

# MARKTCONSULTATIE SLIBDROGING- EN SLIBONTWATERING



RAPPORT

2013  
W03

MARKTCONSULTATIE SLIBDROGING- EN SLIBONTWATERING

**RAPPORT**

2013  
**W03**

ISBN 978.90.5773.601.8



# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

PROJECTUITVOERING  
Bert Geraarts, Grontmij thans SH+E-Nederland  
Ruben Meulenkamp, Grontmij

BEGELEIDINGSCOMMISSIE  
Ruud Peeters, Waterschap de Dommel (Energiefabriek)  
Inge van der Velde/Hans Geerse, Waterschap Reest en Wieden  
Johan te Marvelde, HVC-groep  
Leo van Efferen, Waterschap Zuiderzeeland  
Tonny Oosterhoff, Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden  
Cora Uijterlinde, STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau  
STOWA STOWA 2013-W03  
ISBN 978.90.5773.601.8

**COPYRIGHT** De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

**DISCLAIMER** Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

# 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 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

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

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



# MARKTCONSULTATIE SLIBDROGING- EN SLIBONTWATERING

## INHOUD

	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
2	INDELING SLIBDROGING EN ONTWATERING	2
3	SLIBONTWATERING	4
3.1	Mechanische druk	4
3.2	Centrifugaalkrachten	6
3.3	Electro-osmose	7
3.4	Voorbehandeling en conditionering	7
3.5	Praktijk communaal slibontwatering in Nederland	8

<b>4</b>	<b>SLIBDROGING</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Warmtebronnen</b>	<b>9</b>
4.1.1	Warmtedragers	9
4.1.2	Indirecte en directe droging	9
4.1.3	Laagwaardige warmtebronnen	10
4.1.4	Hoogwaardige warmte	10
<b>4.2</b>	<b>Directe drogers</b>	<b>10</b>
4.2.1	Trommeldrogers	10
4.2.2	Banddrogers	11
4.2.3	Droogbedden	11
4.2.4	Sproei- en flashdrogers	12
4.2.5	Vacuümdrogers	13
4.2.6	Wervelbed drogers	13
4.2.7	Pulverised Air Dryer	14
4.2.8	Carver Greenfield	14
4.2.9	Biologisch drogen	14
<b>4.3</b>	<b>Indirecte drogers</b>	<b>14</b>
4.3.1	Paddledrogers	14
4.3.2	Dunne filmdroger	15
4.3.3	Roterende schijven droger	15
<b>5</b>	<b>OVERIGE TECHNOLOGIEËN (ANDERE WERKVELDEN/INDUSTRIEËN)</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>SELECTIE</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>BEREKENING KOSTEN</b>	<b>20</b>
<b>7.1</b>	<b>Slibsificatie ontwatering</b>	<b>20</b>
<b>7.2</b>	<b>Slibsificatie droging</b>	<b>20</b>
<b>7.3</b>	<b>Ontwatering</b>	<b>21</b>
<b>7.4</b>	<b>Drogen</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>SAMENVATTING EN KWALITATIEVE BESCHOUWING</b>	<b>24</b>
	<b>BIJLAGEN</b>	
1	VRAAGSPECIFICATIE LEVERANCIERS	27
2	KOSTENBEREKENINGEN	29
3	FACTSHEETS	31
	CENTRIFUGE EN ZEEFBANDPERS	32
	ELECTRO-OSMOSE	35
	BUCHERPERS	38
	SCHROEFPERS	41
	ROTERENDE-SCHIJVENPERS	45
	WERVELBED- EN TROMMELDROGER	48
	BANDDROGER	53
	FLASHDROGER	56
	PULVERISED AIR DROGER	59
	INDIRECTE DROGING	62

# 1

## INLEIDING

Door middel van een marktconsultatie/inventarisatie op het gebied van slibontwaterings- en slibdrogingstechnologieën is inzicht verschaft in de beschikbaarheid en mogelijkheden van nieuwe technologieën om slib te ontwateren en/of te drogen. “Nieuw” dient hierbij geïnterpreteerd te worden als: technologieën die buiten de in Nederland bekende en gebruikelijke technieken voor slibontwatering en slibdroging van communaal slib worden toegepast. Het product van de inventarisatie zijn factsheets, hierin zijn de belangrijkste resultaten samengevat. De factsheets zijn in de bijlagen opgenomen.

De marktconsultatie is in de volgende stappen uitgevoerd:

- Inventarisatie  
↓
- Vaststellen selectiecriteria  
↓
- Definitieve selectie  
↓
- Opstellen factsheets



# 2

## INDELING SLIBDROGING EN ONTWATERING

Slibdroging start waar slibontwatering ophoudt, echter tussen de beiden bestaat een grijs gebied. Afhankelijk van de aard van het slib (ontwaterbaarheid), en de toegepaste techniek varieert het maximaal haalbare drogestofgehalte met slibontwatering.

Een ontwateringresultaat van 21 gew% droge stof (DS) is normaal voor vergist secundair slib als wordt ontwaterd met een zeefbandpers. Daarentegen is het mogelijk om een mengsel van vergist primair en secundair slib met een centrifuge te ontwateren boven de 30 gew% DS indien het slib thermisch is voorbehandeld. In beide gevallen wordt gesproken van slibdroging als het slib verdergaand wordt ontdaan van water. Naast dat er verschillende krachten op het slib uitgeoefend worden (en dus water meer of minder verregaand afgescheiden wordt), is er ook sprake van een verschuiving van de verschillende verschijningsvormen van water in slib. Slib bevat vier verschillende “vormen” van water:

- vrij water
- capillair water
- extra-cellulair gebonden
- intra-cellulair gebonden

Figuur 1, afkomstig uit het STOWA rapport “Compendium Slibdroging”, 1991-02 illustreert deze verschillende vormen goed.

Bij slibontwatering spreken we van het mechanisch afscheiden van het vrije water. Normaal gesproken is het ontwateringresultaat 20 tot 35 gew% droge stof, afhankelijk van het type slib en de voorbehandeling (TDH, gisting, chemische behandeling van het slib, etc.).

Verwijdering van water door middel van verdamping wordt slibdroging genoemd, daarmee wordt eerst het capillair en extra-cellulair gebonden water verwijderd en als laatste het intra-cellulair gebonden water (tot > 95 gew% DS). Bij verdergaande droging is steeds meer energie vereist per hoeveelheid afgescheiden water.

Bij verschillende ontwateringsmethoden worden verschillende resultaten behaald door het meer of minder verregaand verwijderen van het vrije, en eventueel capillair gebonden water. De conditionering van slib doormiddel van PE en/of het mechanisch uitoefenen van afschuifkrachten op het slib hebben hier ook een grote invloed op.

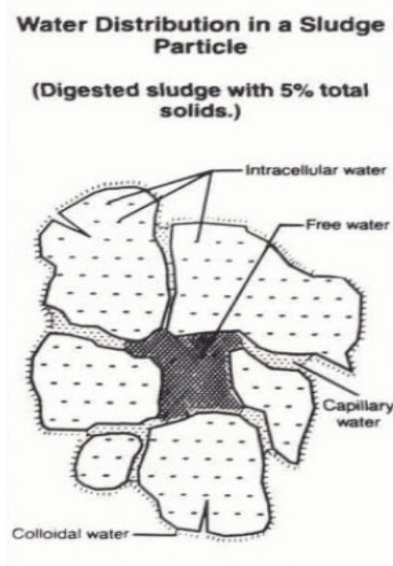
Slibontwatering en -droging kent verschillende fases die het slib doorloopt:

- vloeibaar, tot steekvast (tot ~40 gew% DS)
- kleverig (40 tot 50 gew% DS)
- kruimelig (vanaf ~60 gew% DS)
- korrelig/poedervorming (vanaf ~90 gew% DS)

Voor de kleverige fase is een aandachtspunt, omdat hier makkelijk verstoppingen etc. ontstaan vanwege de viscositeit van het slib, en daarmee de neiging van het slib om te blijven kleven aan wanden en/of procesonderdelen. Voor bepaalde typen droging moet de kleverige fase voorkomen worden. Dit kan voorkomen worden door het uitgangsmateriaal (20-35 gew% DS) op te mengen met volledig gedroogd materiaal zodat een kruimelig uitgangspproduct (>60 gew% DS) wordt verkregen.

FIGUUR 1

WATERVERDELING IN EEN SLIBVLOK (STOWA 1991-02)



# 3

## SLIBONTWATERING

De aard van slibontwatering (tot 35 gew% DS) geeft aan dat er grote hoeveelheden water afgescheiden moeten worden (zeer grote volume reductie), het vrije water is mechanisch het meest efficiënt af te scheiden (ref: STOWA rapport “Compendium Slibdroging”, 1991-02).

Voor het mechanisch ontwateren is druk de methode waarmee water gescheiden wordt van slib. Deze druk kan gravitair/centrifugaal of mechanisch van aard zijn, maar in één specifiek geval wordt ook door middel van een potentiaalverschil kracht op het water uitgeoefend.

### 3.1 MECHANISCHE DRUK

Mechanisch wordt druk uitgeoefend door een pers. Hiervan zijn vele uitvoeringsvormen, en in Nederland zijn de zeefbandpersen en de kamerfilterpersen het meest toegepast/bekend.

Bekende leveranciers van zeefband en kamerfilterpersen zijn o.a.:

- Bellmer
- Andritz
- Huber
- Técnicas de filtración S.A. (TEFSA)
- Komline-Sandersom (K-S)

Ontwateringresultaten van zeefbandpersen liggen, afhankelijk van het slib (vooral gloeirest), normaal in de range van 19 tot 36 gew% DS (Opgave Bellmer). De aangegeven bovengrens ligt erg hoog, normaal wordt met zeefbandpersen een maximaal DS gehalte van 26 tot 28% gehaald. Het maximaal haalbare ontwateringsresultaat is sterk afhankelijk van de gloeirest van het slib. Hoe hoger de gloeirest, hoe beter het slib te ontwateren is. De bovengrens van 36% wordt gehaald bij een gloeirest van ongeveer 55%, iets wat met betrekking tot zuiverings-slib niet veel voorkomt.

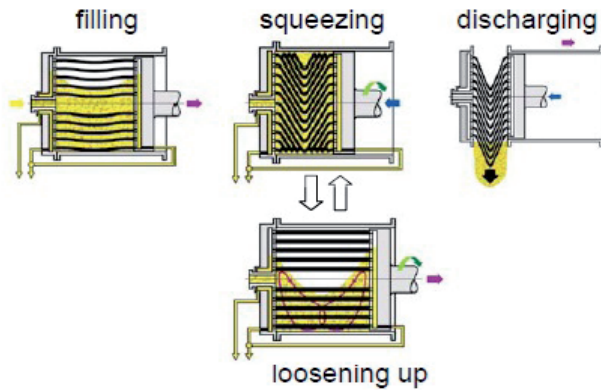
Over het algemeen worden met kamerfilterpersen hogere ontwateringsresultaten behaald dan met zeefbandpersen (ongeveer 5 gew% hogere DS gehalten, STOWA 2012-46).

Een combinatie van zeefband en vacuümfiltratie is ook mogelijk, echter dit wordt alleen toegepast indien er sprake is van het wassen van de filterkoek. Dit is voor zuiverings-slib niet aan de orde (zo ook zijn vacuum trommelfilters niet geschikt voor slibontwatering).

Een aparte uitvoering van de filterpersen is de Bucher “de-juicing press”. Dit is een pers origineel bedoeld voor het uitpersen van groente en fruit, maar is getest voor zuiverings-slib (RWZI Glarnerland, 2003). Op bijv. rwzi Lingen (D) is een full-scale installatie opgesteld. De pers bestaat uit een zuiger+cilinder combinatie waarin zogenaamde “drainage sokken” aangebracht zijn, welke het uitgeperste water afvoeren. Slib wordt batchgewijs, in cycli,

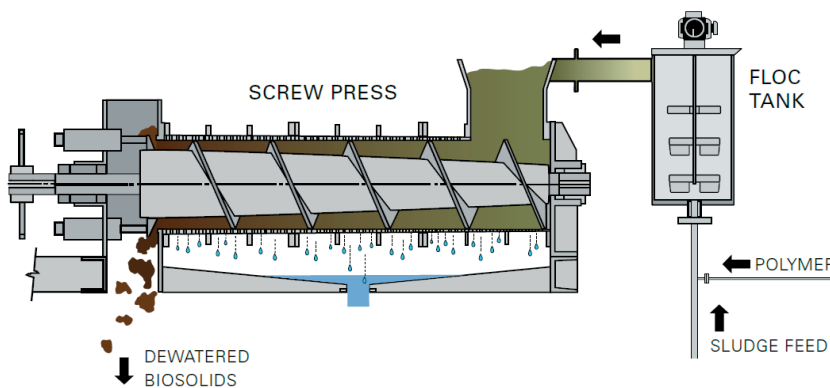
toegevoerd waarna er geperst wordt. Na het persen wordt nieuw slib toegevoerd en wordt er weer geperst, net zolang tot de pers een bepaalde vullingsgraad heeft bereikt. Dan wordt het slib uit de pers verwijderd. Onderstaande figuur visualiseert dit principe. Deze techniek laat ontwateringsresultaten zien tot 41 gew% DS (ref. Bucher).

FIGUUR 2 ONTWATERINGSCYCLI VAN EEN BUCHER FILTER/ZUIGER-PERS



Een tweede type persen zijn de schroefpersen, die horizontaal of schuin opgesteld worden. Figuur 3 geeft een beeld van het functioneren van een schroefpers. Slib wordt voortgetrokken door een filterbuis welke steeds nauwer wordt doordat de schroef toeneemt in diameter, of doordat de filterbuis afneemt in diameter. Zo wordt druk opgebouwd, en wordt het water afgescheiden. Als ontwateringsresultaat wordt 18 tot 24 gew% DS gegeven voor zuiveringsslib (ref. FKC). Schroefpersen worden veel toegepast in het buitenland. De schroefpers in de afbeelding is een horizontale schroefpers. Een schuin opgestelde schroefpers (inclined screwpress) verschilt van een horizontale schroefpers doordat de schroefas niet horizontaal maar onder een (kleine) hoek staat. De ontwateringsresultaten worden hierdoor niet, of amper beïnvloed.

FIGUUR 3 WERKING VAN EEN SCHROEFPERS (AFKOMSTIG UIT BROCHURE FKC "BIOSOLIDS DEWATERING")



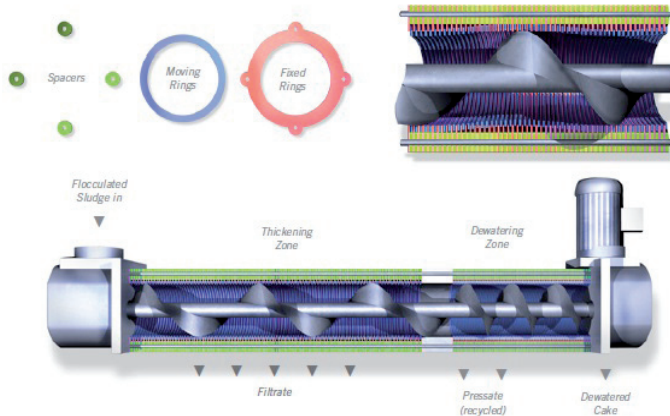
Bekende leveranciers van schroefpersen (zowel schuin als horizontaal) zijn o.a.:

- Huber
- FKC

Een andere vorm schroefpers is de "Volute Dehydrator", op de markt gezet door CDS Technologies. In deze schroefpers is de filterbuis voorzien van bewegende ringen die zorgen voor een verbeterde filtraat afvoer, zie ook figuur 4. Ontwateringsresultaten van deze pers lopen op tot 29 gew% DS. In het buitenland wordt deze techniek op zuiveringsslib toegepast.

FIGUUR 4

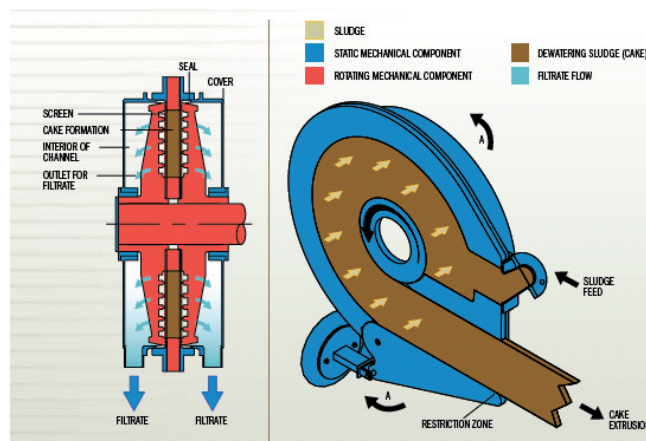
## VOLUTE DYHYDRATOR, PRINCIPE WERKING



Het laatste type filterpers is een roterende schijven filterpers. Deze pers werkt volgens een vergelijkbaar principe als een schroefpers, echter wordt het slib niet door een schroef, maar door twee parallel geplaatste filterplaten voortgetrokken. Het water ontwijkt via dezelfde platen. Figuur 5 laat dit principe zien. Ontwateringsresultaten variëren van 20–30 gew% (ref. Rotary press selection Plum Island), Enviro-Access factsheet (<http://www.enviroaccess.ca/techno-30-en.html>) noemt maximaal 45 gew%. De leverancier van dit type persen is Fournier. De persen worden op grote schaal toegepast op zuiveringsslib, voor het grootste deel in Canada.

FIGUUR 5

## ROTERENDE FILTERPERS (AFKOMSTIG UIT BROCHURE FOURNIER "ROTARY PRESS DEWATERING")



## 3.2 CENTRIFUGAALKRACHTEN

Centrifuges maken gebruik van centrifugaal krachten. Centrifuges zijn in Nederland een bekende en veel toegepaste vorm van ontwatering. Ze kennen een hoger PE verbruik dan filterpersen maar daar tegenover staat een hoger ontwateringsresultaat. Gemiddeld ligt dit resultaat ongeveer 2 gew% DS hoger dan het resultaat dat met filterpersen bereikt kan worden (STOWA 2012 – 46).

Bekende leveranciers van centrifuges zijn o.a.:

- Andritz
- Humboldt
- Sharples
- Alfa Laval
- Westfalia

FIGUUR 6

ANDRITZ DECANTERCENTRIFUGES



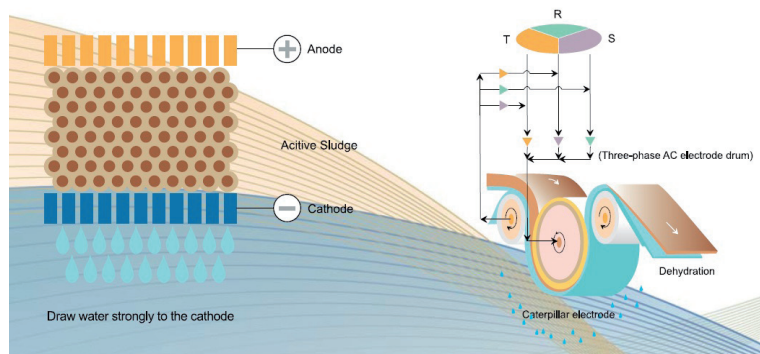
### 3.3 ELECTRO-OSMOSE

Bij electro-osmose wordt naast mechanische druk ook met een potentiaalverschil druk uitgeoefend op het water. In de rollen van een zeefbandpers zijn electrodes aangebracht zodat een spanningsverschil over het slib wordt gecreëerd. Het slib wordt, na een eerste mechanische ontwatering, als het ware naar de positieve pool getrokken, en het water stroomt weg door de poreuze negatieve pool. Het slib wordt zo ontwaterd tot 40 gew% DS (zuiveringsslib, ref. brochure ACE Korea, "ELODE", pilot proeven). Deze technologie wordt, zover bekend, nog niet op grote schaal toegepast, echter er zijn wel uitvoerig pilot proeven uitgevoerd. Enkele leverancier van deze techniek zijn o.a.:

- ACE Korea
- Ovivo Water
- Aquatreat

FIGUUR 7

PRINCIPESCHETS WERKING ELODE



### 3.4 VOORBEHANDELING EN CONDITIONERING

De resultaten van ontwatering zijn niet alleen afhankelijk van de ontwateringstechniek, maar ook van de voorbehandeling/conditionering van het slib. Grofweg onderscheiden we drie typen voorbehandeling/conditionering van slib:

- Chemisch
- Thermisch
- Biologisch

Door dosering van zouten (bijv. ijzer-, aluminium-, magnesiumchloride, kalk) verandert de pH en vindt er coagulatie plaats. Ook zijn er aanwijzingen dat binding van vrij ortho-fosfaat de ontwatering bevordert. De optimale concentratie en mix van diverse zouten dient empirisch te worden vastgesteld.

