



The force behind your company

Stationsstraat 100, B-3360 Lovenjoel

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Digestaat op maat: Inventarisatie beschikbare technieken

United Experts cvba - Rijkelsestraat 28 - B-3360 Heusden-Zolder
T. 0800 90 910- F. 011 60 90 69
BTW BE 0457580078 – Bank 235-0518335-76
Profex is een merk van United Experts cvba

Opgesteld door : Lies Bamelis
Datum : Oktober 2016

In opdracht van



Meer halen uit de biologische kringloop





The force behind your company



*Dit document werd opgemaakt in opdracht van VLACO, in kader van het DIMA project (Digestaat op Maat). Cijfers weergegeven in dit document zijn **indicatief**. Ze zijn opgemaakt op basis van literatuur studies, in combinatie met gegevens uit de praktijk. Het is zeer belangrijk om voor het uitwerken van een gedetailleerde business case te werken met case-specifieke gegevens. Laat u daarom goed begeleiden / adviseren bij het uitwerken van een specifiek project. De auteurs of opdrachtverlenende organisaties dragen geen verantwoordelijkheid indien deze 'indicatieve data' alsnog gebruikt worden.*



The force behind your company



Inhoud

.....	1
1 Inleiding.....	4
2 Ontwatering door scheiden.....	5
2.1 Voorbehandeling : coagulatie-flocculatie.....	6
2.1.1 Technische omschrijving.....	6
2.1.2 Economische evaluatie.....	7
2.1.3 Voor- en nadelen.....	7
2.2 Scheiden.....	7
2.2.1 Technische omschrijving.....	8
2.2.2 Economische evaluatie.....	11
2.2.3 Voor- en nadelen van scheiding van digestaat.....	11
2.3 Conclusies scheiding.....	11
3 Droging.....	13
3.1 Technische evaluatie.....	13
3.1.1 Banddroger.....	14
3.1.2 Wervelbeddroger.....	14
3.1.3 Indirecte drogere.....	15
3.2 Economische Evaluatie.....	17
3.3 Voor- en nadelen.....	17
3.4 Conclusies droging.....	18
4 Nabehandeling.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
4.1 Technische omschrijving.....	19
4.1.1 Pelletiseren.....	19
4.1.2 Granuleren.....	19
4.2 Economische evaluatie.....	21
4.3 Voor- en nadelen.....	22
5 Bibliografie.....	23

1 Inleiding

Het DIMA project wilt dieper ingaan op de mogelijkheden om digestaat op maat te maken voor verdere verbruikers. Ruw digestaat is vloeibaar (DS-gehalte tussen 8 en 15 %DS) en heeft daardoor in vergelijking met de gescheiden, gedroogde en geperst gedroogde fractie iets minder toepassingsmogelijkheden. Deze laatste andere “vormen” van digestaat lijken daarom haalbaarder met oog op verhandelbaarheid.

Om tot de gewenste samenstelling (DS-Gehalte, nutriënten samenstelling, etc.) te komen zijn er uiteraard processtappen nodig om het digestaat op te waarderen. Op basis van de marktstudie en rondvraag bij de betrokken stakeholders (VLACO) lijken de volgende technologie types het belangrijkste voor het bekomen van een “digestaat op maat”:

- Scheiding
 - o (Mechanisch) afscheiden van het “vrije” water, om tot een steekvast product te komen
- Droging
 - o Verwijdering van het capillair en cellulair gebonden water, om tot een droog product te komen
- Nabehandeling (granuleren / pelletiseren)
 - o Het nabehandelen (compacteren) van het gedroogde product om de stoffase te overkomen en een handelbaarder product te bekomen.

Van deze technieken zal er in dit document een overzicht gegeven worden van de verschillende mogelijke technologieën, een inschatting van de verwante financiële aspecten (investerings- en exploitatiekosten), en een beperkte SWOT-analyse.

Nota : Bij het verwerken van het digestaat zullen verschillende fases doorlopen worden (STOWA, 2013):

- Vloeibaar tot steekvast (tot 40 % DS)
- Kleverig (40 tot 50 %DS)
- Kruimelig (vanaf 60 % DS)
- Korrelig / poedervormig (vanaf 90 %DS)

Voor de “kleverige” fase is een belangrijk aandachtspunt, omdat hier verstoppingen door kunnen ontstaan (het digestaat kan dan blijven kleven aan wanden en/of procesonderdelen). Daarom zal er - zeker bij de drooginstallaties – voldoende aandacht moeten zijn om gedroogd materiaal te recyclen en het op te mengen met binnenkomend materiaal, zodat er gestart kan worden van een “kruimelig” materiaal (> 60%DS).

2 Ontwatering door scheiden

Doel van scheiding is het opsplitsen van de ingaande stroom in een vaste en een vloeibare fractie, ook respectievelijk dikke en dunne fractie genoemd. Ook de nutriënt concentratie zal door het uitvoeren van de scheiding opgesplitst worden : de stikstof zit veelal in vloeibare vorm vevat in de dunne fractie, daar waar de fosfor eerder mee afgescheiden zal worden met de vaste fractie.

De exacte samenstelling van de bekomen stromen (dunne en dikke fractie) is afhankelijk van verschillende factoren :

- Het input materiaal
- Het type van gebruikt scheider mechanisme
- Het al dan niet gebruiken van voorbehandeling (coagulatie-flocculatie)

In de tabel hieronder is een indicatie van de samenstelling van digestaat van rundermest, digestaat van varkensmest en een gemengd digestaat (Esteves, 2011) :

	Digestaat rundermest			Digestaat varkensmest			Gemengd digestaat (30% rund, 50 % varken, 20 % crops)		
	Geheel	Dunne fractie	Dikke fractie	Geheel	Dunne fractie	Dikke fractie	Geheel	Dunne fractie	Dikke fractie
Droge stof (%)	7	3.1	23	5	1.5	30	4	1	30
N_{tot} (kg/ton)	5.47	4.6	9	5.05	4.36	9.56	5.15	4.49	12.5
P₂O₅ (kg/ton)	1.02	0.2	4.2	1.21	0.56	5.49	1.16	0.37	10

Een overzicht van de impact van de verschillende scheidingstechnieken is te vinden in de tabel hieronder (Esteves, 2011):

Techniek	Input droge stof gehalte (DS%)	Output droge stof gehalte Dikke fractie (DS%)	Energie verbruik (kWh / ton)	Typische capaciteit ¹ (m ³ /h)
Bezinking	0.5	5		
Flotatie	0.5	5		
Screen sieves	0.5 – 5	10	0.2 – 0.9	10
Zeefband pers	3 – 7	21-25	0.08 – 0.12	10 – 40
Centrifuge	1.7 – 8.1	18-30	1.8 – 7	0.7 – 40
Vijzel pers	1 - 16	25-40	0.24 – 1.1	2 - 100

Gezien de hogere droge stof gehalten interessanter zijn om mee te werken, zullen hier verder de zeefbandpers, de centrifuge en de vijzelpers besproken worden.

¹ Dit zijn typische capaciteiten voor de “algemene” gebruiken van de gekozen scheidingstechnieken. Bij toepassing op digestaat in Vlaanderen liggen de meest gebruikte capaciteiten aanzienlijk lager : Zeefbandpers 0.5, - 2 ton DS / hr; Centrifuge 2 à 5 m³/hr; Vijzelpers : 3 tot 5 of 5 tot 8 m³/hr.

