



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Retrowaste

**Forbedring af teknik til fremstilling af Biopulp og
genanvendelige materialer fra madaffald**

Miljøprojekt nr. 1975

Januar 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Per Thostrup

Massimo Forti

Klaus Schmidt

ISBN: 978-87-93614-55-0

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter indenfor miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at indlægget udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

| | |
|--|-----------|
| Forord | 4 |
| Sammenfatning og konklusion | 6 |
| Summary | 7 |
| 1. Indledning..... | 9 |
| 2. Beskrivelse af det planlagte forbehandlingsanlæg..... | 10 |
| 3. Forsøgsopstillinger | 16 |
| 4. Målinger og analyseresultater | 19 |
| 5. Beskrivelse af det udviklede forbehandlingsanlæg | 28 |
| 6. Diskussion og perspektiv..... | 30 |
| Litteratur..... | 32 |

Forord

Denne rapport er udarbejdet på baggrund af projektet ”RETROWASTE - Forbedring af teknik til fremstilling af Biopulp og genanvendelige materialer fra madaffald”, der er gennemført med tilskud fra Miljøministeriet under MUDP 2012 programmet

Styregruppen har bestået af:

Per Thostrup (Nordic BioEnergy ApS)
Niels Christian Nielsen (NC Miljø A/S)
Erik Veber (NC Miljø A/S) (frem til februar 2015)
Klaus Schmidt (NC Miljø A/S) (fra juni 2015)
Massimo Forti (Ragn-Sells Danmark A/S) (fra februar 2015)
Søren Littrup Kristensen (Affaldschef NFS, Nyborg Forsyning & Service A/S, i forbindelse med KOD)

I Styregruppen har der været deltagelse af:

Linda Bagge (Miljøstyrelsen)
Inge Werther (DAKOFA)

Denne rapport beskriver en udvikling af teknik til forbehandling af emballeret madaffald fra dagligvarebutikker, med det formål at fremstille både en biopulp og et rejekt (dvs. diverse emballager af plast, glas og metaller), der kan genanvendes.

Biopulpen skal anvendes som input-materiale i biogasanlæg til produktion af energi og gødning.

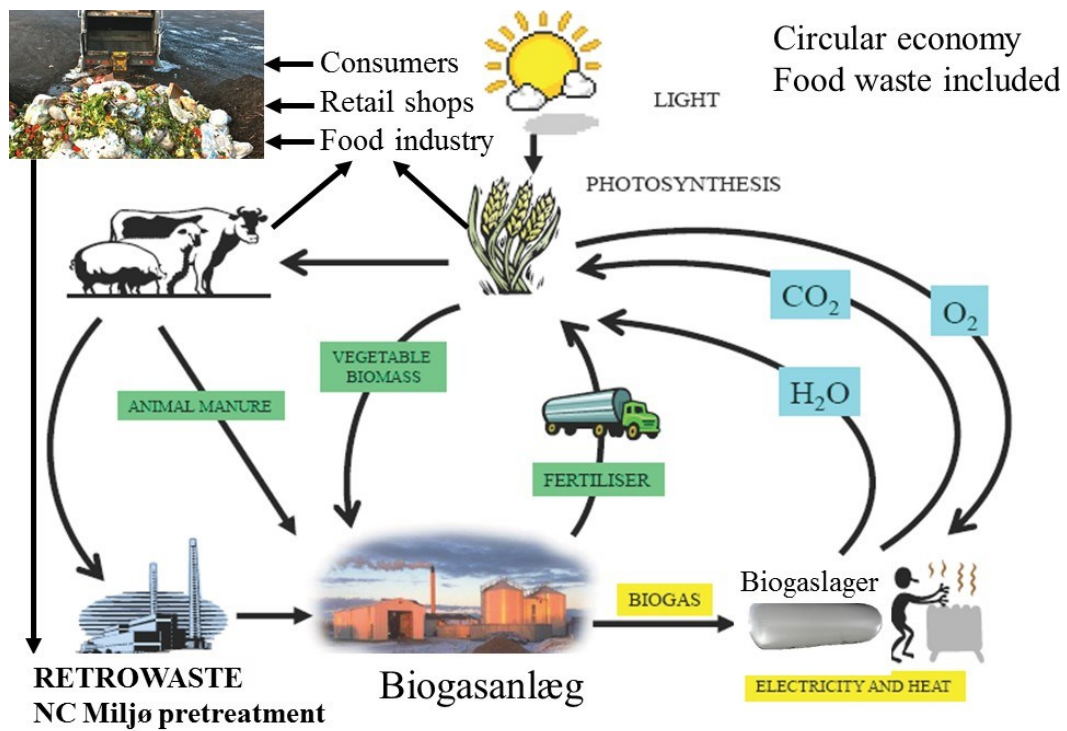
Rejektet skal i videst muligt omfang genanvendes som plast, metal, glas, sand og grus

Projektet har taget længere tid end beregnet. Dette skyldes følgende:

- Opgaven viste sig at være sværere end beregnet
- Forbehandlingsanlægget blev flyttet fra Ørbæk til Nyborg (2013)
- NC Miljø A/S blev overtaget af Ragn-Sells Danmark A/S i februar 2015, herunder ny driftschef, Klaus Schmidt, per juni 2015, hvilket medførte *en strategiændring i retning af, at det ikke længere var udvikling af enkeltkomponenter, men sammensætning af veldokumenterede komponenter på en ny måde*, der skulle give den tilsigtede funktion
- Anlægget blev endnu engang flyttet fra Nyborg til Heden, og nyt anlæg blev opført i Holsted
- Anlæggene er stadig under udvikling

Det overordnede resultat af RETROWASTE-projektet er således, at to fuldskala- anlæg er kommet i fuld drift, og at de nedenfor præsenterede delresultater er baseret på over 1 års fuld drift

De mange stop-and-go situationer har betydet, at de planlagte forsøg ikke har kunnet gennemføres i fuldt omfang. Forsøgene for at finde de bedre teknikker har stort set været gennemført, men med få direkte målinger ud fra devisen, at man i det praktiske arbejde kunne se hvilke metoder, der var gangbare. Der har således været afprøvet mange forskellige opstillinger, som har ført frem til konceptet, opbygget på de to fuldskala- anlæg i Heden og Holsted. *Det er således lykkedes indenfor projektet at nå frem til fungerende fuldskala- anlæg, hvilket ikke var med i den oprindelige plan for RETROWASTE MUDP 2012.* Vi har med andre ord anvendt princippet ”learning by doing”, som en meget effektiv metode til at få kasseret/udvalgt de anvendelige teknikker.



Øverst Holsted og nederst Heden biogasanlæg som begge har NC Miljø anlæg tilknyttet



Sammenfatning og konklusion

Formålet med projektet har været at udvikle og demonstrere anvendelige teknikker og komponenter samt at forbedre samme til behandling af emballeret madaffald fra dagligvarebutikker og virksomheder. Desuden har et delmål været at afprøve anvendeligheden af NC Miljø A/S' forbehandlingsanlæg til behandling af Kildesorteret Organisk Dagrenovation, KOD.

NC Miljø A/S var fra begyndelsen en mindre virksomhed (SME), der var ejet af en enkelt person Niels Christian Nielsen. Det lykkedes i stort omfang for denne virksomhed at udvikle teknikker til forbehandling af emballeret madaffald fra dagligvarebutikker og virksomheder, således at madaffaldet kunne anvendes som input-materiale til biogasanlæg, mens metaller, glas, sand og sten gik til genanvendelse. Dog blev der ikke opnået genanvendelse af rejektet (hovedsageligt plastemballage), som gik til forbrænding.