Organische polymeren en hulpstoffen voor coagulatie worden veelvuldig toegepast. Er zijn drie basistypen:

- Anionisch: dient als coagulerende hulpstof bij bijv. anorganische aluminium en ijzer zouten;
- Kationisch: wordt apart gebruikt als coagulant of in combinatie met zouten;
- Niet-ionisch: bevat een gelijke hoeveelheid van positief en negatief geladen groepen.

Ook hier geldt dat de optimale mix van chemicaliën empirisch wordt vastgesteld.

In het zogenaamde Kemicond proces (Kemira) wordt een zuurbehandeling met zwavelzuur, oxidatie met waterstofperoxide en flocculatie met polymeer toegepast. Door de zwavelzuurbehandeling (pH<5) gaan zouten in oplossing, waardoor mede het slibvolume wordt gereduceerd. Door de toevoeging van waterstofperoxide slaan er een aantal zouten weer neer (o.a. ijzerfosfaat), verandert de slibstructuur en vindt er geurreductie plaats. De structuurverandering in het slib zorgt voor een verbeterde ontwatering.

Toevoegen van hulpstoffen zoals zaagsel of steenkoolgruis verbetert de doorlaatbaarheid van het slib en daarmee de ontwatering.

Thermische behandeling maakt gebonden water vrij, waardoor de ontwaterbaarheid verbetert. Een nadeel is dat er organisch materiaal vrijkomt in het rejectiewater. Om deze reden wordt thermische voorbehandeling voorafgaande aan vergisting ingezet, het vrijgekomen organisch materiaal wordt grotendeels omgezet in biogas. Bij thermische druk hydrolyse wordt dit toegepast.

Toepassing van slibvergisting (biologische voorbehandeling) leidt over het algemeen tot verbetering van de ontwatering en/of een verlaging van gebruik van hulpstoffen. Het mechanisme hier achter is niet exact bekend, maar verondersteld wordt dat door de afbraak van organisch materiaal en de pH verandering het door het slib gebonden water eenvoudiger vrijkomt.

### 3.5 PRAKTIJK COMMUNAAL SLIBONTWATERING IN NEDERLAND

In Nederland wordt ontwaterd met centrifuges, zeefbandpersen en kamerfilterpersen. Ongeveer tweederde van alle slib wordt ontwaterd met centrifuges en ongeveer een vijfde met zeefbandpersen. Het overige slib wordt ontwaterd met kamerfilterpersen. Gemiddeld wordt een drogestof gehalte van 23 gew% bereikt. Filterpersen behalen het hoogste drogestof gehalte (ongeveer 26 gew%), daarna komen de centrifuges (ongeveer 23 gew%) en met zeefbanden wordt ontwaterd tot gemiddeld 21 gew% drogestof. Het STOWA rapport "Trends in slibontwatering" (STOWA 2012-46) geeft een uitgebreide analyse van de stand van zaken omtrent slibontwatering in Nederland.

# 4

## SLIBDROGING

Slib droging resulteert in hoge DS percentages door water te verdampen, op vele uiteenlopende manieren. Alle methoden voor slibdroging hebben een haalbaar DS percentage van boven de 90 gew%. Hiervoor kunnen vele verschillende warmtebronnen gebruikt worden.

### 4.1 WARMTEBRONNEN

Voor slibdroging komt zowel laagwaardige als hoogwaardige warmte in aanmerking. Vaak zal de beschikbaarheid op locatie van reststromen of bijvoorbeeld beschikbaar biogas bepalen wat de goedkoopste optie is. Laagwaardige warmte heeft een lage temperatuur, hoogwaardige warmte een hogere temperatuur. De grens tussen laagwaardige en hoogwaardige warmte is niet officieel gedefinieerd, echter een werkbaar omslagpunt is 100 graden Celsius.

#### 4.1.1 WARMTEDRAGERS

Om warmte over te kunnen brengen is een warmte drager noodzakelijk. Als warmtedrager kunnen verschillende stoffen gebruikt worden:

- Vloeistoffen
  - Water
  - Thermische olie
- Gassen
  - Lucht
  - Stoom
- Overige
  - HITEC

HITEC is een thermisch zout, dit is vloeibaar boven 142 graden Celsius, en geschikt voor koelen/verwarmen bij temperaturen van 149 tot 538 graden Celsius.

De warmtedrager, of het medium, brengt zijn warmte over op het slib, waardoor water kan verdampen. De warmtedrager staat warmte af door afkoeling of fase verandering (condensatie).

#### 4.1.2 INDIRECTE EN DIRECTE DROGING

Het overbrengen van warmte kan zowel direct als indirect. Bij directe droging wordt het warmtedragend medium direct in aanraking gebracht met het slib. Zowel medium als droogdampen worden vervolgens in de afgasbehandeling behandeld.

Bij indirecte droging blijven het medium en het slib van elkaar gescheiden door een fysieke barrière. Bij indirecte droging is het oppervlak waarover de warmte kan worden uitgewisseld dan ook van groot belang.



#### 4.1.3 LAAGWAARDIGE WARMTEBRONNEN

Laagwaardige warmte heeft als belangrijk voordeel dat het vaak goedkoop en eenvoudig beschikbaar is (restwarmte). Verschillende bronnen zijn bijvoorbeeld:

- Zon
- Koelwater (WKK)
- Aardwarmte

Een nadeel van laagwaardige warmte is dat de opgewarmde lucht relatief weinig water verdampende capaciteit heeft. Daarom zal er veel warmtedrager noodzakelijk zijn. Dit heeft gevolgen voor de dimensionering van drooginstallaties, dan wel voor de tijd die noodzakelijk is voor drogen. Ook is de efficiëntie van de warmteoverdracht lager vanwege kleinere temperatuurverschillen. Laagwaardige warmte wordt alleen toegepast bij directe drogers, met als gevolg dat er een relatief grote droogdampbehandeling noodzakelijk is. Dit maakt drogen met laagwaardige warmte daarmee relatief duur.

#### 4.1.4 HOOGWAARDIGE WARMTE

Het voordeel van hoogwaardige warmte is dat het veel energie bevat in relatief weinig draager medium. De efficiëntie van overdracht kan door het hoge temperatuurverschil ook hoger zijn. Wel zijn mogelijke warmteverliezen groter en kunnen hoge temperaturen gevaar opleveren voor bedienend personeel. Hoogwaardige warmtebronnen zijn:

- Rookgas
- (Hoge druk) stoom
- Aard/biogas gestookte ketel
- Elektriciteit

### 4.2 DIRECTE DROGERS

Er zijn vele uitvoeringen van directe droging. De meest bekende hiervan zijn de trommel en band drogers, die ook veel toegepast worden op zuiveringsslib. Beiden kunnen zowel van hoogwaardige als laagwaardige warmte gebruik maken. Ook is het mogelijk de hete lucht te recirculeren door deze te ontdoen van waterdamp en indirect op te warmen.

#### 4.2.1 TROMMELDROGERS

In trommeldrogers wordt slib in een roterende trommel gebracht waardoor hete lucht geblazen wordt. Door schoepen aan de binnenzijde van de trommel wordt het slib intensief in contact gebracht met de lucht. Voorwaarde is wel dat het slib voorgedroogd is (of opgemengd met gedroogd materiaal) zodat de kleeffase overwonnen is. Het slib kan op verschillende manieren door de droger voortgestuwd worden. De trommel kan onder een kleine hoek staan waardoor het slib gravitair door de droger geleid wordt, bij horizontale drogers zorgt de luchtstroom door de droger voor de voortstuwing. Er is ruime ervaring met het drogen van slib in trommeldrogers (binnen Nederland: WBL).

Trommeldrogers worden voor veel verschillende bedrijven geleverd. Bekende leveranciers voor slibdroging zijn o.a.:

- Vandenbroek
- Swiss Combi Technology
- Simon Dryers
- Andritz

FIGUUR 8

ANDRITZ TROMMELDROGER



#### 4.2.2 BANDDROGERS

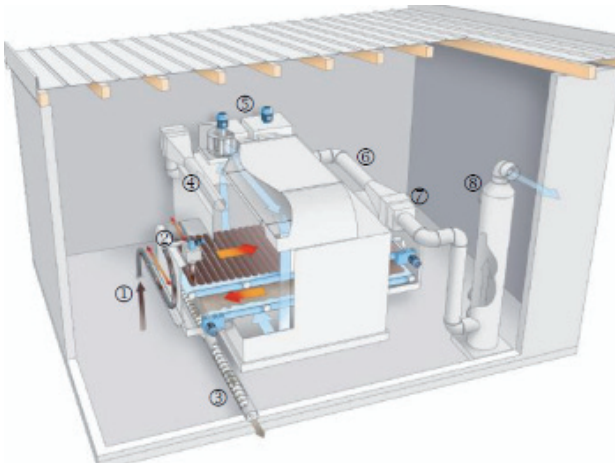
In banddrogers wordt het slib met een band door een droogruimte geleid, waar het slib in contact komt met hete lucht (door de band). Bij sommige banddrogers is het noodzakelijk de kleeffase te vermijden door uitgangsmateriaal op te mengen met droog materiaal.

Leveranciers van banddrogers zijn o.a.:

- Vandenbroek
- Binder
- Klein
- Huber

FIGUUR 9

HUBER BANDDROGER



#### 4.2.3 DROOGBEDDEN

Een eenvoudige manier van drogen is droging in een droogbed. Droogbedden kunnen op verschillende manieren ingericht worden. De meest eenvoudige is een enkele laag slib die door zonne-energie gedroogd wordt, al dan niet versterkt doormiddel van een droogkas en/of menging van het slib (bijvoorbeeld m.b.v. WendeWolf<sup>®</sup>, Electrisches Schwein<sup>™</sup>).

FIGUUR 10

WENDEWOLF BEDDROGER IN ZONNEKAS



Meer gecompliceerd zijn ladedrogers, waarbij verschillende lades boven elkaar lagen slib bevatten om zo oppervlak uit te sparen. Dit type drogers kan geen gebruik maken van zonne-energie.

Vanwege de grote benodigde oppervlaktes en de hoeveelheden slib die gedroogd moeten worden zijn deze technieken minder geschikt voor toepassing in Nederland. Wel zijn droogkassen zeer energiezuinig. Droogkassen worden buiten Nederland op vele zuiveringen (tot > 1.000.000 i.e., Managua, Nicaragua) ingezet voor het drogen van zuiveringsslib. Vaak zijn dit zuiveringen in landen met warme klimaten (bijvoorbeeld Spanje, Australië), maar ook in Duitsland en Polen worden zonnekassen ingezet. Ladedrogers worden niet ingezet voor deze toepassing. Leveranciers van droogkassen zijn onder andere:

- Veolia
- IST Anlagenbau
- Thermo-System

#### 4.2.4 SPROEI- EN FLASHDROGERS

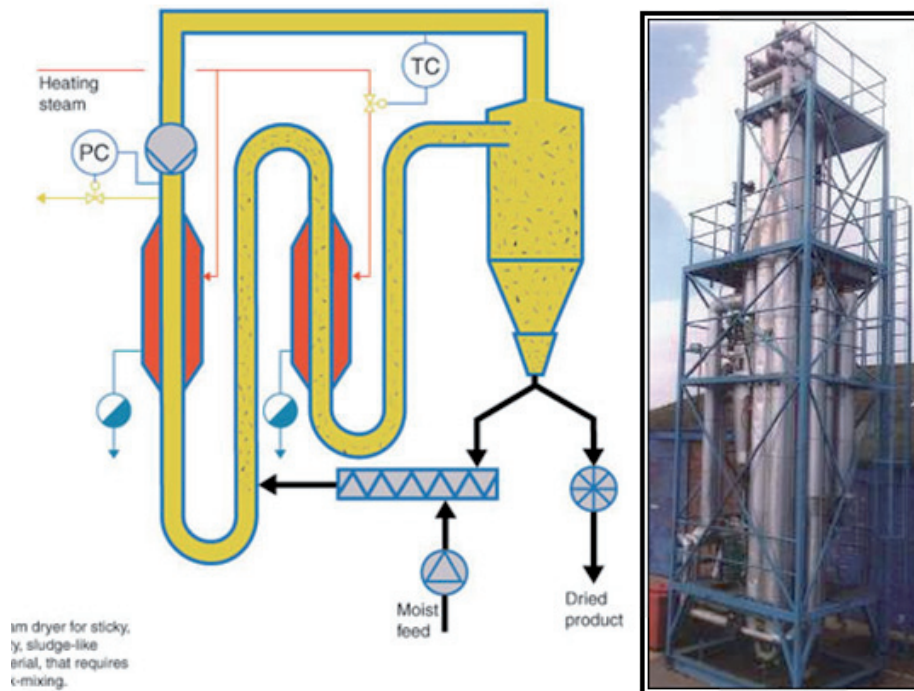
Sproei- en flashdrogers zijn drogers die sterk op elkaar lijken maar verschillen van drogingsprincipe. In een sproeidroger wordt het te drogen materiaal fijn versproeid in een droogruimte die gevoed wordt met heet gas. Door de grote verspreiding van het te drogen product wordt er snel een hoog DS gehalte bereikt. In flashdrogers wordt het te drogen product onder druk, fijn verdeeld in de droogkamer gebracht, die ook gevoed wordt met heet gas. Door de drukval die het materiaal ondergaat verdampt het oppervlakte vocht snel.

Het gedroogde materiaal wordt in beide drogers met de hete droogdampen afgevoerd, waarna de twee met filterdoeken en/of een cycloon worden gescheiden. Recirculatie van de lucht is mogelijk, na het verwijderen van overtollige waterdamp.

Het Exergy proces is een type flashdroger waarvan toepassingen op demonstratieschaal op communaal slib bekend zijn.

FIGUUR 11

SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET EXERGY-PROCES (LINKS) EN EEN DEMONSTRATIEOPSTELLING (RECHTS)



Sproei en flashdrogers worden door veel verschillende leveranciers geleverd, waaronder:

- GEA Niro
- Swedish Exergy AB

#### 4.2.5 VACUÛMDROGERS

In een vacuümdroger wordt een onderdruk gecreëerd waardoor met een lagere warmtevraag water verdampt kan worden. Dit kan in combinatie met vele drogervormen toegepast worden zoals banddrogers, trommeldrogers, droogbedden en alle typen indirecte drogers. Dat betekent dat er voorzieningen noodzakelijk zijn om de droogapparatuur onder vacuüm te zetten. Indien vacuüm mede toegepast wordt, wordt dit meegeleverd door de leverancier van de droger. Over het algemeen wordt vacuümdrogen toegepast voor stoffen die gevoelig zijn voor hogere temperaturen. Ook vanwege de kosten, zijn toepassingen vooral te vinden in de (fijn) chemie en voedingsmiddelenindustrie.

#### 4.2.6 WERVELBED DROGERS

In een wervelbed droger wordt het te drogen materiaal in een wervelbed gehouden (ook wel fluïde-bed) door heet gas van onderaf in te blazen. Vanwege de fluïde aard van het bed wordt door een continue toevoer ook een continue afvoer bereikt. Wervelbeddrogers worden sinds lange tijd ook in Nederland op slib toegepast (WBL, HHNK).

Leveranciers van wervelbeddrogers zijn;

- Andritz
- GEA Niro

#### 4.2.7 PULVERISED AIR DRYER

Een apart type droger is de Pulverised Air Dryer (of PAD droger). Hierin wordt nat materiaal in een luchtstroom gebracht met een zeer hoge snelheid. Vanwege de compressie van de lucht in een blower warmt de lucht op. Het water wordt vervolgens in een serie cyclonen afgescheiden, deels door verdamping als gevolg van de warme lucht en deels door mechanische afscheiding als gevolg van centrifugaalkrachten. In de serie cyclonen wordt steeds droger materiaal afgescheiden. Daar waar nodig wordt met blowers extra lucht toegevoerd. Vanwege de verwarming als gevolg van compressie in de blowers, en vanwege de deels mechanische afscheiding van water in de cyclonen is geen extra warmtebron nodig.

#### 4.2.8 CARVER GREENFIELD

In het Carver-Greenfield proces wordt slib vermengd met een hoogkokende, niet in water oplosbare dragervloeistof (bijvoorbeeld thermische olie), waarna het wateraandeel in het slib verdampt wordt, en het slib weer gescheiden wordt van de dragervloeistof. Door STOWA zijn in het verleden al studies gedaan naar het Carver-Greenfield proces (STORA 1991-02, RWZI-2000 89-06). De conclusie was dat het mogelijk kosteneffectief kan worden toegepast op zeer grote schaal, maar dat het een gecompliceerd proces is wat de nodige aandacht vraagt. Ook is het proces overwogen voor de droging van mest, waarvoor het niet/minder geschikt geacht wordt. Voor dit proces is geen specifieke leverancier bekend. Het proces is nog niet eerder in Nederland toegepast maar het is ook geen nieuw proces. Deze inventarisatie heeft geen nieuwe inzichten opgeleverd t.o.v. de al eerder door STOWA getrokken conclusies. Toepassingen van dit proces op communaal slib lijken sinds begin jaren negentig eerder afgenomen dan toegenomen te zijn.

#### 4.2.9 BIOLOGISCH DROGEN

Biologisch drogen maakt gebruik van biologische warmte die ontstaat wanneer het slib belucht wordt (composteren). Om een structuurverbetering te verkrijgen, het slib goed te kunnen beluchten en een juiste biologische activiteit te behalen wordt het slib gemengd met houtsnippers en reeds gecomposteed slib. Door biologische warmteontwikkeling verdampt veel van het in het slib aanwezige water. Het resulterende materiaal heeft een drogestof gehalte van ongeveer 70 gew% DS. Deze vorm van slibdrogen wordt in Nederland op zeer grote schaal toegepast bij GMB Slibverwerking. Voor kleinere hoeveelheden slib lijkt dit niet economisch toepasbaar.