Belangrijk om mee te geven is dat de resultaten van de ontwatering niet enkel afhankelijk zijn van de gekozen techniek, maar ook van de gekozen voorbehandeling en conditionering. Daarom wordt hier in eerste instantie eveneens de mogelijke voorbehandeling (coagulatie-flocculatie) kort besproken.

2.1 Voorbehandeling : coagulatie-flocculatie

Het doel van het toevoegen van een voorbehandeling is het verhogen van de fractie vaste deeltjes dat afgescheiden kan worden in de scheidingsstap.

2.1.1 Technische omschrijving

2.1.1.1 Coagulatie

De eerste stap (coagulatie) zal er voor zorgen dat (colloïdale) deeltjes (zoals fosfor en metaal deeltjes) zullen samenknippen (coaguleren) tot een onzichtbare vlok.

Hieronder zijn de best gekende coagulanten (multivalente kationen) opgelijst – waarbij ze gerangschikt zijn volgens efficiëntie per kation (Verhoeven, 2013) :

- Calcium: $\text{CaO} > \text{Ca(OH)}_2$
 - o CaO werkt pH verhogend
- Ijzer : $\text{FeCl}_3 > \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 > \text{Fe SO}_4$
 - o FeCl_3 werkt pH verlagend
- Aluminium : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 > \text{AlCl}_3$
 - o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ werkt pH verlagend

Belangrijke opmerkingen :

- Bij het selecteren van de coagulant is het belangrijk al de aspecten van de dosering in kaart te brengen. Zo zullen bepaalde coagulanten een verzurend effect hebben (pH daalt), waardoor er een verlaging zal zijn van de NH_3 -emissies (NH_4^+ blijft in opgeloste toestand in de vloeibare fractie). Andere stoffen kunnen dan weer de pH laten stijgen, wat ammoniak emissie zal bevorderen.
- Het is ook best om een “case by case” aanpak te doen voor de selectie van de beste coagulant. De chemische en fysische samenstelling van de stromen kunnen immers verschillen van site tot site, waardoor ook de best oplossing en concentratie zal verschillen.
- Het overdoseren van een coagulant kan leiden tot een averechts effect.

2.1.1.2 Flocculatie

In de tweede stap (flocculatie) worden de “onzichtbare vlokken” verder samengebracht tot grotere vlokken welke makkelijker afscheidbaar zijn van de waterige fractie. De chemicaliën welke toegevoegd worden aan deze vlokken zijn veelal polymeren.

Gekende types polymeren :

- Natuurlijke polymeren (o.a. zetmeel)
- Synthetische polymeren (gerangschikt volgens efficiëntie op mestscheiding):
 - o Kationische polymeren > anionische en neutrale polymeren
 - Beste werking met polymeren met medium beladings dichtheid (20-40mol%)
 - o Lineaire polymeren > vertakte polymeren
 - Vertakte polymeren wel interessant bij bezinking
 - o Hoog molecuul gewicht > laag molecuul gewicht

Belangrijke opmerkingen :

- het gebruik van polymeren heeft invloed op de samenstelling van de vaste fractie welke bekomen wordt na het scheidingsproces. De keuze van polymeer zal dus mede afhankelijk zijn van de uiteindelijke toepassing welke er voor de vaste fractie gevisieerd wordt.
- Niet alle polymeren mogen gebruikt worden indien het eindproduct afgezet zal worden op land. Monomeren van polyacrylamide zijn toxisch. Ook moeten polymeren met petrogene afzet vermeden worden, omdat het bekomen slib anders niet meer voldoet aan de VLAREMA voorwaarden waardoor de afzetmogelijkheden sterk beperkt worden.
- Het type polymeer dat best gebruikt wordt is mede afhankelijk van de toepassing waarmee de stroom gescheiden zal worden : bv. bij bezinking gebruikt men best vertakte polymeren, waar er bij zeping beter met lineaire polymeren gewerkt wordt.
- Het effect van coagulatie en flocculatie is meer uitgesproken bij bezinking en filtratie, er is een minder uitgesproken effect bij centrifugatie.

2.1.2 Economische evaluatie

De investeringskost voor een coagulatie-flocculatie installatie wordt ingeschat op ongeveer 50 000€ voor een installatie welke 10 000 ton volume per jaar kan verwerken.

De operationele kost wordt ingeschat op 0.8 €/ton input. In de praktijk worden er echter waarden tot 2 €/ton gerapporteerd. De hoeveelheid polymeer dat gedoseerd moet worden is ook afhankelijk van het gekozen type scheidingstechnologie. Voor een centrifuge moet er gerekend worden met een polymeer dosering van ± 14 kg / ton DS, voor een vijzelpers is dat slechts ± 10 kg / ton DS. Bij een zeefbandpers zal de dosering aanzienlijk hoger liggen.

Belangrijk is om bij het opstarten van een scheidingsstap, het al dan niet doseren van chemische reagentia te laten verifiëren door testen (kunnen uitgevoerd worden door de leveranciers), om de optimale dosis en het te verwachten rendement beter te kunnen inschatten.

2.1.3 Voor- en nadelen

Voordelen	Nadelen
Verbeterde scheiding vloeibaar en vast	Verhoging van de operationele kosten
	Impact op de afzetmogelijkheden van de eindproducten

2.2 Scheiden

Het scheiden van digestaat in een dunne en een dikke fractie geeft het voordeel dat er een N- en/of een P-rijke stroom gevormd kan worden – afhankelijk van het gekozen type scheider. Door de op-concentratie van de nutriënten kunnen deze gerichter afgezet worden, waardoor transportkosten verminderd kunnen worden.

Er bestaan in de praktijk verschillende types scheiders. Het onderscheid tussen de scheiders is gebaseerd op het proces van de mechanische scheiding. Een eerste type zal gaan scheiden

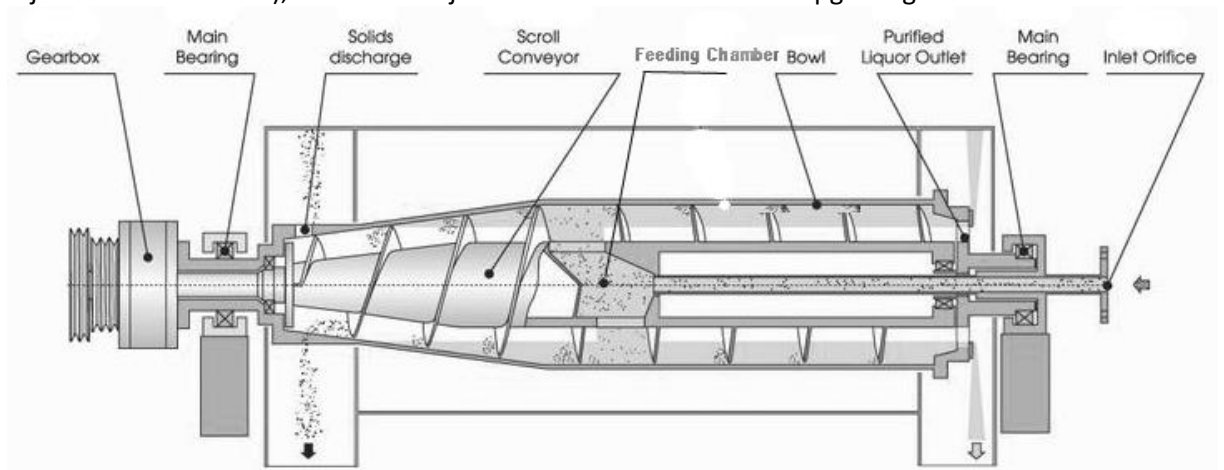
op basis van deeltjesgrootte (bv. zeven of filters), een tweede type zal stromen scheiden op basis van bulk dichtheid (bv. centrifuge), een laatste type zal scheiden op basis van verschil in viscositeit (bv. zeefbandpers).

