib ten opzichte van de totale gisting gegeven vanaf 24 september 2007, zowel op basis van debiet als op droge stofvracht. Door de leverancier is aangegeven dat dit op volumebasis maximaal 40% van het totale slibdebiet naar de gisting mag zijn. Dit is over de weergegeven periode met gemiddeld 40,6% doorgaans hoger dan 40% geweest, vandaar dat per 17 december 2007 de wachttijd is aangepast om het aandeel gedesintegreerd slib te verminderen. Uit Figuur 6-16 blijkt dat door deze aanpassing het gemiddelde aandeel gedesintegreerd slib, op zowel volume als vracht basis, lager is dan 40%. Dit betekent echter niet dat gedurende enkele weken het aandeel gedesintegreerd slib hoger is geweest dan 40% (zowel op volume- als vrachtbasis).

FIGUUR 6-16 AANDEEL DEBIET DESINTEGRATIEPOMP VERSUS TOTAAL SLIBDEBIET NAAR SDI-GISTING (MDIS= MECHANISCH INGEDIKT DI-SLIB)



Opvallend is de hogere 'schuimpotentie' van het slib uit de gistingstank SDI in november 2007 (zie paragraaf 6.3.3.2). De aanpassing in de bedrijfsvoering van de slibdesintegrator op 11 september 2007 had als een van de belangrijkste doelen een betere deeltjesgrootteverdeling in het SDI-slib (kleiner aandeel zeer kleine deeltjes). Door de leverancier is aangegeven dat in de oorspronkelijke bedrijfsvoering van de desintegrator te veel kleine deeltjes zijn ontstaan, waardoor schuimproblemen aanwezig kunnen zijn. Door de aangepaste bedrijfsvoering, een kleiner debiet intensiever behandelen, wordt geprobeerd te bewerkstelligen dat het aandeel kleine deeltjes lager is en dat de kleine deeltjes nog kleiner zullen zijn. Verwacht werd dat deze 'nieuwe' deeltjesgrootteverdeling zou leiden tot minder schuimvorming op de gisting. Een betere deeltjesgrootte zou gerealiseerd moeten worden door maximaal 40% van het slibvolume naar de gisting te desintegreren. Er zijn enkele slibmonsters naar de leverancier opgestuurd voor een deeltjesgroottemeting.

In de periode met de aangepaste bedrijfsvoering is er met uitzondering van één incident geen sprake geweest van schuimvorming. Ten tijde van de incidentele schuimvorming was er sprake van een kortstondige sterke verhoging van de hoeveelheid extern slib die verwerkt is. De invloed van het externe slib kon ook met de schuimpotentieproeven worden vastgesteld.

De vastgestelde ontsluitingsgraad voor CZV (zie ook Bijlage 5) door de behandeling zoals gemeten in februari 2007 ligt met 1,5% van de  $CZV_{\text{totaal}}$  op de verwachte waarde. In deze periode is extra aandacht besteed aan de meting van de ontsluitingsgraad, bij de periode tot en met

februari 2007 wordt getwijfeld aan de analyseresultaten, waardoor over deze periode geen ontsluitingsgraad is berekend. In de navolgende periode zijn, doordat er minder intensief geanalyseerd is, niet voldoende data beschikbaar voor bepaling van de ontsluitingsgraad.

Algeheel oordeel over het technisch functioneren van de SDI is dat er vrijwel geen mechanische problemen zijn opgetreden en dat de beschikbaarheid van de apparatuur vrijwel volledig is geweest. In de periode tot en met 12 juni 2007 is structureel een hoger debiet aan ingedikd slib aangeboden aan de SDI, waardoor deze niet optimaal heeft kunnen functioneren. Met name de intensiteit van de behandeling is hierdoor lager geweest dan beoogd. Door de per 11 september aangepaste bedrijfsvoering van de bandindikker voor het secundaire slib is dit gerealiseerd en wordt er een lager debiet over de slibdesintegratie gepompt (ordegrootte 7 m<sup>3</sup>/h). Daarnaast is middels een wachttijd van 21 minuten het aandeel dat gedesintegreerd wordt van het secundaire slib naar beneden bijgesteld. Per 17 december is deze wachttijd verlengd naar 30 minuten.

#### 6.3.7.2 Energieverbruik

Het energieverbruik van de desintegrator wordt niet apart gemeten. Volgens de aanbieding van de leverancier is het gegarandeerde energieverbruik <22 kW. In combinatie met het ontwerpdebiet van 8,5 m<sup>3</sup>/h en een indamprest van 6,0% DS, betekent dit een theoretisch verbruik van 0,043 kWh/kg DS. In de praktijk is een debiet van 12 m<sup>3</sup>/h en een indamprest van 6,0% DS gerealiseerd, wat een verbruik van circa 0,030 kWh/kg DS betekent.

Van 1 tot en met 11 december 2007 is het energieverbruik van de slibdesintegratie gemeten met een tijdelijke kWh meter. Het verbruik over deze 10 dagen was 1.055 kWh voor de versnijder, drukpomp, homogenisator en besturingskast, maar exclusief de afvoerpomp. Gecombineerd met de vracht secundair slib en de totale vracht naar de SDI gistingstank in dezelfde periode, betekent dit een verbruik van 0,041 kWh/kg DS-secundair en 0,013 kWh/kg DS-totaal. Het gemeten verbruik is afhankelijk van de eenheid vergelijkbaar en iets lager dan het theoretische verbruik.

#### 6.3.8 ONTWATERINGSRESULTAAT

De afloop vanuit de drie gistingstanks wordt over de twee na-indikers (eigenlijk buffers zonder indikwerking) verdeeld. Gedurende de proefperiode is gistingstank REF op één buffer aangesloten en gistingstanks SDI op de andere buffer, waardoor er twee parallelle straten ontstaan. Per buffer wordt het slib naar een van de drie homogenisatietanks gestuurd. Vervolgens wordt het slib vanuit elke homogenisatietank ontwaterd.

Doorgaans wordt een gedeelte van het externe slib om de gisting heen geleid, direct naar een van de homogenisatietanks. Aangezien de homogenisatietanks batchgewijs leeggetrokken worden nadat ze vol zijn, vergt het veel organisatie om het uitgegiste gedesintegreerde slib en uitgegiste slib uit de na-indikers te allen tijde gescheiden te ontwateren indien ook extern slib hier naar toe gaat. Vandaar dat ervoor gekozen is dit eenmaal per maand uit te voeren.

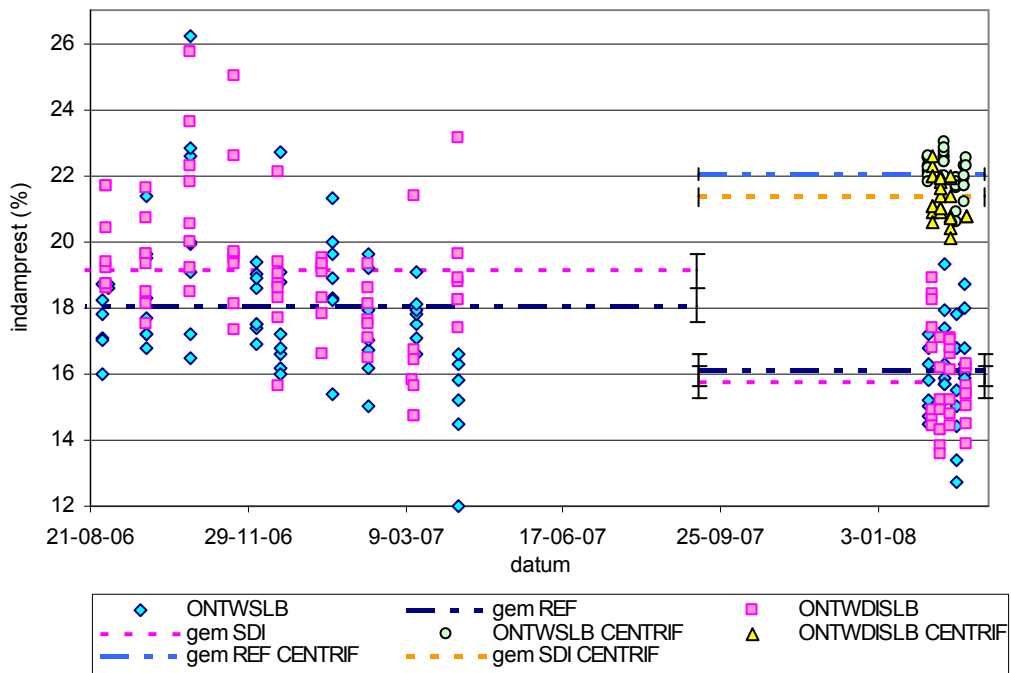
Het gemiddelde droge stofpercentage over de gehele periode van het ontwaterde gedesintegreerde slib is over de periode augustus 2006 tot en met april 2007 met 19,1% DS circa 1,0 procentpunt hoger dan het gemiddelde van het niet gedesintegreerde slib (18,1% DS). In februari 2008 is deze met 15,7% DS circa 0,4 procentpunt lager dan het gemiddelde van het niet gedesintegreerde slib (16,1% DS). Hierbij dient opgemerkt te worden dat er tussen de verschillende monsters die op dezelfde dag genomen zijn een grote variatie zit. De onbetrouwbaar

heidmarge van de twee gemiddelde waarden is absoluut gezien ongeveer 0,5% DS en dit betekent dat het verschil van 1,0 procentpunt net niet en het verschil van 0,4 procentpunt niet significant is.

In februari 2008 zijn met een centrifuge dezelfde metingen uitgevoerd (full scale). Opvallend is dat de variatie tussen de verschillende monsters kleiner is. Hierdoor is het verschil over deze maand van het ontwaterde gedesintegreerde slib met 21,4% DS circa 0,7 procentpunt lager dan het niet gedesintegreerde slib (22,1% DS). De onbetrouwbaarheidsmarge van de twee waarden is absoluut gezien ongeveer 0,22 procentpunt en dit betekent dat het verschil van 0,7 procentpunt net wel significant is en het aantoonbare verschil met 0,3 procentpunt marginaal is.

FIGUUR 6-17

VERLOOP INDAMPREST % VAN ONTWATERD SLIB



### 6.3.9 BALANS OVER GISTING (VERIFICATIE)

Voor de twee parallelle lijnen is een CZV-, N-totaal- (N-Kj-) en P-totaalbalans opgesteld. Deze is gegeven in Tabel 6-4 over de periode 1 september 2006 tot en met 4 maart 2007 en over de periode 11 september tot en met 25 november 2007. Hieruit blijkt dat de CZV-afbraak in de gisting overeenkomt met de OS-afbraak in de gisting. Daarnaast blijkt dat de N-balans voor gistingstank REF en voor gistingstank SDI redelijk nauwkeurig is vast te stellen (afwijking tussen -1,6 en 8,7%). Voor de P-balans is de afwijking bij beide parallelle lijnen met afwijkingen tussen -4,4 en 7,9% vergelijkbaar.

TABEL 6-4 BALANS CZV, N EN P OVER GISTINGSTANKS\*

	gemiddelde gemeten waarden			gemiddelde gemeten waarden			
	1 september 2006 tot en met 31 maart 2007			1 oktober tot en met 31 december 2007			
	CZV-totaal	N-Kj	P-totaal	CZV-totaal	N-Kj	P-totaal	
REF in	6.521	338	147	11.455	554	254	kg/d
REF uit	3.595	331	143	6.364	566	267	kg/d
REF afbraak	2.926	8	4	5.091	-12	-13	kg/d
afbraak%	45%	2,4%	2,8%	44%	-2,1%	-5,0%	%
SDI in	13.352	682	292	5.455	272	125	kg/d
SDI uit	7.196	623	269	3.009	256	120	kg/d
SDI afbraak	6.156	59	23	2.446	16	5	kg/d
afbraak%	46%	8,7%	7,9%	45%	6,0%	4,0%	%
specifieke gasproductie	0,25			0,37			m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg CZV-verwijderd

\* Let op: in de periode van september 2006 tot en met maart 2007 wordt circa 1/3 in de REF- en 2/3 in de SDI-gistingstanks behandeld, dit is in de periode 11 september tot en met december 2007 omgedraaid, waardoor de vrachten afwijkend zijn in de twee perioden

Uit Tabel 6-4 blijkt dat op deze wijze een redelijk sluitende balans verkregen wordt voor stikstof en voor fosfor. Bij CZV is uiteraard sprake van een vermindering tussen de ingaande en de uitgaande stroom. Hiervoor is al geconstateerd dat er niet altijd een goede overeenkomst tussen de CZV-afbraak en de OS-afbraak bestaat. De afwijkingen doen zich voor in oktober 2006, februari en april 2007. Vertaald naar de specifieke methaanproductie per kg CZV-verwijderd komt voor de gehele installatie in de periode september 2006 tot en met maart 2007 een waarde naar voren van 0,25 m<sup>3</sup> methaan (CH<sub>4</sub>) per kg CZV verwijderd. Deze waarde bevindt zich duidelijk onder de theoretische waarde van 0,35. In de periode tussen 1 oktober en 31 december 2007 is deze waarde met 0,37 m<sup>3</sup> methaan (CH<sub>4</sub>) per kg CZV verwijderd iets hoger dan de theoretische waarde. Bij de berekening van deze waarden is het gemeten gasvolume gecorrigeerd voor de aanwezigheid van water, kooldioxide en afwijkende temperatuur en druk. Voor het methaanpercentage is op basis van de uitgevoerde metingen een waarde van 62% aangehouden.

### 6.3.10RETOURBELASTING

De opgeloste PO<sub>4</sub>-P-concentratie en de opgelost-ammoniumconcentratie in het uitgeste slib van de twee parallelle lijnen zijn beperkt lager in de lijn die met SDI is behandeld (zie Tabel 6-5). Dit is in lijn met de geringe toe- en afname van de CZV-afbraak en OS-afbraak in de bijbehorende perioden.

TABEL 6-5 VERGELIJKING PARALLELE LIJNEN OP NH<sub>4</sub> EN PO<sub>4</sub>

	gemiddelde gemeten waarden		gemiddelde gemeten waarden		
	1 september 2006 tot en met 31 maart 2007		11 september tot en met 31 december 2007		
	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	
REF uit	1.039	241	736	227	mg/l
SDI uit	984	239	719	223	mg/l
toename SDI t.o.v. REF	-5,3	-0,8	-2,3	-2,1	%



## 6.4 RESULTATEN VAN DE MODELLERING

### 6.4.1 ALGEMEEN

Bij de modellering voor de RWZI Enschede is op een aantal punten sprake van een andere uitgangssituatie dan voor Bath. Zo is het bij Enschede niet mogelijk om een vergelijking tussen berekende en gemeten gasproducties te maken omdat deze niet per gistingstank gemeten worden. Om toch een vergelijking met de gasproductie mogelijk te maken is deze in dezelfde verhouding verdeeld over de tanks als de belasting met slib, zijnde 1/3 voor GT1 en 2/3 voor GT2 + GT3. Dit uitgangspunt moet in gedachten worden gehouden bij de interpretatie van de resultaten.

Een andere belangrijke omstandigheid is dat gedurende het verloop van de proef een omschakeling heeft plaatsgevonden tussen de reactor die als referentie fungeert en degene met SDI. In eerste instantie was GT1 de referentie reactor en werd slibdesintegratie toegepast op GT2 en GT3. Na een periode waarin geen van beide lijnen met gedesintegreerd slib is gevoed, juli en augustus 2007, is vanaf september 2007 de slibdesintegratie ingezet op GT1, met GT2 en GT3 als referentie. Deze bijzondere omstandigheid maakt het mogelijk om voor beide verwerkingslijnen een indruk te krijgen van het effect van slibdesintegratie. Verschillen in procesomstandigheden tussen de verwerkingslijnen spelen hierbij dan geen rol meer.

Bij de modellering voor Enschede is sprake van de volgende kenmerkende data van wijzigingen van bedrijfsvoering of andere gebeurtenissen:

- 1-9-2006: de desintegratie op de secundair slibstroom naar tanks 2 en 3 is al op 3-4-2006 opgestart, maar vanaf 1-9-2006 zijn representatieve gegevens beschikbaar;
- 16-3-2007: optreden schuimvorming en effect op gasproductie;
- 1-4-2007: sterk verhoogd toevoerdebiet met groot effect op verblijftijd in gistingstanks;
- 15-5-2007: toevoerdebiet keert terug naar het oude niveau evenals de verblijftijd;
- 13-6-2007: SDI-installatie wordt uitgeschakeld;
- 7-7-2007: sterk verhoogd debiet invoer, met verkorting van verblijftijd tot gevolg;
- 11-9-2007: de voeding van de desintegratie is omgebouwd, waardoor nu de voeding van tank 1 wordt gedesintegreerd;
- 19-9-2007: repareren gaslekkage, gelijktijdig is de temperatuurinstelling van de gistingstanks verhoogd van 35 °C naar 37 °C;
- vanaf november 2007 zijn maandelijkse perioden beschouwd tot en met februari 2008.

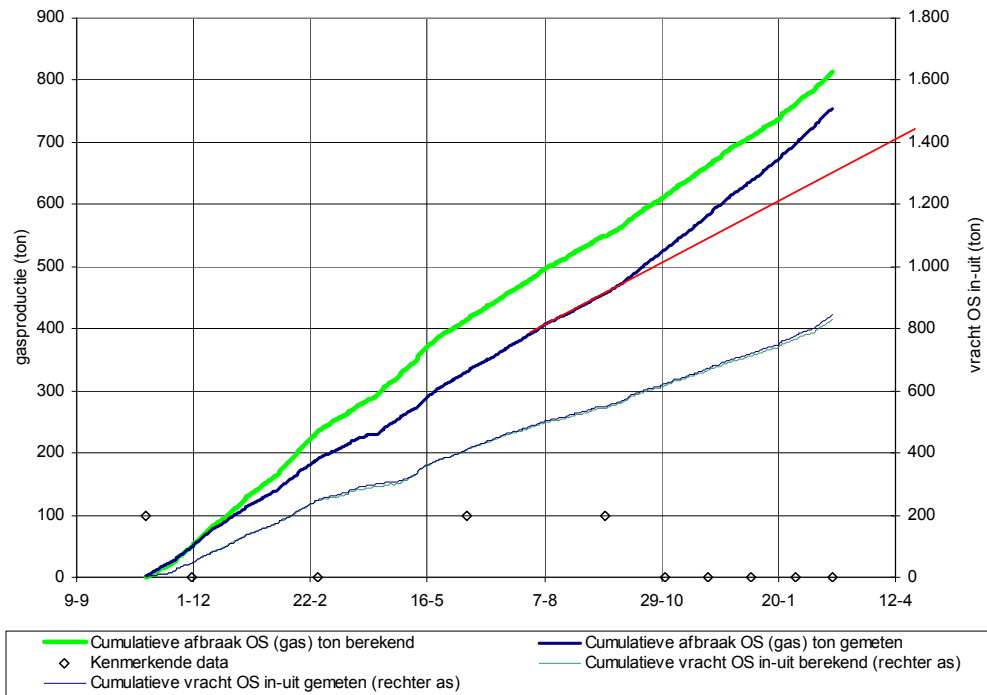
Analoog aan de situatie voor Bath zal eerst het gedrag van de referentielijn, in dit geval GT1 worden beschouwd.

### 6.4.2 REFERENTIELIJN, ENSCHEDE GT1

Bij de verwerking van de gegevens in het gistingmodel is een fit uitgevoerd, gebaseerd op de organische stofafbraak. Deze fit levert een beeld op waarbij de afwijkingen tussen de gemeten waarden en de berekeningen binnen een afwijking van enkele procenten beperkt blijft, met uitzondering van de perioden 16-3 t/m 15-5 en 13-6 t/m 7-7. De eerstgenoemde periode wordt gekenmerkt door een periode met schuimvorming (en daaraan gerelateerde effecten op de metingen), de tweede periode door een sterk toegenomen debiet (waarmee het model juist rekening houdt, maar waarin in korte tijd grote variaties optreden, waardoor de metingen en berekeningen tijdelijk sterk uit elkaar lopen).

FIGUUR 6-18

VERLOOP GASPRODUCTIE EN ORGANISCHE STOF AFBRAAK GT1 ENSCHEDE



Uit bovenstaande figuur blijkt dat ondanks de goede overeenkomsten voor de organische stofbalans er voor de vergelijking met de gasproductie grote afwijkingen ontstaan. Een fit op de biogasproductie zou als gevolg van de grote verschillen tussen de gemeten en berekende waarden alleen kunnen met een zodanige (lage) waarde voor de specifieke gasproductie per kg organisch stof verwijderd, dat deze als niet realistisch bestempeld is. Dit aspect, een onwaarschijnlijk lage specifieke gasproductie is ook bij de interpretatie van de meetgegevens al naar voren gekomen.

Wat verder opvalt is dat er in de meting van biogas een duidelijke toename optreedt vanaf ongeveer 7-10-2007 (zie ook de ingetekende rode lijn in Figuur 6-18). De cumulatieve lijn voor de gemeten gasproductie krijgt hier een grotere helling. Deze wordt bij dezelfde parameters niet gevonden bij de gasproductieberekening. De toename in de gemeten gasproductie bedraagt 20-25%. In deze periode is ook de SDI actief geweest voor GT1. Toch lijkt een dergelijke verbetering van de afbraak alleen als gevolg van de SDI niet realistisch. Hiervoor zijn twee redenen aan te geven. In de eerste plaats komt de verbeterde afbraak niet tot uitdrukking in de afbraak van organische stof zoals vastgesteld via de balans. In de tweede plaats zou het effect van SDI dan wel erg groot moeten zijn. Voor de gehele gasproductie van de drie gistingstanks gezamenlijk bedraagt de toename 20-25%. Als dit in zijn geheel in slechts één van de drie tanks tot stand moet zijn gekomen, zou de verbetering in deze tank in de orde van 60-75% moeten zijn. Dit is erg veel, zeker als dit niet in de organische afbraak naar voren komt.

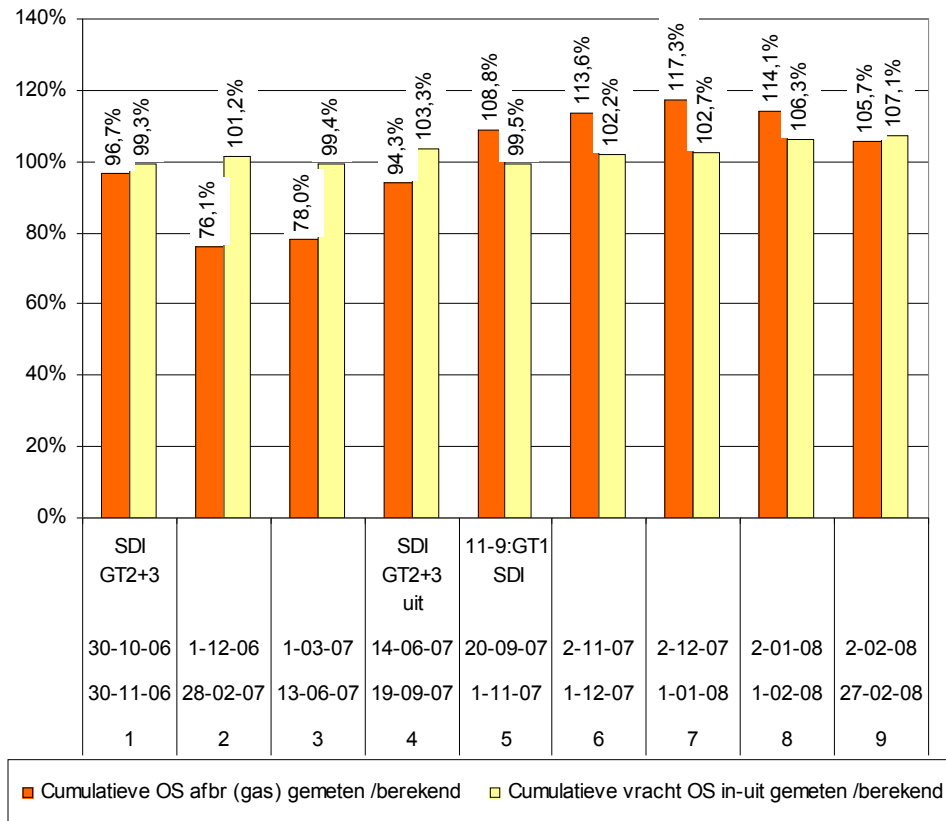
Vooralsnog lijkt het meer voor de hand te liggen het verschil toe te wijzen aan het repareren van de gaslekkage, in combinatie met het verhogen van de temperatuur, hoewel dit al medio september is uitgevoerd. Gezien de beperkte omvang van de temperatuurverhoging lijkt het aannemelijk dat de lekkage voor het grootste verschil verantwoordelijk was.

In het onderstaande staafdiagram is voor de diverse perioden het verschil aangegeven tussen de berekende waarde en de gemeten waarde. Dit is gedaan als verhouding gemeten/berekend

en uitgedrukt als percentage. Een percentage hoger dan 100% geeft aan dat het gedrag in de praktijk beter is dan op basis van de berekening verwacht mocht worden. Bij het bepalen van de fit wordt getracht om alle percentages zo dicht mogelijk bij de waarde van 100% uit te laten komen. Er is onderscheid gemaakt in verschillende periodes, om het effect van tijdelijk afwijkende omstandigheden zichtbaar te maken.

FIGUUR 6-19

VERGELIJKING GASBALANS EN OS BALANS IN KENMERKENDE PERIODEN



Uit het staafdiagram blijkt dat er over de gehele periode slechts beperkte verschillen tussen de berekende en de gemeten waarden voor de organische stof afbraak optreden (geel gearceerde kolommen). De verschillen liggen tussen +/- 3%. Bij de gasproductie (groen gearceerd) zijn de verschillen duidelijk groter zoals te verwachten was op basis van het verloop van de cumulatieve curve en de gesignaleerde ontwikkelingen.

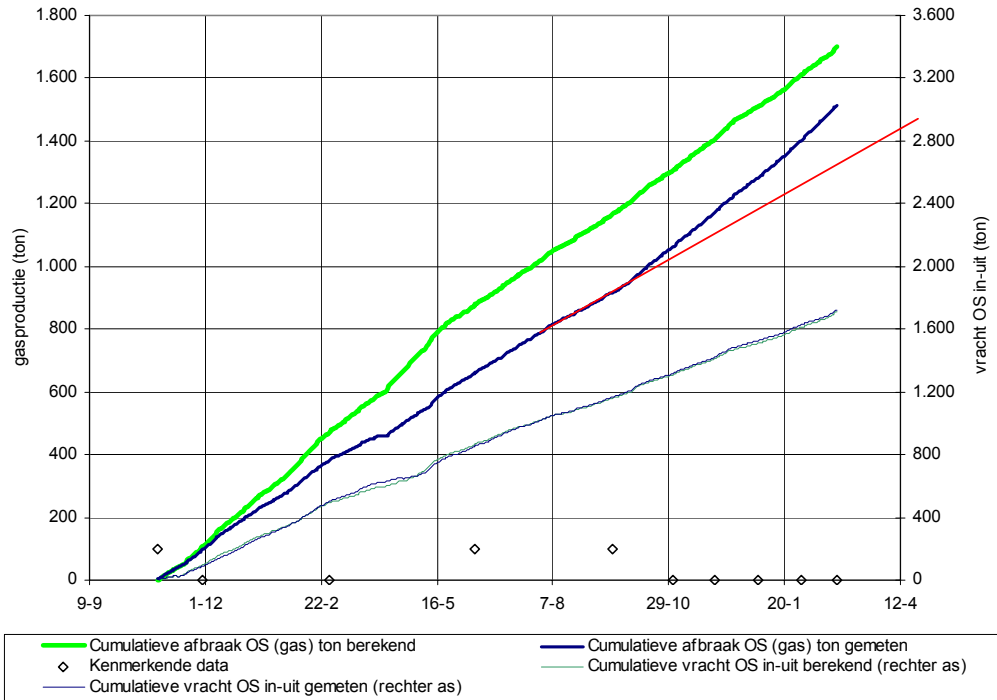
Ook in de periode dat de SDI actief was in GT1, vanaf begin september, blijkt het berekende gedrag goed overeen te stemmen met de gemeten waarden. Voor zover er sprake is van een verschil betreft dit een iets lagere waarde voor de praktijk ten opzichte van het model. Een duidelijke verbetering van de afbraak, zou een afwijking naar een waarde ruim boven de 100% te zien hebben moeten geven.

#### 6.4.2 ENSCHEDA, SLIBDESINTEGRATIE TANK, GISTINGSTANK 2 EN 3

Analoog aan de benadering voor Bath is modelberekening voor beide lijnen met dezelfde parameters doorgerekend. Ook bij de SDI-lijn is in dit geval sprake van een periode waarin de SDI niet meer operationeel is (vanaf juli 2007). Als er sprake zou zijn van een toegevoegde waarde van SDI zou die vooral in het eerste deel van de curves tot uitdrukking moeten komen door een hogere gemeten afbraak dan de berekende waarde.

FIGUUR 6-20

CUMULATIEVE AFBRAAK EN OS-BALANS VAN HET MODEL

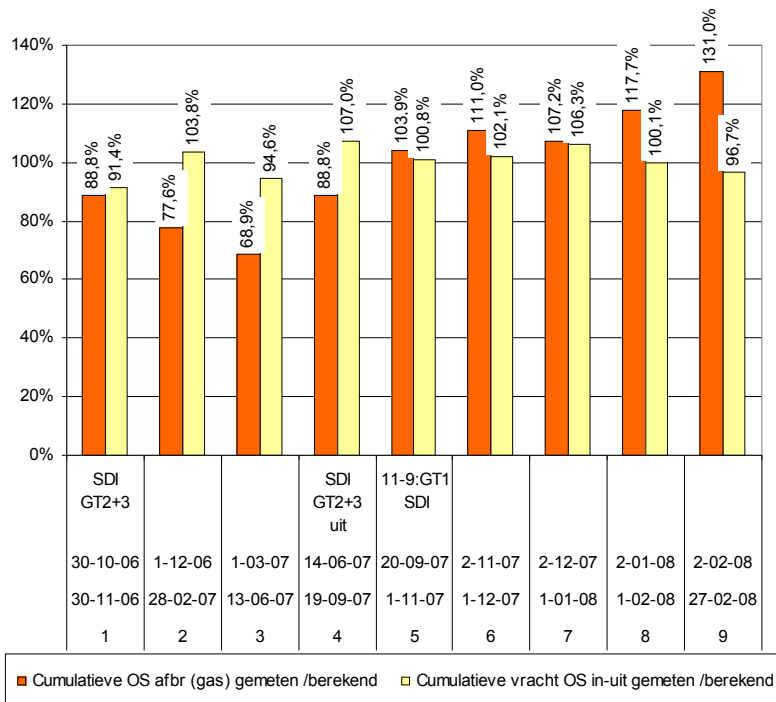


In deze figuur is het effect van de schuimvorming op de resultaten in de periode van 16-3 tot 15-5-2007 nog wat sterker zichtbaar dan voor Gistingstank 1 het geval was. Dit beeld sluit aan bij de praktijk waarin met name in gistingstank 3 het effect van schuimvorming het sterkst was.

De curves in de figuur vertonen hetzelfde beeld als bij gistingstank 1, waarbij wel aangetekend moet worden dat de schalen op de verticale assen met een factor twee zijn aangepast om het verschil in belasting tot uitdrukking te brengen. Het beeld in de verschillende periodes is in de navolgende figuur gepresenteerd.

FIGUUR 6-21

VERGELIJKING GASBALANS EN OS AFBRAAK IN KENMERKENDE PERIODEN



Het beeld voor de organische stof afbraak laat zien dat ook voor de combinatie van tank 2 en 3 er een goede overeenkomst tussen de berekende en gemeten waarde bestaat. De afwijkingen liggen tussen de -5% en +7% (de geelgearceerde kolommen hebben waarden tussen 95% en 107%)

Op het eerste gezicht lijkt de figuur inderdaad een kleine verbetering aan te geven voor de eerste perioden met waarden van rond de 104% voor de afbraak van organische stof. Deze verbetering houdt echter geen stand voor de periode tussen 28-2 en 13-6-2007. Hier daalt de gemeten waarden tot 95% van de berekende waarde. In de daarop volgende periode, van 13-6 tot 19-9-2007, neemt het verschil weer toe tot boven de 106%. In deze periode is echter de SDI al uitgeschakeld, zodat dit geen aannemelijke verklaring lijkt voor het verschil tussen berekening en meting.

Bij de verbeteringen die in de periode van 30-11 tot 28-2-2007 worden gevonden, moet bovendien worden aangetekend dat, door het optreden van schuimvorming, de monsters in die periode een hogere afbraak suggereren dan in de praktijk is gerealiseerd. Door het sproeien van water in de gistingstanks 2 en 3 zijn de monsters met een onbekende hoeveelheid sproeiwater verdund geraakt. Dit leidt tot een overschatting van de afbraak.

#### 6.4.4 CONCLUSIES VOOR DE RWZI ENSCHEDE

De modelberekeningen voor Enschede laten over de gehele periode een goede overeenkomst zien tussen berekende en gemeten waarden. Dit geldt zowel voor de referentielijn als voor de lijn met SDI.

Voor zover er sprake is van een positief effect van slibdesintegratie is dit beperkt tot hooguit enkele procenten verbetering. In het laatste deel van de beschouwde periode, waarin gistingstank 1 het gedesintegreerde slib ontvangt kan geen verschil in gedrag tussen de beide lijnen worden geconstateerd. Voor beide lijnen bevindt het berekende resultaat in die periode zich op ongeveer 1% van de gemeten waarde.