### 4.3 INDIRECTE DROGERS

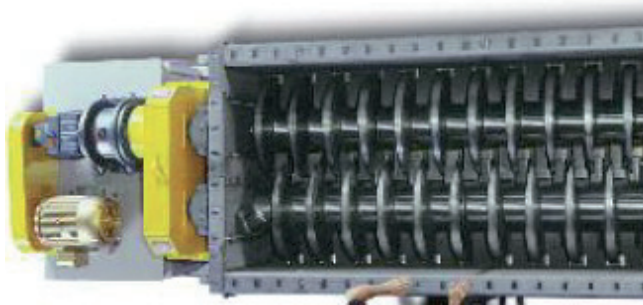
Indirecte drogers zijn er in verschillende uitvoeringsvormen. De paddledroger, dunne film droger en roterende schijven droger worden navolgend kort besproken.

#### 4.3.1 PADDLEDROGERS

Een paddle- of schoependroger is een droger welke voorzien is van één of meerdere assen waaraan schoepen bevestigd zijn. Een warmtedrager (olie, stoom) verwarmt deze assen en/of schoepen van binnenuit en komt zo niet in aanraking met het slib zelf. Het slib wordt in de droger door de schoepen voortbewogen. De schoepen hebben een zelfreinigende werking waardoor er geen rekening gehouden hoeft te worden met de kleeffase van het slib.

FIGUUR 12

K-S PADDLEDROGER



Leveranciers van paddledrogers zijn onder andere:

- Komline-Sanderson (K-S)
- GMF-Gouda

#### 4.3.2 DUNNE FILMDROGER

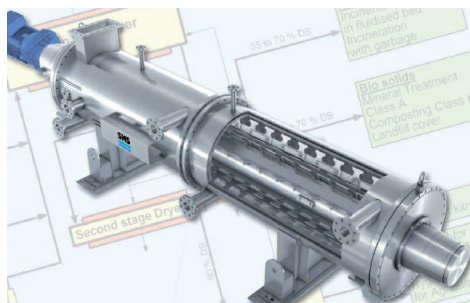
In een dunne filmdroger wordt het slib in een horizontaal geplaatste verwarmde mantel gebracht. Een menger met mengbladen houdt het slib in een dunne laag op de mantel, en stuwt het voort door de droger. Dunne film droging resulteert in slib van ongeveer 45 gew% drogestof, het droogt het slib dus niet verregaand zoals andere droogtechnieken.

Deze techniek wordt wereldwijd op grote schaal toegepast voor het drogen van slib. Leveranciers van dunne film droog technologie voor slib zijn:

- Buss-SMS-Canzler
- Degremont Technologies

FIGUUR 13

SMS DUNNE FILM DROGER



#### 4.3.3 ROTERENDE SCHIJVEN DROGER

Er zijn verschillende types roterende schijven drogers, waarin de as, waaraan de schijven bevestigd zijn, horizontaal of verticaal opgesteld staat. Het principe is eenvoudig, De schijven zorgen voor een groot contact oppervlak. De schijven worden van binnen uit de as verwarmd wordt door stoom of olie. Schrapers zorgen voor het transport over de schijven en voorkomen dat slib aankeekt, zowel in de horizontale als de verticale uitvoering.

Dit type drogers wordt, zowel horizontaal als verticaal opgesteld, wereldwijd gebruikt voor het drogen van zuiveringsslib. Te behalen drogestof percentages zijn afhankelijk van het type en de toepassing van de droger. Horizontale schijvendrogers (vaak toegepast als voordrogers) hebben vaak een droogresultaat van ongeveer 40 tot 50 gew% droge stof. Als de drogers ingezet worden als einddrogers zijn droogresultaten boven de 95 gew% mogelijk.

FIGUUR 14

KEPPEL SEGHERS SCHIJVENDROGER (IN AANBOUW, BALTIMORE, VS)



In Nederland worden schijvendrogers toegepast door HVC in de slibverbrandingsinstallatie te Dordrecht en door SNB in de SVI Moerdijk. Beide bedrijven zetten deze in als voordroging in het verbrandingsproces en drogen tot ca. 35-40% gew. ds.

Leveranciers van roterende schijven drogers zijn:

- Keppel-Sehgers (verticaal)
- Wykes
- Wulff
- Haarslev (voormalig Atlas Stord)

# 5

## OVERIGE TECHNOLOGIEËN (ANDERE WERKVELDEN/INDUSTRIEËN)

Er zijn nog veel meer typen drogers beschikbaar, die vooral in andere werkvelden of industrieën worden toegepast. Vaak zijn dit droogtypes die een eventuele negatieve invloeden van warmte op het te drogen materiaal verminderen of wegnemen, of die ontwikkeld zijn voor specifieke doeleinden (oppervlakedroging voor coatings/verf bijvoorbeeld).

Als eerste wordt vriesdrogen in de voedselindustrie zeer veel toegepast. Bij vriesdrogen wordt het te drogen materiaal afgekoeld en bevroren, waarna de druk dusdanig verlaagd wordt dat ijs direct overgaat in waterdamp door toegevoegde warmte. Deze laatste stap kan erg lang duren omdat bij toevoer van teveel warmte het product smelt en geen sprake meer is van sublimatie (vast → gas) maar verdamping (vloeistof → gas). Voor slibdrogen is deze techniek niet geschikt vanwege de lange procestijden en de hoge investeringskosten die ermee gemoeid zijn.

Een volgende techniek is eutectisch vriezen. Hierbij wordt de ingaande stroom dusdanig verafgekoeld dat er een eutectische oplossing bestaat. Dit is een mengsel van een verzadigde oplossing en verschillende uitkristalliserende vaste stoffen (bijvoorbeeld ijs en zout). Scheiding vindt vervolgens plaats op grond van dichtheidsverschillen. Amorfe stoffen kunnen niet kristalliseren, en daarom niet gescheiden worden. Slib is ook amorf en heeft daarom geen eutectisch punt, waardoor deze techniek niet toepasbaar is voor slibdroging.

Droging door middel van infrarood is een zeer efficiënte en snelle manier van drogen omdat infrarood straling specifiek water kan opwarmen. Dit wordt dan ook veel toegepast voor het drogen van verf, coatings en papier. Het is echter veel minder geschikt voor slib omdat IR een zeer slechte indringing van warmte heeft, er is alleen sprake van oppervlakte verwarming. Een andere methode van verwarming door middel van straling is microgolf verwarming. Dit wordt voor producten met een hoge toegevoegde waarde toegepast als vacuüm microgolf toepassing, maar ook voor slib zijn pilots gedaan met een band-microgolf droger waarin het werkingsprincipe is bevestigd.

Leveranciers van microgolfttechniek zijn:

- ANSA Technology



# 6

## SELECTIE

Bovenstaande inventarisatie levert de volgende groslijst aan technieken op.

Ontwatering	Droging
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeefbandpers               <ul style="list-style-type: none"> <li>Regulier</li> <li>Electro-osmose</li> </ul> </li> <li>• Kamerfilterpers</li> <li>• Bucher pers</li> <li>• Schroefpers               <ul style="list-style-type: none"> <li>Horizontaal</li> <li>Schuin</li> </ul> </li> <li>• Volute dehydrator</li> <li>• Roterende schijvenpers</li> <li>• Centrifuge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trommeldroger</li> <li>• Banddroger</li> <li>• Droogbedden               <ul style="list-style-type: none"> <li>Ladedroger</li> <li>Kassen</li> </ul> </li> <li>• Sproeidroger</li> <li>• Flashdroger</li> <li>• Vacuümdroger</li> <li>• Wervelbeddroger</li> <li>• Pulverised air dryer</li> <li>• Carver Greenfield</li> <li>• Biologisch drogen</li> <li>• Paddledroger</li> <li>• Dunnefilmdroger</li> <li>• Roterende schijven droger</li> <li>• Microgolfdroger</li> </ul>

De volgende criteria voor selectie vanuit de groslijst naar de factsheets zijn toegepast.

- Ontwatering
  - full scale toegepast (referenties)
  - bewezen op communaal slib
- Droging
  - droge stof > 50%
  - full scale toegepast (referenties)
  - bewezen op communaal slib

Voor zowel droging als ontwatering is er een overkoepelend criterium dat de technologieën nieuw moeten zijn voor Nederland. Met toepassing van deze selectiecriteria op de groslijst, vallen de volgende technieken af voor uitwerking in factsheets.

Niet bewezen op municipaal slib en/of niet full scale toegepast	Niet nieuw voor Nederland
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladedroger</li> <li>• Sproeidroger</li> <li>• Flashdroger</li> <li>• Vacuümdroger</li> <li>• Microgolfdroger</li> <li>• PAD droger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeefbandpers</li> <li>• Kamerfilterpers</li> <li>• Centrifuge</li> <li>• Trommeldroger</li> <li>• Droogbedden</li> <li>• Wervelbeddroger</li> <li>• Biologische droging</li> </ul>

De PAD droger (Pulverised Air Dryer) is alsnog opgenomen in een factsheet vanwege het door STOWA voorgenomen onderzoekstraject. Daarnaast is de flashdroger opgenomen omdat er op communiaal slib een demonstratieschaal referentie is gevonden.

Droging in kassen wordt door STOWA in een apart onderzoek bekeken en wordt daarom niet als factsheet opgenomen. Het Carver Greenfield is al eerder door STOWA geëvalueerd. Aangezien er geen nieuwe inzichten zijn wordt dit proces niet als factsheet opgenomen.

Om een groot aantal factsheets met vergelijkbare informatie te voorkomen zijn nauw verwante technieken op één factsheet beschreven. Om een goede vergelijking te kunnen maken met in Nederland bekende technieken, zijn voor zowel droging als ontwatering referentie factsheets opgenomen.

Dit resulteert in de volgende factsheets:

<b>Ontwatering</b>	<b>Droging</b>
1. Referentie: centrifuge en zeefbandpers	1. Referentie: wervelbeddroger en trommeldroger
2. Zeefbandpers met electro-osmose	2. Banddroger
3. Bucherpers	3. Flashdroger
4. Schroefpers:	4. Pulverised Air Dryer
5. horizontaal, schuin en "Volute Dehydrator"	5. Indirecte drogers:
6. Roterende schijvenpers	6. paddledroger, dunne film droger, roterende schijven droger

In bijlage 3 zijn de geselecteerde factsheets voor slibdrogen en slibontwateren bijgevoegd. Bij de verschillende technieken worden mogelijke leveranciers genoemd. Deze opsomming is illustratief en niet bedoeld als een uitputtende opsomming.

# 7

## BEREKENING KOSTEN

In de verschillende factsheets zijn voor ontwateren en drogen kosten opgenomen. Hiervoor zijn ook leveranciers met een vraagspecificatie geraadpleegd (zie bijlage 1). Daarnaast is er gebruik gemaakt van eigen inschattingen. In bijlage 2 zijn de werkbladen van de onderliggende kostenberekeningen weergegeven. De kostenberekeningen zijn opgezet met het doel om machines onderling met elkaar te kunnen vergelijken, niet om de totale slibverwerkingskosten in beeld te brengen. De scope voor de kostenberekening is hier dan ook op afgestemd. Niet onderscheidende installatie-onderdelen van slibontwatering of droging (slibsilo's, buffers, transportbanden, gebouw, voedingskasten, etc.) zijn niet meegenomen.

Om vergelijkbare offertes te verkrijgen is "standaard slib" gedefinieerd waarop de leveranciers hun aanbiedingen hebben gebaseerd. Voor ontwatering is uitgegaan van ingedikkt, vergist slib. Voor de drogers is ontwaterd vergist slib beschreven.

### 7.1 SLIBSPECIFICATIE ONTWATERING

Er is van communaal slib uitgegaan dat is vergist in een mesofiele vergisting (35 °C) met een verblijftijd van 20 dagen. Het slib is voor gisting en/of ontwatering op geen enkele wijze voorbehandeld en bestaat voor 50% uit primair en 50% uit secundair slib. Het heeft na gisting een droge stof gehalte van 3 gew% en een organische stof gehalte van 60%.

Samengevat:

- Uitgegist slib
 

Verblijftijd	20	dagen
Temperatuur	35	°C
- Geen voorbehandeling
- Drogestof gehalte 3 % droge stof
- Organische stof gehalte 60 %
- As gehalte 40 %
- Aandeel primair slib 50 %
- Aandeel secundair slib 50 %

### 7.2 SLIBSPECIFICATIE DROGING

Er is van communaal slib uitgegaan dat is vergist in een mesofiele vergisting (35 °C) met een verblijftijd van 20 dagen. Het slib is voor gisting en/of ontwatering op geen enkele wijze voorbehandeld en bestaat voor 50% uit primair en 50% uit secundair slib. Het heeft na gisting en ontwatering een droge stof gehalte van 25 gew% en een organische stof gehalte van 60%.

Er is aangenomen dat er voldoende hoogwaardige warmte op locatie aanwezig is.

Samengevat:

- Ontwaterd uitgegist slib
 

Verblijftijd	20	dagen
Temperatuur	35	°C
- Geen voorbehandeling
- Drogestof gehalte 25 % droge stof
- Organische stof gehalte 60 %
- As gehalte 40 %
- Aandeel primair slib 50 %
- Aandeel secundair slib 50 %

### 7.3 ONTWATERING

Bij het berekenen van de kosten van ontwatering is uitgegaan van de volgende aannames:

- Afschrijftermijn 10 jaar
- Onderhoud 2 – 10 % van de investeringssom per jaar
- Rente 5 %
- Opslagfactor investeringen 1,4 – 1,6 -  
Voorbereiding, toezicht, engineering, advieskosten, vergunningen, installatie, etc.
- Energiekosten 0,10 € / kWh
- Operatorkosten 40.000 € / FTE.jaar
- Chemicaliënkosten (PE) 5 € / kg actief PE
- Beschikbaarheid 95 %

Alle prijzen zijn exclusief BTW. Ook de opslagfactor investeringen bevat *geen* BTW component.

De afschrijftermijn van 10 jaar is een behoudende keuze, normaal wordt uitgegaan van 15 jaar. Ook is bekend dat de afschrijftermijn tussen de verschillende type machines varieert. Echter omwille van de vergelijkbaarheid is hier gekozen voor één afschrijftermijn.

De range voor onderhoud is behoudend gekozen op basis van ervaringsgetallen. Indien leveranciers onderhoudskosten gegeven hebben zijn de opgegeven kosten gerapporteerd.

Alle budgetoffertes of ramingen van marktpartijen zijn onderling vergelijkbaar gemaakt, waarbij is inbegrepen:

- Ontwateringsmachine
- PE dosering
- Directe besturing (bijvoorbeeld motorbesturingskasten of automatisering opgenomen in de machines zelf)

Indien anders vermeld in de budgetofferte van de leverancier is er uitgegaan van een standaard “package unit” PE dosering op basis van vloeibaar PE. Vanwege het kleine schaafeffect in de kosten van een dergelijke doseerinstallatie is een standaardprijs opgenomen voor PE dosering, onafhankelijk van de schaalgrootte.

Niet opgenomen zijn:

- Aan/afvoerpompen
- Aansluitende leidingen en/of transportschroeven/banden
- Integratie in BBS/SCADA
- Gebouw, fundering, etc.
- Reserveonderdelen, gereedschap

Uit de vergelijkbaar gemaakte budgetoffertes/ramingen zijn de investeringskosten berekend met behulp van de opslagfactor. Voor de opslagfactor is een bandbreedte gehanteerd omdat er per machine verschillen zitten in complexiteit, randvoorwaarden, etc. Vervolgens is met behulp van de rente en de afschrijftermijn de annuïteit berekend.

Alle beschreven processen zijn continu te bedrijven. De jaarlijkse capaciteit (ton DS per jaar) is uitgerekend op basis van 24 uur per dag, 7 dagen per week, en 95% beschikbaarheid. Indien de leverancier een dagcapaciteit opgegeven heeft is deze gebruikt in de berekeningen. De kapitaalslasten en operationele kosten zijn vervolgens per ton droge stof uitgerekend.

#### 7.4 DROGEN

Bij het berekenen van de kosten van drogen is uitgegaan van de volgende aannames:

• Afschrijftermijn	10	jaar
• Onderhoud	2 – 10	% van de investeringssom per jaar
• Rente	5	%
• Opslagfactor investeringen	1,4 – 1,6 -	
	Voorbereiding, toezicht, engineering, advieskosten, vergunningen, etc.	
• Energiekosten – Elektrisch	0,10	€/ kWh
• Energiekosten – Thermisch	0,0451	€/ kWh
• Operatorkosten	40.000	€/FTE.jaar
• Chemicaliënkosten (PE)	5	€/ kg actief PE
• Beschikbaarheid	95	%

Alle waarden zijn exclusief BTW, ook de opslagfactor voor investeringen bevat *geen* BTW-component.

De afschrijftermijn is behoudend gekozen, normaal wordt uitgegaan van 15 jaar.

De waarde van warmte is afgeleid uit de gasprijzen (CBS en Eurostat). Uit de gasprijzen voor 2011 is berekend wat de prijs voor 2013 zal zijn met een toename van 9% per jaar. Dit is de stijging die CBS geeft voor 2012.

Alle budgetoffertes of ramingen van marktpartijen zijn onderling vergelijkbaar gemaakt, waarbij is inbegrepen:

- De droger zelf
- Besturingscomponenten die uniek zijn voor de specifieke machine

Niet opgenomen zijn:

- Aan/afvoerpompen
- Aansluitende leidingen en/of transportschroeven/banden
- Integratie in BBS/SCADA
- Gebouw, fundering, etc.
- Droogdampbehandeling

De droogdampbehandeling is een essentieel onderdeel van elke droger, echter de uitvoeringsvormen lopen dermate sterk uiteen dat er geen eerlijk vergelijk te maken is. De keuze is volledig afhankelijk van het drogertype, de locatie specifieke case en de aard van de gebruikte warmte.

Er moet rekening worden gehouden met de temperatuur waarmee wordt gedroogd. Drogen bij lage temperatuur betekent meer te behandelen lucht en dus hogere kosten voor de behandeling van de droogdampen.

Uit de vergelijkbaar gemaakte budgetoffertes/ramingen zijn de investeringskosten berekend met behulp van de opslagfactor. Voor de opslagfactor is een bandbreedte gehanteerd omdat er per machine verschillen zitten in complexiteit, randvoorwaarden, etc. Vervolgens is met behulp van de rente en de afschrijftermijn de annuïteit berekend.

Alle beschreven processen zijn continu te bedrijven. De jaarlijkse capaciteit (ton DS per jaar) is uitgerekend op basis van 24 uur per dag, 7 dagen per week, en 95% beschikbaarheid, of op basis van de opgegeven dag-capaciteit. De kapitaalslasten en operationele kosten zijn vervolgens per ton droge stof uitgerekend.

Indien verbruiken per ton waterverdamping opgegeven zijn, zijn deze omgerekend naar het verbruik per ton droge stof met behulp van het ingaande droge stof gehalte en het opgegeven droogresultaat.

## 8

# SAMENVATTING EN KWALITATIEVE BESCHOUWING

Navolgende tabellen geven een samenvatting van de belangrijkste kenmerken, zoals deze in de factsheets zijn weergegeven, van de technieken voor slibontwatering en slibdroging.

