

Verwerken Gewasresten

Mogelijke verwerkingsopties gewasresten voor de agrarische sector

Arjan van Beinum en Sijbrand Westra

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Projectnummer: 530040

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegroendgroente (AGV)

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 291111
Fax : 0320 230479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Voorwoord

Tijdens onze stage periode bij PPO in Lelystad zijn we bezig geweest met een onderzoek naar het verwerken van gewasresten. Deze stageperiode liep van November 2003 tot januari 2004 en stond geheel in het teken van het onderzoek.

We hopen met dit verslag en de ingeleverde documenten aan de opdracht te voldoen.

Met vriendelijke groet,
Sijbrand Westra
0627448530
Arjan van Beinum
0615576527

Inhoudsopgave

pagina

VOORWOORD	3
INLEIDING	7
1 PROBLEEMSTELLING	9
2 BESCHRIJVING VAN DE GEWASRESTEN	11
2.1 Om welke gewasresten gaat het	11
2.1 Stikstofstromen in Bouwland.....	13
2.2 Mogelijke manieren van afvoeren	13
3 COMPOSTEREN.....	15
3.1 Wat houdt het composteren in	15
3.2 Kwaliteit van het gevormde eindproduct	15
3.3 Emissies bij het composteren	15
3.4 SWOT analyse composteren.....	16
4 VERGASSEN.....	17
4.1 Wat houdt het vergassen in	17
4.2 Gestelde eisen aan de gewasresten	17
4.3 Het gevormde eindproduct	18
4.4 SWOT analyse Vergassen.....	18
5 VERGISTEN	19
5.1 Wat is vergisten.....	19
5.2 Het gevormde eindproduct	20
5.3 SWOT schema Vergisten	21
6 DIERVOER	22
6.1 Praktijkervaringen	22
6.2 GMP certificaat.....	22
6.3 SWOT schema Diervoer	23
7 BIORAFFINAGE.....	24
7.1 Wat houdt bioraffinage in.....	24
7.2 Het gevormde eindproduct	25
7.3 SWOT schema Bioraffinage:	25
8 CONCLUSIE.....	26
9 NAWOORD	27
LITERATUURLIJST	29

Inleiding

Bij de teelt van akkerbouw en tuinbouwgewassen blijven na de oogst gewasresten op het land achter. Deze gewasresten vormen een belangrijke bron van nutriënten uitspoeling en met name de gemakkelijk afbreekbare gewasresten die veel stikstof bevatten.

De hoeveelheid en het gehalte aan stikstof van de gewasresten zijn sterk afhankelijk van de gewassoort, bemesting, oogst tijdstip, grondbewerking, en weersomstandigheden. Dit bepaalt weer hoeveel er uitspoelt. Deze uitspoeling zal in de toekomst teruggedrongen moeten worden omdat de uitspoelingsrichtlijnen aangescherpt gaan worden.

In dit rapport wordt weergegeven wat de mogelijke manieren zijn om deze gewasresten te verwerken en er zodoende een meerwaarde aan te geven.

Voor dit verslag hebben we een uitgebreide literatuurstudie gehouden, zowel op internet als in diverse mediatheken. Er zijn deskundigen op de verschillende vakgebieden benaderd en hebben we bedrijven geïnterviewd. Vervolgens hebben we de voor ons belangrijke informatie gebundeld. Dit verslag moet gezien worden als een soort samenvatting.

Dit verslag is zo samengesteld dat eerst het probleem wordt uitgelegd en dat daarna de verschillende opties worden behandeld. Per optie is er een SWOT analyse toegevoegd.

Tot slot is er een conclusie getrokken.

1 Probleemstelling

Een probleem in de huidige gangbare praktijk is dat er bij de vollegrondsgroenten teelt teveel nitraat uitspoelt en het milieu hierdoor aanzienlijk belast wordt. Vanaf 1-1-2004 tot 31-12-2009 staat er bij PPO in samenwerking met Alterra, PRI en het IMAG een groot onderzoek gepland. Het hoofddoel van dit onderzoek is het duurzamer en efficiënter gebruiken van mineralen in de open teelten om in de toekomst aan de maatschappelijke behoefte van schoon water, schone lucht en een schone bodem te kunnen voldoen. Uit voorgaande projecten met praktijkbedrijven (Telen met toekomst) en uit bedrijfssystemen onderzoek blijkt dat ook daar lang niet alle emissies voldoende kunnen worden teruggedrongen tot de meest verregaande doelstellingen (2010-2030).

In het eerste deel van de stage zijn we bezig geweest met het uitwerken van de mogelijkheid “composteren” als vervolg hierop gaan we in de externe leerperiode de andere mogelijkheden die uit de brainstormsessie zijn gekomen onderzoeken

Het probleem is dat er nog niet zoveel bekend is bij PPO over de overige opties voor het afvoeren van gewasresten. Deze opties bestaan uit diervoer, bioraffinage, energiewinning, vergassen en vergisten. Er zal moeten worden gekeken naar de eisen die aan deze producten worden gesteld en wat voor mogelijkheden er allemaal zijn om het verwerkt te krijgen tot het gewenste eindproduct. Het eindproduct moet een oplossing waarbij het verlies van nutriënten voor een deel wordt gereduceerd. Verder zal er moeten worden gekeken naar de benodigde techniek en er zal van elk punt een SWOT analyse gemaakt moeten worden.

De doelstelling tijdens de externe leerperiode is het verzamelen van zoveel mogelijk informatie over de mogelijke opties voor verwerking van gewasresten. Deze informatie moet bruikbaar zijn voor het vervolg onderzoek dat door PPO, IMAG, Alterra en PRI de aankomende jaren plaats gaat vinden. De hoofddoelstelling van dit onderzoek is het ontwikkelen van een bedrijfssysteem met minimale emissie van nutriënten (met name stikstof en fosfaat) naar het grond en oppervlakte water. Het streven hierbij is dat totaal geen emissie optreedt. Dit lijkt echter vrijwel onmogelijk in een niet gesloten systeem.

Toekomstgerichte doelstellingen:

	<i>N</i>	<i>P</i>
Oppervlakte water	1 mg/l	0,05 mg/l
Grond water	5,6 mg/l	0,4 mg/l

Tabel 1: De strengste toekomstgerichte doelstellingen die er momenteel zijn. Bron: PPO Meterik

2 Beschrijving van de gewasresten

Na het inwerken van oogstresten van gewasresten kunnen belangrijke hoeveelheden minerale stikstof vrijgesteld worden als gevolg van de grote stikstofinhoud en de gemakkelijke afbreekbaarheid. Vooral in de wintermaanden is het gevaar groot dat de gemineraliseerde stikstof uitspoelt en zorgt voor nitraataanrijking van het grondwater. Het gevaar voor nitraatuitspoeling is vooral groot tijdens de winter wegens het belangrijk neerslagoverschot en de geringe stikstofopname in deze periode. Bij het inwerken van oogstresten in het najaar wordt dit nog versterkt door de grote stikstofvrijstelling. Uit onderzoek omtrent de mineralisatie van oogstresten door de Universiteit Gent bleek dat voornamelijk de koolgewassen een niet te onderschatten hoeveelheid minerale stikstof naleveren. De stikstofinhoud van oogstresten van vollegrondsgroenten kan tot 100 à 200 kg N per ha bedragen. Het belangrijkste deel van de aanwezige stikstof komt reeds de eerste weken na het inwerken van de oogstresten vrij. Zelfs bij lage temperaturen blijkt de stikstofmineralisatie uit oogstresten nog belangrijk te zijn.