2.2.1 Technische omschrijving

2.2.1.1 Centrifuge

De scheiding in een centrifuge gebeurt op basis van het verschil in dichtheid tussen de vloeibare en de vaste fractie. De vaste fractie zal door de centrifugaal krachten naar de buitenzijde van de mantel gedreven worden, waar het kan neerslaan in een speciaal “bezinkingsveld”. Er bestaan verschillende types centrifuges : de “basket”centrifuge, de schijvencentrifuge en de decanter centrifuge. Over het algemeen wordt enkel deze laatste toegepast bij het scheiden of ontwateren van vergist materiaal (Solids Dewatering Evaluation, 2013).

Bij de decanter centrifuge wordt de vaste fractie uit de centrifuge “gevizeld” (en daardoor bijkomend ontwaterd), waar deze bij de centrifieve rechtstreeks opgevangen zal worden.



Figuur 1: schematische voorstelling van een decanter centrifuge (Decantor Centrifuge Factors - Screw Conveyor, sd)

Deeltjes van een grootte orde van 2 – 5 μm worden afgescheiden in een decanter centrifuge. De capaciteit van dit type toestel kan variëren van 0.5 m^3/h tot 90 m^3/hr – afhankelijk van de grootte van het toestel (diameter en lengte) en de toepassing. Voor de vergistingsinstallatie in Vlaanderen is de capaciteit veelal tussen de 2 en 5 m^3/hr . Uiteraard zal een groter toestel tevens een hoger energieverbruik met zich meebrengen.

Het grote voordeel van een centrifuge is dat goede rendementen gecombineerd worden met een sterke automatisatie. De dikke fractie zal over het algemeen een hoger droge stof gehalte en fosfor-gehalte hebben. Nadelig is dat de investeringskost hoger ligt dan deze van de vizelpers (vergelijkbaar met deze van de zeefbandpers), dat er een hoger energieverbruik is vergeleken met andere scheidingstechnieken en dat de onderhoudskosten ook aanzienlijk kunnen zijn (hoog toerental, dus meer slijtage). Ook moet er rekening mee gehouden worden dat een centrifuge een bijkomende geluidsbron kan vormen.

De best gekende leveranciers van centrifuges zijn : Andritz, Alfa Laval, Hiller, Pieralisi en Westfalia.

2.2.1.2 Vijzelpers

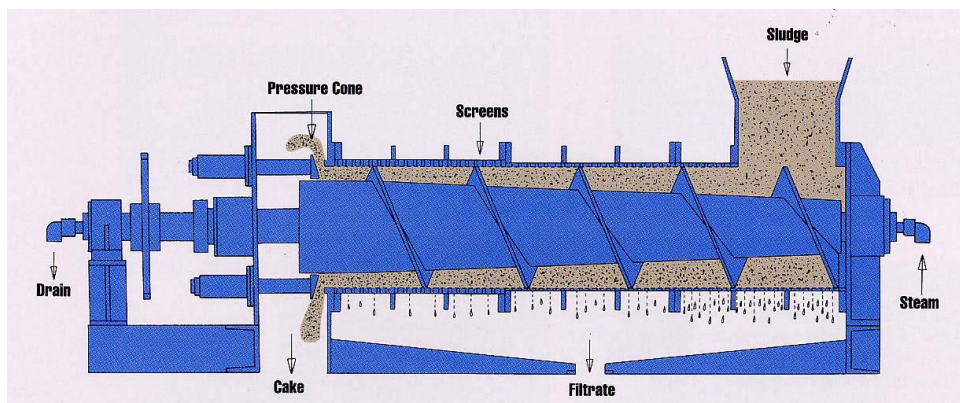
In een vijzelpers wordt de toegevoerde stroom door een “statische” mantel gevijzeld. Het materiaal wordt als het ware “uitgeperst” door dat de vijzel in de mantel steeds groter wordt in diameter. Er zal dus – naarmate het materiaal zich verplaatst doorheen de vijzel – steeds meer druk op de vaste deeltjes uitgeoefend worden. De vloeistof welke vrijgezet wordt kan uitsijpelen langs holtes van 0.15 – 1 mm.

De figuur hieronder geeft een voorbeeld van een horizontaal opgestelde vijzelpers. Afhankelijk van de gekozen leverancier, kan er ook voor een vijzelpers gekozen worden met een lichte helling.

De vijzelpers zou relatief autonoom kunnen werken, wat de operationele kosten ten goede komt (minder mankracht vereist) .

De scheidingsefficiëntie van een vijzelpers (= hoeveelheid van de DS weerhouden in de dikke fractie) ligt over het algemeen lager omdat enkel deeltjes groter dan 0.15 tot 1mm tegengehouden worden. Het bekomen droge stof gehalte ligt voor slib rond 18 tot 24 % (STOWA, 2013). Indien het ingevoerde materiaal vezeliger is kunnen de efficiënties wel merkbaar toenemen. Het feit dat het energieverbruik van een vijzelpers aanzienlijk lager ligt spreekt dan weer in het voordeel van dit type scheider.

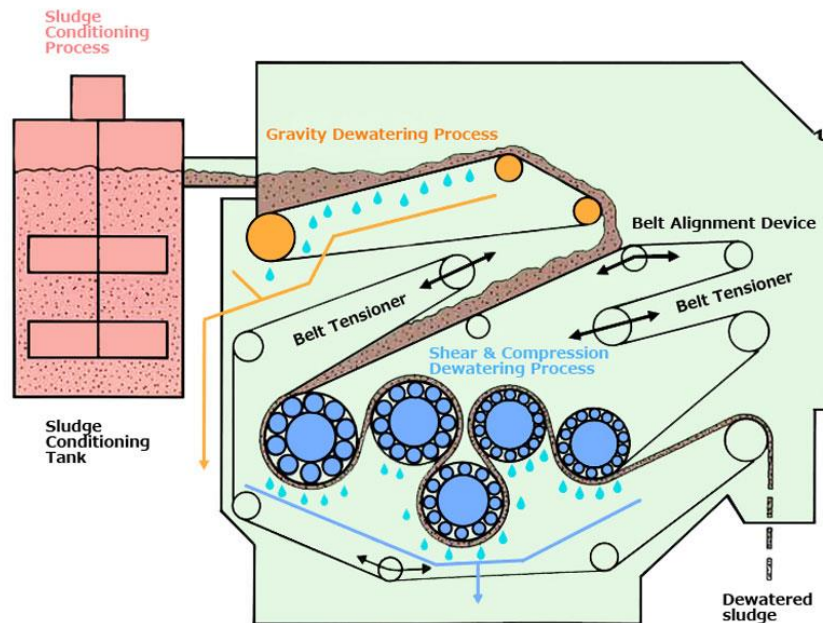
Gekende leveranciers zijn Alfa Laval, Andritz en Huber.



