

1991-02_compendium-slibdroging

stora

91-02

Compendium slibdroging

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht
kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

stora

postbus 80200, 2508 GE den haag
johan van oldenbarneveldtlaan 5

☎ 070-3512710

stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Compendium slibdroging

	<u>INHOUD</u>	BLZ
	Ten geleide	4
1	SAMENVATTING	5
2	INLEIDING	7
3	TECHNOLOGISCHE ASPECTEN VAN HET SLIBDROOGPROCES	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Droogprincipes	11
3.3	Droogmedia	12
3.4	Energiebronnen	13
3.5	Droogdampen	13
3.6	Warmte- en elektriciteitsverbruik	15
3.6.1	warmteverbruik	15
3.6.2	elektriciteitsverbruik	17
3.7	Eindprodukt	17
4	UITVOERINGSVORMEN VAN SLIBDROGERS	19
4.1	Inleiding	19
4.2	Procesonderdelen	23
4.3	Circulatie van gedroogd slib	24
4.4	Beschrijving van verschillende droogsystemen	25
4.4.1	trommeldroger	25
4.4.2	etagedroger	27
4.4.3	maaldroger	28
4.4.4	stromingsdroger	29
4.4.5	banddroger	31
4.4.6	wervelbeddroger	32
4.4.7	dunne-filmdroger	34
4.4.8	schijvendroger	36
4.4.9	kneeddroger	37
4.4.10	stoomcirculatiedroger	38
4.4.11	schroefbuisdroger	39
4.4.12	meertrapsverdamper met dragervloeistof	40
4.5	Vergelijking droogsystemen	42
5	MILIEUASPECTEN VAN SLIBDROGING	44
5.1	Inleiding	44
5.1.1	normen voor emissie naar de atmosfeer	44
5.1.2	invloedsfactoren op de emissie naar de atmosfeer	45
5.1.3	eisen voor het condensaat/waswater	46
5.1.4	invloedsfactoren op de emissie naar het water	47
5.2	Emissiegegevens van slibdrogers	48
5.3	Geluidhinder	50
5.4	Eigenschappen van het gedroogde slib	50
6	KOSTEN VAN SLIBDROGING	51
6.1	Algemeen	51
6.2	Jaarlijkse kostenberekeningen	51
6.2.1	FUN studie	51
6.2.2	HWB studie	53

INHOUD

BLZ

6.2.3	FUN+ studie	54
6.2.4	HVR-cijfers	55
6.2.5	Vergelijking	56
6.3	Kostenbeschouwing	60

7	OVERWEGINGEN BIJ HET OPZETTEN VAN EEN SLIBDROOGINSTALLATIE	62
---	--	----

7.1	Direct of indirect drogen	62
7.2	Centraal of decentraal drogen	62
7.3	Continu of discontinu drogen	63
7.4	Lokatiekeuze	63
7.5	Procedures	64

8	LITERATUUR	65
---	------------	----

9	ADRESSENLIJST LEVERANCIERS	67
---	----------------------------	----

10	VERKLARENDE WOORDENLIJST	69
----	--------------------------	----

BIJLAGE

Figuren 1 t/m 14

Ten geleide

Om het volume zuiveringsslib vóór verbranden, vergassen of storten vergaand te verminderen, is slibdroging de laatste vier jaar in meerdere, vaak regionaal gerichte studies op kosten, milieu-effecten en technische aspecten geëvalueerd.

Door lokale verschillen in karakter en urgentie van de slibproblematiek is dergelijk onderzoek meestal in opdracht van één of enkele regionale waterkwaliteitsbeheerders uitgevoerd.

In opdracht van het algemeen bestuur van de STORA zijn in dit compendium uit de resultaten van dat onderzoek de aspecten van algemeen belang bijeengebracht om de toegankelijkheid van deze informatie te bevorderen.

Op voordracht van de Onderzoekadviescommissie* werd de samenstelling van het compendium opgedragen aan DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V., namens de STORA begeleid door een commissie bestaande uit ir. P.C. Stamperius (voorzitter), ing. G.A.P. van Geest, ir. M. Marskamp, ir. R.E.M. van Oers en ir. R.A. Ponsen.

De STORA is dank verschuldigd aan haar deelnemers en alle overige instanties die de resultaten van hun onderzoeken voor deze compilatie ter beschikking stelden.

Den Haag, maart 1991

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

Deze commissie bestond uit:

prof.ir. J.H. Kop (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris), ir. J. Boschloo, dr.ir. J.A. Don, ir. R. den Engelse, ir. A.E. van Giffen, prof.dr.ir. J.J. Heijnen, dr.ir. P.J. Huiswaard, ir. C. Kerstens, dr. S.P. Klapwijk, ir. K.F. de Korte, ir. J.M.J. Leenen, ir. A.B. van Luin, ir. G. Martijnse, ir. Tj. Meijer, ir. M. Tiessens (leden).

SAMENVATTING

Door de toenemende aanscherping van de milieuwetgeving groeit de belangstelling voor de vergaande droging van zuiveringsslib, gericht op het storten van zo weinig mogelijk restprodukten.

In het buitenland, met name in West-Duitsland, Zwitserland en Frankrijk is een ontwikkeling gaande op het gebied van thermische slibdroging. Recent zijn in deze landen drooginstallaties gerealiseerd. Ook in Nederland is een hernieuwde belangstelling voor de slibdroging waarneembaar.

Dit compendium geeft een overzicht van de beschikbare informatie over de technieken, de milieu-effecten en de kosten van vergaande slibdroging onder Nederlandse omstandigheden. Bij de weergegeven informatie is ondermeer gebruik gemaakt van studies die in opdracht van de zuiverende STORA-deelnemers.

Door het waterbestanddeel van het slib te verminderen wordt het volume van het slib verkleind. Tot 20 - 35% droge stof kan dit door mechanische ontwatering. Boven dit drogestofpercentage is het water intercellulair aan het slib gebonden en kan het slechts door verdamping uit het slib worden verwijderd. Dit kost een factor 1000 meer aan energie.

Het eindprodukt bij de hier bedoelde slibdroging kan een drogestofpercentage van meer dan 95% hebben. Om het slib zover te kunnen drogen is het noodzakelijk het slib gedurende het drogingsproces te kneden waardoor het water goed kan verdampen (grensvlakvernieuwing), of het slib fijn te verdelen waardoor het watertransport door het drogende slibdeeltje niet belemmerd wordt.

Rond 50% droge stof bezit het drogende slib een kleverige toestand waarbij het in de droger tot verkleving en verstopping kan leiden. Om verkleving en verstopping te vermijden wordt het slib via voordroging, opmenging of "paneren" met gedroogd slib voorbehandeld.

Slibdrogers worden onderscheiden in directe en indirecte drogers. Nieuwe ontwikkelingen betreffen een mengvorm van beide, nl. bestaande uit een directe droger met een indirect verwarmd, gesloten droogdampcirculatie systeem. In alle categorieën worden droogapparaten aangeboden. Het compendium behandelt twaalf uitvoeringsvormen. Daaronder bevinden zich systemen die aangemerkt kunnen worden als bewezen techniek en een aantal nieuwe systemen, dat zich nog bevindt in de pilot plant- of de demonstratiefase.

Bij de slibdroging spelen de emissie van stankcomponenten, de lozing van droogdamcondensaat en/of waswater, geluid en de emissie's van de primaire energiebron, een rol.

De hoeveelheid stankvormende componenten die bij de droging ontstaat, is afhankelijk van de slibsoort en slibsamenstelling en wordt bovendien beïnvloed door de droogtemperatuur.

De kosten van slibdroging zijn afhankelijk van specifieke ontwerpfactoren en de lokatiekeuze. In een aantal studies zijn voor de Nederlandse situatie de kosten van slibdrogen berekend. De kosten voor slibdrogen variëren, afhankelijk van de situatie, de schaalgrootte, de

kostenberekeningsmethodiek en de energiekosten, van 400 tot 750 fl/ton droge stof, incl. BTW.

Gezien het grote aandeel van de kapitaalslasten in de totale kosten is het raadzaam een zo klein mogelijke drooginstallatie te bouwen, dat wil zeggen, een met een hoge bedrijfstijd, een kleine reserve en een hoge bezettingsgraad.

De stortkosten van het gedroogde slib vormen een aanzienlijk deel van de totale verwerkingskosten.

De energiekostenafhankelijkheid van de slibdroging kan worden vermindert door gistingsgas toe te passen in combinatie met een warmte/kracht-koppeling.

Het compendium besluit met een overzicht van overwegingen die een belangrijke rol spelen bij het opzetten van een slibdrooginstallatie.

In de zeventiger jaren is in Nederland reeds thermische slibdroging toegepast met als doel een hoogwaardig, verkoopbaar eindprodukt (mest) te verkrijgen. Medio 1970 was een tiental drooginstallaties op Nederlandse rwzi's in bedrijf.

Vanwege het hoge energieverbruik werd deze techniek met het stijgen van de energieprijzen financieel onaantrekkelijker. Daarnaast speelde het geurprobleem een rol. Naverbranden van de stankhoudende lucht zou een verdere stijging van het energieverbruik hebben betekend. Om milieuhygiënische en financiële redenen zijn in Nederland vrijwel alle drogers uit bedrijf genomen.

Het afgelopen decennium heeft met name in Duitsland en sinds kort in Zwitserland en Frankrijk een ontwikkeling te zien gegeven waarbij slibdroging veelal als voorbehandelingstrap wordt ingezet bij slibverbranding [2,3,4,8,13]. In de voorbehandelingstrap wordt mechanisch ontwaterd slib van 20-30 gew.% gedroogd tot 40-60 gew.% droge stof ter verhoging van het energetisch rendement van het slibverbrandingsproces.

De invoering van de Meststoffenwet en de Wet op de bodembescherming, alsook de toenemende aanscherping van milieumaatregelen veroorzaken een groei in de toepassing van slibverwerkingstechnieken gericht op de afvoer van de restprodukten naar stortplaatsen.

De hiervoor toegepaste slibverwerkingstechnieken zijn onder andere (vergaand) mechanisch ontwateren, composteren, drogen en verbranden.

Verbranden als verwerkingstechniek om een maximale volume- en gewichtsvermindering van het zuiveringsslib en zo laag mogelijke stortkosten te bereiken, is al in diverse opzichten in studies en de praktijk in beschouwing genomen.

Een andere mogelijkheid voor vergaande volumereductie van zuiveringsslib is thermisch drogen, waarbij het restprodukt verder kan worden gestort of verbrand.

Thermisch slibdrogen, als alternatief voor verbranding, is een techniek waarvoor uit milieuhygiënisch oogpunt, alsmede door de aanscherping van de emissie-eisen bij verbrandingsinstallaties een hernieuwde belangstelling is ontstaan.

Informatie omtrent uitvoeringsvormen en nieuwe ontwikkelingen is over diverse plaatsen verspreid. Met het oog op de hernieuwde belangstelling voor thermische slibdroging is er een behoefte aan gebundelde informatie over de technische, milieuhygiënische en financiële aspecten van slibdroging onder Nederlandse omstandigheden.

Dit compendium beoogt de reeds aanwezige informatie over slibdroging samen te vatten op een toegankelijke en overzichtelijke wijze, waarbij met name is uitgegaan van recente ervaringen en ontwikkelingen.

Het compendium is als volgt opgebouwd:

Hoofdstuk 3 is gewijd aan de technologische aspecten van het slibdroogproces. In hoofdstuk 4 komen de verschillende droogprocessen naar aard, kenmerk, uitvoering en status aan de orde. Hoofdstuk 5 gaat in op de milieu-aspecten van slibdroging. Hoofdstuk 6 schetst een beeld

van de kosten van slibdroging en de verschillende factoren die daarop van invloed zijn. Hoofdstuk 7 gaat in op punten welke van belang zijn bij de keuze en voorbereiding van een slibdrooginstallatie.

3.1 Inleiding

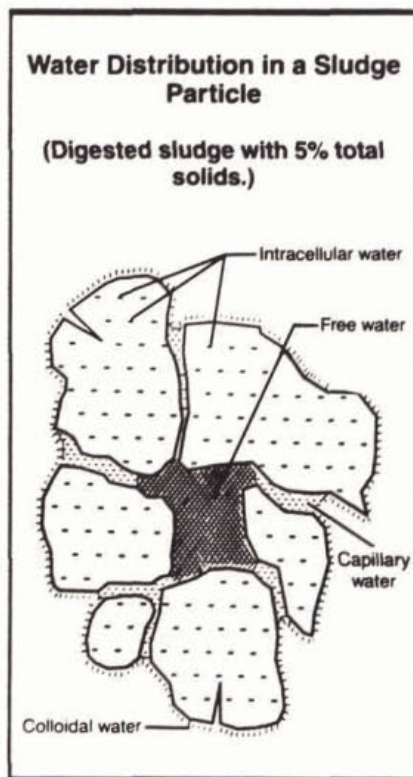
Drogen is het verdampen van water uit slib, waarbij in principe geen chemische omzetting plaatsvindt.

Slibdroging is een vorm van vergaande slibontwatering ten behoeve van een aanzienlijke volumereductie. Een vergaande ontwatering van zuiverings-slib geschiedt normaliter achtereenvolgens langs gravitaire, mechanische en thermische weg.

Het in het natte slib aanwezige water is te onderscheiden in:

- het vrije water;
- het capillaire water;
- het colloïdale water;
- het intracellulaire water.

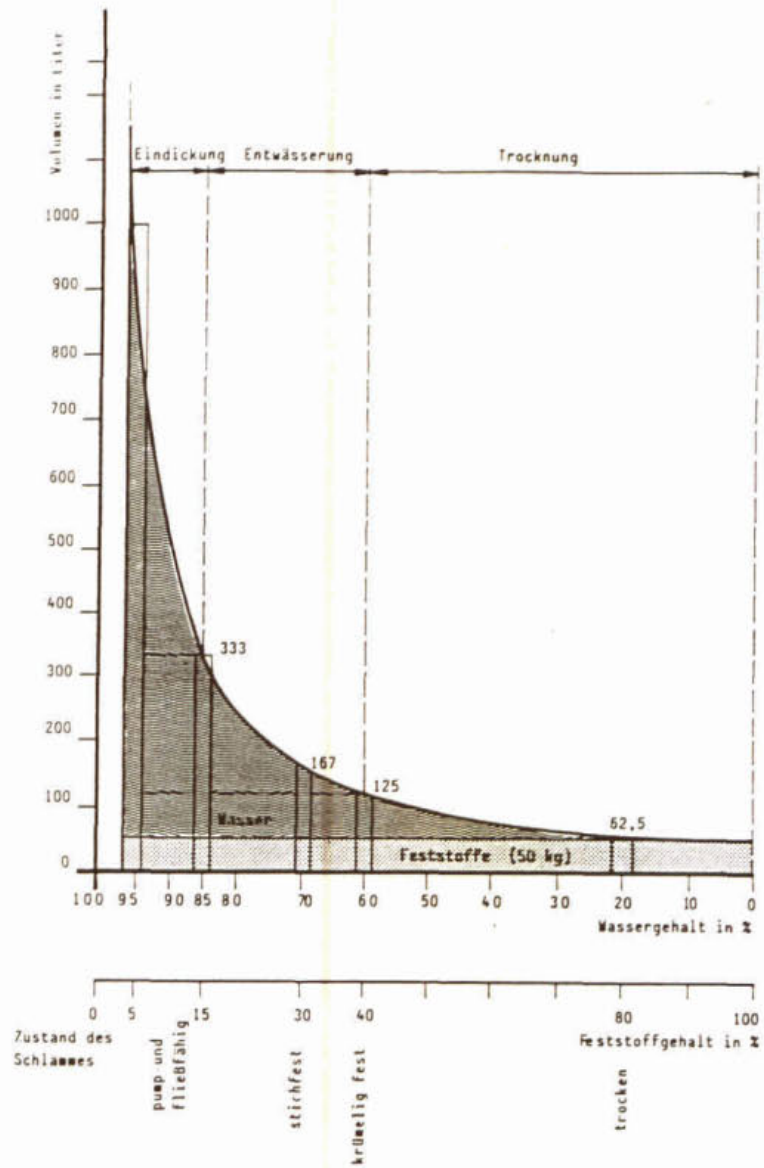
Deze waterverdeling is geïllustreerd in figuur 1.



Figuur 1. Waterverdeling in een slibdeeltje [17]

Het vrije water kan eenvoudig door middel van gravitatie (zwaartekracht) van het slib worden afgescheiden. Dit geschiedt in een indiker. Door uitoefening van mechanische krachten (centrifuges, zeefbandpersen of filterpersen) kan het grootste deel van het capillaire en colloïdale water worden verwijderd. Tenslotte kan het intracellulaire water worden geëlimineerd door de celwand van de slibdeeltjes langs thermische weg open te breken.

Deze drie ontwateringsstappen staan in figuur 2 weergegeven.



Figuur 2. Toestandsverandering en volumereductie van zuiveringslib in samenhang met het watergehalte [4]

Per ontwateringsstap wordt steeds meer energie gevraagd om het water te verwijderen, zie onderstaande tabel 1.

tabel 1. Globale energiebehoeften voor het afscheiden van water uit slib bij de verschillende ontwateringsstappen

ontwateringsstap	orde van grootte van de energie nodig voor het verwijderen van 1 m ³ water
	$\frac{\text{(Bruto-) kWh}}{\text{m}^3 \text{ te verwijderen slibwater}}$
indikking	$\approx 10^{-3}$ tot 10^{-2}
mechanische ontwatering	$\approx 10^0$ tot 10^1 met de werking van flocculanten is geen rekening gehouden
thermische droging	$\approx 10^3$

In het thermische droogtraject doorloopt het slib verschillende "fysische" toestanden. Bij thermische droging zijn de volgende toestanden van belang:

- tot circa 40 gew.% droge stof "pasta-achtig";
- tussen 40 en 50 gew.% droge stof "kleverig" (in de Duitse literatuur "Leim- of Eutecticumphase" genoemd);
- vanaf circa 60 gew.% droge stof "kruimelig";
- vanaf circa 90 gew.% droge stof "poedervormig/korrelig".

Het gewenste vochtgehalte van gedroogd slib is afhankelijk van het doel:

- vergaande droging is niet nodig als het slib bijvoorbeeld naderhand verbrand kan worden (voor autotherme verbranding van slib in een wervelbedoven is een drogestofgehalte van 35 à 45%, met een organisch aandeel van 50 gew.% in de droge stof, voldoende);
- voor het storten van slib is een vergaande droging gewenst (> 75 gew.% droge stof) ter verkrijging van een optimale volumereductie.

3.2 Droogprincipes

Bij thermische slibdroging kunnen twee basisprincipes onderscheiden worden:

- directe droging (ook wel convectieve droging genoemd);
- indirecte droging (ook wel contact-droging genoemd).

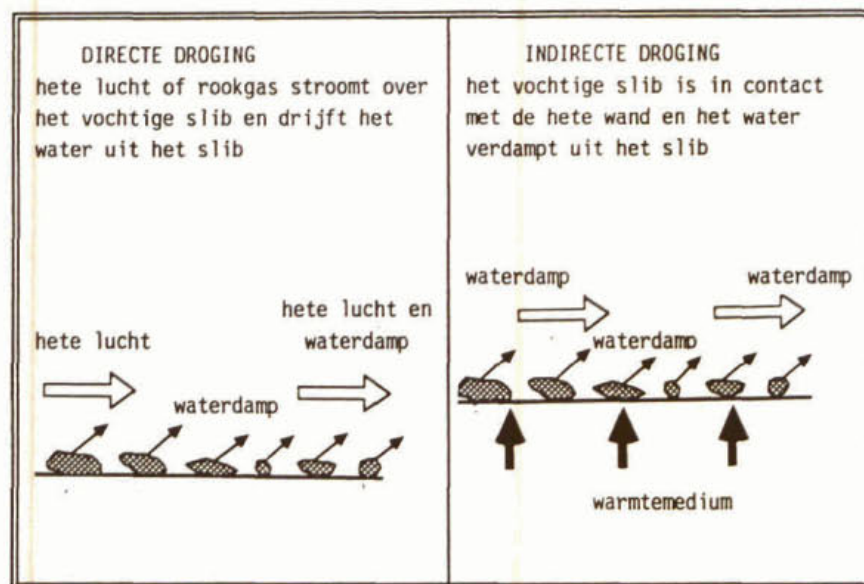
Bij directe droging is slib in contact met het droogmedium; de waterdamp afkomstig van het slib treedt met het droogmedium gezamenlijk uit de droger. De meeste directe drogers werken volgens het meestroomprincipe: het droogmedium stroomt in dezelfde richting als het slib. Dit vindt zijn oorzaak in het feit dat het droogmedium meestal ook fungeert als transportmedium van het slib.

De verdampingscapaciteit van directe drogers wordt in geringe mate beïnvloed door de gewenste drogingsgraad; de warmteoverdracht is vrij-

wel onafhankelijk van het drogestofgehalte.

Bij indirecte droging is er sprake van een scheidingswand; de waterdamp uit het slib wordt gescheiden van het warmtemedium afgevoerd. De verdampingscapaciteit van indirecte drogers neemt met toenemend drogestofgehalte af. Dit wordt veroorzaakt door een afnemende warmteoverdracht tussen het verwarmend oppervlak en het te drogen slib. Indirecte drogers zijn daarom ook met speciale voorzieningen (schrapers e.d.) uitgerust om de contactlaag zo veel mogelijk te verversen.

Het bovenstaande verschil in droogprincipe is geïllustreerd in figuur 3.



Figuur 3. Basisprincipes van slibdroging

Van de twee bovengenoemde typen bestaan er mengvormen, namelijk indirecte drogers met droogdamprecirculatie. Een geheel afwijkend droogstelsel is die waarbij gebruik gemaakt wordt van meertrapsverdamming met olie als drager. Voor een beschrijving van de droogsystemen wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

Bij het merendeel van de drogers dient vooraf het mechanisch ontwaterde slib (20-30 gew.% droge stof) met gedroogd slib of een ander geschikt materiaal gemengd te worden tot een drogestofgehalte van circa 50 gew.% om aankoeking en verkleving te vermijden.

3.3 Droogmedia

Afhankelijk van het type droger en de mogelijke energiebronnen wordt de verdampingswarmte geleverd door:

- hete lucht;
- hete rookgassen;
- heet water;
- stoom;
- thermische olie.

Hete lucht of rookgas worden meestal toegepast bij directe drogers, en stoom of thermische olie bij indirecte drogers.

De ingangstemperatuur van het droogmedium bij directe drogers ligt tussen 350 en 600°C.
 Bij indirecte drogers ligt deze temperatuur normaliter tussen de 150 en 250°C.

3.4 Energiebronnen

Mogelijke energiebronnen zijn:

- vaste, vloeibare en gasvormige fossiele brandstoffen of afval;
- gistinggas;
- gedroogd slib.

Bij directe drogers kunnen hete rookgassen direct worden toegepast; bij indirecte droging kunnen hete rookgassen gebruikt worden voor het genereren van stoom of hete olie.

3.5 Droogdampen

Het mengsel van vrijkomende waterdamp en vluchtige organische componenten uit het slib wordt de "droogdampen" genoemd (Duits "Brüden"). De droogdampen vormen een zeer volumineus restprodukt van de droging en moeten vanwege de geur nabehandeld worden.

Bij de directe drogers met verwarmde gassen of rookgassen als droogmedium worden de droogdampen gemengd met het gebruikte droogmedium. Daardoor neemt het te behandelen volume aanzienlijk toe. Bij indirecte drogers bestaan de droogdampen bijna volledig uit waterdamp.

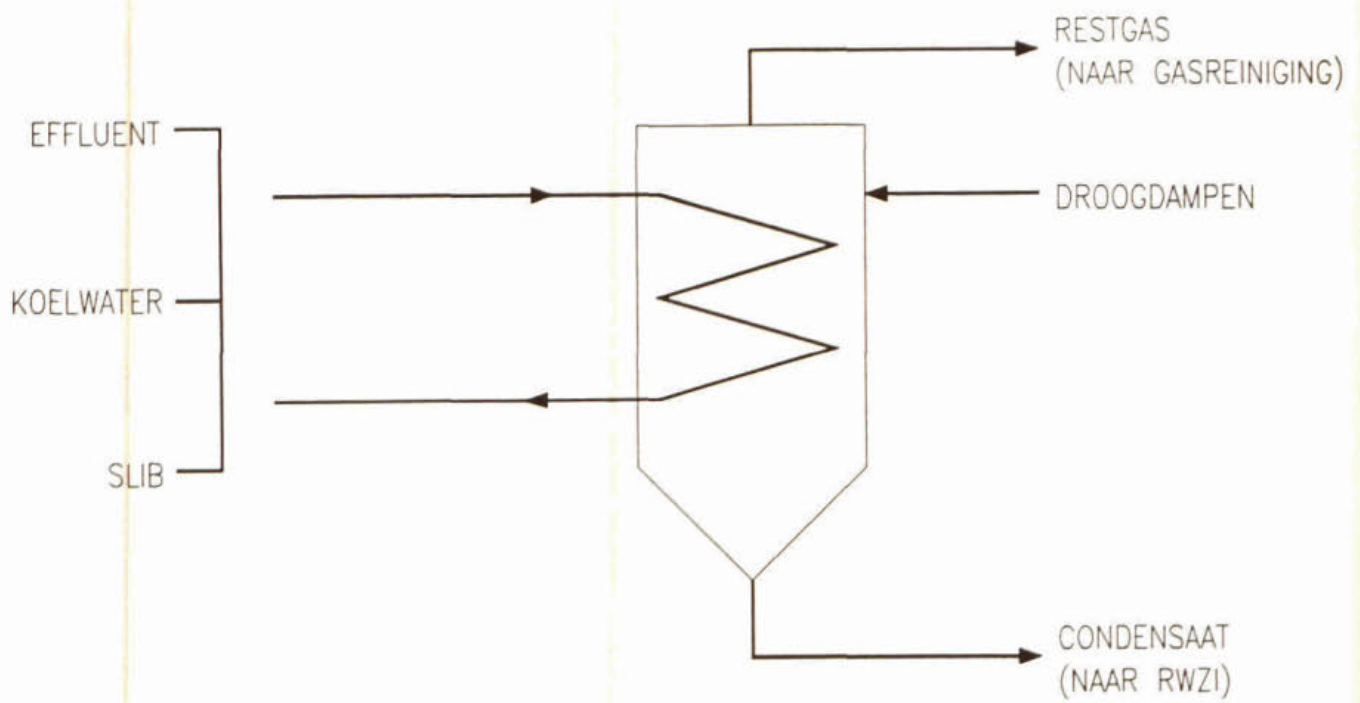
Door condensatie van de waterdamp in de droogdampen kan het volume aan te behandelen gassen gereduceerd worden. Directe condensatie is mogelijk met influent van de rwzi, in een gaswasser of met slib (thermische conditionering). Indirecte condensatie met een koelmedium, bijvoorbeeld water, effluent, lucht of slib. In de figuren 4 a en b zijn twee basisvormen van droogdamcondensators schematisch weergegeven.