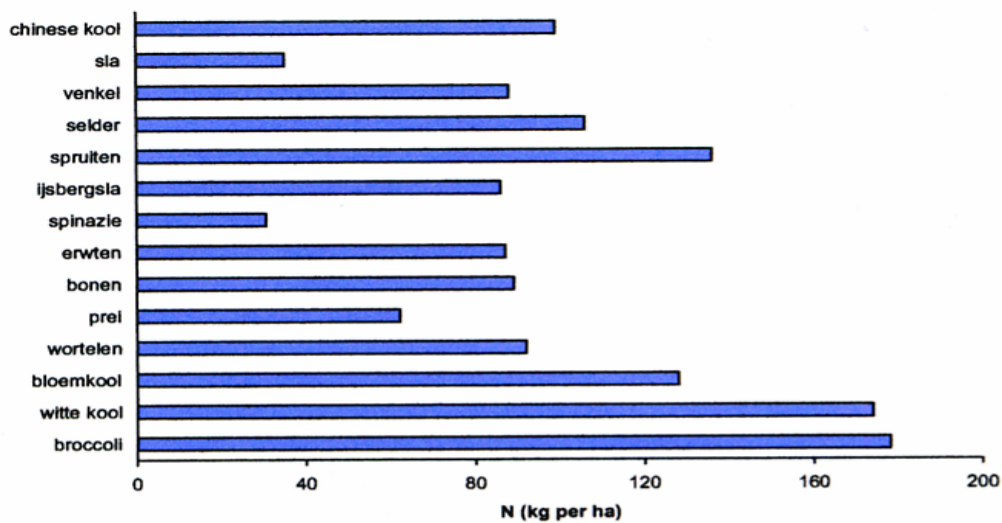
2.1 Om welke gewasresten gaat het

gewas	oogstbaar		droge stof hoeveelheid (kg/ha)	h.heia stikstof gewasrest h.heia en in NL (kg/ha) (1000 ton)		h.heia stikstof in NL(ton)	
	oppervlak (ha)	product gewasrest (kg/ha) en (kg/ha)		h.heia	h.heia		
Aardappelen	179200	50000	1000	20		3584	
Suikerbieten	114000	55000	4000	120		13680	
Wintertarwe	137000	8000	5000	45		6165	
Uien	15600	52000	3120	1039	5	48672	83
Doperwten	4400	4800	38000	6300	188	167200	827
Prei	4200	33250	37495	3525	112	157478	472
Tuinbonen	1000	6000	16860		71	16860	71
Spinazie	1800	21000	14910	701	34	26838	62
Peen	6700	71250	19238	2886	87	128891	580
Bloemkool	2100	29000	37120	3526	134	77952	281
Witte kool	0	78000	41340	4341	87	0	0
Ijssla	1042	33000	21450	1073	45	22351	47
Andijvie	276	37500	18750	1219	34	5175	9
Spruiten	4388	18000	23400	4680	126	102679	554
Rode kool	0	33785	26690	2776	99	0	0

Tabel 2: Areaal akkerbouw en tuinbouwgewassen van Nederland. Bron: PPO Meterik, CBS, KWIN, Registratieprogramma FARM en handboek voor akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond 1989.

Toelichting:

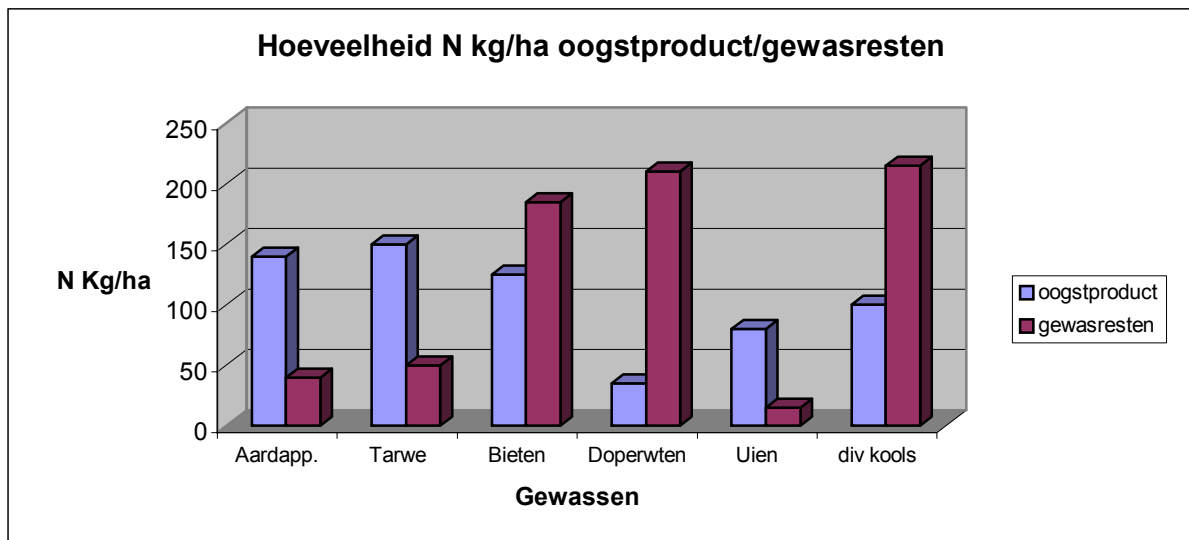
De tabel geeft aan dat er met name bij de suikerbieten een aanzienlijke hoeveelheid stikstof uitspoelt. De suikerbieten nemen voor zich al meer dan de helft van de totale uitspoeling voor hun rekening. Wanneer de gewasresten van de suikerbieten kunnen worden opgevangen en worden verwerkt scheelt dit aanzienlijk. Technisch is het mogelijk omdat het in het verleden ook al gebeurde.



Figuur 1. Kg N/ha wanneer de resten op het land blijven. Bron: Varea

Toelichting:

Figuur 1 geeft aan dat met name bij de kool teelt er een aanzienlijke hoeveelheid stikstof uitspoelt. Dit komt omdat deze veel droge stof bevatten en vaak laat in het najaar geogst worden.