I februar 2015 blev NC Miljø A/S overtaget af Ragn-Sells Danmark A/S, som herefter investerede mange ressourcer i at udvikle forbehandlingsanlæggene - først i Nyborg og derefter i Heden og Holsted - til industriel og kommerciel brug. Dette tiltag indbefattede også udvikling af en teknik til behandling af rejektet, nemlig en særlig vasketeknik, som muliggør genanvendelse af plast. Denne vasketeknik afprøves i øjeblikket i fuldskala på anlægget i Heden. De indledende pilotforsøg med vasketeknikken har vist så gode resultater, at plasten kan gå til genanvendelse i plastindustrien.

Pr. juni 2017 er hovedresultatet, at NC Miljø A/S har to forbehandlingsanlæg i fuldskala i drift. Hvert med kapaciteter op til 50.000 tons emballeret madaffald pr. år, og som leverer følgende hovedprodukter:

- **Biopulp**, der opfylder kravene til input-materiale til biogasanlæg (som genanvender materialet til vedvarende energi og organisk gødning). Den mest kritiske parameter ved biopulpen er indholdet af plastrester. Her har anlægget en unik egenskab, idet resultaterne viser fuld overholdelse af de svenske regler for tilladt indhold af plast og fremmedlegemer i biopulpen. Biopulpen har et tørstofindhold fra 14-16 pct., hvilket giver et biogasudbytte fra 90-140 m³ biogas pr./ton Biopulp. Biopulpens indhold af plantenæringsstoffer ligger som gennemsnit på 4,4 kg kvælstof, 0,5 kg fosfor og 2,5 kg kalium pr./ton biopulp. Dette svarer for N og K til svinegylle mens P udgør ca. halvdelen
- **Rejekt** bestående af hhv. metaller, grus, sand og glas samt plast:
 - Metaller går til genanvendelse, selv om de er lidt forurenet med plast, idet plast ved omsmelting af metal ikke gør skade (det brænder bare af). Det skal siges, at større plaststykker sorteres manuelt fra, så kun små mængder plast er indeholdt i metallet.
 - Sand og glas har vist sig at kunne anvendes som genbrugsglas (omsmeltes til nyt glas)
 - Plast. Med den nye vasketeknik tyder alt på, at emballageplasten kan gå til genanvendelse i plastindustrien. Hermed vil et stort problem være løst for forbehandlingsanlæg til madaffald

Energiforbruget. Energiforbruget ligger for tiden - for det samlede forbehandlingsanlæg - på mellem 18-22 kWh pr. ton, men *det vurderes, at der er potentiale for en væsentlig reduktion af energiforbruget.*

Konkluderende kan det siges, at projektet teknisk set har bidraget til at skabe den ønskede, cirkulære økonomi, dvs. 92 -95 % genanvendelse af ressourcerne i emballeret madaffald - uden uacceptabelt forbrug af energiressourcer.

De økonomiske omkostninger ved behandling af emballeret madaffald er stadig på et niveau, der pt. kun gør store anlæg rentable (> 30.000 tons pr. år), når rejektplasten genanvendes, men *vurderingen er, at dette er nært forestående. Der køres i øjeblikket fuldskala- test med vaskning af plasten.*

Summary

The purpose of this project has been the development and demonstration of viable and optimized techniques and components for the treatment of packed food waste from retail shops and food processing industry.

A target has also been testing the functionality and viability of NC Miljø A/S' pretreatment plant for treatment of SSO (Source Separated Organic Waste).

NC Miljø A/S was from the beginning a SME owned by one single person Mr. Niels Christian Nielsen. This enterprise succeeded in developing techniques for the pretreatment of packed food waste from retail shops and food industry so that the food waste could be used as input material for biogas plants, while metals, glass, sand and stone went to recycling. However, the recycling of the reject (mainly plastic packing) was not obtained. This went to incineration.

In February 2015 Ragn-Sells Denmark A/S took over NC Miljø A/S and invested afterwards many resources in developing the pretreatment plants - first in Nyborg and next in Heden and Holsted - to fully commercial units. This measure also included the development of a technique for the treatment of the reject, i.e. a special washing technique which enables the recycling of plastics packing. This washing technique is now under testing full scale at the biogas plant in Heden. The pilot-tests with the washing-technique have shown so good results that the plastic can go to recycling in the plastic industry.

By June 2017 the main result of RETROWASTE project is that NC Miljø A/S has two full scale pretreatment plants operating. Each of them having a capacity up to 50.000 tons packed food waste per year and which delivers the following main products:

- **Biopulp** that fulfills the quality for the input material for biogas plants (which reuses the material for producing energy (biogas) and organic fertilizer). The most critical parameter of the biopulp is the content of plastic remains. The plant has the feature that the results fully correspond to the Swedish rules for allowed content of plastic and impurities in the biopulp
- The biopulp has a dry matter content from 14-16 pct. This gives a biogas yield from 90-140 m3 biogas per ton biopulp. The content of plant nutrients in the biopulp is in average 4,4 kg Nitrogen, 0,5 kg Phosphors and 2,5 kg Potassium per ton equivalent to the fertilizer value of pig slurry for N and K – P is only about half of pig slurry
- **Reject** consisting of respectively metals, gravels, sand, glass and plastic
 - Metals can without any difficulty be recycled although they are a little polluted by plastic, as plastic by the remolding of metal is not harmful (it simply burns). Bigger pieces of plastic are sorted out of the metal by hand which keep the plastic content low
 - Sand and glass are useful for recycled glass (are remolded to new glass)
 - Plastic. With the new washing technique under testing it seems that plastic packing can go to recycling in the plastic industry. If the washing technology will be successful in full scale a huge progress has been achieved for the pretreatment plant for packed food waste.

The energy consumption is for the time being. – for the total pretreatment plant – between 18-22 kWh per ton packed food waste but there is a potential for a considerable reduction of the energy consumption.

Concluding we can say that the project has contributed to creating the wanted circular economy, i.e. a 92 -95% recycling of the resources in packed food waste without unacceptable consumption of energy resources. The financial costs of the treatment of packed food waste are still on a level that pt. only makes big plants profitable

(>30.000 tons per year) if the reject plastic can be recycled to the plastic industry. But it is also estimated that there is potential for improvements here.

1. Indledning

Danmark har de sidste mange år været bagud i forhold til gennemsnittet af EU-lande med hensyn til at udnytte både energien og materialet (gødningen) i emballeret madaffald fra kildesorteret, organisk husholdningsaffald (KOD) og fra kasserede fødevarer fra detailhandlen samt emballerede fejlproduktioner fra fødevarerindustrien.

Dette skyldes hovedsageligt, at der i Danmark i 1990'erne blev gjort fejlslagne forsøg med emballeret madaffald til biogasanlæg i Helsingør, Aarhus og Herning. Konsekvenserne af disse dårlige erfaringer var, at der politisk opstod et vakuum vedr. at bestemme sig for nye tiltag. Danmark havde desuden mange forbrændingsanlæg, som havde kapacitet til at kunne modtage emballeret madaffald.

Ulempen ved dette koncept er dog, at der ved forbrændingen ganske vist fås en energiudnyttelse af ressourcerne i madaffaldet, men absolut ingen udnyttelse af gødningsværdien (ingen materiale-genanvendelse) samt samlet et dårligt klimaregnskab.

Imidlertid skete der i 2013 en politisk kursændring med den daværende regerings fremlæggelse af en ressourcestrategi. Denne ressourcestrategi har målsætning om 50 % genanvendelse af husholdningsaffaldet og 60 % genanvendelse af det organiske affald fra servicesektoren i 2018, jf. Ressourcestrategien p. 36 - 42: <http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2014/maj/danmark-uden-affald/>. Dette indebærer, at det også er nødvendigt at genanvende emballeret madaffald, og her er den logiske metode at genanvende energi og plantenæringsstoffer/jordforbedringsegenskaber i emballeret madaffald via biogasanlæg.