Tabel 2 geeft een indicatie van het specifieke volume van de droogdampen van directe en indirecte drogers.

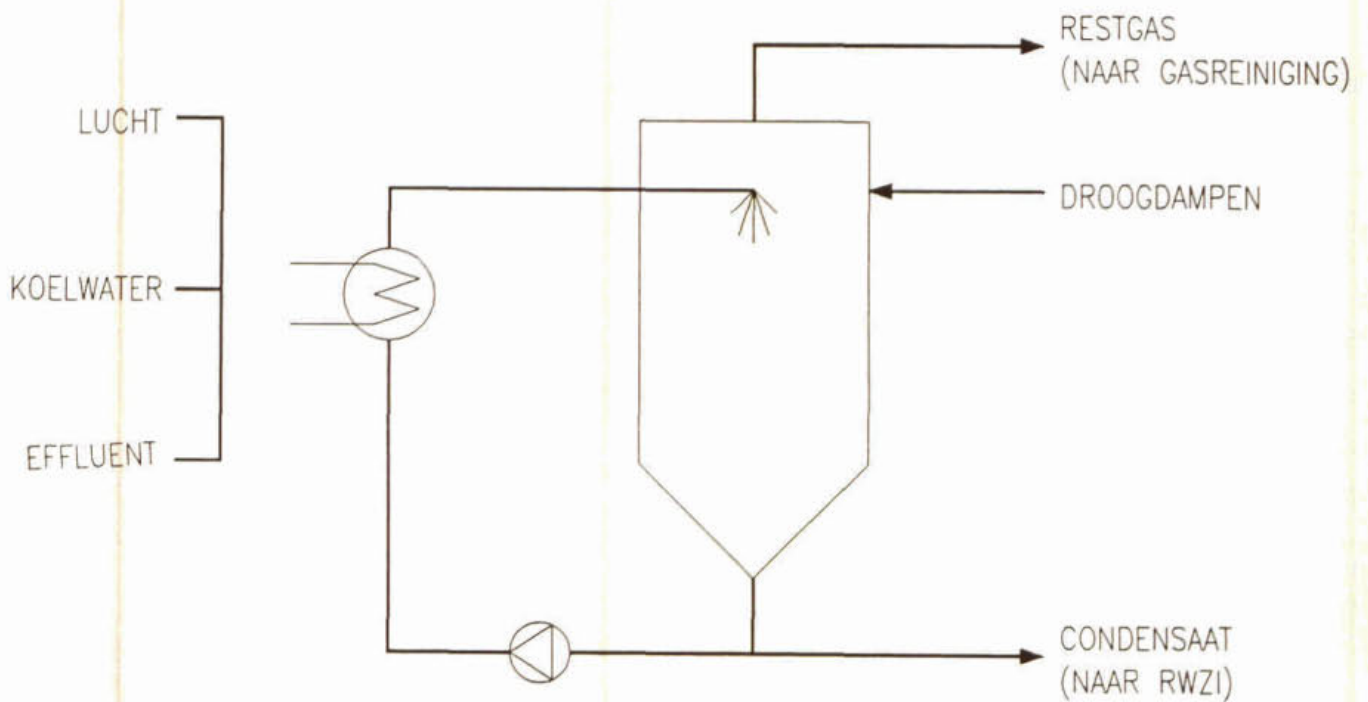
Tabel 2. Specifiek volume van droogdampen uit directe en indirecte drogers, bij 1 bar en 100°C

	Samenstelling	specifiek volume [m ³ /kg]
Directe droger	waterdamp+rookgassen	5 - 10
Indirecte droger idem, na condensatie	vnl. waterdamp 'non-condensables'	1,7 - 2 < 0,3

Door condensatie van de droogdampen kan een deel van de warmte, die aan de droger is toegevoerd, worden teruggewonnen. Bij toepassing van damp-recompressie of meertrapsverdamming, zoals bij het Carver-Greenfield proces, wordt de condensatiewarmte van de droogdampen in het proces weer benut voor verdamping van water waardoor het energierendement van het proces stijgt.



Figuur 4a. Indirecte droogdampcndensor



Figuur 4b. - Directe droogdampcndensor

Door toepassing van de condensatiewarmte buiten het droogproces, bijvoorbeeld voor verwarming van de slibgisting en gebouwenverwarming, kan een deel van de verdampingswarmte die in het slib is gestopt worden teruggewonnen.

Het volume van de droogdampen van indirecte drogers wordt door condensatie gereduceerd tot 10 à 15 % van het oorspronkelijke volume. Het restvolume (de z.g. "non-condensables") bestaat voornamelijk uit leklucht die de droger via asdoorvoeringen e.d. is binnengetreden. Behandeling van de non-condensables wordt beschreven in hoofdstuk 5. Het droogdampconcedaat kan na voorbehandeling in het algemeen probleemloos op het riool geloosd worden ter verdere behandeling in een rwzi.

Door condensatie van de droogdampen ontstaat een corrosief milieu. De condensor zal in het algemeen van RVS worden gemaakt of van binnen van een bekleding worden voorzien. Ook de droogdampvoerende kanalen moeten corrosiebestendig zijn uitgevoerd.

In droogdampcirculatiesystemen wordt speciale aandacht gegeven aan het voorkomen van z.g. "cold-spots". Condensatie op deze plekken kan leiden tot verstopping en corrosie. Door isolatie en eventueel externe verwarming (elektrisch of met stoom) kan dit worden voorkomen.

3.6 Warmte- en elektriciteitsverbruik

3.6.1 warmteverbruik

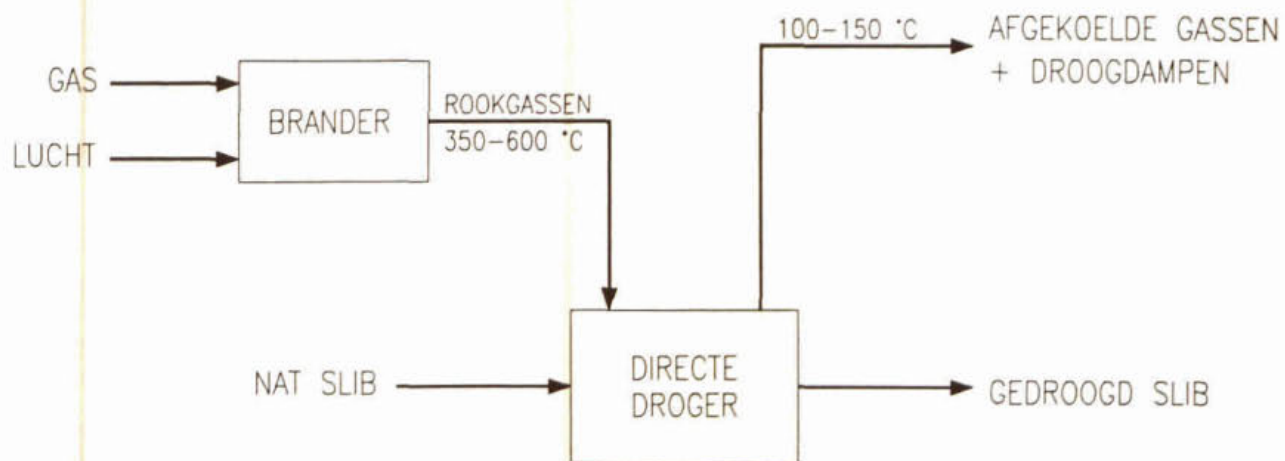
Voor het opwarmen en verdampen van water van 20°C bij atmosferische druk is theoretisch 2.600 kJ/kg water benodigd. Het werkelijke warmtegebruik van de droger is hoger door:

- de opwarming van de droge stof
- de oververhitting van de droogdampen boven 100°C
- het warmteverlies naar de omgeving (straling en convectie)
- de opwarming van leklucht.

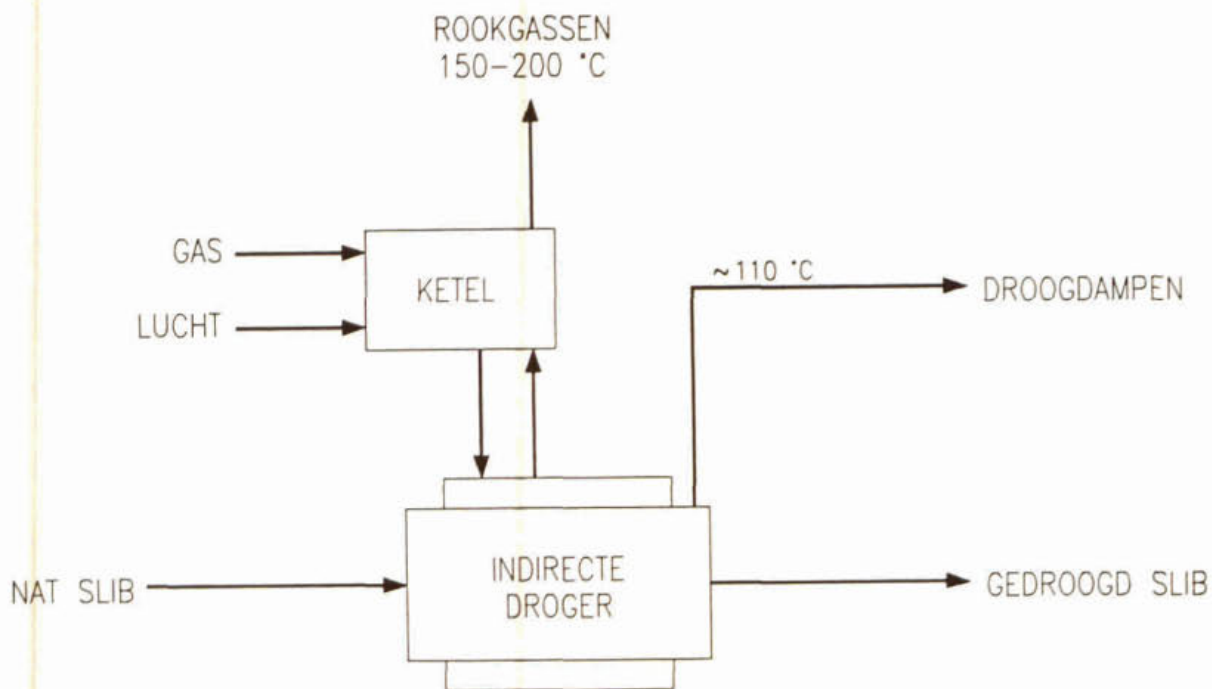
Het specifiek energiegebruik van de droger, in dit compendium weergegeven met de aanduiding E_d , wordt gedefinieerd als:

$$E_d = \frac{\text{toegevoerde warmte}}{\text{verdampte water}} \quad (\text{MJ/ton waterverdamping})$$

Voor de directe droger is in figuur 5 een vereenvoudigd stroomschema weergegeven. De warmte wordt toegevoerd door de hete rookgassen. De restwarmte die met de afgekoelde rookgassen het systeem verlaat, is een verliespost. Door de uittredetemperatuur zoveel mogelijk te laten dalen, kan het energierendement verbeterd worden. Bij rookgassen van een AVI kan deze temperatuur echter niet onbeperkt worden verlaagd, omdat onder de 200°C het zuurdauwpunt wordt onderschreden en corrosiegevaar bestaat. Bij nog lagere temperaturen kan condensatie van waterdamp en in aanwezigheid van stof verstopping optreden. Het warmteverbruik van een dergelijk droogsysteem bedraagt 3100-3500 MJ/twd, op basis van de aangegeven uitlaattemperaturen.



Figuur 5 - Stroomschema directe droger



Figuur 6 - Stroomschema indirecte droger

Het stroomschema voor een indirecte droger is weergegeven in figuur 6. Dit schema is in principe ook van toepassing voor drogers met droogdampcirculatie en indirecte verwarming. Het specifiek warmteverbruik van de droger bedraagt 2.650-2.800 MJ/twd en ligt daarmee lager dan voor de directe droger.

In het geval de warmte in een ketel wordt geproduceerd met een opwekingsrendement van 85-95 % dient het (schoorsteen)verlies van deze omzetting in het drogerrendement verdisconteerd te worden. Het specifiek rendement neemt daardoor toe tot 2.800 -3.300 MJ/twd.

De in dit rapport gehanteerde warmteverbruiken zijn direct betrokken op de droger, dus exclusief eventuele verliezen bij de warmteproductie uit de primaire energie. In het opgegeven specifieke warmteverbruik is niet meegenomen de eventueel benodigde brandstof voor gasreiniging in een naverbrander.

3.6.2 elektriciteitsverbruik

Het elektriciteitsverbruik van de drogers bestaat uit verbruiken voor:

- de aandrijving van schrapers, ruimers en trommels;
- de aandrijving van ventilatoren;
- de aandrijving van transporteurs, pompen, persen en mengers.

Het elektriciteitsverbruik bedraagt met 25 - 100 kWh/twd een fractie van het warmteverbruik.

Door één leverancier wordt een droger geleverd met een droogdampcompressor, werkend volgens het warmtepompprincipe. Door gebruik te maken van dit principe worden de vrijkomende droogdampen na compressie benut als verwarmend medium in de droger. Na opstarten van het systeem is geen additionele warmte meer nodig en kan het systeem geheel elektrisch bedreven worden. Het specifiek elektriciteitsverbruik van een dergelijk systeem bedraagt circa 300 kWh/twd. Daarmee is het totaal energieverbruik van de drooginstallatie, door hergebruik van de condensatiewarmte binnen het systeem, een stuk lager dan bij de conventionele verwarming.

3.7 Eindprodukt

Al naar gelang het type droger is bij vergaande droging het eindprodukt een poeder- of korrelvormig slib (alleen bij banddrogers "spaghettivormig") met een drogestofgehalte van circa 90 gew.%. Bij poedervormig of fijnkorrelig gedroogd slib moeten extra voorzieningen worden getroffen om verspreiding van stof tijdens transport en stort te voorkomen. Hierbij kan gedacht worden aan het vooraf pelletiseren of bevochtigen van het gedroogde slib.

In Duits onderzoek [1] wordt terzijde aandacht besteed aan uitlooggedrag van uitgesteerd en daarna gedroogd slib met 50 gew.% droge stof en met kalk versteigd slib met een drogestofgehalte van 35-37 gew.%. Voor het uitlooggedrag van beide materialen worden geen verschillen verwacht.

De literatuur verschaft geen informatie over gedroogd slib met hoger drogestofgehalten en overige aspecten van het gedrag van gedroogd slib op de stort, zoals verwaaibaarheid, wateropname-capaciteit en geur.

Zuiveringsslib wordt in Nederland beschouwd als een afvalstof en valt derhalve onder het regiem van de Afvalstoffenwet. In specifieke gevallen kan zuiveringsslib beschouwd worden als chemisch afval in de zin van de Wet Chemische Afvalstoffen.

4 UITVOERINGSVORMEN VAN SLIBDROGERS

4.1 Inleiding

Het hart van de slibdrooginstallatie wordt gevormd door de droger. Daaromheen is een aantal randapparaten vereist voor een goede werking van de installatie. In dit hoofdstuk worden de uitvoeringsvormen van de verschillende typen slibdrooginstallaties besproken.

Van de drogers, die naar aard en werking ingedeeld worden als directe en indirecte drogers, worden hieronder enkele algemene kenmerken weergegeven.

directe droging:

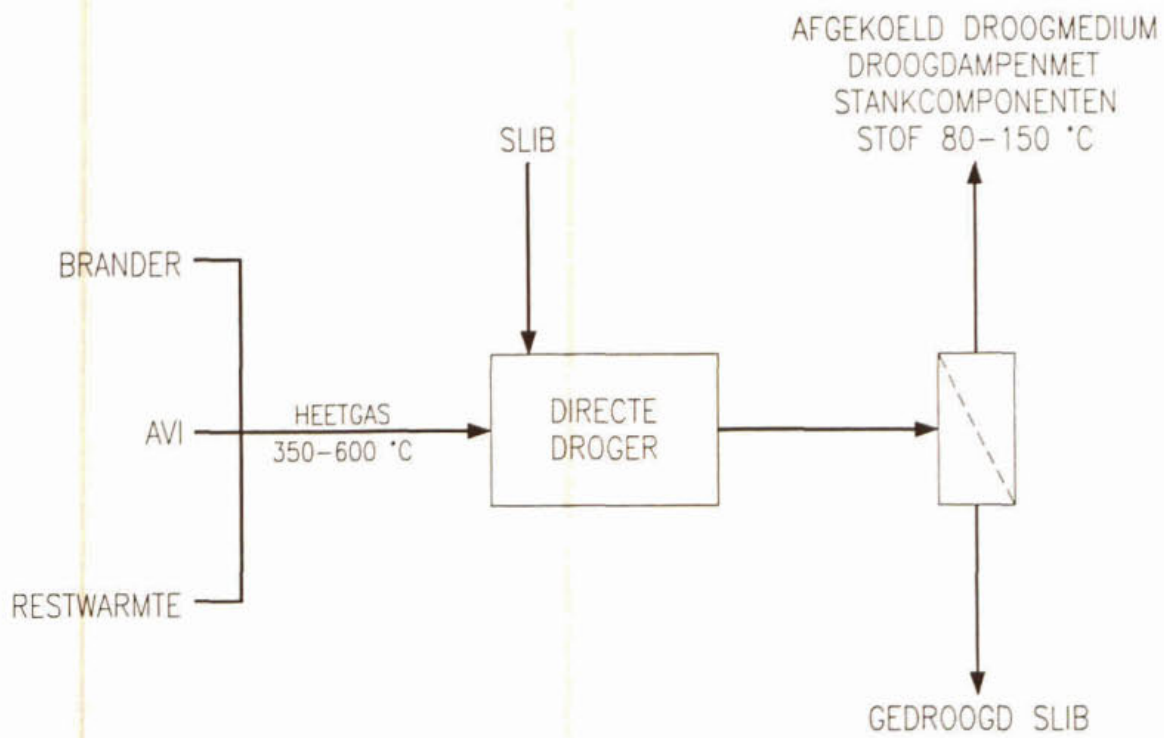
De directe droger ontleent zijn naam aan het feit dat het slib wordt gedroogd door een droogmedium dat in direct contact komt met het te drogen slib. In fig. 7 is een schematisch overzicht gegeven van dit drogertype. Enkele kenmerken zijn:

- goede warmteoverdracht tussen droogmedium en het slib door intensieve menging; ook bij hoog d.s.% van het slib;
- ingangstemperatuur droogmedium: 350 - 600 °C en afkoeling tot 80 - 150 °C;
- eenvoudig systeem;
- grote bedrijfszekerheid;
- het gebruikte droogmedium is na afloop van de droging belast met stankstoffen en (slib)stof en dient daarom een nageschakelde reiniging te ondergaan;
- grote toe- en afvoerkanalen voor volumineus droogmedium.

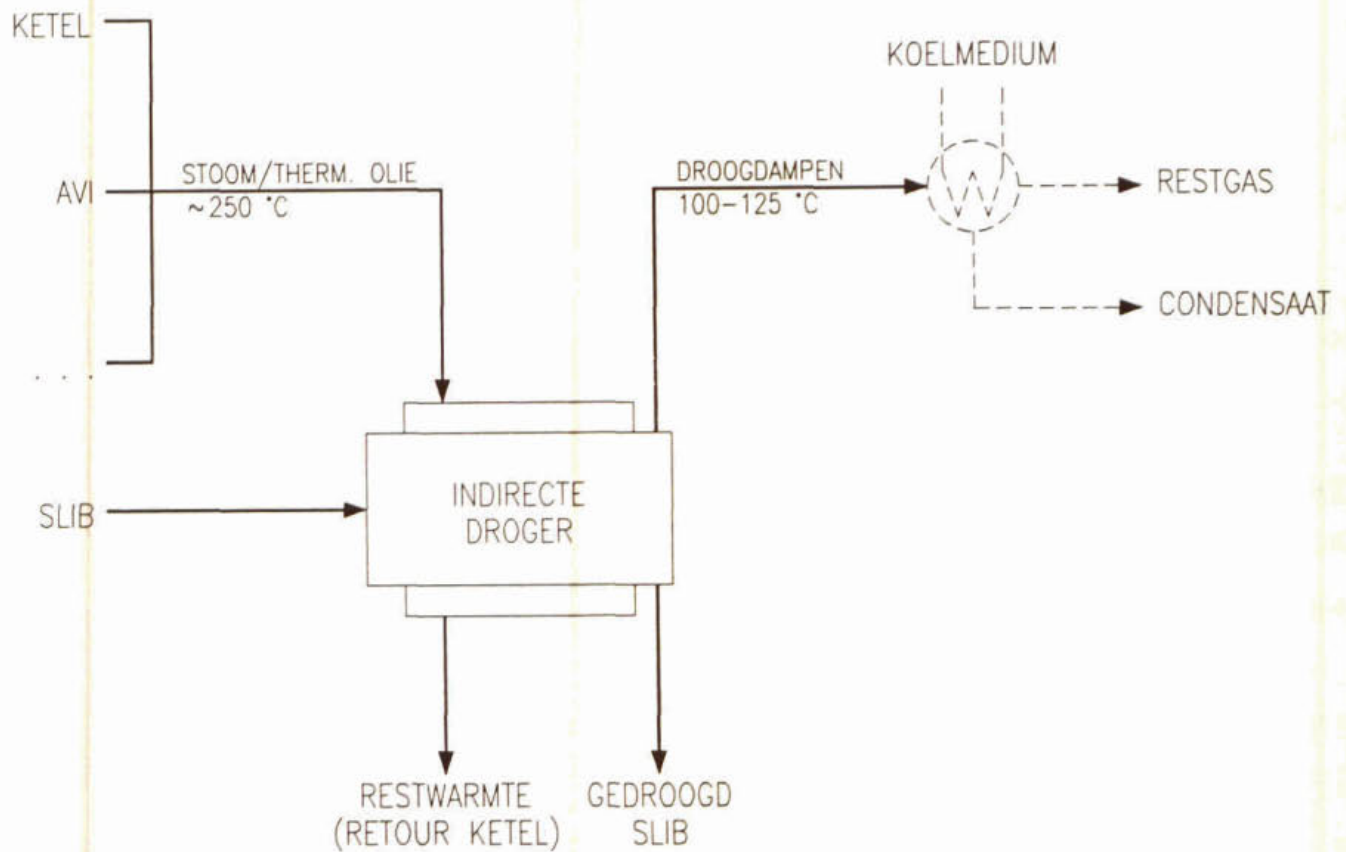
indirecte droging

Bij de indirecte droger wordt het te drogen slib en het warmtedragend medium gescheiden door een warmtegeleidende tussenwand. Deze droger is schematisch weergegeven in fig. 8. Het systeem wordt gekenmerkt door:

- warmteoverdracht neemt af bij stijgend d.s.-gehalte van het slib; daardoor steeds groter warmtewisselend oppervlak nodig bij toenemend d.s.% van het slib;
- complex systeem met schraap- en ruimmechanisme dat gevoelig is voor slijtage en abrasieve werking van het slib;
- wandtemperatuur 150-250 °C; droogtemperatuur 100-150°C;
- gesloten systeem; compacte installatie;
- droogdampen bestaan bijna volledig uit waterdamp verontreinigd met stankstoffen; eenvoudige volumereductie door condensatie van de waterdamp;
- eenvoudig transport droogmedium; eventueel over grotere afstand (enkele honderden meters).



Figuur 7 - Schematische voorstelling directe droger



Figuur 8 - Schematische voorstelling indirecte droger

directe droger met droogdampcirculatie

Naast de twee beschreven systemen bestaat er een mengvorm van beide systemen: de droger met droogdampcirculatie. Hierbij wordt het slib direct gedroogd met behulp van het uit het slib verdampte water, dat met een externe warmtebron indirect verhit wordt. Fig. 9 geeft een schematische voorstelling van het gesloten droogstelsel. Dit systeem is een ontwikkeling op basis van de directe droger met de bedoeling de grote stankhoudende afgasstroom te reduceren. In principe is met elk type directe droger een gesloten droogstelsel te maken met indirecte verwarming. Recente ontwikkelingen zijn speciaal op dit principe ontwikkelde nieuwe drogervormen.

Kenmerken zijn:

- het slib wordt, in direct contact, gedroogd met oververhitte droogdampen. De droogdampen worden via een gesloten kringloop gecirculeerd over de droger;
- de droogdampen worden indirect verhit;
- droogtemperatuur 80 - 150 °C;
- gesloten kringloopstelsel gevoelig voor slijtage door slib en/of zand;
- volumineus droogdamp-circulatiesysteem;
- er ontstaat een inert (zuurstofloos) milieu na opstarten van de installatie.