SAMENVATTING SLIBONTWATERING

Techniek	Resultaat (% DS)	Chemicaliën- verbruik (g PE/ kg DS)	Energie- verbruik (kWh / ton DS)	Totaal kosten (€ / ton DS)	Schaalgrootte per machine (ton DS / jaar)
Bucherpers	20 – 40	6 – 18	50 – 60	60 – 130	1.100 – 6.700
Centrifuge	20 – 30	10 – 15	100 – 150	65 – 99	1.250 – 17.000
Electro-osmose	35 – 50	Nihil	650 – 1.500	150 – 300	650 – 3.300
Roterende-schijvenpers	Tot 25	~ 6	30	51 – 57	500 – 3.000
Schroefpers	18 – 25	5 – 10	~ 10	56 – 81	165 – 4.200
Volute dehydrator	~ 23	5 – 10	15 – 25	68 – 94	85 – 1.250
Zeefbandpers	20 – 25	8 – 12	20 – 25	47 – 72	250 – 10.000

SAMENVATTING SLIBDROGING

Techniek	Resultaat (% DS)	Energie- verbruik W (kWh/ton DS)	Energie- verbruik E (kWh / ton DS)	Totaal kosten (€ / ton DS)	Schaalgrootte per machine (ton DS / jaar)
Banddroger	Tot 95	~ 2.500	~ 270	210 – 220	550 – 17.000
Flashdroger	90 – 95	2.200	~ 116	150 – 190	350 – 1.400
Indirecte drogers	70 – 95	1.950 – 2.700	~ 270	120 – 210	85 – >17.000
PAD	70 – 80	Nihil	320 – 533	56 – 81	~ 10.500
Trommeldroger	90 – 93	4.100	380	~ 330	tot 17.000
Wervelbeddroger	90 – 93	2.900	150	~ 230	tot 17.000

Als alternatieven voor de gangbare centrifuge, zeefbandpers en kamerfilterpers, zijn de bucherpers, roterende schijvenpers, schroefpers (standaard en volute dehydrator) en electro osmose als interessante technieken naar voren gekomen. Van deze technieken is in Nederland weinig tot geen praktijkervaring. Hoewel het energieverbruik, PE verbruik en ontwateringsresultaat sterk afhangt van het type slib, kan er toch een kenmerkende trend tussen de verschillende technieken worden onderscheiden.

De bucherpers en de electro-osmose pers laten relatief hoge drogestof percentages zien met daar tegenover hogere verbruiken in energie en/of chemicaliën. Van deze technieken wordt verwacht dat resultaten tot (boven) 30 gew% haalbaar zijn. Voor de electro-osmose pers worden waarden tot 50 gew% genoemd.

De roterende schijvenpers en de schroefpersen laten in verhouding lagere operationele kosten zien (energieverbruik, chemicaliënverbruik, onderhoud en arbeid). Het resultaat hiervan is echter een lager droge stof gehalte in het ontwaterde slib, gemiddeld bedraagt dit 18 tot 25 gew%.

Of een bepaalde techniek gerechtvaardigd is wordt vooral ook bepaald door de totale kosten in de slibketen (tot en met slibeindverwerking). Het is aanbevelenswaardig om in Nederland meer ervaring op te doen met voornoemde voor Nederland nieuwe technieken en deze mee te nemen in de afweging bij vervanging van slibontwatering apparatuur.

Naast de voor Nederland bekende wervelbed- en trommeldrogers zijn band-, flash-, indirecte drogers en PAD drogers als interessante droogtechnieken naar voren gekomen. Niet enkel het absolute energieverbruik (warmte en elektriciteit) is van belang, ook het feit of er van laagwaardige (restwarmte) gebruik kan worden gemaakt kan bepalend zijn in de operationele kosten van droogprocessen. Ondermeer om deze reden raken trommeldrogers en wervelbeddrogers uit de belangstelling. Er zijn alternatieven beschikbaar tegen vergelijkbare of lagere kosten. Specifiek de PAD droger komt aantrekkelijk naar voren, hier ontbreken echter nog de nodige praktijkschaal ervaringen.

Ook voor drogers geldt dat of een bepaalde droogtechniek gerechtvaardigd is vooral ook wordt bepaald door de totale kosten en de primaire energiebalans in de slibketen (tot en met slibeindverwerking). Het is aanbevelenswaardig om in Nederland meer ervaring op te doen met voornoemde voor Nederland nieuwe technieken en deze mee te nemen in de afweging bij vervanging van slibdroging of bij nieuwe oplossingsrichtingen in de slibketen.





**BIJLAGE 1**

# VRAAGSPECIFICATIE LEVERANCIERS

Deze bijlage bevat de uitvraag naar de verschillende leveranciers. Deze is vanwege de internationale aanbieders in het Engels gesteld. Voor ontwatering en droging is een verschillende uitvraag gedaan.

**1.1 UITVRAAG DROGING**

Dear Sir/Madam,

The Dutch Foundation of Applied Water Research (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer or STOWA) has requested us to do a market survey of available sludge drying technologies. Based on several criteria your technology has been selected for further evaluation in a factsheet, which will be openly distributed by STOWA when the project is finished.

These factsheets will contain information on the operating principle of the technology and, more importantly, on the performance of the technology. Therefore we request you to supply us with information regarding:

- Final drying result (based on the sludge information given, see below)
- Energy usage
- Chemical usage (if applicable, type and amount)
- Requirement for pretreating/preconditioning of the sludge
- Required operator attention
  - Degree of automatisisation
- Required investment
  - only the apparatus, excluding building or connecting pipework
- Capacity range (dry weight or water evaporation per day)
- Required secondary equipment for drying operations (i.e. off gas treatment)
- Three reference sites on municipal sewage sludge
- Other fields of application of the technology (i.e. industrial, food industry, etc.)
- Other remarks

The capacity of the machine may be chosen (optimally), but realistically. The suggested sludge throughput is in the order of 1.000 to 10.000 kg of dry solids per day (1,1 to 11 US short tons). The “reference” sludge is municipal sewage sludge, biological nutrient removal plant, anaerobically stabilized by digestion (retention time 20 days, 35°C (or 95°F), mixed primary and secondary sludge (50%/50%)), which has been subsequently dewatered:

- Solids content 25 % dry solids
- Organic matter in solids 60 %

The supplied values/aspects will be reported in a standard format with clear references to the information you have supplied.

## 1.2 UITVRAAG ONTWATERING

Dear Sir/Madam,

The Dutch Foundation of Applied Water Research (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer or STOWA) has requested us to do a market survey of available sludge dewatering technologies. Based on several criteria your technology has been selected for further evaluation in a factsheet, which will be openly distributed by STOWA when the project is finished.

These factsheets will contain information on the operating principle of the technology and, more importantly, on the performance of the technology. Therefore we request you to supply us with information regarding:

- Final dewatering result (based on the sludge information given, see below)
- Energy usage
- Chemical usage (type and amount, i.e. kg's of polymer or metal)
- Required operator attention
  - Degree of automatisisation
- Required investment
  - only the apparatus, excluding building or connecting pipework
- Specific sludge characteristics (if applicable)
- Capacity range (dry weight per day)
- Required secondary equipment for dewatering operations
- Three reference sites on municipal sewage sludge
- Other fields of application of the technology (i.e. industrial, food industry, etc.)
- Other remarks

The capacity of the machine may be chosen (optimally), but realistically. The suggested sludge throughput is in the order of 1.000 to 10.000 kg of dry solids per day (1,1 to 11 US short tons).

The "reference" sludge is municipal sewage sludge, biological nutrient removal plant, anaerobically stabilized by digestion (retention time 20 days, 35°C (or 95°F), mixed primary and secondary sludge (50%/50%):

- Solids content 3 % dry solids
- Organic matter in solids 60 %

The supplied values/aspects will be reported in a standard format with clear references to the information you have supplied.

**BIJLAGE 2**

# KOSTENBEREKENINGEN

Centrifuge

<b>Uitgangspunten:</b>	<b>Hoog</b>	<b>Laag</b>
Afschrijftermijn - mechanisch	10	10 jaar
Onderhoud - mechanisch	10	2 %
Rente	5	5 %
Opslagfactor investeringen	1,6	1,4 -
Waarde E	0,1	0,1 €/kWh
Waarde W	0	0 €/kWh
Waarde FTE	40.000	40.000 €/jaar
Waarde Chemicaliën	5	5 €/kg

<b>Machine specifieke waarden:</b>	<b>Hoog</b>	<b>Laag</b>
Opgegeven capaciteit	1500	1500 kg DS/uur
Draaiuren per dag	24	24 uur
Beschikbaarheid	95	95 %
Capaciteit - jaarlijks	12483	12483 ton ds/jaar
Verbruik - E	150	100 kWh E/ton ds
Verbruik - Chem	15	10 kg/ton ds
Arbeid	0,4	0,2 FTE

opgave  
opgave  
aanname  
berekend  
eigen ervaring  
eigen ervaring  
aanname

<b>Ontwatering</b>		
Uitgangsmateriaal	3 % ds	Uitgangspunt
Eindresultaat	25 % ds	Opgave producent

<b>Offertes:</b>	<b>Budget</b>
Westfalia, 2004	190.617 €
Note: offerte uit 2004, met 2% per jaar gecorrigeerd	
<i>Extra Onderdelen:</i>	
PE dosering	50.000 €
Besturing	16.700 €
onderdeel 3	€
<b>Totaal</b>	<b>66.700 €</b>
	<b>Investering</b>
	<b>Hoog</b>
	415.000
	<b>Laag</b>
	365.000 €

<b>CAPEX</b>	<b>Hoog</b>	<b>Laag</b>	<b>OPEX</b>
Investeringskosten machine	415.000	365.000 €	Energie - E Arbeid
Annuititeit	€ 53.744	€ 47.269 €/jaar	Onderhoud Chemicaliën
Totaal CAPEX	€ 4,31	€ 3,79 €/ton ds	Totaal OPEX
			€ 15,00 €/ton ds € 1,28 €/ton ds € 3,32 €/ton ds € 75,00 €/ton ds € 94,61 €/ton ds

Offertes: Prijs per onderdeel

Westfalia UCD 536	origineel	per 1
2 x decanter	€ 319.000	€ 159.500
1x set gereedschap	€ 6.500	€ 6.500
2 x centraal schacht	€ 3.750	€ 1.875
2 x vaste stof schacht	€ 2.600	€ 1.300
2 x motorbesturingskast	€ 33.400	€ 16.700
2 x set reserve onderdelen	€ 17.800	€ 8.900

### BIJLAGE 3

# FACTSHEETS

#### Factsheets slibontwatering

- Centrifuge en zeebandpers (referentietechniek)
- Electro-osmose
- Bucherpers
- Schroefpers
- Roterende-schijvenpers

#### Factsheets slibdroging

- Wervelbed- en Trommeldroger (referentietechniek)
- Bandroger
- Flashdroger
- Pulverised Air Droger
- Indirecte droging

## FACTSHEET SLIBONTWATERING

# CENTRIFUGE EN ZEEFBANDPERS

## (REFERENTIE TECHNIEK)

**WERKINGSPRINCIPE**

De centrifuge en zeefbandpers oefenen mechanisch een kracht uit op met poly-elektroliet (PE) behandeld slib, waardoor het water eruit geperst wordt. Een zeefbandpers doet dit met zeefbanden die met een serie rollen strak op elkaar gedrukt worden. Een centrifuge gebruikt centrifugaalkrachten om water en slib te scheiden.

**ONTWATERINGSRESULTAAT**

Centrifuge	20 – 30 % droge stof
Zeefbandpers	20 – 25 % droge stof

**Kosten***Centrifuge:*

Kapitaalslasten	3,8	tot	4,3	€ / ton droge stof
Arbeid	0,6	tot	1,3	€ / ton droge stof
Onderhoud	0,6	tot	3,3	€ / ton droge stof
Energie	10	tot	15	€ / ton droge stof
Chemicaliën	50	tot	75	€ / ton droge stof
Totaal	65	tot	99	€ / ton droge stof

*Zeefbandpers:*

Kapitaalslasten	3,7	tot	4,3	€ / ton droge stof
Arbeid	0,6	tot	1,3	€ / ton droge stof
Onderhoud	0,6	tot	3,3	€ / ton droge stof
Energie	2	tot	2,5	€ / ton droge stof
Chemicaliën	40	tot	60	€ / ton droge stof
Totaal	47	tot	72	€ / ton droge stof

**EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL**

Vrij van grove delen. Voor een centrifuge; bij voorkeur vrij van zand/abrasieve bestanddelen.

**ENERGIEVERBRUIK (ELEKTRISCH)**

Centrifuge	100 – 150	kWh per ton droge stof
Zeefbandpers	20 – 25	kWh per ton droge stof

**CHEMICALIËNVERBRUIK**

Centrifuge	10 – 15	g actief PE/kg droge stof
Zeefbandpers	8 – 12	g actief PE/kg droge stof

De chemicaliën dosering kan echter (sterk) verschillen afhankelijk van de aard van het slib, de voorbehandeling en de samenstelling.

**SCHAALGROOTTE***Centrifuge*

Minimaal 150 kg droge stof per uur

Maximaal 2.000 kg droge stof per uur

Komt overeen met ongeveer 1.250 tot 17.000 ton droge stof per jaar.

*Zeefbandpers*

Minimaal 30 kg droge stof per uur

Maximaal 1.200 kg droge stof per uur

Komt overeen met ongeveer 250 tot 10.000 ton droge stof per jaar.

**RUIMTEBESLAG**

Centrifuges en zeefbanden zijn compacte machines.

Het ruimtebeslag per machine is ongeveer 20 tot 30 m<sup>3</sup> voor zowel zeefbandpersen als centrifuges.

**REFERENTIES**

Zeefbanden en centrifuges zijn bewezen technologieën binnen Nederland voor de ontwatering van communaal en industrieel slib.

**BEDIENING EN ONDERHOUD**

Ontwatering vraagt continue supervisie en aansturing. Wel kan het proces volledig geautomatiseerd worden. Beide machines vragen regelmatig onderhoud, echter slijtage kan bij centrifuges aanzienlijk zijn. Zeker wanneer er bijvoorbeeld zand of struviet gevonden wordt in het slib, kan een centrifuge door de zeer snel draaiende delen snel slijten.

**LEVERANCIERS***Zeefbandpers*

Bellmer (D)

TEFSA (E)

Huber (D)

Andritz (AT)

*Centrifuge*

GEA Westfalia (D)

Alfa Laval (S)

Andritz (AT)

e.a.

e.a.

**PROCESOMSCHRIJVING**

Zowel bij centrifuges als zeefbandpersen wordt het slib voorbehandeld met PE (poly elektroliet). Deze polymeren destabiliseren het slib en zorgen ervoor dat er compacte vlokken gevormd worden, die eenvoudiger te ontwateren zijn. De dosering en het type PE zijn zeer sterk afhankelijk van de aard, de herkomst en de verwerkingwijze van het slib. Wel kan gesteld worden dat centrifuges een hoger PE verbruik nodig hebben dan zeefbandpersen. Daartegenover staat dat het ontwateringsresultaat van centrifuges ook hoger ligt.

**CENTRIFUGE**

Voor het ontwateren van slib worden decanter-centrifuges toegepast. Centrifuges oefenen centrifugaalkrachten uit op het slib-water mengsel (vergelijk met zwaartekracht bij gravitaire indikking, maar dan vele malen groter). Door de hogere dichtheid wordt op het slib een grotere kracht uitgeoefend dan op het water. Een centrifuge vermenigvuldigd deze kracht (tot enkele duizenden keren) door het mengsel zeer snel te laten roteren. Het slib "bezinkt" daarvoor naar buiten toe. Een decanter centrifuge is een type machine waarin een mantel met daarin een schroef in zijn geheel zeer snel roteert (enkele duizenden rotaties per minuut).



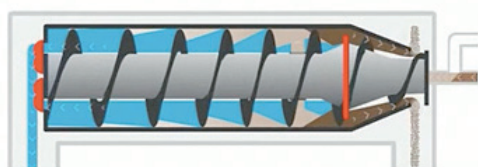
De schroef roteert echter een fractie sneller dan de mantel (enkele omwentelingen per minuut), waardoor het slib dat zich tegen de wand ophoopt afgevoerd wordt. Zie voor een dwarsdoorsnede van een dergelijke centrifuge de afbeeldingen hieronder.

### ZEEFBANDPERS

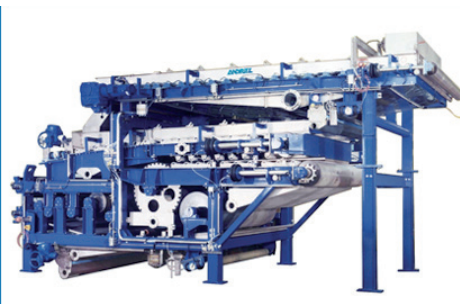
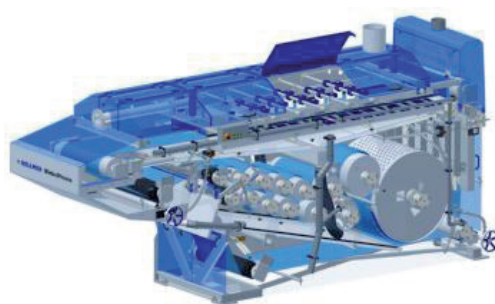
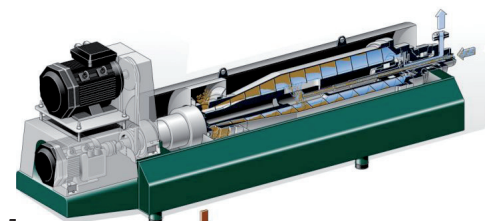
Na de voorbehandeling wordt het slib in een zeefbandpers op de band gebracht. Als eerste ontwateringsstap stroomt vrij water door de band weg onder invloed van de zwaartekracht. Na deze voorfiltratie wordt het slib geperst tussen twee zeefbanden die door een serie van rollers geleid worden. Naast de druk die de rollers uitvoeren ontstaat er ook een verschillsnelheid tussen de banden onder invloed van de rollers. Daarmee wordt het slib aan extra afschuifkrachten blootgesteld die het ontwateringsresultaat verbeteren. De zeefband fungeert als een filterdoek, het water wordt doorgelaten terwijl het slib tegengehouden wordt. Na ontwatering wordt het slib van de band geschraapt. De band wordt gereinigd door spoelen met water.

### AFBEELDINGEN

DOORSNEDE DECANTER CENTRIFUGE (ALFA LAVAL)



OPENGEWERKTE DECANTER CENTRIFUGE (GEA WESTFALIA)



Centrifuges produceren geluid en trillingen door de hoge snelheid van de bewegende delen. Centrifuges worden daarom in geluidswerende ruimten opgesteld op een geschikte fundering. Voor zeefbandpersen hoeven dergelijke maatregelen niet genomen te worden.

Geur kan bij beide typen ontwatering een probleem geven maar dat is afhankelijk van het slib.

### BRONVERMELDING

Alle in deze factsheet genoemde getallen zijn ervaringsgetallen. De investeringen zijn geraamd op basis van een recente offerte van Westfalia.

<http://www.alfalaval.com/>

<http://www.westfalia-seperator.com/>

<http://www.bellmer.de/>

[www.huber.de/](http://www.huber.de/)

## FACTSHEET SLIBONTWATERING

## ELECTRO-OSMOSE

**WERKINGSPRINCIPE**

Electro-osmose is een aanvulling op een reguliere zeebandpers of een nabehandelingsstap na een andersoortige ontwatering. Er zijn verschillende manieren waarop electro-osmose vormgegeven is. Dit kan vergelijkbaar met een zeebandpers (rollen, ELODE® proces) of als een vlakke pers (Cinetik®).

Het principe van electro-osmose is gebaseerd op de kracht die een elektrisch veld uitoefent op een geladen deeltje. Slib heeft een negatieve lading, en wordt daarom naar de positieve pool getrokken. Door het slib sterk naar de positieve pool te trekken en tegelijkertijd een negatieve pool er tegenaan te persen wordt het water tussen het slib uitgeperst. Daarbovenop is het sterke elektrische veld in staat celwanden te breken zodat ook een deel van het water dat in cellen gevangen zit afgescheiden kan worden. Daardoor kunnen hogere droge stof resultaten behaald worden met een electro-osmose. Hierdoor is de technologie ook goed geschikt voor lastig te ontwateren slibben, bijvoorbeeld 100% secundair slib.