Årsagen til den politiske kursændring var, at kun få kommuner, som fx Vejle, igennem mange år havde benyttet KOD og fået dette husholdningsaffald behandlet på et forbehandlingsanlæg, der producerede biopulp til biogasanlæg. Hele processen evalueredes som ressource- og klimamæssig ganske fornuftig. Det så endvidere ud til, at økonomien også var acceptabel. Derudover var der mange gode erfaringer fra udlandet med at behandle madaffald via biogasanlæg. Der var dog stadig uløste forhold, fx. genanvendelse af rejektet (emballage/indpakning/plast).

Myndighederne var på ovennævnte baggrund optimistiske omkring opnåelsen af gode løsninger og opfordrede markedet til at udvikle teknikkerne og metoderne yderligere. Bl.a. NC Miljø A/S i Ørbæk tog udfordringen op og påbegyndte en udvikling af egne ideer til forbehandling af emballeret madaffald. Som ekstra motivation lykkedes det at få bevilliget et tilskud fra MUDP 2012 ordningen, som netop bl.a. har til formål *at fremme den cirkulære økonomi*.

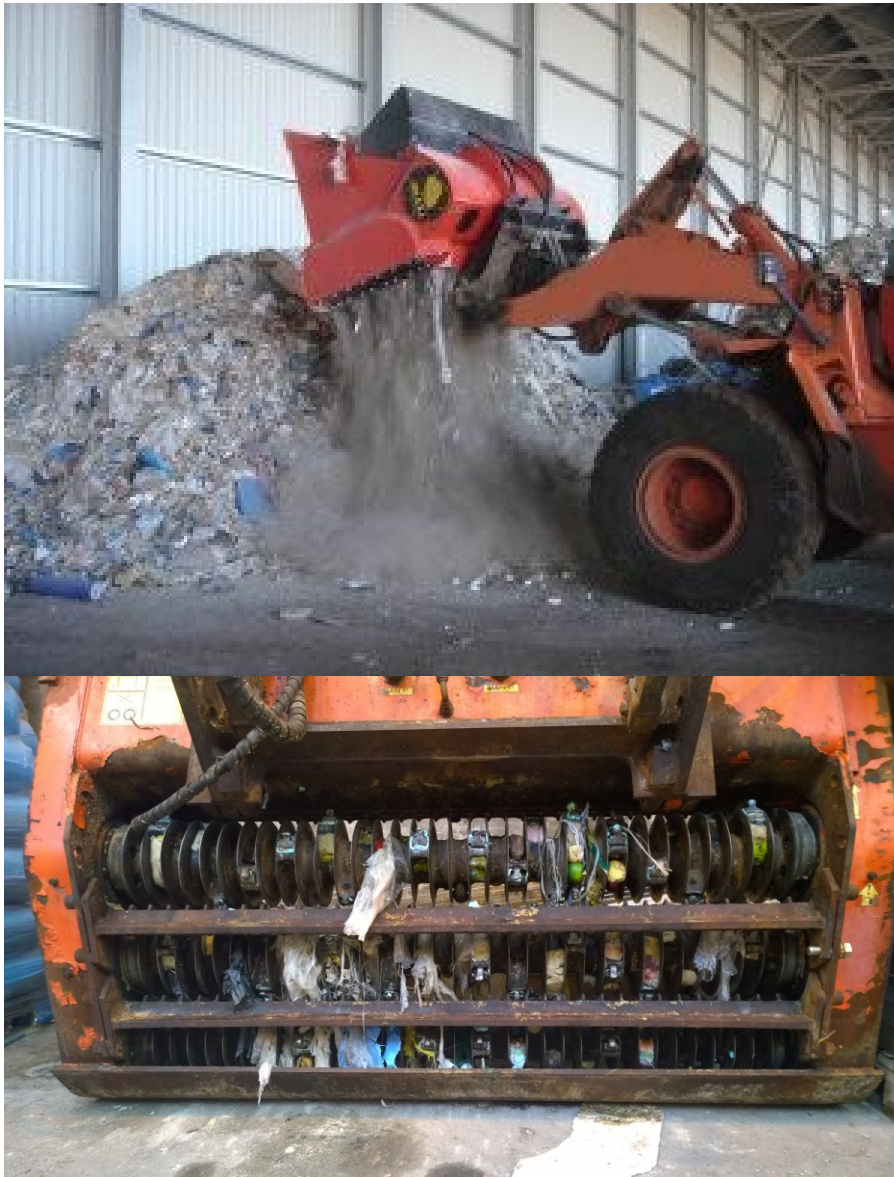
Nærværende rapport omhandler NC Miljø's udvikling af sådanne teknikker og metoder til behandling af emballeret madaffald, specielt emballeret madaffald fra detailhandlen.

Fra begyndelsen var der sat *de ultimative mål*: 1) at fremstille en biopulp til biogasanlæg, der kunne accepteres af både myndigheder og landbrug, samt 2) at opnå en rejekt kvalitet af specielt plast, der kunne genanvendes. Hermed kunne 3) den cirkulære økonomi virkeliggøres.

2. Beskrivelse af det planlagte forbehandlingsanlæg

Fra projektets begyndelse var forbehandlingsanlægget planlagt til at skulle indeholde følgende komponenter – se diagram side 15.

1. **En grovsigte**, der samtidig også var en **grovneddeler**, for at sikre, at ingen større genstande ville gå i hammermøllen, og desuden ville gøre det sigtede materiale mere doserbart. Her udskiltes således store træstykker, grene, sten, store tekstiler, reb og snore. Der blev anskaffet en grovsigte/grovneddeler skovl som vist nedenfor:



Det var erfaringen med anvendelsen af en **crusher/screener** i 5 år på et tysk anlæg, der satte fokus på denne metode. Der var tillige ideer til modifikationer på tegnebrættet, som kunne give en bedre funktion, mindre vedligeholdelse og bedre økonomi.

2. **En hammermølle**, der kunne skille urenheder (rejekt) fra med en høj renhedsgrad. Samtidig skulle det ske med et lavere energiforbrug, end hidtil kendt. Der skulle udskilles plast, metaller, sten, træstykker, tekstiler, læder med en renhedsgrad, der os bekendt ikke var set før. *Desværre blev der produceret en Biopulp af en utilstrækkelig kvalitet, især indhold af små plaststykker.*



3. **En oparbejdningslinie til rejekt** specielt med henblik på fraskillelse af jern og aluminium ved hjælp af **overbåndsmagnet** for jern og **hvirvelstrømsmagnet** for aluminium.



Billede af overbåndsmagnet for fraseparering af jern fra rejekt

4. En **vindsigte** for separation af plast skulle desuden indgå. **Systemer til separation** af træ og sten var planlagt.



5. **Sedimentationstank** for udskilning af grus, sand og glas fra Biopulpen. **Vaskning** af gruset skulle inkluderes.