Overzicht droogssystemen

Op basis van bovenstaande indeling kan het volgende overzicht van beschikbare droogssystemen worden gemaakt:

Directe droogssystemen:

- trommeldroger
- etagedroger¹
- maaldroger
- stromingsdroger
- banddroger
- wervelbeddroger

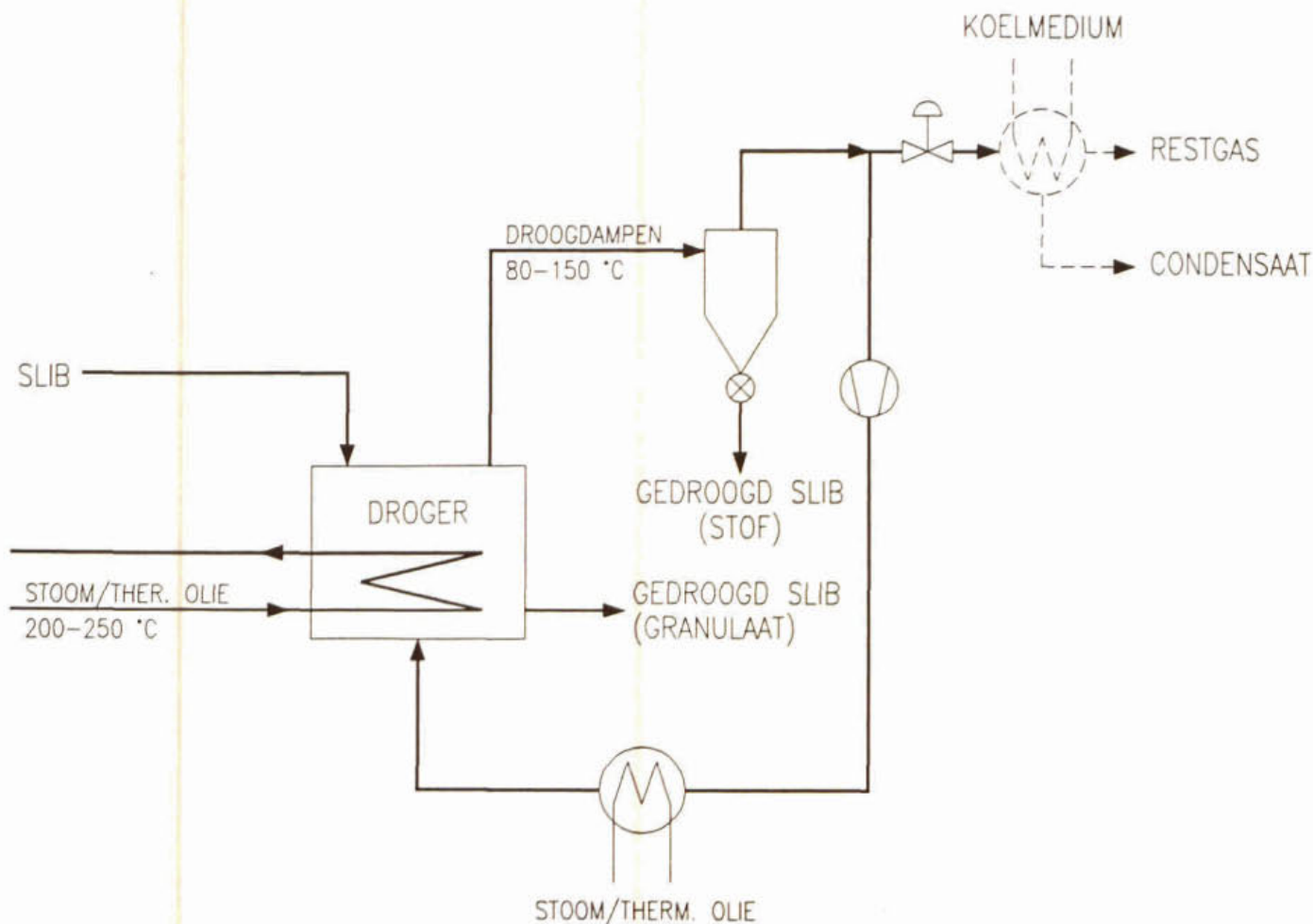
Directe droogssystemen met droogdampcirculatie:

- trommeldroger
- wervelbeddroger
- stoomcirculatie droger
- schroefbuisdroger

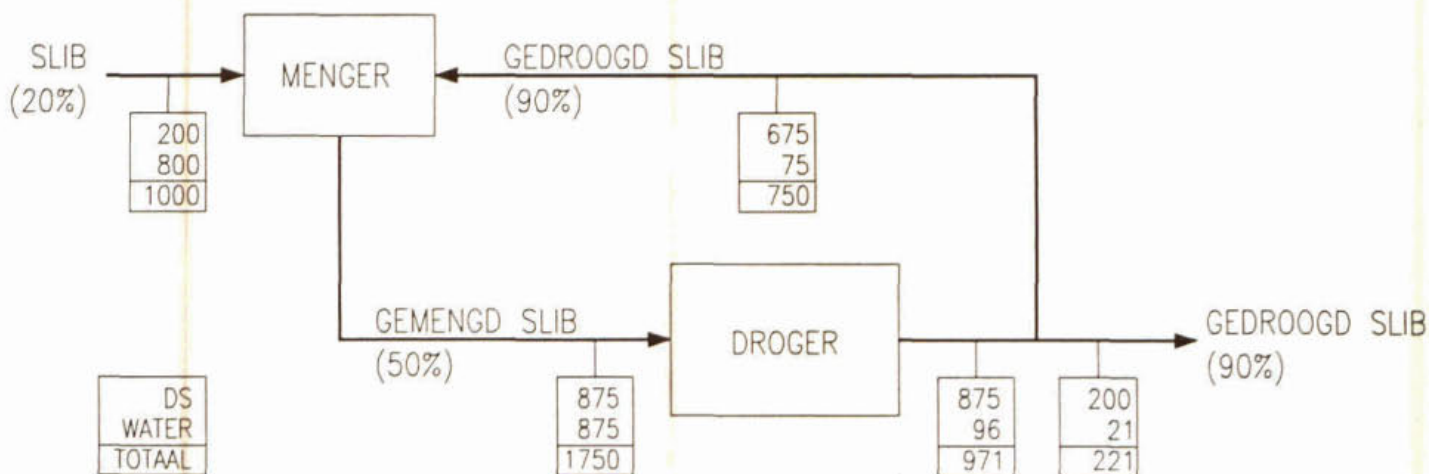
Indirecte droogssystemen:

- dunne filmdroger
- schijvendroger
- kneeddroger
- etagedroger¹
- "Carver-Greenfield"

¹ De etagedroger bestaat zowel in een indirecte als een directe uitvoering.



Figuur 9 - Schematische voorstelling droger met droogdampcirculatie



Figuur 10 - Massastromen bij mengen "nat" slib met gedroogd slib

Procesonderdelen

Behalve uit een droger bestaat een drooginstallatie uit veel meer onderdelen. De goede werking van de installatie als geheel is in grote mate afhankelijk van het totale ontwerp en de goede afstemming van de onderdelen van de installatie onderling.

Uit de bedrijfservaringen met slibdrogers kan geconstateerd worden dat problemen met de installatie veelal te wijten zijn aan het slecht functioneren van randapparatuur als: transporteurs, mengers, in- en uitvoermechanismen en pompen, terwijl de werking van de droger geen reden tot klagen geeft.

Problemen als corrosie in (droogdamp)leidingen, stankhinder, verstopping door afzettingen zijn vaak te voorkomen door goede voorzieningen in het ontwerp van de installatie en de randapparatuur op te nemen.

Een complete slibdrooginstallatie bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

- slibontvangst (in het geval slib extern wordt aangevoerd)
- slibbuffering
- droging
- droogdampbehandeling
- stofvangers
- energievoorziening (indien zelf warmte opgewekt wordt)
- buffer voor gedroogd slib.
- gebouwen voor installatie en personeel

Het extern aangevoerde slib wordt op de drooginstallatie gelost in stortbunkers. Hierin of in aparte silo's wordt het gebufferd om onregelmatigheden in de slibaanvoer en korte bedrijfsonderbrekingen op te kunnen vangen.

Bij een vol-continu werkende installatie zal veelal een minimum slibbuffervolume aangehouden worden van ongeveer 70x de gemiddelde verwerkingscapaciteit van de installatie per uur.

De met slib gevulde ruimten zoals aanvoerbunkers worden geventileerd. De afgezogen lucht bevat stankstoffen en moet gereinigd worden alvorens te kunnen worden geloosd. Indien geen verbrandingsoven aanwezig is waarin de ventilatielucht behandeld kan worden, wordt een biofilter, gaswasser, schoorsteen of naverbrander geïnstalleerd. Hierin kunnen dan ook de (niet condenseerbare delen van de) droogdampen geleid worden.

Het hart van een slibdrooginstallatie wordt gevormd door de droger. Deze kan in de buitenlucht worden opgesteld maar wordt meestal geplaatst in een gebouw om de stankemissie's naar de omgeving te beperken. Dit gebouw dient tevens als bedieningsruimte, ruimte voor een bedrijfsvoerder en administratie, eventueel klein laboratorium en werkplaats. Het ruimtebeslag van de droger is relatief gering. Afhankelijk van het type kan deze horizontaal of vertikaal worden opgesteld.

Indien de warmte niet extern betrokken wordt, moet deze op de installatie zelf opgewekt worden. Bij directe drogers is dit eenvoudig via een branderinstallatie die meestal op of aan de droger gemonteerd is. De hete rookgassen worden direct in de droger gevoerd. Bij indirecte drogers wordt via een ketelinstallatie stoom geproduceerd of thermi-

sche olie verwarmd. Eventueel kan ter vergroting van het energierendement een warmte/krachtinstallatie gebruikt worden. De complexiteit van de totale installatie neemt hierdoor sterk toe.

Transport van hete gassen vereist volumineuze kanalen. Om transportverliezen te beperken, stelt men de drooginstallatie zo dicht mogelijk bij de warmteleverancier op. Dit speelt met name daar waar de directe droging gecombineerd wordt met een AVI.

De droogdampen worden, indien mogelijk, gecondenseerd ter vermindering van het te behandelen volume. Om de warmte af te voeren zijn grote hoeveelheden koelmedium nodig; bij gebruik van koelwater circa 55 m³ water per ton waterdamp. De droger wordt op kleine afstand van de condensor geplaatst om de lengte van de droogdampleidingen kort te houden. Er zijn indicaties dat de stankbelasting van de droogdampen gereduceerd kan worden door het afvangen van het fijn verdeelde stof. Additioneel voordeel is dat de kwaliteit van het condensaat wordt verbeterd. Het stof kan gevangen worden door inbouw van cyclonen of doekfilters tussen droger en condensor.

Het gedroogde slib wordt opgeslagen in een silo en periodiek afgevoerd. De minimale buffergrootte komt, afhankelijk van bedrijfstijd, overeen met de produktie van 3 à 4 werkdagen.

Het benodigde terreinoppervlak voor een slibdrooginstallatie wordt vooral bepaald door de slibbuffervoorzieningen en de daarbij benodigde manoeuvreerruimte voor de vrachtauto's.

4.3 Circulatie van gedroogd slib

Bij het drogen doorloopt het slib tussen 40 en 50 % d.s. een fase waarin het slib een kleverige en taaie consistentie heeft. In de vele drogers (zowel directe als indirecte) leidt deze consistentie tot ongewenste verschijnselen en slechte droogresultaten. Men kan het optreden van de kleeffase in de droger verhinderen door het slib via opmengen met reeds gedroogd slib op een drogestofpercentage van 50 à 55% te brengen.

Door deze voorbehandeling kan het slib in de menger gegranuleerd worden. De ontstane korrelvormige toestand blijft gedurende het drogen intact met als voordelen dat:

- er minder stof wordt geproduceerd tijdens het drogen;
- het eindprodukt korrelvormig is en niet verwaait bij opslag en transport;
- er een geringer risico van stofexplosies is tijdens drogen, opslag en transport.

De drogestofdoorzet van de droger neemt door deze recirculatie aanzienlijk toe. Slib van 20 % d.s. dat opgemengd moet worden met gedroogd slib van 90 % tot een mengsel van 50 % d.s., vraagt per 1000 kg nat slib 750 kg gedroogd slib (zie figuur 10). Van het gedroogde slib wordt dus bijna 80% teruggevoerd naar de menger. De drogestofdoorzet van de droger neemt, bij gelijkblijvende waterverdamping, met een factor 4,4 toe ten opzichte van een systeem zonder opmenging.

Het opmengen van het slib leidt tot een aanzienlijk complexer slibdrooginstallatie. De menger of granulator blijkt in de praktijk een

storingsgevoelig apparaat met moeilijk in te stellen en in stand te houden procescondities. Behalve de menger zijn er transporteurs voor gedroogd en gemengd slib noodzakelijk, alsmede voorraad- en doseerbunkers met alle bijbehorende meet- en regeltechnische voorzieningen.

4.4 Beschrijving van verschillende droogsystemen

Onderstaand wordt voor een aantal bekende en nieuwe droogsystemen een korte beschrijving van de werking en een aantal kenmerken genoemd.

Waar mogelijk is gepoogd met behulp van enige kentallen een cijfermatige aanvulling op de informatie te geven. Deze getallen zijn indicatief.

De aangegeven waarden voor warmte- en elektriciteitsverbruik zijn exclusief het energieverbruik van eventuele rookgas- of droogdampreinigingssystemen, transport- en/of pelletiseervoorzieningen en overige rand- en hulpapparatuur.

Door middel van referenties en een omschrijving van de recente ontwikkelingen met het droogstelsel is een indicatie gegeven van de praktische betekenis van het beschreven droogertype.

Voor zover bekend wordt bij de referenties het jaar van inbedrijfstelling vermeld.

4.4.1. trommeldroger (figuur 1 van de bijlage)

De droger bestaat uit een draaiende cilindrische trommel waarin het te drogen produkt in direct contact wordt gebracht met hete gassen (meestal rookgassen van een verbrandingsproces). De trommel draait langzaam rond en is van binnen voorzien van schoepen die het slib meenemen en steeds weer in intensief contact brengen met de warme gasstroom. De hete gassen hebben een intredetemperatuur van circa 600°C en koelen af tot 100 à 150 °C. Het gedroogde slib wordt opgewarmd tot 60 à 100 °C. In het eerste traject van de trommel koelen de hete gassen sterk af door de verdamping van water.

Er zijn twee uitvoeringsvormen voor de trommeldroger:

- meestroom
- tegenstroom

Bij de meestroom-uitvoering worden het "natte" slib en de hete gassen aan dezelfde zijde van de trommel ingevoerd en doorlopen de trommel in dezelfde richting. Op het traject door de trommel koelen de hete gassen af en wordt het slib opgewarmd.

Bij de tegenstroom-uitvoering doorlopen het hete gas en het te drogen slib de droger in tegengestelde richting.

Het hete gas treft bij invoer in de trommel het gedroogde slib. In deze uitvoering bestaat er gevaar voor stofexplosie of brand, welke ontstaat bij een combinatie van stof, hoge temperatuur en een zuurstofrijk milieu.

Door het grote volume van de hete gassen die met het slib in contact moeten worden gebracht is de droger een omvangrijk apparaat. Door meerdere concentrisch binnen elkaar geplaatste trommels, waarin het slib heen en weer wordt gevoerd, kan de bouwlengte van de droger verkort worden. Een dergelijke bouwwijze beperkt stralingsverliezen.

Het mechanisch ontwaterde slib wordt gemengd met een deel van het gedroogde slib tot een mengsel van ongeveer 50 % d.s.. Door het natte slib te "paneren" met gedroogde slibstof wordt een kleefvrij produkt verkregen dat in de droger gedoseerd kan worden.

Afhankelijk van de voorbehandeling van het slib is het eind-produkt poeder- of korrelvormig. Het gedroogde slib wordt afgescheiden van de gasstroom door middel van zwaartekracht of met een cycloon. De afgekoelde gassen zijn na doorlopen van de droogtrommel beladen met stof en stankcomponenten en dienen gereinigd te worden.

Door enkele leveranciers wordt een gesloten droogstelsel met een trommeldroger aangeboden. Hiermee wordt het afgasprobleem van dit type droger verminderd ten koste van een toenemende complexiteit van de installatie (figuur 2 van de bijlage). Het droogmedium wordt indirect verwarmd met rookgassen van een branderinstallatie, die tegelijkertijd ook dienst doet als naverbrander voor de restdampen die na condensatie van de waterdamp uit het droogmedium overblijven.

Bereikbaar drogestofpercentage: instelbaar tot >90 %

Energieverbruik:

warmte : 3200-3500 MJ/twd
elektriciteit: 50-90 kWh/twd

Bouwgrootte : 0,5 - 30 twd/h

Kenmerken:

- directe droger
- goede warmte-overdracht door directe droging
- afgastemperatuur 100 tot 150 °C
- voorbehandeling ontwaterd slib noodzakelijk (mengen, granuleren)
- gegranuleerd, korrelvormig (bijna stofvrij) eindprodukt
- gevaar voor stofexplosies en brandgevaar (bij tegenstroom principe)
- bekend principe, eenvoudig, veel ervaringen
- snel in en uit bedrijf te nemen
- goed regelbaar
- groot apparaatvolume
- relatief laag elektriciteitsverbruik
- grote afgasstroom met relatief lage concentratie aan stankcomponenten, die gereinigd moet worden.

Fabrikanten/Leveranciers o.a.:

- VandenBroek
- TCW Anlagenbau
- Ammann
- Alpha
- Maurer Söhne
- Babcock
- PKA.

Praktische toepassingen:

De trommeldroger is reeds jaren een bewezen techniek in diverse industriële toepassingen waaronder ook slib. De in de zeventiger jaren in Nederland gebouwde drooginstallaties waren alle trommeldrogers. Deze oude installaties vertoonden vaak stankproblemen en zijn na de ener-

giecrisis van '73 alle uit bedrijf genomen.

Er worden thans nog steeds droogsystemen met trommeldrogers aangeboden en bedreven. In de traditionele vorm worden er niet veel nieuwe installaties meer gebouwd. Thans zijn ontwikkelingen gaande naar een gesloten drogertype.

Referenties (o.a.):

Nederland:

- Epe ('69)
- Roosendaal (sinds '89 bij Heere Vuilverbranding; voorheen Ridderkerk)
- Meppel
- Barneveld ('69)
- Hoensbroek
- Leek
- Bunnik ('70)
- Bunschoten ('70)
- Breukelen ('71)
- DSM (Stein)

Buitenland (o.a):

- Alfeld ('70)
- Pluderhausen ('84).

4.4.2 etagedroger (figuur 3 van de bijlage)

De etagedroger bestaat uit een cilindrische verticale mantel waarbinnen een aantal (6 à 10) boven elkaar liggende schotels is geplaatst. Het natte slib wordt op de bovenste schotel gedeponerd. Transport van het slib geschiedt door roterende schuivers, bevestigd op een centrale as, die het slib over de schotels naar binnen of naar buiten schuiven. Aan de rand van de schotel valt het slib op de onderliggende schotel. De holle as van de droger wordt gekoeld met lucht.

Het slib kan direct (met hete lucht of verbrandingsgassen) of indirect (door verwarming van de schotels van binnen uit met stoom of thermische olie) worden gedroogd.

In het geval de etagedroger als directe droger wordt bedreven, moeten de afgekoelde drooggassen, die waterdamp en stankcomponenten bevatten, nabehandeld worden. Bij het indirect werkende type bevatten de geproduceerde droogdampen voornamelijk waterdamp, beladen met stankcomponenten.

De temperatuur van het droogmedium bedraagt bij de directe droger circa 600°C. De temperatuur van het warmtedragend medium bij een indirect verwarmde etagedroger bedraagt 200 à 250°C.

De etagedroger is, zowel in directe als in indirecte vorm, een vrij omvangrijk apparaat dat een grote bouwhoogte vereist.

Het slib wordt eerst op circa 50% droge stof gebracht door opmenging met gedroogd slib of door voordroging. In deze kruimelige vorm wordt het in de droger gebracht. De eindstructuur van het slib is korrelachtig.

In de z.g. "Etagewirbler" is deze droger gecombineerd met een wervelbed verbrandingsoven tot één apparaat. In deze samenstelling droogt de

etagedroger tot 30-40% d.s., benodigd voor de autothermeverbranding in de oven.

Bereikbaar d.s.: > 90 %

Energieverbruik:

warmte : 2700-3500 MJ/twd (afhankelijk direct of
elektriciteit: 30-100 kWh/twd indirect)

Bouwgrootte : 1-4 twd/h

Kenmerken:

- zowel indirecte als directe uitvoering mogelijk
- voorbehandeling van het ontwaterd slib noodzakelijk
- weinig stofvorming door trage schraapbeweging
- lange verblijftijd van het slib in de droger
- einddrogestof-% instelbaar via de verblijftijd
- traag regelbaar door grote warmte-inhoud
- lange opwarmtijd
- volumineus apparaat
- robuuste en betrouwbare constructie
- hoge investeringskosten
- gesloten systeem mogelijk
- eindprodukt korrelvormig
- relatief laag elektriciteitsverbruik.

Fabrikanten/Leveranciers:

- Lurgi (directe droger)
- Seghers (indirecte droger)

Praktische toepassingen:

Technisch gezien is de etagedroger een bewezen techniek. De etagedroger is o.a. toegepast als voordroger voor slibverbranding, gecombineerd met een wervelbedoven in een z.g. "etagewirbler". De directe etagedroger is echter de laatste tijd niet veel meer toegepast. Volgens Lurgi²⁾ is deze directe droger door de relatief hoge investeringskosten niet meer concurrerend met de droogsystemen die nu op de markt worden aangeboden.

Referenties:

Centrale slibverbranding Frankfurt-Sindlingen (3 x etagewirbler; '81)
- droogt tot ca. 45% d.s.
Slibverbranding rwzi Brugge (indirect verwarmde droger; '85)

4.4.3 maaldroger (figuur 4 van de bijlage)

In de maaldroger wordt het slib tussen sneldraaiende schijven vermalen tot kleine deeltjes. Door het apparaat worden hete gassen geblazen waarmee het slib (in direct contact) wordt gedroogd. Door de hoge turbulentie en de verkleining van de deeltjes wordt een snelle verdamping verkregen. Het volume van de droger is relatief klein.

Het droogmedium treedt binnen met een temperatuur rond 550°C en koelt in de droger af tot 120 à 160 °C. Het met stankstoffen beladen droog-

²⁾ Persoonlijke mededeling op IFAT-beurs '90

medium moet in een reinigingsinstallatie worden nabehandeld.

Speciale voorzieningen dienen te worden getroffen tegen stofexplosies welke kunnen voorkomen bij een warm, zuurstofrijk milieu.

Ter voorkoming van verkleefing en verstopping dient het in te voeren slib te worden voorontwaterd tot een drogestofpercentage van circa 50%.

Het gedroogde slib is stofvormig ("fluff") en wordt met een cycloon of doekfilter uit de gasstroom afgescheiden.

Bereikbaar d.s.: >90%

Energieverbruik:

warmte : 3200 - 3800 MJ/twd
elektriciteit : 80 - 100 kWh/twd

Bouwgrootte: 1 - 4,5 twd/h (gerealiseerde installaties)

Kenmerken:

- directe droger
- goede warmteoverdracht; snelle waterverdamping
- temperatuur afgasstroom 120-160°C
- voorbehandeling slib noodzakelijk
- korte verblijftijd slib
- droogt tot > 90% d.s. (instelbaar)
- slib wordt vermalen tot stofvormig eindproduct
- snel regelbaar
- compact apparaat
- slijtage draaiend binnenwerk
- risico op stofexplosie
- gesloten systeem mogelijk; geen stankemissie.

Fabrikanten/Leveranciers:

- VonRoll

Praktische toepassingen:

De maaldroger is afgeleid van drogers die gebruikt worden in de kolenindustrie. Voor toepassing met slib is een viertal installaties gebouwd. Volgens opgave van de leverancier worden geen nieuwe installaties meer aangeboden. Oorzaak hiervan zijn de grote problemen met corrosie en verstopping bij de gerealiseerde installaties.

Referenties:

- slibverbranding Bayer/Wupperthal Rutenbeck ('77)
- slibverbranding Mulhouse ('87)
- slibverbranding Lille ('87)
- slibverbranding Rom Fregene ('87).

4.4.4 stromingsdroger (figuur 5 van de bijlage)

Het te drogen slib wordt ingebracht in een verticale stijgpip waarin het slib in een opwaarts gerichte hete gasstroom wordt opgewerveld en gedroogd. In de onderbocht van de droogpip is een soort maaldroger ingebouwd die zorgt voor verkleining van de slibdeeltjes, waardoor de droging wordt versneld.

Als droogmedium kunnen verwarmde lucht of rookgassen van een verbranding worden ingezet. Intredetemperatuur bedraagt 550°C. Het droogmedium wordt afgekoeld tot circa 150°C.

Droging geschiedt volgens meestroomprincipe waardoor in de eerste fase de waterverdamping zeer snel plaatsvindt en het droogmedium snel afkoelt.

Het droogmedium fungeert tevens als transportmedium voor het gedroogde slib. De vergaand gedroogde slibdeeltjes worden in de stroming mee-geleurd, terwijl de relatief natte slibdeeltjes door hun hogere gewicht langer in de gasstroming blijven.

Aan het eind van het droogtraject wordt het gedroogde slib uit de gasstroom afgescheiden. De gasstroom wordt ontstof en gereinigd van stankcomponenten.

Bereikbaar d.s.: >90 %

Energieverbruik:

Op basis van vergelijkbaarheid met de maaldroger wordt het energieverbruik geschat op:

warmte : 3200 - 3800 MJ/twd
elektriciteit: 80 - 100 kWh/twd

Bouwgrootte : (onbekend)

Kenmerken:

- directe droger
- snelle verdamping, korte verblijftijd
- temperatuur afgasstroom ongeveer 150°C
- voorbehandeling van slib noodzakelijk
- droogt tot > 90% d.s.
- stofvormig eindprodukt ("fluff")
- eenvoudig, zelfregeld droogprincipe
- snel in- en uit bedrijf te nemen; snel te regelen
- slijtage door bewegende delen in versnijder
- relatief hoog elektriciteitsverbruik bij directe droging
- hoge bouwwijze door verticale stijgpip
- gevaar voor stofexplosies bij combinatie van vrij stof en zuurstofrijk milieu.

Leverancier:

KHD

Praktische toepassingen:

Deze droger is de laatste tijd niet meer toegepast voor de droging van zuiverings-slib. In de literatuur wordt gewag gemaakt van enkele ernstige ongelukken door stofexplosies met dit type droger. In andere takken van industrie (kolen-, cement- en chemische industrie) wordt dit type droger frequent ingezet.

Referenties:

(onbekend)

4.4.5 banddroger (figuur 6 van de bijlage)

Het ontwaterde slib wordt gedroogd op een brede geperforeerde band waarop het met hete lucht wordt gedroogd. Om het contactoppervlak van het slib met de hete lucht te vergroten wordt het te drogen slib door een geperforeerde plaat geperst en in de vorm van "spaghetti" op de droogband gedeponed.

De band verplaatst zich langzaam binnen een gesloten omkasting. De droogtemperatuur is relatief laag (80-150 °C). Als warmtebron wordt gistingsgas of aardgas gebruikt, of de verbrandingsgassen van gasmotoren. Door de lage temperatuur is een groot volume aan droogdampen nodig dat door het drogende slibpakket wordt geblazen.