**ONTWATERINGSRESULTAAT**

35 tot 50 % droge stof, afhankelijk van de slibeigenschappen.

**KOSTEN**

Kapitaalslasten	72	tot	83	€ / ton droge stof
Arbeid	1,2	tot	2,4	€ / ton droge stof
Onderhoud	11	tot	64	€ / ton droge stof
Energie	65	tot	150	€ / ton droge stof
Chemicaliën	-			€ / ton droge stof
Totaal	150	tot	300	€ / ton droge stof

(Eventuele voorontwatering is niet opgenomen in deze kosten.)

**EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL**

Vrij van grove delen, voorontwatering (minimaal 12% droge stof, mogelijk in de toekomst 3-5% droge stof). Het eind drogestofgehalte is afhankelijk van de aanvoer.

**ENERGIEVERBRUIK**

Elektrisch 650 – 1.500 kWh per ton droge stof

Het verbruik hangt sterk van de mate van voorontwatering. De bovengrens is gegeven bij 12% droge stof ingaand, de ondergrens gaat uit van 20% droge stof ingaand. Per ton verwijderd water wordt ongeveer 275 – 350 kWh verbruikt.

**CHEMICALIËNVERBRUIK**

Geen. Dit is wel noodzakelijk voor de voorontwatering.

De chemicaliën dosering kan echter (sterk) verschillen afhankelijk van de aard van het slib, de voorbehandeling en de samenstelling.

**SCHAALGROOTTE**

Minimaal 80 kg droge stof per uur

Maximaal 400 kg droge stof per uur

Komt overeen met ongeveer 650 tot 3.300 ton droge stof per jaar.

**RUIMTEBESLAG**

De grootste machine neemt ongeveer 45 m<sup>2</sup> in beslag. Aangezien dit een aanvulling op een bestaande ontwatering is, neemt de technologie in verhouding dus vrij veel ruimte in beslag.

**REFERENTIES**

De Cinetik<sup>®</sup> electro-osmose persen zijn in Canada full-scale toegepast op communaal zuiveringsslib. Ze zijn ook toegepast op industrieel slib, biomassa en papierslib. Het ELODE<sup>®</sup> proces wordt op verschillende Koreaanse zuiveringen toegepast, zowel communaal als industrieel.

**BEDIENING EN ONDERHOUD**

Het Cinetik<sup>®</sup> proces is ontworpen om volledig zelfstandig te kunnen draaien, 24 uur per dag met minimale inspanning van de operator.

**LEVERANCIERS**

ACE Korea (KR)

Ovivo Water (NL/VS)

Aquatreat (UK)

Degrémont (F)

**PROCESOMSCHRIJVING**

Er verschillende uitvoeringsvormen van de electro-osmose zeefband. Bij de één wordt het proces op een aparte zeefband rol toegepast (het ELODE<sup>®</sup> proces), bij de andere techniek wordt de osmose pers "plat" toegepast (CINETIK<sup>®</sup>). Zie ook de afbeeldingen voor de verschillende vormen. Voor beide technologieën moet het slib voorontwaterd zijn. Het Cinetik<sup>®</sup> proces is uitgevoerd als een aparte pers, het ELODE<sup>®</sup> proces kan geïntegreerd worden met een zeefband zodat de volledige ontwatering met 1 machine bereikt wordt.

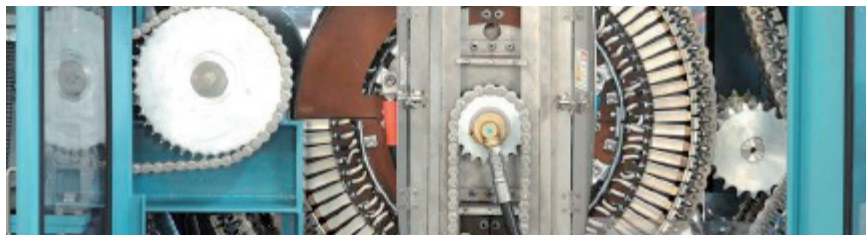
Slib heeft een negatieve lading en het wordt dus aangetrokken door een positief geladen pool. Daardoor wordt water tussen het slib vandaan geperst, en vloeit het richting de negatief geladen pool. Bij beide systemen kan het slib hier, via een zeefband, ontsnappen. Door het sterke elektrische veld dat over het slib gecreëerd wordt, worden er niet alleen grote krachten op het slib uitgeoefend, maar worden ook celmembranen gekraakt. Daardoor kan ook het inwendige celwater vrijkomen. Ook een deel van dit water wordt nu afgescheiden, waar dat bij normale mechanische ontwatering niet mogelijk is.

Bij het ELODE<sup>®</sup> proces is de positieve pool uitgevoerd als een rol van een zeefband. Na de ontwatering wordt het slib van de band geschrapt. De band wordt gereinigd door spoelen met water.

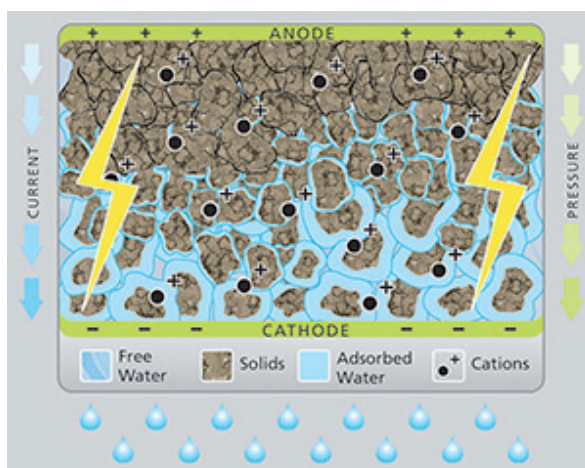
Bij het Cinetik<sup>®</sup> systeem wordt geen gebruik gemaakt van rollen, om de electrodes zo efficiënt mogelijk uit te kunnen voeren. Hier wordt de anode op de band gedrukt, waar de kathode zich onder bevindt. Het principe is hetzelfde, alleen de uitvoeringsvorm is anders.

## AFBEELDINGEN

ELECTRO-OSMOSE ANODE ROL (ELODE®, ACE KOREA)



WERKINGSPRINCIPE VAN EEN ELECTRO-OSMOSE (OVIVO WATER)



ELECTRO-OSMOSE ZEEFBAND (CINETIK®, OVIVO WATER)



## OMGEVINGSASPECTEN

Voor een electro-osmose pers gelden de zelfde omgevingsaspecten als een normale zeefband.

## BRONVERMELDING

Alle in deze factsheet genoemde getallen hebben betrekking op het Cinetik®-proces en zijn opgegeven door Ovivo Water. Van ACE Korea is geen reactie ontvangen.

Informatie van leveranciers is te vinden op (niet uitputtend):

<http://www.ovivowater.com/>

<http://www.elode.co.kr>

## FACTSHEET SLIBONTWATERING

# BUCHERPERS

## WERKINGSPRINCIPE

De Bucherpers is origineel een pers bedoeld voor het persen van appelsap uit appels. Het is een cilindrische ruimte met een zuiger die hydraulisch aangedreven wordt. De ruimte wordt gevuld met slib en uitgeperst, daarna wordt een extra hoeveelheid slib ingebracht en wordt er weer geperst. Wanneer de cilinder vol is volgt een extra persstap onder hogere druk, tijdens deze stap wordt het einddrogestof gehalte behaald. Water wordt afgevoerd via filterkousen. Het ontwaterde slib wordt dan afgevoerd en de cyclus begint opnieuw. Het slib dient voor de ontwatering te worden gecoaguleerd met behulp van poly-elektrolyet.

## ONTWATERINGSRESULTAAT

24 - 40 % droge stof, 50 % droge stof na voorbehandeling

Het resultaat van 50 % droge stof is behaald na toepassing van het KemiCond proces.

## KOSTEN

Kapitaalslasten	18	tot	21	€ / ton droge stof
Arbeid	1,8	tot	2,4	€ / ton droge stof
Onderhoud	4,7	tot	7	€ / ton droge stof
Energie	5	tot	6	€ / ton droge stof
Chemicaliën	30	tot	90	€ / ton droge stof
Totaal	60	tot	130	€ / ton droge stof

## EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL

Vrij van grove delen. Ingaand slib is tenminste ingedikt tot 2 - 10 % droge stof. Een drogestofgehalte van ten minste 4% is ideaal.

## ENERGIEVERBRUIK

Elektrisch 50 – 60 kWh per ton droge stof

## CHEMICALIËNVERBRUIK

6 – 18 g actief PE/kg droge stof

De chemicaliën dosering kan echter (sterk) verschillen afhankelijk van de aard van het slib, de voorbehandeling en de samenstelling.

## SCHAALGROOTTE

Minimaal	130	kg droge stof per uur
Maximaal	800	kg droge stof per uur

Komt overeen met ongeveer 1.100 tot 6.700 ton droge stof per jaar.

## RUIMTEBESLAG

De grootste persen nemen ongeveer 40 m<sup>2</sup> per pers in beslag. Daarmee zijn het vrij compacte machines. Vaak worden Bucher persen op metalen frames gemonteerd zodat onder de persen het ontwaterde slib verzameld en afgevoerd kan worden en de polymeedosering er geplaatst kan worden. Zo wordt optimaal gebruik gemaakt van de ruimte.

## REFERENTIES

In Nederland zijn er geen referenties met Bucherpersen voor het ontwateren van municipaal slib. Binnen Europa zijn er tenminste 8 referenties op communaal slib. De persen worden ook ingezet in de voedingsindustrie (sappen) en op zuiveringen voor leerlooierijen. Testen zijn ook gedaan in de papier- en biogasindustrie.

## BEDIENING EN ONDERHOUD

De persen vereisen geen speciale aandacht in onderhoud of bediening. Het proces is volledig geautomatiseerd en kan vol continu draaien. Dagelijkse supervisie van het proces neemt ongeveer een half tot één uur in beslag.

## LEVERANCIER

Bucher Unipektin (CH)

## PROCESOMSCHRIJVING

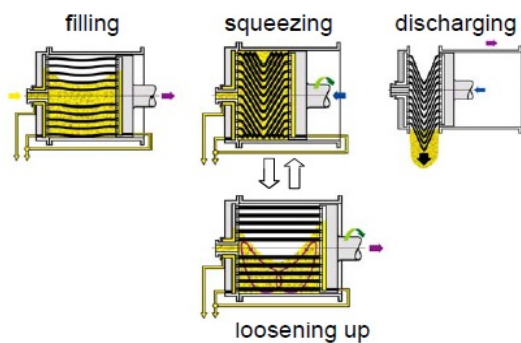
Voor het slib ontwaterd wordt in de pers wordt het slib voorbehandeld met PE (poly elektrolyet). Deze polymeren destabiliseren het slib en zorgen ervoor dat er compacte vlokken gevormd worden, welke eenvoudiger te ontwateren zijn. De dosering en het type PE zijn zeer sterk afhankelijk van de aard, de herkomst en de verwerkingswijze van het slib.

Het slib wordt vervolgens in de persruimte gebracht, die is voorzien van filterkousen. Als de ruimte vol is wordt het slib eerst onder lage druk ontdaan van een groot deel van het water. Nadat het eenvoudig te verwijderen water eruit geperst is wordt de zuiger weer teruggebracht in de uitgangspositie. Het slib komt los van de filterkousen en er ontstaat ruimte. Hierdoor wordt het slib extra gemengd. Nieuw slib wordt ingebracht en dit wordt ook op lage druk geperst. Dit proces herhaalt zich tot de cilinderruimte volledig gevuld is met voorontwaterd, goed gemengd slib. Vervolgens wordt het slib onder extra hoge druk gebracht en wordt het laatste restwater eruit geperst. Ook hier wordt doormiddel van persen en “losmaken” meerdere malen geperst om een zo hoog mogelijk drogestof gehalte te behalen.

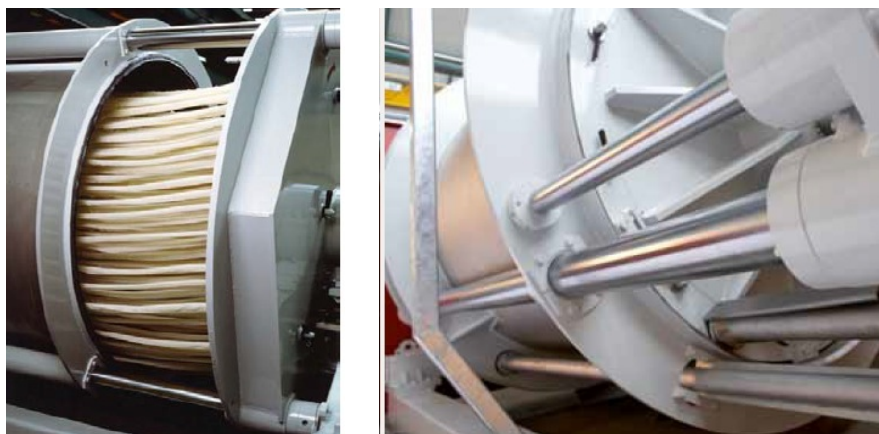
Nadat het gewenste gehalte is bereikt wordt de cilinderruimte geopend (naast de perscilinder word ook de wand teruggetrokken) en wordt het slib afgevoerd . Het slib valt onder invloed van de zwaartekracht tussen de filterkousen vandaan. Nadat de cilinder geleegd is kan het proces opnieuw beginnen. Een typische cyclusduur is ongeveer 70 tot 120 minuten. Het grootste model pers heeft een persvolume van ongeveer 12 m<sup>3</sup>.

## AFBEELDINGEN

PERSCYCLI (LINKS) VAN EEN BUCHER PERS (RECHTS)



BINNEWERK VAN EEN BUCHERPERS MET FILTERKOUSSEN (LINKS) EN DE PERSZUIGER (RECHTS)



## OMGEVINGSASPECTEN

Geluidsisolerende maatregelen zijn voor Bucherpersen niet noodzakelijk. Ook geur is normaal geen probleem, maar dit is afhankelijk van het slib.

## BRONVERMELDING

Alle in deze factsheet genoemde getallen buiten arbeidslasten zijn opgegeven door Bucher Unipektin AG, Zwitserland. Arbeidslasten zijn berekend op basis van een tijdsbesteding van 0,2 tot 0,4 FTE.

Informatie van leveranciers is te vinden op (niet uitputtend):

<http://www.bucherunipektin.com/>

## FACTSHEET SLIBONTWATERING

## SCHROEFPERS

**WERKINGSPRINCIPE**

Een schroefpers bestaat uit een schroef die het slib in een zeef drukt en het slib tegenhoudt. Doordat de tussenruimte tussen de schroef en de zeef steeds verder afneemt wordt er steeds meer water uitgeperst. Om tot goede ontwateringsresultaten te komen moet het slib worden voorbehandeld met PE.

Er bestaan enkele uitvoeringsvormen van schroefpersen. Ze kunnen zowel horizontaal als schuin opgesteld worden. Daarnaast bestaat er een specifieke uitvoering die de "Volute dehydrator" genoemd wordt. Bij deze machine is de zeef vervangen door een uit ringen bestaande trommel waardoor de schroef beter aan kan sluiten op de wand en de druk hoger wordt.

**ONTWATERINGSRESULTAAT**

Schroefpers	18 – 25 % droge stof
Volute dehydrator	23 % droge stof

Het maximale ontwateringsresultaat is bepaald met verschillende slibben. 22% is maximaal behaald met secundair slib, 38% is gehaald met primair slib. De gegeven range wordt aangeven als het gemiddelde resultaat.

**KOSTEN***Schroefpers:*

Kapitaalslasten	13	tot	15	€ / ton droge stof
Arbeid	1,60	tot	3,2	€ / ton droge stof
Onderhoud	Ongeveer		0,5	€ / ton droge stof
Energie	1	tot	2,5	€ / ton droge stof
Chemicaliën	40	tot	60	€ / ton droge stof
Totaal	56	tot	81	€ / ton droge stof

*Volute dehydrator:*

Kapitaalslasten	24	tot	27	€ / ton droge stof
Arbeid	3,2	tot	6,4	€ / ton droge stof
Onderhoud				
Onbekend				
Energie	Ongeveer		1	€ / ton droge stof
Chemicaliën	40	tot	60	€ / ton droge stof
Totaal	68	tot	94	€ / ton droge stof

(exclusief onderhoud)



**EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL**

Vrij van grove delen.

**ENERGIEVERBRUIK**

Schroefpers < 10 kWh per ton droge stof  
 Volute dehydrator ~ 15 - 25 kWh per ton droge stof

**CHEMICALIËNVERBRUIK**

5 - 10 g actief PE/kg droge stof

De chemicaliën dosering kan echter (sterk) verschillen afhankelijk van de aard van het slib, de voorbehandeling en de samenstelling.

**SCHAALGROOTTE**

Schroefpers 20 - 500 kg droge stof per uur  
 Komt overeen met ongeveer 165 tot 4.200 ton droge stof per jaar.

**VOLUTE DEHYDRATOR:**

10 - 150 kg droge stof per uur

Komt overeen met ongeveer 85 tot 1.250 ton droge stof per jaar.

De maximale capaciteiten zijn afhankelijk van het ingaande %DS en van het gewenste ontwateringsresultaat. Hoe hoger het gewenste resultaat, des te minder slib kan worden verwerkt.

**RUIMTEBESLAG**

Schroefpersen zijn zeer compacte machines. Het benodigde oppervlak is afhankelijk van de gekozen versie en bedraagt max. ca. 30 m<sup>2</sup>.

**REFERENTIES**

Schroefpersen worden in Nederland vooral toegepast voor het indikken en ontwateren van bijvoorbeeld mest. Op municipaal slib worden de persen in Nederland niet toegepast.

De Volute dehydrator is in Nederland alleen binnen de industrie toegepast. Er zijn wel testen zijn uitgevoerd op rioolwaterzuiveringsinstallaties. In het buitenland worden Volute Dehydrators wel toegepast op rwzi's.

**BEDIENING EN ONDERHOUD**

Schroefpersen kunnen volautomatisch aangestuurd worden en vereisen alleen regulier toezicht. Ze zijn onderhoudsarm vanwege de traag bewegende delen.

**LEVERANCIERS**

Dutch Spiral B.V. (Huber Rotamat) (NL)  
 Morselt Watertechniek B.V. (CDS Volute Dehydrator) (NL)  
 e.a.

**PROCESOMSCHRIJVING**

Bij schroefpersen wordt het slib voorbehandeld met PE (poly elektrolyet). Deze polymeren destabiliseren het slib en zorgen ervoor dat er compacte vlokken gevormd worden, die eenvoudiger te ontwateren zijn. De dosering en het type PE zijn zeer sterk afhankelijk van de aard, de herkomst en de verwerkingswijze van het slib.

Zoals beschreven wordt bij een schroefpers het uitgevlokte slib tegen een zeef gedrukt waardoor het water ontsnapt. De manier waarop de ruimte tussen de schroef en de zeef teruggebracht wordt verschilt tussen de uitvoeringsvormen. Zowel een toenemende schroefasdiаметer of een afnemende zeef diameter zijn beiden mogelijk. Bijgevoegde afbeeldingen laten een dwarsdoorsnede van een schroefpers zien.