Bij Enschede komt wel een bijzonder aspect van de gashuishouding naar voren. Vanaf begin oktober is er sprake van een sterke verhoging (20–25%) van de specifieke gasproductie per kg organische stof verwijderd. Hoewel het optreden hiervan samenvalt met het in bedrijf stellen van de SDI op gistingstank 1, na een periode zonder SDI, ligt het niet voor de hand om deze verbetering geheel aan het effect van SDI toe te schrijven. Vooral nog wordt dit effect voor het overgrote deel toegeschreven aan het repareren van een gaslek in gistingstank 1 in combinatie met een kleine temperatuurverhoging in alle gistingstanks. De invloed van de lekkage wordt hierbij het grootst verondersteld.

#### 6.5 AFRONDING VAN HET ONDERZOEK

Het Waterschap Regge en Dinkel heeft de proef met de slibdesintegratie-installatie tot 11 maart 2008 voortgezet. Op 11 september 2007 is een aanpassing van de bedrijfsvoering gerealiseerd, waarna met de leverancier een termijn van 6 maanden is afgesproken waarbinnen verbeteringen zichtbaar dienen te zijn.

Bij het ingaan van deze periode werd de verbetering van organische stofafbraak mogelijk geacht op grond van de beperkte intensiteit van de behandeling die in de daaraan voorafgaande periode is gerealiseerd. Bij de aanpassing in de bedrijfsvoering van de desintegratie-installatie is het behandeld debiet verlaagd, waardoor de recirculatie over de nozzle verhoogd is en de intensiteit per kg DS behandeld hoger is.

Daarnaast is de bedrijfsvoering van de gistingstanks aangepast; de gistingstank die in de afgelopen periode als referentietank diende, wordt nu met gedesintegreerd slib gevoed en de twee gistingstanks die met gedesintegreerd slib werden gevoed, dienen nu als referentietanks.

Op basis van de resultaten die in de periode van september 2007 tot en met februari 2008 worden gevonden, wordt het beeld bevestigd van de voorgaande perioden waarin geen significante verbeteringen zijn vastgesteld.

## 6.6 RESUMÉ RESULTATEN RWZI ENSCHEDE

Samengevat kunnen de resultaten van de proef in Enschede als volgt worden weergegeven:

- Vanaf week 47 in 2006 is een gelijkmatige voeding over de twee parallelle lijnen van de slibgisting gerealiseerd. Sindsdien zijn er enkele uitzonderingen geweest, waarbij de voeding minder gelijkmatig was. Dit is in maart, april en week 39 van 2007.
- Tijdens het verloop van de proef tot en met februari 2008 is er geen significante verbetering van de afbraak van organische stof geconstateerd, ook niet na de aanpassing van de slibdesintegratie-installatie op 11 september 2007. Dit beeld wordt bevestigd uit de resultaten van de modelberekeningen.
- Het toepassen van slibdesintegratie-installatie heeft niet kunnen voorkomen dat er schuimvorming is opgetreden in de slibgisting. Na het besteden van extra aandacht voor de invloed van de intensiteit van de behandeling en de deeltjesgrootteverdeling is het optreden van schuimvorming achterwege gebleven.
- Het energieverbruik van de desintegrator op basis van een meting van 1 tot en met 11 december 2007 is met 0,041 kWh/kg DS-secundair en 0,013 kWh/kg DS-totaal vergelijkbaar met de verwachte waarden 0,043 kWh/kg DS-secundair en 0,030 kWh/kg DS-totaal.
- Uit de resultaten voor de ontwatering komt geen significante verandering naar voren met de membraanfilterpers. Voor de metingen op vijf dagen in februari met een centrifuge is een significant verschil van 0,3 procentpunt aangetoond, waarbij de ontwatering van het niet gedesintegreerde slib beter verliep. Dit verschil is echter marginaal.
- De beschikbaarheid en de technische prestaties van de slibdesintegratie-installatie zijn conform verwachting geweest. De afstemming tussen de bedrijfsvoering van de slibdesintegratie-installatie en de mechanische indikking van het secundaire slib is in de laatste periode optimaal geweest.

## 7

## RWZI NIEUWGRAAF

## 7.1 BESCHRIJVING RWZI EN EVENTUELE AANPASSINGEN

RWZI Nieuwgraaf is een laagbelaste zuivering met verregaande stikstof- en biologische fosfaatverwijdering. Voor aanvullende fosfaatverwijdering wordt  $\text{FeClSO}_4$  gedoseerd. De ontwerpcapaciteit van RWZI Nieuwgraaf is 259.000 i.e. à 54g BZV met een RWA van 15.500 m<sup>3</sup>/h.

De helft van het influent wordt bij binnenkomst belucht in de voorbeluchting om stank te verwijderen. Daarna gaat het afvalwater door grofvuilroosters en een zandvanger. Na deze voorbehandeling wordt het afvalwater verdeeld in drie gelijke delen over de drie zuiveringsstraten. Elke straat bestaat uit een voorbezinktank en een beluchtingstank. De ronde beluchtingstank is onderverdeeld in vier ringen: de selector/anaërobe ruimte, de denitrificatieruimte, de facultatieve ruimte en de beluchtingsruimte. De slibleeftijd is circa 25 dagen. Tenslotte wordt het slib van het water gescheiden in de nabezinktanks (totaal 9 stuks, drie per straat) en het water wordt via de effluentvijver geloosd op de IJssel.

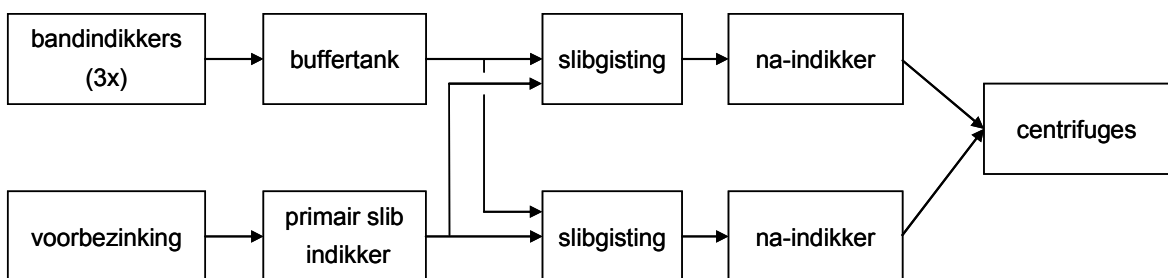
Het externe slib (RWZI Wehl) dat wordt aangevoerd op RWZI Nieuwgraaf wordt via het influent in het systeem gebracht en veroorzaakt geen schommelingen in de slibaanvoer naar de gisting en/of de ontwatering.

Het primaire slib wordt met behulp van gravitaire indikers ingedikt tot ongeveer 3,0-4,0%, het secundaire slib wordt door drie bandindikers ingedikt tot ongeveer 6,0-6,5%.

Op RWZI Nieuwgraaf bestaat de slibgistingsinstallatie uit twee gelijke parallelle gistingstanks (totaal 6.520 m<sup>3</sup>) die gescheiden met primair en secundair slib worden gevoed. De verblijftijd is ongeveer 18 dagen.

De capaciteit van de WKK's is 9.600 m<sup>3</sup> biogas per dag. Het gasaanbod vertoont enige variatie in omvang, gemiddeld is dit 5.800 m<sup>3</sup>/d. Dit betekent een overcapaciteit die naar verwachting groot genoeg is om de berekende extra gasproductie op te vangen.

FIGUUR 7-1 SCHEMATISCHE WEERGAVE SLIBLIJN RWZI NIEUWGRAAF



## 7.2 BESCHRIJVING SLIBDESINTEGRATIE-INSTALLATIE

In de huidige situatie zijn de beide gistingstanks hydraulisch van elkaar gescheiden. De gasleidingen en gasbuffer zijn niet gescheiden per gistingstank en er is geen aparte gasdebietmeter per gistingstank aanwezig.

De versnijder en slibdesintegratie-installatie op RWZI Nieuwgraaf zijn geleverd door Solis Engineering bv. Voorafgaand aan de desintegratie-installatie gaat het slib door een versnijder van het fabrikaat Börger. De desintegratie-installatie werkt op basis van ultrasone geluidsgolven bij een frequentie van circa 20 kHz. Het ontwerpdebiet van de slibdesintegratie installatie is 1,2 m<sup>3</sup>/h bij een gepland aantal draaiuren van 24 per dag, in de praktijk is deze vanaf januari 2007 1,1 m<sup>3</sup>/h en later slechts 1,0 m<sup>3</sup>/h geweest. De reden hiervoor is dat de voedingspomp niet goed kon functioneren bij de hoge druk en slechts 80%, later zelfs 60%, van het vermogen konden opnemen.

Er is rekening gehouden met een behandeling van 30% van het secundaire slib dat naar gistingstank 2 (tank SDI) wordt gepompt. In de installatie zijn 5 sonotroden geïnstalleerd met een nominaal vermogen van 1 kW per stuk. De slibdesintegratie-installatie is op 22 september 2006 in bedrijf gesteld en is stilgezet tussen 1 april en 22 juli 2007. Op 23 juli 2007 is de slibdesintegratie-installatie uitgebreid met een tweede identieke installatie met 5 sonotroden parallel aan de eerste installatie. Dit zou moeten resulteren in een tweemaal zo hoge energie-inbreng. Het ontwerpdebiet per installatie is 0,6 m<sup>3</sup>/h. Ook na de uitbreiding zijn de problemen met de druk bij de voedingspompen aanwezig geweest, hierdoor is na de uitbreiding besloten even te wachten met het opstarten van het analyseprogramma. Door omstandigheden is daarna het analyseprogramma pas in oktober 2007 weer opgestart en zijn er over de periode juni tot en met september 2007 geen analyseresultaten beschikbaar.

De leverancier garandeert de in het bestek gevraagde relatieve toename van de organische stofafbraak van 15%. Op basis van laboratoriumtesten verwacht de leverancier een toename van 17,8%.

De uitgangspunten voor het ontwerp van de desintegrator zoals deze zijn opgenomen in het programma van eisen en het effect van de gegarandeerde afbraak zijn gegeven in Tabel 7-1.

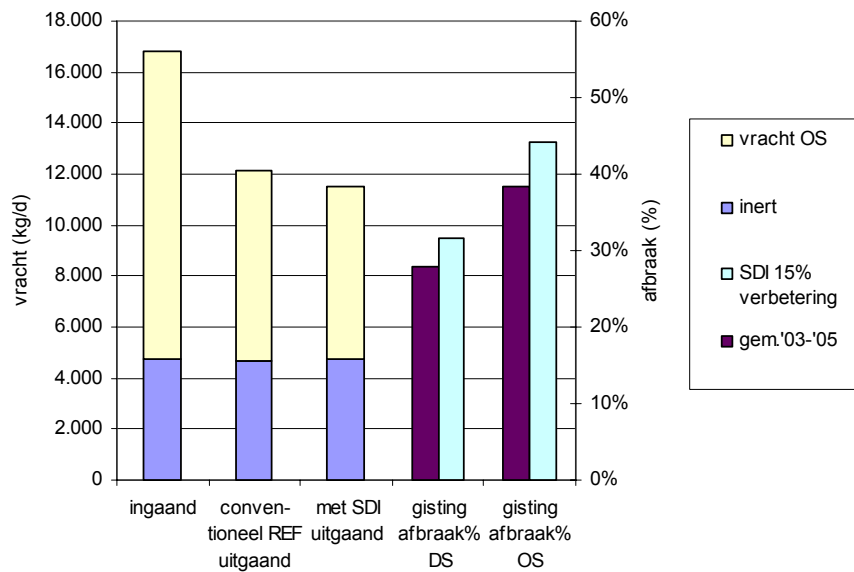
TABEL 7-1 AARD EN SAMENSTELLING SLIB, AFBRAAK IN GISTING EN BIOGASPRODUCTIE

	Gemiddelde '03-'04					Berekende waarden bij 15% verbetering afbraak				
	volume (m <sup>3</sup> /d)	DS (%)	vracht (kg DS/d)	OS (%)	vracht (kg OS/d)	volume (m <sup>3</sup> /d)	DS (%)	vracht (kg DS/d)	OS (%)	vracht (kg OS/d)
primair slib Nieuwgraaf	230	3,45	8.058	nb	nb	230	3,45	8.058	nb	nb
secundair slib Nieuwgraaf	138	6,35	8.758	nb	nb	138	6,35	8.758	nb	nb
totaal slib naar gisting	368	4,96	16.817	71,9	12.087	368	4,96	16.817	71,9	12.087
totaal uitgegist slib	368	3,30	12.129	61,4	7.446	368	3,12	11.480	58,8	6.750
totaal afgebroken slib			4.641		4.641			5.337		5.337
Afbraakpercentage			27,6 %		38,4 %			31,7 %		44,2 %
Verblijftijd	18,4	d				18,4	d			
Biogasproductie	5.958	m <sup>3</sup> /d				6.853	m <sup>3</sup> /d			
Specifieke biogasproductie	1.284		m <sup>3</sup> /ton DS afgebroken			1.284		m <sup>3</sup> /ton DS afgebroken		
Specifieke biogasproductie	493		m <sup>3</sup> /ton OS ingaand			567		m <sup>3</sup> /ton OS ingaand		
Droge stof% na ontwatering	29	%				29	%			

nb: niet bekend



FIGUUR 7-2 GRAFISCHE WEERGAVE VAN DE AARD EN SAMENSTELLING VAN HET SLIB EN DE AFBRAAK IN DE GISTING OP BASIS VAN HISTORISCHE WAARDEN OVER 2003-2005 EN VERBETERING VAN DE AFBRAAK VAN 15% VOLGENS HET PROGRAMMA VAN EISEN



FIGUUR 7-3 SLIBDESINTEGRATIE-INSTALLATIE

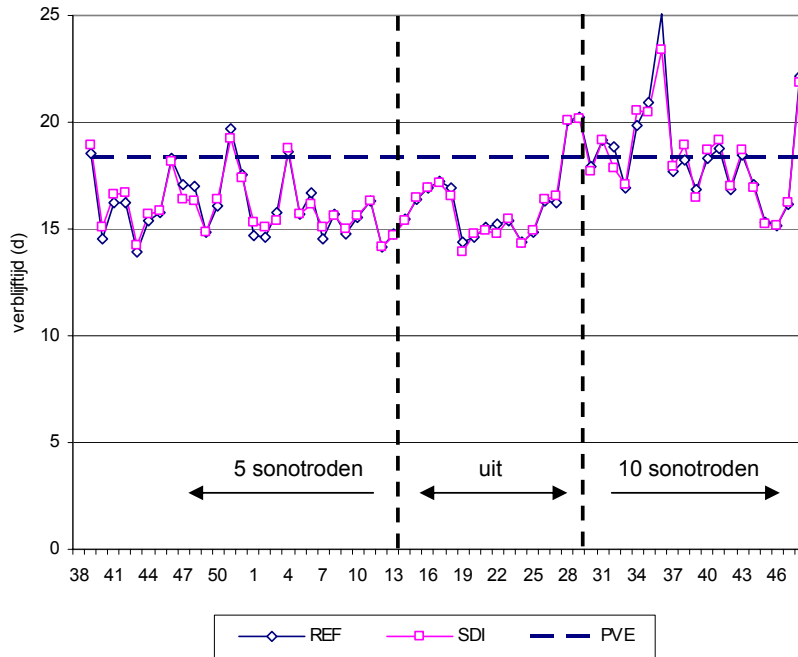


## 7.3 RESULTATEN DEMONSTRATIE

### 7.3.1 PROCESOMSTANDIGHEDEN

De verblijftijd in de gistingstanks is gegeven in Figuur 7-4. De verblijftijd van beide gistingstanks is gedurende de gehele periode goed vergelijkbaar. In het programma van eisen is een gemiddelde verblijftijd in voorgaande jaren van 18,4 dagen opgenomen. De verblijftijd is met uitzondering van 4 weken in de eerste periode altijd lager dan en vanaf week 28 in 2007 ongeveer gelijk aan de verblijftijd in het programma van eisen. Gemiddeld is de verblijftijd over de gehele periode in de grafiek 16,8 dagen.

FIGUUR 7-4 VERLOOP VERBLIJFTIJD GISTINGSTANKS PER WEEK IN 2006 EN 2007

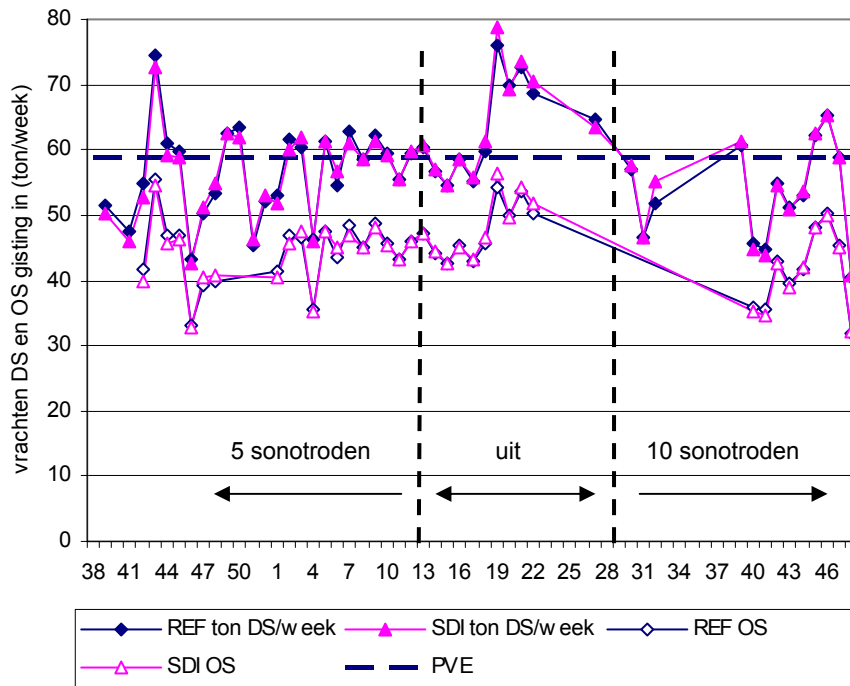


### 7.3.2 HOEVEELHEDEN EN SAMENSTELLING SLIB NAAR GISTING

De bedrijfsvoering van de gisting wordt beoordeeld aan de hand van de hoeveelheden slib die ingevoerd zijn en de samenstelling daarvan. In Figuur 7-5 zijn de ingaande vrachten van de gistingstanks weergegeven. Hierbij dient te worden opgemerkt dat in de periode van juni tot en met september 2007 (week 23 tot en met week 39) er minimaal is bemonsterd en hierdoor slechts 1 tot 3 indamprestmetingen per maand en geen gloeirestmelingen zijn uitgevoerd (zie paragraaf 7.2). Ook in december 2006 zijn geen gloeirestmelingen uitgevoerd. Dit heeft consequenties voor de betrouwbaarheid van de data in deze maanden.

In lijn met de verblijftijd kan uit de grafiek worden geconcludeerd dat er sprake is van een gelijkmatige voeding van beide parallelle gistingstanks. Ondanks dat er in de periode tot week 28 in 2007 een structureel lagere verblijftijd dan in het verleden is, is de belasting met droge stof en organische stof wel in lijn met de historische data. Dit komt omdat het secundaire slib met een lager DS-gehalte is gevoed dan in de historische data. In de periode vanaf week 28 in 2007 zijn de vrachten iets lager dan de historische waarden.

FIGUUR 7-5 DROGE STOF- EN ORGANISCHE STOFVRACHTEN NAAR DE GISTINGSTANKS PER WEEK IN 2006 EN 2007

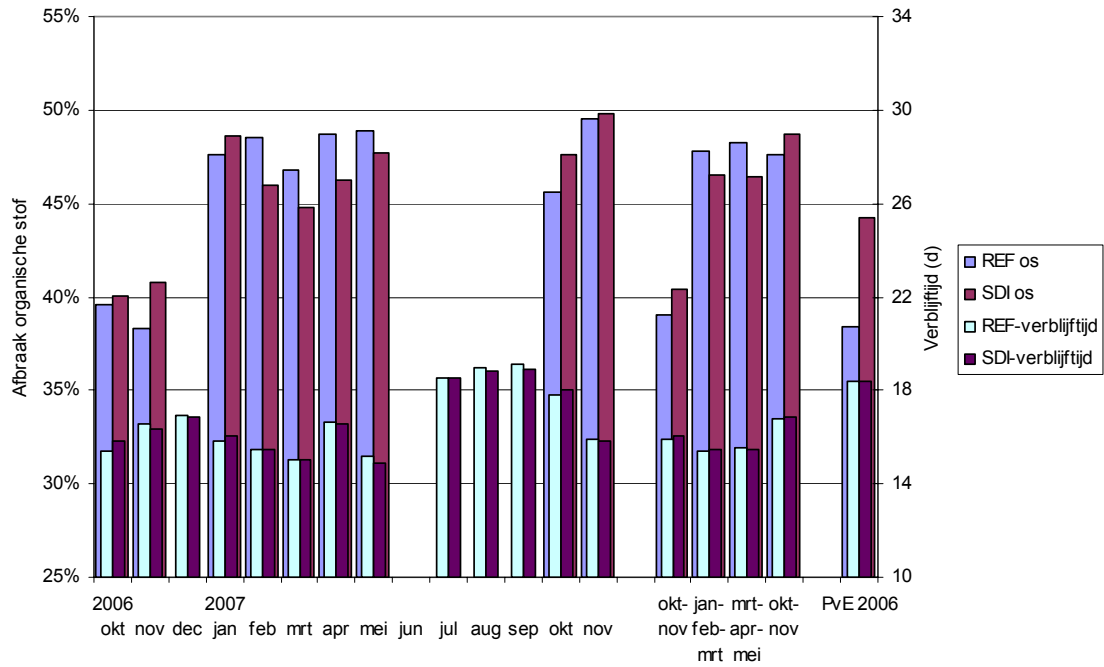


### 7.3.3 AFBRAAK ORGANISCHE STOF IN GISTING

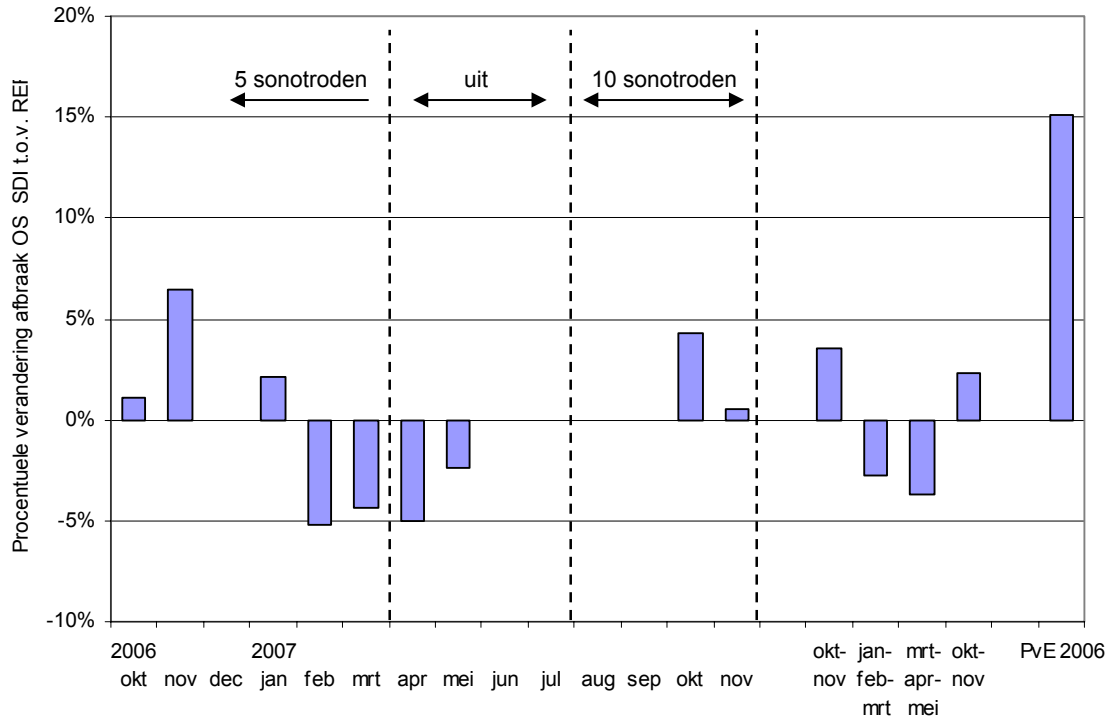
De slibdesintegratie wordt toegepast op gistingstank 2 (SDI). Gistingstank 1 (REF) fungeert als referentie. Op basis van de berekende vrachten voor toevoer en afvoer naar de gistingstanks is de relatieve afbraak van organische stof berekend (zie Figuur 7-6 en Figuur 7-7). Naast gegevens per maand is dit gedaan voor twee tweemaandelijks en twee driemaandelijks periodes en zijn de uitgangsggegevens van het programma van eisen opgenomen.

Vooralsnog blijkt uit de resultaten dat de garantiewaarde van de geëiste relatieve verbetering van 15% niet wordt gerealiseerd. Er lijkt zich een verslechtering van de afbraak af te tekenen sinds januari 2007. In oktober en november 2007 is er een kleine verbetering van de afbraak zichtbaar. Deze relatieve verslechteringen en verbeteringen van de organische stofafbraak zijn voor de meerdere maandgemiddelden in de orde grootte van 2-4% en vallen binnen de onnauwkeurigheidmarge van de meting, waardoor deze niet significant is. Dit blijkt ook uit de getalswaarden die in Tabel 7-2 zijn gegeven. Hierin is ook de OS afbraak middels Van Kleeck (zie Bijlage 3) berekend, deze geeft een resultaat wat vergelijkbaar is aan de gebruikte methode op basis van massabalans.

FIGUUR 7-6 AFBRAAK ORGANISCHE STOF EN VERBLIJFTIJD IN DE GISTING, PER MAAND, GECUMULEERDE PERIODEN EN VOLGENS PROGRAMMA VAN EISEN



FIGUUR 7-7 PROCENTUELE VERANDERING VAN DE ORGANISCHE STOFABRAAK IN DE GISTINGSTANK MET SLIBDESINTEGRATIE (SDI) TEN OPZICHT VAN ZONDER DESINTEGRATIE (REF)



TABEL 7-2 RESULTATEN OS- EN CZV-AFBRAAK, VERBLIJFTIJD EN RELatieve VERBETERING VAN OS-AFBRAAK

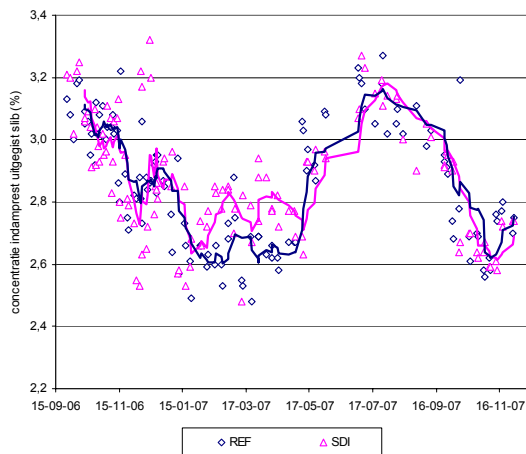
parameter	eenheid	periode		periode		periode		periode	
		okt-nov 2006 REF	SDI	jan-feb-mrt 2007 REF	SDI	mrt-apr-mei 2007 REF	SDI	okt-nov 2007 REF	SDI
verblijftijd	d	15,9	16,1	15,4	15,5	15,6	15,5	16,8	16,9
OS-afbraak	%	39,0	40,4	47,8	46,5	48,2	46,4	47,6	48,7
relatieve verbetering OS-afbraak	%		3,5		-2,7		-3,7		2,3
CZV-afbraak	%	34,5	34,9	46,0	43,8	45,1	41,6	47,0	47,0
relatieve verbetering CZV-afbraak	%		1,0		-4,9		-7,7		0,0
OS afbraak (van Kleeck berekening*)	%	47,6	49,8	48,6	49,6	46,6	45,3	51,7	51,9
relatieve verbetering OS-afbraak (van Kleeck*)	%		4,6		2,1		-2,6		0,4

\* zie Bijlage 3

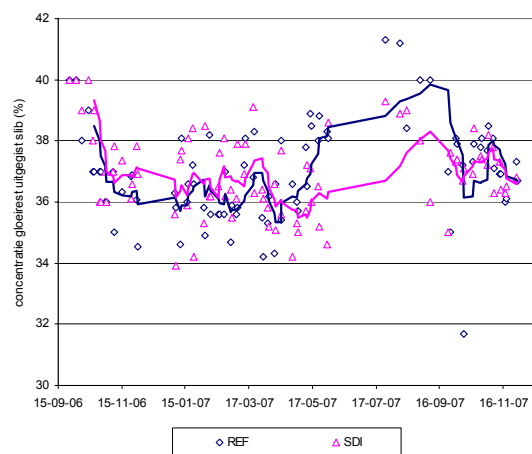
Het verloop van de indamprest- en gloeirestpercentages van het uitgediste slib is in Figuur 7-8 uitgezet. Om incidentele schommeling uit te vlakken is een voortschrijdend gemiddelde van 6 waarden als trendlijn weergegeven. Hierdoor wordt een periode van ongeveer 3 weken beslagen. Opvallend is dat het zwevende gemiddelde van 6 meetpunten laat zien dat de indamprest van het uitgediste gedesintegreerde slib goed overeenkomt met het niet gedesintegreerde slib. De hiervoor geconstateerde verslechtering van de afbraak in de maanden februari tot en met mei 2007 komt ook in het patroon van de indamprestconcentraties vrij duidelijk naar voren. In oktober en november 2007 is de indamprest van het gedesintegreerde slib lager dan van het niet gedesintegreerde slib. Dit wijst op een verbeterde afbraak, deze is echter niet significant<sup>7</sup>.

Deze resultaten ondersteunen de conclusie in paragraaf 7.3.5 dat er slechts kleine verbeteringen en verslechteringen in de droge stof- en organische stofafbraak zichtbaar is in tank SDI ten opzichte van tank REF. Deze verschillen vallen echter binnen de onnauwkeurigheidsmarge van de metingen.

FIGUUR 7-8A VERLOOP INDAMPREST UITGEGIST SLIB



FIGUUR 7-8 VERLOOP GLOEIREST GEHALTE UITGEGIST SLIB



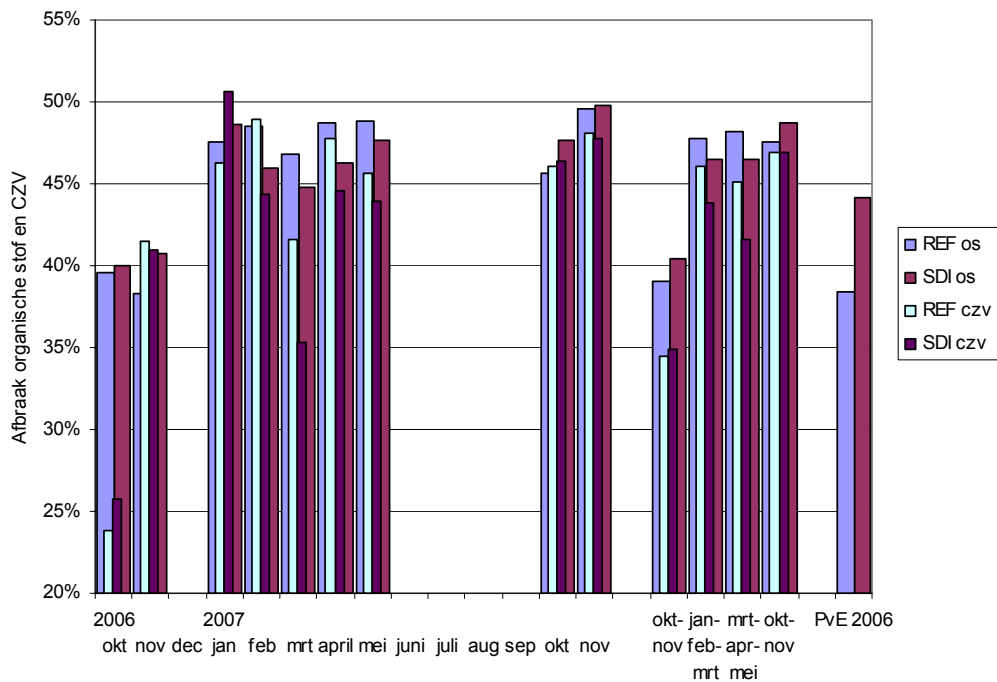
<sup>7</sup> Een afbraakverhoging van 40 naar 46% organische stofverwijdering, oftewel 15% relatieve verbetering, zou een verschil in indamprest en gloeirest te zien moeten geven van respectievelijk circa 0,2% en circa 2,5 % (op basis van van Kleeck)

### 7.3.4 AFBRAAK VAN CZV

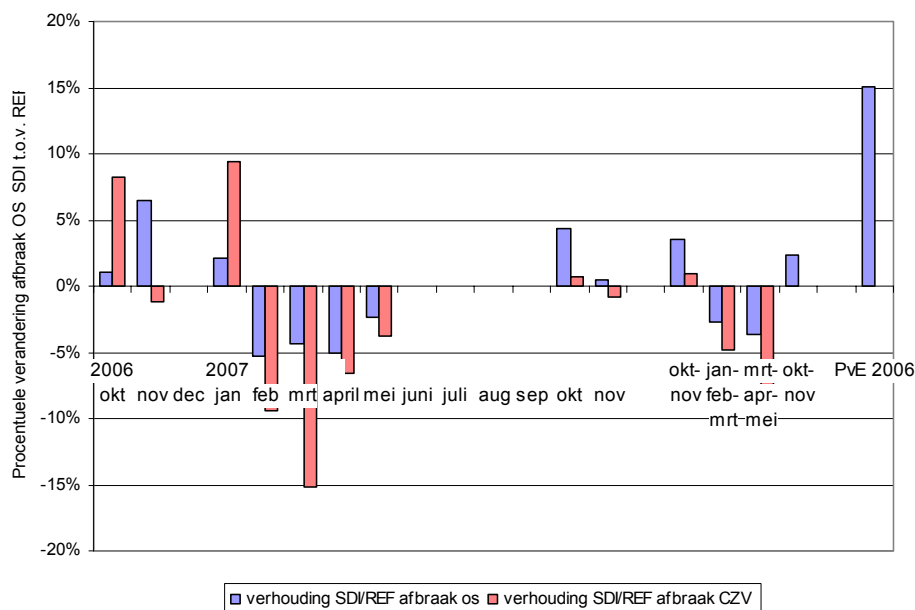
De wijzigingen in afbraak van organische stof komen ook tot uitdrukking in de afbraak van CZV. In Figuur 7-9 zijn deze twee aan elkaar gerelateerd. In december 2006 en juni tot en met september 2007 zijn geen berekeningen vanwege het ontbreken van OS- en CZV-gegevens.