Sedimentationstank for sand og grus

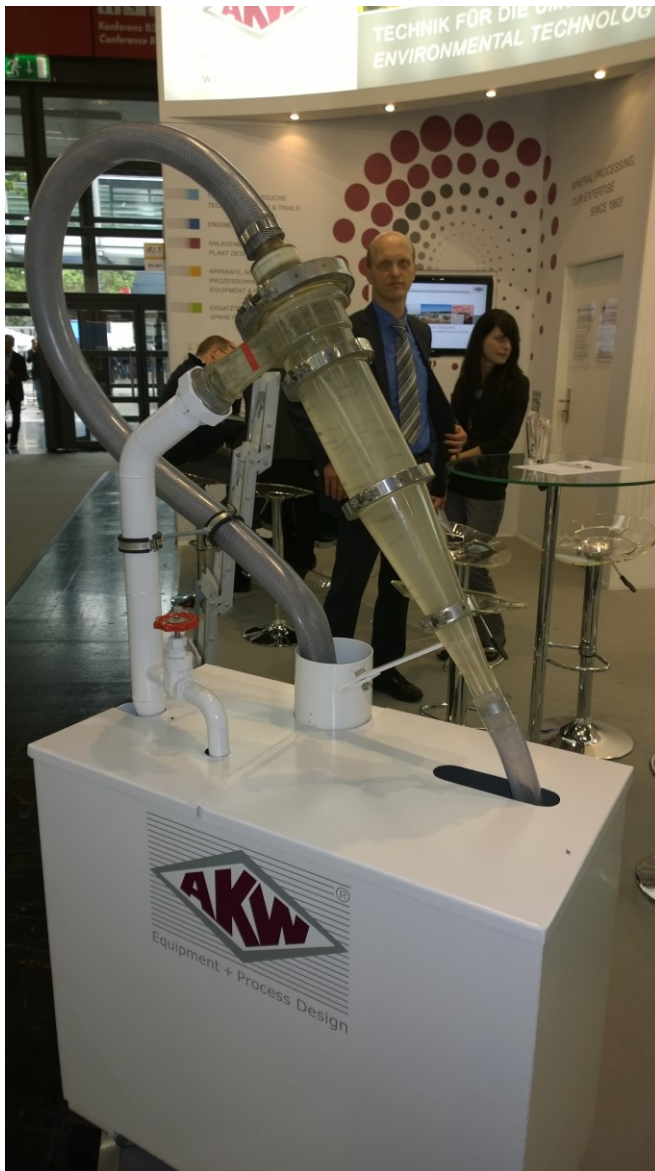


Sedimentationstanke blev også forsøgt anvendt til fraskilning af plast – plast svømmer ovenpå

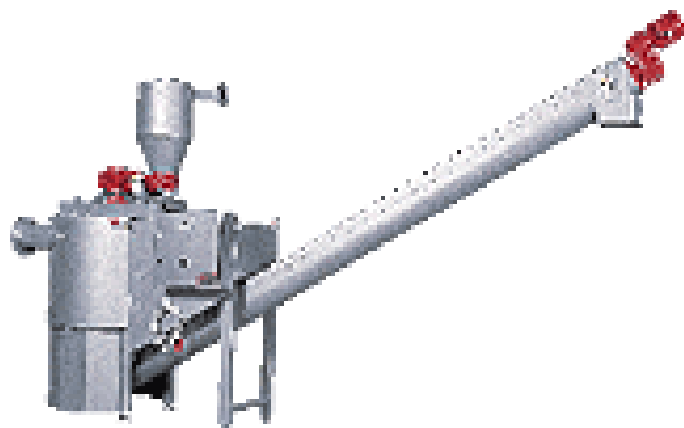
- 6. Finneddeling af substratet** med henblik på at øge biogaspotentiallet og frigøre sand – med en maskine kaldet en **Minimizer** (gravitationsdisintegrator).



7. Udskilning af sand og glas fra substratet med sandudskiller (hydrocyklon), og sandvasker.



Billede af hydrocyklon – forsøgsopstilling uden sandvasker



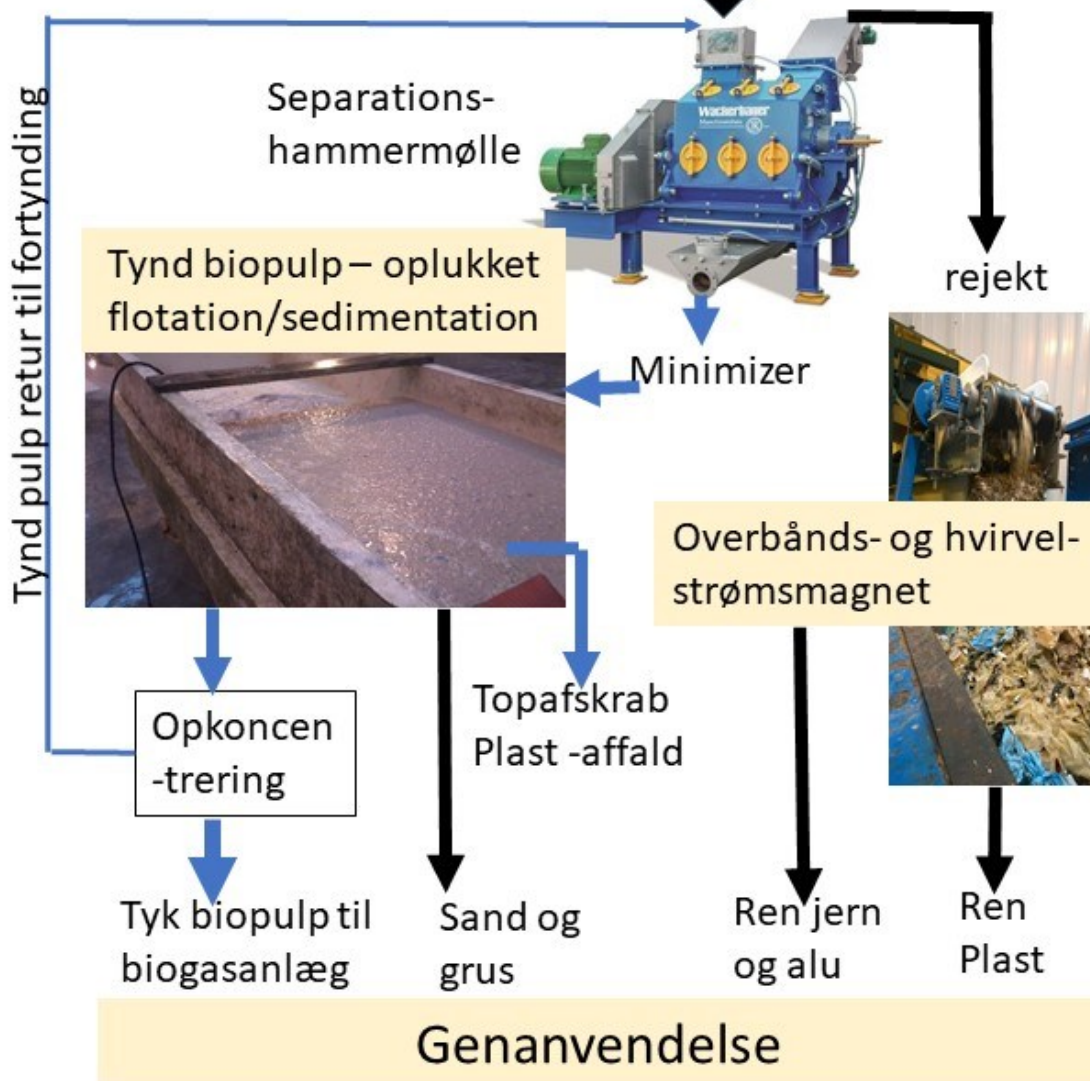
Billede af sandvasker

Planlagt behandlingsanlæg til madaffald NC miljø

Modtagelse af madaffald på gulv/silo



Læsning i på-Slag til hammermølle med gummiged med grovsigte /neddeler



3. Forsøgsopstillinger

Med udgangspunkt i det planlagte behandlingsanlæg for madaffald har det været nødvendigt at gennemføre en lang række test af ”opfindelser” for at verificere funktionsdygtigheden af de enkelte løsninger. Nedenfor en gennemgang af hovedparten af de undersøgelser, der er foretaget:

- a) **Separationshammermølle alene:** Der er udført forsøg med to hammermøller. **En forsøgsmølle**, leveret af Nordic BioEnergy ApS, og en hammermølle fra Haarslev Maskinfabrik A/S, benævnt en **Waste Food Depacker hammermølle**. Forsøgsmøllen udviste meget flotte resultater mhp. renheden af rejektet, men kapaciteten var mindre tilfredsstillende på opstillingen i Ørbæk, så da anlægget skulle flyttes til Nyborg for at kunne modtage større mængder emballeret madaffald, blev der valgt en ”Waste Food Depacker” hammermølle dér