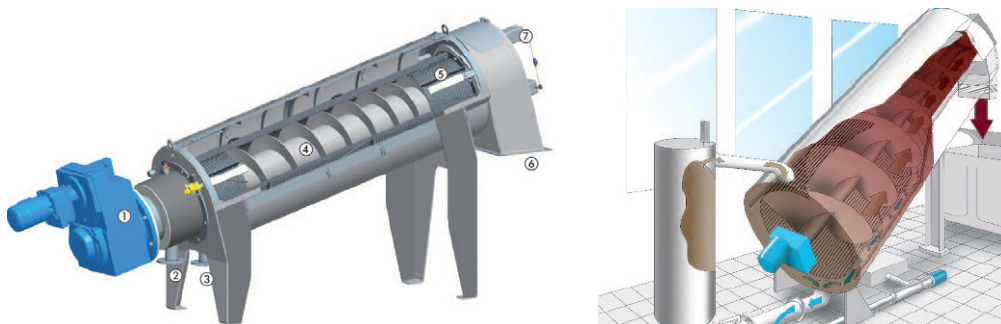
De persen kunnen zowel horizontaal als schuin opgesteld worden. Dit heeft verder geen effect op de ontwatering, echter het kan eenvoudiger zijn (bijvoorbeeld slib aan- en afvoer).

De Volute Dehydrator is niet voorzien van een zeef maar van een trommel die opgebouwd is uit ringen. Een deel is vastgezet en een deel van de ringen beweegt. De bewegende ringen zijn iets kleiner van doorsnede dan de schroef waardoor deze de ringen op en neer bewegen. Door de bewegende ringen is het mogelijk de schroef veel nauwer aan te laten sluiten op de trommel, zonder dat slib doorslaat. Ook "snijden" de ringen in het slib, waardoor het beter gemengd en ontwaterd wordt.

Sommige schroefpersen, waaronder ook de Volute Dehydrator, zijn uitgerust met strak afgebakende zones. Een eerste zone is voor snel indikken, waarna langzaam de druk toeneemt en uiteindelijk het slib in de pers-zone komt waar het laatste water eruit geperst wordt. Bij andere schroefpersen lopen deze zones geleidelijk in elkaar over.

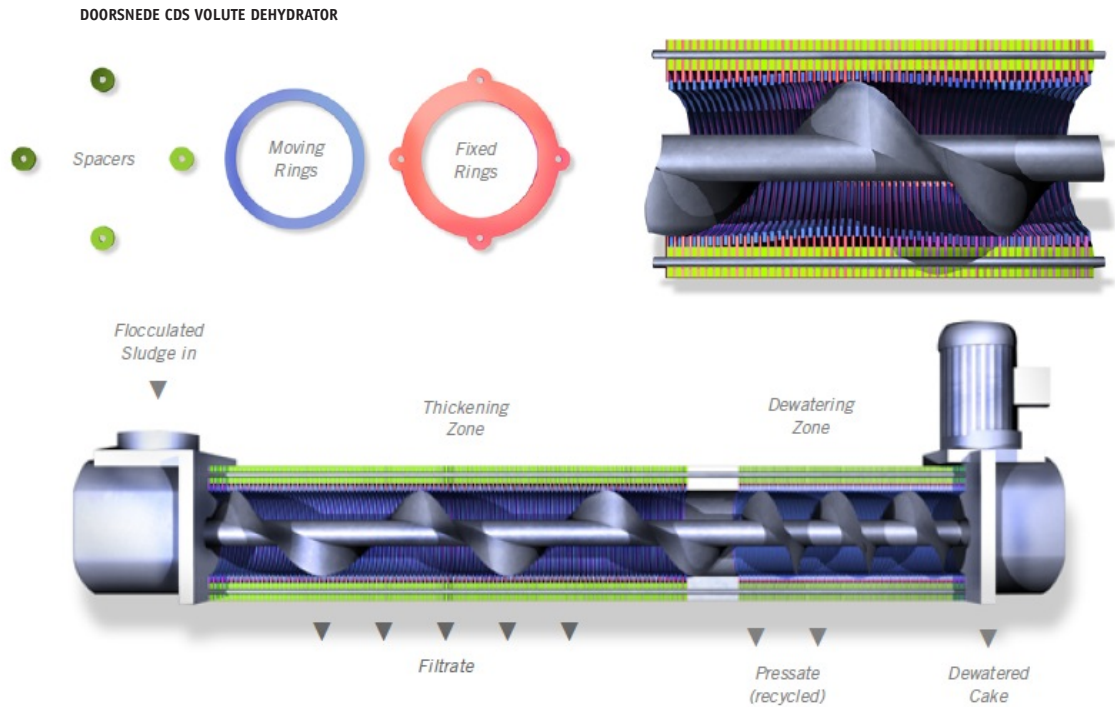
## AFBEELDINGEN

OPENGEWERKTE SCHROEFERS, TOENEMENDE ASDIAMETER EN AFNEMENDE TROMMELDIAMETER (BEIDEN HUBER)



MEERDERE SCHROEFERS IN BEDRIJF (HUBER)





#### OMGEVINGSASPECTEN

Schroefpersen produceren weinig geluid. Maatregelen voor geur zijn normaal niet noodzakelijk en zijn afhankelijk van het type slib dat ontwaterd wordt.

#### BRONVERMELDING

Alle in deze factsheet genoemde getallen zijn opgaves van Dutch Spiral B.V., de vertegenwoordiger van Huber schroefpersen in Nederland, of Morselt Watertechniek, de vertegenwoordiger van de Volute Dehydrator technologie in Nederland. Voor het chemicaliënverbruik zijn geen waarden opgegeven, hiervoor zijn aannames gemaakt.

Informatie van leveranciers is te vinden op (niet uitputtend):

<http://www.dutchspiral.com/>

<http://nl.morselt.com/>

## FACTSHEET SLIBONTWATERING

# ROTTERENDE-SCHIJVENPERS

## WERKINGSPRINCIPE

De roterende-schijvenpers werkt op een vergelijkbare manier als alle andere persen. Met poly-electroliet behandeld slib wordt tussen twee parallel draaiende, water doorlatende schijven gebracht. De schijven trekken het slib als het ware door de pers, terwijl water door de schijven kan ontsnappen. Door de uitstroom van slib uit de pers te beperken wordt druk opgebouwd om het water af te scheiden.

Het systeem is modulair opgebouwd, zo kunnen meerdere persen (tot 6 stuks) op een enkele aandrijf-as geplaatst worden.

## ONTWATERINGSRESULTAAT

tot 25 % droge stof (vergist slib), gemakkelijk ontwaterbare slibsoorten worden tot 40% droge stof ontwaterd.

## Kosten

Kapitaalslasten	17	tot	19	€ / ton droge stof
Arbeid	1,3	tot	2,7	€ / ton droge stof
Onderhoud	Ongeveer		1,9	€ / ton droge stof
Energie	Ongeveer		3	€ / ton droge stof
Chemicaliën	Ongeveer		30	€ / ton droge stof
Totaal	51	tot	57	€ / ton droge stof

## EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL

Vrij van grove delen.

## ENERGIEVERBRUIK

Elektrisch 30 kWh per ton droge stof

## CHEMICALIËNVERBRUIK

Ongeveer 6 g actief PE/kg droge stof

De chemicaliën dosering kan echter (sterk) verschillen afhankelijk van de aard van het slib, de voorbehandeling en de samenstelling. De leverancier heeft geen range opgegeven, maar een indicatie.

## SCHAALGROOTTE

Minimaal 60 kg droge stof per uur

Maximaal 360 kg droge stof per uur

Genoemde schaalgroottes gaan uit van de modulaire opbouw.

Komt overeen met ongeveer 500 tot 3.000 ton droge stof per jaar per kanaal.

Machines hebben minimaal 1 kanaal, tot maximaal 6 kanalen. Het is gebruikelijk om een even aantal kanalen te kiezen.

### RUIMTEBESLAG

De machines zijn compact. Een zes-kanaals-pers neemt ongeveer 10 m<sup>2</sup> in beslag.

### REFERENTIES

De persen zijn binnen Europa alleen getest (Spanje). In de VS en in Canada worden de persen daadwerkelijk op municipaal slib toegepast. Ook worden de persen met succes ingezet voor het ontwateren van pulp en papierslib.

### BEDIENING EN ONDERHOUD

De persen zijn volledig geautomatiseerd en vereisen weinig aandacht. De leverancier geeft een tijdsbesteding van ongeveer 30 minuten per dag op. Onderhoud is beperkt door de lage draaisnelheden.

### LEVERANCIERS

Fournier (Can)

### PROCESOMSCHRIJVING

Evenals bij centrifuges en zeefbandpersen wordt het slib voorbehandeld met PE (poly elektroliet). Deze polymeren destabiliseren het slib en zorgen ervoor dat er compacte vlokken gevormd worden, die eenvoudiger te ontwateren zijn. De dosering en het type PE zijn zeer sterk afhankelijk van de aard, de herkomst en de verwerkingswijze van het slib.

Het voorbehandelde slib wordt in de pers gebracht. Door het roteren van de pers worden afschuifkrachten uitgeoefend op het slib welke het door de pers trekken. Naast de afschuifkrachten wordt druk opgebouwd door het beperken van de uitstroom van slibkoek. Zo wordt een zo hoog mogelijk drogestofgehalte gehaald. De schijven zijn waterdoorlatend, zodat filtraat kan ontsnappen.

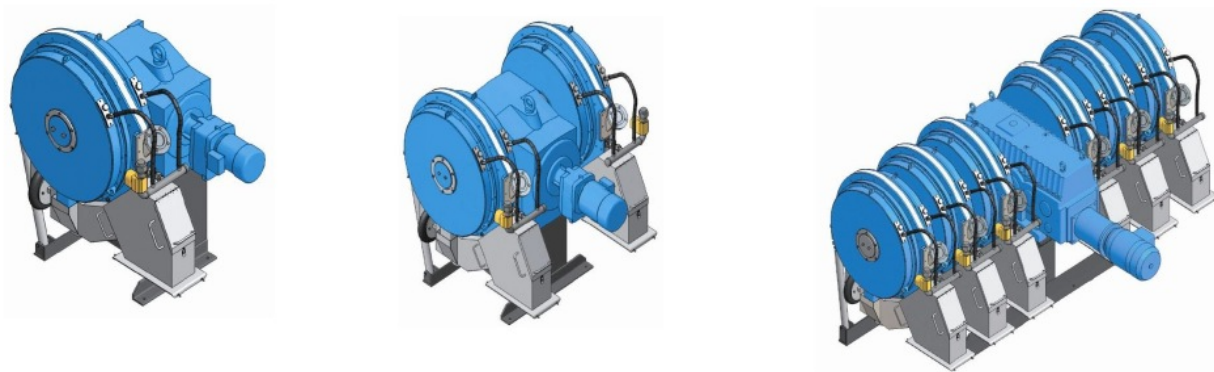
Het systeem is modulair van opzet. Er kunnen tot 6 persen op 1 aandrijf-as geplaatst worden (zie ook afbeeldingen). Wel moeten motorvermogens aangepast worden op het aantal persen.

### AFBEELDINGEN

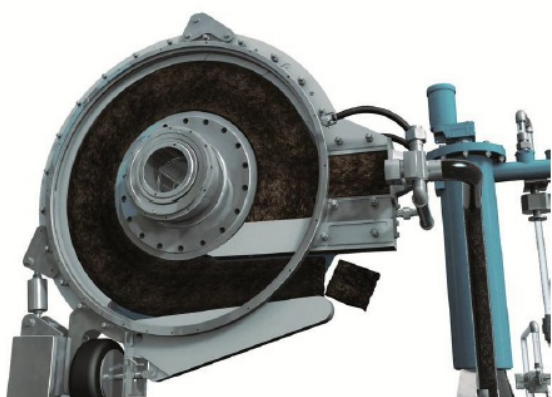
ROTERENDE-SCHIJVENPERS, TWEE MAAL 4 KANALEN (FOURNIER)



MODULAIRE OPZET ROTERENDE-SCHIJVENPERS. HIER 1, 2 EN 6 KANELEN (FOURNIER)



BINNENWERK VAN EEN ROTERENDE-SCHIJVENPERS. HET SLIB KOMT BINNEN VIA DE FLOCCULATOR (RECHTS) ER WORDT DOOR DE PERS GEVOERD (TEGEN DE KLOK IN). DOOR HET SMALLER WORDENDE KANAAL WORDT HET WATER ERUITGEPERST. ONTWATERD SLIB KOMT MISSEN ONDER VRIJ. (FOURNIER)



#### OMGEVINGSASPECTEN

De machines zijn volledig afgesloten, waardoor geen geur ontsnappen kan. Het systeem is geluidsarm.

#### BRONVERMELDING

Alle in deze factsheet genoemde getallen zijn opgegeven door de Europese partner van Fournier, Fagoredergarden, of berekend vanuit de opgegeven waarden.

Informatie van leveranciers is te vinden op (niet uitputtend):

<http://www.rotary-press.com/>

## FACTSHEET SLIBDROGING (REFERENTIE TECHNIEK)

## WERVELBED- EN TROMMELDROGER

**WERKINGSPRINCIPE**

In trommeldrogers wordt voldoende droog slib in een roterende trommel gebracht, welke doorstroomd wordt met hete lucht. De trommel is voorzien van schoepen zodat het slib door de draaiing van de trommel intensief met de lucht in contact gebracht wordt. Het slib wordt door de luchtstroom of door de zwaartekracht (de trommel staat dan onder een lichte hoek) door de trommel gevoerd. Bij trommeldrogers is het mogelijk gebruik te maken van droogdamprecirculatie om de energievraag en de te behandelen afgasstroom te reduceren.

In een wervelbeddroger wordt slib in een langwerpige droogruimte gebracht welke een geperforeerde bodemplaat heeft. Door de perforaties wordt hete lucht gevoerd welke het te drogen materiaal in een fluide bed brengt/houdt. Transport door de droger vindt plaats door verdringing en door de luchtstroom enigszins te richten. Wervelbeddrogers worden vaak ingericht als indirecte drogers (met droogdamprecirculatie) ten behoeve van de processturing.

Beide type drogers maken gebruik van hoogwaardige warmte, bijvoorbeeld met behulp van thermische olie of HP stoom.

**DROGINGSRESULTAAT**

WBL haalt met beide drogers gemiddeld 90 – 92% droge stof. HHNK (wervelbed) rapporteert tot 93% droge stof.

**KOSTEN***Wervelbeddroger*

Kapitaalslasten		~ 40	€ / ton droge stof
Arbeid		~ 5	€ / ton droge stof
Onderhoud		~ 20	€ / ton droge stof
Energie	E	~ 40	€ / ton droge stof
Energie	W	~ 125	€ / ton droge stof
Totaal		~ 230	€ / ton droge stof

De specifieke kosten van een trommeldroger zijn niet goed bekend. Op basis van de gegevens en de kosten voor de wervelbeddroger kan een schatting gemaakt worden. De totale kosten van een trommeldroger bedragen dan ongeveer 330 € per ton droge stof.

Om te kunnen komen tot een volledig en vergelijkbaar beeld zijn bovenstaande getallen afgeleid uit een combinatie van ervaringscijfers en informatie van leveranciers. Ze moeten dan ook gezien worden als een indicatie.

**EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL**

De kleeffase moet overwonnen worden, wat betekent dat gedroogd slib teruggemengd wordt zodat een mengsel ontstaat met ongeveer 60% droge stof. Er bestaan ook uitvoeringsvormen waar dit niet noodzakelijk is (zie ook bij procesomschrijving; SMS-Buss-Canzler Combidroger).

**ENERGIEVERBRUIK***Trommeldroger*

Elektrisch	0,13	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Elektrisch	~ 390	kWh per ton droge stof
Thermisch	1,4	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Thermisch	~ 4.200	kWh per ton droge stof

De genoemde verbruiken zijn gebaseerd op operationele gegevens.

**ENERGIEVERBRUIK***Wervelbeddroger*

Elektrisch	0,05	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Elektrisch	~ 150	kWh per ton droge stof
Thermisch	~ 1	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Thermisch	~ 3.000	kWh per ton droge stof

De genoemde verbruiken zijn gebaseerd op operationele gegevens.

**BRON/AARD ENERGIE**

De benodigde thermische energie moet van hoogwaardige aard (> 90 °C) zijn. Bijvoorbeeld rookgassen WKK-installaties zijn geschikte warmtebronnen, maar meestal wordt bio/aardgas gestookt.

**SCHAALGROOTTE**

Minimaal 1.000 kg H<sub>2</sub>O/uur per droger

Maximaal 10.000 kg H<sub>2</sub>O/uur per droger

Komt overeen met ongeveer 2.900 tot 29.000 ton droge stof per jaar.

**RUIMTEBESLAG**

Het ruimte beslag van trommeldrogers is vrij groot. Niet alleen de trommel zelf is vrij groot (3m doorsnede, ~20m lang) maar ook de vereiste randapparatuur neemt veel ruimte in beslag. Zeker op wat grotere schaal neemt een slibdrooginstallatie al gauw enkele honderden vierkante meters in. Een wervelbeddroger is wat compacter dan een trommeldroger (relatief kleine droogruimte), maar ook daar neemt de afgasbehandeling veel plaats in.

**REFERENTIES**

In Nederland worden zowel wervelbed en trommeldrogers ingezet voor het drogen van zuiveringsslib. De trommeldrogers van WBL zijn echter inmiddels uit bedrijf. De in Nederland gebouwde slibdrogers verwerken slibhoeveelheden op waterschapsniveau of hoger. Op waterschapsniveau wordt drogen vooral toegepast vanwege de sterk lagere afzetkosten van het slib (bijvoorbeeld bijstoken in cementovens).

**BEDIENING EN ONDERHOUD**

Trommel- en wervelbeddrogers worden volledig geautomatiseerd en draaien volcontinu. Wel zijn het door de grote hoeveelheid randapparatuur relatief complexe installaties die in bediening en onderhoud de nodige aandacht eisen. De ervaring leert dat wervelbeddrogers gebruiksvriendelijker zijn en veel minder arbeidsinspanning vragen dan trommeldrogers. Een wervelbeddroger met een capaciteit tot 15.000 ton droge stof per jaar vraagt om een arbeidsinspanning van ongeveer twee FTE. Deze droger gaat drie maal per jaar uit bedrijf voor een onderhoudsstop van vier dagen. Maandelijks wordt er, indien nodig, een inspectie uitgevoerd.



**LEVERANCIERS**

Andritz (AT)  
 Gea Niro (NL)  
 Vandenbroek (NL)  
 Buss-SMS-Canzler (combinatie droger) (D)  
 e.a.

**PROCESOMSCHRIJVING***Trommeldroger*

Er zijn twee types trommeldrogers, het is de manier van transport door de trommel verschillend. In het ene geval staat de trommel onder een kleine hoek waardoor het slib met behulp van de zwaartekracht door de trommel gevoerd wordt. In het andere geval ligt de trommel volledig horizontaal en wordt het slib door de luchtstroom door de trommel gevoerd. Daarmee is het luchtdebiet niet gekoppeld aan de doorvoersnelheid. Dit geeft extra vrijheden met betrekking tot de processturing.

Door rotatie van de trommel, en op de wand van de trommel gemonteerde schoepen wordt het slib intensief met de luchtstroom in contact gebracht. Het slib wordt aan de trommel gevoerd in een korrelige staat. Dit betekent dat er verregaand voorgedroogd moet zijn, of dat er sprake is van terugmenging van gedroogd slib met ontwaterd slib. Dit is noodzakelijk om de kleeffase van het slib te overwinnen, anders zou het slib aan de wanden van de trommel kleven waardoor effectieve droging niet langer mogelijk is.