De CZV afbraak is met uitzondering van de maanden oktober 2006 en maart 2007 vergelijkbaar met de OS afbraak. De achtergrond hierbij is dat er in deze maanden een relatief hoge waarde voor de CZV-totaal van het uitgaande slib is vastgesteld, met als gevolg een lage berekende waarde voor de CZV-afbraak. Over het algemeen zijn de relatieve verschillen in afbraak tussen REF en SDI tank voor CZV hoger dan voor organische stof (zie Figuur 7-10).

FIGUUR 7-9 ORGANISCHE STOF EN CZV AFBRAAK IN DE GISTING GEDURENDE DE TIJD



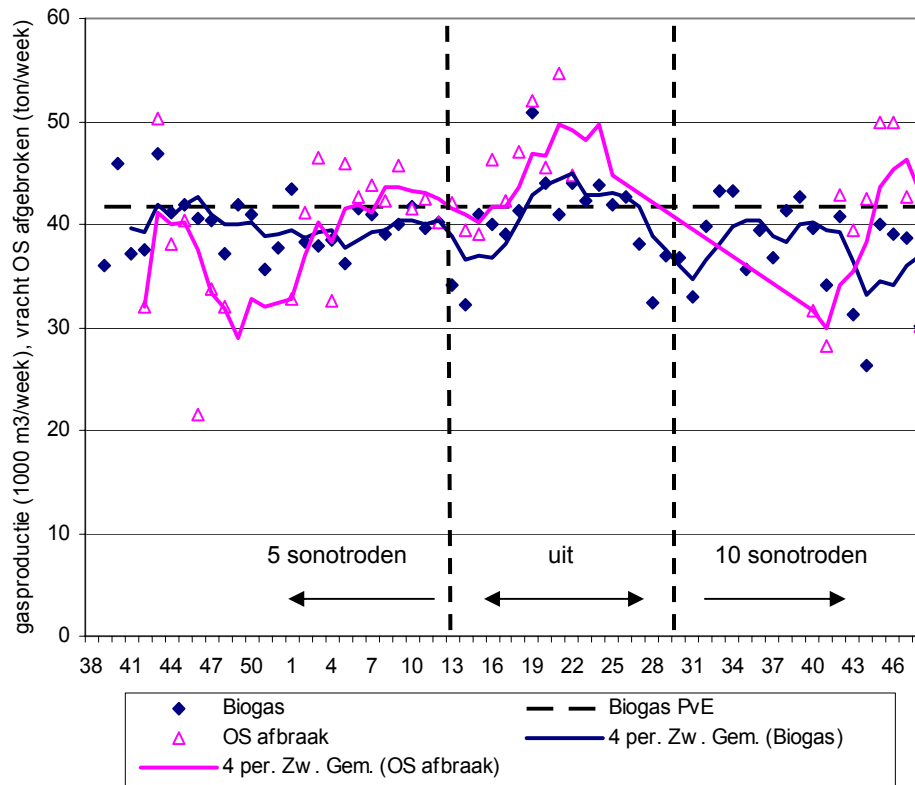
FIGUUR 7-10 PROCENTUELE VERANDERING VAN DE ORGANISCHE STOF- EN CZV-AFBRAAK IN DE GISTINGSTANK MET SLIBDESINTEGRATIE (SDI) TEN OPZICHTE VAN ZONDER DESINTEGRATIE (REF)



### 7.3.5 BIOGASPRODUCTIE EN SPECIFIEKE BIOGASPRODUCTIE

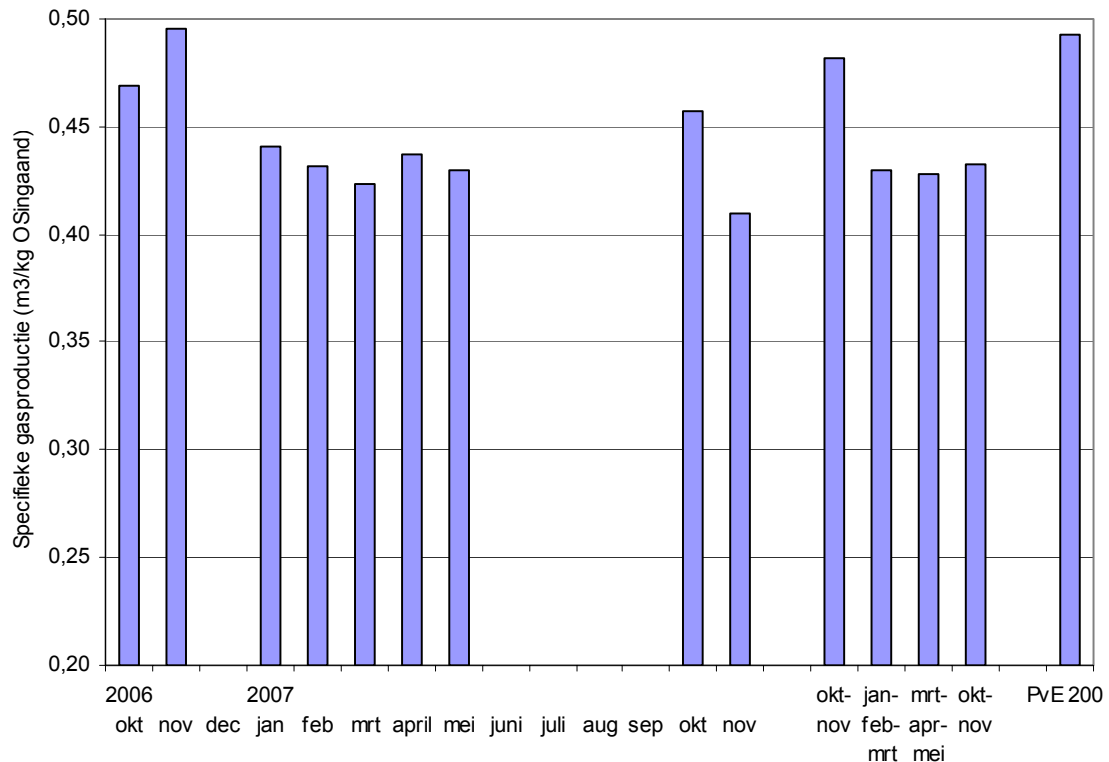
De totale biogasproductie is gegeven in Figuur 7-11 en de specifieke biogasproductie in Figuur 7-12. De biogasproductie volgt met een uitschieter naar boven vanaf half november tot en met december 2006 hetzelfde patroon als de absolute organische stofafbraak. De organische stofafbraak is onnauwkeurig in de periode juni tot en met september 2007 doordat er niet voldoende gloeirestmelingen beschikbaar zijn. Met name in 2007 is er sprake van een goede correlatie tussen deze twee parameters.

FIGUUR 7-11 TOTALE BIOGASPRODUCTIE IN GISTINGSTANKS PER WEEK IN 2006 EN 2007



De specifieke biogasproductie per kg organische stof naar de gisting is in de beschouwde periode met een gemiddelde van circa 0,44 m<sup>3</sup>/kg OS relatief hoog. Met name in de maanden oktober en november 2006 (weken 44 tot en met 48) en oktober 2007 (weken 40 tot en met 44). Dit vindt zijn oorzaak in de eveneens hoge waarde voor de specifieke gasproductie van 0,99 m<sup>3</sup>/kg OS verwijderd over de gehele periode, waarbij de specifieke gasproductie in november en december 2007 iets lager is met een gemiddelde van ongeveer 0,94. Bij het verifiëren van de CZV-balans wordt hier op teruggekomen (paragraaf 7.3.8).

FIGUUR 7-12 SPECIFIEKE BIOGASPRODUCTIE IN GISTINGSTANKS



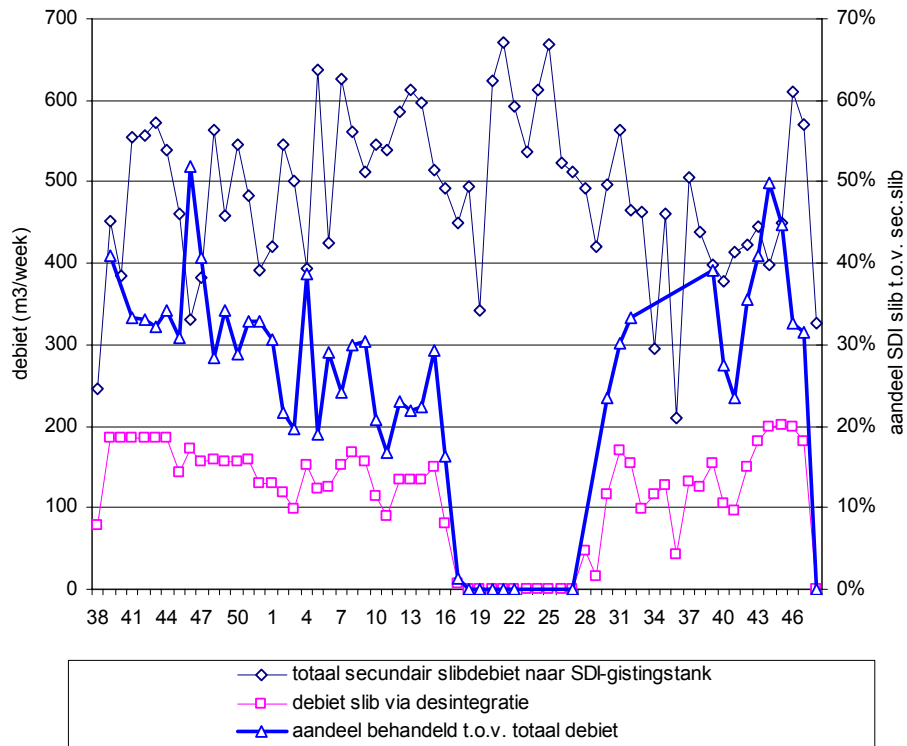
### 7.3.6 WERKING DESINTEGRATOR

#### 8.3.6.1 Bedrijfstijd slibdesintegratie

In Figuur 7-13 is het debiet van de slibdesintegratiepomp in relatie tot het debiet van secundair slib naar gistingstank SDI gegeven. Het ontwerpdebiet van de desintegrator is 26,4 m<sup>3</sup>/d. Wanneer gekeken wordt naar de verhouding tussen gedesintegreerd slib ten opzichte van het ingedikt secundair slib dat naar de gisting gaat, komt dit overeen met 30-50%. Het ontwerp is gebaseerd op 30% behandeling van het ingedikt secundair slib. Vanaf januari 2007 haalt de toevoerpomp de ontwerpcapaciteit van 1,1 m<sup>3</sup>/h niet altijd meer en vanaf maart 2007 totdat de desintegrator uitstaat (1 april 2007) is deze rond de 1,0 m<sup>3</sup>/h, wat betekent dat het dagdebiet ongeveer 24 m<sup>3</sup>/d is en het aandeel behandeld slib ongeveer 20-25% is. Vanaf 23 juli is het te behandelen debiet (1,2 m<sup>3</sup>/h) verdeeld over twee slibdesintegratie installaties. In de praktijk blijkt het debiet te variëren als gevolg van storingen aan de apparaten, met name de voedingspomp van de slibdesintegratie-installatie (zie paragraaf 7.2). Gemiddeld genomen is vanaf 23 juli tot en met november gemiddeld circa 32% behandeld van het ingedikte secundaire slib.



FIGUUR 7-13 DEBIET EN VERHOUDING DESINTEGRATIE VERSUS ONTWERPDEBIET EN SECUNDAIRE SLIBDEBIETEN



### 7.3.6.2 Energieverbruik

Het nominale energieverbruik is volgens de aanbieding van Solis 5 kW (120 kWh/d en 840 kWh/week) voor de generatoren. Het totale nominale vermogen is volgens de aanbieding 6 kW (104 kWh/d en 1.008 kWh/week). Gemiddeld over de maanden januari tot en met maart 2007 is het energieverbruik circa 800 kWh per week. Hieruit volgt dat het energieverbruik lager is dan in het ontwerp.

Vanaf 23 juli tot en met november 2007 is het verbruik met een gemiddelde van 1.160 kWh/week 45% hoger dan het oorspronkelijke ontwerp, maar bijna 50% lager dan het ontwerp na uitbreiding van de installatie. Omdat in deze periode tweemaal de oorspronkelijke desintegratiecapaciteit aanwezig is, zou deze 2.016 kWh/week moeten zijn. Het lage energieverbruik is een indicatie voor het niet optimaal functioneren van de sonotroden.

Gerelateerd aan de toegevoerde hoeveelheid secundair slib aan de gistingstank met behandeld slib is het specifieke verbruik door de sonotroden (generatoren) gemiddeld 0,027 kWh/kg DS-secundair en 0,014 kWh/kg DS-totaal voor de periode januari tot en met maart 2007 en gemiddeld 0,045 kWh/kg DS-secundair en 0,021 kWh/kg DS-totaal voor de periode oktober tot en met november 2007. Dit betekent een toename van het relatieve verbruik van 67% en 50% voor respectievelijk het verbruik ten opzichte van de secundaire slibhoeveelheid en de totale slibhoeveelheid naar de gisting.

De hoeveelheid van door de desintegrator vrijgemaakte CZV varieert tussen de 0,3 en 1,1 % met een gemiddelde van 0,7% ten opzichte van CZV-totaal. Deze waarde is gelijk voor de situatie met 5 en met 10 sonotroden, waarbij de energie-input circa 50-67% hoger is geweest. Dit lijkt een relatief lage waarde vergeleken met de resultaten van de RWZI's Enschede en Bath.

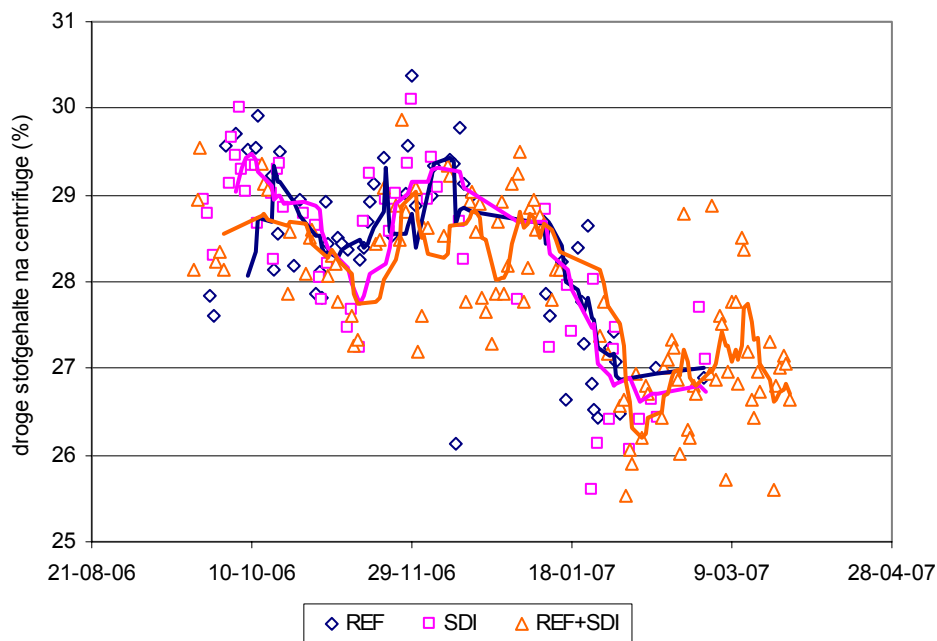
### 7.3.7 ONTWATERINGSRESULTAAT

Vanuit de gistingstanks komt het slib per gistingstank in afzonderlijke na-indikers. In de huidige bedrijfssituatie worden deze gelijkmatig leeggetrokken naar de centrifuges. Bij dit batchgewijs bedrijf kan al het slib gescheiden worden behandeld en bemonsterd, zodat dit gelijkwaardig is aan continu gescheiden ontwatering. Er is alleen gescheiden ontwaterd van oktober 2006 tot en met februari 2007.

In Figuur 7-14 zijn de analysegegevens voor indamprest van het ontwaterde slib gegeven met het bijbehorende zwevend gemiddelde van 4 waarnemingen. Op RWZI Nieuwgraaf wordt het uitgegiste slib van gistingstank REF en SDI tijdelijk gescheiden opgeslagen in respectievelijk na-indikker (NI) REF en SDI. Deze worden niet bedreven als indikker. Het uitgegiste slib van beide tanks wordt gedurende enkele dagen per week apart en de overige tijd gemengd ontwaterd.

Het gemiddelde droge stofpercentage over de gehele periode van het ontwaterde gedesintegreerde slib is met 28,3 %DS gelijk aan het gemiddelde van het niet gedesintegreerde slib (28,3 %DS).

FIGUUR 7-14 VERLOOP INDAMPREST % VAN ONTWATERD SLIB



### 7.3.8 BALANS OVER GISTING (VERIFICATIE)

Voor de twee parallelle lijnen is een CZV, N-totaal (Nkj) en P-totaal balans opgesteld voor de periode van januari tot en met maart 2007. Deze is gegeven in Tabel 7-3. Over deze periode blijkt de CZV-afbraak in de gistingstank die gedesintegreerd slib ontvangt in de eerste periode lager en in de tweede periode gelijk geweest te zijn aan die in de referentiereactor.

Daarnaast blijkt dat over de periode januari tot en met maart 2007 de N-balans voor beide gistingstanks een afwijking van -3% tot 4% is berekend. Ook voor de P-balans zijn afwijking bij beide parallelle lijnen gevonden, respectievelijk 10% en 8%. Over november en december 2007 zijn geen data beschikbaar om een N-balans en een P-balans op te stellen.

Uit Tabel 7-3 blijkt dat met de gevolgde methodiek een redelijk sluitende balans verkregen wordt voor stikstof en in iets mindere mate voor fosfor. Bij CZV is uiteraard sprake van een vermindering tussen de ingaande en de uitgaande stroom. Hiervoor is al geconstateerd dat er niet altijd een goede overeenkomst tussen de CZV-afbraak en de OS-afbraak bestaat. De afwijkingen doen zich voor in oktober 2006 en in maart 2007. Vertaald naar de specifieke methaanproductie per kg CZV verwijderd wordt voor de gehele installatie een waarde gevonden van 0,37-0,38 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> per kg CZV verwijderd. Deze waarde bevindt zich iets boven de theoretische waarde van 0,35. Bij de berekening van deze waarden is het gemeten gasvolume gecorrigeerd voor de aanwezigheid van water, kooldioxide en afwijkende temperatuur en druk ten opzichte van de standaard waarden voor normaal m<sup>3</sup>. Voor het methaanpercentage is in de berekening een (gemiddelde) waarde van 65% aangehouden op basis van twee CO<sub>2</sub> metingen in oktober 2006.

TABEL 7-3 BALANS CZV, N EN P OVER GISTINGSTANKS

	gemiddelde gemeten waarden 1 januari tot en met 31 maart 2007			gemiddelde gemeten waarden 1 oktober tot en met 30 november 2007			
	CZV-totaal	Nkj	P-totaal	CZV-totaal	Nkj	P-totaal	
REF in	9.816	398	170	9.012	n.b.	n.b.	kg/d
REF uit	5.297	384	152	4.779	n.b.	n.b.	kg/d
REF afbraak	4.520	14	17	4.233	n.b.	n.b.	kg/d
afbraak%	46%	4%	10%	47%			%
SDI in	9.780	398	170	8.970	n.b.	n.b.	kg/d
SDI uit	5.495	410	156	4.758	n.b.	n.b.	kg/d
SDI afbraak	4.284	-12	13	4.212	n.b.	n.b.	kg/d
afbraak%	44%	-3%	8%	47%			%
specifieke gasproductie	0,38			0,37			m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg CZV-verwijderd

### 7.3.9 RETOURBELASTING

De NH<sub>4</sub>-N- en PO<sub>4</sub>-P-concentratie in het uitgestigte slib van de twee parallelle lijnen zijn vergeleken in Tabel 7-4 over twee verschillende perioden. In tegenstelling tot ongeveer gelijke OS-afbraak in beide gistingtanks, is een toename in de eerste periode en een afname een gelijkgebleven concentratie van NH<sub>4</sub> gemeten en is in beide perioden een afname van PO<sub>4</sub> gemeten. Dit is niet met elkaar in overeenstemming.

TABEL 7-4 VERGELIJKING PARALLELE LIJNEN OP NH<sub>4</sub> EN PO<sub>4</sub>

	gemiddelde gemeten waarden 1 januari tot en met 31 maart 2007		gemiddelde gemeten waarden 1 oktober tot en met 30 november 2007		
	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	
REF uit	636	89	285	34	mg/l
SDI uit	705	80	280	27	mg/l
toename SDI t.o.v. REF	11 %	-10 %	-2 %	-22 %	%

## 7.4 RESULTATEN VAN DE MODELLERING

### 7.4.1 ALGEMEEN

Bij het evalueren van de resultaten met behulp van het model komen een aantal overeenkomsten tussen Enschede en Nieuwgraaf naar voren. Evenals voor Enschede is het bij Nieuwgraaf niet mogelijk om een directe vergelijking met de gasproductie te maken omdat deze niet per reactor gemeten kan worden. Verder is het zo dat ook Nieuwgraaf een periode kent waarin geen slibdesintegratie heeft plaatsgevonden.

Bij de interpretatie is verder van belang dat in de periode waarin de SDI uit bedrijf was en in de aansluitende periode, er beduidend minder metingen en analyses zijn uitgevoerd. Dit is vooral het geval voor metingen aan het organisch stofgehalte van het ingaande slib en in mindere mate het droge stofgehalte in de periode van 1-6 tot 1-10 2007.

Dit betekent dat de betrouwbaarheid van de vergelijking tussen berekening en meting in deze periode beperkt is. Helaas beslaat dit dus de gehele periode waarin de SDI uitgeschakeld is geweest. Een vergelijking binnen dezelfde verwerkingslijn van de situatie met en zonder SDI is daardoor niet goed mogelijk. Ook voor het beoordelen van de prestaties van de SDI voor de situatie na aanpassingen blijven alleen de data uit oktober en november 2007 over. Er is echter wel over deze periode sprake geweest van een gelijkmatige voeding van de vergister, tevens geven de monsters van DS een constant beeld aan de uitgang van de gisting te zien.

Als kenmerkende data voor Nieuwgraaf kunnen de volgende worden genoemd:

- vanaf 1-10-2006 SDI continu in bedrijf;
- vanaf 24-4-2007 wordt de SDI uit bedrijf genomen tot de herstart op 14-7-2007, vanaf dat moment zijn er 10 sonotroden in bedrijf tegen 5 in de voorgaande bedrijfsperiode;
- vanaf 1-10-2007 is de gegevensverzameling weer optimaal in bedrijf;
- 29-11-2007 markeert het einde van de periode met bedrijfsgegevens.

### 7.4.2 REFERENTIE NIEUWGRAAF (GISTINGSTANK 1)

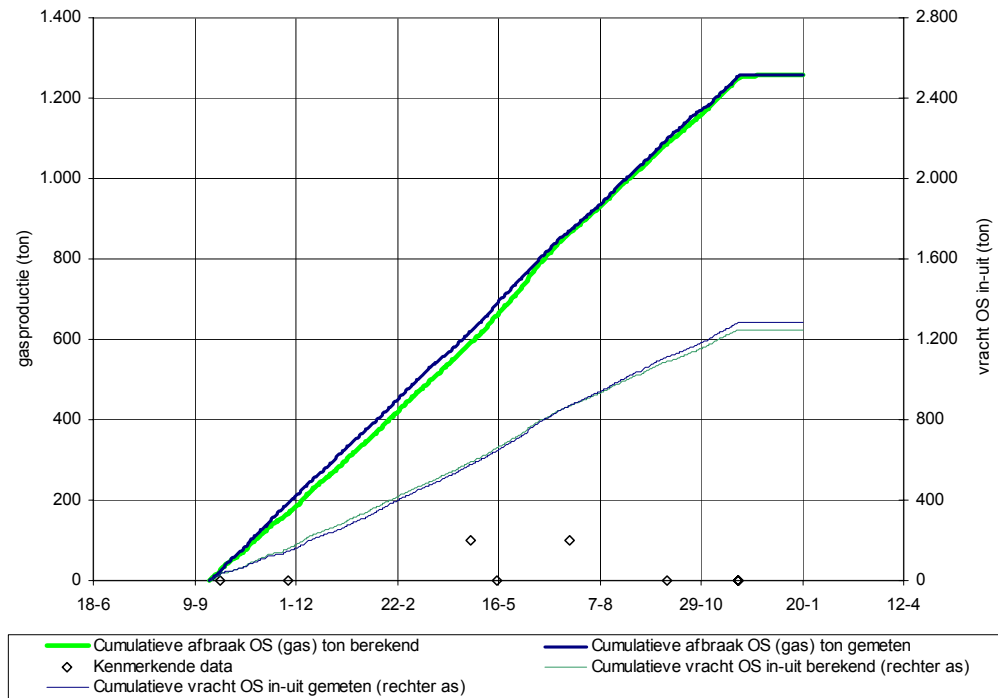
Voor Nieuwgraaf is de optimale fit in eerste instantie voor de referentielijn bepaald. In Nieuwgraaf heeft zich gelukkig geen periode met schuimvorming voorgedaan, zodat dit geen invloed heeft op de betrouwbaarheid van de beschikbare data.

De fit is evenals in Enschede in eerste instantie gericht op het sluiten van de organische stofbalans. Ter indicatie zijn wel de gasgegevens opgenomen, uitgaande van een gelijke verdeling van de gasproducties over beide verwerkingslijnen.

De resulterende curves zijn in onderstaande figuur gepresenteerd.

FIGUUR 7-15

CUMULATIEVE GASPRODUCTIE EN OS AFBRAAK VAN HET MODEL



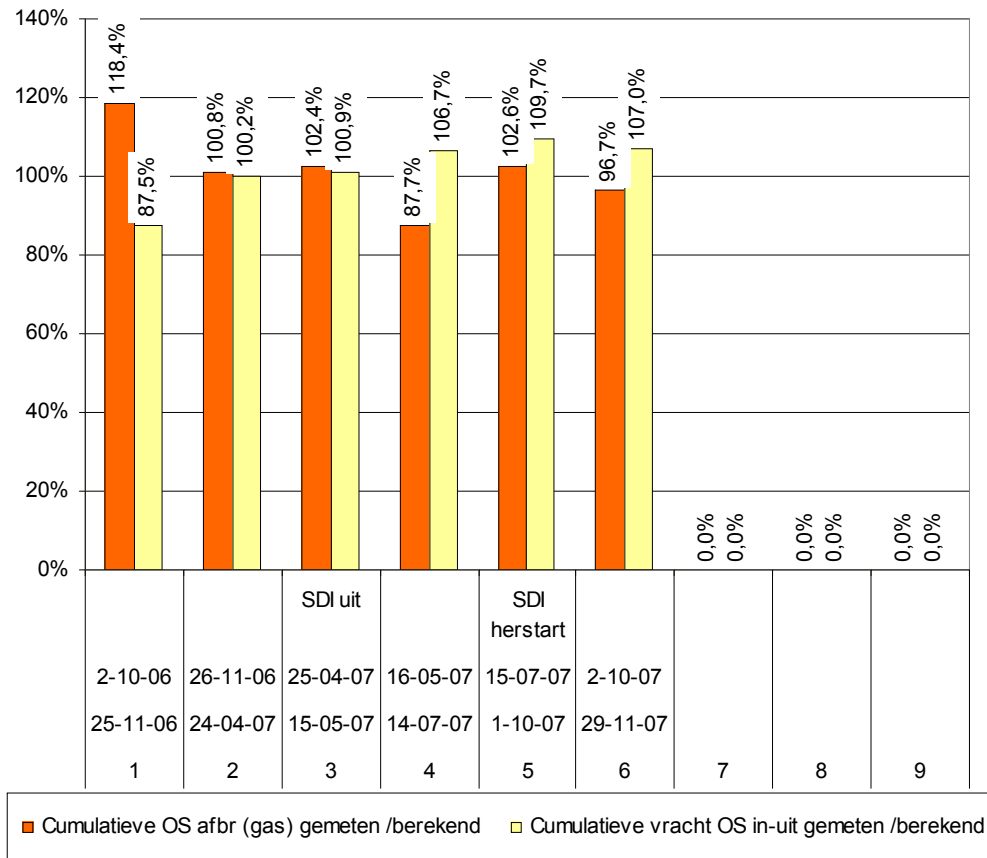
De curven laten zien dat er over de gehele periode een redelijke fit kan worden bereikt. Als er meer in detail wordt gekeken dan blijkt dat er voor verschillende periodes toch wel sprake is van afwijkingen. In de beginperiode blijft de berekende gasproductie achter bij de gemeten waarden. Dit duurt voort tot eind november, waarna er een lange periode ontstaat met een parallel verloop van de gasproductielijnen. Bij de organische stof afbraak lijken de afwijkingen zich in het laatste deel van de beschouwde periode te concentreren.

Vanwege de geconstateerde verschillen in de beginperiode is deze afzonderlijk in de evaluatie van de perioden opgenomen, hoewel er geen wijziging in bedrijfsvoering is aan te geven. De overige kenmerkende data hebben vooral betrekking op de SDI-lijn. Wel dient rekening gehouden te worden met de periode van beperkte betrouwbaarheid van analysegegevens van 1-6 tot 1-10-2007.

Voor de onderscheiden periodes ontstaat dan het volgende beeld:

FIGUUR 7-16

VERGELIJKING GASBALANS EN OS BALANS IN KENMERKENDE PERIODEN



Bij het bepalen van de fit over de gehele periode blijkt dat de beginperiode een duidelijk afwijkend gedrag vertoont. Voor de overige periodes geldt dat een goede overeenkomst wordt bereikt tussen de berekende waarden voor zowel de gasproductie als de organische stof afbraak.

Naast de beginperiode valt met name de afwijking in de gasbalans op voor de periode van 15-5 tot 14-7-2007. De relatief grote afwijking in deze periode heeft echter alles te maken met de beperkte hoeveelheid analysedata waar het model in deze periode mee rekent.

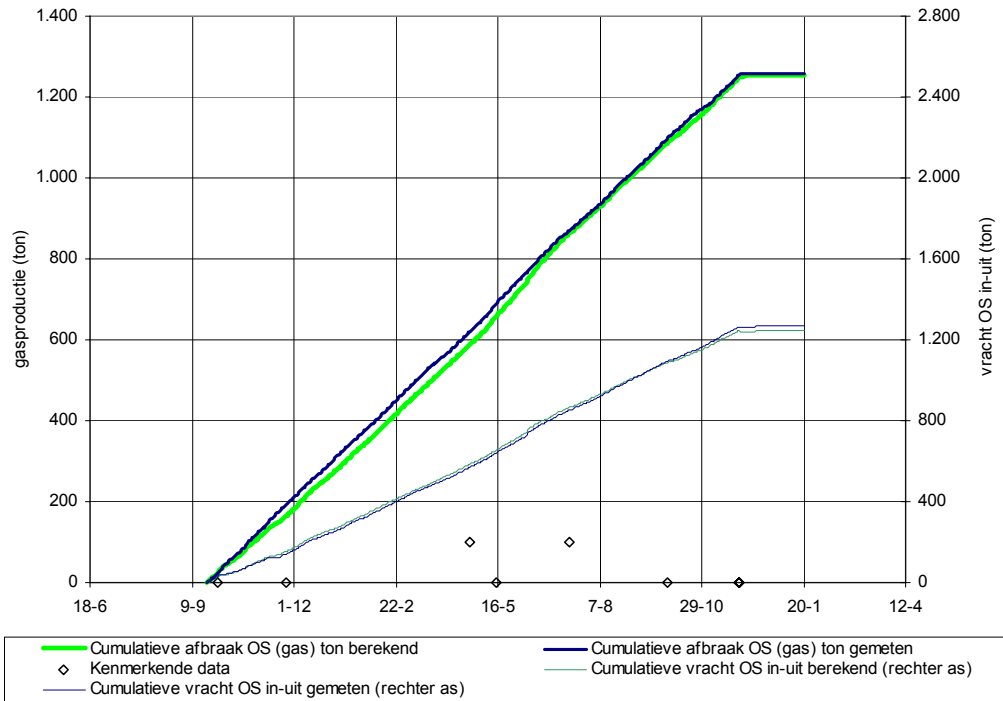
Voor de laatst beschouwde periodes blijft de gasbalans vrij kleine afwijkingen vertonen, terwijl de organische stof balans een grotere afbraak in de praktijk laat zien dan verwacht zou worden op basis van de modelberekening. In de laatste periode, de periode met voldoende analysegegevens blijft de afwijking echter beperkt tot een waarde van 107% van de berekende waarde. Dit is geen slecht resultaat, maar dit moet bovendien in aanmerking worden genomen bij de interpretatie van de resultaten van de SDI-lijn, waar met name in deze periode de aangepaste installatie in bedrijf is.