Erkendelserne af arbejdet med begge hammermøller og erfaringer indhentet fra andre behandlere af Kildesorteret Organisk Dagrenovation (KOD) er, at de vigtigste parametre for fremstilling og **indstilling af en separationshammermølle** er følgende:

- **Størrelsen af affalds’klumperne’** og den **jævne indfødning** er vigtige for den bedste funktion af hammermøllen
- **Antal og form af hammere** på hammermøllen. Det siger sig selv, at store, grove hammere giver større stykker i rejektet og ikke så god udskilning af det organiske indhold. Små hamre giver derimod små stykker plast, og en tendens til at flere små plaststykker havner i Biopulpen (stærkt afhængig af hammernes periferihastighed), men i øvrigt en god udskilning af det organiske. Små hamre er også mere sårbare over for fremmedlegemer
- **Store stykker emballage** i rejektet er et problem, hvis man skal sortere metaller fra, fordi plast bliver hængende på metallet
- **Omdrejningstallet på rotoren** er endvidere vigtigt for funktionen. Her blev der kørt omdrejninger fra 400-800 RPM. Dog kunne man kun indstille omdrejningstallet på forsøgsmøllen. Det kan stærkt anbefales, at en hammermølle udstyres med **frekvensomformer**, så omdrejningstallet kan ændres efter affaldstype
- En hammermølles funktion kan således optimeres mere ved at ændre på form og antal af hammere samt hastighed
- **Udformningen af soldet** omkring hammermøllens rotor, herunder måden hvorpå **rejektet bliver ledt ud** af soldet, er endvidere vigtig for funktionen. Forsøgshammermøllen har frit udløb i enden, mens Waste Food Depackeren har udkast foroven til siden. Det frie udløb giver tilsyneladende et bedre flow i maskinen. Længden af soldet er ligeledes en væsentlig faktor. Det samme gælder **hullernes størrelse samt tæthed**. Forsøgsmøllen har en hulstørrelse på 11 mm, mens Depackerens huller har en størrelse på 14 mm (der er også forsøgt med ø12 mm (er nu standard på hammermøllerne), men det reducerer maskinens kapacitet). Det var tydeligt, at der ved 14 mm kom mere plast i Biopulpen, men kapaciteten var til gengæld højere

- **Tilsætning af væske under drift** er helt afgørende for en tilstrækkelig god separation. For lidt væske betyder dårlig separation og snasket rejekt, men højt tørstof i Biopulpen. For meget væske betyder lavt tørstof i Biopulpen, og her sættes den naturlige grænse for, hvor meget væske man kan tilsætte. Biopulpen bliver også så tynd, at det ikke lønner sig at anvende det i biogasanlæg. Til gengæld får man oftere et renere rejekt, men for det meste mere plast i Biopulpen
 - Betydningsfuldt er det ligeledes, hvor væsken tilsættes i hammermøllen. Meget tyder på, at en **tilsætning af væske kort efter indløb** er et godt sted. Her skilles affaldet ad, således at det kan blive vasket. Til slut i hammermøllen og helst i centeret gennem rotoren **tilsættes rent vand**, som afslutningsvist kan skylle rejektet 'rent'. Mængdestyringen af væsketilførselen er vigtig for at opnå en konstant høj kapacitet og kvalitet af Biopulp og rejekt. Her kommer den menneskelige erfaring ind som en særdeles vigtig faktor, idet en automatisk styring ikke klarer det alene
- b) **Hammermølle + tank/sedimentation/flotation på substrat.** Som næste skridt blev der etableret en sedimentationstank for Biopulpen med henblik på at udskille sten, sand og glas samt plast. Formålet var at få plasten til at flyde ovenpå og sten, sand plus glas til at sedimentere på bunden af tanken. Den påtænkte funktion lykkedes delvist, men det viste sig hurtigt, at der skulle **en kæmpe stor tank** til for at kunne udøve funktionen med Depacker hammermøllens kapacitet – omkring 10 tons per time
- c) **Hammermølle + tanke osv. + opkoncentrering.** For at øge sedimentations- og flotationsevnen i sedimentationstanken blev den idé forfulgt, at der ved **fortynding af Biopulpen** kunne opnås bedre resultater. Denne fortynding indebar imidlertid, at Biopulpen – efter sedimentationen – skulle **opkoncentreres**. Ellers var der ikke økonomi i at transportere Biopulpen til biogasanlæggene – som hovedregel skulle tørstoffet i Biopulpen være > 15 pct. tørstof. Dette kunne godt lade sig gøre, men opkoncentringsudstyret var dyrt i indkøb og udsat for meget slid. Som alternativ til sedimentation blev der udført forsøg med en **hydrocyklon**, som viste sig ret effektiv til udskillelse af sten, sand og glas, mens plast ikke kunne udskilles på denne måde. Så **plastrensningen af biopulpen forblev et problem**. Plastindholdet kunne dog holdes nede grundet de mange forsøg, således at biopulpen kunne afsættes til biogasanlæg og behandlingen af de stigende mængder madaffald kunne gennemføres i Nyborg
- d) **Som c) + plastrensning med forsøgshammermøllen.** Rejektet fra Depacker hammermøllen blev i første omgang transporteret bort af **et gummibånd, udstyret med en overbåndsmagnet**, hvor metaldele blev frasorteret (desværre fulgte også en del plast med i metalfraktionen, idet det hang fast i metallets skarpe kanter, større stykker blev imidlertid sorteret fra manuelt). Hovedparten af plasten gik i en container, som blev kørt til et forbrændingsanlæg, altså ikke den ønskede genanvendelse! Derfor blev der foranstaltet forsøg med **rensning af plasten**, med henblik på genanvendelse i plastindustrien. Der blev udført forsøg med **forsøgshammermøllen**, og rent faktisk kunne den rengøre plasten tilstrækkeligt til genanvendelse, men sliddet på forsøgsmøllen var for højt. Denne metode blev derfor i første omgang opgivet. Den har under alle omstændigheder potentialet til videreudvikling
- e) **Hammermølle + hydrocyklon for sten og glas.** Næste udviklingstrin blev opbygningen af et regulært **hydrocyklonsystem** til udskillelse af sten, sand og glas til erstatning for sedimentationstanken. **Opkoncentreringssystemet** blev ligeledes opgraderet, således at behandlingseffektiviteten for Biopulpen svarede til kapaciteten fra Depacker hammermøllen. Fra at være et forsøg blev det opgraderet til **et produktionsanlæg**. Heri indgår også **en separator og pumper**. Hermed var der kun to udestående problemer: 1) **fraskillelse af plast fra Biopulpen**, - 2) **rengøring af rejektet og genanvendelse heraf**

- f) **Som e) + special plastfjerner.** På dette tidspunkt – medio 2015 - var det aktuelt at opbygge de nye anlæg på hhv. Heden og Holsted biogasanlæg. På Heden anlægget blev der til fjernelse af plast installeret en **plastfjerner**, og de indledende forsøg blev foretaget med gode resultater til følge. Denne metode blev efterfølgende også installeret i Holsted. Med denne plastfjernelse kan kravene til lavt plastindhold imødekommes (jf. side 23)
- g) **Som f) + plastrensning.** Vedrørende kvaliteten af platen i rejktet har der været store vanskeligheder med at finde en brugbar metode til rensningen. Der er foretaget forsøg med en **vådvaskning i rotorsigte**, og flere undersøgelser vedr. tørrensning med **tromler**. I skrivende stund (juni 2017) opbygges **et plastrensningsanlæg**, som skal testes. Dette anlæg er valgt ud fra positive forsøg hos leverandøren, hvorfor forventningen er, at plastrensningen vil være succesfuld (jf. side 23)

Opsamling

Sammenfattende kan det konkluderes omkring hammermøllefunktionen, at mange parametre spiller ind på den optimale funktion. Derfor er **drift og driftspersonalets erfaringer** helt afgørende for, hvordan man empirisk indstiller ovennævnte parametre. Der er desuden stadig et potentiale for forbedringer af separationsfunktionen.