Door de lage droogtemperatuur bevat de droogdamp relatief weinig stankcomponenten en het condensaat weinig vervuiling. Het afgasvolume daarentegen is relatief groot omdat bij maximale relatieve vochtigheid bij een lage temperatuur minder waterdamp afgevoerd kan worden. Het volume aan droogmedium dat een nageschakelde reiniging moet ondergaan, is groot.

Het slib naar de droger moet verpompbaar zijn (circa 20% d.s.) en wordt in één droogstap tot > 90% d.s. gedroogd.

Het droogmedium wordt tegen de draairichting van de band in, in kruisstroom door het slibpakket geblazen. Hierdoor wordt eventueel meegevoerd stof aan het natte slib gebonden en is het afgas relatief stofvrij.

bereikbaar d.s.: > 90%

Energieverbruik:

warmte : 3200 MJ/twd
elektriciteit: 25 kWh/twd

Bouwgrootte : tot 3 twd/h (gerealiseerde installaties)

Kenmerken:

- directe droging met verwarmde lucht of verbrandingsgassen
- relatief laag energierendement
- lage droogtemperatuur, relatief weinig stankvorming
- geen voorbehandeling van het ontwaterd slib noodzakelijk
- lange verblijftijd van het slib, grote slibinhoud
- droogt tot >90 % d.s.
- snelle opstart
- volumineus door lage droogtemperatuur
- eenvoudige constructie, weinig onderhoudskosten
- eenvoudig uit te breiden door modulair bouwsysteem
- geschikt voor toepassing in kleine installaties
- weinig stofvorming, geen stoffilter noodzakelijk.

Fabrikanten/Leveranciers:

- SEVAR (Geiger)

Praktische toepassingen:

De banddroger is een relatief nieuw systeem. Er is op kleine schaal ervaring mee opgedaan. Tot nu toe zijn drie installaties gebouwd. Dit systeem wordt door de leverancier vooral geschikt geacht voor klein-

schalige toepassing op kleinere zuiveringen.

Referenties:

- Starnberg ('89)
- Rimsting ('90).

4.4.6 **wervelbeddroger** (figuur 7 van de bijlage)

De wervelbeddroger is gebaseerd op het reeds lang bekende principe van het fluïdbed. De bedvulling bestaat uit slibkorrels alleen of uit een mengsel van zand en slib. Het bed wordt in een gefluïdiseerde toestand gehouden door een opwaarts gerichte gasstroom. Het fluïdbed bezit een sterke turbulentie waardoor een intensieve menging en hoge warmteoverdracht per m³ bedinhoud wordt gerealiseerd.

Het ingebrachte slib wordt in het wervelbed gedroogd in direct contact met het hete droogmedium dat tevens als fluïdisatiemedium dienst doet. Deze droger kan zowel als directe droger in een "open" systeem worden gebruikt als in een systeem met droogdamprecirculatie.

Directe droging van slib in een "open" wervelbed met behulp van rookgassen is eigenlijk slechts dan te overwegen als het slib weinig stank produceert bij droging (sommige industriële slibben).

De recente belangstelling voor de wervelbeddroger geldt met name het gesloten systeem met de droogdamprecirculatie. Hierbij worden oververhitte droogdampen, in een gesloten kringloop, als droogmedium en fluïdisatiemedium gebruikt. Door alle leveranciers van de wervelbeddroger wordt een dergelijk systeem aangeboden.

Voordeel van het gesloten systeem is dat weinig kans op stankhinder voor de omgeving bestaat. In een gesloten systeem is het gevaar voor stofexplosie afwezig en is een eenvoudige behandeling van de afgasstroom, die bestaat uit het waterdampsurplus, mogelijk.

De droogdampen worden opgewarmd tot circa 150 °C, waarna in het wervelbed het slib wordt gedroogd. De temperatuur in het wervelbed waar het slib wordt gedroogd, bedraagt 110 à 140 °C.

De verwarming van de droogdampen geschiedt indirect door de droogdampen te verwarmen vóór inbreng in de droger of door een warmtewisselaar direct in het gefluïdiseerde bed. Dit laatste concept verhoogt de efficiency van de droger. Combinatie van beide methoden zijn ook mogelijk.

De temperatuur van het warmtedragend medium, stoom of thermische olie, bedraagt normaliter 200 à 250 °C. Lagere temperaturen leiden tot grotere en volgens de leveranciers minder economische warmtewisselaars.

Het waterdampsurplus uit de kringloop wordt via een regelklep aan het systeem onttrokken. Meestal worden de droogdampen gecondenseerd met behulp van koelwater. Het dan overblijvende kleine restvolume aan "non-condensables" wordt behandeld in b.v. een gaswasser of (na)verbrander.

Mechanisch ontwaterd slib kan, voordat het in de droger wordt gebracht, al dan niet worden voorbehandeld:

a) geen voorbehandeling:

De vorm van het eindproduct is afhankelijk van de eigenschappen van het mechanisch ontwaterde slib. Uit pasteus, verpompbaar slib (b.v. van centrifuges) ontstaat een stofvormig droogproduct ("fluff"). Dit wordt afgescheiden uit de droogdampstroom met een cycloon of filter.

Goed ontwaterd, steekvast slib blijft in het wervelbed gedeeltelijk klontvormig en produceert naast stof, een korrelvormig eindproduct. Het bedmateriaal bij deze vorm van drogen bestaat meestal uit zand.

b) opmengen met gedroogd slib en granuleren:

Ter verkrijging van een korrelvormig, gegranuleerd eindproduct wordt het mechanisch ontwaterde slib opgemengd met gedroogd slib. Hiermee wordt een kleefvrije korrel verkregen die in het wervelbed wordt gedroogd. Bij deze wijze van droging ontstaat minder stof. Het gedroogde slib wordt via een "overloop" uit het bed afgetapt.

De bedvulling bestaat in dit geval uitsluitend uit gegranuleerd slib zonder toevoeging van zand.

Ter voorkoming van corrosie en verstopping door ophoping van slibstof wordt condensatie van waterdamp in het circulatie-systeem voorkomen door isolatie van de installatie in combinatie met externe verwarming (tracing). Condensor en condensaatleidingen worden corrosiebestendig uitgevoerd.

Bereikbaar d.s.: >90 % (regelbaar door droogtemperatuur in wervelbed)

Energieverbruik:

warmte : ca. 3000 MJ/twd
elektriciteit: 80-100 kWh/twd

Bouwgrootte: 0,2 - 6 twd/h (gerealiseerde installaties; grotere capaciteiten mogelijk)

Kenmerken:

- directe droger met indirecte verwarming van het droogmedium
- gesloten systeem, met droogdampcirculatie
- hoog energetisch rendement
- surplusdroogdamptemperatuur 100 à 125 °C
- gegranuleerd, korrelvormig (bijna stofvrij) eindproduct mogelijk, indien slib wordt voorbehandeld
- compacte droger, volumineus dampcirculatiesysteem
- weinig bewegende delen, met uitzondering van de ventilator
- extra elektriciteitsverbruik voor circulatie van droogdampen over het wervelbed
- er ontstaat na opstarten een inert milieu, geen gevaar voor stofexplosie of brand
- minimale afgassenstroom (alleen droogdampen).

Fabrikanten/Leveranciers o.a.:

- Sulzer Escher Wyss
- KHD
- Waagner Biro
- BF (Bergbau Forschung)
- Deutsche Babcock.

Praktische toepassingen:

De techniek is relatief nieuw. Er is een aantal installaties in bedrijf. Hiermede zijn tot nu toe goede resultaten behaald. Er bestaat veel belangstelling voor deze nieuwe ontwikkeling op het gebied van slibdrogen.

Het SPUBS droogstelsel in combinatie met (slib)verbranding is ook gebaseerd op een wervelbeddroger. Hierbij wordt warm bedmateriaal uit een wervelbed-verbrandingsoven gebruikt als droogmedium in de wervelbeddroger. Dit stelsel werd 10 à 15 jaar geleden door Dorr-Oliver gepropageerd, maar heeft zich in Europa niet doorgezet.

Referenties (alle Sulzer EW):

- slibdroging bij AVI Nice ('87)
- slibdroging Leutkirch ('90)
- Ingolstadt ('90).

4.4.7 **dunne-filmdroger** (figuur 8 en 9 van de bijlage)

De dunne-filmdroger is reeds vaak toegepast als voordroger in een hoogrendementslibverbrandingsinstallatie. Hierin wordt het mechanisch ontwaterde slib van circa 20% gedroogd tot 30 à 45 % d.s., waarna het in een wervelbedoven verbrand kan worden. Doel van deze droging is niet een zo hoog mogelijk drogestofpercentage, maar het bereiken van een autotherme verbranding.

De droger bestaat uit een aan de buitenzijde verhitte mantelpijp, waarvan de binnenkant door middel van schuivers met het te drogen slib in contact gebracht wordt. Het drogende slib heeft de neiging aan te koeken en vast te bakken op het verwarmde oppervlak en wordt daarom met draaiende schrapers weer losgeschrapt. De schuivers en schrapers zijn bevestigd op een centrale as die elektrisch aangedreven wordt.

De droger wordt onder lichte onderdruk bedreven waardoor geen stankcomponenten kunnen ontwijken.

Als warmtedragend medium worden stoom, thermische olie of heet water toegepast. Temperatuur 180 tot 250 °C. Bij lagere temperaturen nemen de afmetingen van de droger sterk toe.

De geproduceerde droogdampen worden te zamen met de leklucht, die via asdoorvoeringen binnentreedt, bovenin de droger opgevangen en afgevoerd voor verdere behandeling.

Het mechanisch ontwaterde slib moet voor invoer in de droger pasteus (verpompbaar) zijn. Het eindprodukt is strooibaar, korrelvormig.

Bij toenemend drogestofpercentage in de droger neemt de warmteoverdracht af. Meestal wordt in deze drogers niet verder gedroogd dan tot 40 à 50%, max. 75 % d.s.. In kleine installaties kan een hogere drogingsgraad worden gehaald. Dit is echter niet economisch bij grotere droogcapaciteiten.

Er bestaat zowel een horizontale (Buss) als een verticale (Buhler) uitvoering.

Door Buhler is de dunne-filmdroger geleverd met een droogdampcompressor. Gebruikmakend van het warmtepompprincipe wordt door condensatie

van de droogdampen bij een hogere druk en (temperatuur) de condensatiewarmte gebruikt voor verwarming van de droger. Na opstarten van het systeem kan zonder additionele warmte de droger geheel met elektrische energie bedreven worden. Door een grote mate van warmterugwinning daalt het energieverbruik van het systeem sterk. In de praktijk traden problemen op met dit systeem o.a. door corrosievorming in de compressor.

Bereikbaar d.s.: ca. 50%
(75% bij kleine installaties)

Energieverbruik:

warmte : circa 2700-2800 MJ/twd
elektriciteit : 75 kWh/twd

Bouwgrootte: max. 6 twd/h voor horizontale droger en 2 twd/h voor verticale droger; technisch begrensd door de maximaal te bouwen rotordiameter en -lengte.

Kenmerken:

- indirecte droger
- laag warmteverbruik
- warmtemedium stoom of thermische olie;
- wandtemperatuur 200 tot 250 °C
- droogtemperatuur 100 tot 150 °C
- geringe slibinhoud, korte slibverblijftijd
- slib behoeft geen voorbehandeling, het moet verpompaar zijn (20 à 25 % d.s.)
- tot circa 50% d.s. (hoger mogelijk, meestal niet rendabel)
- goede regelbaarheid door korte verblijftijd van het slib (enkele minuten)
- relatief groot specifiek apparaatvolume
- mechanische slijtage door sneldraaiende rotoras
- relatief hoog elektrisch energieverbruik.

Fabrikanten/Leveranciers:

- Buss
- Buhler

Praktische toepassingen:

De dunne-filmdroger is een veel toegepaste slibdroger waarmee goede resultaten zijn bereikt. In combinatie met een nageschakelde "einddroger" (b.v. een schijvendroger) kan tot 95 % d.s. of hoger worden gedroogd.

Referenties (o.a.):

- slibverbranding Dieppe ('70)
- slibverbranding Deauville ('74)
- slibdroger rwzi Altenrhein (v.a. '79)
- slibverbranding RI Groote-IJpolder ('85)
- slibdroging Nancy ('86, in combinatie met schijvendroger)
- slibverbranding Ulm ('87).

4.4.8 schijvendroger (figuur 10 van de bijlage)

De schijvendroger bestaat uit een cilindrische mantel waarin holle, op een centrale as bevestigde, schijven ronddraaien. De schijven worden van binnenuit verwarmd. De ruimte binnen de droger wordt voor 3/4 met slib gevuld. De schijven draaien langzaam door het slib. Door middel van schrapers wordt het drogende slib van de langzaamdraaiende schijven geschrapt. De verblijftijd van het slib in de droger bedraagt circa 1 uur.

De schijvendroger kan drogen tot >90 % d.s.. Bij toenemend drogestofpercentage neemt de warmteoverdracht tussen de wand en het slib en daardoor de verdampingscapaciteit sterk af (van 15 tot 75 kg waterdamp/h.m²). Daardoor worden de afmetingen van de droger per ton te verdampen water bij toenemend drogestofpercentage groter.

De droger wordt onder lichte onderdruk bedreven waardoor geen stankcomponenten kunnen ontwijken.

Als warmtedragend medium worden stoom, thermische olie of heet water gebruikt. Temperatuur 180 tot 250 °C.

De droogdampen, gemengd met leklucht die de droger binnentreedt via asdoorvoeringen e.d., worden bovenin de droger opgevangen en afgevoerd.

Om verkleving in de droger te vermijden, dient het toegevoerde slib een gemiddeld drogestofpercentage van circa 50% te bezitten.

Het eindprodukt van de droger is, afhankelijk van de structuur van het ingangsprodukt, stof- of korrelvormig.

Bereikbaar d.s.: > 90 %

Energieverbruik:

warmte : circa 2700-2800 MJ/twd
elektriciteit : 90 kWh/twd

Bouwgrootte: 0,5-10 twd/h

Kenmerken:

- indirecte droger
- laag warmteverbruik
- warmtemedium is stoom of thermische olie (200-250°C)
- droogt van circa 50% tot > 90% d.s.
- voorbehandeling van het slib is noodzakelijk
- grote slibinhoud, lange slibverblijftijd en daardoor slecht regelbaar
- lage warmteoverdracht per m² verwarmd oppervlak en daardoor volumineus
- robuust, bedrijfszeker
- relatief hoog elektriciteitsverbruik
- relatief duur.

Fabrikanten/Leveranciers:

- Buss (Rovactor)
- Deutsche Babcock
- Stord Bartz
- Wehlre werk.

Praktische toepassingen:

De schijvendroger is reeds diverse malen als slibdroger toegepast; als voordroger bij slibverbranding en als "eind"droger na een dunne film-droger.

Referenties:

- slibverbranding Muhlhausen ('81)
- slibdroging Nancy ('86)
- slibverwerking Karlsruhe ('87)
- slibdroging Monaco ('90)
- slibdroging Zurich ('90).

4.4.9 kneeddroger (figuur 11 van de bijlage)

De kneeddroger lijkt in vorm en werkingsprincipe op de hiervoor beschreven schijvendroger. Het verschil met de schijvendroger is dat de kneeddroger in staat is het slib in één behandeling te drogen van 20 tot 95% d.s.. Door de sterke mengarmen wordt het slib in de "lijm-fase" zodanig gekneed dat steeds nieuw sliboppervlak in contact met het verwarmde oppervlak kan komen voor verdamping van het water.

De droger bestaat uit een verwarmd cilindrisch huis met een centrale, verwarmde kneedas. Op de as zijn verwarmde schijfsegmenten gemonteerd. De stilstaande tegenschoepen die aan het huis zijn bevestigd, reinigen de schijfsegmenten en zorgen voor de sterke mengwerking. Draaisnelheid van de as is 10-20 omw/min.

De droger wordt onder lichte onderdruk bedreven om de emissie van stankcomponenten te vermijden. Als warmtedragend medium worden stoom, thermische olie of heet water toegepast. De droogdampen, gemengd met leklucht worden opgevangen voor afvoer en behandeling elders.

Het slib hoeft niet voorbehandeld te worden. Het eindprodukt is, afhankelijk van de structuur van het beginprodukt, fijn of grof korrelvormig.

bereikbaar d.s.: >90 %

Energieverbruik:

warmte : circa 3050 MJ/twd
elektriciteit: 300 kWh/twd

Bouwgrootte : 0,5-3,5 twd/h

kenmerken:

- indirecte droger
- laag specifiek warmteverbruik
- droogmedium is stoom of thermische olie (200-250°C)
- kan van 20% tot >90 % d.s. drogen in één behandeling
- grote slibinhoud, lange slibverblijftijd en daardoor slecht regelbaar
- lage warmteoverdracht per m² verwarmd oppervlak en daardoor een volumineus apparaat
- zeer robuust, bedrijfszeker
- hoog elektriciteitsverbruik voor aandrijving kneedarmen
- relatief duur.

leverancier:

- Buhler (Discotherm/List)

Praktische toepassingen:

Van de nieuwe installaties die met dit type droger zijn of worden gebouwd, zijn nog geen (langdurige) bedrijfservaringen bekend.

referenties:

- slibdrooginstallatie Horgen, Zwitserland ('89)
- slibdrooginstallatie Kloten Oerlikon, Zwitserland ('91)
- slibdrooginstallatie Hinwill, Zwitserland ('91).

4.4.10 stoomcirculatiedroger (figuur 12 van de bijlage)

De droger bestaat uit een stelsel van in serie geplaatste, vertikaal opgestelde mantelpijpen waardoor droogdampen met het drogende slib worden gecirculeerd. Het slib wordt fijnverdeeld in de stroming meegeleurd en gedroogd met de indirect, via de mantels van de pijpen, toegevoerde warmte.

De circulatie van droogdampen wordt in stand gehouden door een ventilator. Het gedroogde slib wordt met een cycloon of filter uit de droogdampstroom afgescheiden.

Het warmtedragend medium kan stoom of thermische olie zijn. De temperatuur bedraagt 200 à 250 °C. Lagere temperaturen leiden tot een sterke stijging van het benodigde warmtewisselend oppervlak en dus tot een groter en duurder apparaat.

In tegenstelling tot veel van de besproken drogers wordt dit systeem bedreven onder overdruk (1-5 bar). Hierdoor kan het volume van het systeem worden beperkt. Daartegenover staat dat voor de invoer en uitvoer van het slib een lekdichte constructie gebruikt moet worden ter voorkoming van stankemissie. De gebruikte cellenradsluisconstructie voor uitvoer van het gedroogde slib blijkt in de praktijk aanzienlijke aandacht en onderhoud te vergen.

De droogtemperatuur bedraagt 110 à 125 °C. De overtollige droogdampen worden met een drukregelklep uit het systeem afgevoerd. Het slib dient kruimelig en niet kleverig van structuur te zijn. Het natte slib van 20 tot 30 % d.s. wordt daarom voor de droging gemengd met reeds gedroogd slib. Het eindprodukt is stofvormig ("fluff") en moet voor transport en opslag worden gepelletiseerd of bevochtigd.

Door zijn vorm is de droger geschikt voor gedeeltelijke buitenopstelling. Wegens mogelijk geuroverlast dienen de in- en uitvoerconstructies, ventilator en cycloon in een gesloten ruimte opgesteld te worden, waarvan de inhoud afgezogen en behandeld wordt.

Bereikbaar d.s. %: >90 %

Energieverbruik:

warmte : 2800 MJ/twd
elektriciteit: 65 kWh/twd

Bouwgrootte : 6-10 twd/h (concept-installaties)

Kenmerken:

- directe droging met indirecte verwarming van het droogmedium
- hoog energetisch rendement
- droogmedium is waterdamp
- warmtetoevoerend medium is stoom of thermische olie (200-250°C)
- de droogtemperatuur is 100 à 125°C
- voorbehandeling van het slib is noodzakelijk
- droogt van 50 tot > 90% d.s.
- eindprodukt is stofvormig ("fluff")
- systeem onder overdruk, speciale aandacht voor in- en uitvoersysteem vereist
- hoge staalconstructie voor ophanging van het pijpsysteem; mogelijk in buitenopstelling
- door verticale opstelling is weinig grondoppervlak nodig
- relatief hoog elektriciteitsverbruik.

Fabrikanten/Leveranciers:

- Stork Friesland (in licentie van Exergy, Zweden).

Praktische toepassingen:

Dit type droger is in de voedingsmiddelenindustrie succesvol toegepast. Er zijn (buiten de semi-technische schaal) nog geen ervaringen met dit systeem voor het drogen van zuiveringsslib. Er lopen initiatieven om in Nederland met dit systeem tot een eerste demonstratie-installatie op praktijkschaal te komen.

Referenties:

Nog geen gerealiseerde installaties met zuiveringsslib.

4.4.11 schroefbuisdroger (figuur 13 van de bijlage)

Deze droger lijkt in werking en uitvoering sterk op een combinatie van de stoomcirculatie-droger en de dunne-filmdroger. Het slib wordt gedroogd in een gesloten circulatie van oververhitte droogdampen.

De droger bestaat uit een vertikaal geplaatste holle mantelpijp waarin een schroefvormige rotor is aangebracht. Deze draait langzaam rond en schraapt daarbij aangekoekt slib van de verwarmde wanden af. Het drogende slib doorloopt voortgestuwd door de droogdampen een schroefvormige baan door de droger.

De droogdampen worden gebruikt als droog- en transportmedium door de droger. De droogtemperatuur bedraagt 100 à 150 °C. Overschot aan waterdamp wordt via een drukregelklep uit het systeem afgevoerd.

Als warmtedrager kunnen stoom, thermische olie of heet water worden gebruikt. Temperatuur 200 tot 250 °C.

Het slib wordt gemengd met gedroogd slib om een mengsel van ongeveer 50% d.s. te krijgen dat niet verkleeft in de droger. Het gedroogde slib wordt door een cycloon uit de droogdampstoom afgescheiden.

Het eindprodukt is stofvormig slib dat door pelletiseren of bevochtigen geschikt gemaakt moet worden voor transport en opslag.

De droger kan gedeeltelijk buiten opgesteld worden.

Bereikbaar d.s.: >90 %

Energieverbruik:

Vergelijkbaar met de stoomdroger; iets hoger elektriciteitsverbruik voor aandrijving van de rotor;

warmte : 2800 MJ/ton waterverdamping

elektriciteit: 65-100 kWh/ton waterverdamping

Bouwgrootte: max. 3,3 twd/h (opgave fabrikant, nog niet gerealiseerd)

Kenmerken:

- directe droging met indirecte verwarming van het droogmedium
- laag warmteverbruik
- droogmedium is waterdamp
- warmte toevoerend medium is stoom of thermische olie (200-250°C)
- voorbehandeling van het slib is noodzakelijk
- droogt van 50 tot > 90% d.s.
- eindprodukt is stofvormig
- hoge staalconstructie voor de ophanging van het pijpsysteem; mogelijk in buitenopstelling
- door verticale opstelling is weinig vloeroppervlak nodig
- relatief hoog elektriciteitsverbruik
- draaiende centrale schaperas vraagt extra elektrische energie
- slijtage van de schraapelementen.

Fabrikant:

- Krupp MAK, Kiel

Praktische betekenis:

Deze droger is afgeleid van een bewezen techniek uit de chemische industrie. Met slib zijn tot nu toe geen ervaringen bekend.

Referenties:

Volgens opgave van de leverancier is in Manen (Sleeswijk Holstein, West Duitsland) een demonstratie-installatie in aanbouw met een verdampingcapaciteit van 1600 kg waterdamp/h.

4.4.12 Meertraps verdamper met dragervloeistof (figuur 14 van de bijlage)

De enige vorm waarin tot nu toe de meertrapsverdamping met drager-vloeistof is gerealiseerd is het "Carver-Greenfield" proces. Dit "Carver-Greenfield" proces wijkt af van de tot nu toe besproken slibdrogers. Gezien de aard van het proces en het eindprodukt behoort het tot de thermische slibdrogingsinstallaties. Het principe van het proces berust op het verschil in kookpunt van water en olie. Ter verlaging van het energieverbruik wordt gebruik gemaakt van een meertrapsverdampingssysteem met interne warmteterugwinning.

Het te drogen slib wordt in een verhouding van ongeveer 1:5 in suspensie gebracht in olie. Door de olie indirect te verhitten verdampt het water uit de suspensie. De droge stof blijft in de olie achter. Volgens worden in een centrifuge het slibdrogestof en de olie van elkaar gescheiden. De olie kan, na zuivering, weer hergebruikt worden in het proces.

Het slib kan op deze wijze worden gedroogd tot circa 98 % d.s. en

bevat na reiniging nog een zeer gering percentage (<1%) olierest.

Door meertrapsverdamming toe te passen wordt het warmteverbruik van de installatie sterk verlaagd. In principe geldt hoe meer verdampings-trappen hoe lager het energieverbruik en hoe hoger de investeringen. In de praktijk wordt met vier trappen gewerkt.

Als dragervloeistof voor de verdamping wordt olie gebruikt. Deze dient ertoe het gedroogde slib pompbaar te houden wanneer het water verdamt. Doordat het kookpunt van de olie veel hoger ligt dan dat van het water (circa 200 °C) verdamt bij warmtetoevoer alleen het water en blijft de droge stof in de olie achter. Scaling en corrosie moeten door gebruik van olie als dragervloeistof vermeden worden.

In principe kunnen zware olie en lichte olie als dragervloeistof gebruikt worden. Gebruik van zware olie heeft het voordeel van een eenvoudiger, goedkoper installatie. Met lichte olie kan een betere scheiding van droge stof en oliebestanddelen worden bereikt. Bovendien worden vet en oliehoudende bestanddelen uit het slib afgescheiden, z.g. "slib-olie", die als energiebron een belangrijke extra bijdrage kunnen leveren aan de energievoorziening van de installatie. De toe te passen variant hangt ondermeer af van de afzetmogelijkheid van het slib. In de Nederlandse situatie ligt een toepassing van de lichte olievariant meer voor de hand.