### 7.4.3 SLIBDESINTEGRATIE TANK (GISTINGSTANK 2)

De bedrijfsvoering van de SDI-lijn is over de gehele periode in goede overeenstemming geweest met de referentielijn. Voor de cumulatieve resultaten levert dit het volgende beeld op:

FIGUUR 7-17

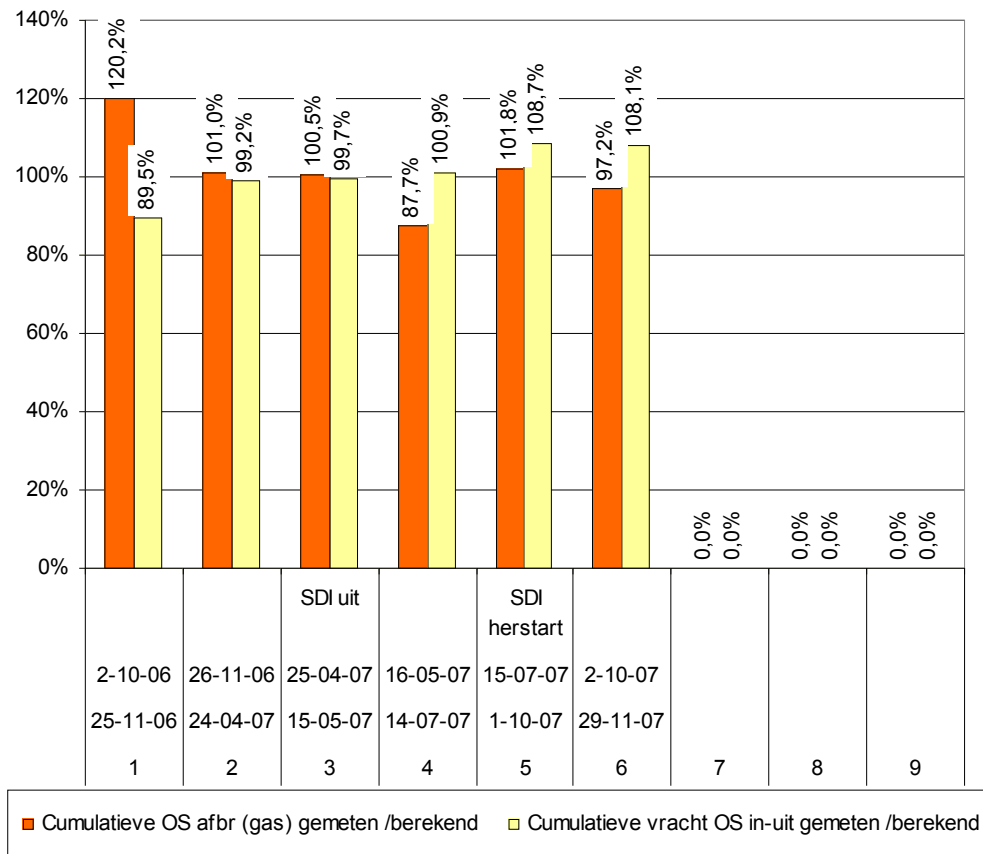
CUMULATIEVE AFBRAAK EN OS AFBRAAK VAN HET MODEL



Zoals te verwachten was, is het beeld voor de SDI-lijn in grote mate vergelijkbaar met dat voor de referentielijn. Ook hier is enige afwijking in het begin te zien, gevolgd door een lange periode met een zeer goede overeenkomst tussen berekening en gemeten waarden. Dit komt tot uitdrukking in het volgende beeld voor de verschillende perioden.

FIGUUR 7-18

VERGELIJKING GASBALANS EN OS BALANS IN KENMERKENDE PERIODEN



De overeenkomst tussen berekening en meting blijkt voor de SDI-lijn zelfs nog iets beter uit te pakken dan voor de referentielijn. Verder is opvallend dat analoog aan de situatie in Bath, de afwijkingen tussen berekening en meting voor de referentielijn en de SDI-lijn hetzelfde beeld te zien geven.

Ook bij de SDI-lijn zien we in de twee laatste periodes een hogere waarde voor de afbraak van organische stof dan het model verwacht. De resultaten voor de gasbalans blijven voor beide periodes wel dicht bij de 100%.

Voor het effect van slibdesintegratie zien we op deze wijze beschouwd dus vrijwel niets terug in het verschil tussen referentielijn en SDI-lijn. Het zeer kleine verschil tussen de resultaten in de laatste periode sluit aan bij de overige resultaten in de zin dat er geen significante bijdrage van slibdesintegratie wordt gevonden.

#### 7.4.4 CONCLUSIES MODELLERING VOOR NIEUWGRAAF

Over vrijwel de gehele periode kan voor Nieuwgraaf een goede overeenstemming worden bereikt tussen gemeten en berekende waarden. Afwijkingen treden op in een korte beginperiode en in een periode waarin de kwaliteit van de analysegegevens te wensen overlaat.

Uit de vergelijking tussen modelberekening en praktijk en uit de verschillen tussen de verwerkingslijnen kan voor de situatie in Nieuwgraaf geen bijdrage in de afbraak van organische stof worden gevonden. In de laatst beschouwde periode is weliswaar sprake van een positief verschil tussen de berekende en de gemeten afbraak maar dit doet zich zowel in de referentie lijn als in de SDI-lijn voor.



## 7.5 AFRONDING VAN HET ONDERZOEK

De slibdesintegratie installatie op RWZI Nieuwgraaf is eind november 2007 uitgezet. Het waterschap Rijn en IJssel is in overleg met de leverancier over de afwikkeling van de garantievoorwaarden.

## 7.6 RESUMÉ RESULTATEN RWZI NIEUWGRAAF

Samengevat kunnen de resultaten van de proef in Nieuwgraaf als volgt worden weergegeven:

- Gedurende de proef is een goede gelijkloop tussen de twee parallelle lijnen van de slibgisting gerealiseerd.
- Tijdens het verloop van de proef tot en met november 2007 is er geen significante verbetering van de afbraak van organische stof geconstateerd. De resultaten van de modelberekeningen ondersteunen deze conclusie.
- Uit de resultaten voor de ontwatering komt geen significante verbetering naar voren.
- De beschikbaarheid en de prestaties van de SDI blijven enigszins achter bij de verwachtingen (van pompdebiet en druk). Door pompslijtage en vervangen van roteren zijn de pompen regelmatig buiten bedrijf geweest. Hierin kan een gedeeltelijke verklaring liggen voor het niet bereiken van het gewenste effect.

# 8

## OVERIGE PROJECTEN IN NEDERLAND

### 8.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de reeds gerealiseerde demonstratieprojecten van slibdesintegratie in Nederland kort samengevat. Het betreffen demonstraties op de RWZI's Land van Cuijk, Meppel, Willem Annapolder en Zeist.

### 8.2 RWZI LAND VAN CUIJK

RWZI Land van Cuijk was de eerste locatie in Nederland waar slibdesintegratie op praktisch schaal is toegepast. Hierbij is gebruik gemaakt van ultrasone technologie, op basis van de ervaringen die destijds vanuit Duitsland beschikbaar waren.

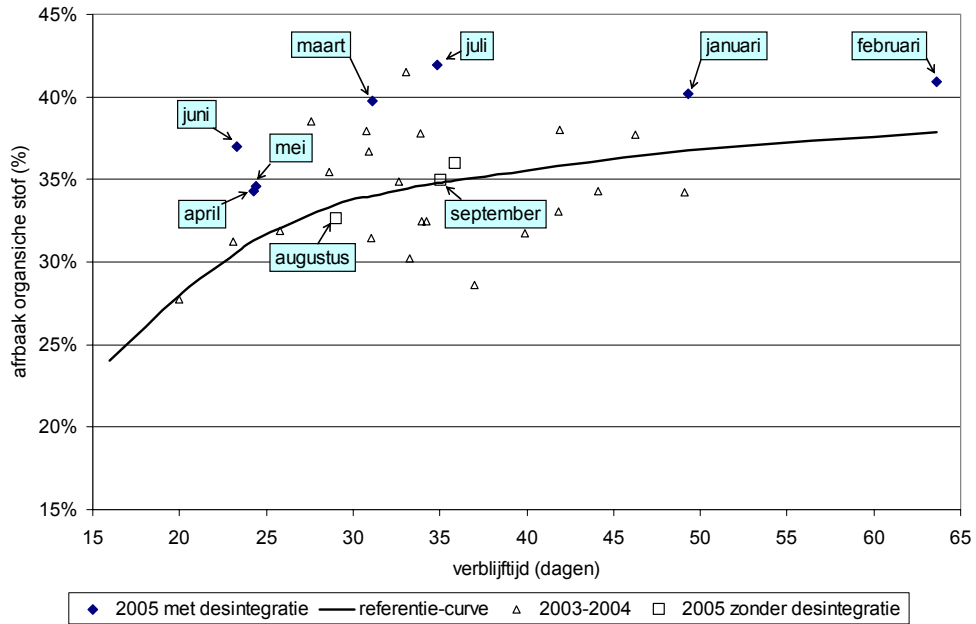
De installatie is in november 2004 in bedrijf genomen en vanaf januari 2005 zijn representatieve data gegenereerd. Tot augustus 2005 is de installatie operationeel geweest en is toen uit bedrijf genomen op grond van de zeer snelle slijtage die aan de sonotroden werd vastgesteld (zie Figuur 8-1).

FIGUUR 8-1 SLIJTAGE SONOTRODE NA CIRCA 3.800 BEDRIJFSUREN, 29 JUNI 2005  
BRON: D. JACOBS, WATERSCHAP AA EN MAAS



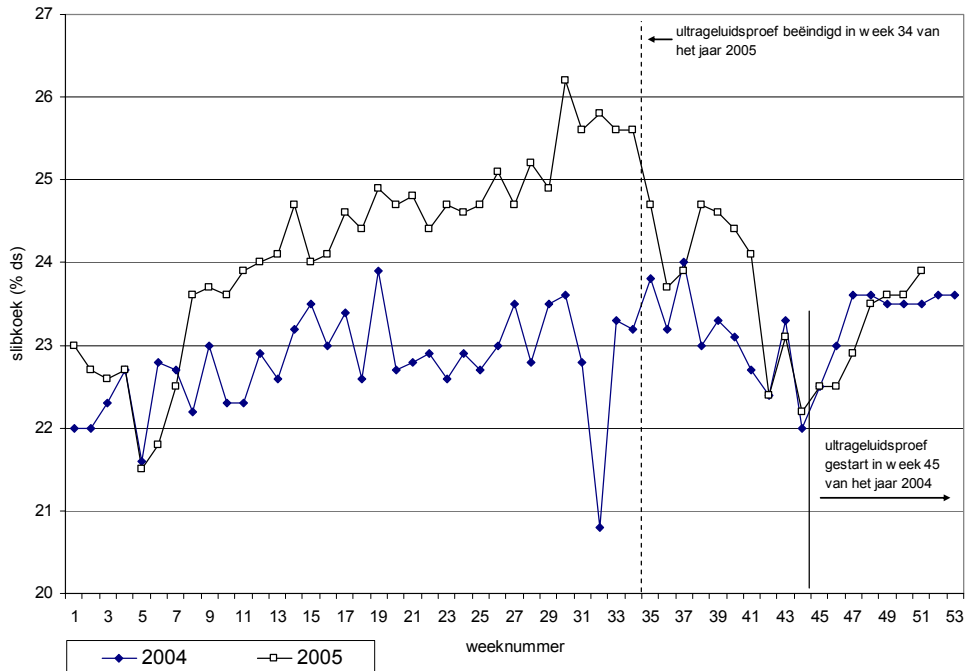
Aangezien op de locatie slechts één gistingstank beschikbaar is, is voor het vaststellen van de effecten gerefereerd aan resultaten uit het verleden. Deze gegevens vertoonden echter een behoorlijke spreiding. Om de vergelijking met de resultaten tijdens de proef mogelijk te maken is een referentiecurve vastgesteld. In Figuur 8-2 zijn de behaalde resultaten weergegeven ten opzichte van de historische data en de referentielijn. De resultaten voor de afbraak liggen allemaal aan de bovenzijde van de range die vanuit het verleden bekend is. Na het beëindigen van de proef treedt een afbraak op die vrijwel op de referentiecurve ligt.

FIGUUR 8-2 RESULTATEN AFBRAAK ORGANSICHE STOF OP RWZI LAND VAN CUIJK



Naast de afbraak van organische stof is gekeken naar het effect op de ontwaterbaarheid van het slib. In onderstaande figuur is het verloop van het droge stofgehalte weergegeven. Met name de effecten voor de ontwatering leverden een duidelijke verbetering op door het toepassen van slibdesintegratie.

FIGUUR 8-3 VERLOOP VAN HET DS-GEHALTE VAN HET ONTWATERDE SLIB VOOR DE SITUATIE MET EN ZONDER SLIBDESINTEGRATIE



Het specifieke energieverbruik was circa 0,15 kWh/kg ds behandeld, inclusief het energieverbruik van de geïnstalleerde versnijder.

De problemen met de slijtage van de sonotroden bleken een fundamentele achtergrond te hebben. Als gevolg hiervan verkeert de betreffende leverancier inmiddels in staat van faillissement waardoor voorzetten van de activiteiten niet direct mogelijk is.

### 8.3 RWZI MEPPEL

Op de RWZI Meppel is door middel van de inzet van slibdesintegratie getracht om een combinatie van effecten te bereiken. Hoofdzakelijk was het voorkomen van schuimvorming in de gistingstanks omdat dit beperkingen oplevert voor de hoeveelheid secundair slib die mee-vergist kan worden met het primaire slib. Door het mee kunnen vergisten van meer secundair slib zou ook zonder een relatieve verbetering van de afbraak een beperking van de slibafvoer en een verhoging van de gasproductie gerealiseerd kunnen worden.

Om zeker te stellen dat de schuimvorming kon worden voorkomen, werd al het secundaire slib door de desintegrator geleid. Voor de desintegratie werd gebruik gemaakt van de hydrodynamische desintegratietechnologie, zoals die ook in Enschede is toegepast.

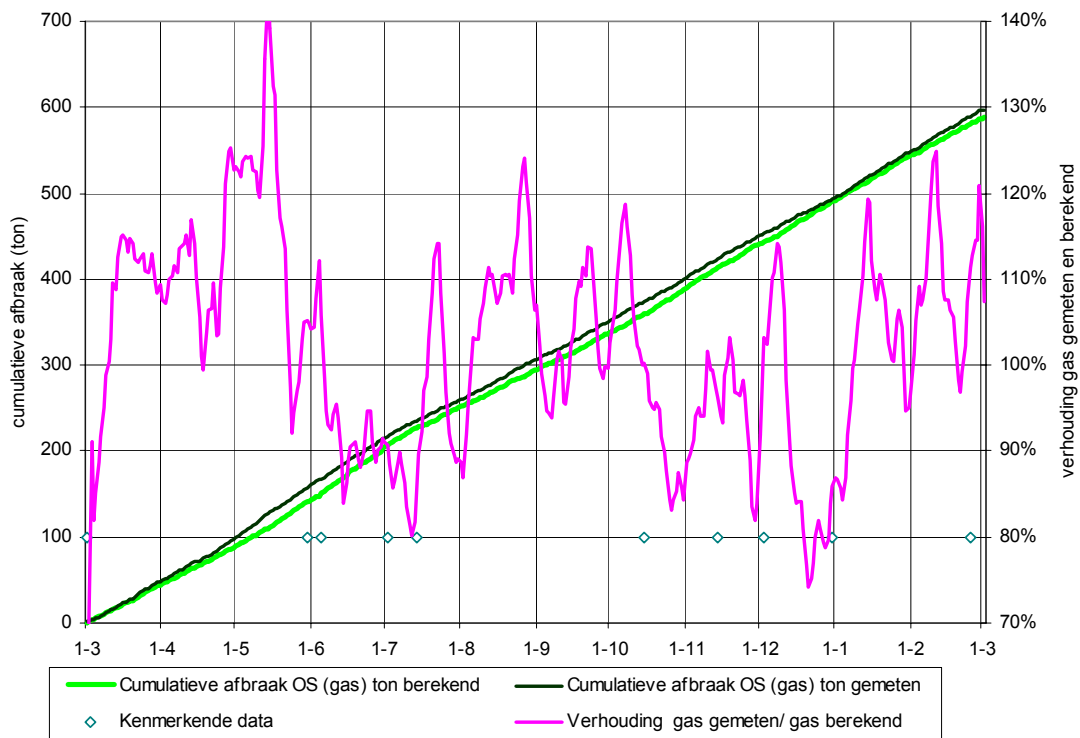
De proef is voortijdig beëindigd omdat het niet mogelijk bleek de schuimvorming te voorkomen. De oorzaak van de schuimvorming blijkt buiten de beïnvloedingssfeer van de slibdesintegratie-installatie te liggen. Als alternatief voor deze inzet van slibdesintegratie wordt op dit moment nog overwogen om de installatie te gebruiken voor het verwerken van retourslib. Hiermee zou de CZV/N verhouding op de zuivering verbeterd kunnen worden in combinatie met een lagere slibproductie. Voor de tweede helft van 2008 zijn proeven gepland voor deze toepassing van slibdesintegratie in de waterlijn.

### 8.4 RWZI WILLEM ANNAPOLDER

Bij de RWZI Willem Annapolder van het waterschap Zeeuwse Eilanden wordt een SDI op basis van ultrasoon geluid ingezet om secundair slib voorafgaand aan de slibgisting te behandelen. Door een combinatie van afwijkende omstandigheden, zowel in de bedrijfsvoering van de rwzi als geheel als in de sliblijn is het tot maart 2007 niet mogelijk geweest om het effect van de behandeling goed vast te stellen. Daarom zijn met de leverancier destijds afspraken gemaakt over het voortzetten van de proef, waarbij op een aantal punten verbeteringen aan de installatie zijn doorgevoerd om een stabielere bedrijfsvoering te verzekeren. De resultaten van de periode maart 2007 tot en met februari 2008 zijn gerapporteerd aan de hand van modelberekeningen.

Voor een nadere beschouwing is de verhouding tussen gemeten waarden en de berekeningen gehanteerd. Deze geeft inzicht in de veranderingen die optreden tussen beide beschouwde parameters. Geconstateerd wordt dat er perioden in het beschouwde tijdvak zijn waarin een verschuiving in de verhouding tussen de metingen en de berekeningen optreedt. Vanwege de variaties in de verhouding (over het algemeen tussen 90 en 110%, met pieken tot 120% en een uitzondering tot meer dan 140%, zie Figuur 8-4) kunnen wat langer durende verschillen niet als representatief worden aangemerkt.

FIGUUR 8-4 RESULTATEN MODELLERING WILLEM ANNAPOLDER EN VERHOUDING TUSSEN DE GEMETEN GASHOEVEELHEDEN EN DE GASPRODUCTIE VOLGENS DE MODELBEREKENING



In het beschouwde tijdvak komen twee periodes met en twee zonder operationele slibdesintegratie-installatie voor. Voor de eerste periode van buiten bedrijfstelling (eind mei tot en met eind juni 2007) kan een verschil in de verhouding tussen de gemeten en berekende waarde voor de gasproductie worden waargenomen. Dit zou kunnen duiden op een verschil ten gevolge van de slibdesintegratie, maar in de tweede periode van buiten bedrijfstelling (vanaf 3 december 2007) wordt deze verandering niet langdurig bevestigd.

Geconcludeerd kan worden dat er ten gevolge van de slibdesintegratie geen structureel significant effect wordt gevonden in de afbraak en in de productie van biogas.

## 8.5 RWZI ZEIST

Eind 2005 heeft Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) op RWZI Zeist (75.000 i.e.) een ultrasonische slibdesintegratie, type SoliSound geplaatst. De directe aanleiding was het in onbruik raken van één van de twee gistingstanks waardoor de totale slibstroom, in één gistingstank van 1.400 m<sup>3</sup> moest worden vergist. Door het toepassen van slibdesintegratie verwacht HDSR bij een gehalveerde slibverblijftijd ongeveer een zelfde droge stofafbraak te bereiken als in de oorspronkelijke situatie met twee gistingstanks. De droge stofafbraak bedroeg in het verleden circa 40%.

De desintegratie-installatie op RWZI Zeist behandelt 24 uur per dag 40-50% van het mechanisch ingedikte surplusslib met een specifiek vermogen van 6-6,5 Wh/l. Uitgaande van een droge stof gehalte van gemiddeld 5% is de specifieke energietoevoer 0,13 kWh/kg DS behandeld. Dit is iets meer dan in het STOWA onderzoek is gehanteerd. Verder is bij de proeven het aandeel behandeld slib aangepast. Voor de proef met verblijftijd van 12 dagen werd 1/3 van het secundaire slib behandeld, de proef met 18 dagen had een aandeel van 50% behandeld.

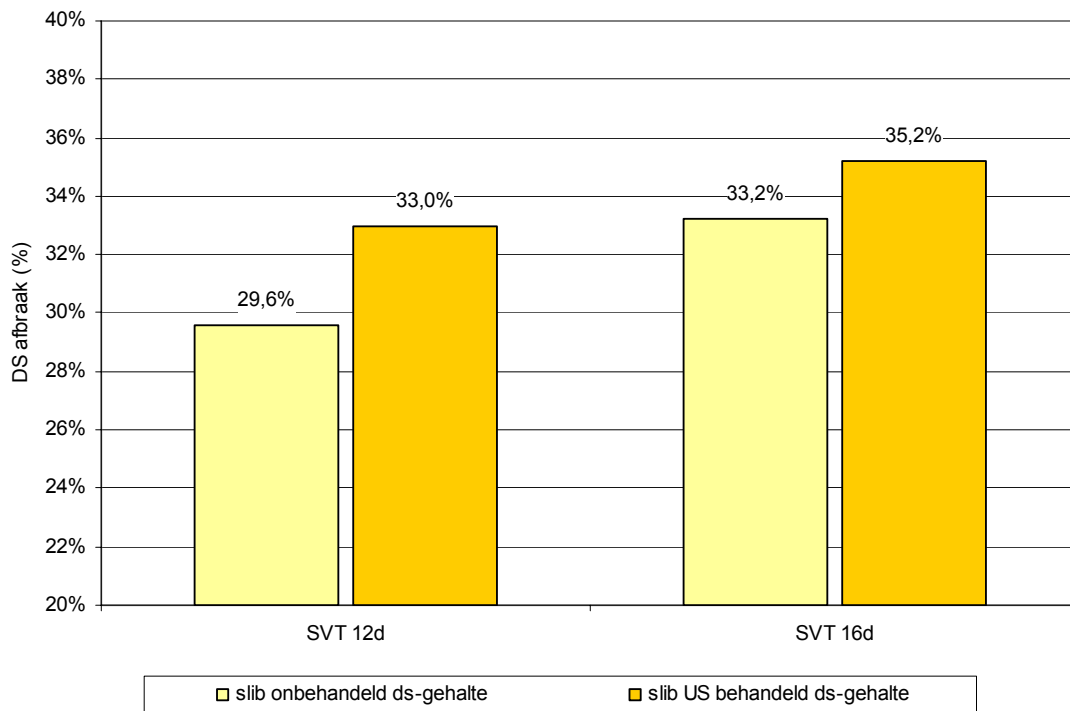
Dit bereik van de verhouding tussen behandeld en onbehandeld slib komt ook overeen met de omstandigheden in het STOWA onderzoek.

Wegens verschillende opeenvolgende aanpassingen op RWZI Zeist was het niet mogelijk om het effect van de desintegratie vast te stellen ten opzichte van de voorgaande jaren. Om die reden is besloten om een parallelonderzoek uit te voeren met een onderzoekscontainer van de TUHH (Technische Universiteit Hamburg-Harburg) voorzien van vijf volledig uitgeruste gistingstanks van elk 200 liter inhoud.

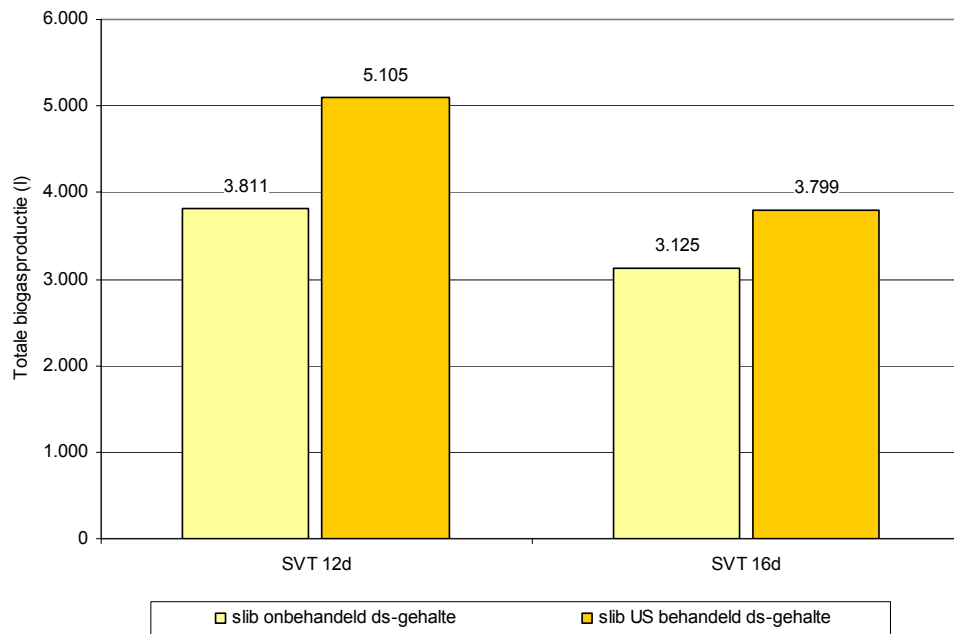
De test had als hoofddoel het beoordelen van het effect van de ultrasone slibdesintegratie op het slibgistingsproces bij een slibverblijftijd van circa 12 dagen. Een tweede doel was het vaststellen van het effect van slibdesintegratie in relatie tot verschillende verblijftijden om zo nieuwe ontwerpinzichten te verkrijgen voor de bouw van toekomstige slibgistingsinstallaties. Hiervoor is tijdens de proeven een verblijftijd van 18 dagen aangehouden.

De resultaten van de proeven zijn in Figuur 8-5 en Figuur 8-6 weergegeven.

**FIGUUR 8-5** DROGE STOF AFBRAAK BIJ SLIBGISTINGSPROEVEN MET EN ZONDER SLIBDESINTEGRATIE BIJ EEN VERBLIJFTIJD VAN 12 EN 18 DAGEN IN DE GISTING, TESTDUUR IS 6 WEKEN



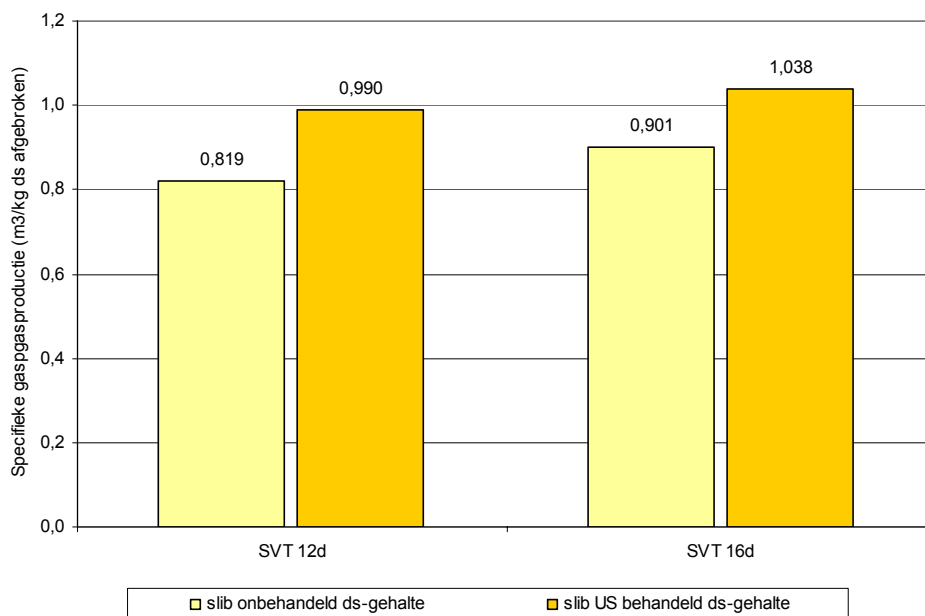
FIGUUR 8-6 BIOGASPRODUCTIE BIJ SLIBGISTINGSPROEVEN MET EN ZONDER SLIBDESINTEGRATIE BIJ EEN VERBLIJFTIJD VAN 12 EN 18 DAGEN IN DE GISTING, TESTDUUR IS 6 WEKEN



Uit de grafieken blijkt dat zowel voor de afbraak van organische stof als voor de optredende gasproductie een verbetering wordt geconstateerd door het toepassen van slibdesintegratie. Het relatieve effect is groter naarmate de verblijftijd korter is.

Opvallend bij deze proeven is het feit dat de afbraak van organische stof minder sterk toeneemt dan de gasproductie. Bij de verblijftijd van 18 dagen neemt de afbraak met slechts 6% toe terwijl de gasproductie met meer dan 20% toeneemt. Wat verder bij de situatie in Zeist een rol speelt is dat bij de gegeven resultaten tevens de specifieke gasproductie per kg organische stof verwijderd is toegenomen. In figuur is dit weergegeven.

FIGUUR 8-7 SPECIFIEKE BIOGASPRODUCTIE BIJ SLIBGISTINGSPROEVEN MET EN ZONDER SLIBDESINTEGRATIE BIJ EEN VERBLIJFTIJD VAN 12 EN 18 DAGEN IN DE GISTING, TESTDUUR IS 6 WEKEN



De waarden die op deze manier voor de specifieke gasproductie ontstaan zijn relatief hoog. Het is bovendien onwaarschijnlijk dat de behandeling direct van invloed zou zijn op deze eigenschap van het organisch materiaal.

Bij de gepresenteerde gegevens wordt geen melding gemaakt van de gassamenstelling, zodat geen relatie gelegd kan worden met de theoretisch te verwachten gasproductie. Het gegeven dat sprake was van (erg) hoge specifieke gasproducties was wel in eerdere proeven met de opstelling in Zeist gerapporteerd. Hierbij was zelfs sprake van specifieke gasproducties van ruim 600 liter CH<sub>4</sub> per kg organische stof verwijderd. Dit is een factor 1,7 hoger dan de theoretische waarde van 350 liter CH<sub>4</sub> per kg organische stof verwijderd.

Het lijkt het meest aannemelijk dat er of bij de gasmeting sprake is van een structurele overschatting van de opbrengst. De discrepantie tussen de droge stof afbraak en de gasproductie zou hiermee verklaard kunnen worden. Een ander effect dat hierin meespeelt is de relatief korte periode waarover de proeven hebben gelopen, 6 weken ten opzichte van de verblijftijd van 18 dagen bij 2 van de 4 reactoren. Hierdoor was in elk geval gedurende een deel van de proef de stationaire situatie nog niet bereikt.



# 9

## DISCUSSIE VAN DE RESULTATEN

### 9.1 INLEIDING

In het voorgaande zijn voor de drie onderzoekslocaties de resultaten van het onderzoek weergegeven, zowel in de vorm van de metingen en analyses als aan de hand van daarmee uitgevoerde modelberekeningen. In het navolgende wordt nagegaan welke aspecten een rol gespeeld kunnen hebben over de gehele breedte van het onderzoek. Om hier enige structuur in aan te brengen worden eerst de resultaten van de locaties onderling vergeleken en worden de karakteristieke parameters op een rij gezet. Na deze vergelijking wordt kort aandacht besteed aan de uitgangspunten van de onderzoeksopzet en de wijze waarop de betrouwbaarheid van resultaten binnen het onderzoek is getoetst en wat hiervan de grenzen zijn. Vervolgens wordt ingegaan op mogelijke verklaringen en achtergronden die bij de behaalde resultaten en bij de verwachtingen daarvan een rol hebben gespeeld.