Figuur 2: schematische voorstelling cross sectie Vijzelpers (Leverancier : FK) (Solids Dewatering Evalaution, 2013)

2.2.1.3 Zeefbandpers

In een zeefbandpers wordt er (meestal) een combinatie gemaakt van verschillende systemen om de ontwatering te bekomen : in de eerste plaats is er de chemische conditionering (toevoegen van chemicaliën – zie flocculatie coagulatie), ten tweede is er de drainage ten gevolge van de zwaartekracht, en ten derde wordt er tevens mechanische druk op de slurry uitgeoefend (het wordt letterlijk “geperst” tussen twee zeven), waardoor de ontwatering versterkt wordt.



Figuur 3 : schematische voorstelling van een cross sectie van een zeefbandpers (Belt Press Deydrator, sd)

De efficiëntie van de zeefbandpers is van veel factoren afhankelijk : de structuur van het inkomend materiaal, de methode en het type van chemische conditionering, de uitgeoefende druk, de porositeit van de band, de snelheid van de band en de breedte van de band. Over het algemeen kan er gesteld worden dat een goed werkende zeef band pers een dikke fractie kan bekomen met een droge stof gehalte van 14 – 18 % (Verhoeven, 2013) of 26 – 28 % (STOWA, 2013). Deeltjes groter dan 0.2 – 1.5 mm worden weerhouden in de dikke fractie.

De sterkte van dit type scheidingslijnen ligt hoofdzakelijk in het feit dat het systeem minder gevoelig is aan slijtage en inzetbaar is voor verschillende substraten. Bovendien heeft het een lager energieverbruik. Bij sterk wisselende inputstromen kan een zeefbandpers dan ook een goede oplossing zijn.

Het is echter wel zo dat het systeem slechts beperkt autonoom kan functioneren, en dat er een verhoogd geurrisico aan verbonden is. Daarnaast is de bekomen dikke fractie meestal nog behoorlijk waterig, wat de nodige bijkomende kosten met zich meebrengt. Ook ligt de investering van dit type scheider aan de hogere kant.

Typische leveranciers zijn : Andritz, Siemens en Alfa Laval.

2.2.1.4 Efficiënties

Zoals hoger reeds vermeld is de efficiëntie die behaald kan worden met de verschillende scheidingstechnieken afhankelijk van de gekozen techniek, de gekozen proces parameters en de gekozen voorbehandeling (al dan niet dosering van polymeer). In de tabel hieronder is een voorbeeld weergegeven welke rendementen er normaliter verwacht kunnen worden voor het scheiden van digestaat (B. Lemmens, 2007):

Tabel 1: overzicht karakteristieken verschillende scheidingstechnieken - C = centrifuge, V = vijzelpers, ZBP = Zeefbandpers (B. Lemmens, 2007; Verhoeven, 2013) (praktijkervaring)

		INLAAT	Dikke fractie			Dunne fractie		
			C	V	ZBP	C	V	ZBP
Droge stof	%	9.46	15 - 30	25-40	15 - 25	6 - 8	3-6	2 - 5
Organ. DS	%	5.84	21.1	22.3	18.0	1.9	3.2	0.85
N	Kg/ton	4.5	5 - 8	5-10	6 - 10	4.5 - 6	3-7	5 - 8
P ₂ O ₅	Kg/ton	4.3	4 - 12	8-12	10 - 15	3.8 - 5	1-3	1 - 4

2.2.2 Economische evaluatie

In de tabel hieronder worden de verschillende weerhouden scheidingstechnieken tegen elkaar afgewogen.

	Centrifuge (2-5m ³ /hr)	Vijzelpers (3 - 5 m ³ /hr)	Zeefbandpers (0.5 - 2 ton DS/hr)
Investeringskost	80 000 – 100 000 €	35 000 – 50 000 €	75 000 – 150 000 €
Operationele kost	1 – 5 €/ton (exclusief opslag, en bij continu gebruik (Agentschap NL, NL Energie en Klimaat, 2010))	0.5 – 3 €/ton	5 – 10 €/ton

Uiteraard zijn dit indicatieve gegevens, en dienen detailoffertes opgevraagd te worden om case-specifieke toestellen in rekening te kunnen brengen.

2.2.3 Voor- en nadelen van scheiding van digestaat

Voordelen	Nadelen
Optimaliseren van de afzetkosten	Relatief hoog energie verbruik
Mogelijkheid tot recupereren van nutriënten	Afzonderlijke opslagcapaciteit nodig voor de deelstromen
Kan (afhankelijk van gekozen type) sterk geautomatiseerd worden	Mogelijkheid tot ammoniak en geur emissies
	Sommige types scheidingsmiddelen kunnen geluidsbron zijn

2.3 Conclusies scheiding

Zoals hoger beschreven heeft het input materiaal en de keuze van scheidingstechniek een belangrijke impact op de bekomen gescheiden stromen. De tabel hieronder geeft een samenvatting van de verschillende technieken (Esteves, 2011). Toch blijft het belangrijk om voor elke case specifiek na te gaan wat de optimale keuze zou kunnen zijn – ook rekening houdend met de mogelijke nageschakelde technieken (droging en nabehandeling).

	Scheidingsefficiëntie ² (%)				Volume reductie (%)
	Droge stof gehalte	Stikstof (N)	Fosfor (P)	Kalium (K)	
Zeebandpers	75 - 85	30 - 40	70 - 80	27	20 - 40
Vijzelpers	45 - 55	± 15	± 35	5 - 18	10 - 20
Decanter centrifuge	30 - 60	15 - 30	40 - 85	5 - 20	16 - 23

Het doseren van polymeer kan vooral het afvangen van fosfor naar de dikke fractie mee bevorderen. Op (ruwe) varkensmest zou er zelfs tot 93% van de fosfor afgevangen worden met een decanter centrifuge mits het correct doseren van polymeer (Esteves, 2011).

² Percentage van de component in de ingaande stroom die weerhouden wordt in de dikke fractie

3 Droging

Het drogen van digestaat start waar het ontwateren stopt : met een slibontwatering kan er maximaal een droge stof gehalte van 30 à 40 % gehaald worden – indien er een drogingsstap aan toegevoegd wordt kan het droge stof gehalte oplopen tot 85 à 95 % DS.

Wereldwijd wordt droging in industriële toepassingen gebruikt o.w.v. gewichtsbesparing, vereenvoudiging van transport en opslag, verlenging van houdbaarheid (voeding) of ter voorbereiding van een stof voor een navolgend proces. Het is evenwel een energievretend proces. Met oog op het verbeteren van de efficiëntie van het droogproces wordt er dan ook veel onderzoek gedaan, en worden technieken aangepast en bijgestuurd. Dat maakt dat er een zeer brede waaier aan droogprocessen beschikbaar zijn op de markt.