Bereikbaar drogestofpercentage: >90%

Energieverbruik:

warmte:	930 MJ/twd	(ontwerpwaarde Carver-Greenfield installatie Los Angeles)
elektriciteit:	150-250 kWh/twd	(raming op basis van ontwerpgegevens Los Angeles)

Bouwgrootte : 5 twd/h (installatie Los Angeles)

Kenmerken:

- indirecte droging
- laag warmteverbruik
- gedroogd slib is licht verontreinigd met olie
- gecompliceerd en voor de rwzi bedrijfsvreemd proces dat speciaal bedieningspersoneel (proces operators) vereist
- hoge investeringskosten => vol continu bedrijf; alleen op grote schaal rendabel
- verwerkingskosten bijna ongevoelig voor d.s.% van aangeboden slib
- eindprodukt is stofvormig
- maatregelen nodig tegen brand en stofexplosie
- systeem verbruikt olie
- hoog elektriciteitsverbruik.

Fabrikant/leverancier:

- Foster Wheeler

Praktische betekenis:

Hoewel het proces industrieel op grote schaal is toegepast, is de ervaring met de "lichte-olievariant" voor slibdroging nog beperkt. Als bewezen techniek kan deze variant nog niet worden aangemerkt. De zware-olievariant is in Japan op meerdere installaties reeds toegepast.

In een door TNO en Witteveen + Bos uitgevoerd onderzoek naar de haalbaarheid van het "Carver-Greenfield" proces voor de Nederlandse situatie is aanbevolen om, voordat grootschalig in deze techniek wordt geïnvesteerd, eerst een onderzoek op pilot-plant schaal uit te voeren.

4.5 Vergelijking droogsystemen

Ter afsluiting van de bespreking van de verschillende drogertypen geeft tabel 3 een samenvattend overzicht van enkele belangrijke kenmerken van de gepresenteerde droogsystemen.

In de tabel is het warmteverbruik van de drogers aangegeven. Voor de directe drogers is dit incl. het ketelrendement, bij de indirecte drogers is dit exclusief het ketelrendement.

Tabel 3 - Onderlinge vergelijking van droogsystemen

drogertype	principe	verdamp. cap. twd/h	eind-d.s. %	begin- ¹ d.s. %	E _d MJ/twd	electr. verbruik kWh/twd	droogmedium temp. °C	complexiteit ²	praktische betekenis voor slibdroging
trommeldr.	direct	30	>90	20/50	3200-3500	50- 90	550-150	o	bewezen techniek
etagedroger	direct	4	>90	50	3200-3500	30-100	550-150	ooo	bewezen techniek, relatief duur
maaldroger	direct	4	>90	50	3200-3800	80-100	550-150	oo	wordt niet meer toegepast voor slib
stromingsdr.	direct	7	>90	50	3200-3800	80-100	550-150	ooo	wordt niet meer toegepast voor slib
banddroger	direct	3	>90	20	3200	25	80-150	o	aantal installaties in bedrijf op kleine zuiveringen
stoomcirc.dr.	meng	10	>90	50	2800	65	100-150	oo	nog geen "full scale" installaties op slib
wervelbeddr.	meng	6	>90	20/50	3000	80-100	100-150	ooo	aantal installaties in bedrijf
etagedroger	indirect	4	>90	50	2700-2800	30-100	100-150	oooo	bewezen techniek, relatief duur
dunne-filmdr. (horizontaal)	indirect	6	<75	20	2700-2800	75	100-150	ooo	bewezen techniek
dunne-filmdr. (vertikaal)	indirect	2	<75	20	2700-2800	75	100-150	ooo	bewezen techniek
schrijvendr.	indirect	10	>90	50	2700-2800	90	100-150	ooo	bewezen techniek
kneeddroger	indirect	3	>90	20	3050	300	100-150	ooo	installaties in aanbouw
schroefbuisdr.	meng	3	>90	50	2800	65-100	100-150	ooo	demo-plant in aanbouw
Carver-Greenfield	meertraps-verdamping	7	>90	20	930 ³	150-250	traject	ooooo	voor NL wordt pilot-plant geadviseerd

¹ bij voorbehandeling slib ter voorkoming van verkleving is indicatief uitgegaan van ca. 50% d.s.. In werkelijkheid is dit afhankelijk van de slibsoort

² volgens oplopende schaal: o=eenvoudig <--> ooooo=complex

³ afhankelijk van het aantal indamptrappen

5.1 Inleiding

Tijdens het droogproces komen naast waterdamp ook geurintensieve componenten (ammoniak en laag kokende organische verbindingen) en stof vrij. Al naar gelang het type droger, het soort droogmedium, de herkomst van het zuiveringsslib en de scheidingsapparatuur kan er sprake zijn van meer of minder emissie van stank en stof naar de atmosfeer. Wordt bijvoorbeeld bij een directe droger rookgas van een externe verbrandingsinstallatie betrokken, maar niet teruggevoerd, dan zal de droger voorzien moeten worden van een rookgasreiniging.

Bij condensatie en/of wassing van de droogdamp komt verontreinigd water vrij, dat niet zonder behandeling op het oppervlaktewater mag worden geloosd.

Bij directe drogers met rookgas van een AVI als droogmedium, kan zich de situatie voordoen dat het uit de droger komende gas/damp mengsel wordt teruggevoerd naar de AVI. In een dergelijk geval zal bij toepassing van een natte rookgasreiniging bij de AVI een bijdrage worden geleverd in de vervuiling van het bij de AVI geproduceerde afvalwater.

5.1.1 normen voor emissie naar de atmosfeer

De tot nog toe gebruikelijke normen (Hinderwet volgt hierbij toetsing conform de TA-Luft '86) bij slibdroging - zonder verbranding (m.a.w. externe warmteaanvoer) - voor emissie van stof en stank naar de atmosfeer zijn:

- stof : tot 50 mg/m³ bij meer dan 0,5 kg/uur; tot 150 mg/m³ bij max. 0,5 kg/uur;
- stank : max. 1 g.e./m³ als 99,5 percentiel bij de dichtstbijzijnde woonbebouwing of andere stankgevoelige objecten.

De stofnorm zal naar verwachting verder worden aangescherpt.

De richtwaarde voor stank betreft in tegenstelling tot die van stof een immissiewaarde. Via een verspreidingsberekening kan bij een bekende hoeveelheid geëmitteerde geureenheden bij het emissiepunt een voorspelling gemaakt worden omtrent de immissie van het aantal geureenheden op enig afstand van de bron.

Bij slibdroging - met verbranding (m.a.w. de energie wordt ter plekke gegenereerd) - bestaan afhankelijk van de brandstof, de volgende toetsingscriteria:

- indien geen afvalstoffen worden verbrand: toetsing aan de normen, gesteld in het "Besluit emissie-eisen stookinstallaties van de Wet inzake de Luchtverontreiniging", d.d. 10 april 1987;
- indien wel afvalstoffen worden verbrand: toetsing aan de "Richtlijn Verbranden", 1989 van het Ministerie van VROM.

In tabel 4 zijn de emissienormen van bovenstaande toetsingscriteria vermeld.

component	wet LUVO ¹⁾ mg/Nm ³)	Richtl.Verbr. ²⁾ mg/Nm ³)
Totaal stof	-	5
Zoutzuur	-	10
Fluoriden	-	1
CO	-	50
Org.verbindingen als C)	-	10
SO _x	1700	40
NO _x	300	70
Zware metalen:		
Sb+Pb+Cr+Cu+Mn+V+Sn+		
As+Co+Ni+Se+Te	-	1,0
Cd	-	0,05
Hg	-	0,05
PCDD's en PCDF's	-	0,1 nanogr. TEQ/Nm ³

Tabel 4 - Emissienormen voor afgassen

1) betrokken op droge lucht, bij 3 vol.% O₂.

2) betrokken op droge lucht, bij 11 vol.% O₂.

5.1.2 invloedsfactoren op de emissie naar de atmosfeer

drogertype

In principe leveren directe drogers meer emissie van stank dan indirecte drogers en wel om de volgende redenen:

- bij directe drogers is er direct contact tussen de warmtedrager en het slib, waardoor de warmtedrager (hete lucht of rookgas) gezamenlijk met de waterdamp wordt afgevoerd, zodat een grotere gasstroom uit de droger treedt. De geurintensieve verbindingen hebben daardoor een lagere partiëlespanning (d.w.z. geringere concentraties) in de gasstroom, hetgeen een lager verwijderingsrendement in een gaswasser betekent (lagere drijvende kracht van de gasfase naar de vloeistoffase);
- in een aantal gevallen is bij directe drogers de intrede-temperatuur hoog, wegens het gebruik van hete lucht of rookgasen (tot 600 °C), waardoor meer geurintensieve verbindingen vrij kunnen komen.

Er zijn thans drogers beschikbaar zoals de fluïdbeddroger en stoomdroger waarbij direct contact is tussen het slib en oververhitte stoom als droogmedium. De oververhitte stoom wordt gegenereerd uit de waterdamp afkomstig van het slib. Uit dit nieuwe type droger treedt een hoeveelheid waterdamp (de overmaat) met daarin de niet-condenseerbare componenten en stof. De bovengenoemde punten gelden derhalve niet voor dit type drogers.

Stofontwikkeling bij de banddroger is vanwege de werkwijze geringer dan bij de overige conventionele directe drogers.

In principe leveren drogers, werkzaam onder onderdruk, minder emissie van geurintensieve stoffen naar de directe omgeving dan drogers, werkzaam onder overdruk.

herkomst en type slib

Het overgrote deel van de rwzi's behandelt gemengd afvalwater, afvalwater van huishoudelijke en industriële herkomst. Slib afkomstig van lokaties met veel industrieel afvalwater, beladen met veel specifieke stoffen, kan tot een grotere geuremissie leiden.

Voorafgaande aan het drogingsproces dient in de meeste gevallen nat slib gemengd te worden met gedroogd slib. Zowel bij overslag als bij het mengen van nat en droog slib en tijdens het drogen heeft het type en de mate van slibstabilisatie invloed op de geuremissie. Goed gestabiliseerd slib heeft een kleinere geuremissie dan slecht gestabiliseerd slib.

vorm van het gedroogde slib

Al naar gelang het type droger wordt een poedervormig, een korrelvormig of een worstvormig slib geproduceerd. Bij drogers waarbij een poedervormig slib vrijkomt, is de kans op emissie van stof naar de atmosfeer het grootst.

type gasreinigingsapparatuur

Volledige destructie van geurcomponenten vindt alleen plaats door middel van verbranding bij een temperatuur van 800 °C of meer en bij voldoende zuurstof.

Verwijdering van geurcomponenten kan ook plaatsvinden met gaswassers, actief-koolfilters en biofilters.

Voor verschillende slibverbrandingsinstallaties en slibverwerkings-systemen is in de literatuur aangegeven welke specifieke maatregelen de optredende geuremissie kunnen verminderen. Volgens [12] geldt voor onderstaande geuremissiebeperkende maatregelen:

- tweetraps venturiwasser : 50 % reductie;
- gepakt bedwasser : 60-70 % reductie;
- compostfilter : > 95 % reductie;
- biowasser : 75-90 % reductie;
- venturiwasser : 30-75 % reductie;
- kolom met actief slib (4 m lengte) : > 90 % reductie.

De verwijdering van stofdeeltjes kan plaatsvinden met gaswassers, (multio)cyclonen, doekfilters en E-filters.

Door recente verbeteringen zijn E-filters ook beter in staat zware metalen en gassen als HCl, HF en SO₂ uit afgasstromen te verwijderen [19].

5.1.3 eisen voor het condensaat/waswater

Het bij het drogingsproces vrijkomende condensaat en/of waswater zal niet zonder meer geloosd kunnen worden.

Het afvalwater zal derhalve ter plekke gezuiverd moeten worden of teruggevoerd moeten worden naar een rwzi. Als illustratie worden hieronder de eisen genoemd, die in een haalbaarheidsstudie voor het HHS West-Brabant [10] zijn gesteld:

- $6,5 < \text{pH} < 9$;
- temperatuur $< 30 \text{ }^\circ\text{C}$;
- zware metalen exclusief Cd en Hg: max. 50 kg/jr.;
- Cd en Hg: moeten apart worden bekeken.

5.1.4 invloedsfactoren op de emissie naar het water

type en temperatuur van de warmtedrager

Directe drogers worden bedreven met hete rookgassen of hete lucht. Vindt na droging condensatie van het opgenomen water en/of een natte gaswassing plaats, dan zal bij gebruik van rookgas het vrijkomende water mede verontreinigd zijn door de in het rookgas van "nature" aanwezige componenten.

Zoals eerder vermeld zullen bij hogere temperaturen meer geurintensieve verbindingen vrijkomen, waardoor condensaat en/of waswater meer verontreinigd zullen zijn. Bij een banddroger heeft de ingangstemperatuur van het droogmedium een substantiële invloed op de kwaliteit van het condensaat. Deze banddrogers zijn voorzien van een twee-traps koelsysteem. In de eerste trap wordt het lucht/dampmengsel afgekoeld zonder condensaatafscheiding en in de tweede trap vindt condensatie van het opgenomen water plaats.

Door de leverancier van dit soort banddrogers (Sevar) wordt voor de onderstaande luchttemperaturen de bijbehorende condensaatamenstelling opgegeven:

T= 150 °C	BZV ₅ = 250 mg/l
	CZV = 350 ,,
	NH ₄ -N= 190 ,,

T= 250 °C	BZV ₅ = 1820 mg/l
	CZV = 2560 ,,
	NH ₄ -N= 630 ,,

T= 350 °C	BZV ₅ = 2340 mg/l
	CZV = 3100 ,,
	NH ₄ -N= 2310 ,,

herkomst en type slib

De kwaliteit van het condensaat wordt mede bepaald door de mate waarin het slib voor droging is gestabiliseerd. Praktijkervaringen [10] met een fluïdbeddroger en toepassing van een dubbelcycloon en stoom als droogmedium resulteerde in een condensaat met een CZV van 600 mg/l voor vers slib en 200 mg/l voor gestabiliseerd slib.

Afhankelijk van de lokatie van de rwzi kan het zuiveringsslib meer of minder zware metalen bevatten. Nagenoeg in dezelfde verhouding als in het slib zijn de zware metalen en/of hun verbindingen aanwezig in het in de drooggassen resterende stof. Bij condensatie en/of natte gaswassing zal dit stof met de zich daarin bevindende zware metalen nagenoeg volledig in het afvalwater terecht komen.

de vorm van het gedroogde slib

Afhankelijk van het type droger komt het gedroogde slib vrij in de vorm van poeder, korrels of bij de banddroger in de vorm van "spaghetti". In drogers waarbij het slib in poedervorm vrijkomt, zal ook de meeste stofontwikkeling optreden, zodat na condensatie en/of natte gaswassing het afvalwater meer verontreinigd zal zijn.

5.2 Emissiegegevens van slibdrogers

Stora [11] geeft in 1979 aan dat er in Nederland in de 70'er jaren op een tiental rwzi's slibdrogers in bedrijf waren. Op één na (bolletjesdroger) waren dit alle trommeldrogers met hete lucht als droogmedium. Twee installaties wassen de droogdampen met effluent van de rwzi en voeren het waswater terug naar de zuivering. Emissiegegevens voor stof en geur worden in de studie niet genoemd.

In de studie wordt verder vermeld dat met een E-filter een stofemissie van minder dan 100 mg/Nm³ lucht (bij de norm van 150 mg/Nm³) kan worden gehaald.

Volgens andere Nederlandse onderzoeken uit die tijd aan trommeldrogers werd een geuremissie tussen de 2 x 10⁶ en 14 x 10⁶ g.e./uur gemeten bij drogers met capaciteiten tussen 2,5 en 5 ton slib/uur (slib met 15-20 % droge stof). Stofmetingen toonden een stofemissieconcentratie van 50 à 60 mg/Nm³ [5,6].

Recentere metingen (Heeren Vuilverbranding Roosendaal, 1989-1990) komen hoger uit, namelijk 10⁷ à 10⁸ g.e./uur.

In een recente studie [10] naar de haalbaarheid van slibdroging met gebruikmaking van de restwarmte van een RDF-centrale (Refuse Derived Fuel) staan gegevens vermeld van de ammoniak-emissie bij verschillende droogtemperaturen. Bij proefnemingen in 1986 op een installatie met een trommeldroger (Ridderkerk) bleek de ammoniakontwikkeling 1,75 respectievelijk 2,9 kg/ton d.s. te bedragen bij een ingaande rookgastemperatuur van 500 respectievelijk 700 °C.

Voor de stankontwikkeling wordt in de studie met een emissiefactor van 390 x 10⁶ g.e./ton d.s. gerekend; eveneens afgeleid van metingen in Ridderkerk.

Opgemerkt zij, dat de voormalige slibdroger van Ridderkerk in 1988 verplaatst is naar de eerder genoemde Vuilverbranding Roosendaal. In Ridderkerk werd een ééntraps natte gaswasser toegepast, terwijl in Roosendaal een zure en een basische gaswasser wordt gebruikt. De cycloon zal nog vervangen worden door een doekfilter.

Bij gebruik van A.V.I. rookgassen (na een E-filter en verdere temperatuursverhoging circa 700°C) als droogmedium zijn de emissiegegevens in mg/Nm³ betrokken op droog rookgas + 11% O₂ van de slibdroger in Roosendaal als volgt [18]:

HCl	in (mg/Nm ³):	12
HF	" "	: 0,16
stof	" "	: <5
Pb + Zn	" "	: <5
Cd	" "	: <0,1
Hg	" "	: <0,1

Geur <1 g.e./m³ op leefniveau gedurende 99,5% van de tijd.

Sedert 1984 is op de rwzi Plüderhausen-Urbach (BRD) een nieuwe trommeldroger in gebruik. De drooglucht wordt met gistingsgas of aardgas opgewarmd tot 400 à 500 °C. Aan de schoorsteen werd het volgende gemeten [14]:

		met aardgas	met gistingsgas
SO ₂	(mg/m ³)	2	1,3
NO	,,	35	49,7
NO _x	,,	54	76
stof	,,	111	122
CO	,,	84	84,3

Het hoge stofgehalte werd toegeschreven aan de te lage waterdruk op de sproeikop van de gaswasser. De analyses van het waswater waren als volgt:

BZV ₅	:	69 - 124 mg/l
CZV	:	242 - 322 ,,
zwevend stof	:	1,5 - 4 ,,
pH	:	8,5

Trommeldrogers van dit fabrikaat worden thans onder meer met doekfilters aangeboden. Metingen aan een dergelijke installatie met een doekfilter toonden een stofemissie aan van 13,5 mg/m³ met als verder onderdeel de afwezigheid van waswater.

Bij proefnemingen op semi-technische schaal met een schijvendroger (indirecte droger) tot een droging van 90-95 gew.% droge stof, werd in het niet condenseerbare deel van de droogdamp geanalyseerd [7]:

NH ₃	:	1100 - 2300 mg/Nm ³
Cl ⁻	:	4,7 - 7,9 mg/Nm ³
H ₂ S	:	< 1 mg/Nm ³ .

In het droogdamcondensaat werden bij een pH van 10 aangetroffen [7]:

NH ₃	:	1700 - 2100 mg/l
CZV	:	1450 - 1790 mg/l
BZV ₅	:	250 - 1275 mg/l
Cl ⁻	:	11 - 18 mg/l.

Behalve gasvormige verontreinigingen trad ook stofontwikkeling op, waarvan na ontstopping een klein deel in de droogdamp resteerde.

Sinds 1987 is te Nice een fluïdbed-stoomdroger in gebruik [10]. De stoom voor de indirecte verwarming van de droger wordt betrokken van de aangrenzende AVI. De niet-condenseerbare gassen worden in de AVI verbrand. De rookgas-emissie voldeed aan de norm (50 mg/m³ stof en 250 mg/m³ HCl). Het CZV van het droogdamcondensaat bedroeg 200-500 mg/l.

Voor een trommeldroger (Seiler-Koppers) in Duitsland zijn in het verleden gegevens verzameld van de kwaliteit van het waswater uit de venturiwasser achter de cycloon:

NH ₄	≈	50 mg/l	(≈ 20 mg/l)
CH ₃ NH ₂	≈	20 mg/l	(≈ 2,5 mg/l)
zw. stof	≈	80 mg/l	(≈ 9 mg/l)

H ₂ S	nihil	
SO ₂	nihil	
NO ₂	= 0,2 mg/l	(≈ 1,4 mg/l)
NO ₃	= 0,2 mg/l	(≈ 11 mg/l)
BZV	= 140 mg/l	(≈ 6 mg/l)
pH	= 7,5	(≈ 7,0)

De tussen haakjes geplaatste concentraties betreffen de kwaliteit van het naar de wasser toegevoerde water (effluent van de rwzi).

De effluenttoevoer naar de wasser bedroeg 30 m³/h.

Het CO₂-gehalte van de afgassen lag bij vijf metingen steeds lager dan 2,5 %, het zuurstofgehalte bedroeg ongeveer 18 % (droogmedium = hete lucht). De concentraties van H₂S, C₂H₅SH, SO₂ en NH₃ waren nihil.

5.3 Geluidhinder

Er is weinig informatie beschikbaar over de geluidniveaus van slibdrogers. Om het effect van het geluid op de omgeving te kunnen beoordelen, moeten alle installatieonderdelen, dus niet alleen de droger worden gezien. Afhankelijk van de lokatie zal ook met aan- en afvoeractiviteiten rekening moeten worden gehouden.

Het geluidniveau van de Van den Broek trommeldroger zonder geluiddempers bedraagt op 100 m afstand van het gebouw circa 45 dB(A); door het plaatsen van geluiddempers kan het het geluid van de ventilator (de belangrijkste geluidbron) verder worden gereduceerd [11].

De "Carver-Greenfield"-installatie [9] kan voldoen aan de eisen die gesteld worden in de Wet Geluidhinder, indien de compressor wordt voorzien van een geluiddempende omkasting. Verder zou de aanvoer van nat slib en de afvoer van gedroogd slib in principe alleen tussen 9.00 en 18.00 uur op werkdagen geschieden.

5.4 Eigenschappen van het gedroogde slib

Onderzoek met de hitteresistente bacillus subtilus heeft uitgewezen dat gedroogd slib hygiënisch betrouwbaar is en dat (binnen de nauwkeurigheid van de analyses van het onderzoek) het gehalte aan zware metalen op basis van droge stof vòòr en na droging praktisch gelijk is [7].

Normaliter ligt het gehalte aan zware metalen en organische microverontreinigingen in gedroogd zuiveringsslib onder de grenswaarde van de Wet Chemische Afvalstoffen.

Bij op- en overslag van gedroogd slib moet rekening gehouden worden met gevaar van broei- en stofexplosie.

6 KOSTEN VAN SLIBDROGEN

6.1 Algemeen

De jaarlijkse kosten van een slibdrooginstallatie zijn opgebouwd uit een aantal componenten. Naast de ontwerpuitgangspunten (verwerkingscapaciteit, reservecapaciteit, bedrijfstijd) is een groot deel van de kostencomponenten afhankelijk van lokale factoren en omstandigheden, zodat voor een reële bepaling van de exploitatiekosten een specifieke berekening voor de aangewezen lokatie uitgevoerd zal moeten worden.

In de literatuur worden regelmatig prijzen en exploitatiekosten van slibdrooginstallaties genoemd. Deze zijn vaak niet controleerbaar of onvolledig omdat bij deze cijfers niet de gehanteerde uitgangspunten worden gegeven, of omdat slechts deelaspecten van het droogproces worden bekeken. Voor een volledige beschouwing van de kosten van slibdrogen zijn deze prijzen niet bruikbaar.

Wel bruikbaar voor een vergelijking in dit kader zijn enkele studies die voor de Nederlandse situatie de kosten van slibdrogen berekenen:

HWB	Drogen van slib uit West-Brabant met restwarmte van de RDF-centrale Moerdijk; Een studie uitgevoerd door de PNEM in samenwerking met het Hoogheemraadschap West-Brabant; 1990; [10]
FUN	Onderzoek naar een gemeenschappelijke verwerkingsinrichting voor zuiveringsslib afkomstig uit de provincies Flevoland, Utrecht en Noord-Holland. Een studie door DHV in opdracht van het Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland; 1990; [15]
FUN+	Een vervolg op de FUN-studie waarin een aanvullend onderzoek is gedaan naar een tweetal slibdrooginstallaties; 1990; [16]
HVR	Bij Heere Vuilverbranding Roosendaal BV wordt sinds 1989 zuiveringsslib gedroogd in een directe trommeldroger. Dit is op het ogenblik in Nederland de enige operationele installatie voor vergaande slibdroging. Door HVR is, ten behoeve van dit compendium, een kostenopgave opgesteld voor de droging. Deze cijfers kunnen als vergelijkingsmateriaal naar de uitkomsten van de bovengenoemde studies worden gepresenteerd.

De resultaten van deze studies zullen in de volgende paragraaf van dit hoofdstuk worden samengevat en vergeleken. In 6.3 wordt een korte beschouwing gewijd aan de factoren die de totale kosten van slibdrogen beïnvloeden. Alle genoemde kosten zijn inclusief BTW.

6.2 Jaarlijkse kosten berekeningen

6.2.1 FUN studie

Tabel 5 geeft een samenvatting van de berekende jaarlijkse kosten in de FUN-studie [15]. Hierbij zijn de kosten voor slibdroging berekend voor verschillende lokaties en verschillende schaalgrootten. De in de tabel weergegeven getallen geven de kosten aan bij situering van de droging bij een AVI, waarbij voor de droging gebruik gemaakt wordt van warmte van de AVI in de vorm van aftapstoom van de turbine, of op een

grote rwzi waarbij warmte uit gistingsgas wordt gewonnen.
De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- indirecte droging (prijzen op basis richtprijzen dunne-filmdroger + schijvendroger);
- continu bedrijf (24 h/dag, 7 dagen/week);
- stoomlevering door AVI (12 bar, 285 °C, fl 16,35/ton);
- slibbuffering zoveel mogelijk op de zuiveringen; relatief kleine slibbuffer op de verwerkingsinstallatie;
- totale verwerkingscapaciteit verdeeld over meerdere (identieke) verwerkingsstraten;
- minimaal één straat reservecapaciteit, dus (1+1, 2+1, 3+1, 4+1);
- afschrijving civiele constructie's 30 jaar, mechanisch/elektrisch 15 jaar; rente 8%;
- stortkosten gedroogd slib fl 60,= per ton op IBC stortplaats.