### 9.2 ONDERLINGE VERGELIJKING

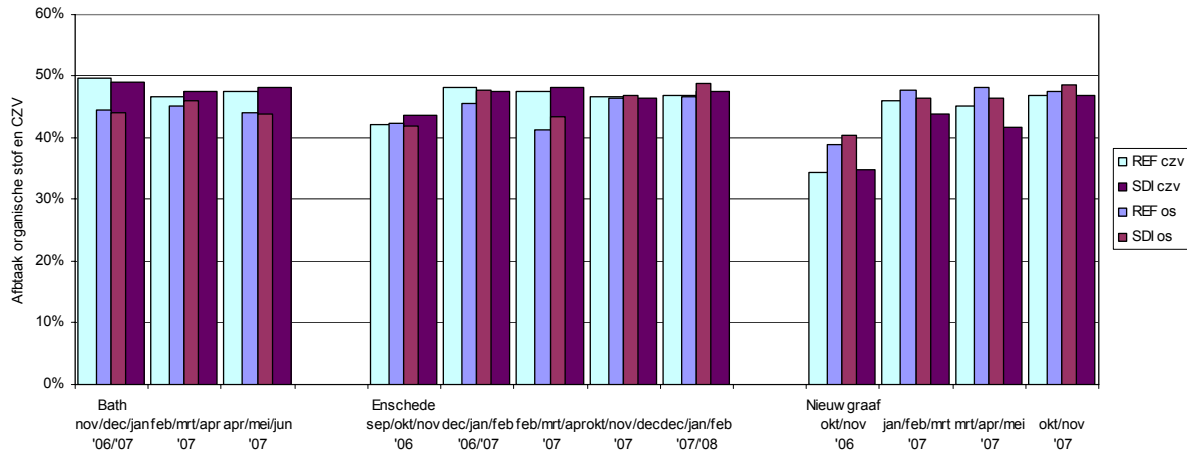
Voor de drie locaties is in Figuur 9-1 en Figuur 9-2 een overzicht gegeven van de resultaten op het gebied van de afbraak van organisch materiaal. Ter vergelijking zijn in Figuur 9-1 tevens de afbraakpercentages voor CZV weergegeven.

Per locatie gaat het hierbij om de gemiddelde gegevens van drie tot vier periodes van elk twee of drie maanden. Door het presenteren van resultaten over een langere tijd wordt het effect van het optreden van versturende of vertekenende tijdelijke effecten tot een minimum teruggebracht.

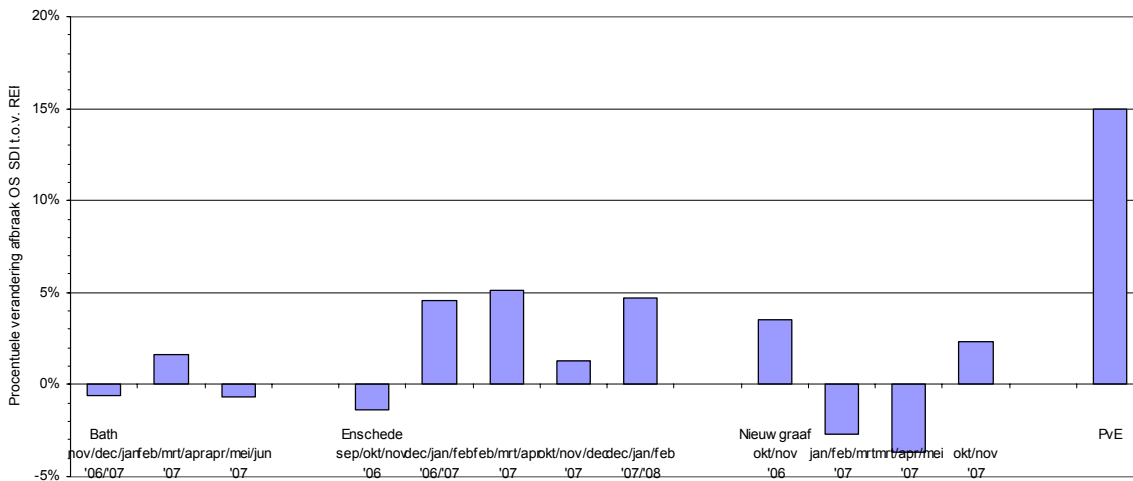
De gepresenteerde resultaten in Figuur 9-1 en Figuur 9-2 laten zien dat de geëiste relatieve verbetering van de totale afbraak van organische stof of CZV met 15% op geen van de locaties is gerealiseerd. Ter illustratie, een verbetering van 15% ten opzichte van een afbraakpercentage van 40% komt overeen met een absolute verbetering van 6%.

De gevonden verbeteringen en verslechtingen zijn dermate beperkt dat zij als niet significant beschouwd moeten worden.

FIGUUR 9-1 RESULTATEN AFBRAAK ORGANISCHE STOF EN CZV BIJ SLIBDESINTEGRATIE (SDI) EN REFERENTIE (REF) OP DE DRIE ONDERZOEKSLOCATIES



FIGUUR 9-2 RELatieve verandering van de afbraak van organische stof bij slibdesintegratie (SDI) en referentie (REF) op de drie onderzoekslocaties



TABEL 9-1 OVERZICHT HISTORISCHE SITUATIE VAN DE DRIE ONDERZOCHE LOCATIES

		Bath	Enschede	Nieuwgraaf
- verhouding prim/sec slib o.b.v. vracht	%/%	48 / 52	34 / 66	48 / 52
- verblijftijd gisting	d	20	31	18
- afbraak DS %	%	26	37 *	28
- afbraak OS %	%	40	48 *	38
- gasproductie	m <sup>3</sup> /d	5.997	5.068	5.958
- specifieke gasproductie	m <sup>3</sup> /kg OS <sub>n</sub>	0,360	0,354	0,492

\* De waarde voor organische stofafbraak is op basis van de destijds beschikbare gegevens berekend. Er waren echter twijfels over de juistheid van de gehanteerde volumestromen. In verhouding tot de andere locaties leek het afbraakpercentage erg hoog. Tijdens de proeven waren extra voorzieningen getroffen om de meting van de volumes en de samenstelling van de slibstromen nauwkeurig vast te stellen. De mate van afbraak van organische stof bleek zich tussen de 41 en 47 % te bewegen (3 maandsgemiddelde), afhankelijk van slibsamenstelling en verblijftijd.

TABEL 9-2 OVERZICHT RESULTATEN VAN DE DRIE ONDERZOCHE LOCATIES

- periode resultaten weergegeven	Bath			Enschede			Nieuwgraaf					
	nov/dec/jan 2006	feb/mrt/apr 2007	apr/mei/jun 2007	sep/okt/nov 2006	dec/jan/feb 2006/2007	feb/mrt/apr 2007	okt/nov/dec 2007	okt/nov/dec 2007/2008	okt/nov 2006	jan/feb/mrt 2007	mrt/apr/mei 2007	okt/nov 2007
Karakterisatie slibdesintegratie												
- aandeel secundair slib behandeld	%	36,7	41,1	45,2	80,0	88,0	95,0	71,4	62,6	35,6	25,3	36,7
- aandeel totaal slib behandeld	%	15,9	17,9	17,7	53,7	53,7	62,2	43,1	38,2	18,3	12,6	16,6
- energie-input / kg ds behandeld	kWh/kg ds	0,110	0,132	0,134	nb	0,072***	nb	0,057**	0,057**	0,105	0,107	0,127
- energie-input / kg ds sec. slib	kWh/kg ds	0,040	0,054	0,060	nb	0,043***	nb	0,041**	0,041**	0,041	0,027	0,045
- energie-input / kg ds tot. slib	kWh/kg ds	0,018	0,024	0,024	nb	0,020***	nb	0,013**	0,013**	0,020	0,014	0,020
Situatie tijdens proeven												
- verhouding prim/sec slib o.b.v. OS-vracht	%/ %	57/43	60/40	65/35	32/68	40/60	57/43	39/61	39/61	51/49	52/48	57/43
- verblijftijd gisting	d	24,0 & 23,3*	26,8 & 26,1*	25,1 & 24,5*	32,2 & 28,0*	30,4 & 29,8*	29,7 & 25,3*	33,8 & 38,8*	32,2 & 36,9*	15,9 & 16,1*	15,4 & 15,5*	16,8 & 16,9*
Resultaat												
- afbraak DS % REF	%	31,3	31,8	30,5	29,9	35,3	29,1	32,5	35,5	26,0	36,7	35,2
- afbraak DS % SDI	%	31,0	32,9	31,0	29,7	37,5	31,4	35,2	41,8	26,7	34,6	36,4
- afbraak OS % REF	%	44,5	45,2	44,2	42,5	45,8	41,4	46,4	46,6	39,0	47,8	47,6
- afbraak OS % SDI	%	44,2	45,9	43,9	41,9	47,8	43,5	47,0	48,6	40,4	46,5	48,7
- gasproductie	m <sup>3</sup> /d	3.036 & 3.104*	2.948 & 3.208*	3.426 & 3.401*	3.848	4.383	3.865	5.051	5.459	5.861	5.635	5.240
- verbetering DS-afbraak	% (relatief)	-0,8	3,3	1,6	-0,5	6,5	8,0	11,7	17,6	2,4	-5,7	3,6
- verbetering OS-afbraak	% (relatief)	-0,6	0,6	-0,6	-1,4	4,6	5,1	2,5	4,7	3,5	-2,7	2,3
- verhoging biogasproductie	% (relatief)	6,0	12,3	2,0	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
- verbetering ontwateringsgedrag	% (absoluut)	0	nb	nb	0,5***	0,5***	0,5***	nb	-0,7***	0	0	nb
- specifieke gasproductie	m <sup>3</sup> /kg OS <sub>in</sub>	0,34-0,36	0,38-0,42	0,42-0,43	0,31	0,31	0,27	0,43	0,44	0,48	0,43	0,43
- methaanproductie per CZV verwijderd	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg CZV <sub>verw</sub>	0,28-0,30	0,36-0,40	0,36	0,27	0,24	0,20	0,35	0,34	0,57	0,38	0,37

\* REF &amp; SDI

\*\* op basis van kWh meting 1-11 december 2007

\*\*\* op basis van opgave leverancier

\*\*\*\* gemiddelde periode augustus 2006 tot en met april 2007

\*\*\*\*\* gemiddelde periode februari 2008 met centrifuge

### 9.3 OPZET ONDERZOEK MET PARALLELE SLIBGISTINGSTANKS

Bij het uitvoeren van het onderzoek naar slibdesintegratie is gebleken dat het gedrag van slibgistinginstallaties moeilijk nauwkeurig is te kwantificeren. Ook de voorspelbaarheid van het gedrag van de gisting is minder groot dan verwacht.

In het onderzoek is veel aandacht besteed aan het parallel bedrijven van twee lijnen voor slibgisting. Het nut van deze keuze heeft zich tijdens het onderzoek duidelijk bewezen. Zo is bijvoorbeeld op twee locaties, Bath en Nieuwgraaf, sprake van een flinke verbetering in de afbraak in de maanden januari en februari 2007. Deze verbetering van circa 40% afbraak naar bijna 50% afbraak zou zonder het gebruik van een referentiereactor hoogstwaarschijnlijk aan het toepassen van de slibdesintegratie zijn toegeschreven. Door de gevolgde werkwijze blijkt echter dat de verbetering zich in beide lijnen manifesteert en dus een andere oorzaak heeft. Aangezien de verblijftijd geen aanleiding geeft tot een dergelijke wijziging, heeft er blijkbaar een aanpassing van de slibeigenschappen plaatsgevonden. Er is sprake van een kleine verschuiving in de verhouding primair tot secundair slib naar de gisting, maar dit lijkt op grond van de ervaringen met de modelberekeningen niet toereikend om het verschil te verklaren.

Deze gang van zaken geeft wel aan dat enige voorzichtigheid is geboden met het interpreteren van afbraakgegevens voor een slibgisting over korte tijdstermijnen. De resultaten in het onderzoek geven aanleiding om zelfs een periode van een maand voor het onderling vergelijken van resultaten als aan de krappe kant te beschouwen.

### 9.4 BETROUWBAARHEID IN COMBINATIE MET MONSTERNAME- EN ANALYSEPROGRAMMA

Bij de gevonden kleine variaties in het verschil in de afbraak tussen de twee lijnen is de vraag of deze verschillen significant zijn in relatie tot de gevolgde aanpak en de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de uitgevoerde metingen en analyses. Om dit te onderzoeken is een zogenoemd "ringonderzoek" uitgevoerd. Uit dit onderzoek is de conclusie getrokken dat een verschil in droge stofconcentraties van 0,2% DS in het uitgegiste slib betrouwbaar aangetoond kan worden. Dit is voldoende om de verwachte verbetering in de afbraak van 15% aan te kunnen tonen. Naarmate de verbetering lager wordt dan 15%, neemt de aantoonbaarheid af. Omdat op RWZI Bath de metingen in triplo worden geanalyseerd, zal de betrouwbaarheid van de resultaten hier hoger zijn, waardoor het verschil in droge stofconcentraties met een waarde van 0,15 %DS in het uitgegiste slib betrouwbaar aan te tonen is.

De reden om specifiek aan de concentraties van indamprest in het uitgegiste slib te refereren is dat bij een gelijke belasting van de twee parallelle lijnen een verschil in afbraak in principe direct zichtbaar wordt in een verschil in de uitgaande concentraties. De grootste variaties en mogelijke afwijkingen doen zich echter voor bij de ingaande slibstromen.

Een gemis dat ook weer bij de modelberekeningen naar voren kwam is het feit dat de gasproducties in de individuele reactoren niet bekend zijn, met uitzondering van de situatie in Bath.

Indien de gasproducties wel afzonderlijk meetbaar waren geweest had dit een extra verificatie mogelijkheid opgeleverd voor de massabalans over de gistingstanks. De metingen kunnen de massabalans echter niet vervangen omdat het ook voor de beoordeling van de gasproducties noodzakelijk is om de exacte invoer van de gistingstanks te kennen en zodoende te kunnen vaststellen of de parallelle lijnen gelijk belast worden. Vanwege de beperkingen met het afzon-

derlijk meten van de gasproducties is extra aandacht besteed aan de verificatie van de massabalans voor organische stof, door tevens te kijken naar CZV-afbraak en de balans voor stikstof en fosfor. Deze resultaten geven geen aanleiding om te twijfelen aan de betrouwbaarheid van de massabalans voor droge stof en organische stof.

### 9.5 TOETSING VAN DE PRAKTIJKRESULTATEN AAN DE GARANTIEWAARDEN

Door het toepassen van slibdesintegratie wordt beoogd de afbraak van slib in de gistingstanks te verbeteren. De in het onderzoek toegepaste methoden, ultrasone en hydrodynamische behandeling maken gebruik van het opwekken van cavitatie om dit doel te bereiken. Het effect van de behandeling komt onder meer tot uitdrukking in een verkleining van de aanwezige vloggrootte en in het openbreken van cellen. Dit laatste kan aan de hand van het vrijkomen van opgelost CZV in het behandelde slib worden vastgesteld.

Op voorhand was er een sterk positieve verwachting over de resultaten die met de behandeling bereikt zouden kunnen worden. In de literatuur en bij referentieprojecten werden verbeteringen in de afbraak gerapporteerd van 15-25% met zelfs uitschieters naar meer dan 50%.

Om het inzicht en de interpretatie van de resultaten te verbeteren is voor het onderzoek tevens gebruik gemaakt van modelberekeningen.

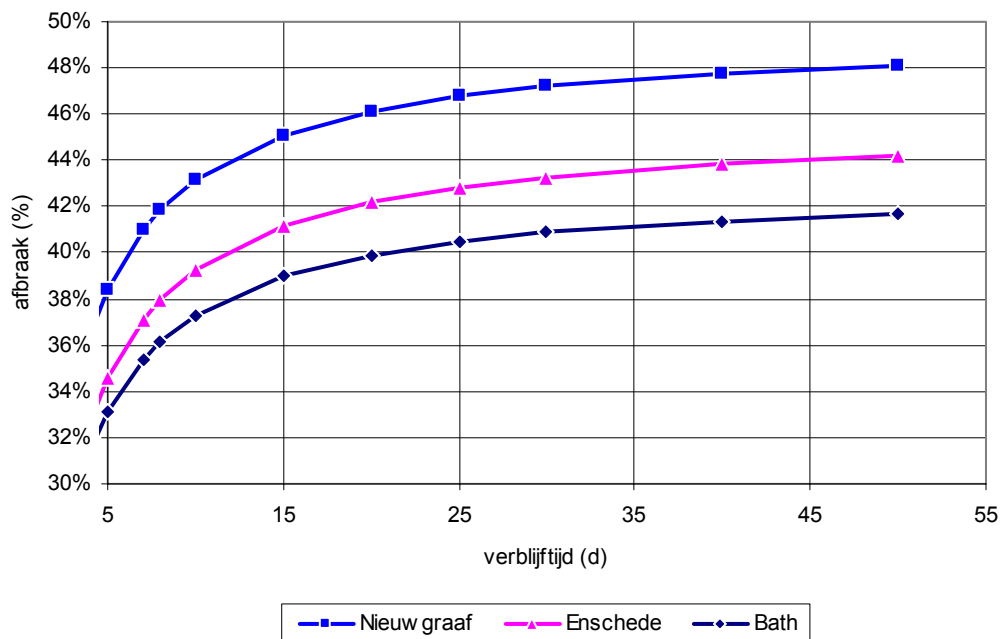
Voor alle betrokken installaties is een redelijke tot zeer goede overeenstemming gevonden tussen de berekende waarden en de gemeten waarden uit de praktijk. Een deel van de gevonden verschillen tussen praktijk en berekening zijn waarschijnlijk te wijten aan onvolkomenheden in het gebruikte invoermateriaal voor de berekening, zijnde de debieten en samenstellingen van het slib dat aan de gistingsinstallatie gevoed wordt. De resultaten van de modelberekeningen voor de verschillende locaties geven aan dat het niet aannemelijk is dat er een significante bijdrage van het toepassen van SDI op de gerealiseerde afbraak is geweest. Dit geldt voor alle onderzochte locaties.

Op basis van de uitgevoerde berekeningen kan voor elke installatie een karakteristiek worden opgesteld met behulp van de parameters die voor de betreffende installatie zijn gevonden. In onderstaande figuur is dit voor de installaties in Bath, Enschede en Nieuwgraaf weer gegeven.

Deze karakteristieken komen overeen met het verband zoals dat beschreven wordt in het artikel van Chen en Hashimoto<sup>8</sup>. De hierin beschreven formules hebben als toetssteen van de modellering gefungeerd.

<sup>8</sup> Chen, Y. R. and A. G. Hashimoto. 1978. Kinetics of methane fermentation. *Biotechnology and bioengineering Symp.* No. 8, pp 269-268. John Wiley & Sons 1978

FIGUUR 9-3 VERLOOP VAN DE AFBRAAK VAN ORGANISCHE STOF IN RELATIE TOT DE VERBLIJFTIJD BIJ DE ONDERZOCHE INSTALLATIES



Om voor de verschillende locaties een goede fit te bereiken is het niet nodig of wenselijk gebleken om de snelheidsconstanten voor de afbraak aan te passen. In alle gevallen is voor het primair slib met een halfwaardetijd van 1 dag gerekend en voor het secundaire slib met een halfwaardetijd van 2 dagen. De keuze voor deze relatief snelle omzettingssnelheden is gelegen in het feit dat op die manier het patroon van de gasproductie, met relatief snelle variaties, goed kan worden gereproduceerd.

De verschillen tussen de locaties komen vooral tot uitdrukking in de mate van afbreekbaarheid van de onderscheiden slibsoorten. Uit het vaststellen van een optimale fit zijn de volgende waarden naar voren gekomen:

Locatie	Maximale afbraak Primair slib (% van aanwezige organische stof)	Maximale afbraak Secundair slib (% van aanwezige organische stof)
Bath	51	35
Enschede	58	38
Nieuwgraaf	58	41

Bij de hierboven gepresenteerde karakteristiek dient wel bedacht te worden dat deze beïnvloed wordt door de momentane verhouding tussen primair en secundair slib. In de karakteristiek is hiervoor de verhouding gebruikt zoals die tijdens het onderzoek gemiddeld aan de orde waren. De gehanteerde verhoudingen zijn in onderstaande tabel opgenomen.

Locatie	Aandeel Primair slib (% van totale aanvoer in DS)	Aandeel Secundair slib (% van totale aanvoer in DS)
Bath	49	51
Enschede	42	58
Nieuwgraaf	51	49

Uit de combinatie van verschillen in afbreekbaarheid en verhouding tussen primair en secundair slib kan worden afgeleid dat de lagere afbraak rendementen die in Bath worden behaald vooral het gevolg zijn van een relatief slechte afbreekbaarheid van het slib. Voor Enschede en Nieuwgraaf zijn deze verschillen vrij klein. De reden dat Nieuwgraaf toch een hogere afbraak bij dezelfde verblijftijd laat zien in verhouding tot Enschede is het grotere aandeel primair slib. Bij Nieuwgraaf is het aandeel primair slib 51% tegenover 42% voor Enschede.

Met behulp van het model kan tevens worden nagegaan welke aanpassingen in het gedrag van de slibgisting noodzakelijk zijn om een bepaalde verbetering in de afbraak te realiseren.

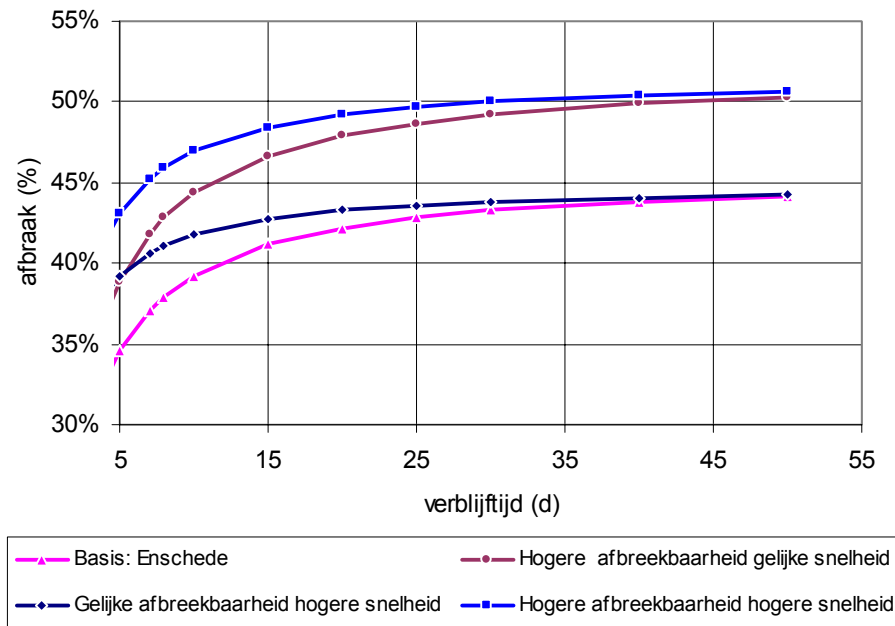
In onderstaande figuur is voor de karakteristiek zoals die voor de installatie in Enschede is vastgesteld nagegaan wat het effect is van het aanpassen van:

- de afbraaksnelheid;
- de mate van afbreekbaarheid van het secundaire slib en
- de combinatie van beide.

Voor de omvang van de aanpassingen is aangehouden dat een verbetering van de afbraak met 15% moet worden gerealiseerd, tenzij dit tot uitgangspunten leidt die niet meer als realistisch worden beschouwd. Dit leidt tot de patronen zoals weergegeven in Figuur 9-4.

FIGUUR 9-4

EFFECT VAN MODELVARIATIES OP DE BEREKENDE AFBRAAK VAN ORGANISCHE STOF



Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken;

- Met alleen een verhoging van de *snelheid* van de afbraak is geen extra winst in de orde-grootte van 15% te behalen. In het gebied tussen 10 en 15 dagen verblijftijd is de maximale verhoging 4-7%, boven de 30 dagen verblijftijd is er geen effect meer.
- Om een verbetering van 15% van de totale afbraak te realiseren is een toename van de maximale afbreekbaarheid noodzakelijk van het *secundaire* slib van 40% naar 50%, bij gelijkblijvende eigenschappen van het *primaire* slib. Deze verbetering doet zich dan over vrijwel het gehele bereik van verblijftijden voor (10-45 dagen).
- Met een combinatie van zowel hogere snelheid als een betere afbreekbaarheid kan met name bij kortere verblijftijden (<25 dagen) nog extra winst geboekt worden.

## 9.6 ENERGIE TOEVOER IN RELATIE TOT AFBRAAK

In de literatuurstudie was al onderkend dat de omvang van de energietoever aan het slib een belangrijke parameter is voor het realiseren van effecten door middel van slibdesintegratie. In het navolgende wordt ingegaan op de overeenkomsten en verschillen tussen de resultaten in het STOWA onderzoek en ervaringen elders.

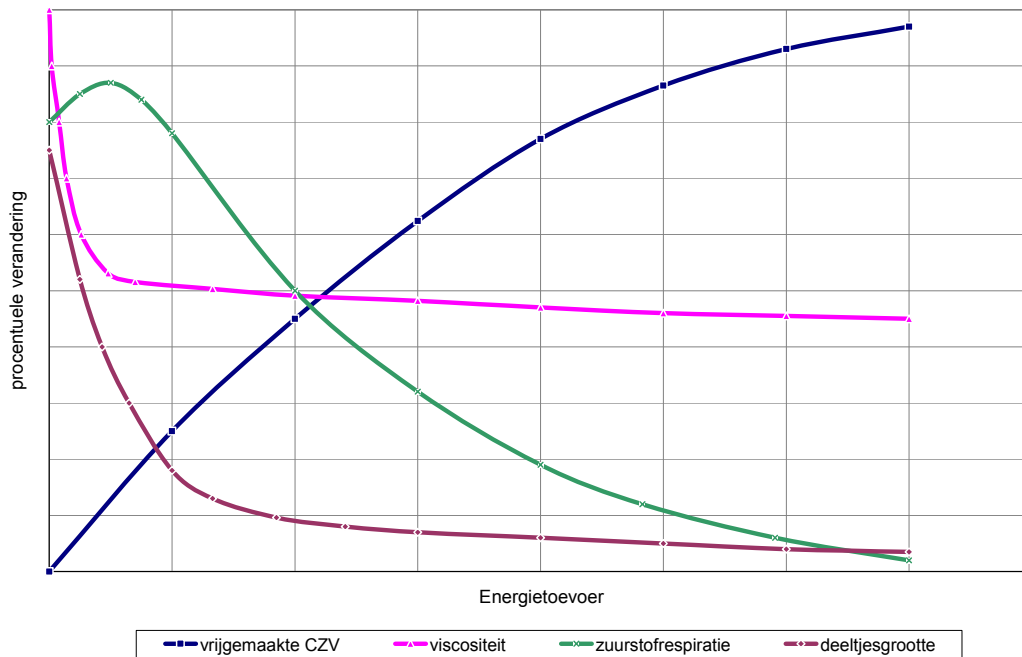
### 9.6.1 OP BASIS VAN LITERATUUR

De verbetering van de afbraak van zuiveringslib door desintegratie komt tot stand door de combinatie van een aantal effecten;

- grote slibvlokken worden afgebroken tot kleinere deeltjes;
- contactoppervlak van de deeltjes neemt toe;
- aanwezige cellen worden (deels) opengebrouwen;
- aanwezige enzymen worden gemobiliseerd en geactiveerd.

Deze effecten treden in bepaalde verhoudingen tot elkaar op afhankelijk van de toegevoerde energie. In Figuur 9-5 is op kwalitatieve wijze het verband met de energietoever weergegeven.

FIGUUR 9-5

VERLOOP EFFECTEN SLIBDESINTEGRATIE<sup>9</sup>

Zoals blijkt uit de curves in Figuur 9-5 ligt de nadruk bij lage energietoever op de verkleining van de deeltjesgrootte en de afname van de viscositeit. Opvallend is in dit gedeelte van de grafiek de toename van de respiratiesnelheid. Dit is een indicatie van de toename van de biologische activiteit, mogelijk als gevolg van het vrijmaken van enzymen. Bij verder toenemen van de energietoever neemt de respiratiesnelheid af, als gevolg van de toenemende afbraak van cellen hetgeen ook tot uitdrukking komt in de toename van vrijgemaakt CZV.

Tijdens het onderzoek is de energietoever op de verschillende locaties vastgesteld. Het daarbij behorende effect van de desintegratie is bepaald door de hoeveelheid vrijgekomen CZV te bepalen door de behandeling. Deze kan vervolgens vergeleken worden met de totale aanwe

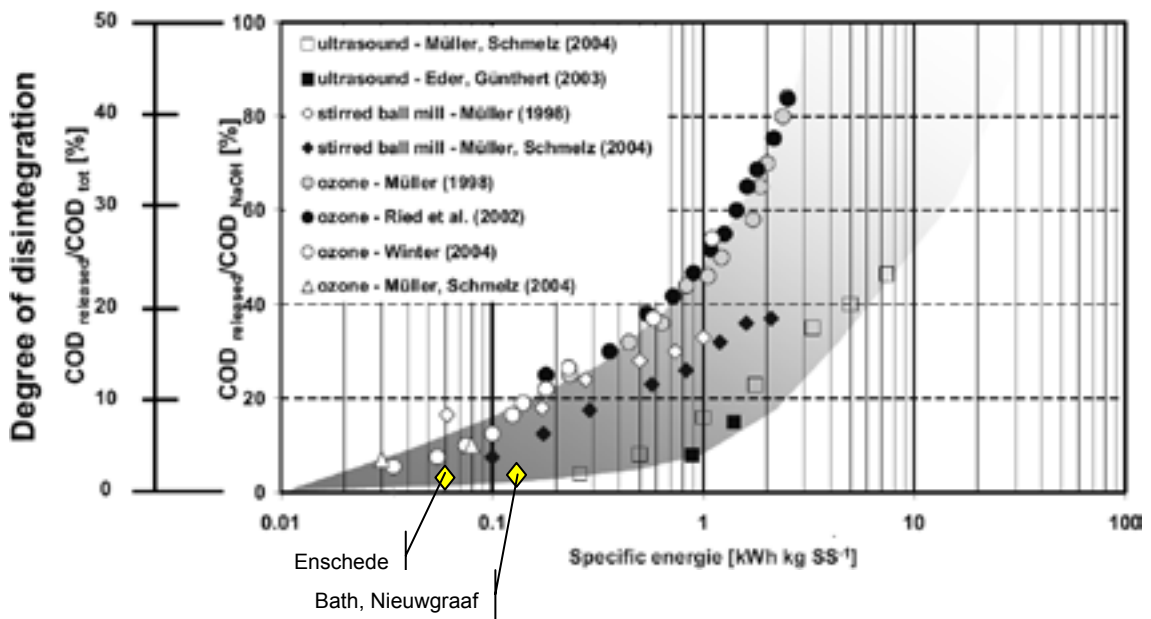
<sup>9</sup> Naar Johannes Müller et. al in 'Energiebilanz und Wirtschaftlichkeit der Schlamms desintegration', DWA Workshop november 2007, Osnabrück.



zige hoeveelheid CZV in het slib. Om aan te sluiten bij andere onderzoeksresultaten is tevens vergeleken met de maximale ontsluitingsgraad. Deze maximale ontsluitingsgraad wordt bepaald door het slib gedurende een bepaalde periode aan een natronloog oplossing bloot te stellen en vervolgens de vrijgekomen hoeveelheid CZV te meten. De CZV hoeveelheid die overeenkomt met de maximale ontsluitingsgraad is over het algemeen ongeveer een factor twee kleiner dan de totale CZV.

Het verband tussen de toegevoerde energie en de hoeveelheid vrijgemaakt CZV is voor een aantal desintegratietechnieken weergegeven in Figuur 9-6. Hierbij is een factor 2 verondersteld tussen de  $CZV_{tot}$  en de  $CZV_{NaOH}$ .

FIGUUR 9-6 VERBAND TUSSEN ONTSLUITINGSGRAAD EN ENERGIETOEVOER BIJ SLIBDESINTEGRATIE<sup>10</sup> PER KG DS BEHANDELD SECUNDAIR SLIB



Bij de omstandigheden binnen het onderzoek bedroeg de energietoevoer op Bath en Nieuwgraaf circa 0,12 kWh/kg DS voor het behandelde slib. De hoeveelheid CZV die op deze wijze werd vrijgemaakt bedroeg onder representatieve omstandigheden circa 1,5 % van de aanwezige  $CZV_{tot}$  in het behandelde slib. De gevonden waarden sluiten daarmee aan bij de waarden die in de grafiek voor ultrasound zijn opgenomen op de onderste lijn. In Enschede ligt de energietoevoer nog ongeveer een factor twee lager, maar de omvang van de ontsluiting was vergelijkbaar.

De waarde die op Bath en Nieuwgraaf is gerealiseerd is vergelijkbaar met de waarde die bij de experimenten in Zeist zijn gehanteerd. Bij de installatie op Land van Cuijk was sprake van een hogere energietoevoer, namelijk van 0,15 kWh/kg DS behandeld, terwijl op deze locatie tevens meespeelt dat er alleen secundair slib naar de gisting wordt afgevoerd. Betrokken op de totale hoeveelheid slib naar de gisting is de energietoevoer door de combinatie van deze twee effecten een factor 2-2,5 hoger dan in Bath en Nieuwgraaf.