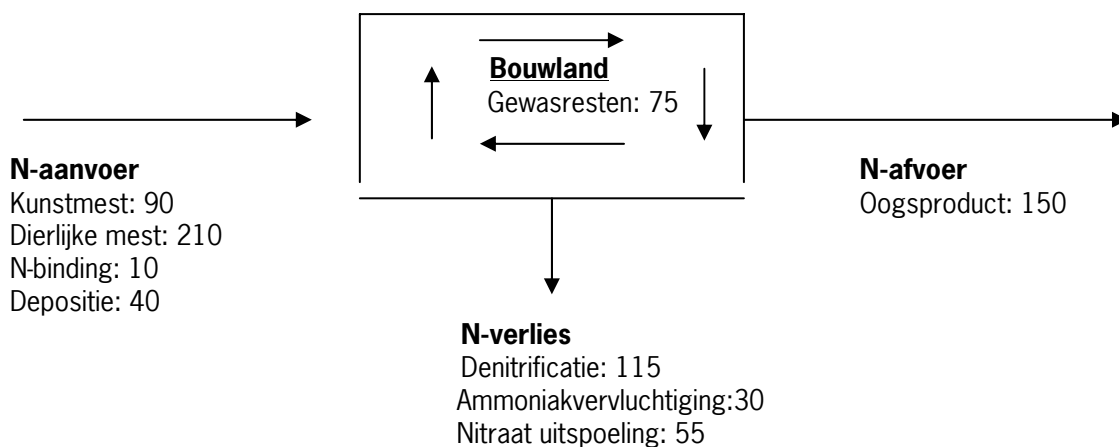
Figuur 2. Hoeveelheid stikstof in het oogstproduct en in de gewasresten voor belangrijkste akkerbouwgewassen Bron: Alterra-rapport 114.3, ROB-gewasresten 2000

Toelichting:

Bij de belangrijkste akkerbouwgewassen veroorzaken de suikerbieten en de doperwten de meeste stikstof uitspoeling.

2.1 Stikstofstromen in Bouwland

In figuur 4 wordt een schematisch overzicht gegeven van de stikstofstromen op een bouwland met akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten. De belangrijkste verliesposten zijn denitrificatie, nitraatuitspoeling en indien er dierlijke mest wordt gegeven ook ammoniak vervluchtiging. Akkerbouw en vollegrondsgroenten bedrijven bestaan uit meerdere percelen waarop verschillende gewassen geteeld worden. Deze gewassen roteren over de percelen (bouwplan)



*Figuur 3. Belangrijke stikstofstromen in bouwland. De getallen zijn indicatieve waarden in kg N / ha/jaar voor het gemiddelde bouwland met akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten in Nederland. De balansen kunnen sterk verschillen over de verschillende grondsoorten.
Bron: Alterra-rapport 114.3, ROB-gewasresten 2000*

2.2 Mogelijke manieren van afvoeren

Tijdens de oogst

Tijdens het snijden van de gewassen zou het mogelijk kunnen zijn deze uit de grond te halen en boven een transportband te snijden zodat het 'afval' direct wordt afgevoerd. Dit kan worden opgevangen in een container. Deze moet snel en gemakkelijk te vervangen zijn zodat de oogst werkzaamheden er geen vertraging van ondervinden. De gewasresten kunnen ook opgevangen worden in een kiepwagen die naast de oogstmachine rijdt. Een nadeel hiervan is dat er telkens een man, trekker en een kiepwagen nodig is.

Na de oogst

De gewasresten kunnen verzameld worden door ze op te rapen met een opraapwagen die in de veehouderijsector ook gebruikt worden. Waarschijnlijk moeten er wel enkele aanpassingen gedaan worden aan de machine om gewasresten goed op te kunnen rapen .

Een voordeel van een opraapwagen is dat je tijdens de oogst geen rekening hoeft te houden met het afvoeren van de gewasresten en er hoeven geen aanpassingen plaats te vinden aan de oogst machine. Een nadeel hier van is dat er een keer extra over het land gereden moet worden om de gewasresten op te rapen. Bij natte jaren kan dit gevolgen hebben voor de structuur van de grond

Verwerking

Tijdens de verwerking van de gewassen op het bedrijf zelf zoals bij de teelt van prei is het gemakkelijk om de 'afval' stroom op te vangen. Bij de meeste bedrijven gebeurt dit ook al.

In plaats van het weer uit te rijden over het land is het mogelijk om het dan ook mogelijk om het te verzamelen en hoe dan ook te verwerken.

3 Composteren

3.1 Wat houdt het composteren in

Composteren is een biologisch proces waarbij de verschillende bestanddelen van de organische uitgangsmaterialen worden omgezet in een mengsel van stabiele humusachtige stoffen. Biologisch omdat het proces het werk is van organismen. Met name micro-organismen, oftewel bacteriën en schimmels, breken het grootste deel van het organisch materiaal af. Het materiaal fungeert daarbij als voedingsbron. Organische stoffen verschillen in afbreekbaarheid door hun mechanische stabiliteit en chemische samenstelling. Makkelijk afbreekbare stoffen worden als eerste gebruikt. Moeilijk afbreekbare stoffen blijven het langst bewaard, bijvoorbeeld de houtstof lignine. Uit de moeilijk afbreekbare stoffen ontstaan nieuwe complexe verbindingen; stabiele humusachtige stoffen. Zo ontstaat uiteindelijk een mengsel van stabiele organische verbindingen, compost.

Tijdens het composteringsproces komen er nutriënten vrij. Om het natuurlijk evenwicht in het ecosysteem zo min mogelijk te verstoren is het goed zo min mogelijk nutriënten te laten ontsnappen naar het milieu. Wanneer meer nutriënten worden vastgelegd in de compost verhoogt dat bovendien de plantenvoedende waarde van de compost.

3.2 Kwaliteit van het gevormde eindproduct

Wanneer compost precies rijp is, is moeilijk te zeggen. Kenmerken van rijpe compost zijn dat er nauwelijks onverteerde delen meer te vinden zijn en dat de compost ruikt naar bosgrond, en dat er nauwelijks meer afbreekbare stoffen over zijn; de compost is dan rijp. Dit kan, afhankelijk van de intensiviteit van omzetten, 6 weken tot enkele maanden duren. Hoe rijp de compost moet zijn hangt af van het gebruiksdoel, de bodem en het bodemleven.

De gehalten die in de compost zitten hangen af van de beginproducten. In de praktijk gebeurt het vaak dat de compost gemonsterd wordt voordat het uitgereden wordt

Om te garanderen dat compost niet vervuild is bestaat er een branchekeurmerk.

De belangenvereniging voor Verwerkingsbedrijven van Organische Reststoffen, BVOR, heeft een branchekeurmerk (productkeur) ontwikkeld dat de kwaliteit van het basisproduct groencompost moet waarborgen. Op de eerste plaats moeten genoemde producten wat de samenstelling betreft voldoen aan het Besluit Kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM). Daarnaast worden aan groencompost enkele aanvullende landbouwkundige en milieuhygiënische eisen gesteld. In het BOOM is onder meer een analyseverplichting opgenomen. Aan de hand hiervan wordt vastgesteld of de producten bij verhandelen en gebruik aan kwaliteitseisen voldoen

3.3 Emissies bij het composteren

Tijdens een composteringsproces verdwijnt 30-40% van de droge stof en 30-50% van het water. Bij een ideaal proces (wat betreft nutriëntenverlies) zouden alleen CO₂, waterdamp en warmte aan de omgeving worden afgegeven. In de praktijk waar gecomposteerd wordt in de open lucht, kunnen nutriëntenverliezen echter nooit helemaal voorkomen worden. Met name stikstof ontsnapt snel, vooral als ammoniak (NH₃). Van nature wordt er tijdens het composteringsproces water geproduceerd door de compost-organismen. Door de hoge temperatuur verdamt dat. Als er onvoldoende waterdamp de hoop uit kan, door bijvoorbeeld een te dichte afdekking, lekt het water onder uit de hoop. Nutriënten die in anorganische vorm in het percolaatwater zijn opgelost worden zo uitgespoeld. Ook kan er organische stof uitgespoeld worden. Nog meer percolaatwater ontstaat wanneer de composthoop blootgesteld wordt aan neerslag. Bij veel neerslag kunnen aanzienlijke hoeveelheden nutriënten uit de hoop spoelen.