Diegene die echter het meest courant gebruikt worden bij de toepassing van droging van digestaat (in Vlaanderen) zijn de banddroger, de wervelbeddroger en de indirecte droger. Deze types worden hier verder besproken – maar het betreft uiteraard geen limitatieve lijst.

Het droge stof gehalte van het gedroogde product kan variëren (65 – 98 %), doch ligt het gemiddelde droge stof gehalte veelal rond 85%DS. Belangrijk is dat er bij het drogingsproces ook een aanzienlijk deel van de stikstof “uitgedampt” zal worden uit het te drogen materiaal. Deze wordt dan opnieuw afgevangen in de luchtbehandeling – en afhankelijk van de toepassing van het spuiwater, opnieuw toegevoegd aan het eindproduct. Het droogproces zelf zal geen (of nauwelijks) invloed hebben op het fosforgehalte, gezien dit geen vluchtige component heeft zal dit in de gedroogde fractie achterblijven.

3.1 Technische evaluatie

Elk product heeft in principe zijn eigen droogkarakteristieken. Ook de luchtsnelheid, de druk en de temperatuur hebben een belangrijke invloed op het droogproces (Vogeleer.G, 2009).

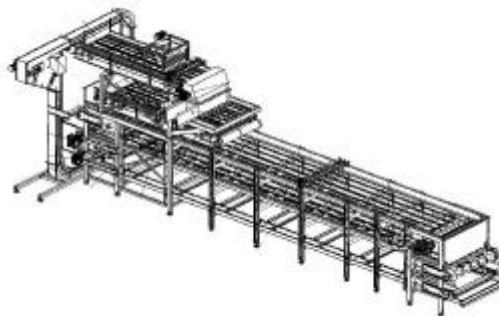
Zoals aangegeven is er een zeer brede waaier aan type drogers beschikbaar. Deze kunnen ingedeeld worden volgens de werkingsmethodieken, transport-systemen of temperatuur. Een eerste grote indeling wordt meestal gemaakt op basis van het al dan niet contact tussen de warmtebron en het te drogen materiaal (Vogeleer.G, 2009):

- Directe drogers (of convectiedrogers) benutten rechtstreeks de verdampingsenergie uit het warmtemedium. Ongeveer 85% van de drogers gebruikt in de industrie zijn van dit type;
 - o De wervelbeddroger en de banddroger (verderop besproken) vallen onder deze types drogers
 - o De drooglucht bevat veel vluchtige componenten (ammoniak, ...) en stof waardoor behandeling van de drooglucht noodzakelijk is;
 - o Normaliter is de drooglucht van buiten aangezogen lucht, welke opgewarmd wordt, maar eventueel kunnen ook rookgassen rechtstreeks door de droger gestuurd worden.
- Indirecte drogers (of conductiedrogers) drogen het product door het doorgeven van de warmte via een oppervlak : het warmtemedium komt niet rechtstreeks in contact met het te drogen materiaal.

3.1.1 Banddroger

De banddroger is een continue droger waarbij het materiaal op een band (of platen of een rooster) getransporteerd wordt door de droger. De warme lucht (of rookgassen) kan in tegen- of mee-stroom doorheen de droger geventileerd worden, maar kan ook verticaal doorheen het bed stromen. Deze laatste oplossing is de meest effectieve (Vogeleer.G, 2009).

Het is belangrijk dat het te drogen product zo gelijkmatig mogelijk verdeeld wordt op de droogband. De luchtsnelheid in een banddroger ligt typisch in de range van 0.3 – 2.5 m/s.



Figuur 4: Banden droger van NV Spiessens (Vogeleer.G, 2009)

Door de langere verblijftijden in de banddroger (10 – 60 minuten) is het relatief eenvoudig om de product kwaliteit te beheersen (Vogeleer.G, 2009).

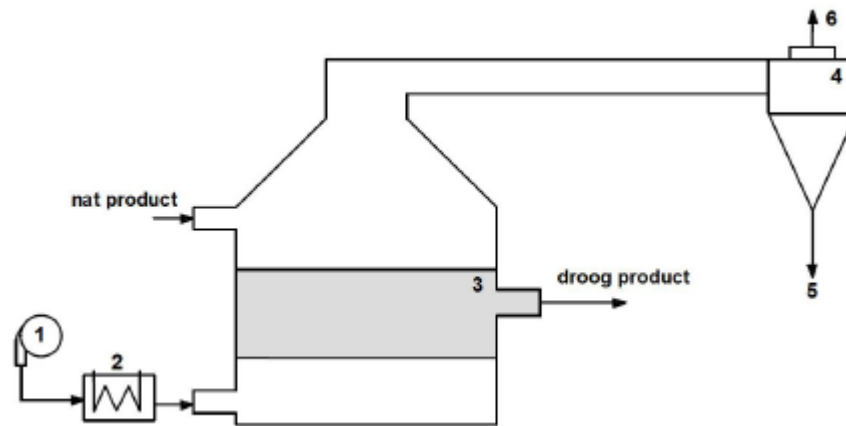
Het grote voordeel aan de banddroger is dat het mogelijk is om ook op lagere temperaturen te werken (range 30 – 400 °C). Dat maakt dat de warmte van veel verschillende types warmtebronnen benut kan worden (bv. Stralingswarmte, warmte uit koelcircuit WKK installatie, etc.). Zeker i.k.v. een biogas installatie kan dit interessant zijn, om zo een maximale warmtebenutting te realiseren.

De thermische efficiëntie van een banddroger ligt typisch tussen 55 en 75%. De deeltjesgrootte van het toegevoerde product moet groter zijn dan 5 mm.

Een nadeel van de banddroger is dat de installatie een relatief groot ruimtebeslag kent. Bovendien zal er door de lagere temperatuur een groter luchtdebiet vereist zijn, wat de kosten van de luchtbehandeling aanzienlijk doet stijgen. Bij een banddroger moet er ook steeds rekening mee gehouden worden dat de laag op de band zou kunnen aancoeken (bij onvoldoende onderhoud en opvolging). Indien dat zou gebeuren gaat het energie verbruik van de installatie aanzienlijk stijgen.

3.1.2 Wervelbeddroger

In een wervelbeddroger wordt het warmtemedium (warme lucht of rookgassen) met voldoende snelheid (0.2 – 3 m/s) door een geperforeerde plaat gestuurd, waarop het fijnkorrelige materiaal gebracht werd. Hierdoor wordt het te drogen materiaal gedragen op de opwaartse luchtstroom, waardoor het contact met het droogmedium (en daardoor ook de efficiëntie van het droogproces) vergroot. Dit type drogers is dan ook gekend voor zijn grote thermische efficiëntie (70 – 85%).



Figuur 5: De wervelbeddroger (Vogeleer.G, 2009): (1) : ventilator (2) luchtverwarmer; (3) droogkamer; (4) cycloon; (5) stof; (6) uitgaande lucht.

Enkel het te drogen materiaal en de drooglucht beweegt in een wervelbeddroger – daardoor zijn er geen bewegende onderdelen, wat ervoor zorgt dat de reparatiekosten van dit type droger sterk meevallen.