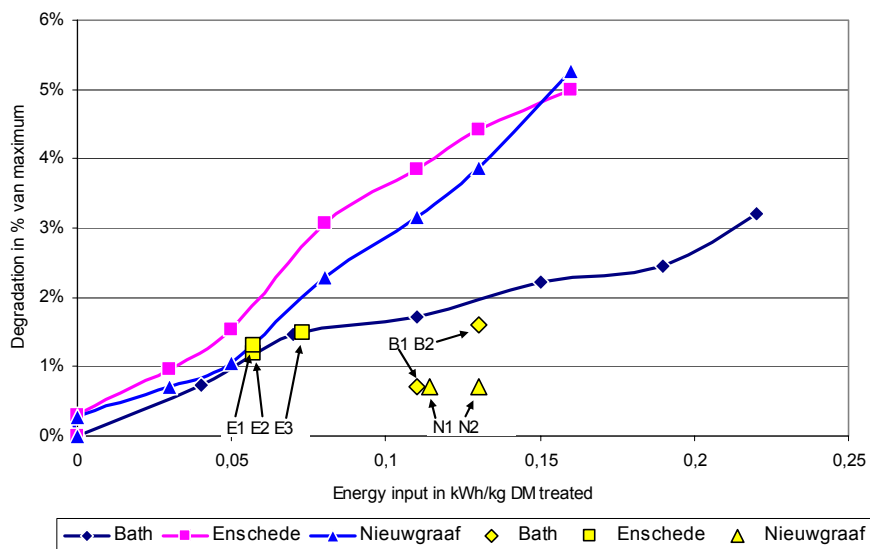
<sup>10</sup> Uit M. Böhrler en H. Siegrist, "Potential of active sludge disintegration" Conference proceedings\IWA Nutrient management in wastewater treatment processes and recycle streams Krakow september 2005

Bij een ontsluitingsgraad van 1,5% van de totale CZV was volgens de leveranciers sprake van een voldoende mate van ontsluiting. Deze hoeveelheid is echter zeer gering ten opzichte van de omzetting die normaal in de slibgisting plaatsvindt. Het is daarmee de vraag of een dergelijke kleine mate van ontsluiting verantwoordelijk kan zijn voor een structurele verbetering van de afbraak van organische stof.

Bij vergisting van slib wordt normaliter tussen de 40 en 45% van het aanwezige CZV omgezet in biogas. Bij een behandeling van 1/3 van de hoeveelheid secundair slib en een toevoer van primair slib naar de gisting die even groot is als de hoeveelheid secundair slib komt 1,5 % ontsluiting van de behandelde hoeveelheid overeen met 0,25% ontsluiting van de totale stroom naar de vergister. Afgezet tegen de geëiste absolute verbetering van de afbraak met circa 6% (=15% relatief) is duidelijk dat dit alleen bereikt kan worden als door middel van de vrijgemaakte materialen een aanzienlijke hefboomwerking ( $6\%/0,25\% = \text{factor } 24$ ) in de afbraak wordt bereikt.

In de voorbereiding op het onderzoek is door één leverancier ook onderzoek verricht naar het verband tussen ingebrachte energie en bereikte ontsluiting. De resultaten voor de onderzoekslocaties zijn in Figuur 9-7 weergegeven. Deze figuur kan beschouwd worden als een detail opname van het gebied linksonder in figuur Figuur 9-6.

FIGUUR 9-7 RESULTATEN ONDERZOEK DOOR VTA EN DE PRAKTIJKWAARDEN OP DE TESTLOCATIES



Legenda:

- B1: Bath, aug-dec 2006
- B2: Bath, feb-jun 2007
- E1: Enschede, okt, nov, dec 2007
- E2: Enschede, dec 2007, jan 2008
- E3: Enschede, dec 2005, jan, feb 2006
- N1: Nieuwgraaf, jan, feb, mrt 2007
- N2: Nieuwgraaf, okt, nov 2007

Uit Figuur 9-7 komt een markant verschil naar voren tussen de behandeling van het slib in Bath en op de locaties Enschede en Nieuwgraaf. Om vergelijkbare resultaten qua ontsluiting te krijgen dient er in Bath aanzienlijk meer energie toegevoerd te worden. Door de betreffende leverancier wordt dit verschil geweten aan het toepassen van flotatie als indikkingstechniek in Bath. In de eerste fase van de behandeling wordt energie verbruikt om de nog aanwezige luchtbelletjes in het slib uit te drijven.

Bij Enschede en Nieuwgraaf vertonen de curves een grote mate van overeenkomst. Hier is ook de volgorde in effecten enigszins zichtbaar. Tot een energietoevoer van 0,05 kWh/kg DS vertoont de lijn een duidelijk vlakkere helling dan daarna. Hieruit kan worden afgeleid dat er sprake kan zijn van een zekere drempelwaarde in energietoevoer voor slibdesintegratie voordat de effecten op de afbraak duidelijk zichtbaar worden. Door de leverancier VTA wordt hieraan de conclusie verbonden dat er minimaal een energietoevoer van 0,1 kWh/kg DS moet plaatsvinden om voldoende resultaat te bereiken. Wordt hieraan voldaan dan verwacht de leverancier een verbetering van de DS-afbraak van 17-20% <sup>11</sup>.

In Figuur 9-7 zijn de praktijkwaarden voor de installaties in verschillende perioden weergegeven. Hieruit blijkt dat voor alle installaties de gerealiseerde ontsluiting lager is dan op basis van de tests verwacht mocht worden. Bij Enschede blijft dit effect nog beperkt, maar met name bij Nieuwgraaf blijft het effect ondanks de uitbreiding van vijf naar tien sonotroden ver achter. Bij Bath is het effect van de revisie en uitbreiding van de sonotroden duidelijk zichtbaar.

Het beoordelen of een bepaalde energietoevoer toereikend is om een bepaalde verbetering in de afbraak te bewerkstelligen is aan allerlei beperkingen onderhevig. Naast de bovengenoemde wijze van indikking en de PE-dosering, is het op basis van literatuur en leveranciersinformatie aannemelijk dat het effect van slibdesintegratie afneemt bij een langere slibverblijftijd in de beluchtingstank en bij een hogere verblijftijd in de gistingstank.

In het voorgaande is aangegeven dat met de in dit onderzoek gebruikte lage energie toevoer er sprake moet zijn van een aanzienlijke hefboomwerking om het gewenste effect te realiseren.

Van de eerdergenoemde effecten lijkt alleen het katalytische effect van vrijgemaakte enzymen mogelijk in staat om een dergelijke hefboomwerking te realiseren. Er zijn resultaten bekend van goed gedocumenteerde proeven met het toevoegen van enzymen, waarbij toenames van de gasproductie tussen de 10 en 20% zijn geconstateerd. In het onderhavige onderzoek zijn geen specifieke analyses uitgevoerd om verschillen in activiteit van enzymen te kunnen vaststellen.

Om de benodigde hefboomwerking te beperken lijkt een vergroting van de energietoevoer een voor de hand liggende optie. Hier kleven echter ook een aantal structurele bezwaren aan:

- Door de extra energietoevoer wordt al snel het punt bereikt dat er geen sprake meer is van extra energie productie via het biogas, maar van een netto energiebehoefte.
- Om de extra energietoevoer te realiseren moeten de bijbehorende installaties sterk in omvang worden uitgebreid. Dit betekent een evenredige verhoging van de investeringskosten in de installatie, maar ook van de onderhoudskosten en kosten voor vervanging van slijtdelen.
- Bij de desintegratie treedt verkleining van de deeltjesgrootte op. Ondermeer op basis van de ervaringen in Enschede is gebleken dat dit niet onbegrensd kan worden opgevoerd in verband met het risico van schuimvorming in de vergisters. Dit aspect is een van de redenen voor het behandelen van een deelstroom van het secundaire slib. Een secundair effect van meer kleine deeltjes in het slib is dat de eindontwatering van het slib naar verwachting negatief beïnvloedt wordt met betrekking tot ontwateringsgraad en/of vlokmiddelbehoefte.

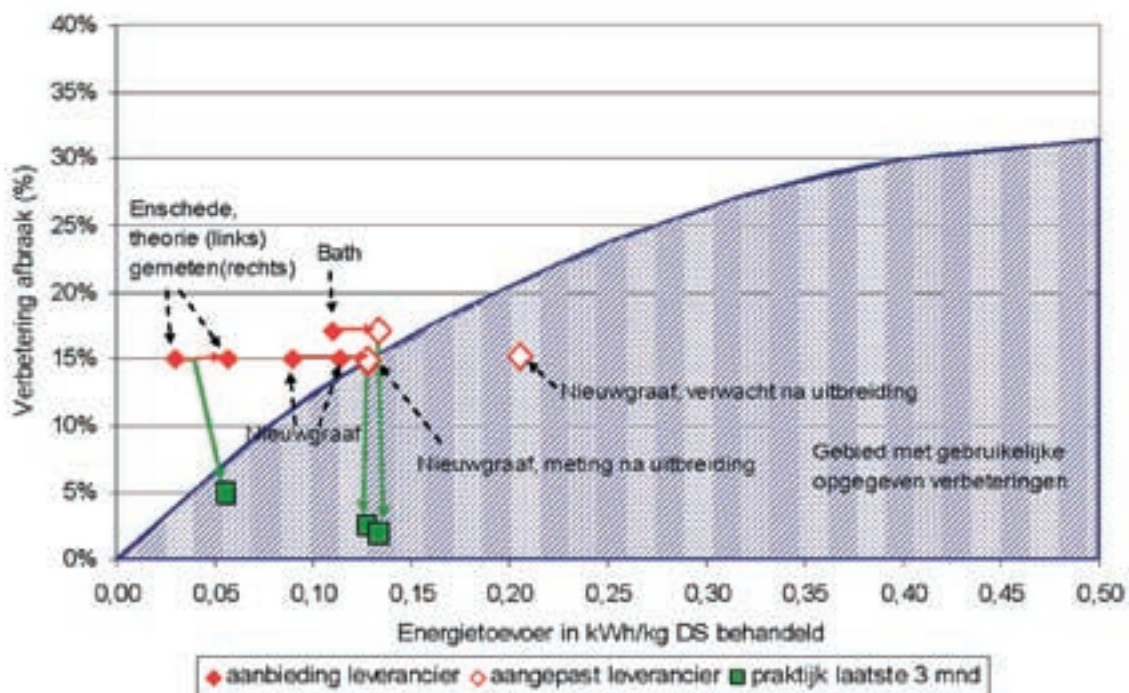
<sup>11</sup> De leverancier VTA neemt niet deel aan het onderzoek. Door verschillen in opzet van de slibdesintegratie installaties en de mate van behandeling van het slib tussen verschillende leveranciers geldt dat de minimale energietoevoer van 0,1 kWh/kg DS niet per definitie door te vertalen is naar de in het onderzoek gebruikte installaties.

De toegepaste energietoever door de slibdesintegratie installaties binnen het STOWA project is bepaald door de betreffende leveranciers. Voor het STOWA onderzoek moesten de verschillende leveranciers voor elke locatie een concurrerende offerte indienen voor een installatie die een verbetering van de afbraak met 15% zou kunnen bewerkstelligen. De keuze tussen de leveranciers is vervolgens per locatie door het betreffende waterschap gedaan op basis van de economisch meest aantrekkelijke aanbieding. De omvang van de benodigde energietoever heeft sterke invloed op zowel de investeringskosten als de operationele kosten van een installatie. Voor de leveranciers was het dus belangrijk om een installatie aan te bieden die met de minimale energietoever kon voldoen aan de gestelde eisen. Het lijkt dat hierbij te optimistische uitgangspunten zijn gehanteerd. Binnen de looptijd van het onderzoek zijn hiervoor op de onderzoekslocaties nog verder optimalisaties doorgevoerd, maar deze waren niet toereikend om alsnog aan de gestelde eisen te voldoen.

### 9.6.2 LITERATUUR IN COMBINATIE MET PRAKTIJK

Door de voorzitter van de Duitse ATV-Arbeitsgruppe Klärschlamm-desintegration, de heer Johannes Müller, is ondanks alle beperkingen een poging gedaan de beschikbare resultaten samen te vatten<sup>12</sup>. In Figuur 9-8 is dit verband weergegeven in combinatie met de werkpunten van de in het onderzoek toegepaste installaties.

FIGUUR 9-8 VERBAND TUSSEN ENERGIETOEVER (IN KWH PER KG DS BEHANDELD) EN VERBETERING AFBRAAK (NAAR MÜLLER). HIERBIJ ZIJN DE DICHTE RODE RUITJES DE GEREALISEERDE ENERGIETOEVER EN DE OPEN RODE RUITJES (◊) DE VERWACHTE ENERGIETOEVER NA UITBREIDING VAN EN/ OF VERBETERING AAN DE SLIBDESINTEGRATIE INSTALLATIE. DE VERWACHTING MET BETREKKING TOT DE VERBETERING VAN DE AFBRAAK (ALS GARANTIE) ZIJN NIET AANGEPAST



In Figuur 9-8 is het gebied dat rechts onder de getrokken lijn ligt, het gebied waar de meeste van de opgegeven waarden in de data van Müller zijn onder te brengen. Voor alle drie de locaties binnen het onderzoek geldt dat de door de leveranciers opgegeven werkpunten van de installaties in combinatie met de (gegarandeerde) verbetering van de afbraak zich links van

<sup>12</sup> Lit: Schmelz, K.-G., Müller, J., "Klärschlamm-desintegration zur Verbesserung der Faulung - Ergebnisse großtechnischer Parallelversuche", KA-Abwasser, Abfall 2004 (51) Nr. 6, pagina 632 t/m 642.

het gebied met gebruikelijke waarden bevinden (rode dichte ruitjes in de figuur). In de figuur zijn met de open ruitjes tevens de punten aangegeven die na aanpassing van de installaties of de bedrijfsvoering van toepassing zouden zijn als de gegarandeerde verbetering gehaald wordt. Het betreft dan een horizontale verschuiving naar rechts, waarbij het nieuwe werkpunt voor Nieuwgraaf in het gebied met de gebruikelijke waarden terechtkomt. De werkelijk gemeten waarde van de energie input op Nieuwgraaf is echter lager en valt buiten het gebied.

In de figuur zijn ook de bereikte resultaten in de laatste drie maanden van de proeven opgenomen. Deze punten liggen allemaal ruimschoots binnen het gebied met gerapporteerde resultaten. Dit is voor alle installaties een direct gevolg van het feit dat de werkelijke verbetering van de afbraak veel lager uitvalt dan door de leverancier opgegeven.

Het gearceerde gebied in de figuur moet overigens niet als een indicatie worden beschouwd van de theoretisch maximaal haalbare verbetering bij een bepaalde energietoevoer. Het enige feit dat aan de ligging van de scheidingslijn ten grondslag ligt is dat er een bepaald resultaat is gerapporteerd. De realiteitswaarde van de opgenomen waarden, het type RWZI of het type technologie dat daarbij is toegepast is niet inzichtelijk.

### 9.6.3 MOGELIJKE INVLOED VAN ANDERE FACTOREN

Naast de directe invloed van de behandeling zijn er ook andere factoren aan te wijzen die invloed hebben op de afbreekbaarheid van zuiveringsslib in een gistinginstallatie. Enkele daarvan worden indirect door het toepassen van slibdesintegratie beïnvloed.

Een belangrijke parameter die op de afbreekbaarheid van invloed is, is de slibleeftijd die in het aerobe deel van de rwzi van toepassing is. Bij lage slibleeftijden, zoals bij het slib uit de eerste trap bij toepassing van een A-B-systeem is de afbreekbaarheid duidelijk hoger dan bij secundair slib uit een ultra laag belast actief slib systeem. Het effect van een slechtere afbreekbaarheid van het slib komt ook naar voren bij modelberekeningen aan de slibhuishouding van een RWZI. Bij langere verblijftijden neemt niet alleen de slibhoeveelheid af, maar ook de biologische afbreekbaarheid. Van een aantal Duitse installaties waar slibdesintegratie wordt toegepast en waar positieve effecten worden gerapporteerd ligt de slibleeftijd in het bereik van 10-15 dagen. Dit is beduidend korter dan de slibleeftijden die bij de installaties in het STOWA onderzoek aan de orde zijn. Hier ligt de slibleeftijd in het bereik van 20-25 dagen.

Slibdesintegratie heeft invloed op de viscositeit van het behandelde slib. Indirect zou via het verbeteren van de menging van de installaties slibdesintegratie zo kunnen bijdragen aan een verbeterde afbraak. In het voorgaande is aan de hand van de ontsluiting van het slib al aangegeven dat de bijdrage van de behandeling door slibdesintegratie op de totale slibstroom naar de gisting vrij beperkt is. Het relatieve effect op de viscositeit is weliswaar groter dan op de ontsluiting, maar toch lijkt het niet aannemelijk dat met het behandelen van een deelstroom een duidelijke verbetering van de menging tot stand gebracht kan worden. Verder is het ook niet duidelijk in hoeverre de menging op dit moment een beperkende factor is voor de afbraak.

Bij de locaties die aan het STOWA onderzoek hebben bijgedragen is overal sprake van menging door middel van gasinblazing. In dit opzicht wijken de installaties niet structureel af van Duitse installaties met slibdesintegratie, ook hierbij is gasinblazing een veel toegepast systeem.

## 9.7 SCHUIMVORMING

Op Bath en Enschede is ondanks de toepassing van slibdesintegratie tijdens de onderzoeksperiode sprake geweest van schuimvorming. Het optreden van schuimvorming wordt vrij algemeen aan de aanwezigheid van (te) grote fractie draadvormige bacteriën in het secundaire slib geweten. Ook andere factoren spelen hierbij echter een rol zoals ondermeer de vormgeving van de gistingstank, de wijze van menging en de wijze van drijfslagverwerking uit voorbezinktanks.

Naast allerlei operationele problemen die het gevolg kunnen zijn van schuimvorming, kan dit ook een negatief effect hebben op de afbraak. Met name in combinatie met menging door middel van gasinblazing en een afvoer van uitgegist slib aan de bovenzijde van de tank kan schuimvorming leiden tot versneld afvoeren van inkomend vers materiaal. Door de bij aanvang hoge gasproductie kan dit zich ophopen aan de bovenzijde van de tank en vandaar met het schuim versneld worden afgevoerd.

Voor het bestrijden van schuimvorming door middel van slibdesintegratie wordt evenals bij de te realiseren afbraak een belangrijke rol toegekend aan de intensiteit van de behandeling. Bij onvoldoende intensiteit bestaat de mogelijkheid dat de draadvormige bacteriën weliswaar worden verkleind, maar dat daarmee de floterende eigenschappen nog niet voldoende worden beperkt. In ongunstige omstandigheden zou op deze wijze zelfs een versterkend effect op schuimvorming kunnen optreden. In voorkomende gevallen verdient het aanbeveling dit aspect vooraf te onderzoeken en ook het effect van de behandeling via microscopische analyses en bepaling van de deeltjesgrootteverdeling vast te stellen.

Bij de proeven in Enschede is gebleken dat de verkleining van de deeltjesgrootte die door de desintegratie wordt gerealiseerd, terug te vinden is een gewijzigde deeltjesgrootteverdeling in het uitgegiste slib. Ondanks het feit dat er een deelstroom van het ingaande slib wordt behandeld, neemt het aandeel kleine deeltjes in het slib duidelijk toe. Als dit aandeel te groot wordt, kan het risico van schuimvorming toenemen in plaats van afnemen, zoals met de behandeling wordt beoogd. In Enschede is dit gemonitord door de schuimpotentie van het slib regelmatig te meten, door het inblazen van lucht in een slibmonster. Uit deze monitoring bleek overigens dat met name in een periode met verhoogde toevoer van extern slib de schuimpotentie in korte tijd sterk was toegenomen. Aangezien deze stroom niet wordt behandeld met de slibdesintegratie, kan op deze manier nog steeds de mogelijkheid van schuimvorming ontstaan.

## 9.8 ECONOMISCHE BEOORDELING

In het voorgaand is vastgesteld dat de bereikte verbetering van de afbraak sterk achterblijft bij de oorspronkelijke verwachting. Dit heeft natuurlijk ook gevolgen voor de economische haalbaarheid van het toepassen van slibdesintegratie.

Bij het beoordelen van de economische haalbaarheid zijn een aantal effecten van belang.

- Door afbraak van organische stof hoeft er minder materiaal, uitgedrukt in tonnen droge stof te worden aangeboden voor eindverwerking, hierdoor ontstaat een besparing.
- Indien de ontwaterbaarheid van het slib verbeterd kan een verdere reductie van de hoeveelheid ontwaterd slib voor eindverwerking worden gerealiseerd.
- De afgebroken organische stof komt in de vorm van biogas beschikbaar, waarmee extra elektriciteit kan worden opgewekt.

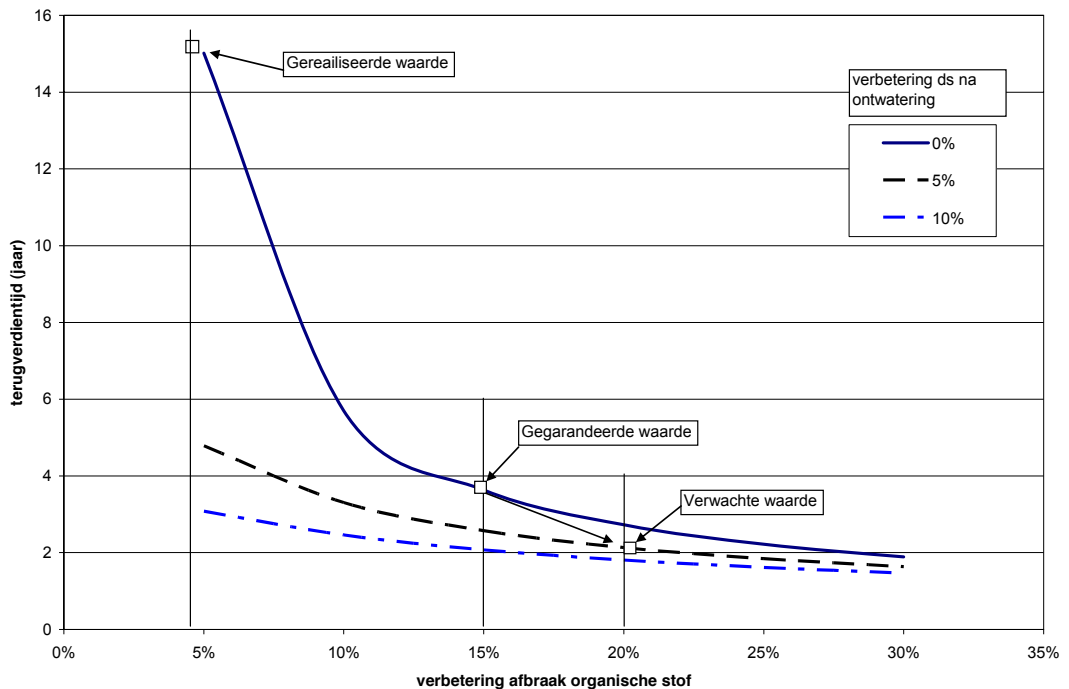
- Door beperking van de hoeveelheid droge stof voor ontwatering kan een besparing gerealiseerd worden op het elektriciteitsverbruik en het gebruik van vlokmiddel voor de ontwatering. Bij dit laatste speelt mee in hoeverre met een aangepaste dosering kan worden gewerkt.
- Door extra afbraak kan ook een hogere retourbelasting naar de RWZI ontstaan, met als gevolg extra energieverbruik voor de beluchting.
- Voor het bedienen van de desintegratie zijn kosten van belang voor energie, onderhoud, bediening en vervanging van slijtdelen.

Rekening houdend met deze aspecten kan de haalbaarheid van de slibdesintegratie beoordeeld worden. In onderstaande figuur is het verband tussen de terugverdientijd en de bereikte verbetering van de organische afbraak weergegeven voor de omstandigheden zoals die op de locatie Enschede van toepassing zijn. Relevante kostenparameters zijn ondermeer:

- tarief voor eindverwerking is € 77,- per ton ontwaterd slib;
- vlokmiddeldosering is 6 kg PE/kg DS en wordt niet beïnvloed door behandeling;
- elektriciteitsprijs is 8,5 ct/kWh;
- de biogasopbrengst bedraagt 900 m<sup>3</sup>/ton OS verwijderd met een elektriciteitsopbrengst van 2 kWh per m<sup>3</sup> biogas.

In Figuur 9-9 is verder aangegeven wat het effect zou zijn van een verbetering van het ontwateringsgedrag van het slib.

FIGUUR 9-9 VERBAND TUSSEN TERUGVERDIENTIJD EN VERBETERING VAN DE ORGANISCHE STOFABRAAK VOOR DE SITUATIE OP DE RWZI ENSCHEDE



Uit het verband dat in de figuur wordt weergegeven blijkt duidelijk de sterk negatieve invloed op de haalbaarheid van slibdesintegratie bij het achterblijven van de verbetering van de organische stof afbraak. Met de gerealiseerde waarde voor de afbraak van organische stof en het effect op ontwateringsgedrag is geen economisch rendabele inzet mogelijk.

De figuur laat ook zien dat als er wel een verbetering van het ontwateringsgedrag optreedt er toch een economische haalbare situatie kan ontstaan ondanks beperkte verbeteringen van de afbraak. Deze conclusie is locatie specifiek want ze is sterk afhankelijk van de condities die bij de berekening van de eindverwerkingskosten van toepassing zijn. Voor de locatie Enschede geldt dat deze rechtvaardig zijn met de af te voeren hoeveelheid ontwaterd slib.

## 9.9 RESUMÉ

Aandachtspunten:

- Voorzichtigheid is geboden bij het beoordelen van de resultaten van de slibgisting over korte periodes. De ervaring uit het onderzoek is dat een periode van minimaal één maand benodigd is om een beoordeling van de organische stofafbraak te maken. Geadviseerd wordt om een langere periode van twee maanden te gebruiken.
- De verblijftijd in de gisting en de slibleeftijd in de beluchting zijn aan veranderingen onderhevig. Hoewel niet in het onderzoek is aangetoond, is het op basis van literatuur en leveranciersinformatie aannemelijk dat het effect van slibdesintegratie afneemt bij een langere slibleeftijd in de beluchtingstank en bij een hogere verblijftijd in de gistingstank. Aanbevolen wordt dit nader te onderzoeken. Het effect van langere verblijftijden kan in Enschede een rol hebben gespeeld met verblijftijden van rond de 35 dagen. Voor Bath met verblijftijden rond 25 dagen speelt dit aspect minder en voor Nieuwgraaf met verblijftijden van rond de 16 dagen is het niet aan de orde.
- Bij de in dit onderzoek toegepaste desintegratie methoden is sprake van slechts een beperkte ontsluiting van het behandelde slib. De hiervoor gevonden waarden sluiten goed aan bij literatuurwaarden. De mate van ontsluiting bedraagt echter slechts 0,25% van de totale CZV toevoer in de vorm van slib naar de vergisting. Dit staat in schril contrast met de gangbare afbraak van 40-45 % van de CZV die in de gisting plaatsvindt. Zelfs in relatie tot de verwachte verbetering van de afbraak met 6% zou er sprake moeten zijn van een hefboomwerking met een factor 24.
- Een directe relatie tussen de vrijgemaakte CZV bij behandeling en het effect van de behandeling is niet aan te geven. Door het optreden van katalytische effecten als gevolg van vrijgemaakte enzymen kan een groter effect optreden dan het vrijmaken van CZV door de slibdesintegratie behandeling. Gelet op de gerealiseerde resultaten is dit effect echter niet groot genoeg om de verwachte effecten te realiseren.
- Het aantonen van een significante verbetering van de organische stofafbraak met minder dan 10% is met de gevolgde werkwijze niet mogelijk. De oorzaak hiervan is gelegen in de frequentie van de monsternames en analyses en de nauwkeurigheid van de analyses. Ook als de frequentie hoger gekozen wordt dan in dit onderzoek zijn er op dit vlak beperkingen die ontstaan door de voortdurende variatie in samenstelling van de verschillende slibsoorten. Deze variatie ontstaat deels door de bedrijfsvoering van de RWZI, maar wordt ook door externe factoren zoals neerslag, seizoensinvloeden e.d. bepaald.



- Bij de gevonden effecten van slibdesintegratie is met de toegepaste methoden geen economisch verantwoorde inzet mogelijk. De terugverdiertijden voor de investering liggen in de orde van minimaal 15 jaar. Naar verwachting treedt hierin geen verbetering op door het toepassen van een installatie met een hogere specifieke energietoevoer aan het slib. Een dergelijke installatie brengt naast hogere operationele kosten in de vorm van energieverbruik en slijtage ook aanzienlijk hogere investeringen met zich mee. Met name bij toepassing van ultrasone technologie zullen de investering en onderhoudskosten min of meer evenredig toenemen met het energieverbruik van de installatie.

# 10

## CONCLUSIES, AANBEVELINGEN EN LEERPUNTEN

### 10.1 CONCLUSIES

Onderstaande conclusies zijn gebaseerd op de ervaringen met slibdesintegratie op RWZI's Bath, Enschede en Nieuwgraaf. De specifieke omstandigheden op deze installaties kunnen van invloed zijn op de conclusies.

- Het gebruik van massa- en CZV-balansen, samen met het intensieve bemonsterings- en analyseprogramma en de optredende fluctuaties in slibsamenstelling en -productie, heeft geleid tot een redelijke betrouwbaarheid van de gepresenteerde resultaten. Bij beperkte veranderingen (relatief verschil in organische stofafbraak kleiner dan 10%) is het effect niet hard aan te tonen op basis van een massa- of CZV-balans.
- Het bereiken van de gegarandeerde verbetering in organische stofafbraak is niet aangetoond. De relatieve verbetering van de organische stofafbraak op basis van een massabalans over de gisting is tussen -0,6 en +0,6%, -1,4 en 5,1% en -3,7 en 3,5% voor respectievelijk Bath, Enschede en Nieuwgraaf over de laatste drie maanden van de beschreven resultaten. Deze percentages vallen binnen de onbetrouwbaarheidsmarge en kunnen niet als significant worden beschouwd.
- Het effect op het ontwateringsgedrag is afwezig tot marginaal. Bij een groter effect op de afbraak is het effect op de ontwatering naar verwachting ook duidelijker.
- Op grond van dit onderzoek kan voor de beschouwde uitvoeringsvormen worden gesteld dat een economisch rendabele toepassing van slibdesintegratie niet haalbaar lijkt. Deze conclusie is naar verwachting ook van toepassing op installaties die van dezelfde principes gebruik maken en met vergelijkbare energietoevoer werken.
- Schuimvorming kan door toepassing van slibdesintegratie niet in alle gevallen worden voorkomen. Er zijn indicaties dat vooral bij de behandeling van een relatief grote deelstroom met een relatief lage intensiteit een verhoging van de kans op schuimvorming kan optreden. Met behulp van regelmatige schuimpotentie metingen kan de kans op schuimvorming worden gemonitord.
- Het directe effect van de slibdesintegratie-installaties is aantoonbaar in de vorm van vrijgekomen opgelost CZV (ontsluiting) door de behandeling. Onder de onderzochte omstandigheden is de hoeveelheid vrijgemaakte CZV echter erg klein ten opzichte van de gewenste extra afbraak van CZV. Bij een verhoging van de absolute afbraak met 6% (15% relatief) is de vrijgemaakte hoeveelheid CZV meer dan een factor 20 kleiner dan de

extra afbraak. Voor het effect op de afbraak spelen andere factoren mede een rol zoals de hiervoor genoemde enzym-reacties.

- De energietoevoer door de drie slibdesintegratie-installaties in combinatie met de garantiewaarden voor de verbetering van de organische stofafbraak is laag in vergelijking met literatuurwaarden. Dit heeft tot gevolg dat er een groot verschil ontstaat tussen de mate van ontsluiting die wordt gerealiseerd en de omvang van de te realiseren verbetering in afbraak. Door het optreden van katalytische reacties met behulp van vrijgemaakte enzymen zou dit verschil mogelijk overbrugd kunnen worden, maar dit treedt blijkbaar bij de onderzochte omstandigheden in onvoldoende mate op.
- De retourbelasting vanuit de ontwatering is niet toegenomen door slibdesintegratie. Met het uitblijven van de verbeterde afbraak is dit ook niet te verwachten.
- Praktische problemen met het bedienen van de installaties zijn beperkt gebleven tot enkele storingen die snel opgelost zijn. Bij onderzoek in parallel bedrijf blijft een punt van aandacht het goed afstemmen van de besturing/aansturing van de slibdesintegratie-installatie in combinatie met de voeding van de gistingstanks om de beoogde bedrijfsvoering te realiseren.
- Parallelbedrijf van twee gistingstanks, waarvan één met slibdesintegratie en één als referentie is een belangrijke randvoorwaarde gebleken om resultaten objectief te kunnen bepalen.
- Op basis van literatuur en leveranciersinformatie en modelberekeningen lijkt het aannemelijk dat het effect van slibdesintegratie afneemt bij een langere verblijftijd in de gistingstank. Het effect van langere verblijftijden kan in Enschede een rol hebben gespeeld met verblijftijden van rond de 35 dagen. Voor Bath met verblijftijden rond 25 dagen speelt dit aspect minder en voor Nieuwgraaf met verblijftijden van rond de 16 dagen is het niet aan de orde.
- Aan de hand van de uitgevoerde modelberekeningen zijn een aantal specifieke conclusies te trekken:
  - De verhouding tussen de hoeveelheid primair en secundair slib in de voeding van de vergisting heeft een grote invloed op de te realiseren afbraak;
  - Met alleen een verhoging van de snelheid van de afbraak is geen extra winst in de ordegrootte van 15% te behalen. In het gebied tussen 10 en 15 dagen verblijftijd is de maximale verhoging 4-7%, boven de 30 dagen verblijftijd is er geen effect meer.
  - Om een verbetering van 15% van de totale afbraak te realiseren is een toename van de maximale afbreekbaarheid noodzakelijk van het secundaire slib van 40% naar 50%, bij gelijkblijvende eigenschappen van het primaire slib. Deze verbetering doet zich dan over vrijwel het gehele bereik van verblijftijden voor (10-45 dagen);
  - Met een combinatie van zowel hogere snelheid als een betere afbreekbaarheid kan met name bij kortere verblijftijden (<25 dagen) nog extra winst geboekt worden.
  - Met een ontsluiting van <1% van het aangevoerde slib lijkt een verbetering van de afbreekbaarheid met meer dan 15% niet aannemelijk.