Om nutriëntenbelasting van de bodem te voorkomen eist een aantal gemeenten dat het composteren gebeurt op een vloeistofdichte vloer met een opvang van percolaatwater.

Er zijn een aantal mogelijkheden om de uitspoeling bij een composthoop te beperken:

- Gebruik voor het composteren een plek op een perceel die anders onbenut blijft.
- Gebruik elk jaar een andere plaats om te composteren om eventuele verontreiniging te spreiden.
- Leg onder de composthoop een laag (ca 15 cm) tuinturf of ander mineraalarm materiaal. Deze laag absorbeert mineralen, waardoor de onderliggende grond minder wordt belast.
- Maak de hoop voldoende steil zodat het regenwater gemakkelijk van het doek afstroomt.

3.4 SWOT analyse composteren

Sterktes

- Relatief eenvoudig tenopzichte van vergassen, vergisten of bioraffinage
- Weinig investeringen nodig ten opzichte van vergassen of vergisten. Het kan eventueel door de teler zelf gedaan worden met machines in eigen beheer.
- Gesloten kringloop van mineralen binnen het eigen bedrijf.
- Geen transportkosten indien er op het eigen bedrijf wordt gecomposteerd.

Zwaktes

- Emissies tijdens het proces. Door de voorgenoemde maatregelen kunnen deze emissies echter sterk beperkt worden
- Samenstelling materiaal.
- De kans bestaat dat er een vloeistof dichte vloer aangelegd moet worden. Dit is echter verschillend per gemeente.
- Er gaat relatief veel tijd in het proces zitten.

Kansen

- Samenwerking met collega tuinders om investeringen rendabel te maken.
- Afgesloten ruimte minder verliezen.

Bedreigingen

- Regelgeving: Bij sommige gemeentes is het verplicht onder de composthoop een vloeistof dichte vloer te hebben om uitspoeling van percolaat water te voorkomen

4 Vergassen

4.1 Wat houdt het vergassen in

Vergassing is een thermisch proces waarbij het materiaal ontleedt in de aanwezigheid van een geringe hoeveelheid zuurstof. Die hoeveelheid zuurstof wordt zo gekozen dat het proces voldoende warmte levert om op gang te blijven. Typische temperaturen bij de vergassing van biomassa liggen tussen de 800-1000°C. Vergassing levert een gas op dat kan worden gebruikt om energie mee op te wekken. Bij vergassen wordt de biomassa met een geringe hoeveelheid lucht (te weinig voor volledige verbranding) in contact gebracht. Hierbij wordt een gasmengsel van voornamelijk CO en H₂ gemaakt: stookgas. Na reiniging kan dit brandbare gasmengsel worden gebruikt als brandstof voor gasmotoren, gasturbines of brandstofcellen waarmee (groene) elektriciteit wordt opgewekt. De meeste vergassingssystemen zijn ontwikkeld voor de vergassing van hout. Aangezien Nederland naast hout(afval) veel andere soorten biomassa kent is het belangrijk om het vergassingsgedrag van al deze soorten biomassa te bepalen. Dit is de reden dat er besloten is om een onderzoeksinstallatie voor biomassavergassing in Nederland te bouwen, die op 26 maart 1997 door ECN in gebruik is genomen.

Vergassing kan uitgevoerd worden in verschillende reactortypes er is een zogenaamde vast-bed-reactoren (een vaste reactor) met verschillende mogelijkheden voor toevoer van het vergassingsmedium, in meestroom, in tegenstroom en in dwarsstroom. En er zijn wervelbedreactoren bij deze reactoren wordt afval in een heet (zand)bed gebracht, dat met behulp van het vergassingsmedium in beweging wordt gehouden. Er worden twee subcategorieën onderscheiden:

Bewegend-bed-reactoren, draaitrommelreactoren.

In de praktijk worden de vast-bed- en de wervelbedreactoren het meest gebruikt voor vergassing van vaste stoffen, respectievelijk voor eerder kleinschalige en grootschalige toepassingen. In een vast-bed-reactor kunnen een 5-tal zones

onderscheiden worden: droogzone, ontgassingszone, vergassingszone, verbrandingszone en aszone. Een wervelbedreactor heeft door de turbulente en veel homogener karakter.

4.2 Gestelde eisen aan de gewasresten

De gewasresten moeten voor vergassing voldoende droog zijn, dat wil zeggen een vochtgehalte dat lager is dan 20% (gerekend op natte basis, ofwel 20% = 200g/kg materiaal). Een hoger vochtgehalte leidt tot de vorming van teer, hetgeen meestal problemen veroorzaakt in het proces. Verder zijn er eisen aan de deeltjesgrootte: Voor wervelbedvergassers bestaat er een maximum deeltjesgrootte, voor vastbedvergassers is er een minimum deeltjesgrootte, maar ook een maximum deeltjesgrootte. Daarnaast speelt het asgehalte (het residu dat overblijft na vergassing of verbranding) een rol, alsmede de samenstelling van deze as. Vergassen vindt meestal plaats bij een temperatuur van ongeveer 900 °C, sommige metalen in de as, bijv. kalium, smelten al eerder. Dit betekent dat materialen als stro en rijstkaf niet zonder meer kunnen worden vergast, het is zeer belangrijk om het proces goed in de hand te houden. Wanneer het basisproduct te nat is of te grof moet het worden voorgedroogd of worden verkleind

4.3 Het gevormde eindproduct

Het gasvormig product van het vergassingsproces is een brandbaar productgas. De belangrijkste verbrandingscomponenten in het gas zijn H₂, CO, and CH₄. In principe zal de energie van biomassa en afval worden omgezet in het brandbare gas en zijn opgeslagen als thermische energie. De gassen die in een vergassingsproces worden geproduceerd kunnen worden verbrand in een gas motor of gas turbine (na reiniging van het gas). In vergelijking met de elektriciteitsopwekking via verbranding levert vergassing een hoger elektrisch rendement. Voor grotere installaties is het tevens mogelijk om een gecombineerde stoom en gas (turbine) cyclus te gebruiken. Deze combinatie, STEG (Stoom En Gasturbine) genoemd, kan elektriciteit opwekken met rendementen van 45% tot zelfs 50%. Er zijn natuurlijk thermische verliezen. Bij een goed lopend proces, wordt alle materiaal van organische oorsprong omgezet in CO₂ en water. Echter bij het vergassen van grote organische brandstofdeeltjes ontstaan teren. Deze moeten gezien worden als brokstukken van de oorspronkelijke biomassa. Het probleem komt naar voren wanneer de biomassaverfassers worden gekoppeld aan een gasmotor of turbine. Er is echter nog weinig kennis over deze teren en ze kunnen hierdoor op de lange termijn een bedreiging vormen. (teer = organische verontreinigingen met een molecuul gewicht groter dan benzeen)

4.4 SWOT analyse Vergassen

Sterktes

- Vergassing levert ten opzichte van verbranding een hoger elektrisch rendement op.
- Er wordt op een duurzame manier energie opgewekt waardoor de voorraden fossiele brandstoffen worden ontzien.
- Decimering dier, plantenpathogene en onkruidzaden. Met name aantrekkelijk wanneer de stabiele organische mest na vergassing gebruikt wordt in de akker of tuinbouw.
- Biedt een verantwoorde verwerking van laagwaardige (problematische) afvalstromen.