In het rapport zijn tevens de jaarlijkse kosten berekend indien de droging gecombineerd wordt met de zuivering RI-Oost in Amsterdam. Het door de zuivering geproduceerde gistingsgas wordt in een stoomketel ingezet voor opwekking van stoom voor de droging. De droogdampen worden door de zuivering afgenomen. Deze benut de hierin opgeslagen warmte naar behoefte voor de slibgisting en de gebouwverwarming. Het warmteoverschot wordt afgegeven aan het influent van de zuivering.

Tabel 5. Jaarlijkse kosten van slibdrogen voor vier schaalgrootten uitgedrukt in fl/ton d.s. incl. BTW [15]

KOSTEN SLIBDROGING		F U N S t u d i e							
		gecombineerd met AVI West				gecombineerd op RI Oost (A'dam)			
ONTWERP GEGEVENS									
Slibverwerkingscap.	t/a	300000	200000	100000	50000	300000	200000	100000	50000
Slibverwerkingscap.	tds/a	66000	44000	22000	11000	66000	44000	22000	11000
ds% in	%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%
ds% uit	%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
waterverdampingscap.	twd/a	230500	153700	76800	38400	230500	153700	76800	38400
reserve	--	5x25%	4x33%	3x50%	2x60%	5x25%	4x33%	3x50%	2x60%
aantal lijnen	--	4+1	3+1	2+1	1+1	4+1	3+1	2+1	1+1
cap. per lijn	twd/h	6,6	5,8	4,4	2,6	6,6	5,8	4,4	2,6
opgestelde cap.	twd/h	32,9	23,4	13,1	5,3	32,9	23,4	13,1	5,3
bedr.tijd opgest.	h/a	7012	6574	5848	7310	7012	6574	5848	7310
JAARLIJKSE KOSTEN:									
kapitaalskosten		142	178	203	229	136	169	195	218
onderhoud		34	43	48	51	33	41	46	49
pers. & bediening		15	23	46	92	15	23	46	92
energie		105	105	105	105	108	109	98	83
afv. droogdamcond.		7	7	7	7	7	7	7	7
afv. gedroogd slib		82	82	82	84	82	82	82	84
aanvoer slib		39	31	27	29	32	22	9	0
diversen		5	5	5	5	20	21	21	21
Totaal		429	474	523	602	433	474	504	554

Het bleek dat bij de gestelde tarieven het gebruik van gistingsgas economisch aantrekkelijker is dan stoom van de AVI. Bij toenemende verwerkingscapaciteit neemt dit voordeel af omdat de hoeveelheid gistingsgas dan tekort schiet en aangevuld moet worden met (duurder) aardgas.

6.2.2 HWB studie

In de HWB-studie is de situatie beschreven van een slibdroging gecombineerd met een verbrandingsinstallatie van RDF (brandstof uit afval) op het industrieterrein Moerdijk. Ook hier is weer uitgegaan van stoomlevering door de afvalverbrandingsinstallatie. De uitgangspunten voor de berekening van investerings- en bedrijfskosten waren:

- droging met een wervelbeddroger met droogdampcirculatie (prijzen op basis van offerte Sulzer);
- verwerking 5.500 ton d.s./a => 21.389 twd/a;
- continu bedrijf 24 h/d; 7 d/w;
- verwerking in één lijn van 4 twd/h;
- geïntegreerde bedrijfsvoering van RDF-centrale en slibdrogingsinstallatie;
- afschrijvingen civiel 20 jaar, mechanisch/elektrisch 15 jaar, rente 7%.

Tabel 6 geeft de berekende jaarlijkse kosten.

Tabel 6. Jaarlijkse kosten van slibdrogen in [10] voor circa 4 twd/h uitgedrukt in fl/ton d.s. incl. BTW

KOSTEN SLIBDROGING		H W B Moerdijk	
ONTWERP GEGEVENS:			
Slibverwerkingscap.	t/a	27500	112500
Slibverwerkingscap.	tds/a	5500	22500
ds% in	%	20%	20%
ds% uit	%	90%	90%
waterverdampingscap.	twd/a	21390	87500
aantal lijnen	--	1	1+2
cap. per lijn	twd/h	4	1x4+2x5,6
opgestelde cap.	twd/h	4	15,2
bedr.tijd opgest. cap.	h/a	5347	5656
JAARLIJKSE KOSTEN:			
kapitaalkosten		191	142
onderhoud		46	36
pers. & bediening		76	56
energie		121	121
afv. droogdampond.		7	7
diversen		2	2
Gem. voorzieningen ¹⁾		119	110
Totaal		562	474

1) Kosten voor gebruikmaking van: afgassenreiniging, personeel RDF-centrale, nutsvoorzieningen, kantoren, terrein, verwarming en verlichting.

De jaarlijkse kosten van HWB zijn met 18,5% BTW verhoogd om deze vergelijkbaar te maken met die van de andere in dit compendium genoemde

studies c.q. getallen.

6.2.3 FUN+ studie

In een aanvulling op de FUN-studie is in FUN+ [16] de invloed op de kosten berekend van toepassing van een warmtekrachtkoppeling met gistingsgas bij slibdroging op een rwzi. Hiervoor zijn twee lokaties bekeken: Amsterdam RI-Oost en rwzi Beverwijk. Tabel 7 geeft de uitkomsten van de berekende jaarlijkse kosten. Daarnaast is ook de optie AVI-West uitgewerkt. Hierbij zijn de volgende, soms ten opzichte van de eerdere FUN-studie iets afwijkende, uitgangspunten gehanteerd:

- droging met Exergy systeem (prijzen op basis van een offerte aan het Hoogheemraadschap van Rijnland);
- droging 35.000 ton slib d.s./a => 101.100 twd/a;
- iedere lokatie heeft twee lijnen van ieder 10 twd/h; hogere reserve capaciteit; bedrijfstijd 5056 h/a;
- W/K op basis van gasturbine met bijgestookte afgassenketel;
- slibdroging koopt gistingsgas van zuivering voor 12 ct/m³;
- in W/K opgewekte elektriciteit wordt, na aftrek van eigen gebruik door de slibdroging, voor GEB-tarief aan de zuivering verkocht;
- zuivering neemt alle droogdampen af; de slibdroging betaalt hiervoor een jaarlijkse vergoeding.

Tabel 7. Jaarlijkse kosten van slibdrogen bij gebruik van gistingsgas in een W/K installatie [16], uitgedrukt in fl/ton d.s. incl. BTW

KOSTEN SLIBDROGING		FUN+		
		AVI-West	RI-Oost	Beverwijk
ONTWERP GEGEVENS:				
Slibverwerkingscap.	t/a	140000	140000	140000
Slibverwerkingscap.	tds/a	35000	35000	35000
ds% in	%	25%	25%	25%
ds% uit	%	90%	90%	90%
waterverdampingscap.	twd/a	101100	101100	101100
aantal lijnen	--	2	2	2
cap. per lijn	twd/h	10	10	10
opgestelde cap.	twd/h	20	20	20
bedr.tijd opgest. cap.	h/a	5056	5056	5056
JAARLIJKSE KOSTEN:				
kapitaalskosten		210	222	222
onderhoud		49	52	52
pers. & bediening		29	29	29
energie		92	34	71
afv. droogdamcond.		6	6	6
afv. gedroogd slib		95	95	93
aanvoer slib		27	10	22
diversen		5	17	17
Totaal		513	465	512

Uit deze vergelijking blijkt dat de droogkosten afnemen indien de installatie op een grotere zuivering wordt gesitueerd als gevolg van:

- het relatief grote aandeel gistingsgas dat voor de W/K ingezet kan worden;
- de mogelijkheid om een grote hoeveelheid opgewekte kWh tegen een

- gunstig tarief aan de zuivering te verkopen;
- geringere slibtransport- en opslagkosten wegens kleiner aandeel extern aangevoerd slib t.o.v. eigen slib van de rwzi.

6.2.4 HVR-cijfers

De HVR heeft in 1989 de trommeldroger van de rwzi Ridderkerk overgenomen met het doel bij de, door Heere bedreven, partikuliere vuilverbrandingsinstallatie te Roosendaal een slibdrooginstallatie te realiseren. Als droogmedium worden rookgassen uit de verbrandingsoven gebruikt. Het droogmedium wordt na het verlaten van de trommeldroger gereinigd door achtereenvolgens: een stoffilter en twee lagedruk gaswassers met een zure en een basische wassing. Het te drogen slib wordt voor de droging opgemengd met gedroogd slib van ca. 95% d.s. ter verkrijging van een kleefvrij produkt met een gemiddeld drogestofpercentage van 50-60%.

Ter voorkoming van verwaaiing bij transport en opslag wordt het gedroogde produkt van 95% d.s. opgemengd met een "nat" slib tot een mengsel van ca. 60% drogestof, dat naar de regionale stortplaats wordt afgevoerd.

Na inbedrijfname is vrij intensief geëxperimenteerd met het systeem van gasreiniging. Volgens opgave van HVR voldoet de huidige installatie aan de opgelegde geurnormering van < 1 geureenheid per m³ op leefniveau gedurende 99,5% van de tijd.

De slibdrooginstallatie droogt het slib van de rwzi Bath. De capaciteit is relatief klein: 20.000 twd/a; 3,3 twd/h. Er staat 1 lijn opgesteld, zonder reservecapaciteit. De bedrijfstijd is 6000 h/a; 6 dagen per week. Ruimte voor onderhoud en revisie wordt gevonden in de dag stilstand per week, aangevuld met geplande onderhoudsstops. HVR heeft een afname verplichting voor het slib.

Tabel 8 geeft de kostenopbouw voor de droging, volgens opgave door HVR. Om de kosten vergelijkbaar te maken met de andere in dit compendium genoemde studies c.q. getallen zijn deze verhoogd met 18,5% BTW.

Tabel 8. Jaarlijkse kosten van slibdroging met trommeldroger bij huisvuilverbranding Roosendaal uitgedrukt in fl/ton d.s. incl. BTW [18]

KOSTEN SLIBDROGING		H V R
ONTWERP GEGEVENS		AVI Rozendaal
Slibverwerkingscap.	t/a	35000
Slibverwerkingscap.	tds/a	7000
da% in	%	20%
da% uit	%	60%
waterverdampingscap.	twd/a	20000
aantal lijnen	--	1
cap. per lijn	twd/h	3,3
opgestelde cap.	twd/h	3,3
bedr.tijd opgest. cap.	h/a	6000
JAARLIJKSE KOSTEN:		
kapitaalskosten		142
onderhoud		30
pers. & bediening		41
energie		101
afv. droogdampecond.		18
afv. gedroogd slib		65
aanvoer slib		59
diversen		18
Winst & Risico		56
Totaal		530

6.2.5 Vergelijking

In tabel 9 zijn de berekende jaarlijkse kosten voor slibdrogen in de genoemde studies en de opgave van HVR samengevat. De uitkomsten vertonen een spreiding van 429 tot 554 fl/tds. Deze verschillen zijn voor een belangrijk deel verklaarbaar door verschillen in uitgangspunten zoals:

- grootte van de installatie; waterverdampingscapaciteit
- reservestelling
- kosten voor afvoer en storten van het slib.

In de HWB studie zijn de kosten voor slibtransport en storten niet meegenomen. Worden hiervoor vergelijkbare kosten opgenomen als in de FUN studie of door HVR worden gehanteerd dan worden de totale kosten voor slibdrogen bij HWB hoger dan de vergelijkbare situaties in de FUN studies.

Een deel van de kosten voor warmtevoorziening is bij HWB opgenomen onder de gemeenschappelijke voorzieningen met de vuilverbranding. Het totaal van deze kosten (kapitaalslasten + gemeenschappelijke voorzieningen) is bij HWB beduidend hoger dan bij FUN en HVR.

De HVR werkt met 1 drooglijn, zonder reservestelling. Hierdoor worden de kapitaalslasten sterk gedrukt.

Door de opzet van de HVR als partikuliere slibdrooginstallatie vormt de post "Winst" door de ondernemer onderdeel van de jaarlijkse kosten.

In figuur 11 zijn de jaarlijkse kosten als functie van de waterverdamping uitgezet. De kosten van HWB zijn in de figuur aangevuld met de geschatte kosten voor slibtransport en storten. De kosten zijn incl. 18,5% BTW.

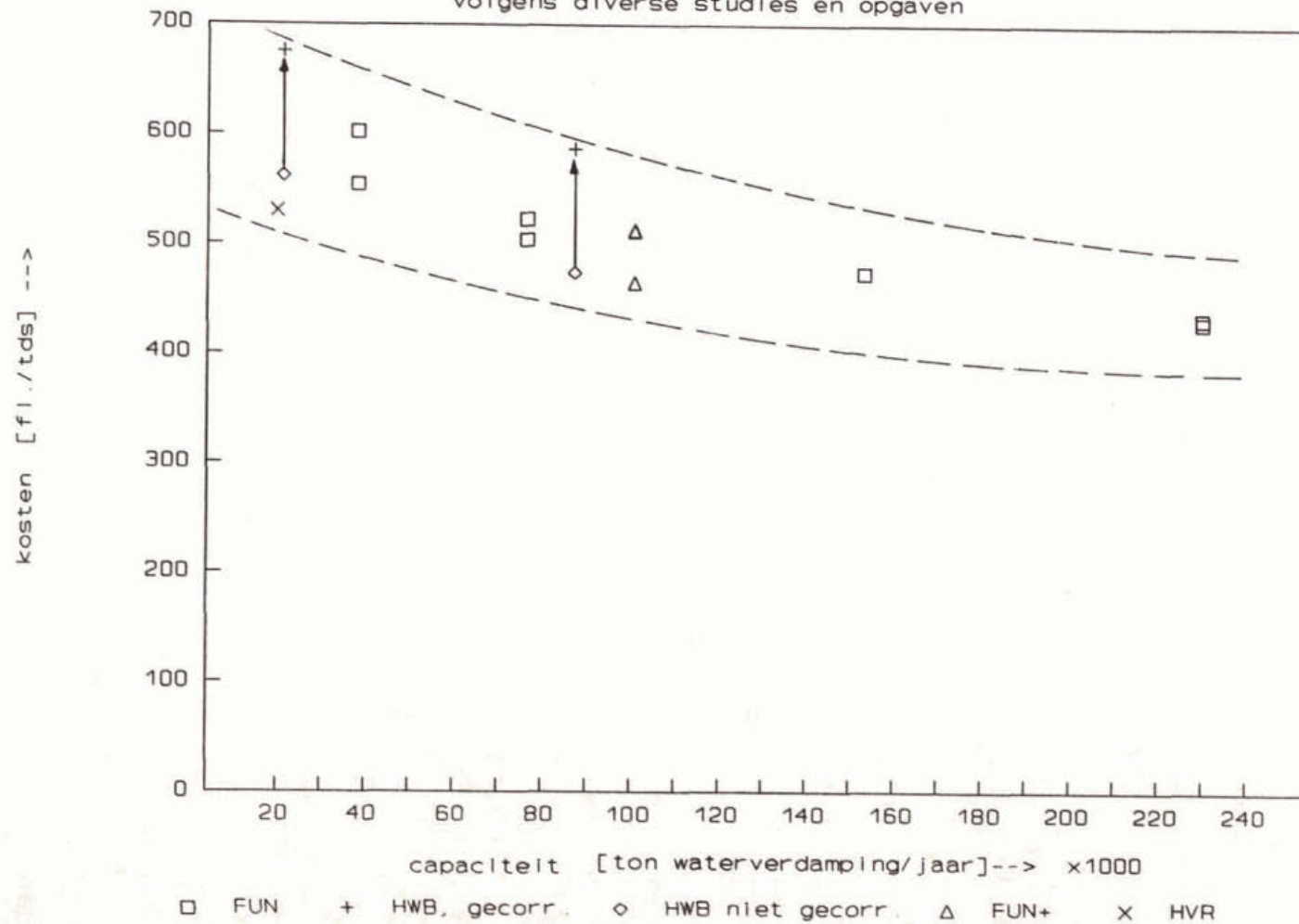
In figuur 11 is een bandbreedte aangegeven voor de kosten van slibdroging als functie van de benodigde waterverdamping. Hierbij wordt benadrukt dat deze trend indicatief is en alleen gebruikt kan worden voor een ruwe benadering. De kosten zijn, zoals reeds is gezegd, sterk afhankelijk van de ontwerp uitgangspunten en calculatie opzet.

KOSTEN SLIBDROGING	F U N S t u d i e						H W B			H V R			
	gecombineerd met AVI West			gecombineerd op RI Oost (A'dam)			FUN+		Moerdijk				
	AVI West	RI-Oost	B'wijk	AVI West	RI-Oost	B'wijk	Moerdijk	Moerdijk	Roosendaal				
ONTWERP GEGEVENS													
Slibverwerkingscap.	t/a	300000	200000	100000	50000	300000	200000	100000	50000	50000	27500	112500	35000
Slibverwerkingscap.	tds/a	66000	44000	22000	11000	66000	44000	22000	11000	66000	35000	22500	7000
ds% in	%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	25%	25%	20%
ds% uit	%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	90%	90%	60%
watervdampingscap.	twd/a	230500	153700	76800	38400	230500	153700	76800	38400	230500	101100	101100	20000
reserve	--	5x25%	4x33%	3x50%	2x60%	5x25%	4x33%	3x50%	2x60%	5x25%	4x33%	3x50%	2x60%
aantal lijnen	--	4+1	3+1	2+1	1+1	4+1	3+1	2+1	1+1	4+1	3+1	2+1	1+1
cap. per lijn	twd/h	6,6	5,8	4,4	2,6	6,6	5,8	4,4	2,6	6,6	5,8	4,4	2,6
opgestelde cap.	twd/h	32,9	23,4	13,1	5,3	32,9	23,4	13,1	5,3	32,9	23,4	13,1	5,3
bedr.tijd opgest. cap.	h/a	7012	6574	5848	7310	7012	6574	5848	7310	7012	6574	5848	7310
JAARLIJKE KOSTEN:													
kapitaalkosten		142	178	203	229	136	169	195	218	210	222	222	191
onderhoud		34	43	48	51	33	41	46	49	49	52	52	46
pers. & bediening		15	23	46	92	15	23	46	92	29	29	29	76
energie		105	105	105	105	108	109	98	83	92	34	71	121
afv. droogdampond.		7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	7
afv. gedroogd slib		82	82	82	84	82	82	82	84	95	95	93	-
aanvoer slib		39	31	27	29	32	22	9	0	27	10	22	-
diversen		5	5	5	5	20	21	21	21	5	17	17	2
Gem. voorzieningen		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119
Winst & Risico		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal		429	474	523	602	433	474	504	554	513	465	512	562
													474
													530

Tabel 9. Jaarlijkse kosten van slibdrogen volgens FUN [15], FUN+ [16], HWB [10] en HVR [18], uitgedrukt in fl/ton d.s. incl. BTW.

KOSTEN SLIBDROGEN

volgens diverse studies en opgaven



Figuur 11

Overzicht jaarlijkse kosten slibdrogen volgens [10], [15], [16] en [18]

6.3

Kostenbeschouwing

De jaarlijkse kosten voor slibdrogen worden sterk beïnvloed door de uitgangspunten in het ontwerp:

- verwerkingscapaciteit (schaalgrootte)
- reservecapaciteit
- samenwerking met aangrenzende installaties

en omgevingsfactoren als:

- energieprijzen
- loonkosten
- rentepeil
- storttarieven.

Uit de kostenberekeningen van [15] en [16] blijkt dat voor een centrale slibdrooginstallatie de totale kosten globaal zijn verdeeld als aangegeven in tabel 10. Ter vergelijking zijn de kosten van HVR [18] toegevoegd als voorbeeld voor de kostenopbouw bij een kleine decentrale, partikuliere, installatie.

Tabel 10. Procentuele verdeling van de jaarlijkse kosten voor slibdroging in % volgens [15], [16] en [18]

KOSTEN VERDELING SLIBDROGING				
ONTWERP GEGEVENS		grote centrale droging op AVI West[15]	centrale droging op RI-Oost [16]	kleine decentrale droging [18]
Slibverwerkingscap.	t/a	300000	140000	35000
Slibverwerkingscap.	tds/a	66000	35000	7000
ds% in	%	22%	25%	20%
ds% uit	%	95%	90%	60%
waterverdampingscap.	twd/a	230500	101100	20000
reserve	--	5x25%		
aantal lijnen	--	4+1	2	1
cap. per lijn	twd/h	6,6	10	3,3
opgestelde cap.	twd/h	32,9	20	3,3
bedr.tijd opgest. cap.	h/a	7012	5056	6000
JAARLIJKSE KOSTEN:				
kapitaalskosten		34	48	27
onderhoud		8	11	6
pers. & bediening		3	29	8
Winst & Risico		-	-	11
		---+	---+	---+
Totaal vaste lasten		45%	65%	52%
energie		24	7	19
afv. droogdamcond.		2	1	3
afv. gedroogd slib		19	21	12
aanvoer slib		9	2	11
diversen		1	4	3
		---+	---+	---+
Totaal variabele lasten		55%	35%	48%
TOTAAL		100%	100%	100%
	fl/tds	429	465	530

Uit de tabel kan het volgende worden geconcludeerd:

- 1) Bij een slibdroging gecombineerd met een AVI worden de belangrijkste kostenfactoren gevormd door:
 - kapitaalslasten + onderhoud : 42 %
 - energieinkoop : 24 %
 - afvoerkosten gedroogd slib : 19 %.
- 2) Bij een slibdrooginstallatie op een rwzi zijn de belangrijkste kostenfactoren:
 - kapitaallasten + onderhoud : 59 %
 - afvoerkosten gedroogd slib : 21 %.

Gezien het hoge aandeel van kapitaallasten en hieraan direct gerelateerde onderhoudskosten, is het raadzaam de investeringskosten zo laag mogelijk te houden. Dit kan worden bereikt door met een lage reservecapaciteit en een hoge bedrijfstijd de installatie zo klein mogelijk te houden. Onderbelasting dient zo veel mogelijk te worden voorkomen. Bij het ontwerp moet de flexibele uitbreidbaarheid van de installatie voorop staan.

In de koppeling van een slibdrooginstallatie met een AVI zal voor de prijs van de warmtelevering door de AVI meestal uitgegaan worden van de "aardgas-pariteit". Dat betekent dat in die situatie de energiekosten bijna direct de olieprijsfluctuaties volgen.

Bij situering van de droging bij een rwzi kunnen de energiekosten gedrukt worden door toepassing van warmte/krachtkoppeling op basis van gistingsgas. Daarmee wordt de installatie minder afhankelijk van energieprijsstijgingen. Indirect blijven er koppelingsmechanismen aanwezig in de vorm van de verrekeningstarieven van gistingsgas en elektriciteit. Slibgisting en slibdroging is een gunstige combinatie.

Evident is dat de kosten van de droging positief beïnvloed worden door een zo hoog mogelijk opgevoerde mechanische ontwatering.

Een niet beïnvloedbare kostenpost vormt de afvoer van het gedroogd slib naar de stortplaats. Gezien de dreigende schaarste aan geschikte stortlokaties is te verwachten dat de tarieven in de toekomst zullen stijgen.

7 OVERWEGINGEN BIJ HET OPZETTEN VAN EEN SLIBDROOGINSTALLATIE

Bij de keuze en voorbereiding van een slibdrooginstallatie zijn diverse aspecten van belang. In het onderstaande zijn hiertoe in kort bestek punten van overweging opgesomd.

7.1 Direct of indirect drogen

Bij de keuze van een slibdrooginstallatie heeft men de keuze tussen een direct of indirect droogstelsel. Onderstaand worden de voordelen van beide droogprincipes ten opzichte van elkaar gegeven.

Voordelen van directe droging zijn:

- minder complex apparaat;
- minder slijtage (geen interne bewegende delen);
- vergaande droging gemakkelijker;
- direct toepassen van rookgassen, indien beschikbaar.

Voordelen van indirecte droging zijn:

- minder kans op emissie van stof en stank;
- minder complexe afgasreinigingsapparatuur;
- minder volumineus leidingwerk en appendages;
- lagere energiekosten (warmteterugwinning via droogdamcondensatie).

7.2 Centraal of decentraal drogen

Belangrijk bij de keuze is de vraag of het slib per rwzi afzonderlijk dan wel gemeenschappelijk in een grotere centrale installatie dient te worden gedroogd. In het onderstaande worden de voordelen van centrale en decentrale aanpak aangegeven.

Voordelen van centrale slibdroging zijn:

- door grootschalige verwerking zijn lagere investerings- en exploitatiekosten mogelijk;
- continubedrijf met ploegendiensten is beter te realiseren op grote installaties dan op kleine;
- beheer en onderhoud zijn op een geringer aantal grote installaties gemakkelijker uitvoerbaar dan op een groter aantal kleine installaties;
- installeren van een bepaalde reserve-capaciteit is goedkoper te realiseren.

Voordelen van decentrale slibdroging zijn:

- kleine lokaties zijn gemakkelijker beschikbaar;
- lagere transportkosten;
- door aanwezigheid van gistingsgas op rwzi, minder afhankelijk van energievoorziening van buiten;
- minder ingewikkelde milieu-procedures
- geen ingewikkelde organisatievormen.

7.3 Continu of discontinu drogen

Voordelen van continu drogen zijn:

- eenvoudiger bedrijfsvoering;
- minder snel aantasting door corrosie (de temperatuur kan continu voldoende hoog gehouden worden).

Voordelen van discontinu drogen zijn:

- minder reserve-capaciteit nodig;
- geen ploegendienst noodzakelijk (past beter bij normale bedrijfsvoering van een rwzi);
- flexibeler in het opvangen van bedrijfsstoringen.

7.4 Lokatiekeuze

Bij de keuze van een geschikte lokatie voor een slibdrooginstallatie spelen de volgende aspecten:

- transport van zowel nat als gedroogd slib:
 - * per as
 - * per schip
 - * per spoor
 - * per pijpleiding;
- beschikbare ruimte op de lokatie voor:
 - * wegen
 - * op- en overslag
 - * de droger en randapparatuur
 - * eventueel reserve-capaciteit;
- reeds aanwezige faciliteiten:
 - * zuivering voor het condensaat en/of waswater
 - * beschikbaarheid van energie en apparatuur ter behandeling van het afgas (AVI, elektriciteitscentrale)
 - * personeel
 - * koelwater;
- gevoeligheid van het milieu voor:
 - * geluid
 - * luchtverontreiniging
 - * waterverontreiniging;
- planologische aspecten:
 - * bestemmingsplannen
 - * infrastructuur
 - * provinciale plannen
 - * stortplaatsen;
- kosten:
 - * grondkosten
 - * energiekosten
 - * transportkosten
 - * stortkosten.