- Het gebruik van modelberekeningen heeft een duidelijke toegevoegde waarde geleverd:
  - De modellering maakt effecten van variaties in debiet, DS en verhouding primair/secundair slib op de totale afbraak inzichtelijk;
  - Het model maakt simulatie mogelijk van procesomstandigheden die in de praktijk ongewenst zijn of moeilijk haalbaar, zoals verdunning van stromen of korte verblijftijden;
  - Het effect van geleidelijke variatie van DS en OS van het uitgegiste slib wordt zichtbaar ten gevolge van de fluctuaties in de invoer. Dit maakt een betere procescontrole mogelijk en tevens een betere beoordeling van de representativiteit van meetresultaten.
- Op RWZI Bath is de opzet van de gashuishouding aangepast om een separate meting van de gasproductie per reactor mogelijk te maken. Rekening houdend met de resultaten in de periode na het in bedrijf zijn van de slibdesintegratie voor het bepalen van de referentiesituatie is er sprake geweest van een tijdelijke verbetering van 20% van de biogasproductie.
- Op de RWZI Enschede was bij aanvang van het onderzoek zowel de specifieke biogasproductie ten opzichte van organische stof als CZV laag, waardoor het aannemelijk is dat de gasproductie wordt onderschat. Dit is zowel in de historische waarden als in de eerste periode van de demonstratie het geval. In september 2007 is een gaslekkage in een van de gistingstanks verholpen. Vanaf september 2007 zijn de specifieke gasproducties in de verwachte orde van grootte. Op RWZI Nieuwgraaf is het omgekeerde aan de orde, hier is sprake van een mogelijke overschatting van de specifieke gasproductie. Op RWZI Bath zijn de specifieke gasproducties in de verwachte orde van grootte.
- In een aantal, ook recente, publicaties komen hogere afbraakpercentages naar voren dan binnen dit onderzoek zijn aangetoond. Een directe vergelijking wordt bemoeilijkt omdat in veel gevallen niet alle relevante parameters zijn vermeld, zoals variaties in de tijd van de belasting van de gistinginstallatie of van de samenstelling van het toegevoerde slib. Andere factoren die tevens een rol spelen zijn ondermeer de menging en de temperatuur in de gistingstank, de slibleeftijd en de slibbelasting in het aerobe deel van de RWZI, wijze van defosfatering en gebruik van chemicaliën om H<sub>2</sub>S vorming in de gistingstank te beperken.

## 10.2 AANBEVELINGEN

- Tenzij zich grensverleggende nieuwe ontwikkelingen voordoen lijkt een verdere implementatie van de hier onderzochte technologie voor de Nederlandse situatie niet aan te bevelen
- Voorzichtigheid is geboden bij het beoordelen van de resultaten van de slibgisting over korte perioden. De ervaring uit het onderzoek is dat een periode van minimaal één maand benodigd is om een beoordeling van de organische stofafbraak te maken. Geadviseerd wordt om een langere periode van twee maanden te gebruiken.
- De verblijftijd in de gisting en de slibleeftijd in de beluchting is aan veranderingen onderhevig. Hoewel niet in het onderzoek aangetoond, is het op basis van literatuur en leveranciersinformatie aannemelijk dat het effect van slibdesintegratie afneemt bij een langere slibverblijftijd in de beluchtingstank en bij een hogere verblijftijd in de gistingstank. Aanbevolen wordt dit nader te onderzoeken.

- De gekozen aanpak met parallelle lijnen en intensief meetprogramma heeft zich tijdens de uitvoering van het onderzoek bewezen. Voor vervolgonderzoeken ook op andere onderwerpen verdient deze aanpak de voorkeur.

### 10.3 LEERPUNTEN UIT HET UITGEVOERDE ONDERZOEK

#### 10.3.1 ALGEMEEN

Uit de ervaringen met de uitvoering van het STOWA onderzoek naar slibdesintegratie kan een aantal algemene leerpunten worden geformuleerd:

- Voor langlopend onderzoek is het belangrijk om vooraf de prioriteit van het onderzoek ten opzichte van de bedrijfsvoering vast te stellen. Hierbij is het belangrijk om vooraf te anticiperen op mogelijke verstoringen die kunnen optreden en hoe hiermee het beste omgegaan kan worden. Belangrijk is te onderkennen dat er omstandigheden kunnen zijn die voor de bedrijfsvoering een hogere prioriteit hebben dan de voortgang van het onderzoek, zoals het bestrijden van schuimvorming.
- In het verlengde van het bovenstaande is het dus belangrijk om het bedrijfsvoerende personeel en de leveranciers al goed bij de voorbereidingen van de proef te betrekken om optimale ondersteuning tijdens de uitvoering te krijgen.
- In de planning van de activiteiten moet voldoende ruimte zijn om onderbrekingen op te vangen.
- De benodigde nauwkeurigheid en frequentie van monsternames en analyses dienen vooraf vastgesteld te worden. Het onderzoek dient pas ingezet te worden als duidelijk is dat het noodzakelijke niveau ook praktisch haalbaar is.
- Van eenmaal vastgestelde uitgangspunten dient tijdens het onderzoek niet te worden afgeweken. Is hier toch aanleiding voor, dan moet de gehele onderzoeksopzet opnieuw tegen het licht worden gehouden.

#### 10.3.2 POSITIE VAN LEVERANCIERS

In dit STOWA onderzoek zijn voor de uitvoering concurrerende offertes bij een aantal leveranciers aangevraagd, dit leidt tot een aantal specifieke aandachtspunten:

- Bij nieuwe veelbelovende technieken is het belangrijk kritisch te blijven met betrekking tot de resultaten. Enkele positieve referenties geven geen garantie voor een goed resultaat onder andere omstandigheden.
- Bij het beoordelen van het effect van een behandeling is het controleren van de leveranciersopgave van groot belang. Hierbij speelt ondermeer mee:
  - Wat is de achtergrond van het geclaimde effect van de behandeling, is er een goede theoretische verklaring beschikbaar;
  - Kan het geclaimde effect op de beoogde installatie aangetoond worden en wat zijn de randvoorwaarden waaraan dan voldaan moet worden, zowel voor het functioneren van de installatie als voor de verificatie;
  - Is voor alle relevante parameters voldoende betrouwbare informatie beschikbaar (te maken).

- Voor een goede afhandeling van de afspraken met de leverancier zijn verifieerbare procesgaranties cruciaal.
- De omstandigheden waarbinnen de procesgaranties van toepassing zijn moeten van tevoren goed worden vastgelegd. Hierbij is het van belang om een range aan te geven voor de verschillende parameters en niet een enkel vast punt.
- Bij onderzoek aan nieuwe technologieën is het selectiecriteria 'meest economische aanbieder' mogelijk een belemmering voor een goede uitvoering van het onderzoek en een goede ontwikkeling van de technologie.

#### **10.4 AFRONDING**

Op alle drie proeflocaties zijn de proeven met de slibdesintegratie-installaties inmiddels afgerond.



## BIJLAGE 1

# LOCATIEKEUZE

## SAMENVATTING

Voor het onderzoeksproject slibdesintegratie met cavitatie van STOWA zijn 18 locaties door tien verschillende waterbeheerders opgegeven. In deze notitie zijn uit deze aanmeldingen drie installaties geselecteerd aan de hand van gedefinieerde selectiecriteria.

### Selectiecriteria

Voor de optimale locatie voor het onderzoek van slibdesintegratie geldt dat:

- De zuivering representatief is voor de slibverwerking via vergisting in Nederland;
- De configuratie van de sliblijn de mogelijkheid biedt tot het behandelen van een deel van slib en het afzonderlijk vergisten van de twee stromen;
- De aanwezige meetvoorzieningen voldoende volledige informatie verschaffen over de afzonderlijke slibstromen;
- De registratie en verwerking van meetgegevens geautomatiseerd is en databestanden digitaal beschikbaar zijn;
- De netto kosten voor uitvoering van de demonstratie zo laag mogelijk zijn;
- Het waterschap zich kan confirmeren aan de planning van het demonstratieproject;
- Er een referentiesituatie aanwezig moet zijn en er geen grote wijzigingen in het laatste jaar zijn opgetreden.

De bovenstaande criteria zijn met beschrijving, scores en weging hieronder uitgewerkt.

## SELECTIE DRIE LOCATIES

In onderstaande tabel is een samenvatting gegeven van de uitgevoerde selectie. Het blijkt dat de drie locaties Bath, Nieuwgraaf en Enschede het beste naar voren komen.

TABEL B1-10-1

SAMENVATTING TOP 5 LOCATIES

	score	locatie	waterbeheerder
1	5,0	Bath	Waterschap Brabantse Delta
2	4,7	Nieuwgraaf	Waterschap Rijn en IJssel
3	4,5	Enschede	Waterschap Regge en Dinkel
4/5	4,4	Meppel	Waterschap Reest & Wieden
4/5	4,4	Walcheren	Waterschap Zeeuwse Eilanden

### B1.1 INLEIDING

Voor het onderzoeksproject slibdesintegratie met cavitatie van STOWA zijn 18 locaties door tien verschillende waterbeheerders opgegeven. In deze notitie zijn uit deze aanmeldingen drie installaties geselecteerd aan de hand van gedefinieerde selectiecriteria. Voor het geval dat na het bestuderen van gedetailleerde slibgegevens of na problemen met de goedkeuringen van budgetten e.d. door de waterbeheerder blijkt dat er geen slibdesintegratie op een van deze geselecteerde locaties mogelijk is, zijn een tweetal reservelocaties gedefinieerd.



## B1.2 SELECTIECRITERIA

### B1.2.1 ALGEMEEN

Voor de optimale locatie voor de demonstratie van slibdesintegratie geldt dat:

- De zuivering representatief is voor de slibverwerking via vergisting in Nederland;
- De configuratie van de sliblijn de mogelijkheid biedt tot het behandelen van een deel van slib en het afzonderlijk vergisten van de twee stromen;
- De aanwezige meetvoorzieningen voldoende volledige informatie verschaffen over de afzonderlijke slibstromen;
- De registratie en verwerking van meetgegevens geautomatiseerd is en databestanden digitaal beschikbaar zijn;
- De netto kosten voor uitvoering van de demonstratie zo laag mogelijk zijn.

#### REPRESENTATIVITEIT

Om inzicht te krijgen in de algemene mogelijkheden van slibdesintegratie gaat de voorkeur uit naar een waterzuivering die representatief is voor de Nederlandse situatie. Daarom gaat de voorkeur uit naar een installatie met een verblijftijd in de vergisting van circa 20 dagen, waarbij de vergistingstank een volume van circa 2000 m<sup>3</sup> heeft en zowel primair als secundair slib vergist worden, omdat dit de gangbare praktijk is in Nederland.

Ook uit kosten oogpunt wordt gestreefd naar de hierboven genoemde omvang en verblijftijd van de vergisting. Bij een grotere omvang van de te behandelen stroom nemen de kosten voor de desintegratie apparatuur toe. Bij een te kleine capaciteit kunnen er beperkingen ontstaan bij de keuze van de standaard beschikbare installaties.

#### CONFIGURATIE SLIBLIJN

Voor een goede vergelijking van de prestaties van een slibverwerkingslijn met en zonder slibdesintegratie heeft een parallelonderzoek de voorkeur: een deel van het slib wordt behandeld en het andere deel niet, zodat, op de slibdesintegratie, na de beide situaties identiek zijn. Dit vraagt om onderzoek op een locatie waar de slibverwerking over minimaal twee parallelle lijnen plaatsvindt.

De optimale zuivering voor een demonstratie bestaat uit minimaal twee gescheiden lijnen voor slibverwerking met aparte analyses van slib en biogas. Het inkomende slib wordt verdeeld over de verschillende lijnen, waardoor eventuele verschillen in de prestaties van de slibverwerking direct toe te schrijven zijn aan de slibdesintegratie. Bij de selectie van locaties zal beoordeeld worden in welke mate aan de optimale situatie wordt voldaan.

Diverse zuiveringen hebben meerdere vergistingstanks, maar tussen vergisting en ontwatering wordt het slib meestal weer gemengd, waardoor de effecten van desintegratie op ontwatering niet te herleiden zijn. Naar verwachting is deze beperking vrij fundamenteel. In principe is dit op te lossen door een aanpassing van de leidingloop in het traject na de gisting. De kosten hiervoor zullen echter aanzienlijk zijn, terwijl de toegevoegde waarde voor de normale bedrijfsvoering zeer beperkt zijn. Dit probleem kan omzeild worden door de inzet van een mobiele ontwateringsinstallatie, (zeefbandpers of centrifuge), waarmee een aantal keren partijen slib uit de verschillende vergistingstanks afzonderlijk ontwaterd worden. Met deze opzet is het ontwateringsgedrag van de verschillende stromen onderling vergelijkbaar, omdat de ontwateringsapparatuur identiek is.

### MEETVOORZIENINGEN

De uitvoering van een demonstratieproef stelt naar verwachting aanvullende eisen aan de meet en bemonsteringsvoorzieningen die op locatie beschikbaar zijn. Voor het verkrijgen van kwantitatieve informatie zijn de volgende metingen nodig, waarbij in principe van deze stromen ook de mogelijkheid tot bemonstering aanwezig dient te zijn:

- Debietmeting van primair slib per gistingstank. De voorkeur gaat uit naar debietmeters, maar bij gebruik van verdringerpompen kunnen urentellers op de pompen een geschikt alternatief zijn;
- Debietmeting van secundair slib per gistingstank en per met desintegratie behandeld debiet;
- Debietmeting van uitgestort slib per gistingstank;
- Gasdebietmeting per tank, inclusief (periodieke) druk en temperatuurmeting;
- Gaskwaliteitsmeting. Deze kan periodiek met handapparatuur uitgevoerd worden en wordt aangevuld met 2 externe analyses.

### BESCHIKBAARHEID DATABESTANDEN

Voor een efficiënte verwerking van de analyses is het wenselijk dat de meetgegevens beschikbaar zijn in de vorm van digitale databestanden, bij voorkeur Excel.

### KOSTEN

Voor de demonstratie wordt gestreefd naar het minimaliseren van de netto kosten, dat wil zeggen dat er een gunstige verhouding is tussen de te maken kosten en de te realiseren besparingen.

#### B1.2.2 IN DETAIL

Er is meer waarde gehecht aan de eerste twee algemene selectiecriteria. Deze zijn hieronder in meer gedetailleerde en toetsbare criteria uitgewerkt. De laatste drie algemene selectiecriteria zijn bij de verdere uitwerking niet meegenomen in de selectie. Er zijn drie selectiecriteria toegevoegd om de voortgang van het project te waarborgen.

##### 1. Primair EN secundair slib vergist?

In Nederland wordt over het algemeen zowel primair als secundair slib vergist, daarom gaat de voorkeur uit naar een locatie waar dit gerealiseerd wordt. Het vergisten van extern slib (veelal secundair slib) is niet van invloed op dit criterium.

##### 2. Aantal gistingtanks

Voor een goede vergelijking van de prestaties van een slibverwerkingslijn met en zonder slibdesintegratie heeft een parallelonderzoek sterk de voorkeur: een deel van het slib wordt behandeld en het andere deel niet, zodat, op de slibdesintegratie, na de beide situaties identiek zijn. Dit vraagt om onderzoek op een locatie waar de slibgisting over minimaal twee parallelle lijnen plaatsvindt. Bij voorkeur vindt ook de overige slibverwerking zo veel mogelijk gescheiden plaats per straat.

##### 3. Volume >1000 bij HRT =20

De voorkeur gaat uit naar een installatie met een verblijftijd in de vergisting van circa 20 dagen, waarbij het volume per vergistingstank circa 1.000 m<sup>3</sup> is. Dit is de gangbare praktijk in Nederland. Bij twee parallelle straten levert dit een totaal gistingvolume op van 2.000 m<sup>3</sup>.

4. Indikking secundair slib tot 5-7 % en apart te onttrekken

Voor het toepassen van slibdesintegratie heeft het de voorkeur een slibstroom te behandelen met een droge stofgehalte tussen de 5 en 7 %. Bij een lager gehalte zal een groter slibdesintegratie apparaat geïnstalleerd worden en worden ook de kosten voor dit apparaat aanzienlijk hoger. Over het algemeen is het goedkoper om te investeren in een mechanische indikker. Een hoger slibgehalte dan 7 % komt over het algemeen niet ten goede aan de slibdesintegratietechniek. Als het secundair slib niet apart van het primair slib te onttrekken is, is het zeer lastig om slibdesintegratie toe te passen.

5. Extern slib toegevoegd bij ontwatering

Tijdens het onderzoeksproject wordt ook aandacht besteed aan de ontwaterbaarheid van het slib. Slibdesintegratie kan hierop van invloed zijn, waardoor het de voorkeur heeft hier goed aan te kunnen meten. Als er extern slib na de gisting en voor de ontwatering wordt toegevoegd in de huidige bedrijfssituatie kan dit de representativiteit van de beoogde metingen beïnvloeden. Daarom heeft het de voorkeur alleen het slib dat uit de gisting komt te ontwateren.

6. Aparte ontwatering mogelijk

De optimale zuivering voor een demonstratie bestaat uit minimaal twee gescheiden lijnen voor slibverwerking met aparte analyses van slib en biogas. Het inkomende slib wordt verdeeld over de verschillende lijnen, waardoor eventuele verschillen in de prestaties van de slibverwerking direct toe te schrijven zijn aan de slibdesintegratie.

7. Planning STOWA is planning waterbeheerder

Het onderzoeksproject van de STOWA gaat ervan uit dat in juni 2005 de monitoring zal starten. Indien een locatie geselecteerd is en er in de huidige situatie nog geen concrete plannen zijn of geen budget heeft, heeft het de voorkeur als de waterbeheerder actief pogingen doet om de planning van de STOWA te volgen. Indien dit niet het geval is, bestaat het gevaar dat er (grote) vertragingen op zullen treden. Dit is niet wenselijk.

8. Referentie met verleden aanwezig?

Na selectie worden massabalansen voor het slib opgesteld. Aan de hand van deze massabalansen wordt de slibdesintegratie gedimensioneerd. Indien een sliblijn net is aangepast is het lastig om hier een goede inschatting voor te maken. Daarnaast is het niet mogelijk om de situatie met slibdesintegratie te vergelijken met de situatie van het verleden zonder slibdesintegratie.

### B1.2.3 WEGING

Omdat niet alle selectiecriteria even belangrijk worden geacht, is er een weging toegepast. Deze varieert van 1 tot 3. Aan met name het aantal gistingstanks en het droge stofgehalte van het secundaire slib na indikking is de hoogste prioriteit gehecht. Voor de score die de locaties ontvangen is gekozen voor een cijfer tussen 1 en 5. De scores en weging is gegeven in Tabel B1-2

TABEL B1-2 SCORES EN WEGING VAN DE CRITERIA VOOR LOCATIEKEUZE

	criteria	score	weging
1	<i>primair EN secundair slib vergist?</i>		1
	Alleen primair	1	
	Alleen secundair	3	
	Primair + secundair	5	
2	<i>aantal gistingtanks</i>		3
	een	3	
	twee in serie	3	
	twee of meer parallel	5	
3	<i>volume &gt;1000 bij HRT =20</i>		1
	volume>1000 bij HRT= 20	5	
	anders	3	
4	<i>indikking secundair slib tot 5-7 % en apart te onttrekken</i>		3
	indikking tot 5-7%	5	
	lager of hoger	3	
	lager en niet apart te onttrekken	1	
5	<i>extern slib toegevoegd bij ontwatering</i>		1
	ja	3	
	af en toe	4	
	nee	5	
6	<i>aparte ontwatering mogelijk</i>		2
	niet mogelijk	1	
	eventueel batchgewijs	2	
	eventueel continu mogelijk	3	
	in huidige situatie mogelijk	5	
7	<i>planning STOWA is planning waterbeheerder</i>		2
	ja	5	
	nee	3	
8	<i>referentie met verleden aanwezig?</i>		1
	ja	5	
	nee	3	

**B1.3 UITWERKING LOCATIES EN SELECTIECRITERIA**

De aangemelde locaties met het aantal gistingstanks staan in Tabel B1-3 weergegeven.

**TABEL B1-3 AANGEMELDE LOCATIES**

	<b>locatie</b>	<b>waterbeheerder</b>	<b>aantal gistingstanks</b>
1	Veendam	Waterschap Hunze en Aa's	1
2	Scheemda	Waterschap Hunze en Aa's	1
3	Emmen	Waterschap Velt en Vecht	2
4	Etten	Waterschap Rijn en Ijssel	1
5	Nieuwgraaf	Waterschap Rijn en Ijssel	2
6	Olburgen	Waterschap Rijn en Ijssel	2
7	Land van Cuijk	Waterschap Aa en Maas	1
8	Meppel	Waterschap Reest & Wieden	2
9	Den Helder	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	1
10	Burgum	Wetterskip Fryslan	2 in serie
11	Leeuwarden	Wetterskip Fryslan	2 in serie
12	Enschede	Waterschap Regge en Dinkel	3
13	Bath	Waterschap Brabantse Delta	2
14	Susteren	Waterschapsbedrijf Limburg	1
15	Wijlre	Waterschapsbedrijf Limburg	2
16	Weert	Waterschapsbedrijf Limburg	2
17	Maastricht-Limmel	Waterschapsbedrijf Limburg	2
18	Roermond	Waterschapsbedrijf Limburg	1
19	Walcheren	Waterschap Zeeuwse Eilanden	2

Er zijn 10 locaties met twee of meer parallelle gistingstanks aangemeld. In Tabel B1-4 zijn de scores per locatie uitgewerkt.

TABEL B1-4 UITWERKING VAN DE SCORES PER LOCATIE

locatie	criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	gewogen score	
		primaire EN secundaire slib vergist?	aantal gistingstanks	volume >1000 bij HRT =20	indikking secundaire slib tot 5-7 % en apart te onttrekken	extern slib toegevoegd bij ontwatering	aparte ontwatering mogelijk	planning STOWA is planning waterbeheerder	referentie met verleden aanwezig?		
1	Veendam	5	3	5	5	5	1	5	5	4,0	
2	Scheemda	5	3	5	5	5	1	5	5	4,0	
3	Emmen	5	5	3	5	5	3	3	3	4,1	
4	Etten	5	3	5	5	5	1	5	5	4,0	
5	Nieuwgraaf	5	5	5	5	5	3	5	5	<b>4,7</b>	<b>2</b>
6	Olburgen	5	5	5	3	5	3	5	3	4,1	
7	Land van Cuijk	3	3	5	5	5	1	5	5	3,9	
8	Meppel	5	5	5	5	3	2	5	5	<b>4,4</b>	<b>4/5</b>
9	Den Helder	5	3	5	5	5	1	5	5	4,0	
10	Burgum	3	3	5	5	5	1	5	5	3,9	
11	Leeuwarden	3	3	5	5	5	1	5	5	3,9	
12	Enschede	5	5	3	5	4	3	5	5	<b>4,5</b>	<b>3</b>
13	Bath	5	5	5	5	5	5	5	5	<b>5,0</b>	<b>1</b>
14	Susteren	5	3	5	3	5	1	5	5	3,6	
15	Wijlre	5	5	5	1	3	1	5	5	3,4	
16	Weert	5	5	5	1	5	3	5	5	3,9	
17	Maastricht-Limmel	5	5	5	1	5	3	5	5	3,9	
18	Roermond	5	3	5	3	5	1	5	5	3,6	
19	Walcheren	5	5	3	5	5	2	5	5	<b>4,4</b>	<b>4/5</b>

#### B1.4 SELECTIE DRIE LOCATIES EN RESERVELOCATIES

In onderstaande Tabel B1-5 is een samenvatting gegeven van Tabel B1-4. Het blijkt dat de drie locaties Bath, Nieuwgraaf en Enschede het beste naar voren komen. De locaties Meppel en Walcheren zijn de reservelocaties.

TABEL B1-5 SAMENVATTING TOP-5

	score	locatie	waterbeheerder
1	5,0	Bath	Waterschap Brabantse Delta
2	4,7	Nieuwgraaf	Waterschap Rijn en IJssel
3	4,5	Enschede	Waterschap Regge en Dinkel
4/5	4,4	Meppel	Waterschap Reest & Wieden
4/5	4,4	Walcheren	Waterschap Zeeuwse Eilanden

## BIJLAGE 2

# MONSTERNAME- EN ANALYSEPROGRAMMA

## B2.1 ALGEMEEN

Het doel van het analyseprogramma is het eenduidig vaststellen van de effecten van het toepassen van slibdesintegratie. De belangrijkste parameter hierbij is de (verbetering van) de afbraak van organische stof in de gisting. Deze afbraak wordt vastgesteld aan de hand van een slibbalans waarin de ingaande en uitgaande vrachten van de gisting gedurende verschillende periodes is vastgelegd. Dit gebeurt aan de hand van debietmetingen en bepaling van indamprest en gloeirest van de verschillende slibstromen.

Als verificatie op de juistheid van de droge stofbalans zijn tevens metingen van CZVtotaal, N-totaal en P-totaal opgenomen. Aanvullend zijn parameters beschouwd waarmee het functioneren van de desintegrator en de slibgisting kunnen worden beoordeeld.

In de overzichten aan het eind van deze bijlage is voor de drie locaties een schematische weergave gegeven waar debietmeting en monstername plaatsvindt. Hierbij is aangegeven waar debiet- of tijdproportionele monstername plaatsvindt. In deze bijlage zijn ook de analyses die uitgevoerd worden aangegeven, alsmede de achtergrond van het meetprogramma.

De analyses worden, met uitzondering van VFA specificatie en microscopisch beeld, uitgevoerd in het lab op de rwzi zelf. Het microscopisch beeld is door een medewerker van Waterschap Regge en Dinkel uitgevoerd.

Het meetprogramma is op elk van de drie locaties aangepast aan de lokale situatie (debietproportionele monstername en ontwatering), ook de tijdstippen verschillen omdat de installaties niet gelijk zijn opgestart (zie Tabel B2.1). In het analyseprogramma zijn 4 intensieve perioden gepland van elk 3 weken. Het tijdstip van deze perioden is afgestemd tussen de drie proeflocaties Bath, Enschede en Nieuwgraaf.

TABEL B2.1 ANALYSES IN DE TIJD PER LOCATIE

locatie	analyses	weeknummers 2006																																																	
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52											
Bath	wekelijks/dagelijks intensieve meetperiode maandelijks	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
	start desint. week 22: 31 mei 2006						X																																												
	start analyses week 18: 1 mei 2006		X																																																
Enschede	wekelijks/dagelijks intensieve meetperiode maandelijks																			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	start desint. week 14: 4 april 2006	X																																																	
	start analyses week 31: 1 augustus 2006																																																		
Nieuwgraaf	wekelijks/dagelijks intensieve meetperiode maandelijks																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	start desint. week 38: 22 september 2006																																																		
	start analyses week 39: 25 september 2006																																																		
locatie	analyses	weeknummers 2007																																																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38												
Bath	wekelijks/dagelijks intensieve meetperiode maandelijks	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
		X	X	X																																															
		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X				
Enschede	wekelijks/dagelijks intensieve meetperiode maandelijks	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
		X																																																	
		X																																																	
Nieuwgraaf	wekelijks/dagelijks intensieve meetperiode maandelijks	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
		X	X	X																																															
		X																																																	

Op RWZI Bath is als enige locatie in de proef gescheiden biogasmeting mogelijk. Hiervoor zijn twee nieuwe gasdebietmeters geplaatst. Een gasdebietmeter meet het geproduceerde biogas uit slibgistingstank 1 en de slibvoorraadtank en een gasdebietmeter uit slibgistingstank 2. De reden hiervoor is dat op RWZI Bath ook de slibvoorraadtank, voor het uitgegist slib van beide gistingstanks, gemengd wordt met gas. Om een goede inschatting te kunnen maken voor de biogasproductie in de slibvoorraadtank is gedurende één maand (mei 2006) de referentiesituatie bepaald voor de gasproductie in de slibvoorraadtank.

Op RWZI Enschede is de desintegrator in april 2006 opgestart, maar doordat het installeren van de meetvoorzieningen vertraging heeft opgelopen is het meetprogramma pas op 1 augustus 2006 gestart. In de 3 weken voorafgaand aan 1 augustus, zijn de monsternamen en debietmeters getest.

Door vertraging in de voorbereidingsfase is op RWZI Nieuwgraaf de desintegrator als laatste opgestart. Deze is in bedrijf sinds eind september 2006. Er is direct met het monsternamen- en analyseprogramma gestart.

### B2.2 ONTWERPING

Uitgangspunt voor de ontwatering is het continu gescheiden ontwateren van het wel en niet gedesintegreerde uitgegiste slib. Aangezien dit niet voor alle drie de locaties mogelijk is, is in overleg met het waterschap per locatie de aanpak voor de ontwatering bepaald, rekening houdend met de locatiespecifieke omstandigheden.



## B2.3 CONTROLE ONDERZOEK IN KADER VAN NAUWKEURIGHEID

### B2.3.1 AANLEIDING

Het is van belang dat met het opgestelde meetprogramma het effect van de desintegrator aangetoond kan worden. Hiertoe is tijdens de proef gekeken naar:

- verschillende typen gasdebietmeting (zie Bijlage 1);
- verschilmeting van gasdebiet (zie Bijlage 1);
- invloed nauwkeurigheid achter de komma van indamprestbepaling (0,1% en 0,01% op indampest en 1% op organische stof) naar berekening % toename droge stof- en organische stofverwijdering (zie Bijlage 2);
- Invloed aantal meetwaarden op de betrouwbaarheid.

### B2.3.2 GASDEBIETMETING

Op basis van een korte berekening, waarbij het meetbereik en de onnauwkeurigheid van debietmeters zijn gevarieerd, blijkt dat de keuze van de debietmeter met de bijbehorende eigenschappen erg belangrijk is voor het al dan niet kunnen aantonen van een verbetering van 15% meer biogas.

Daarnaast is dezelfde berekening gemaakt, waarbij gebruik is gemaakt van een verschilmeting. De reden hiervoor is dat bijvoorbeeld op de locatie Enschede het niet mogelijk is om de biogasproductie en het gasverbruik voor menging te scheiden voor de drie gistingstanks. Indien het verschil in biogasproductie hier aangetoond dient te worden, dient gebruik gemaakt te worden van een verschilmeting tussen het debiet aan geproduceerd biogas en het debiet aan biogas voor menging. Uit de berekeningen blijkt dat door een dergelijke verschilmeting een dermate grote onnauwkeurigheid wordt geïntroduceerd dat een verbetering van de biogasproductie van 15% niet betrouwbaar kan worden aangetoond.

### B2.3.3 AANTAL DECIMALEN LABRESULTATEN VAN INDAMPREST EN GLOEIREST

Op basis van een korte berekening naar de invloed van de het aantal decimalen van indamprestbepaling (0,1% en 0,01% op indampest en 1% op organische stof) naar berekening % toename droge stof- en organische stofverwijdering. Uit de berekeningen blijkt dat met de standaard notatie van de decimalen (1 voor indampest en 0 voor organische stof) een dermate grote onnauwkeurigheid wordt geïntroduceerd dat een verbetering van de droge- en organische stofafbraak van 15% niet betrouwbaar kan worden aangetoond.

Op basis van deze berekening is ervoor gekozen de resultaten van indamprest en gloeirest in respectievelijk 0,01% en 0,1% te ontvangen terwijl dit niet volgens de certificering van het laboratorium gebruikelijk is.

#### *B2.3.3.1 Onnauwkeurigheid monsternamen en analyse*

Er is een apart onderzoek uitgevoerd om de onnauwkeurigheid van zowel de monsternamen als de analyse te bepalen. De monsters van RWZI Enschede en RWZI Nieuwgraaf zijn naar hetzelfde laboratorium gebracht voor analyse. Door calamiteiten op RWZI Bath heeft het ringonderzoek daar niet plaatsgevonden.

Belangrijk in het ringonderzoek is dat met name voor het uitgediste slib een verschil van absoluut gezien 0,2% DS tussen de twee (of drie) gistingstanks betrouwbaar aantoonbaar moet zijn. Indien een verschil in ontwatering zichtbaar gemaakt kan worden van absoluut gezien 1-2 DS procentpunt, dan moet het betrouwbaarheidsinterval van de metingen

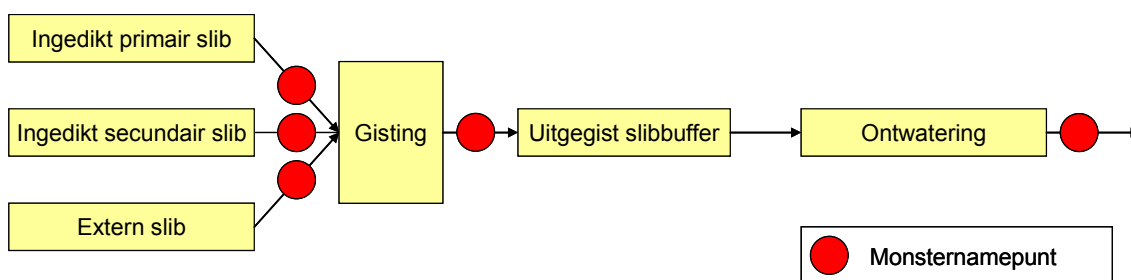
kleiner zijn dan 0,5-1%DS. Een absoluut verschil is minder van belang voor het ingedikte primair, secundair en extern slib, omdat het uitgangspunt is dat alle gistingstank hiermee gelijk worden gevoed. Voor de hoogte van de afbraak in de gistingstanks en de bijbehorende nauwkeurigheid, is dit wel belangrijk.