Zwaktes

- De gewasresten moeten voor vergassing voldoende droog zijn.
- Het is van belang dat het product de goede grote heeft.
- Het uitgangproduct zal soms gedroogd of verkleind moeten worden.

Kansen

- Wanneer de gewasresten voorgedroogd zouden kunnen worden door het een periode op het land te laten liggen is vergassen een interessante optie.

Bedreigingen

- Tijdens het vergassen van biomassa ontstaan teren. Deze vormen een probleem bij het toepassen van stookgassen in gasmotoren en turbines. Hier is echter nog weinig kennis over.
- Vergassing houdt een relevant risico op explosie, brand en de dispersie van toxische gassen (o.a. CO) in.

5 Vergisten

5.1 Wat is vergisten

De productie van biogas uit organisch afval en mogelijk dierlijke mest is een techniek om op duurzame wijze energie te produceren. Het organisch afval is veelal op ruime schaal aanwezig voor vergisting. Het organische afval van strikt alleen plantaardige oorsprong betreft grotendeels afvallen die al in de landbouw worden toegepast als meststof of als veevoer: bijvoorbeeld bietenblad, fruitafval, groente 'doordraai' en bermgras. De aanvoer van extra mineralen naar de landbouw is hierdoor minimaal. Naast energieproductie wordt door het vergistingsproces de bemestende waarde van dierlijke mest en de overige grondstoffen verhoogd. Daardoor kan het kunstmestgebruik omlaag. Biogas bestaat voor circa 60% uit methaan en voor het overige uit koolzuurgas (CO_2). Uit het biogas kan duurzaam elektriciteit en warmte worden geproduceerd in warmtekrachtinstallaties. In Duitsland en Denemarken wordt deze technologie op grote schaal toegepast voor de productie van duurzame energie. In Nederland wordt in de waterzuivering eveneens op grote schaal biogas geproduceerd via vergistingsprocessen.

Vergisting gebeurt in een gesloten tank en in afwezigheid van zuurstof. Naargelang de soort(en) afvalstof(fen), de mogelijke macroverontreinigingen, het al of niet mee verwerken van mest, de schaalgrootte, de menging en de gebruiksvoorwaarden van het eindproduct zijn er verschillende vergistingconcepten mogelijk. Er kunnen verschillende manieren van procesvoering gedefinieerd worden afhankelijk van de gekozen eigenschap.

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen een mesofiel en een thermofiel proces. Een thermofiel proces wordt in Denemarken vaak toegepast omdat het digestaat zonder bijkomende warmtebehandeling naar de landbouw gaat en zo via het thermofiele proces gehygiëniseerd wordt.

Op schaalgrootte kan ook een onderscheid gemaakt worden. In Duitsland zijn vele farm-scale vergistinginstallaties aanwezig. Deze verwerken meestal de mest en bepaalde afvalstoffen afkomstig uit de oogst. In Denemarken zijn er typische CAD's, de Centralized Anaerobic Digesters, die centraal beheerd en opgesteld zijn. Men verwerkt er meestal voor 80 % mest en voor 20 % afval.

Naargelang het droge stofgehalte (DS) kan het vergistingsproces onderscheiden we natte processen ($\text{DS} < 20\%$) en droge processen ($\text{DS} > 20\%$). Meer dan 95% van de installaties werken met een nat procédé.

Natte en droge processen steunen op dezelfde principes maar zullen andere voorbehandelingen, reactorconstructies en nabehandelingen kennen.

De combinatie van constructie van de reactor en de manier van mengen maakt het verschil tussen een *plug-flow* vergister (propstroom) en een continu gemengde vergister (CSTR). Dit zijn de twee meest voorkomende reactortypes in de praktijk. Ongeveer 40% van de vergistinginstallaties werkt met een reactor van het CSTR-type, 15% met een plug-flow reactor. Menging kan eveneens op verschillende manieren gebeuren. Er zijn twee hoofdsystemen om te mengen: biogasmenging en mechanische menging. Biogasmenging kan continu of discontinu gebeuren. Mechanische menging gebeurt door één of meerdere roerwerken, met verticale of horizontale as. Een andere mogelijkheid is menging door rondpompen. In een éénfasig systeem gebeurt de hydrolyse (voorverzuring) en de methanogenese (methaanvorming) in één tank. Meerfasige (meestal tweefasige) systemen voorzien een tank voor de hydrolyse en een tank waar de methanogenese doorgaat. In de wetenschapswereld bestaat er grote onenigheid omtrent het nut van het scheiden van verschillende fasen in het vergistingsproces.

Voorbehandelingen hangen sterk af van het soort afval. Mogelijke voorbehandelingstechnieken zijn verkleinen, droog scheiden, nat scheiden, pasteuriseren, steriliseren, enz. Meestal bestaat de voorbehandeling uit een combinatie van de opgesomde technieken. Nabehandelingen hangen sterk af van de toepassingen van het eindproduct. Mogelijke nabehandelingen zijn scheiding, compostering, behandeling in een waterzuivering, drogen, nagisting, pasteurisatie,

5.2 Het gevormde eindproduct

Biogas:

Tijdens de anaërobe vergisting wordt door de methanogene bacteriën biogas gevormd. Wanneer de vergisting goed werkt bestaat biogas ongeveer uit 60-70% methaan en 30-40% koolstofdioxide. Naast deze hoofdbestanddelen van biogas zijn ook een tweetal procent andere gassen aanwezig zoals waterstofsulfide en ammoniak. Soms zijn ook nog minieme hoeveelheden waterstofgas, stikstofgas en zuurstofgas aanwezig. Meestal zal biogas verzadigd zijn met waterdamp. Biogas kan ingezet worden als een hoogcalorische brandstof.

Welke componenten uit het biogas moeten verwijderd worden hangt af van de toepassing van het gas. Voor gebruik van biogas in boilers is het aan te raden door ontzwaveling H_2S -concentratie onder de 1000 ppm te krijgen. Dit is vooral omdat H_2S in combinatie met water sterk corrosief werkt. Het is ook aan te raden om het water (bvb. door condensatie) uit het biogas te verwijderen, alhoewel dit geen noodzakelijke voorwaarde is. Verwijdering van de koolstofdioxide is niet nodig.