Op grond van bovenstaande aspecten komen vooral die lokaties in aanmerking welke gesitueerd zijn in de nabijheid of op het terrein van grote rwzi's, AVI's en elektriciteitscentrales.

Procedures

Afhankelijk van de capaciteit, de lokatie en de werkwijze dienen voor de oprichting van een slibdrooginstallatie naast de aanvraag voor de bouwvergunning een of meer van de volgende procedures doorlopen te worden:

Alleen Hinderwet-vergunning, af te geven door B&W van de Gemeente, wanneer:

- op de rwzi uitsluitend het eigen slib wordt gedroogd
- en met het verstoken van fossiele brandstoffen een thermisch vermogen van minder dan 75 MW wordt opgewekt.

Gecombineerde vergunning Hinderwet en Wet inzake de Luchtverontreiniging, af te geven door GS van de Provincie, als:

- op de rwzi uitsluitend het eigen slib wordt gedroogd
- en met het verstoken van fossiele brandstoffen een thermisch vermogen van 75 MW of meer wordt opgewekt.

Een vergunning ingevolge de Afvalstoffenwet, af te geven door GS van de Provincie, als:

- op de rwzi ook slib van andere rwzi('s) wordt gedroogd dan wel overgegaan wordt op centrale slibdroging. Bij drooginstallaties met een capaciteit van 5000 ton droge stof per jaar of meer dient vooraf een milieu-effectrapport (zie onder) te zijn opgesteld.

Als onderdeel van deze vergunning worden in elk geval de bepalingen van de Hinderwet geregeld, alsmede bepalingen van de Wet inzake de Luchtverontreiniging en de Wet op de Geluidhinder voor zover van toepassing.

Een milieu-effectrapport (M.E.R.) is vereist als:

- op de rwzi ook slib van andere rwzi('s) wordt gedroogd dan wel overgegaan wordt op centrale slibdroging, indien de capaciteit van de installatie 5000 ton droge stof per jaar (overeenkomend met een slibproductie van ongeveer 275.000 i.e.) of meer draagt.

Een M.E.R. gaat altijd vooraf aan welke milieu-vergunning dan ook, aangezien bij het opstellen van de M.E.R. tot in detail moet worden uitgezocht om welke vergunningen het gaat.

Een vergunning ingevolge de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater is nodig voor lozing van al dan niet gezuiverd afvalwater op riolering of oppervlaktewater. De vergunning wordt verleend door de betreffende waterkwaliteitsbeheerder.

Ten aanzien van een vergunning ingevolge de Wet op de Geluidhinder het volgende. Een rwzi met een capaciteit van 100.000 i.e. of meer en voorzien van straal- of puntbeluchters heeft een vergunning ingevolge de Wet op de Geluidhinder nodig. Een drooginstallatie op een dergelijke rwzi valt derhalve ook onder het regiem van deze wet. Slibdrooginstallaties worden in de Wet op de Geluidhinder niet genoemd. Drogerijen voor groenvoer met een capaciteit van 10 twd/h of meer hebben wel een vergunning nodig. Verwacht mag worden dat dit in de toekomst ook voor slibdrooginstallaties zal gaan gelden.

Bij het afvoeren en storten van slib kan men te maken krijgen met de Wet Chemische Afvalstoffen.

1. Heinrich, J. & Koglin, B. -Der Hamburger Faulschlamm wird getrocknet. Korrespondenz Abwasser 34 (1987) nr 5; 526-534
2. Verbranden van zuiveringsslib - Ministerie van VROM. Staatsdrukkerij- en Distributiecentrum (1985). ISBN 90 346 0519 8
3. Diverse artikelen in: Beihefte zu Müll und Abfall- Heft 28 (1989), Klärschlammentsorgung
4. Diverse artikelen in: 7. Bochumer Workshop (1989)
5. Fijman, W.J. & Ham, J.M. -Rapport olfactometrisch geuronderzoek aan de thermische slibdrooginstallatie van de rioolwaterzuiveringsinstallatie te Zeist. TNO (1979); Ref.nr. 79-03887
6. Stora -Stank op de rioolwaterzuiveringsinrichtingen. 2. Behandeling van procesgassen (1980)
7. Bäuerle, H.G., Obers, H. & Wischniewski, M. -Die Kontakttrocknung kommunalen Klärschlamm. Aufbereitungs-Technik 29 (1989) nr. 5; 243-251
8. Marchand, A., Coquelet, G., Vignoles, C. & Bouchala, Y. -Les développements récents en traitements des boues. Techniques, Sciences, Methodes 81 (1986) nr. 12; 591-618
9. Rijnart, F., Schepman, J., Voorneburg, F. -Het drogen van zuiveringsslib met het Carver-Greenfield proces. RWZI 2000 89-06
10. Hoogheemraadschap West-Brabant -Slibdrogen met restwarmte van de RDF-centrale Moerdijk, deel 1 t/m 4 (gezamenlijke studie met de PNEM, juli 1989), en bezoekverslagen slibdrooginstallaties "Nice" en "Leutkirch".
11. Stora -Slibontwatering tot meer dan 40% droge stof (1979)
12. DHV -Slibverbranding op het terrein van de PEGUS, Lokatie Lage-Weide. Milieu-aspecten notitie aangaande de mogelijke hinder door luchtverontreiniging en geur. Dossier 1-2298-49-06, september 1986. In opdracht van Provinciale Waterstaat Utrecht.
13. Stora -Compendium Slibverbranding (1988)
14. Hohnecker, H. -Thermische Schlamm-trocknung unter dem Aspect der Umweltfreundlichen Verwertung des Trockengutes. Korrespondenz Abwasser 34 (1987) nr. 10; 1070-1075
15. DHV -Onderzoek naar een gemeenschappelijke verwerkingsinrichting voor zuiveringsslib afkomstig uit de provincies Noord-Holland, Utrecht en Flevoland (1990). In opdracht van het Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland.
16. DHV -Onderzoek naar een tweetal slibdrooginstallaties voor het verwerken van zuiveringsslib uit de provincies Noord-Holland en Flevoland (1990). In opdracht van het Hoogheemraadschap Uitwa-

terende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland.

17. Girovich, J. -Simultaneous Sludge Drying and Pelletizing. WATER/Engineering & Management (MARCH 1990); 34-39
18. De heer W.N. van Daalen, bedrijfsdirecteur Heere Vuilverbranding Roosendaal BV. Persoonlijke mededeling (febr. 1991).
19. Progress in Dust Collection by Electrostatic Precipitators with Due Attention to Adsorption of Noxious gases. Ger. Chem. Eng. 9 (1986); 118-125.

ADRESSENLIJST LEVERANCIERS

Ammann Maschinenfabrik AG
CH-4900 Langenthal
Zwitserland

Ammann IMA GmbH
postbus 1141
D-3220 Alfeld (Leine)
West-Duitsland

Gebrüder Bühler AG
CH-9420 Uzwil
Zwitserland

Bühler Miag GmbH
D-3300 Braunschweig
West-Duitsland

Buss AG Basel
CH-4132 Pratteln-1
Zwitserland

Buss SMS GmbH
Kaiser Straße 13-15
D-6308 Butzbach
West-Duitsland

Deutsche Babcock Anlagen AG
Parkstraße 29
D-4150 Krefeld 11
West-Duitsland

Fied. Mauer Söhne GmbH
Frankfurter Ring 193
Postbus 330145
D-8000 München 44
West-Duitsland

KHD Humbolt Wedag AG
Postbus 910457
D-5000 Keulen 91
West-Duitsland

Sevar Entsorgungsanlagen
Postbus 528
D-8590 Marktredwitz
West-Duitsland

Stord Bartz A/S
Postbus 777
N-5001 Bergen
Noorwegen

Stord GmbH
D-4000 Düsseldorf
West-Duitsland

Stork Friesland
Stationsweg 84
Postbus 18
8400 AA Gorredijk
Nederland

Sulzer Escher Wyss
CH-8023 Zurich
Zwitserland

Sulzer Escher Wyss GmbH
D-7980 Ravensburg
West-Duitsland

Wehrle Werk AG
Bismarkstraße 1-11
D-7830 Emmendingen
West-Duitsland

Krupp Mak
Falckensteinerstraße 2
D-2300 Kiel 17
West-Duitsland
Postbus 9009

Vanden Broek International
Stationsweg 11
3972 KA Driebergen

Van Roll Nederland BV
Nieuwgraaf 34
6921 RK Duiven

TCW Anlagen Bau
Eschenbacherstraße 65
D-7890 Waldshut-1
West-Duitsland

Nederlandse vertegenwoor-
diger van TCW:
Ebbens Engineering
Hoofdstraat 57/Postbus 26
8160 AA Epe
Nederland

PKA GmbH
Robbert Bosch Straße 82
Postbus 1645
D-7080 Aken
West-Duitsland

autotherm	:	in eigen energiebehoefte voorzien
AVI	:	afvalverbrandingsinstallatie
droogdamp	:	damp welke bij droging van slib ontstaat
d.s.	:	droge stof
g.e.	:	geureenheden
omw	:	omwentelingen
RDF	:	refuse derived fuel
rwzi	:	rioolwaterzuiveringsinrichting
twd	:	tonnen waterverdamping
a	:	jaar
bar	:	barometrische druk
°C	:	graden Celcius
d	:	dag
h	:	uur
min	:	minuut
kg	:	kilogram
kJ	:	kilojoule
kW	:	kilowatt
MJ	:	megajoule
(N)m ³	:	(normaal) kubieke meter
T	:	temperatuur
w	:	week
E-filter	:	electrostatisch filter
M.E.R.	:	milieu-effectrapport
thermische olie	:	speciale soort olie voor warmte transport
gistings- gas	:	gas dat wordt gevormd door afbraak van het organische deel van zuiverings-slib in z.g. gistingstanks

B I J L A G E

(fig. 1 t/m 14)

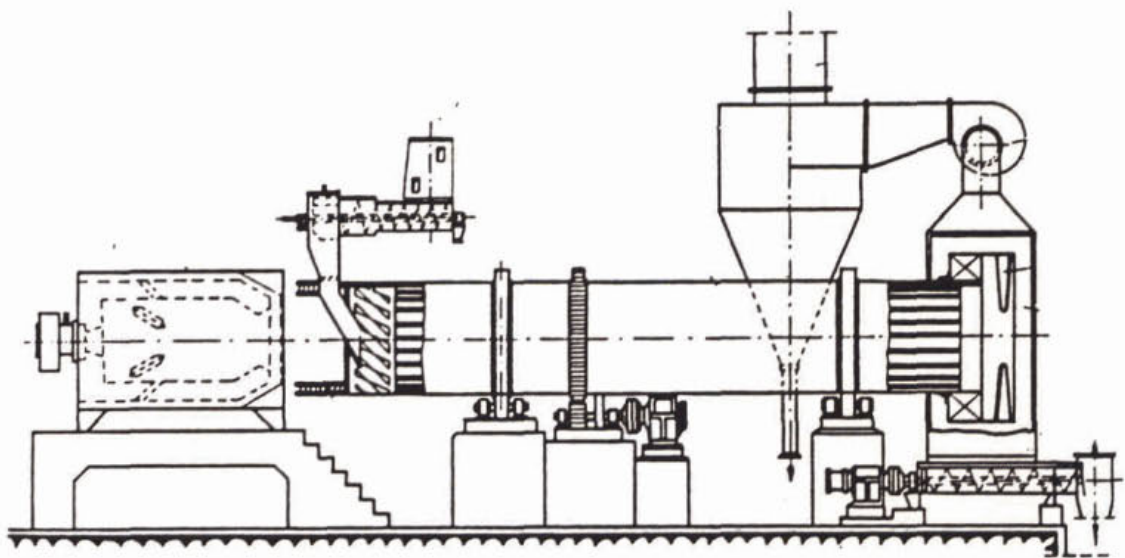


Fig. 1 Schematische voorstelling van een trommeldroger

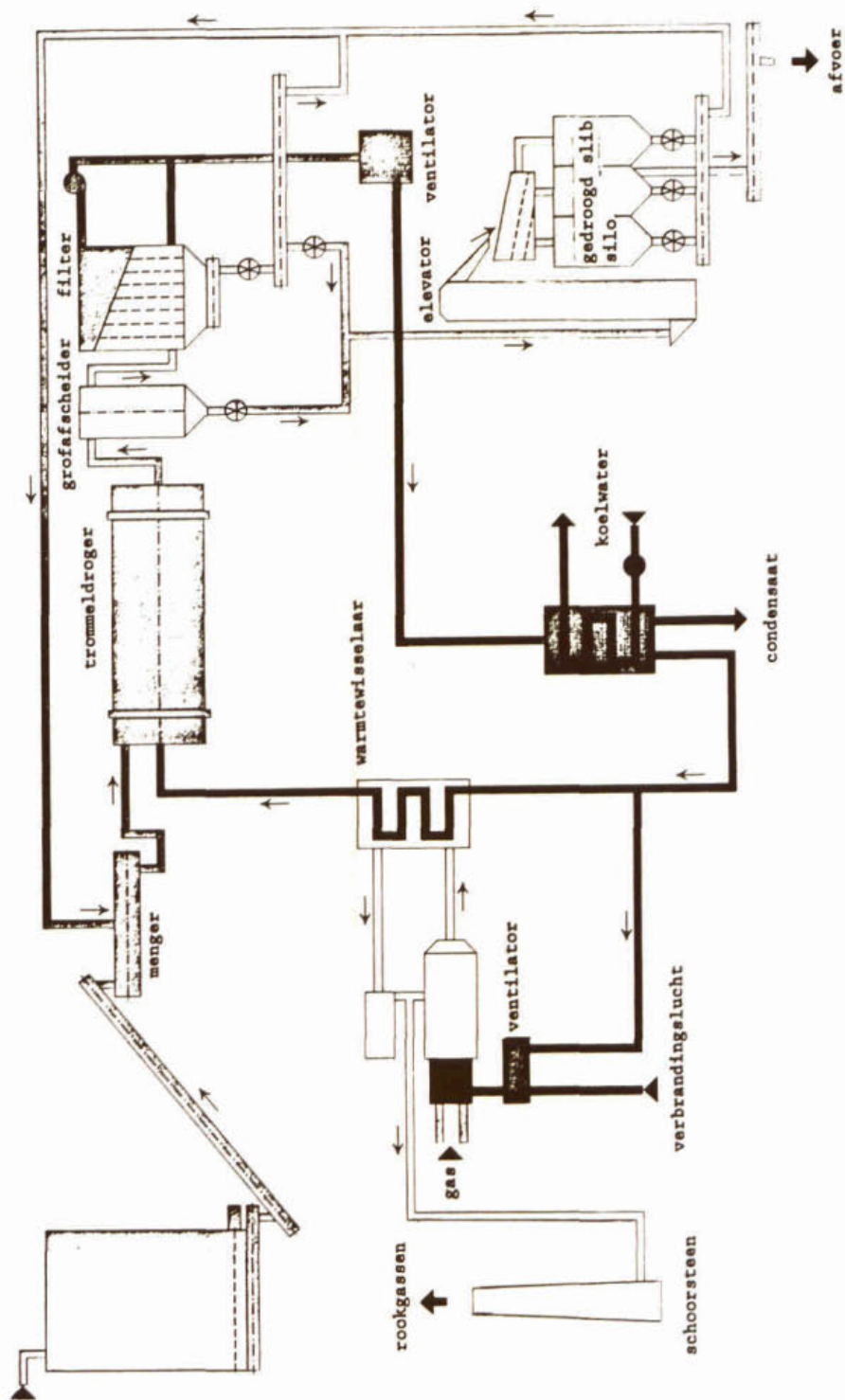


Fig. 2 Trommeldroger met gesloten kringloop (Ref. firma Ammann)

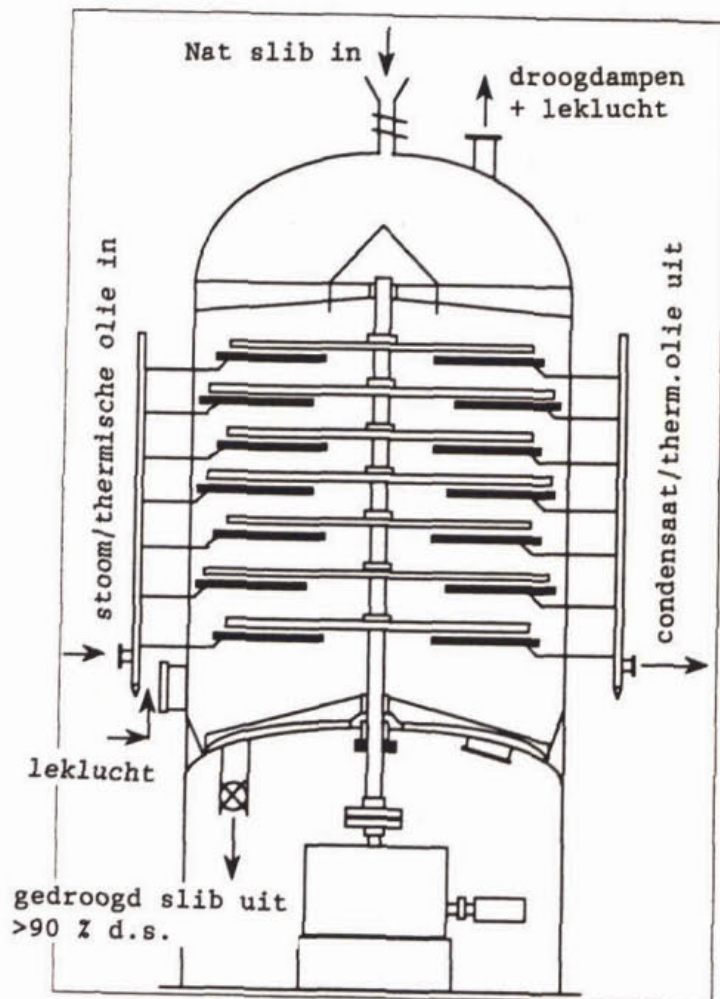


Fig. 3 Indirect verwarmde etagedroger (Ref. firma Seghers)

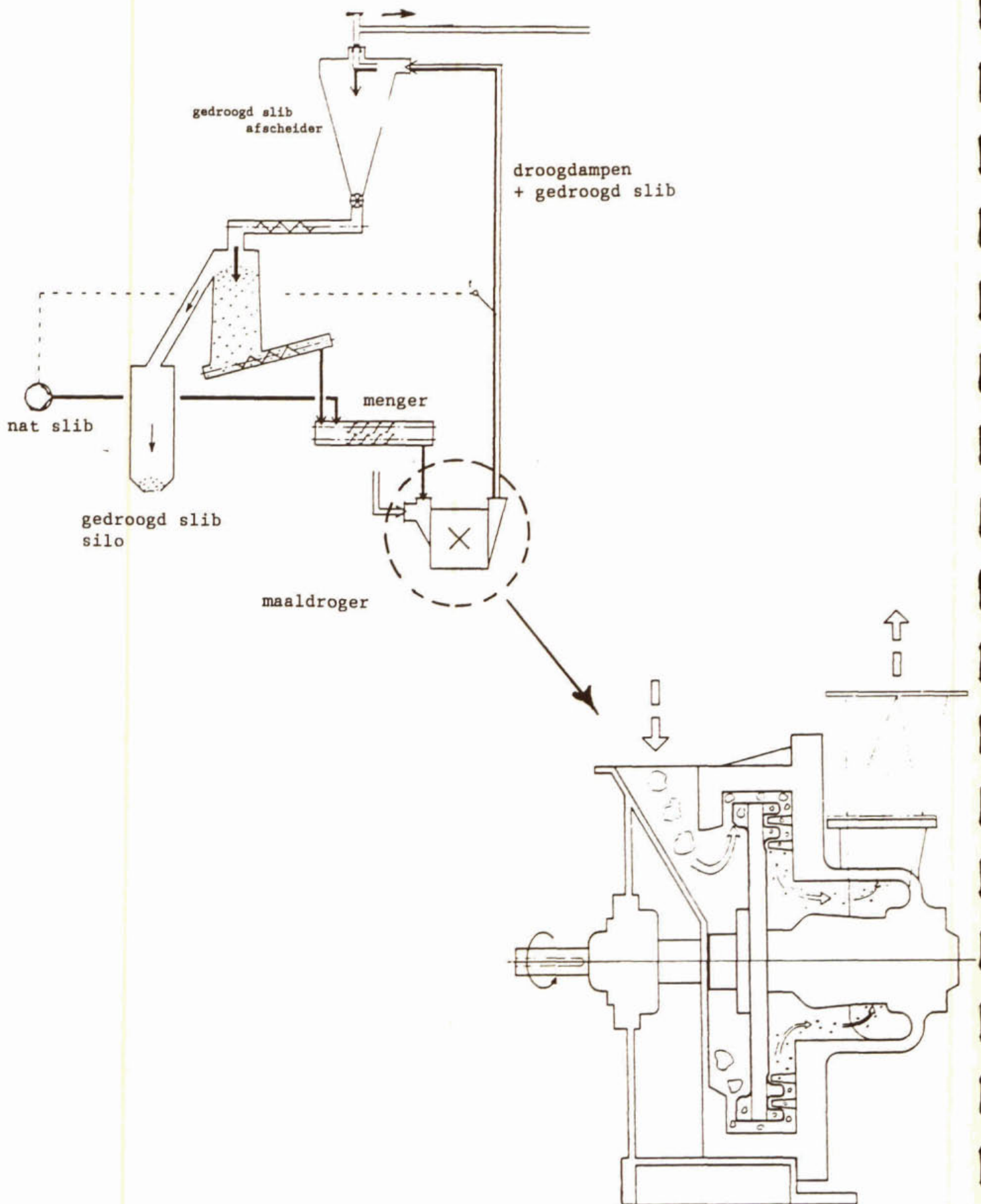


Fig. 4 Maaldroger (Ref. firma VonRoll)

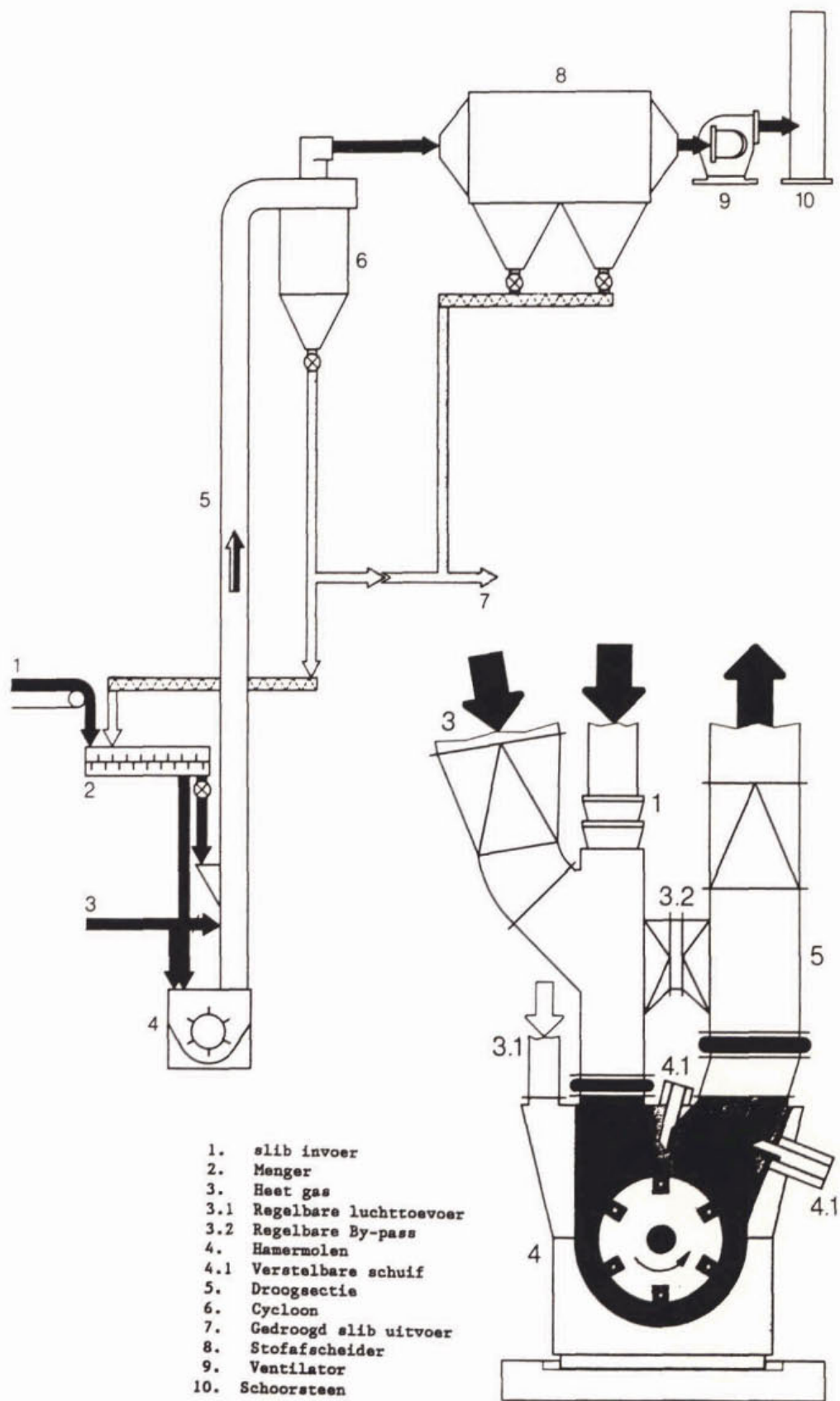
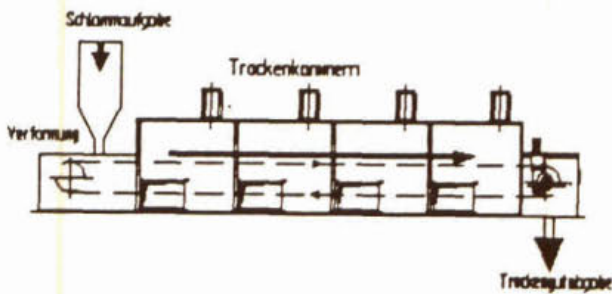
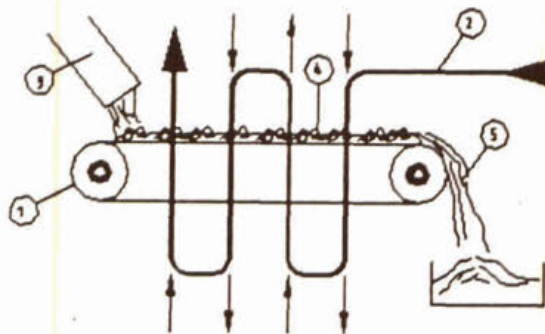
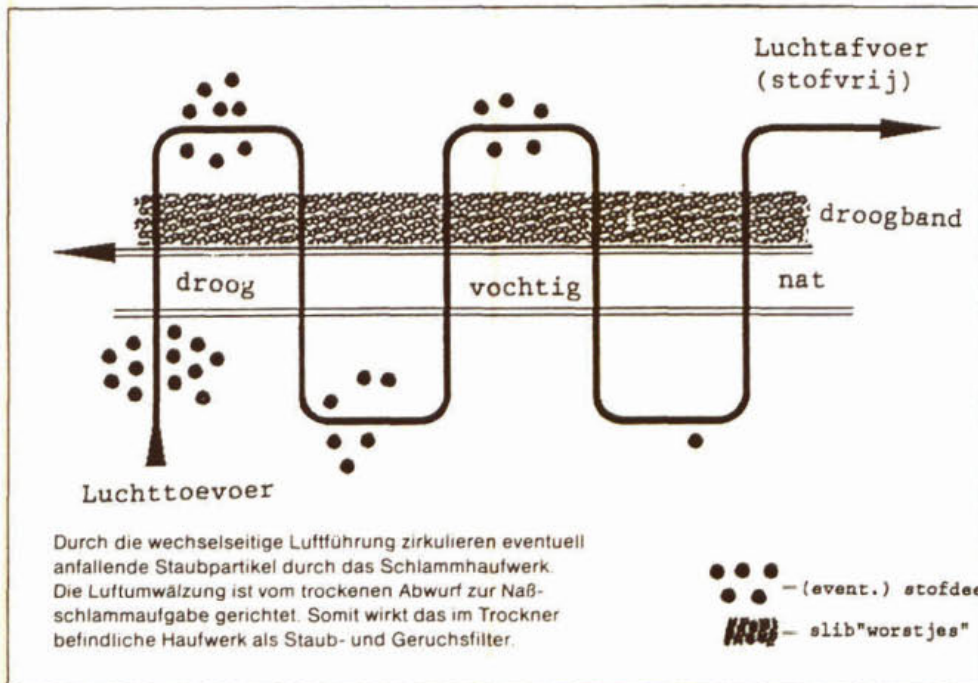
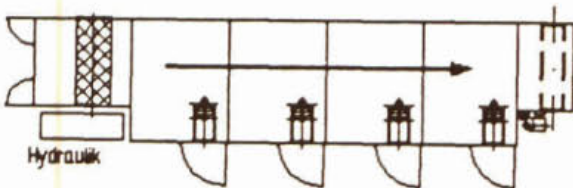