Het droogproces kan zowel direct als indirect vormgegeven worden. De lucht heeft een temperatuursbereik van 230 tot 300 °C, geschikte warmtebronnen daarvoor zijn rookgassen of ketels. Zowel bij directe als bij indirecte droging kan lucht gerecirculeerd worden om zo efficiënt mogelijk gebruik te maken van de warmte, maar ook om de gasbehandeling zo klein mogelijk te houden. Zeker bij lagere temperaturen zijn grote volumes gas noodzakelijk om het slib voldoende te drogen. Alle ingebrachte lucht moet gezuiverd worden van stof, overtollig water en geurstoffen. Zodoende bestaat de gasbehandeling uit stoffilters of cyclonen, condensatoren of scrubbers en biologische of chemische filters. Vaak maakt niet de droger maar juist de afgasbehandeling het grootste deel uit van de installatie.

*Wervelbeddroger*

In een wervelbeddroger wordt slib in een droogkamer gebracht met een geperforeerde bodem. Door deze bodem wordt lucht van onder naar boven geblazen, zodanig dat het te drogen slib een zogeheten fluide bed vormt. De inblaassnelheid van de lucht is vergelijkbaar met de valsnelheid van het slib, waardoor het als het ware gaat zweven. Dit zorgt voor een intensief contact van de lucht met het slib. Om dit mogelijk te maken moet het ingebrachte slib een minimaal drogestof gehalte hebben, om verkleving te voorkomen. Hiertoe wordt gedroogd slib teruggemengd met aangevoerd slib. Slibtransport door de droger vindt plaats door verdringing, slib dat ingebracht wordt duwt het aanwezige slib weg. Aan het eind van de droogruimte "stroomt" overtollig gedroogd slib over een schot. Eventueel kan het slib ook getransporteerd worden door het richten van de luchtstroom. In dit geval hebben de perforaties in de bodem een beetje de vorm als een kaasschaaf.

Om het bed goed te laten fluidiseren is het van belang de luchtstroom en de materiaaleigenschappen goed op elkaar afgestemd zijn. Daarom zijn wervelbeddrogers uitgevoerd als indirecte drogers, de lucht die het slib droogt wordt gerecirculeerd en via een warmtewisselaar

voorzien van extra warmte. Zo kan de warmtetoevoer los gekoppeld worden van het lucht-debiet en verminderen de hoeveelheden te behandelen afgas. Voor een goede procesvoering is het ook van belang dat de materiaal eigenschappen niet sterk wisselen. WBL heeft de ervaring dat veranderingen in de slibsamstelling problemen kunnen veroorzaken bij het in stand houden van een goed fluide bed.

De droogkamer zelf is relatief compact bij een wervelbeddroger, daartegenover staat echter de randapparatuur, welke een aanzienlijke ruimte in beslag neemt. Dit omhelst een stoffilter/cycloon om het stof uit de droogdampen af te scheiden, een condensator, een afgasreiniging (biologisch of chemisch filter, thermische behandeling) en een warmtewisselaar om de recirculerende lucht weer op te warmen. De warmtewisselaar kan gevoed worden vanuit ketels of bijvoorbeeld met rookgassen van WKK's.

De Buss-SMS-Canzler droger is geen klassieke wervelbeddroger, maar een combinatiedroger. In de droger vormt een draaiende rotor het fluide bed wordt het slib door middel van stoominjectie en verwarming via de wanden gedroogd. Doordat het bed niet door een luchtstroom, maar mechanisch gerealiseerd wordt is dit type droger minder gevoelig voor variaties in materiaaleigenschappen. Daarnaast hoeft slib niet voorgedroogd op opgemengd te worden voor het de droger ingebracht wordt.

## AFBEELDINGEN

SMS-BUSS-CANZLER COMBIDROGER



ANDRITZ WERVELBEDDROGER



VANDEBROEK TROMMELDROGER



**OMGEVINGSASPECTEN**

Bij beide typen drogers moet rekening gehouden worden met stofvorming, daarom zijn ook stoffilters opgenomen in de procesontwerpen. Door droogdamprecirculatie is het mogelijk de lucht die in contact komt met het hete slib zuurstofloos te houden om het risico op stofexplosies weg te nemen. Ook in onderhoud is dit een belangrijk aandachtspunt.

Behandeling van de vrijkomende gassen is noodzakelijk, de droogdampen moeten worden ontdaan van stof en overtollig water. De afgassen moeten ook voor geur behandeld worden. Dit kan met (chemische) scrubbers, chemische of biologische filters en/of thermische behandeling.

**BRONDVERMELDING**

De in de facsheet genoemde getallen zijn afgeleid uit opgaven van leveranciers (Vandenbroek), of uit opgaven van in bedrijf zijnde installaties.

Informatie van leveranciers is te vinden op (niet uitputtend):

<http://www.vadeb.com/>

<http://www.andritz.com/>

<http://www.sms-vt.com/>

## FACTSHEET SLIBDROGING

## BANDDROGER

## WERKINGSPRINCIPE

Slib wordt op een transportband gebracht die het slib door een droogruimte voert. Warme/hete lucht wordt door de band gevoerd om zo het contact tussen de lucht en het te drogen slib te maximaliseren.

## DROGINGSRESULTAAT

tot 95% drogestof.

## KOSTEN

Kapitaalslasten	69	tot	78	€ / ton droge stof
Arbeid	2,3	tot	4,5	€ / ton droge stof
Onderhoud	8	tot	9,1	€ / ton droge stof
Energie	E	Ongeveer	27	€ / ton droge stof
Energie	W	Ongeveer	100	€ / ton droge stof
Totaal	210	tot	220	€ / ton droge stof

## EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL

Voorontwatering. Bij sommige uitvoeringen moet ook de kleeffase voorkomen worden. In dit geval wordt gedroogd materiaal terug gemengd met ontwaterd slib. Het kan noodzakelijk zijn het slib vrij te maken van grove delen in verband met het opbrengen van het slib op de band (bijvoorbeeld door middel van extrusie).

## Energieverbruik

Elektrisch	~ 0,1	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Elektrisch	~ 270	kWh per ton droge stof
Thermisch	0,8 -0,9	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Thermisch	~ 2.500	kWh per ton droge stof

## BRON/AARD ENERGIE

De benodigde thermische energie kan zowel van laagwaardige (tot ~70 – 90 °C) als van hoogwaardige aard (> 90 °C) zijn. Bijvoorbeeld rookgassen en/of koelwater van WKK-installaties zijn geschikte warmtebronnen.

## SCHAALGROOTTE

Minimaal	200	kg H <sub>2</sub> O/uur
Maximaal	6.000	kg H <sub>2</sub> O/uur per droger

Komt overeen met ongeveer 550 tot 17.000 ton droge stof per jaar.

## RUIMTEBESLAG

Een banddroger met een capaciteit van ongeveer 1 ton waterverdamping per uur neemt ongeveer 90 m<sup>2</sup> in beslag. Dit is alleen de droger, aan en afvoer, afgasbehandeling en besturing zijn hierbij niet inbegrepen. Alles samen neemt voor dit type droger enkele honderden vierkanten meters in beslag.

## REFERENTIES

Banddrogers van verschillende leveranciers worden veelvuldig ingezet voor het drogen van slib. Er zijn honderden referenties.

## BEDIENING EN ONDERHOUD

Bediening van banddrogers is eenvoudig, het zijn verregaand/volledig geautomatiseerde processen. De bedrijfsvoering van banddrogers is volcontinu. De input van slib kan bijvoorbeeld afgestemd kan worden op de hoeveelheid beschikbare warmte. Zo wordt intensieve procesaansturing voorkomen.

## LEVERANCIERS

Huber SE (D)	STELA Trocknungstechnik (D)
Vandenbroek (NL)	Imtech Drygenic (NL)
Dorset (NL)	Klein Technical Solutions GmbH (D)
Watropur AG (CH)	e.a.

## PROCESOMSCHRIJVING

Bij banddroging wordt het slib continu over een band geleid, waarbij droge (niet met water verzadigde) warme lucht ingebracht wordt. Het proces is zo in te stellen dat verschillende droog resultaten mogelijk zijn (60 – >90 % droge stof).

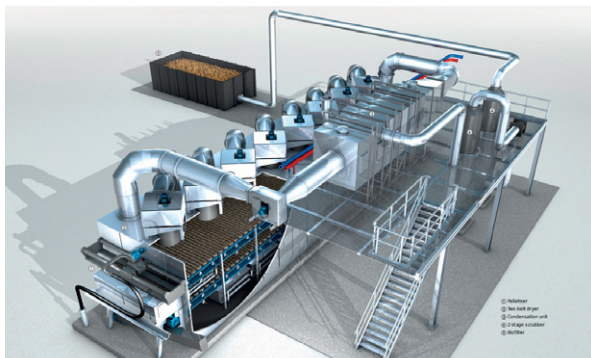
De lucht kan op meerdere manieren ingebracht worden. Zowel meestroom, tegenstroom als dwarsstroom zijn mogelijk. Bij dwarsstroom kan de lucht ook door de band ingevoerd worden zodat de lucht door het slib stroomt om de verdamping te maximaliseren. De temperatuur van de lucht bepaald hoeveel water per hoeveelheid ingebrachte lucht verdampen kan, en dus hoeveel lucht ingebracht moet worden. Daarnaast is het specifiek oppervlak van het opgebracht slib van belang, dit hangt ondermeer van de wijze van opbrengen van het slib af. Dit oppervlak kan vergroot worden door het slib voor te mengen met gedroogd slib zodat korrelig slib ontstaat, of het slib op te brengen door middel van extrusie.

Droging bij lage temperaturen is met banddrogers mogelijk, echter vereist grote volumes warme lucht. Omdat bij slibdrogen een luchtbehandeling noodzakelijk is zal deze bij lage temperaturen daarmee ook (veel) groter uitgevoerd moeten worden, evenals het apparaat zelf. De drijvende kracht is immers kleiner. De mate van waterverzadiging van de ingebrachte lucht speelt ook een rol bij de verdampingssnelheid. Hoe heter en hoe droger de lucht, des te sneller de verdamping en dus des te kleiner de machine.

Er bestaan verschillende uitvoeringsvormen van banddrogers. De droge kan modulair uitgevoerd worden, maar er zijn ook drogers uitgevoerd met etages, waarbij de lucht verticaal door meerdere banden stroomt. De uitvoeringsvorm heeft vooral te maken met lokale omstandigheden (ruimte beslag, beschikbare warmtebron, etc.).

## AFBEELDINGEN

HUBER



WATROPUR



STELA TROCKNUNGSTECHNIK



KLEIN



## OMGEVINGSASPECTEN

Luchtbehandeling is bij slibdroging met banddrogers noodzakelijk. Geuremissie bij het apparaat zelf kan worden geminimaliseerd door te werken met lichte onderdrukken (grotere afvoer van lucht dan aanvoer). Stofvorming bij banddrogers is beperkt. In veel gevallen is de banddroger omkast en wordt de lucht, met terugwinning van warmte, door een luchtbehandeling geleid. Afhankelijk van de emissie eisen bestaat deze uit chemische of biologische behandeling.

## BRONVERMELDING

De in deze factsheet genoemde getallen zijn (afgeleid van) opgaven uit een recente offerte voor een banddroger van Klein. De getallen hebben betrekking op een droger met lage temperatuur.

Informatie van leveranciers is te vinden op (niet uitputtend):

<http://www.klein-ts.com/>

<http://www.huber.de/>

## FACTSHEET SLIBDROGING

## FLASHDROGER

**WERKINGSPRINCIPE**

De firma "Swedish Exergy AB" heeft een flashdroger specifiek voor slib toepassingen ontwikkeld. Het principe van een flashdroger is dat fijn verdeeld materiaal in een hete luchtstroom gebracht wordt. Door het grote oppervlak van het fijn verdeelde materiaal verdampt het water snel. De droogtijden variëren van milliseconden tot enkele seconden. Daar komt ook de naam "flash-droger" vandaan.

De luchtstroom leidt het slib uiteindelijk naar een cycloon waar het gedroogde materiaal afgescheiden wordt. Door het continue verdampen van water wordt druk opgebouwd, overtollig water wordt als stoom afgescheiden.

**DROGINGSRESULTAAT**

90-95 % droge stof

**KOSTEN**

Kapitaalslasten		37	tot	43	€ / ton droge stof
Arbeid		2,3	tot	5,8	€ / ton droge stof
Onderhoud		6,1	tot	35	€ / ton droge stof
Energie	E	Ongeveer		12	€ / ton droge stof
Energie	W	Ongeveer		91	€ / ton droge stof
Totaal		150	tot	190	€ / ton droge stof

**EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL**

Ontwaterd slib, vrij van grove delen, wordt aan de droger gevoed. Een mixer om gedroogd slib terug te mengen is in de droger opgenomen.

**ENERGIEVERBRUIK**

Elektrisch	~ 0,04	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Elektrisch	~ 120	kWh per ton droge stof
Thermisch	~ 0,8	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Thermisch	~ 2.200	kWh per ton droge stof

**BRON/AARD ENERGIE**

Hoogwaardig. De droger kan zijn warmte ontvangen via stoom, heet water of thermische olie. Het stoken van gedroogd slib is ook mogelijk, de verbrandingswaarde van het product zou voldoende zijn voor het drogen van het slib. Indien gebruik wordt gemaakt van een verbrandingsproces voor de warmtevoorziening kan hier ook het niet condenseerbare deel van de droogdampen behandeld worden.

**SCHAALGROOTTE**

Onbekend. Referenties hebben schaalgroottes van 3 tot 12 ton droge stof per dag. Komt overeen met ongeveer 350 tot 1.400 ton droge stof per jaar.

### **RUIMTEBESLAG**

De droger zelf neemt weinig oppervlak in beslag, echter het is wel een hoge constructie. Bij een doorvoer van 10 ton droge stof per dag neemt de droger 5 x 5 x 20m in beslag. Dit is exclusief condensatoren of luchtbehandeling, etc.

### **REFERENTIES**

Het proces is op demonstratieschaal getest op zuiveringsslib in Zweden (RWZI Gothenburg). Ook zijn testen gedaan in Nederland en Frankrijk.

### **BEDIENING EN ONDERHOUD**

De droger is volledig geautomatiseerd en kan 24 uur per dag ingezet worden. Er zijn geen opgaven gedaan over onderhoud, echter het is een eenvoudig systeem met weinig bewegende delen.

### **LEVERANCIERS**

Swedish Exergy AB (S)  
e.a.

### **PROCESOMSCHRIJVING**

Ontwaterd slib wordt teruggemengd met ontwaterd slib zodat een mengsel ontstaat met 60 tot 70% droge stof. Deze menger zit in de droger geïntegreerd, omdat deze ook het slib opmengt met het droogmedium, oververhitte stoom. De menger verdeelt het slib zo fijn mogelijk. Naarmate de deeltjes grootte afneemt, neemt het totale oppervlak toe. Een flashdroger maakt gebruik van juist dit principe. Door het te drogen materiaal zeer fijn te verdelen voor het in oververhitte stoom te brengen wordt het slib zeer snel gedroogd. Het vocht aan het oppervlak verdampt binnen enkele (milli)seconden, 50 tot 70% van het drogen wordt al bereikt bij het verdelen van het slib en het mengen met de lucht. Het vocht “flitst” er als het ware af, vandaar de naam “flash-droger”.

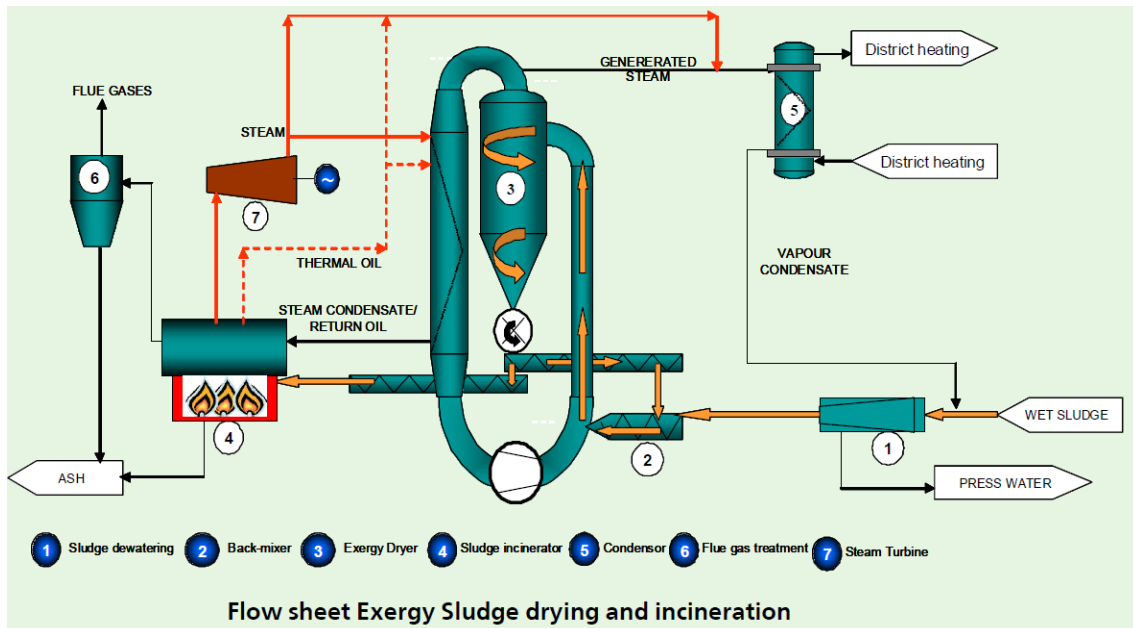
Na het verdelen en inbrengen wordt het slib door de oververhitte stoom naar een cycloon gevoerd. Tijdens dit transport vindt de laatste droogstap plaats. Het gedroogde slib wordt vervolgens met een cycloon afgescheiden. De stoom wordt teruggevoerd en weer extra verhit. Doordat de droger een gesloten systeem is wordt door het verdampen van water extra stoom gevormd. Overtollige stoom wordt afgescheiden. Hieruit kan veel warmte teruggewonnen worden door de stoom te laten condenseren.

Een deel van het gedroogde slib wordt teruggemengd met het aangevoerde ontwaterde slib, het overtollige deel wordt afgevoerd. De warmte die vrijkomt bij het verbranden van dit slib is voldoende voor de warmtevraag van de droger. In het onderstaande voorbeeld (afbeeldingen) wordt het gedroogde slib gebruikt om de warmte te leveren voor de droger, waarna de gevormde stoom wordt gebruikt voor stadsverwarming. De niet condenseerbare gassen worden in de slibverbrandingsruimte ingebracht zodat eventuele geurbelastende stoffen verbrand worden.