Depacker hammermøllen havde fra starten en temmelig høj kapacitet, men renheden af både Biopulpen og rejktet var ikke god nok. Der blev foretaget forskellige modifikationer af Depacker hammermøllen mhp. at øge renheden af Biopulpen og rejktet. Det blev hurtigt erkendt, at der måtte **en efterbehandling** til på begge produkter (Biopulp og rejkt) for at kunne leve op til renhedskravene, stillet af Myndigheder og Landbruget. Depacker hammermøllen viste sig til gengæld at være rimelig robust og levede umiddelbart op til kravet om lavt vedligehold.

4. Målinger og analyseresultater

Forsøgsanlægget var opstillet i en hal i Nyborg. Nedenstående foto viser interiør herfra.



I hallen blev der modtaget emballeret madaffald, udviklet på maskinudstyret, og forsøgene samt målingerne blev udført her.

Sideløbende med de forskellige forsøgsopstillinger har der været foretaget målinger af forskellige parametre. Dog er mange af beslutningerne taget på grundlag af visuelle indtryk og 'mavefornemmelser'.

Der er i projektperioden løbende foretaget målinger og konkrete vurderinger af en række parametre på forbehandlingsanlægget, som beskrives i det følgende:

4.1 Kapacitetsmåling

Denne måling er hovedsagelig sket ved optælling/vejning af læssemaskinens skovlindhold. Hermed kunne det ret let fastslås, hvor mange skovfulde emballeret madaffald anlægget kunne håndtere. Målet var oprindeligt for Waste Food Depackeren at opnå en kapacitet på op mod 20 tons/time, men kapaciteten måtte sænkes til 10-12 tons/time for at opnå en fornuftig renhed af rejektet og et tilstrækkelig højt tørstof i Biopulpen. Det skal understreges, at kapaciteten afhænger meget af typen af affald, hvorfor de forskellige typer af affald, der ankommer til anlægget, med fordel kan blandes, således at der bliver en mere homogen masse til indfødning i hammermøllen.

4.2 Tørstofmåling

Da anlægget i Nyborg var et stand-alone anlæg uden biogasanlæg i tilknytning, var kravet om højt tørstofindhold en meget vigtig faktor. Det er logisk, at jo mere tørstof, jo mere biogas, og transportomkostningen bliver tilsvarende mindre. I perioder lykkedes det at få tørstofindholdet op på ca. 18 pct., men ulempen var, at rejektet blev meget snakket/beskidt. Derfor er det realistiske niveau rettere omkring 14 pct. tørstof. I øvrigt er det heller ikke et problem, når biogasanlæg er placeret som nabo til forbehandlingsanlægget, hvorved Biopulpen kan pumpes direkte over i biogasanlægget og altså ikke skal transporteres. Nedenstående skema viser en række målinger af tørstofindholdet i Biopulpen:

| dato | 05.01.2017 | 04.01.2017 | 22.07.2016 | 23.03.2016 | 19.03.2016 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tørstof pct. | 13,8 | 13,3 | 15,6 | 18,6 | 15,5 |

Som tallene også viser, er forbehandlingsanlægget i stand til at producere en ensartet Biopulp, selvom der er stor variation i det modtagne emballerede madaffald. Men indholdet af urenheder er et problem og er den største udfordring, specielt fjernelse af de små plaststykker, som Biopulpen indeholder i større eller mindre omfang, og som også er afhængig af separationshammermøllens indstilling.

4.3 Biogaspotential

Der er foretaget mange tilnærmede bestemmelser af biogaspotential, og estimaterne har ligget fra lidt under 100 m³ til op mod 200 m³ biogas/ton. Den store variation skyldes delvis måleusikkerhed, men væsentligst variation i tørstofindhold og sammensætning af samme (afgørende er, hvor meget fedt det aktuelle madaffald indeholder).

Efterhånden som de behandlede mængder steg, kunne behandlingsanlæggene producere en mere ensartet sammensætning (ved bl.a. at sortere i affaldet, når det blev tilført separationshammermøllen). Den 23. november 2016 blev der således udtaget to repræsentative Biopulp prøver og foretaget bestemmelse af biogaspotential på et anerkendt og uafhængigt laboratorium. Udrådningen blev foretaget i henhold til den mest anerkendte tyske norm VDI 4630, som er en batch udrådning på 35 dage ved 37°C (denne norm giver et biogasudbytte, der erfaringsmæssigt svarer godt til det biogasudbytte, der kan opnås i praksis på fuldskala-anlæg).

For hver prøve er der foretaget tre gentagelser, hvorfor det opnåede biogasudbytte må betragtes som ret sikkert. Følgende resultater er opnået:

| 32.11.2016 Biopulp | Tørstof % TS | Org. tør- Stof,OTS % af TS | Udbytte NmCH ₄ / Kg oTS | NmCH ₄ / ton biopulp | CH ₄ % | Standard -afvigelse i % | M ₃ biogas/ton biopulp |
|-----------------------|-----------------|----------------------------------|--|---------------------------------------|-------------------|-------------------------------|---|
| Prøve 1 | 15,7 | 88,5 | 0,507 | 70 | 57 | 3,8 | 123 |
| Prøve 2 | 16,6 | 89,5 | 0,524 | 78 | 57 | 0,6 | 138 |

Det er værd at bemærke, at det organiske indhold i tørstoffet er meget højt i forhold til husdyrgødning, hvilket fortæller, at materialet er rimeligt rent (indeholder kun 10 % uorganisk materiale som sand, sten, plast etc.). Som det ses, har standardafvigelsen været meget lille, hvorfor bestemmelserne må antages at være retvisende.

Biogasudbyttet er bestemt ved batch udrådning, og den løbende biogasproduktion er målt og optegnet som en sumkurve. En sådan kurve fortæller, hvor hurtigt biogassen produceres. Biopulpen er bemærkelsesværdig derved, at produktionen af biogas sker hurtigt. Allerede efter 8 dage er 86 % af biogassen produceret. Efter 10 dage er 90 % opnået. **Biopulpen er således et ukompliceret inputmateriale at anvende i biogasanlæg**, selv i anlæg der kører med kort opholdstid.

Grunden til, at Biopulp ikke altid er så populær, er, at der har været problemer med indholdet af især plast, som logisk ikke ønskes udbragt på landbrugsjord. Bestræbelserne på at reducere/fjerne plast fra Biopulpen har været og er en af de mest påtrængende og krævende opgaver.

4.4 Biopulpkvalitet og renhed

Biopulpens renhed, specielt hvad angår indholdet af plaststykker, er vigtig for accepten af Biopulpen som inputmateriale i biogasanlæg, der leverer gødning til landbrugsjord.

4.4.1 Metoder til fjernelse af urenheder

Den rå Biopulp fra separationshammermøllen har for højt indhold af glas, sand og grus samt mange små plaststykker, til at den kan accepteres som gødning på landbrugsjord. Glas, sand og grus kan relativt nemt og effektivt fjernes med **en hydrocyklon**.



En hydrocyklon - rigtigt designet og indstillet samt drevet - fjerner meget effektivt glasstykker, grus og sand større end ca. 1 mm – silt og ler forbliver i pulpen, men er i reglen ikke noget problem, da dette forbliver i suspensionen, selv når det bliver udrådnat i biogasreaktor - substratet bliver tyndere.

Som nævnt har flere ideer for fjernelse af plast været afprøvet med mere eller mindre succes:

- **Flotation af plast** kunne delvis fungere, men Biopulpen skulle være tynd, hvilket er i modstrid med ønsket om en høj tørstofprocent for at reducere transportomkostningerne. Der blev udført småskala- forsøg med lufttilsætning for at øge flotationseffekten, og der kunne faktisk opnås en rimelig fraskilning af små plaststykker



I mindre skala ved omkring 2 m³ per time kan der komme sedimentation/flotation på tale, men ved 10-20 m³ per time bliver sedimentationstankene for store og uhåndterbare.