#### B2.3.3.1.1 Aanpak

Voor de slibdesintegratie proef zijn 4 (op RWZI Enschede: 5) verschillende slibstromen van belang. Dit zijn (zie Figuur B2.1):

- ingedikte primair slib;
- ingedikte secundair slib;
- extern slib (alleen op RWZI Enschede);
- uitgegist (al dan niet gedesintegreerd) slib;
- ontwaterd slib.

FIGUUR B2.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE TE BEMONSTEREN SLIBSTROMEN



Van alle slibstromen die niet tijd- of debietproportioneel bemonsterd worden (mn. op RWZI Nieuwgraaf), zijn 10 steekmonsters genomen gedurende 1 dag. Op 1 tijdstip zijn 3 monsters tegelijk genomen, dus totaal zijn er 13 monsters genomen. Twaalf van deze monsters worden eenmaal geanalyseerd op indamprest en gloeirest en één monster (van de 3 gelijk genomen monsters) driemaal (triplo). Daarnaast is er van de 10 monsternames een mengmonster gemaakt en deze is ook eenmaal geanalyseerd op indamprest en gloeirest.

Het nemen van 10 monsters verspreid over de dag is om de representativiteit van het monster te bepalen en 3 monsters op een tijdstip heeft als doel de reproduceerbaarheid van de monstervoorbewerking en analyse.

Aangezien op RWZI Bath en RWZI Enschede in de aanvoer naar de gisting en op Enschede ook van het uitgegist slib de monsters debiet- en of tijdsproportioneel genomen worden, is het nemen van 10 monsters verspreid over een dag niet noodzakelijk. Op beide rwzi's worden de monsters in het monsternamen apparaat niet gekoeld bewaard totdat er daadwerkelijk een monster wordt genomen voor het lab, vanaf dan wordt het monster gekoeld. Tijdens de BC-vergadering 11 november 2006 is naar voren gekomen dat er een verloop in concentraties in het monster kan plaatsvinden. Een gedeelte van het monster is namelijk al 24 uur ongekocht bewaard geweest. Tijdens het ringonderzoek is gekeken naar de mate van verloop tijdens 24 uur ongekocht bewaren. Hiertoe zijn op dag één 6 monsters tegelijk genomen per slibstroom waarvan er 3 ongekocht en 3 gekocht weg zijn gezet. Na 24 uur zijn de monsters bemonsterd, waarvan er 1 in triplo is geanalyseerd.

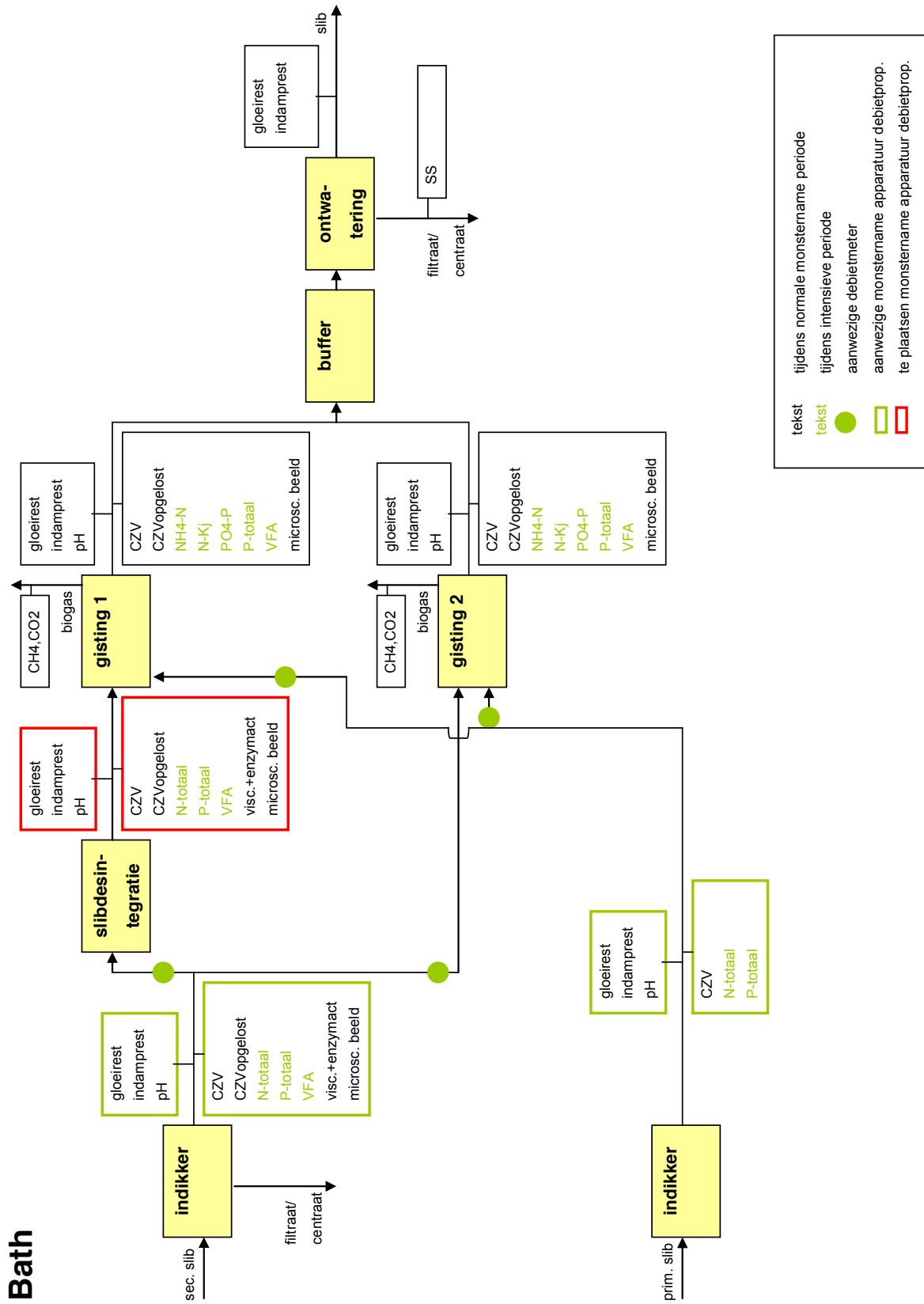
*B2.3.3.1.2 Conclusies*

- In het ringonderzoek kan theoretisch gezien bij het uitgegiste slib een verschil van absoluut gezien 0,2% DS tussen de twee (of drie) gistingstanks betrouwbaar aantoonbaar worden gemaakt gebaseerd op minstens 15 metingen.
- In het ringonderzoek kan ook een verschil in ontwatering zichtbaar gemaakt worden van absoluut gezien 1-2 DS procentpunt, aangezien de betrouwbaarheid van de metingen kleiner is dan 0,5-1%DS.
- De betrouwbaarheid van het ingedikte primair, secundair en extern slib ligt over het algemeen hoger dan van het uitgegiste slib. Aangezien de gistingstanks gelijkmatig gevoed worden is de absolute betrouwbaarheid voor het verschil in afbraak niet van belang, wel voor de hoogte van de afbraak in de gistingstanks en de bijbehorende nauwkeurigheid.
- Uit de triplo metingen komt naar voren dat de nu gekozen significantie (2 cijfers achter de komma bij indamprest en 1 cijfer bij gloeirest) niet gereproduceerd kan worden.
- Aangezien er geen verschil is tussen gekoeld en niet-gekoeld bij de uitgegiste slibmonsters, is een verschil in afbraak aan te tonen. Bij de slibstromen naar de gisting toe is hier wel een verschil waarneembaar, de hoogte van het verschil is met de huidige 3 metingen niet betrouwbaar vast te stellen.

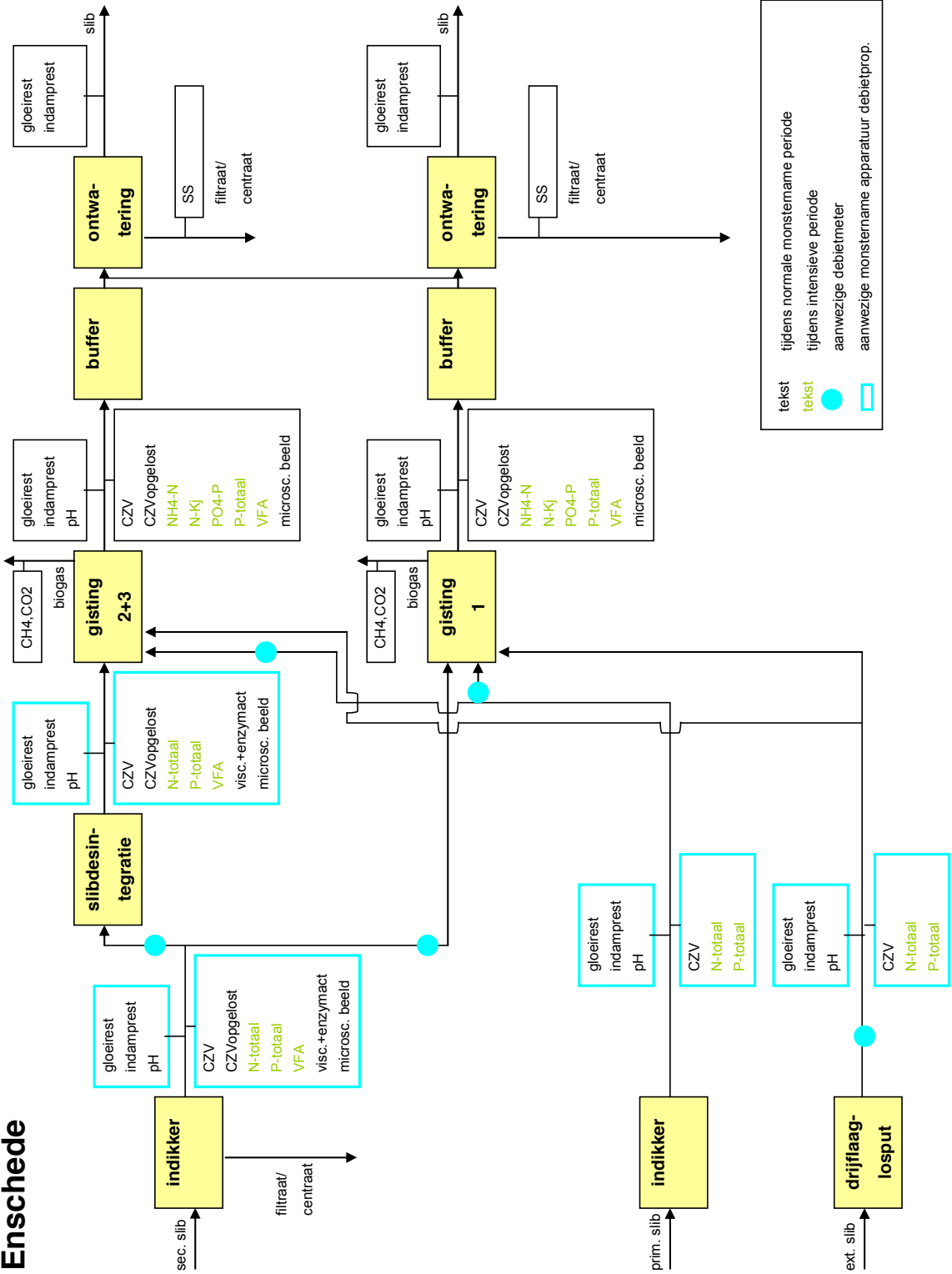
*B2.3.3.1.3 Aanbevelingen*

- Gezien de resultaten kan het monsternamen- en analyseprogramma is er geen reden gevonden dit anders in te richten.
- De significantie die nu gekozen is (één decimaal meer dan het laboratorium standaard geeft) dient te worden gehandhaafd.
- Gezien het effect van koelen op de monsters, is het aan te bevelen te streven naar het gekoeld bewaren van de ingaande slibstromen. Indien dit niet mogelijk is, is het aan te bevelen nader onderzoek naar het effect van koelen op de ingaande slibstromen (primair, secundair en extern) te verrichten. In het huidige onderzoek was het verschil binnen de onbetrouwbaarheid van de metingen. Met meerdere monsters kan ingeschat worden of het verschil significant is en zo ja, met welk verschil er bij de berekeningen rekening moet worden gehouden.

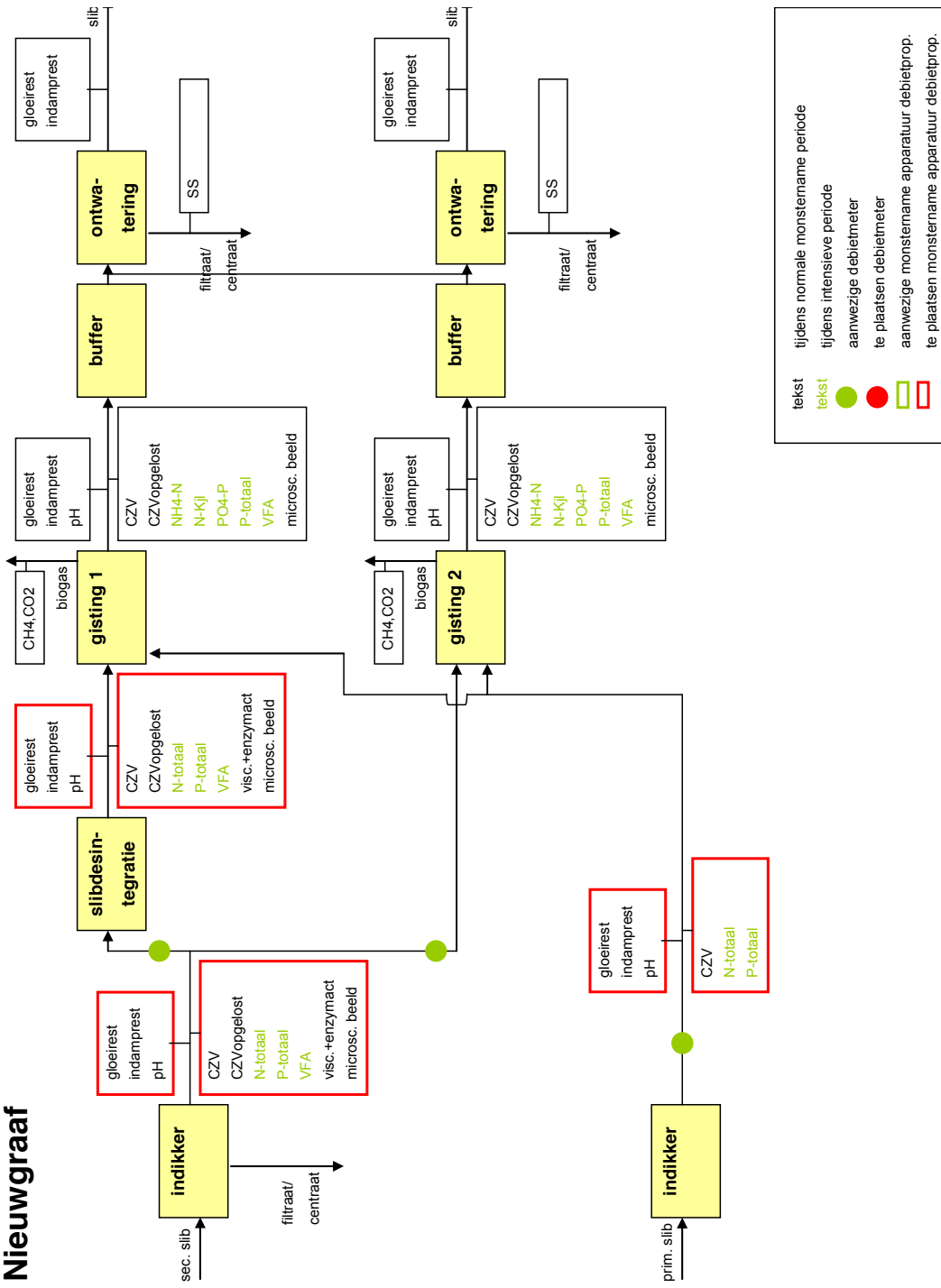
SCHEMATISCHE WEERGAVE DEBIETMETING EN MONSTERNAMEANALYSESHEMA



# Enschede



# Nieuwgraaf





## ACHTERGRONDEN VAN HET ANALYSESCHEMA

Tijdens het slibdesintegratie demonstratie project van STOWA worden de onderstaande zaken vastgesteld. De bijhorende benodigde informatie is beschreven. Het analyseprogramma voor de demonstratie is hierop gebaseerd.

1. Afbraak organische stof per gistingstank  
Hiervoor is benodigd:
  - A. Ingaand ingedikt Primair slib:
    - Debiet ingedikt primair slib
    - Samenstelling monsternamepunt primair slib (debiet/tijdproportioneel)
      - indamprest
      - gloeirest
  - B. Ingaand ingedikt Surplus slib:
    - Debiet ingedikt surplus slib
    - Samenstelling via monsternamepunt ingedikt surplus slib (debiet/tijdproportioneel)
      - indamprest
      - gloeirest
  - C. Ingaand ingedikt extern slib:
    - Debiet ingedikt extern slib
    - Samenstelling via monsternamepunt ingedikt extern slib (debiet/tijdproportioneel)
      - indamprest
      - gloeirest
  - D. Aard van de organische stof ingaand:
    - Bepaling slibleeftijd
    - Inhoud biologie
    - Slibconcentratie in biologie
    - Onttrokken hoeveelheid slib (=B)
  - E. Uitgaand uitgegist slib:
    - Debiet uitgegist slib
    - Samenstelling via monsternamepunt uitgegist slib (debietproportioneel)
      - indamprest
      - gloeirest
  - F. Als verificatie op E: totaal ontwaterd slib (DI en niet DI slib):
    - Gewicht via weegbrug
    - Samenstelling via monsternamepunt ontwaterd slib
      - indamprest
      - gloeirest
2. Verschil in afbraak organische stof referentie- en onderzoek-gistingstank  
Hiervoor is benodigd: Afbraak organische stof van referentie- en onderzoek-gistingstank (=1)
3. Biogasproductie gedurende de tijd  
Hiervoor is benodigd:
  - G. Biogasproductie in referentie- en onderzoek-gistingstank:
    - Biogasproductie via biogasmeter
    - Druk en temperatuur ter plaatse van bovengenoemde biogasmeter
    - Samenstelling biogas:
      - CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub>



4. Specifieke gasproductie – op ingaande organisch stof  
Hiervoor is benodigd:  $A + B + C + D + G$
5. Specifieke gasproductie – op uitgaande droge stof  
Hiervoor is benodigd:  $E + G$
6. Specifieke gasproductie – op afgebroken organisch stof  
Hiervoor is benodigd:  $A + B + C + D + E + G$
7. Verblijftijd in gisting  
Hiervoor is benodigd:
  - Volume gisting
  - Invoerdebiet (zie  $A + B$ )
8. Stabiliteit gisting  
Hiervoor is benodigd:
  - pH waarden van:
    - Ingedikt primair slib
    - Ingedikt surplusslib
    - Ingedikt extern slib
  - Uitgegist slib VFA uitgegist slib;
  - Kwaliteit biogas ( $\text{kWh/m}^3$  biogas).
9. Specifiek PE-verbruik van ontwatering  
Hiervoor is benodigd:
  - Verbruik PE
    - PE toevoerdebiet
    - PE concentratie
  - Ingaande droge stofdebiet (zie  $D (+ F)$ )
10. Prestatie slibdesintegratie  
Hiervoor is benodigd:
  - Bedrijfstijd
  - Opgenomen vermogen per sonotrode (indien ultrasound)
  - Totaal elektriciteitsverbruik slibdesintegratie
  - Slibsamenstelling voor en na behandeling:
    - $CZV, CZV_{\text{opgelost}}, N_{\text{totaal}}, P_{\text{totaal}}$
    - VFA
    - Microscopisch beeld
    - Viscositeit
11. Slijtage slibdesintegratie (indien ultrasound)  
Hiervoor is benodigd:
  - Opgenomen vermogen;
  - Foto's sonotroden;
  - Weging sonotroden voor en na proef.

## 12. Retourbelasting zuivering

Hiervoor is benodigd:

- Debiet centraat
- Samenstelling centraat (aan de hand van concentraties in waterfase van uitgegiste slib)
  - CZV, CZV<sub>opgelost</sub>, NH<sub>4</sub>-N, N<sub>Kjelhdahl</sub>, PO<sub>4</sub>-P, P<sub>totaal</sub>, SS, pH
  - VFA, evt. metalen

## 13. Prestatie eindontwatering

Hiervoor is benodigd: F

- Samenstelling ontwaterd slib:
  - Gloeirest (hiermee kan bij benadering de stookwaarde worden bepaald)
  - Evt. metalen (indien waterschap dit in bestaande analysepakket heeft opgenomen)
- Samenstelling centraat/filtraat:
  - Zwevende stof (afscheidingsrendement ontwatering)

## 14. CZV balans ter verificatie afbraak en gasproductie

Hiervoor is benodigd:

- CZV waarden van:
  - Ingedikt primair slib
  - Ingedikt surplusslib
  - Ingedikt extern slib
  - Uitgegist slib

## 15. N balans ter verificatie afbraak en gasproductie

Hiervoor is benodigd:

- N-totaal waarden van:
  - Ingedikt primair slib
  - Ingedikt surplusslib
  - Ingedikt extern slib
  - Uitgegist slib

## 16. P balans ter verificatie afbraak en gasproductie

Hiervoor is benodigd:

- P totaal waarden van:
  - Ingedikt primair slib
  - Ingedikt surplusslib
  - Ingedikt extern slib
  - Uitgegist slib

## BIJLAGE 3

## VAN KLEECK VERGELIJKING

## METHODE

De Van Kleeck vergelijking is een van de meest gebruikte methode om de organische stofafbraak te berekenen op basis van alleen de organische stofconcentraties in de slibstromen naar en uit de gistingstank. De vergelijking gaat er vanuit dat de vracht aan gloeirest in de ingaande slibstroom als in de uitgaande stroom. De vergelijking is als volgt:

WAARBIJ CONCENTRATIE EN IN %

$$OS - afbraak = \frac{(OS_{gisting\ in} - OS_{gisting\ uit})}{(OS_{gisting\ in} - [OS_{gisting\ in} \times OS_{gisting\ uit}])} \times 100\%$$

waarbij concentratie  $OS_{gisting\ in}$  en  $OS_{gisting\ uit}$  in %

## GEBRUIK VAN KLEECK VERGELIJKING IN HET STOWA ONDERZOEK

Op de drie onderzoekslocaties wordt de ingaande stroom van de gisting niet apart bemonsterd. De stroom bestaat uit primair, secundair en eventueel extern slib, welke apart bemonsterd worden. Om de ingaande OS-concentratie te bepalen, dient een berekening op basis een massabalans te worden uitgevoerd met behulp van de debieten, droge stof- en organische stofgehalten van deze twee of drie slibstromen.

Omdat de verhouding tussen het primaire, secundaire en externe slib aan verandering onderhevig is en de ingaande OS-concentratie bepaald moet worden met behulp van een berekening, is de vergelijking in het onderzoek alleen ter ondersteuning van de massabalans berekening gebruikt.

## BIJLAGE 4

# CORRECTIE BIOGASMETING RWZI BATH

## CORRECTIE VOOR GASPRODUCTIE IN SLIBVOORRAADTANK

In Bath worden de netto gasproducties per gistingstank gemeten. Een complicerende factor hierbij is de rol van de voorraadtank voor uitgegist slib (SVT). Deze wordt gevoed met slib door beide reactoren, maar de gasproductie die hierin optreedt wordt toegevoegd aan de referentietank zonder desintegratie (REF). Om de netto gasproductie in beide gistingstanks te kunnen vergelijken is een correctie nodig.

De wijze van corrigeren koppelt de gasproductie in de SVT met zijn verblijftijd aan de verblijftijd in de gistingstank. Een langere verblijftijd in de gistingstanks, met een bijbehorende lagere gasproductie, leidt aldus tot een lagere gasproductie in de SVT en een kleinere correctie.

Achtergronden en uitgangspunten bij deze wijze van correctie zijn:

- Er treden vrij grote variaties op in belasting en verblijftijd in de gisting.
- Er is een volledige menging in de gistingstank.
- Er is een relatief korte verblijftijd in de SVT.
- Het materiaal in de SVT vrijwel dezelfde samenstelling als het materiaal in de gistingstanks.
- De SVT functioneert als een verlengde van de gistingstank.

## CORRECTIE VOOR 'HIATEN' IN REGISTRATIE BIOGASPRODUCTIE

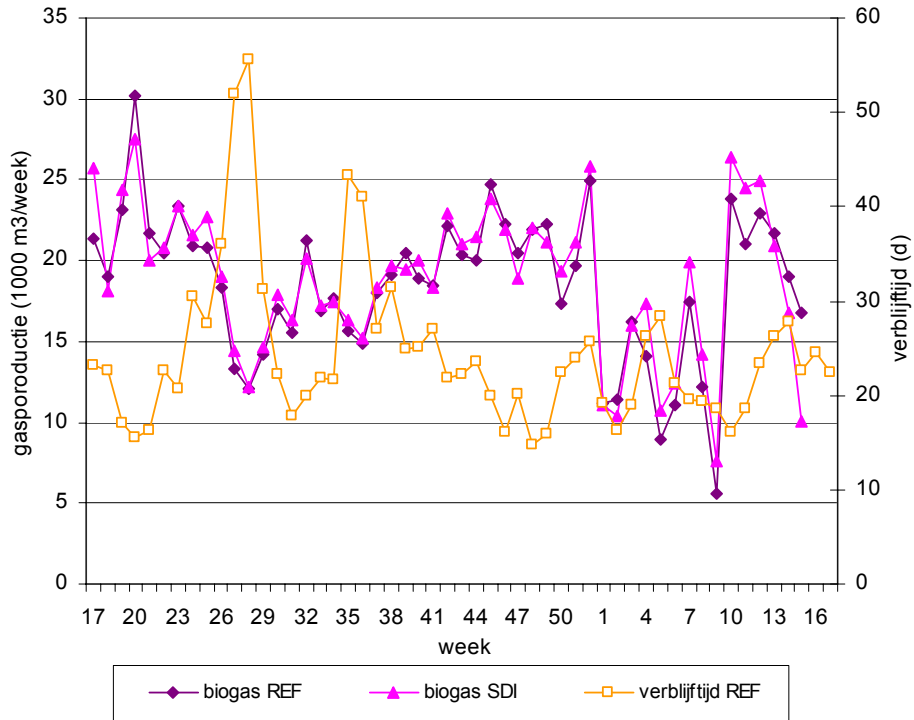
In de maanden januari tot en met maart 2007 zijn er 'hiaten' in metingen van de biogasproductie. Dit wordt veroorzaakt doordat deze door het optreden van schuimvorming in de gistingstanks niet betrouwbaar zijn geacht. In Figuur B4-1 zijn de resultaten van de week-sommaties gegeven. Hieruit blijkt dat de periode waarin deze 'hiaten' in de meting hebben plaatsgevonden een erg vertekenend beeld geven, vooral wanneer deze vergeleken worden met de organische stofafbraak.

Vandaar dat er een oplossing is gezocht voor deze 'hiaten'. Op basis van weekgemiddelde in plaats van week-sommaties zijn de weekwaarden bepaald en vermenigvuldigd met zeven wat dan resulteert in een weeksom.

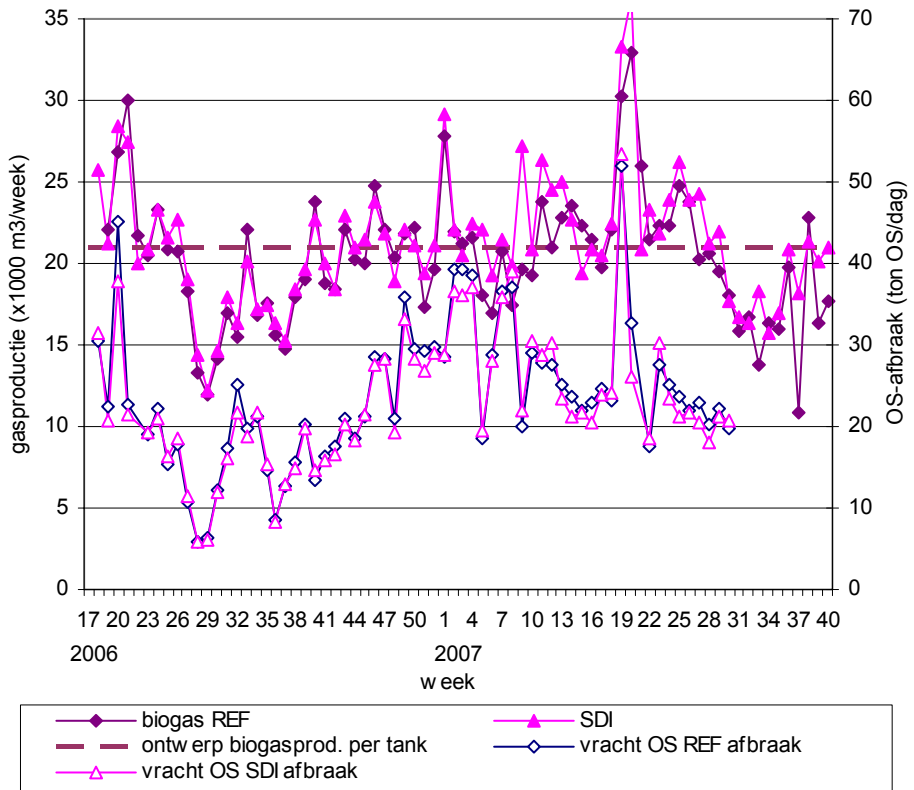
## GRAFISCHE WEERGAVE VAN CORRECTIES

In Figuur B4-1 is de biogasproductie gegeven zonder correcties en in Figuur B4-2 is het gecombineerde effect van zowel de correctie voor gasproductie in de slibvoorraadtanks als de hiaten in de registratie weergegeven.

FIGUUR B4-1 VERLOOP GASPRODUCTIE ZONDER CORRECTIE VOOR BIOGASPRODUCTIE IN SLIBVOORRAADTANK EN INCLUSIEF 'HIATEN' IN BIOGASMETING DOOR SCHUIMVORMING IN JANUARI T/M MAART 2007



FIGUUR B4-2 VERLOOP AFBRAAK ORGANISCHE STOF EN BIOGASPRODUCTIE (MET CORRECTIE VAN DE BIOGASPRODUCTIE IN REFERENTIE GISTINGSTANK (REF) VOOR DE GASPRODUCTIE IN SVT OP BASIS VAN DE VERBLIJFTIJD IN REF), WAARBIJ 'HIATEN' IN BIOGASMETING ZIJN OPGEVULD MET WEEKGEMIDDELTE WAARDEN



## BIJLAGE 5

# ONTSLUITINGSGRAAD

## METHODE

Omdat er een direct verband is tussen het vrijkomen van celmateriaal en het beschadigen van cellen, kan het effect van slibdesintegratie worden uitgedrukt in de ontsluitingsgraad. Dit is het deel van de cellen dat door de desintegratie beschadigd is. Er zijn twee manieren om de ontsluitingsgraad te meten, namelijk op basis van de CZV en op basis van de respiratiesnelheid.

Bij de ontsluitingsgraad op basis van de aanwezige CZV (Aufschlussgrad CSB of Acsb) wordt de opgeloste CZV die vrij is gekomen door de desintegratiebehandeling vergeleken met de "maximale" CZV-afgifte. Er zijn twee methoden om deze maximale CZV afgifte te bepalen. Ten eerste door het slibmonster gedurende 22 uur bloot te stellen aan een natronloog oplossing van 0,5 of 1 mol/l bij kamertemperatuur. Een andere manier is het slibmonster gedurende 10 minuten bloot te stellen aan een natronloogoplossing van 1 mol/l bij 90 °C.

$$\text{Ontsluitingsgraad} = \frac{(CZV_{na\ desintegratie} - CZV_{voor\ desintegratie})}{(CZV_{NaOH} - CZV_{voor\ desintegratie})} \times 100\%$$

waarbij concentraties  $CZV_{na\ desintegratie}$ ,  $CZV_{voor\ desintegratie}$  en  $CZV_{NaOH}$  in mg CZV/l

Bij de ontsluitingsgraad op basis van de respiratiesnelheid (Aufschlussgrad S of OV of As) wordt het zuurstofverbruik door micro-organismen vóór en na desintegratie vergeleken.

Vergelijking van gemeten ontsluitingsgraden laat zien dat de waarde As vaak 2 tot 4 maal groter is dan de waarde Acsb. Als verklaring hiervoor wordt gegeven dat slibdesintegratie nooit zoveel organisch materiaal in oplossing kan brengen als de chemische behandeling met natronloog.

## GEBRUIK ONTSLUITINGSGRAAD IN STOWA ONDERZOEK

In dit STOWA onderzoek is de ontsluitingsgraad op basis van de aanwezige CZV gebruikt om het directe effect van de slibdesintegratie weer te geven. Hiermee kan een oordeel over de werking van het apparaat worden gegeven.

De mate van werking en het effect op de organische stofafbraak is hiermee niet te bepaald. In literatuur is aangetoond dat het ontsluiten van slib resulteert in slibreductie, maar er is geen eenduidig verband in welke mate de slibreductie daadwerkelijk plaatsvindt: soms is de ontsluitingsgraad groter dan de extra afbraak en soms treedt het omgekeerde effect op, namelijk dat de extra afbraak groter is dan de ontsluitingsgraad. Blijkbaar zijn er naast de ontsluitingsgraad nog andere factoren zoals de verblijftijd in de vergisting en de samenstelling van het slib die de uiteindelijke slibreductie bepalen.