Het biogas gebruikt in gas- of dieselmotoren moet ongeveer aan dezelfde voorwaarden voldoen als gas voor boilers. Alleen is het hier nog belangrijker de H_2S -concentratie zo laag mogelijk te houden. (zeker onder de 1000 ppm)

Wanneer men biogas wil gebruiken als voertuigbrandstof of om aan het aardgasnet te leveren, dan moeten koolstofdioxide, ammoniak en water zeker verwijderd worden. Verder is een minimum van 95% methaan in het biogas noodzakelijk.

Digestaat:

Zoals reeds eerder besproken blijft na de anaërobe vergisting in de reactor een nat eindproduct over dat digestaat genoemd wordt. Algemeen gesteld kan digestaat omschreven worden als een product van gemiddeld 5-20% droge stof dat zowel vrijgestelde nutriënten als stabiele organische stof bevat.

Digestaat bevat ongeveer 60-80% ammoniumstikstof. De overige stikstof zit organisch gebonden. Digestaat bevat dus zowel makkelijk beschikbare stikstof als traag vrijkomende stikstof. Het meest wordt digestaat gebruikt in de lente als basisbemesting vóór het zaaien of planten van de gewassen.

Dikwijls worden digestaten in hun natte vorm op het land gebruikt als meststof-bodemverbeteraar. Zo wordt digestaat in landen zoals Denemarken en Duitsland in de natte vorm als meststof gebruikt. Dit levert telkens een eenvoudig, robuust en goedkoop proces op. In sommige gevallen worden digestaten echter nog nabehandeld en op die manier omgezet tot andere producten.

Een eerste stap is meestal het *scheiden* van het digestaat in een dikke en een dunne fractie. Dit gebeurt dan bvb. met een centrifuge of een vijzelpers. Veelal moet voor een betere ontwatering van het digestaat gebruikt gemaakt worden van dure chemicaliën (polyelectrolieten). De nutriënten verdelen zich niet gelijk over beide fracties na scheiding: de fosfaten gaan voor het grootste deel naar de dikke fractie en de stikstof en kalium zijn grotendeels terug te vinden in de dunne fractie. Al naargelang de stromen die vergist worden zal de ontwaterbaarheid van het digestaat makkelijker of moeilijker verlopen. Algemeen kan men stellen dat de ontwaterbaarheid beter gaat naarmate meer.

5.3 SWOT schema Vergisten

Sterktes

- Het uitgegiste materiaal (niet omgezet organisch materiaal, eventueel anorganisch materiaal en water) kan worden benut als meststof in de landbouw.
- Er wordt op een duurzame manier energie opgewekt waardoor de voorraden fossiele brandstoffen worden ontzien.
- Decimering dier, plantenpathogene en onkruidzaden. Met name aantrekkelijk wanneer de stabiele organische mest na vergisting gebruikt wordt in de land of tuinbouw.
- Biedt een verantwoorde verwerking van laagwaardige (problematische) afvalstromen.

Zwaktes

- Wanneer het vergistings proces niet optimaal is ontstaan er snel CO emissies.

Kansen

- Een mogelijkheid is om het vergisten van biomassa in combinatie met het vergisten van mest uit te voeren.
- Vrijwel alle organische reststromen kunnen in principe worden vergist.
- Tijdens het vergistings proces moet de gasmotor gekoeld worden hierbij ontstaat verwarmd water wat bijvoorbeeld weer gebruikt kan worden bij het verwarmen van huizen en/of schuren.

Bedreigingen

- Er moet rekening mee gehouden worden dat aangeboden partijen organische afvalstoffen verontreinigd kunnen zijn.
- Er kan een risico zijn van de extra aanvoer van stikstof en fosfaat naar de landbouw door de toevoer van organische afvalstoffen.

6 Diervoer

6.1 Praktijkervaringen

Fouragehandelaren zien in de toekomst wel mogelijkheden voor het voeren van gewasresten aan vee. Echter een nadeel van deze handel is dat er betrekkelijk weinig drogestof in deze producten zit waardoor je voornamelijk bij het transport water aan het vervoeren bent. Hierdoor is het transport duur en zal deze handel dan ook voornamelijk in de buurt van de vollegrondsgroenten telers plaats vinden.

De gewasresten waar wij over praten (kool, sla en prei) zijn alleen geschikt voor koeien en stieren omdat dit herkauwers zijn die het ruwe celmateriaal goed aankunnen. Varkens hebben geen pens hier wordt dan ook voornamelijk brij gevoerd. Geiten moeten voornamelijk voer hebben met veel d.s omdat ze het anders niet moeten. Een mogelijkheid is dat deze gewasresten gemengd worden met bijvoorbeeld hooi of stro om er zodoende voldoende structuur aan mee te geven.

Er zijn ook veel fouragehandelaren die handelen in afval materiaal van groenten versnijders (van groente pakketten) Deze worden getransporteerd naar grote veehouders bij deze versnijders in de regio Het afval wordt voor niks opgehaald bij de versnijders en de transportkosten worden in rekening gebracht voor de afnemer. Deze kosten bedragen 1 euro per kilometer voor een grote container. 25m³ Wanneer er grote hoeveelheden gewasresten op de markt zouden komen zou dit zeker interessant zijn. Belangrijk is dat deze gewasresten schoon zijn.

6.2 GMP certificaat

Voor diervoederleveranciers bestaat de mogelijkheid via de GMP-regeling diervoedersector (Good Manufacturing/Managing Practice) aan dit kwaliteitssysteem deel te nemen. Veehouders die aan het IKB- of KKM-systeem deelnemen, zijn verplicht diervoeders af te nemen van GMP-erkende leveranciers.

Daarnaast kunnen uiteraard voerleveranciers in andere landen dan Nederland aan de GMP-regeling diervoedersector deelnemen, indien zij aan hun afnemers de kwaliteit van hun producten willen waarborgen. De GMP-regeling vereist in de eerste plaats een correct gebruik van toevoegingsmiddelen en diergeneesmiddelen. Mengvoeder- en voermengselbedrijven dienen zelf maatregelen te nemen voor een verantwoorde verwerking van dergelijke middelen. Daarnaast voorziet de regeling in de beheersing van het niveau van ongewenste stoffen en producten, zoals zware metalen, pesticiden en aflatoxine. Tot slot dient het erkende bedrijf maatregelen te nemen ter voorkoming van salmonellabesmetting van dieren via het diervoeder.

De GMP-regeling is van toepassing voor producenten van en handelaren in mengvoeders, voedermiddelen, voermengsels en toevoegingmiddelen, alsmede voor transport, op- en overslag, teelt en opslag en vervoeding op het veehouderijbedrijf.

Een GMP-certificaat wordt alleen uitgereikt aan die bedrijven, die aan alle kwaliteitsnormen voldoen. De duur van het certificaat is drie jaar, waarbij tussentijdse audits worden uitgevoerd.

6.3 SWOT schema Diervoer

Sterktes

- Relatief simpel uit te voeren (geen investeringen voor nodig).
- Grote belangstelling uit de praktijk.