Fig. 5 Stroomingsdroger (Ref. firma KHD)



Trocknerbauweise
 in Standardelementen
 gew. Baukastensystem
 (Seitenansicht)

Jede Kammer hat einen
 Umluftventilator und
 einen eigenen Zu- und
 Abluftanschluß
 (Querschnitt)



(Draufsicht)

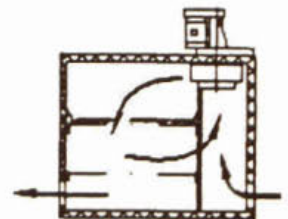


Fig. 6 Banddroger, principe en bouwvorm (Ref. firma Sevar)

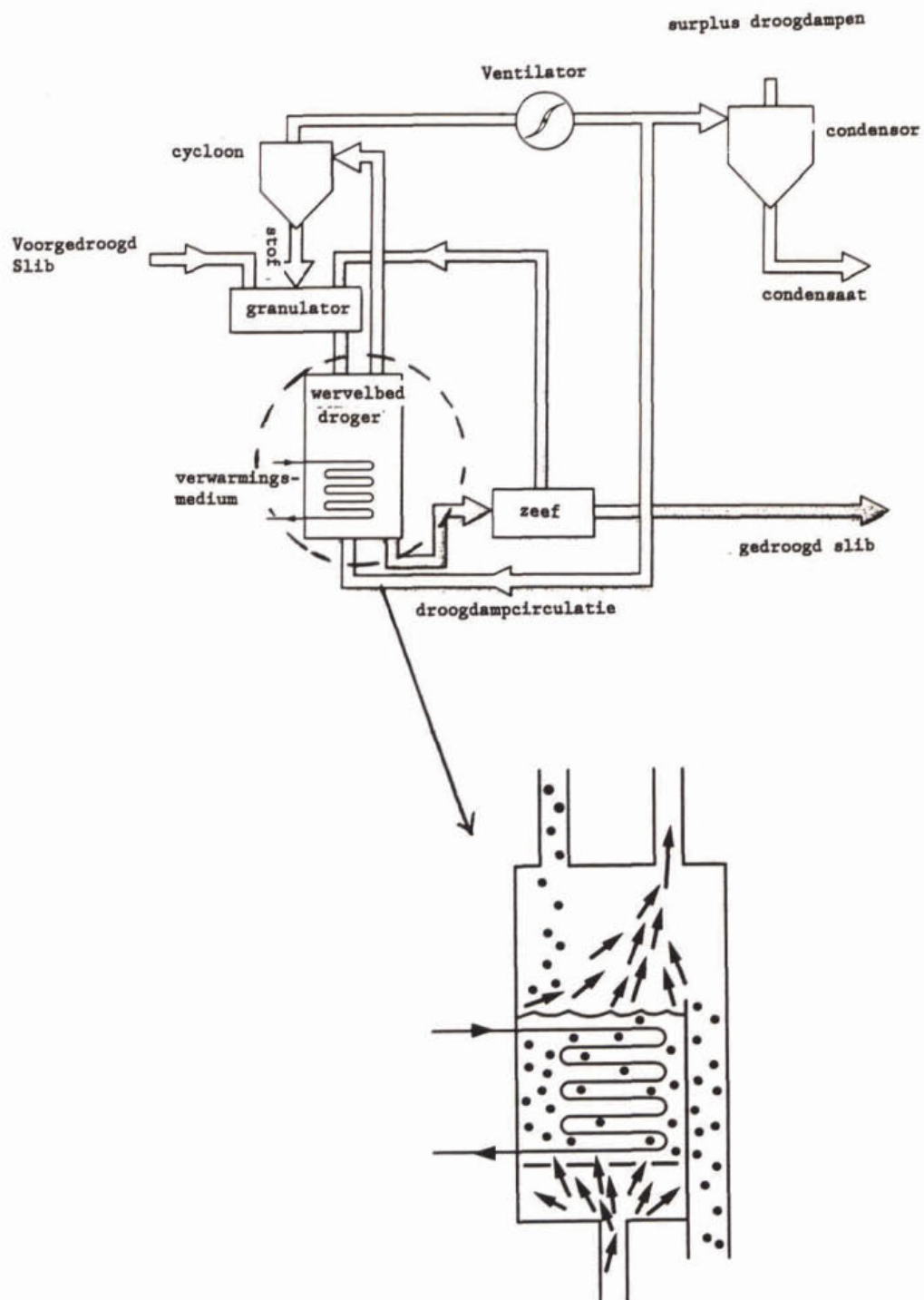


Fig. 7 Wervelbeddroger met gesloten droogdampcirculatie

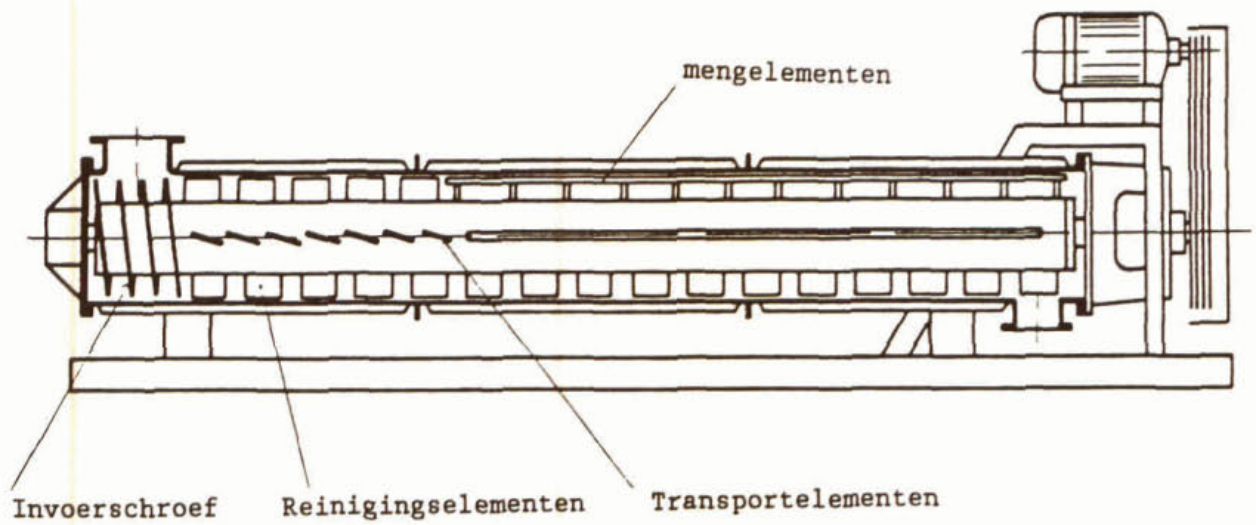


Fig. 8 Horizontale dunne-filmdroger (Ref. firma Buss)

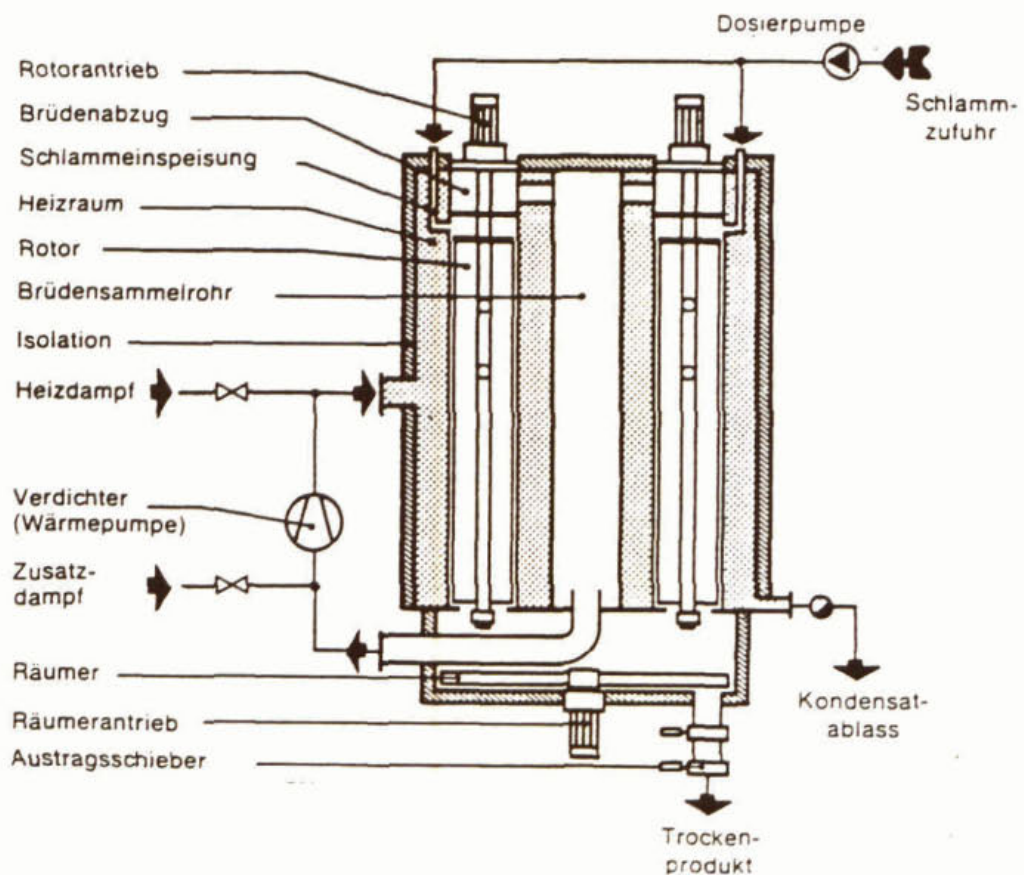


Fig. 9 Verticale dunne-filmdroger met damprecompressie (Ref. firma Bühler)

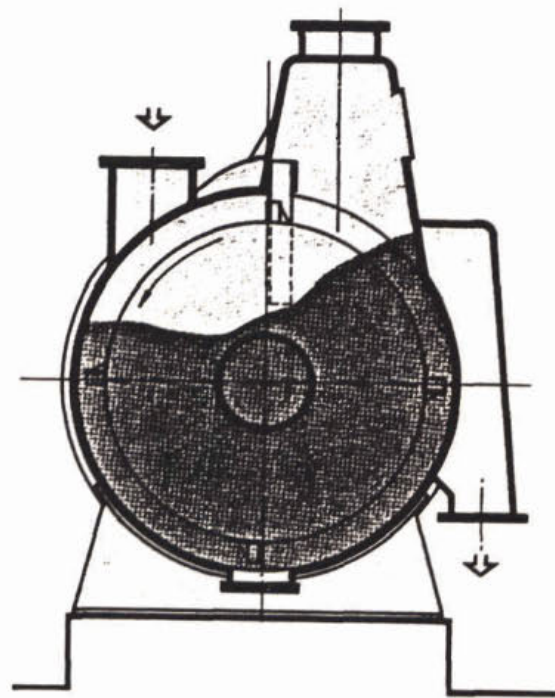
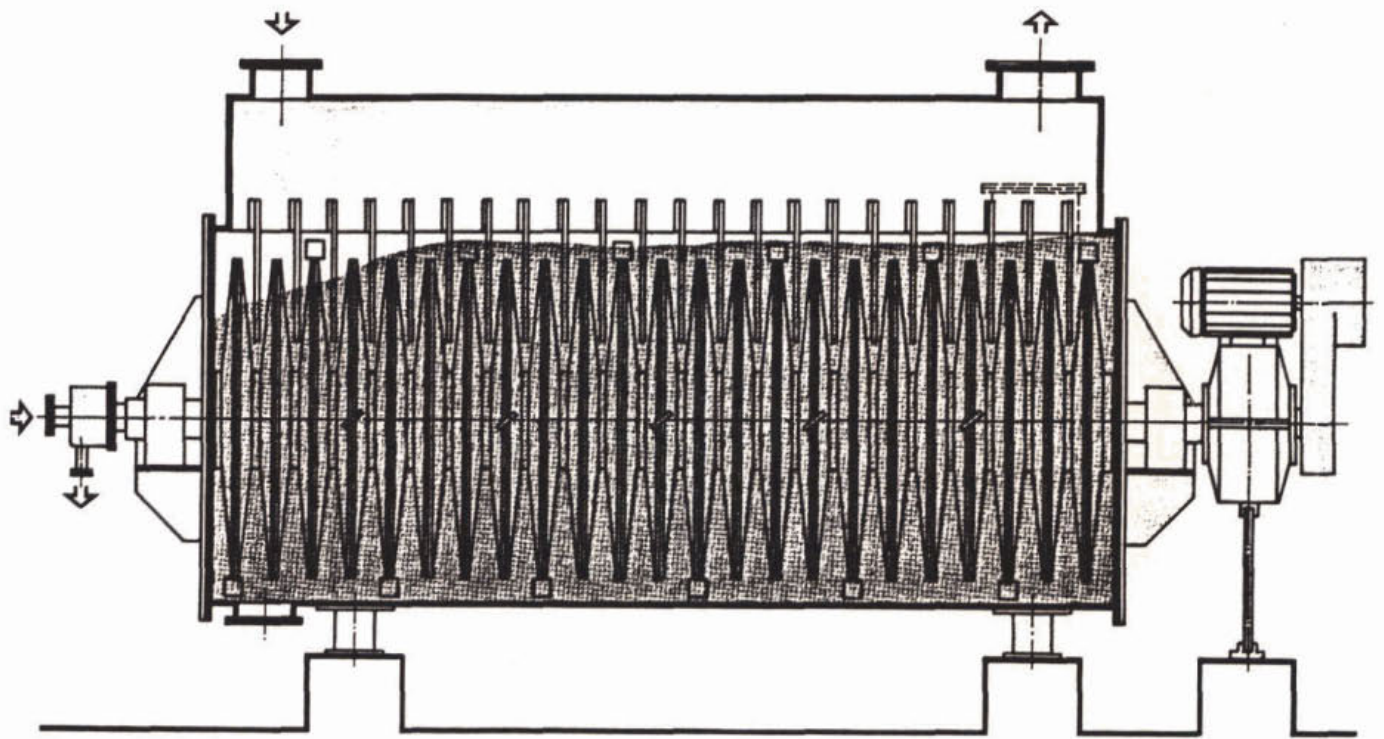


Fig.10 Schijvendroger

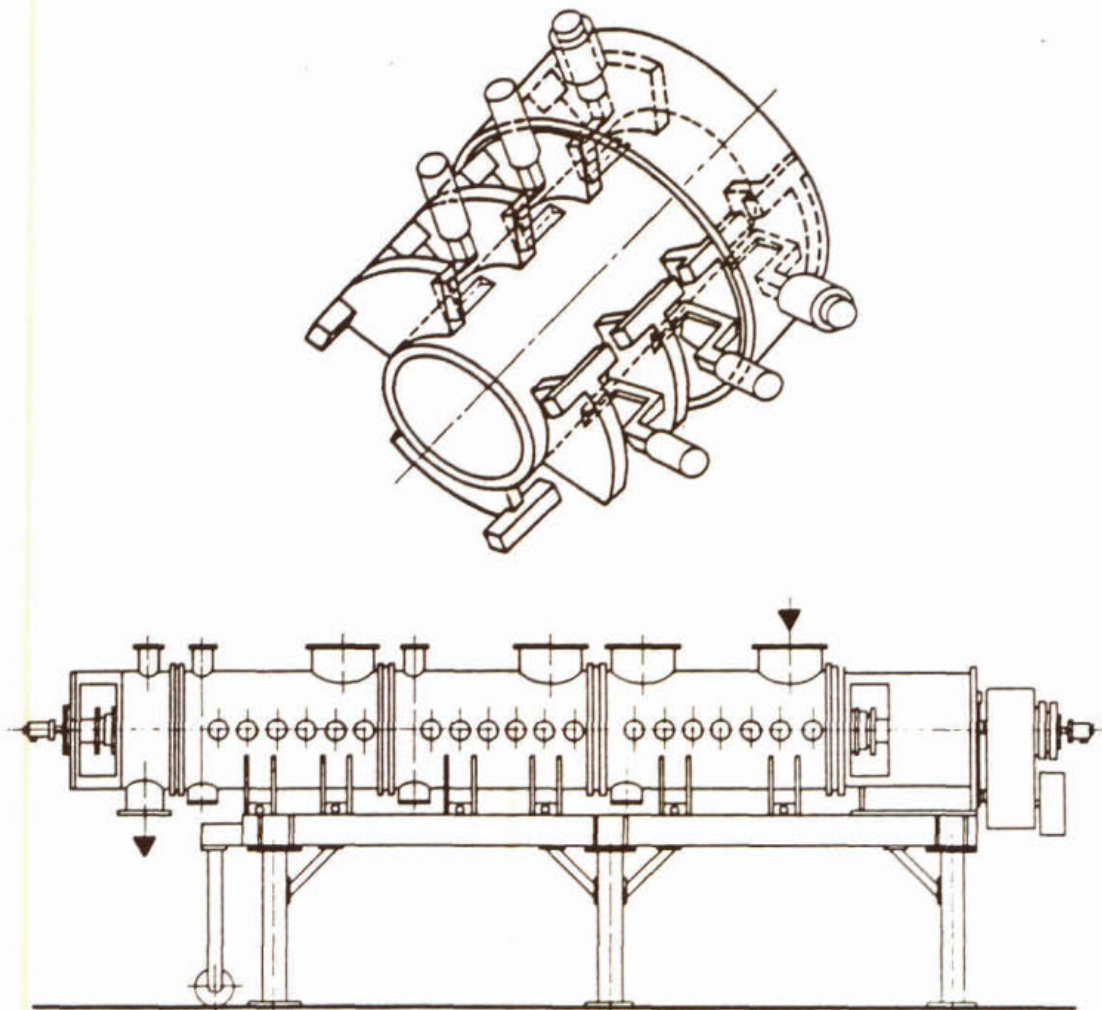


Fig. 11 Principe van een kneeddroger (Ref. firma List/Bühler)

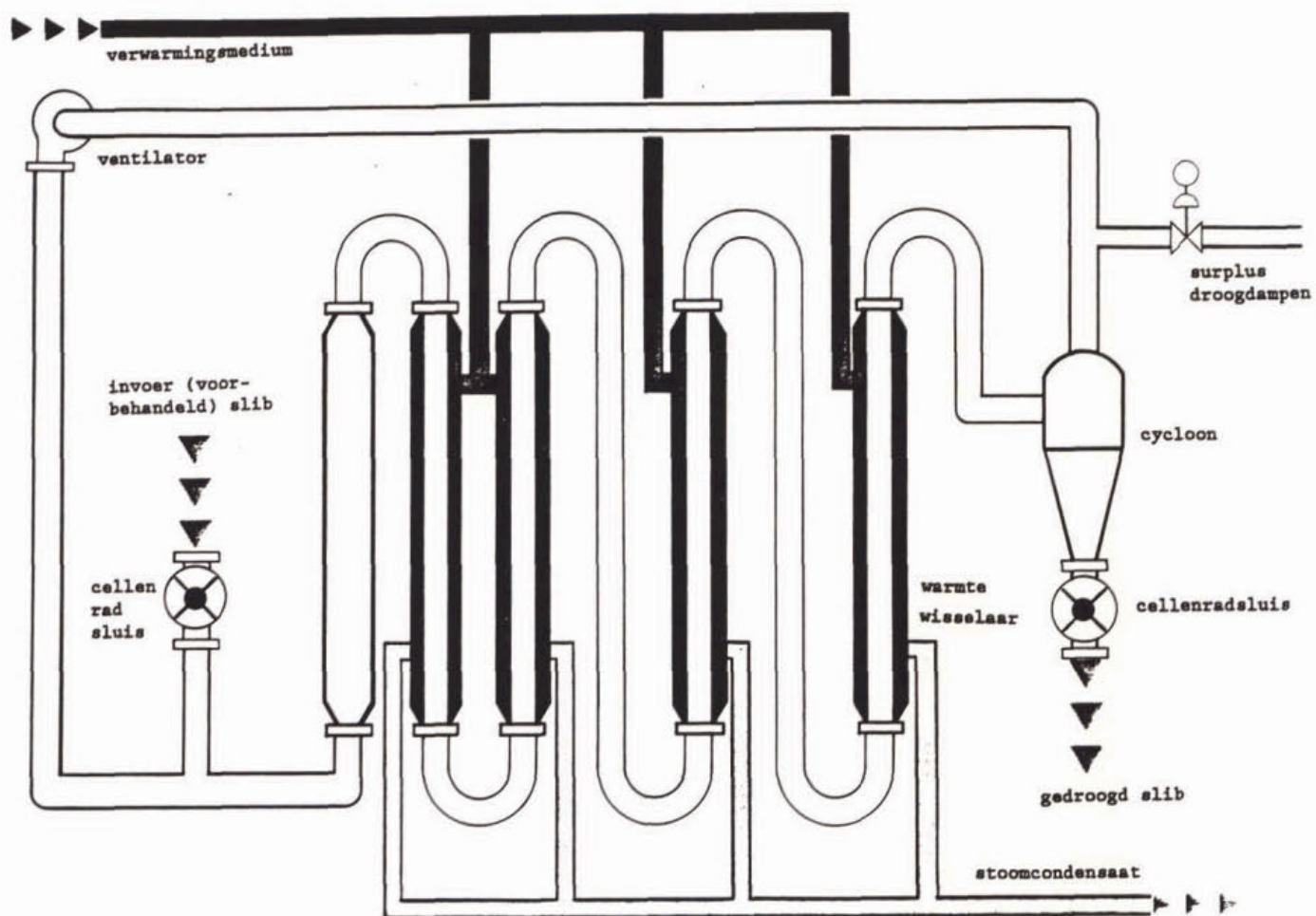
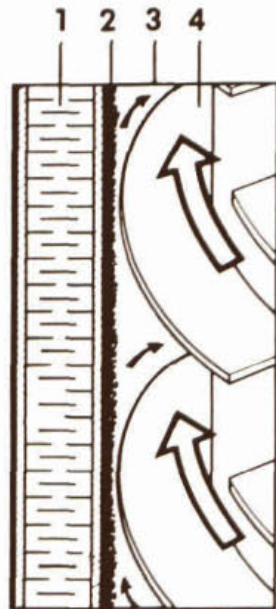


Fig.12 Stoomcirculatiedroger (Ref. firma Stork Friesland/Exergy)



- 1 Heizmantel
- 2 Produktfilm
- 3 Strömungskanal
- 4 Leitbleche

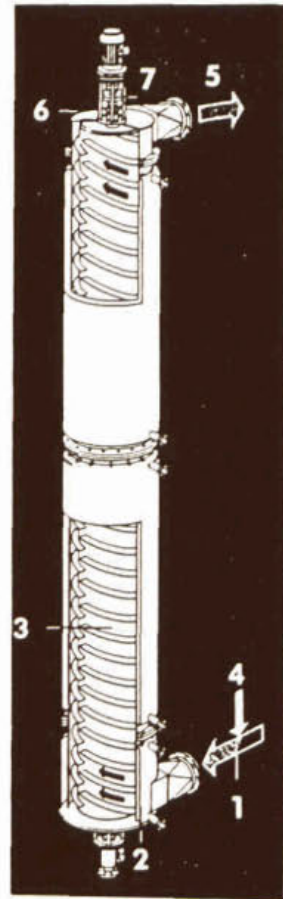


Fig.13 Schroefbuisdroger (Ref. firma Krupp MaK)