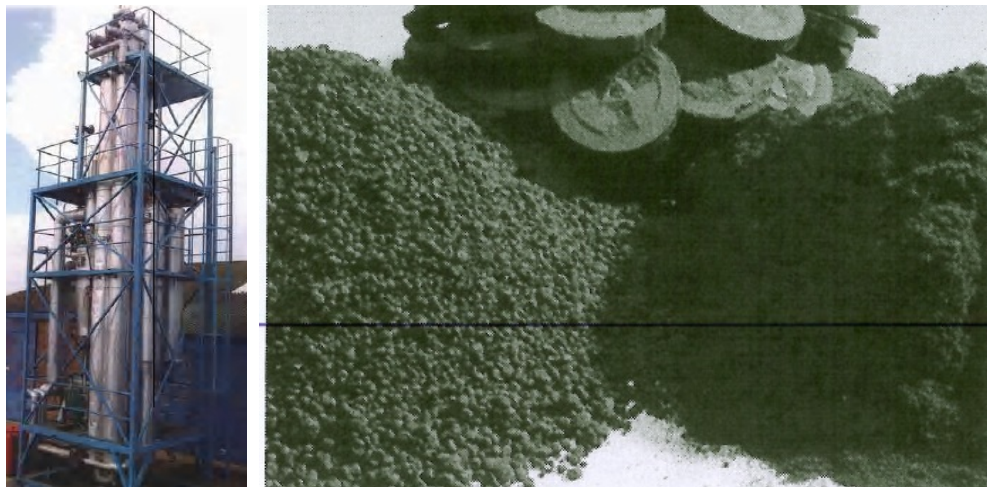


## AFBEELDINGEN

### EXERGY SLIBDROGING EN VERBRANDING (SWEDISH EXERGY AB)



### EXERGY SLIBDROGER (LINKS) EN HET GEDROOGDE PRODUCT (RECHTS), ALS POEDER, GEGRANULEERD EN ALS BRIKETTEN (SWEDISH EXERGY AB)



### OMGEVINGSASPECTEN

Door het gesloten omloop systeem zijn er geen emissies. Condensaat wordt teruggevoerd naar een zuivering en niet-condenseerbare gassen worden verbrand om geur te voorkomen. Warmte uit de vrijgekomen stoom kan worden hergebruikt (bijvoorbeeld stadsverwarming).

### BRONVERMELDING

Alle in deze factsheet genoemde getallen zijn opgaves van Swedish Exergy, gedaan in een budgetofferte. Arbeid en onderhoud zijn op basis van aannames ingeschat.

Informatie van leveranciers is te vinden op (niet uitputtend):

<http://www.swedishexergy.com/>

## FACTSHEET SLIBDROGING

## PULVERISED AIR DROGER

**WERKINGSPRINCIPE**

De pulverised air dryer (PAD) is een niet thermische droger gebaseerd op het scheiden van vocht en droge stof op basis van pulveriseren en cycloonaf scheiding. Het slib wordt in een luchtstroom gebracht die op hoge snelheid door een serie cyclonen wordt geleid, normaal 4 of 5 cyclonen. Door de hoge snelheid en centrifugaalkrachten die daarmee gepaard gaan neemt de deeltjesgrootte af en wordt het materiaal gedroogd. Door de compressie van de lucht in de blowers wordt de lucht ook opgewarmd (tot 50-100°C) wat bijdraagt aan het drogingsproces.

**Drogingsresultaat** ~70 – 80 % droge stof

**Kosten**

Kapitaalslasten		21	tot	24	€ / ton droge stof
Arbeid		0,4	tot	1	€ / ton droge stof
Onderhoud		2,5	tot	2,9	€ / ton droge stof
Energie	E	32	tot	53	€ / ton droge stof
Energie	W	-			€ / ton droge stof
Totaal		56	tot	81	€ / ton droge stof

**EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL**

Het materiaal dient steekvast te zijn.

**ENERGIEVERBRUIK**

Elektrisch	~0,1 – 0,2	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Electrisch	320 – 533	kWh per ton droge stof
Thermisch	-	

Er wordt geen extra warmte toegevoerd buiten de opwarming van de lucht als gevolg van luchtcompressie.

**SCHAALGROOTTE**

De technologie is alleen op demonstratie schaal toegepast waarbij tot ongeveer 5 ton materiaal per uur verwerkt is. Uitgaande van een ingaand drogestofgehalte van 25% geeft dit een verwerkingscapaciteit van 1250 kg droge stof per uur. Vanwege de benodigde stroomsnelheden van de lucht heeft één installatie vaste afmetingen. Indien meer capaciteit benodigd is, moet een module bijgeplaatst worden.

Komt overeen met ongeveer 10.500 ton droge stof per jaar per module.

**RUIMTEBESLAG**

De technologie bevindt zich nog in de demonstratie-fase. Daarmee is het ruimte beslag lastig vast te stellen. De demonstratie plant met een capaciteit van ongeveer 1.250 kg droge stof per uur nam 600 m<sup>2</sup> in beslag.

## REFERENTIES

Meerdere full scale demonstratie installaties op verschillende biomassa stromen. Proeven met papierslib zijn uitgevoerd, echter nog niet met communaal slib.

## BEDIENING EN ONDERHOUD

De hoge snelheid van de deeltjes in de droger (tot 0,5 maal de geluidssnelheid) kan de slijtage zeer hoog zijn. Ook het effect van zuiveringsslib (corrosie, abrasie) is onbekend.

## LEVERANCIERS

BioValor Europe B.V. (NL)

WhirlAway Drying systems (VS)

e.a.

## PROCESOMSCHRIJVING

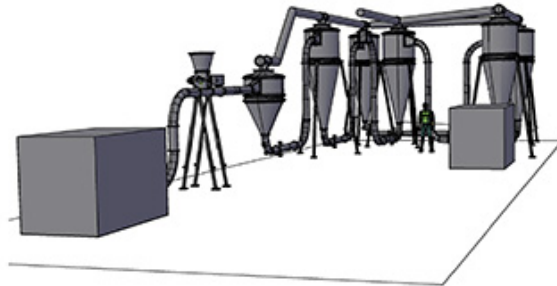
Steekvast slib wordt gedoseerd aan een conditioneringskamer. Daarna wordt het via een luchtslot aan de installatie gevoed. De voeding wordt met behulp van een blower op hoge snelheid gebracht voor het de eerste cycloon bereikt. In de eerste cycloon wordt het slib blootgesteld aan sterke afschuifkrachten waardoor het pulveriseert. Aanhangend water wordt afgescheiden door de cycloonwerking. Het gedeeltelijk gedroogde slib wordt doorgevoerd naar de volgende cycloon. In totaal worden 5 of 6 cyclonen in serie doorlopen. De cyclonen nemen in formaat toe naarmate het slib verder gedroogd wordt. Na elke cycloon wordt extra lucht gedoseerd door middel van blowers om het slib op snelheid te houden.

De temperatuur van de lucht neemt toe door de compressie in de blowers. De temperatuur van de lucht wordt hiermee 50 tot 100 °C. Daarmee kan een deel van het water verdampen maar uit experimenten is gebleken dat er meer water afgevoerd wordt dan op basis van maximale verdamping kan worden verklaard. Er is dus sprake van een mechanische scheiding op basis van de cycloonwerking. Om de droging verder te verbeteren is het ook mogelijk de lucht van de blowers verder te verhitten door het bijstoken van bio/aardgas.

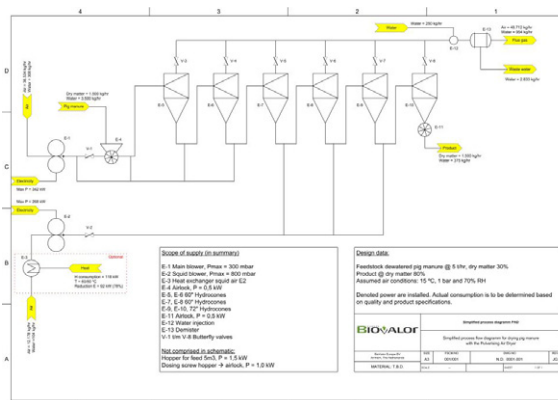
De afgassen hebben een temperatuur van 30 tot 50 °C. Indien vergist slib gedroogd wordt kan daarmee ammoniak een aandachtspunt zijn waarmee een afgasbehandeling noodzakelijk wordt. Het uiteindelijk gedroogde slib wordt verzameld in bijvoorbeeld big-bags waarna het afgevoerd kan worden.

## AFBEELDINGEN

### PAD DROGER BUITENOPSTELLING (LINKS) EN SCHEMATISCHE WEERGAVE (RECHTS) (WHIRLAWAY)



### SCHEMATISCHE WEERGAVE PAD DROGER (LINKS) EN PROEFOPSTELLING ARNHEM (RECHTS) (BIOVALOR)



## OMGEVINGSASPECTEN

Vanwege de zeer kleine deeltjesgrootte die bereikt wordt met de PAD kan stofvorming een belangrijk aandachtspunt zijn. Ook geluid kan met lichtsnelheden tot 0,5 maal de geluidsnelheid een aandachtspunt zijn.

Op basis van de procestemperaturen kan ammoniak een aandachtspunt zijn. Echter er zijn geen resultaten bekend van proeven met vergist zuiveringsslib. Of geur en afgasbehandeling noodzakelijk zijn is dus op voorhand niet goed vast te stellen.

## BRONVERMELDING

Informatie over de PAD droger is afkomstig uit het rapport "Technische en economische haalbaarheid van de ontwikkeling van de PAD droogtechnologie op zuiveringsslib in Nederland", Peeters en Görtzen, september 2009. Getallen zijn afgeleid uit de prestaties van de pilot installatie. Het is belangrijk aan te geven dat testen met zuiveringsslib in Nederland niet uitgevoerd zijn.

Informatie van leveranciers is te vinden op (niet uitputtend):

<http://www.biovalor-europe.com/>

<http://www.whirlawaypad.com/>

## FACTSHEET SLIBDROGING

## INDIRECTE DROGING

**WERKINGSPRINCIPE**

Bij indirecte drogers komt de warmtedrager niet in direct contact met het slib. De warmtedrager, in dit geval stoom of olie, draagt de warmte via een gesloten circuit over van de bron naar het slib. De droogdampen, die voor het grootste deel uit water bestaan, worden gecondenseerd en behandeld. Het niet condenseerbare deel wordt biologisch of thermisch behandeld.

Deze factsheet behandelt de paddledroger, de dunne-filmdroger en de roterende-schrijven-droger. Afhankelijk van de uitvoering van de droger is terugmengen van gedroogd slib noodzakelijk of niet. Sommige drogers zijn ook ontworpen om ontwaterd slib voor te drogen tot ongeveer 45 % droge stof.

**DROGINGSRESULTAAT**

tot 70- 95% droge stof, bij veel indirecte drogers is ook een lagere waarde instelbaar.

**Kosten**

Kapitaalslasten		25	tot	28	€ / ton droge stof
Arbeid		1,2	tot	6,9	€ / ton droge stof
Onderhoud		4	tot	41	€ / ton droge stof
Energie	E	6,5	tot	20	€ / ton droge stof
Energie	W	80	tot	110	€ / ton droge stof
Totaal		120	tot	210	€ / ton droge stof

**EISEN AAN UITGANGSMATERIAAL**

Afhankelijk van het type droger dient slib teruggemengd te worden om een voldoende droog uitgangsmateriaal te verkrijgen. Afhankelijk van het type indirecte droging, is de aanwezigheid van grove delen een aandachtspunt.

**Energieverbruik**

Elektrisch	0,02 – 0,07	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Elektrisch	~ 270	kWh per ton droge stof
Thermisch	0,7 – 0,9	kWh per kg H <sub>2</sub> O verwijderd
Thermisch	1.950 – 2.700	kWh per ton droge stof

**BRON/AARD ENERGIE**

De benodigde thermische energie moet van hoogwaardige aard zijn. Normaal wordt verzadigde stoom of thermische olie gebruikt (180 – 210 °C). Bijvoorbeeld rookgassen van WKK-installaties of biogas boilers zijn geschikte warmtebronnen.

**SCHAALGROOTTE**

Minimaal	30 – 500 kg	H <sub>2</sub> O/uur per droger
Maximaal	6.000 of meer	kg H <sub>2</sub> O/uur per droger
Komt overeen met ongeveer 85 tot > 17.000 ton droge stof per jaar.		

## RUIMTEBESLAG

Zeer afhankelijk van het type droger en de gekozen capaciteit variërend van enkele vierkante meters tot enkele honderden vierkante meters. Wel kan gesteld worden dat indirecte drogers relatief compact zijn vanwege de, in vergelijking met directe drogers, kleine volumina droogdampen.

## REFERENTIES

Directe drogers worden op vele plaatsen ingezet op municipaal zuiveringsslib, zowel vergist als onvergist, primair en secundair. Daarnaast worden de drogers ingezet voor het drogen van industrieel slib en voor allerlei toepassingen in de chemie, food en afvalsector.

## BEDIENING EN ONDERHOUD

GMF Gouda geeft op dat continue supervisie noodzakelijk is (paddledroger). Wel kunnen de processen volledig geautomatiseerd worden. Onderhoud is sterk afhankelijk van het type droger en de aard van het slib. Indirecte drogers bevatten geen snel bewegende delen.

## LEVERANCIERS

Paddle	Dunne-film	Roterende-schijven
GMF Gouda (NL)	SMS-Buss-Canzler (D)	Keppel Seghers (SG)
Komline Sanderson (VS)	Degremont-Techn. (CH)	VetterTec (D)
e.a.	e.a.	Haarslev (DK)
		e.a.

## PROCESOMSCHRIJVING

Indirecte drogers zijn er in meerdere vormen, maar het werkingsprincipe is voor allen gelijk. De verschillen zijn te vinden in de manier van slibinbreng, voortbeweging van het slib door de droger en de menging van het slib. Ook verschillen ze in de manier waarop het overdrachtsoppervlak voor warmte zo groot mogelijk gemaakt wordt.

Veel voorkomende indirecte drogers voor slib zijn de paddledroger, de dunne-filmdroger en de roterende schijven droger.

De specifieke eigenschappen van elke droger zijn:

### *Paddledroger*

De droger wordt onder een kleine hoek opgesteld. Het slib wordt zo door de zwaartekracht over twee tegengesteld draaiende metalen assen door de droger geleid. De assen zijn voorzien van paddles die het slib opmengen en zo het oppervlak voor warmteoverdracht vergroten. Verzadigde stoom of thermische olie wordt door de assen geleid en langs de wanden van de droger.

Het ontwerp van de droger zorgt ervoor dat slib niet kan aancoeken, daardoor kan er gedroogd worden tot hoge droge stof gehalten zonder dat terugmengen van gedroogd slib noodzakelijk is.

### *Dunne-filmdroger*

Bij dunne-filmdrogers wordt het slib door schrapers door een verwarmde mantelbuis geleid. De schrapers verdelen het slib in een dunne laag over de mantelbuis. Ook bewegen ze het slib voort door de droger en voorkomen de schrapers aancoeken.

Vanwege de manier van slibverdeling en voortbeweging is met dit soort indirecte drogers

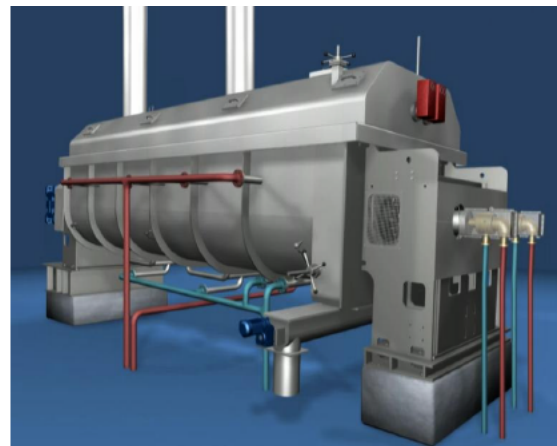
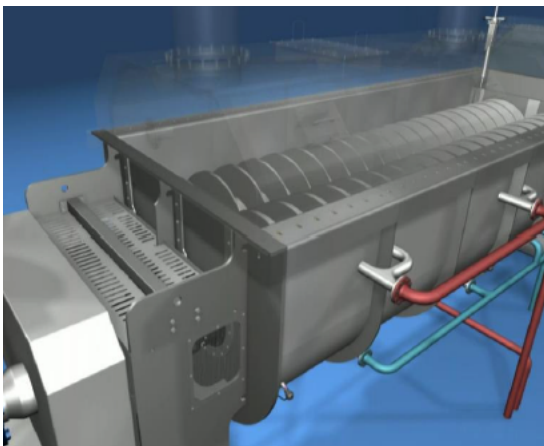
een droge stof gehalte van ongeveer 45 tot 50% economisch haalbaar, de warmte overdracht wordt boven dit gehalte zeer slecht. Met kleine installaties zijn resultaten boven de 75% haalbaar, maar voor slibdrogen op grote schaal is dit niet economisch aantrekkelijk. SMS-Buss-Canzler biedt ook tweetraps drogers aan waarbij met een dunne-filmdroger voorgedroogd wordt, waarna korrelig slib nagedroogd wordt in een paddledroger.

*Roterende-schijvendroger*

In een roterende-schijvendroger wordt het slib in contact gebracht met horizontale of verticale roterende schijven die doorstroomd worden met stoom of thermische olie. Schrapers verdelen het slib over de schijven en voorkomen aancoeken. Afhankelijk van het ontwerp van de droger kan het noodzakelijk zijn het slib op te mengen met gedroogd slib om de kleverige fase te overbruggen. Schijvendrogers worden ook gebruikt om ontwaterd slib voor te drogen (tot 35 – 40% DS) voor verbranding (SNB Moerdijk & HVC Dordrecht).

**AFBEELDINGEN**

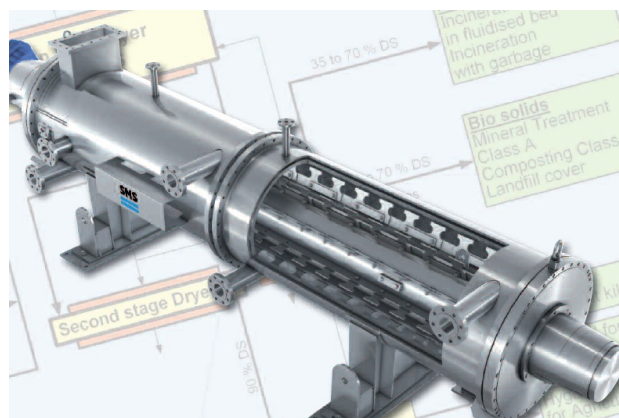
GMF GOUDA PADDLEDROGER



KEPPEL SEGHERS' SCHIJVENDROGER (IN AANBOUW)



BUS-SMS-CANZLER DUNNE-FILMDROGER



### **OMGEVINGSASPECTEN**

Dampen bij indirecte droging bestaan grotendeels uit waterdamp, maar kan ook vluchtige stoffen (zoals ammoniak) bevatten. Deze waterdamp wordt gecondenseerd en kan, op een rioolwaterzuiveringsinstallatie, worden teruggevoerd naar de hoofdzuivering. Eventuele geuremissie kan worden voorkomen door te werken met een lichte onderdruk. Eventuele lek-lucht en niet-condenseerbare bestanddelen in de droogdampen worden thermisch behandeld om geur te voorkomen. Dit gaat om een kleine stroom vergeleken bij directe drogers.

Van stofvorming is bij indirecte drogers vrijwel geen sprake.

### **BRONVERMELDING**

De in deze factsheet genoemde getallen zijn (afgeleid van) opgaven uit budgetoffertes van GMF Gouda en SMS-Buss Canzler. Komline-Sanderson heeft verwezen naar GMF Gouda. Kosten voor arbeid en onderhoud zijn berekend op basis van aannames.

Informatie van leveranciers is te vinden op (niet uitputtend):

<http://www.gmfgouda.com/nl/index.php/site>

<http://www.sms-vt.com/>

<http://www.vettertec.de/>