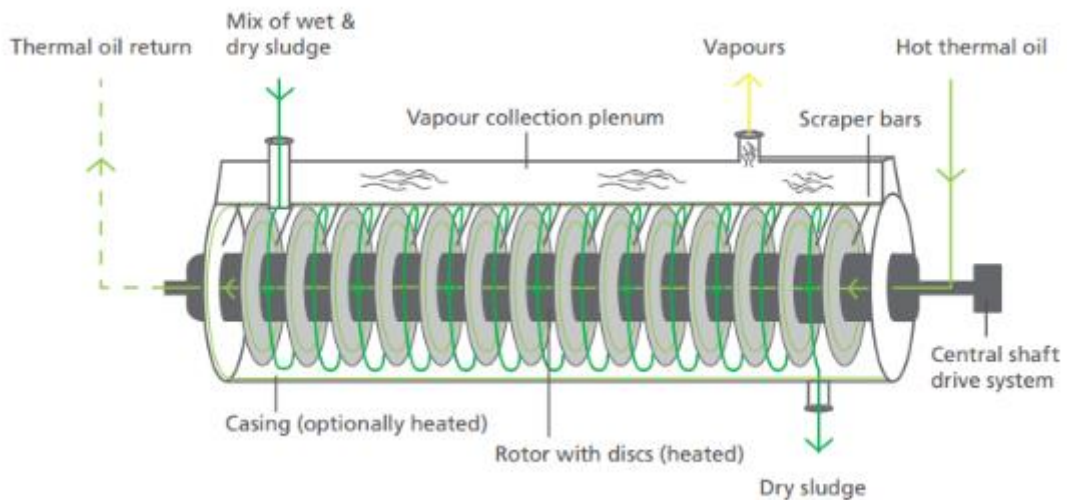
Het nadeel is dat er een aanzienlijk drukverlies overwonnen moet worden in de droger. Hoe hoger de luchtsnelheid, hoe hoger het drukverlies. Om samenklonteren van deeltjes in de droger te voorkomen dient er gezorgd te worden dat het vochtgehalte bij ingang in de droger eerder beperkt is (max. 30 à 40 %).

De verblijftijd van de deeltjes in een wervelbeddroger bedraagt slechts enkele minuten. De temperatuursrange waarbinnen meestal gewerkt wordt is breed : 100 – 800°C. Maar zelfs ook lagere temperaturen (tot -15 °C) zouden mogelijk zijn.

3.1.3 Indirecte droger

Indirecte drogers worden ook wel “conductiedrogers” genoemd, omdat de overgedragen warmte niet rechtstreeks, maar via een contactoppervlak, doorgegeven wordt aan het te drogen product. De verdamping van het water wordt gerealiseerd door de temperatuur van het product te verhogen. Er zijn verschillende types indirecte drogers, waaronder de walsdroger, de vacuümdroger en de roterende droger (bv. Peddeldroger). Op basis van de huidige toepassing op digestaat in Vlaanderen wordt een roterende droger (schijvendroger) – Type Hydrogone® van Waterleau - meer in detail besproken.

De Hydrogone® (Waterleau) is een continue droger en bestaat uit een rotor waarop schijven bevestigd zijn. Zowel de rotor als de schijven worden opgewarmd door middel van stoom, warm water of thermische olie. Ook de behuizing (mantel) rond de rotor kan (optioneel) verwarmd worden.



Figuur 6: Schematische voorstelling Hydrogone® Waterleau.

Het te drogen materiaal wordt in eerste instantie opgemengd met reeds gedroogd materiaal om de “kleeffase” in de droger te vermijden. Eens dit mengsel ingebracht is in de droger wordt het door de gecombineerde beweging van de roterende schijven, de “zwaarden” op de schijven en de tussenschotten in de droger langzaam doorheen de droger voortgestuwd, met daarbij een optimale warmte transfer. Het gedroogde product dat voortkomt uit de Hydrogone® is een poeder – dit kan in een volgende stap gepelletiseerd worden om transport en opslag te vergemakkelijken.

Zoals hoger aangegeven kan de warmte door verschillende media aangegeven worden. Afhankelijk van het gekozen medium zal er al dan niet nood zijn aan de uitbreiding van het contact-oppervlak (i.e. een groter aantal schijven). Elk type medium heeft zijn specifieke voor- en nadelen (Waterleau) :

- Warm water:
 - o Vaak onmiddellijk beschikbaar van koeling of productie processen
 - o Beperkte temperatuur, waardoor groter contact oppervlakte vereist is
 - o Hoog debiet van warm water nodig
 - o Warmte uitwisseling in een range van 20°C
- Stoom
 - o Hoge temperatuurs warmte uitwisseling is mogelijk – beperkter contactoppervlak
 - o Lager debiet nodig dan bij warm water medium
 - o Minder verlies in transport energie en druk
 - o Beperkingen op constructie o.w.v. hogere druk
- Thermische olie
 - o Hoge temperatuur en warmte uitwisseling aan relatief lage druk
 - o Sterk verminderd contact oppervlak nodig
 - o Warmte uitwisseling in een range van ongeveer 20°C
 - o Hogere massa flow – in vergelijking met stoom
 - o Door hogere temperaturen ook belangrijk veiligheidsaspect mee te nemen.

De belangrijkste voordelen van het werken met een indirecte droger (zoals de Hydrogone®) zijn dat door het ontbreken van direct contact tussen hete gassen en droog stof er een veiliger proces gecreëerd wordt. De droger is luchtdicht, waardoor er beneden de explosiegrens gewerkt kan worden. Bovendien zijn de systemen gekenmerkt door een hoge verdampingssnelheid (groot contactoppervlak) en een hoge efficiëntie (zowel thermische als elektrisch). Ook het onderhoud aan dit type installaties is beperkt, doordat er weinig bewegende delen zijn.

Nadelig is dan weer de investeringskost. Bovendien kan dit type droger slechts vanaf een bepaalde schaalgrootte rendabel ingezet worden.

3.2 Economische Evaluatie

In de tabel hieronder worden de verschillende weerhouden droog-technieken tegen elkaar afgewogen.

	Banddroger 2 – 5 ton / hr	Wervelbeddroger 2 – 5 ton/hr	Indirecte droger
Investeringskost	150 000 a 250 000 € per ton ingaand product	250 000 a 350 000 € per ton ingaand product	<i>Op te vragen bij leverancier</i>
Operationele kost	5 – 10 €/ton	4 – 8 €/ton	<i>Op te vragen bij leverancier</i>

Uiteraard zijn dit indicatieve gegevens, en dienen detailoffertes opgevraagd te worden om case-specifieke toestellen in rekening te kunnen brengen.