NC miljø gik i første omgang bort fra denne løsning.

- **Sigtning på sold eller anvendelse af skruepresser** blev også forsøgt med forskellige hulstørrelser. Det viste sig ret hurtigt, at der sker en fraskilning af plast, men der følger også store mængder organisk materiale med - med den konsekvens, at der fjernes store mængder biogaspotentiale fra Biopulpen



En skruepresser arbejder med materiale med et rimelig højt tørstofindhold og kan kun sigte med tykt materiale, hvorfor der ved presning ikke opstår en deling mellem større organiske partikler og småstykker plast. Metoden er således ikke anvendelig.

- En variant er **sigtning/sortering af tynd Biopulp**. Hertil er der udviklet specielle separatorer, og det har vist sig, at en sådan separator i kombination med en separationshammermølle giver en renhed af substratet, der opfylder myndigheds- og landbrugskravene.

En sådan type separator er monteret på begge anlæg, henholdsvis i Heden og Holsted. Selve opbygningen af systemet har dog krævet et separat udviklingsarbejde, før den fulde og tilfredsstillende funktion blev opnået.

4.4.2 Målinger af plasturenheder

For at kunne bestemme kvaliteten af Biopulpen med hensyn til plastindholdet er det en nødvendig forudsætning at have en målemetode, som er anerkendt af myndigheder og aftagere af Biopulpen. Kun få lande har beskæftiget sig hermed. I projektet har vi skelet især til de svenske bestemmelser, som benævnes SPCR120 – se litteraturliste: Certificeringsregler for Biogödsel.

Men også de engelske - BSI PAS 110 - er værd at se på/konsultere. Tyskland har kvalitetskriterier, defineret i RAL-GZ-245, som angiver, at der max. må være 0,5 vægtprocent urenheder af tørstoffet, når der sigtes på 2 mm sold, hvis Biopulpen ønskes anvendt som gødning på landbrugsjord.

I Danmark er der også 'udviklet' metoder til bestemmelse af plastindhold. Teknologisk Institut, Kemi-og Bioteknik, har udarbejdet en metode, som er beskrevet i projektet "Anvendelse af organisk affald i biogasanlæg" – reference 2 i litteraturlisten.

Hvilken metode, der er den foretrukne, er endnu ikke besluttet i Danmark. Den svenske metode anvendes af NC Miljø A/S.

Indholdet af plast i Biopulp fra Heden og Holsted er løbende blevet målt efter den svenske metode SPCR120, og nedenstående skema viser et par målinger:

| dato | 04.01.2017 | 05.01.2017 |
|------------------------|------------|------------|
| cm ² /liter | 18 | 15 |

Som tallene viser, ligger plastindholdet under 20 cm²/liter, som er den svenske grænseværdi. Disse værdier kan løbende overholdes. Men det har taget mange måneder at forbedre anlægsteknikken hertil. Status er således, at anlæggene i dag kan overholde de svenske normer, og det påregnes, at de danske normer bliver tilsvarende.

4.5 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer samt plantenæringsstoffer

Vedr. indholdet af tungmetaller i Biopulpen er der foretaget adskillige analyser. Alle analyser har ligget under grænseværdierne, der er angivet i bekendtgørelsen om anvendelse af affald til jordbrugsformål.

Her gengives en måling fortaget i 3. kvartal 2016 på en blandeprøve fra denne periode

| | | | |
|-----------------------|---|--------------------------------|---------------------------------|
| LAB nr: | 16-23959 | Prøvetager: | AnalyTech Miljølaboratorium A/S |
| Prøvemærkning: | 3. kvartal 2016 - MFS | Prøvetagningsmetode: | M-0068 |
| Prøvetype: | Våd slam | Prøvetagningstidspunkt: | - |
| Prøvested: | NC Miljø, Holsted | Prøvetagningssted: | |
| Grænseværdier: | Slambekendtgørelse nr. 1650 d. 13.12.2006 | Analyseperiode: | 30.09.2016 - 17.10.2016 |

| Analyseparameter | Resultat | Min | Max | Udenfor | D.L. | Metode/Reference | +/- |
|---------------------------------|----------------------|-----|-------|---------|-------|----------------------|-----|
| Tørstof | 15.2 % | - | - | | 0.002 | M-0008 DS 204 | 10% |
| Glødetab | 888000 mg/kg TS | - | - | | 20 | M-0008 DS 204 | 10% |
| Total-P | 4570 mg/kg TS | - | - | | 1 | M-0071 DS 259/KCP | 10% |
| Total-N | 29900 mg/kg TS | - | - | | 100 | M-0046 NP 1975-6 | 10% |
| Bly | 1.7 mg/kg TS | - | 120 | | 0.2 | M-0071 DS 259/KCP | 10% |
| Cadmium | <0.02 mg/kg TS | - | 0.8 | | 0.02 | M-0071 DS 259/KCP | 25% |
| Kobber | 27 mg/kg TS | - | 1000 | | 0.2 | M-0071 DS 259/KCP | 10% |
| Zink | 92 mg/kg TS | - | 4000 | | 1 | M-0071 DS 259/KCP | 10% |
| Nikkel | 4.6 mg/kg TS | - | 30 | | 0.1 | M-0071 DS 259/KCP | 10% |
| Chrom | 4.3 mg/kg TS | - | 100 | | 0.1 | M-0071 DS 259/KCP | 10% |
| Kviksølv | <0.1 mg/kg TS | - | 0.8 | | 0.1 | M-0026 DS 259/EN1483 | 10% |
| Bly | 370 mg/kg P | - | 10000 | | 80 | Beregning | 10% |
| Cadmium | <10 mg/kg P | - | 100 | | 10 | Beregning | 25% |
| Nikkel | 1010 mg/kg P | - | 2500 | | 50 | Beregning | 10% |
| Kviksølv | <1 mg/kg P | - | 200 | | 1 | Beregning | 10% |
| LAS | <50 mg/kg TS | - | 1300 | | 50 | M-0177 HPLC-UV | 15% |
| PAH Sum MFS | Ikke påvist mg/kg TS | - | 3 | | 0.2 | M-0130 GC-MS | 15% |
| NPE sum | 8.41 mg/kg TS | - | 10 | | 0.3 | M-0130 GC-MS | 15% |
| DEHP (Di(2-ethylhexyl)phthalat) | 2.75 mg/kg TS | - | 50 | | 0.5 | M-0130 GC-MS | 15% |

Bemærkninger:

Der er ikke fundet resultater uden for de anførte min- og maxgrænser.
 Delprøver: 6/7 28/7 17/8 7/9-2016

Generelt kan det siges, at Biopulpen - i henhold til målinger foretaget over et år - er fuldt forsvarlig at bruge som input til biogasanlæg.

Indholdet af plantenæringsstoffer NPK ligger på niveauet:

N kvælstof: 4,4 kg/ ton frisk materiale
 P fosfor: 0,5 kg/ ton frisk materiale
 K kalium: 2,5 kg/ ton frisk materiale

For N og K svarer indholdet til det i svinegylle, mens P indholdet er ca. det halve.