Zwaktes

- Het transport is relatief duur omdat de gewasresten verhoudingsgewijs veel vocht bevatten.
- Het is belangrijk dat de gewasresten schoon van het land af komen dit is onder natte omstandigheden bij de oogst moeilijk te realiseren..
- De gewasresten waar wij over praten hebben weinig structuur waardoor het niet geschikt is voor alle diersoorten..
- Niet geschikt voor varkens omdat deze het ruwe celmateriaal niet aan kunnen.

Kansen

- De gewasresten zouden gemengd kunnen worden met hooi of stro om er zodoende voldoende structuur aan mee te geven.

Bedreigingen

- De meeste melkveehouders doen mee met het KKM systeem hierdoor zijn zij verplicht voer af te nemen van bedrijven die GMP gecertificeerd zijn. Dit zijn echter nog lang niet alle fouragehandelaren.
- De beschikbaarheid van gewasresten is seizoensafhankelijk.

7 Bioraffinage

7.1 Wat houdt bioraffinage in

Het concept bioraffinage is een geavanceerde scheiding van planten in componenten en het is volop in ontwikkeling. Nederland loopt hierin niet direct voorop, maar verschillende bedrijven tonen wel belangstelling. De trend in bioraffinage verloopt van simpel naar complex: eerst ging het vooral om de grove componenten voor energie en bulkchemie, maar in de nieuwste processen wordt meer specifieke scheiding van hoogwaardige componenten mogelijk. Op dit gebied is echter nog veel onderzoek nodig. De verwerking van combinaties van gewassen is een van de uitdagingen. Dan is het mogelijk om ook de resten van planten, uit kleinschalige teelten, te verwerken en de opbrengst van deze teelten te verhogen. Bioraffinage is een veelgebruikt term voor het (volledig) chemisch, biologisch of fysisch benutten van biomassa (plantaardig of dierlijk). Het concept is dus gericht op optimale benutting van meerdere inhoudsstoffen die uit biomassa of biomassa-resten kunnen worden verkregen. Technieken die voor de isolatie van specifieke inhoudsstoffen gebruikt worden zijn:

- malen
- sproeidrogen
- selectieve precipitatie
- windziften
- zeven
- membraanfiltratie
- encapsulatie
- membraanemulsificatie
- stoom destillatie
- bio chemische voorbewerking
- extractie (conventioneel met oplosmiddelen, extrusie / extractie, superkritische extractie, - microwave, ultrasound, ultra
- preparatieve chromatografie
- conventionele vast-vloeistofscheiding (centrifugeren, filtreren)
- pervaporatie (isolatie organische componenten of breken van azeotropen)

Waar nodig worden hybride processen gebruikt. De technische haalbaarheid van een ontwikkeld proces wordt voor niet voedsel producten bekeken aan de hand van de samenstelling, verwerkbaarheid en stabiliteit van de nieuwe producten. Wanneer producten als voedsel gebruikt gaan worden, wordt er tevens gekeken naar sensorische eigenschappen zoals geur, kleur, smaak en textuur en voedselveiligheidsaspecten zoals microbiologische activiteit. Hieronder worden systemen voor bioraffinage van gras en analoge biomassa en een proces voor bioraffinage van uienafval besproken.

7.2 Het gevormde eindproduct

Meerdere land en tuinbouwproducten kunnen op een vergelijkbare manier worden gescheiden in diverse hoogwaardige grondstoffen voor bijvoorbeeld de voedings, de farmaceutische of de chemische industrie. Laagwaardige resten lenen zich voor omzetting door vergisting of vergassing in ethanol resp. methanol, basisgrondstoffen voor bulkchemicaliën en energievoorziening. Andere reststromen zijn het ge gebruiken als meststof in de landbouw. Het sluiten van kringlopen van materialen en energie vormt zo een leidend principe van duurzame ontwikkeling.

De kunst is steeds om de componenten van de plant zo hoogwaardig mogelijk in te zetten. Dan leveren ze economisch en ecologisch het meest op: de plant vervangt complexe, kostbare en vervuilende industriële processen. Daarnaast is het zaak de plant volledig te gebruiken. Afval is verspilling, zowel in economische als in ecologische betekenis.

7.3 SWOT schema Bioraffinage:

Sterktes

- Biedt een verantwoorde verwerking van laagwaardige (problematische) afvalstromen.
- Positief milieueffect door intensievere benutting van grondstof.
- Deelprocessen zijn bekend en beschikbaar.

Zwaktes

- Geïntegreerde processen moeten nog worden uitontwikkeld.
- Om het concept haalbaar te maken zullen meerdere "hoofdproducten" tegelijk afgezet moeten worden. Deze afhankelijkheid verhoogt de kwetsbaarheid van het systeem.

Kansen

- Het draagt bij tot flexibele productie van producten en halffabrikaten uit complexe grondstoffen.
- Bijdrage aan duurzame ontwikkeling is duidelijk.

Bedreigingen

- Toepassing van biomassa voor non-food/feed toepassingen kan als een bedreiging gezien worden voor voedselproductie.
- Beschikbaarheid van grondstof is seizoensafhankelijk.
- Het proces moet flexibel zijn om variabele grondstof te kunnen verwerken.

8 Conclusie

Bij de teelt van akker en tuinbouwgewassen blijven na de oogst gewasresten op het land achter. Deze gewasresten bevatten relatief veel stikstof in gemakkelijk afbreekbare verbindingen en vormen daardoor een belangrijke bron van stikstof-uitspoeling.

Er zijn veel mogelijkheden die in aanmerking kunnen komen voor het verwerken van gewasresten. Het moet een makkelijk toepasbare methode wezen, niet te duur en het mooiste zou zijn wanneer er een meerwaarde aan deze gewassen gegeven kan worden.

Onze conclusie is dat op de korte termijn composteren als eerste in aanmerking komt.

Dit omdat het een bewezen techniek is die vrij eenvoudig uit te voeren is. Hiernaast behoud je een gesloten kringloop van mineralen binnen het eigen bedrijf. En het kan op het eigen bedrijf gedaan worden waardoor er geen transport kosten zijn.

Hierbij komt dat bij de andere technieken zoals bioraffinage en vergassen of vergisten er weinig ervaringen zijn met het verwerken van gewasresten. Bioraffinage is een concept van het scheiden van biomassa in verschillende componenten. Het is echter nog in een ontwikkelingsfase waardoor het niet direct toepasbaar is. Bij vergassen of vergisten is het belangrijk dat het product voldoende drogestof bevat dit is bij de gewasresten waar wij over praten niet het geval. Echter bij vergisten mag het basis product in principe meer vocht bevatten als bij vergassen hierdoor zou deze optie eerder in aanmerking komen.

Het voeren van de gewasresten aan vee gebeurt in de praktijk nog maar weinig. Wel komt het voor dat doorgedraaid groente en fruit wordt gevoerd. Wanneer er gewasresten vanaf het land gevoerd zouden worden is het belangrijk dat deze schoon zijn. Wanneer dit het geval is hebben de meeste fouragehandelaren er wel belangstelling voor. Wanneer je dan ook als vollegrondsgroente teler naast een veehouder zit met het bedrijf is dit een aantrekkelijke optie.