3.3 Voor- en nadelen

Voordelen	Nadelen
Vermindering opslag- en transport hoeveelheid	Omdat het digestaat niet in gelijkmatige deeltjes verdeeld is, kan ongelijkmatige droging voorkomen. Wanneer er dan bij hoge temperaturen gewerkt wordt, dient er zeker rekening gehouden te worden met brand-of explosiegevaar.
Maximale benutting warmte op de site (ook laagwaardige warmte)	Het risico op stofvorming is realistisch – het is dan ook belangrijk om met lage zuurstofgehalten te werken, om het risico op brand te verminderen
Stabieler product	Onverteerde deeltjes in het digestaat (bv. Varkensharen) kunnen mogelijke nabehandelingen (bv. Filters) verstoppen;
Gedroogd product bevat hoog mineralen gehalte	De drooglucht moet behandeld worden om aan de emissiegrenswaarden (VLAREM II) te voldoen
	Hoog energie verbruik (warmte)
	Door schaalvoordeel nood aan grootschalige installatie



The force behind your company



3.4 Conclusies droging

Er zijn zeer veel verschillende types drogers op de markt. Het specifiek (warmte)verbruik varieert sterk tussen deze types. Algemeen kunnen volgende conclusies genomen worden (Vogeleer.G, 2009):

- Een continu proces is zuiniger dan een batch proces;
- Het gebruik van hoge temperatuur is zuiniger dan een lage temperatuur;
- Een grote droger is zuiniger dan een kleine;
- Directe drogers zijn zuiniger dan indirecte.

Gezien de lage viscositeit van (ruw) digestaat is het belangrijk om in de viscositeit voor het droogproces te verhogen (bv. Scheiding) en – indien nodig – ook een terugmenging (waarbij nat digestaat opgemengd wordt met droog digestaat) te voorzien.

Zeker bij directe drogers is het belangrijk om het brandgevaar mee in rekening te brengen. Het is immers een niet onbelangrijk aspect dat weerslag kan hebben op de volledige installatie.

4 Persen

Een het product gedroogd is, kan het interessant zijn om er nog een bijkomende nabehandeling op uit te voeren. Dit betreft dan het “samenpersen” van het product tot granules of pellets. Het grote voordeel hiervan is dat het product beter “vermarktbaar” zal worden (stabiliteit + transport).

4.1 Technische omschrijving

4.1.1 Pelletiseren

Het doel van pelletiseren is het bekomen van een product dat makkelijker is in de handeling, opslag en logistiek. Daarnaast zou het product ook makkelijker uit te spreiden zijn op het land als meststof.

Om te kunnen pelletiseren wordt er gestart van een gedroogd product. Naast een beperkt water gehalte ($DS > 85 - 90 \%$) is het tevens belangrijk om het materiaal zo homogeen mogelijk, en met een niet al te grote partikelgrootte aan te leveren (Verhoeven, 2013). Het verhakelen en opmengen van de toegevoerde stof kan daarom nodig zijn indien er met “ruwe stoffen gewerkt wordt. Voor toepassingen op digestaat lijkt verhakelen minder noodzakelijk.

Het pelletiseren zelf wordt uitgevoerd in een geconditioneerde installatie, waarbij het gedroogde ingaande product door een ringvormige plaat geperst wordt. Vaak wordt er stoom mee geïnjecteerd om het proces te vergemakkelijken, en om een betere pelletkwaliteit te bekomen (Verhoeven, 2013). Na het persen worden de pellets gekoeld, opgeslagen en uiteindelijk getransporteerd naar hun eindbestemming.

In principe is de samenstelling van het ingaand gedroogd product gelijk aan de samenstelling van de pellet. Om aan de vraag van de uiteindelijk afnemer van de pellets te voldoen kan er echter gekozen worden om bijkomende meststoffen toe te voegen aan het gedroogde product, om een ideale pellet samenstelling te bekomen. Ook kan er lignine, zetmeel of molasse toegevoegd worden om de stabiliteit van de pellets te garanderen (Verhoeven, 2013).

In Nederland gebeurt het pelletiseren zo goed als uitsluitend in gespecialiseerde installaties, en meest gebaseerd op droge kippenmest en vaste rundermest. De samenstelling van deze pellets als volgt (indicatieve waardes) (Verhoeven, 2013) :

- Droge stof (DS): 900 g/kg
- Organische droge stof : 700 g/kg
- Stikstof (N) : 40 g/kg
- Fosfor (P_2O_5) : 30 g/kg
- Kalium (K_2O): 20 g/kg

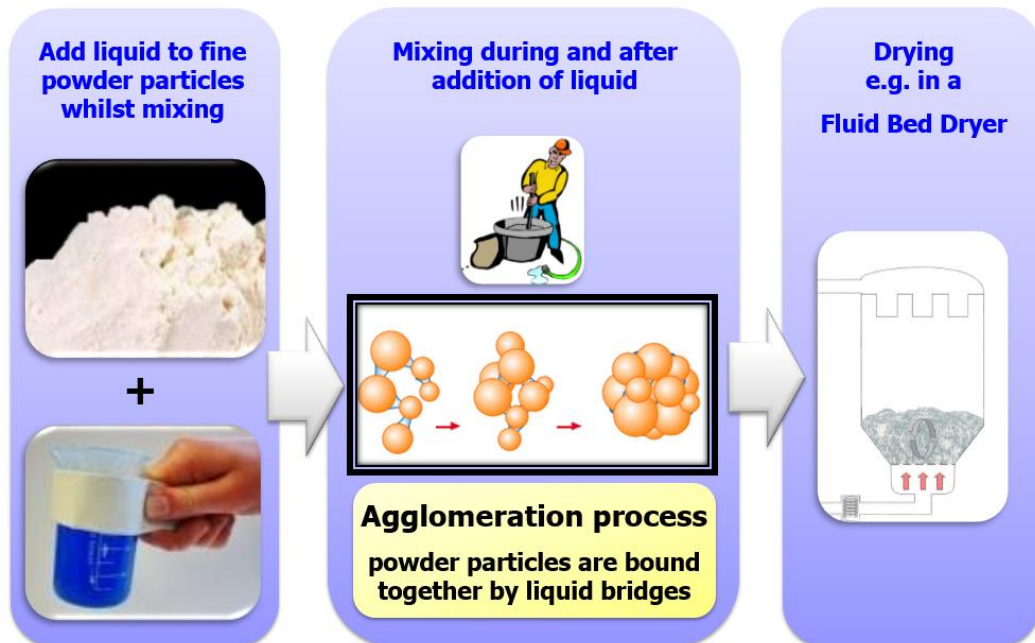
In Duitsland bestaan voornamelijk houtpellets, maar is er de laatste jaren een stijgend aanbod van mest of digestaat pellets. Deze worden veelal gebruikt als meststof, of als bedding materiaal voor de stallen.

4.1.2 Granuleren

Ook granuleren gaat uit van het compacteren van gedroogd materiaal. In het granulatie proces kan er gekozen worden voor natte of droge granulatie.

In het proces van natte granulatie worden de granules gevormd door het toevoegen van een vloeistof aan het “poederbed”. Dit poeder bed wordt door een impeller, een vijzel of een luchtdoorstroming in beweging gehouden, waardoor het poeder aan elkaar gaat kitten en

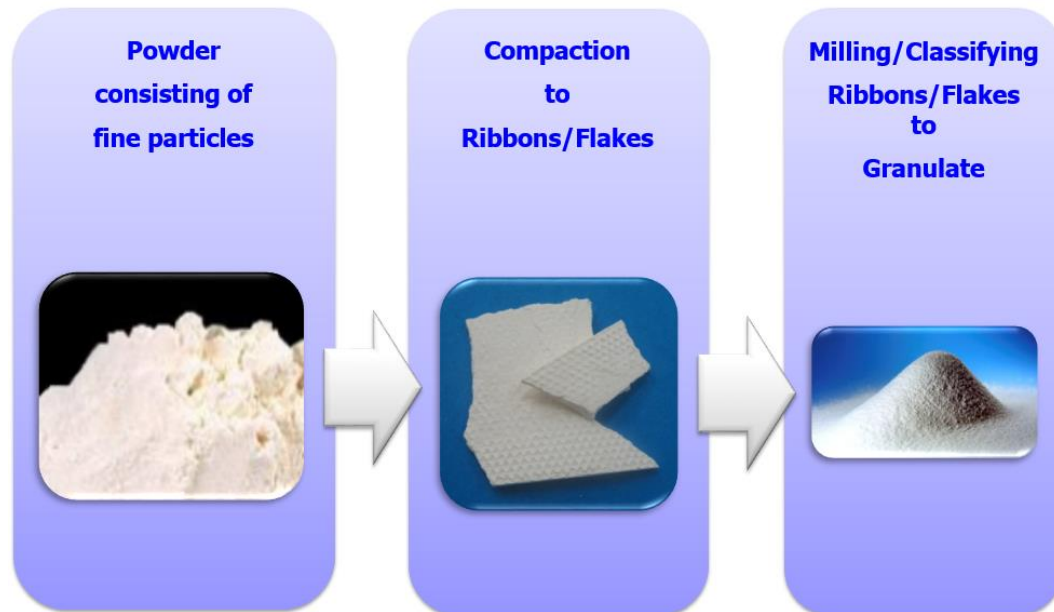
granules gaat vormen. De vloeistof die toegevoegd wordt bevat een vluchtige stof (water, ethanol, iso-propanol, ...) dat in de erop volgende drogingsstap snel verwijderd kan worden. De complexiteit van het proces is sterk afhankelijk van de gebruikte poeders, het uiteindelijke doel en het beschikbaar materiaal.



Figuur 7: Overzicht proces natte granulatie (GERTEIS - Hanisch M. , 2010)

Omwille van de verschillende opeenvolgende stappen is de natte granulatie veelal een batch-proces (hoewel omschakeling naar een continu proces ook langzamerhand geïnstalleerd wordt). Daarenboven zal het proces ook een aanzienlijke plaatsinname met zich meebrengen. De typische doorstroom capaciteit ligt rond 125 kg/h.

Droge granulatie is een technologie die wereldwijd toegepast wordt (hoofdzakelijk in de pharma-industrie). In eerste instantie wordt het poeder samengeperst onder hoge druk. Het bekomen samengeperst materiaal wordt vervolgens gemalen tot granules van een bepaalde grootte. Daarna kunnen ze nog bijkomend 'gesmeerd' worden en tot een bepaalde vorm geperst worden.



Figuur 8: Overzicht proces droge granulatie (GERTEIS - Hanisch M. , 2010)

Deze droge granulatie processen kunnen in een “continue doorstroom” opgevat worden. Een typische doorstroom capaciteit ligt rond 50 – 400 kg/h. De investeringskosten voor een droge granulatie-installatie ligt over het algemeen drie keer lager dan deze voor een natte granulatie.

Als input materiaal kan er enkel een product met een droge stof gehalte > 85%DS gebruikt worden.

4.2 Economische evaluatie

Een ruwe inschatting voor de kost van pelletiseren is ongeveer 20 - 25 €/ton pellets. Wat betreft investering wordt er gewerkt in de range van 60 tot 100 € / ton.jaar (capaciteit). De huidige marktprijs zou rond 80 €/ton pellets liggen (inclusief opslag en transport). De prijs range waarbinnen gewerkt wordt is echter zeer breed, en is afhankelijk van :

- de gebruikte input materialen
- de (minerale) samenstelling van de eindproducten
- de afstand tot de eindgebruiker (transport)
- de markt

Wat betreft granulatie kan er duidelijk gesteld worden dat droge granulatie zowel naar investeringskost als naar exploitatiekost te verkiezen is boven de natte granulatie. De exploitatiekost ligt ongeveer rond 15 €/ton ingaand materiaal (lagere energie kost in vergelijking met pelletiseren). De investeringskost van granuleren ligt rond 100 a 150 €/ton.jaar (capaciteit), en is daarmee aanzienlijk hoger dan een pelletiseer installatie.

4.3 Voor- en nadelen

In de tabel hieronder worden de voor- en nadelen van pelletiseren opgelijst (Verhoeven, 2013):

Voordelen	Nadelen
Betere opslag mogelijkheden door hogere bulk densiteit	Grote investering vereist
Er kan gewerkt worden met een "standaard" grootte en gewicht	Geur en stof-emissie is mogelijk
Makkelijker in transport	Hoog energieverbruik in het pelletiseerproces
Exporteerbaar product (ook op verre afstanden)	Relatief lage NPK in gescheiden vast rundveemest
Vermindering van overlevingskans van pathogenen en onkruidzaden	Pellets met varkensmest kunnen niet afgezet worden naar Islamitische landen
Hogere homogeniteit	Er kan alleen gestart worden van een gedroogd product (DS > 85%)
	Nat granuleren heeft een relatief grote voetafdruk. Droog granuleren veel minder.

4.4 Conclusie Persen

Het compacteren (pelletiseren of granuleren) van het stof bekomen in de droging van het digestaat is zeer interessant om de verhandelbaarheid van het product te verbeteren. Dit is niet enkel naar opslag of volume, maar ook naar veiligheid belangrijk (stof explosies etc.). Het is echter nog geen courante toepassingen in de Vlaamse biogas-sector.

Het nabehandelen van het gedroogd product zal een bijkomende kost zijn voor de biogas-installaties. Uiteraard zal deze kost mee verrekend worden in de afzetprijs (gate fee). Of deze techniek al dan niet toegepast wordt zal dan ook volledig afhangen van de prijs die de afnemer er voor wenst te betalen.



The force behind your company



5 Bibliografie

Agentschap NL, NL Energie en Klimaat. (2010). *Naar een betere toepassing van digestaat*.

Utrecht: Agentschap NL.

B. Lemmens, J. C. (2007). *Best Beschikbare Technieken (BBT) voor mestverwerking*. Gent: Academia Press.

Belt Press Deydrator. (sd). (JKing) Opgeroepen op April 2016

Decantor Centrifuge Factors - Screw Conveyor. (sd). Opgeroepen op Mei 2016, van GN Centrifuge: <http://www.gncentrifuge.com/Blogs/decanter-centrifuge-factors-screw-conveyor.html>

Esteves, J. &. (2011). *Digestates: Characteristics, Processing and Utilisation*. South Wales.

GERTEIS - Hanisch M. . (2010). *Dry Granulation- Performance ad Technology Advantages for the Future*. Jona, Switzerland.

(2013). *Solids Dewatering Evalaution*. City of Puyallup.

STOWA. (2013). *Marktconsultatie slibdroging en slibontwatering*. Amersfoort: Stowa.

Verhoeven, J. (2013). *Inventory report : applied technologie s and strategies for nutrient and agro-energy management in all countries*. Improved Nutrient and Energy Managemen through Anaerobic Digestion (INEMAD).

Vogeleer.G, D. (2009). *Technologieverkenning Industriële Droogtechnieken*.

Waterleau. (sd). Opgeroepen op Oktober 2016, van <http://www.waterleau.com/files/Hydrogone.pdf>