9 Nawoord

Nu we dit verslag hebben afgerond kunnen we zeggen dat we een grote hoeveelheid informatie hebben verzameld over de verschillende onderdelen. We hebben op een ander manier tegen problemen aan leren kijken.

Het was niet altijd even gemakkelijk om de juiste informatie bronnen te vinden maar wij denken dat we er redelijk in geslaagd zijn. Deze stageperiode is voor ons een leerzame tijd geweest

Graag willen we Dhr de Haan en Dhr de Wolf bedanken voor hun begeleiding gedurende de stageperiode.

Literatuurlijst

Gebruikte rapporten

Energie uit het landelijk gebied
Het gebruik van agrarische reststromen voor duurzame energie opwekking
NOVEM

Benutting van biomassa als energie bron
ECN, 1997

Composteringsproces. Techniek van het composteren, Diverse composteringsmethoden
Luc Steinbuch, Jan Bokhorst, Oktober 99, Louis Bolk instituut

-Transitie naar een duurzame energiehuishouding Transitiepad "Bioraffinage"
WUR, TNO, ECN, LNV, RUG, UT Oktober 2003

Beperking van lachgasemissie uit gewasresten
G.L. Velthof & P.J. Kuikman, Alterra rapport 114.3, ROB gewasresten

Teren uit pyrolyse en vergassing van biomassa en reststromen
Definities, vorming, eigenschappen, en bemonstering en analyse
J.P.A. Neeft, januari 2000, ECN

Emissie-eisen aan rookgassen bij het verbranden van biogas van mestvergisting
NOVEM, September 2003

Energie uit afval en biomassa
ECN, 1999

-Inzet en verkrijgbaarheid van biomassa als brandstof
R. van Ree, ECN, 31 oktober

Benutting van biomassa als energiebron
ECN, 1997

De haalbaarheid van energie opwekking uit bermgras
EWAB, 2001

Overige literatuur:

Energie:

Stro en bermgras als energiebron : Nederlandse en Europese activiteiten in het kader van het Bio-energieprogramma van het Internationaal Energie-Agentschap.

E.J.M.T. van den Heuvel, H.G. Wasser, R.V. Siemons, 1995

Composteren:

Mest : compostering, nutriëntenverliezen en toepassing : P398-1 : beleidsondersteunend onderzoek op het terrein van voedsel en groen

D.A. Starmans, 2003

Haalbaarheid vergisting en compostering in Zuidoost Friesland : eindrapportage : daar zit perspectief in.
2002.

Handboek mest & compost : behandelen beoordelen & toepassen

J.Bokhorst, C ten Berg, 2001

Vorming van percolaatwater en uitspoeling van nutriënten bij composthopen van bloembollenafval

M. Wondergem, 2000

Onderzoek naar het composteren van GFT - afval in de openlucht en onder een overkapping

T.D. Brethouwe, F.J.A. Moorman, 1992

Gecombineerde compostering van groenafval en mest

R.J.G. van Hedel, 2000

Verwerking groenafval Noord - Limburg : eindrapport, fase 1 en 2.

1989

Toetsing van het composting - particle - kinetics model aan literatuur en experimenten.

J.W. Scheilgrond, 1993

Vergisting:

Haalbaarheid vergisting en compostering in Zuidoost Friesland : eindrapportage : daar zit perspectief in.
2002

Van groenafval en mest tot ecologische compost Smits, S.

S. Smits, 1999

Knellend groenafvalbeleid : een verkenning van knelpunten en oplossingen bij de verwerking van groenafval in Nederland Sluismans, J.J.L. Hinssen, J. 1996

J.J. Sluismans, J. Hinsen, 1996

Modelleren van een gecombineerd vergistings - composteringssysteem voor de verwerking van GFT - afval Vos, J. 1995

J. Vos, 1995

Milieuaspecten van verbranden, composteren en vergisten van huishoudelijk afval Hekhuis, J.M. 1993

J.M. Hekhuis, 1993

Haalbaarheid vergisting en compostering in Zuidoost Friesland : eindrapportage : daar zit perspectief in\2002
2002

Biomassa:

Nadere uitwerking van de nota biomassa naar een stappenplan voor bio-energieprojecten : aanzet tot een uitvoeringsprogramma\2003
2003

Beschikbaarheid biomassa voor energie-opwekking : GRAIN: Global Restrictions on biomass Availability for Import to the Netherlands : eindrapport\2000
2000

Kansen voor energie uit biomassa! : resultaten van een 4-jarig DLO – onderzoekprogramma.
J.K. Gigler, M.J.G. Meeuwse-vanOnna, E. Annevelink, H. Breteler, E. Evers, 1999

Biomassa - een wenkend perspectief
M. Minnesma, M. Hisschemoller, 2003

Groene chemie en bio-energie: een duurzame oplossing!
2002

Toepassing van LCA voor agrarische producten Ervaringen met de methodiek in de case bio-energie.
H.H.W.J.M. Meeuwse-van Onna, M.J.G. Wegener Sleeswijk, 1996

Duurzame energie uit biomassa-afval : de haalbaarheid van regionale biomassa-vergassing in Amsterdam.
H.D. Brouwer,1994

Groene reststromen in agroketens : een beschrijving van de markt van organische reststromen uit de landbouw en de voedings- en genotmiddelenindustrie.
H.H.W.J.M. Meeuwse-van Onna, M.J.G. Wegener Sleeswijk, 1996

Internet:

Algemeen: www.wur.nl
www.robklimaat.nl
www.tno.nl
www.cbs.nl

www.nmi-agro.nl
www.niwi.nl

Veevoer: www.forage.nl
www.veevoer.nl
www.stouten-fourage.nl
www.bewagroep.nl
www.desamenwerking.nl
www.pdf.nl

www.grasbaal.net
www.wvdpanne.nl
www.farmsbest.nl
www.pronkgroep.nl
www.gedizo.nl

Bio-energie: www.ez.nl
www.ecn.nl
www.emis.vito.be
www.electrabel.nl
www.biomassa.nl
www.novem.nl
www.biogas.nl

www.btgworld.com
www.kema.nl
www.electrabel.nl
www.minez.nl
www.milieuloket.nl
www.energienet.nl
www.energie.nl

	www.milieudefensie.nl	www.duurzameenergie.nl
Composteren:	www.louisbolck.nl www.compost.org www.vlaco.be www.bvor.nl www.blgg.nl	www.platformbiologica.nl www.emis.vito.be www.lmcgennep.nl www.niwi.knaw.nl
Vergisten:	www.duurzame-energie.nl www.pv.wageningen-ur.nl	www.gomantwerpen.be www.platformvergisting.be
Vergassen:	www.ecogas.nl www.host.nl www.vergassing.nl www.enerlyser.com www.beldezon.nl	www.kara.nl www.verbranding.nl www.gasifiers.org www.enerlyser.com www.MySolar.com
Bioraffinage:	www.ez.nl www.milieuloket.nl	www.ps-provinciegroningen.nl/ www.citaat.nl/