Da kvælstofindholdet er det retningsgivende for værdien af det afgassede materiale, kan det siges, at Biopulpen svarer i gødningsværdi til svinegylle, som efter afgasning er en organisk gødning, hvor hovedparten af kvælstoffet befinder sig på ammonium- form og derfor kan regnes for fuldt tilgængelig for planterne. *Det er en god ressourceudnyttelse.*

4.6 Rejekt

Der har været arbejdet meget med rejektet fra hammermøllen (emballagen). Problemet med rejektet er, at det kan indeholde andet end plast, nemlig metaller som jern, aluminium samt papir/pap og organisk materiale. Fugtigheden af rejektet er også en vigtig parameter. Med hensyn til metaller har hammermøllen fra starten været udstyret med **en overbåndsmagnet**, som frasorterer jernet. Dette system fungerer udmærket. Blot er der det problem, at en del plast går med jernet i metalfraktionen (hænger i), så en del plaststykker må sorteres med hånden. Tilsyneladende er det ikke noget problem for modtageren af metalaffaldet, at der er lidt plast imellem. Dette forhøjer kun brændværdien af jernet ved omsmelting og forsvinder fuldstændig, men det er selvfølgelig spild af mulig genbrugsplast. En forbedring af metallets renhed – mere udsortering af plast – kan gøres, ved at hammermøllen producerer **mindre plaststykker i rejektet = flere hammere og højere hastighed på rotoren** og dette forsøges løbende optimeret.

4.6.1 Aluminium

Mængden af aluminium i madaffaldet har vist sig at være ganske ringe, hvorfor der ikke på anlægget har været frasortering af aluminium. De små mængder aluminium er således gået i plastaffaldet og dermed til forbrænding. Plasten, indeholdende aluminium, må, når den vaskes, fjernes i det vaskede/rengjorte plast. Dette er endnu ikke forsøgt, men det formodes, at dette let kan gøres med **en hvirvelstrømsmagnet**.

4.6.2 Organisk materiale

Det altovervejende problem med rejektet er indholdet af organisk materiale (altså plasten er snasket til). Her er der foretaget adskillige forsøg for at reducere/fjerne det organiske materiale :

1. **Tilsætning af vaskevand i forsøgshammermøllen.** Der blev tilsat rent vand i centret af rotoren i output-enden (de sidste 30 cm), således at rejektet (plasten) blev vasket. Det virkede, og der var planer om at bruge varmt vand, som sikkert ville have forbedret rengøringen af plasten. Men kapaciteten var for lille, og metoden kom ikke i praktisk anvendelse
2. **Rengøring med forsøgshammermøllen.** Rejektet fra Food Waste Depackeren blev tilført forsøgshammermøllen. Testene viste, at plasten kunne rengøres og havde en kvalitet, der muliggjorde genbrug, men kapaciteten af forsøgsmøllen til ren plastvask var for lille, og sliddet på hammerne var stort, så denne metode blev opgivet i første omgang
3. **Rensning af rejektet i en rensedomle** (en tromlesigte, som er monteret med dysser indvendigt, der sprøjter vand ind over plasten). Denne metode havde i forsøgene en vis effekt, men der skulle andre tiltag til, så som varmt vand og tørring af plasten efterfølgende. Forsøgene gav dog grundlag for at søge **en kommerciel plastvasker**, som her per maj 2017 er monteret på Heden anlægget. *De foreløbige resultater med plastvaskeren er, at plasten kan rengøres til et niveau, som plastgenbrugsindustrien vil acceptere. Der mangler dog stadig meget udviklingsarbejde, for at det samlede system er driftsstabilt.*

4.6.3 Plast samt sten, sand og glas

Andre vigtige parametre – udover renhed – er størrelsen af plaststykkerne og typen af plast. *I første omgang er det besluttet ikke at beskæftige sig med den del af plastoparbejdningen, idet andre firmaer allerede har implementeret løsninger hertil.* Den vaskede og tørrede plast kan således aftages af firmaer, der oparbejder genbrugsplast til granulat.

Mængden af våd plast (råt rejekt fra separationshammermøllen) i affaldet udgør 15-30 % vægtprocent – heraf udgør vand en væsentlig del af vægten.

Når plastaffaldet køres til forbrændingen, skal der betales et gebyr på 450 - 650 kr. per ton. Derimod kan der opnås en væsentlig positiv salgspris ved levering til plastgenbrug. Det er logisk, at genbrug af plasten i rejektet kan forbedre økonomien i forbehandling af madaffald væsentligt, under forudsætning af, at omkostningerne til plastvask er relativt lave.

I **hydrocyclonen** fraskilles sten, sand og glas. Det har en pæn renhed og kan uden videre anvendes til produktionen af genbrugsglas. Pt. aftager **Reiling Recycling, Næstved** dette materiale.

4.7 Energiforbrug

Energiforbruget ved forbehandlingsanlægget har stor betydning for økonomien. Som gennemsnit for Heden og Holsted anlæggene er energiforbruget målt til mellem 18-22 kWh pr. ton. Dette inkluderer det totale forbrug på hammere, pumper, hydrocycloner og opkoncentrering. Hovedparten af elforbruget stammer fra hammere og indføddning af affaldet (de store snegle der trækker affaldet op i hammere). Der er foretaget foranstaltninger for at reducere energiforbruget til Food Waste Depackeren, men resultaterne foreligger ikke endnu. *Energiforbruget kan altså godt blive lavere ved yderligere optimering af hammerekonstruktion og driftsmåde.*

4.8 Vandforbrug

Tilsætning af væske i hammermøllen er utrolig vigtig for næsten alle forhold omtalt ovenfor. Der er foretaget forsøg med tilsætning af væske forskellige steder i hammermøllen. Direkte i indfødingen, - tilførselsrør (der tilføres væske ind i flere steder langs rotoren), flere steder i soldet omkring rotoren og tilsætning via drejeunion gennem rotorens aksel. Hovedmængden af vand, der tilsættes, er recirkulat fra opkoncentreringen af Biopulpen, men normalt må der også tilsættes en mindre mængde rent vand gennem drejeunionen (gennem akslen i rotoren hvorpå hammerne sidder) for at få vandbalancen til at gå op. Styringen af vandtilsætning i form af recirkulat og rent vand varierer hen over året, da bl.a. affaldets fugtighed varierer over året. Der skal således megen erfaring til at indstille vandtilsætningen. Der er udført forsøg med måling af tørstofindholdet i Biopulpen for derudfra at styre tilsætningen af væske, men denne metode er kun delvist lykkedes. *En videreudvikling af vandtilsætningsmetoden vil være ønskelig.*

5. Beskrivelse af det udviklede forbehandlingsanlæg

Efterfølgende flowdiagram, side 29, viser det af NC Miljø A/S udviklede forbehandlingsanlæg, som i dag er i drift som selvstændige enheder på henholdsvis Heden og Holsted biogasanlæg. Anlæggene er den kommercielle basis for NC Miljø A/S, og er resultatet af det længerevarende udviklingsarbejde under bl.a. MUDP 2012:

Der modtages emballeret madaffald fra hovedsageligt supermarkeder, men der kommer også en del fra fødevarer virksomheder. Affaldet tilkøres med komprimatorbiler/containerbiler eller som pallearer.

- **Madaffaldet aflæsses indendørs** i hallen, som er ventileret, på en modtageplads, hvor det ligger på lager, indtil læsemaskinen (gummiged) lægger råaffaldet i fødesiloen (silo hvorfra en stor snekl tager materialet) hvorfra hammermølles fødes i den takt, møllen kan behandle affaldet. Ved læsning heraf foretages samtidig visuel overvågning for store genstande, som hammermøllen ikke har godt af. Disse genstande frasorteres manuelt. Yderligere bliver typen af affald, der læsses i fødekassen, overvåget og vurderet, så der foretages en selektiv udvælgelse med henblik på at få en mere ensartet føddning af hammermøllen.
- **Neddeling og separation foretages af separationshammermøllen og overbåndsmagnet:** Emballeret madaffald tilføres hammermøllen, der indeholder et sold på 12 mm (som er et krav i biproduktforordningen nr. 1069/2009) og knuses under samtidig tilførsel af procesvand og rent vand. Der blandes emballeret madaffald og procesvand i forholdet ca. 80 % madaffald og ca. 20 % procesvand, hvilket resulterer i en **Biopulp med et tørstofindhold på ca. 14%**

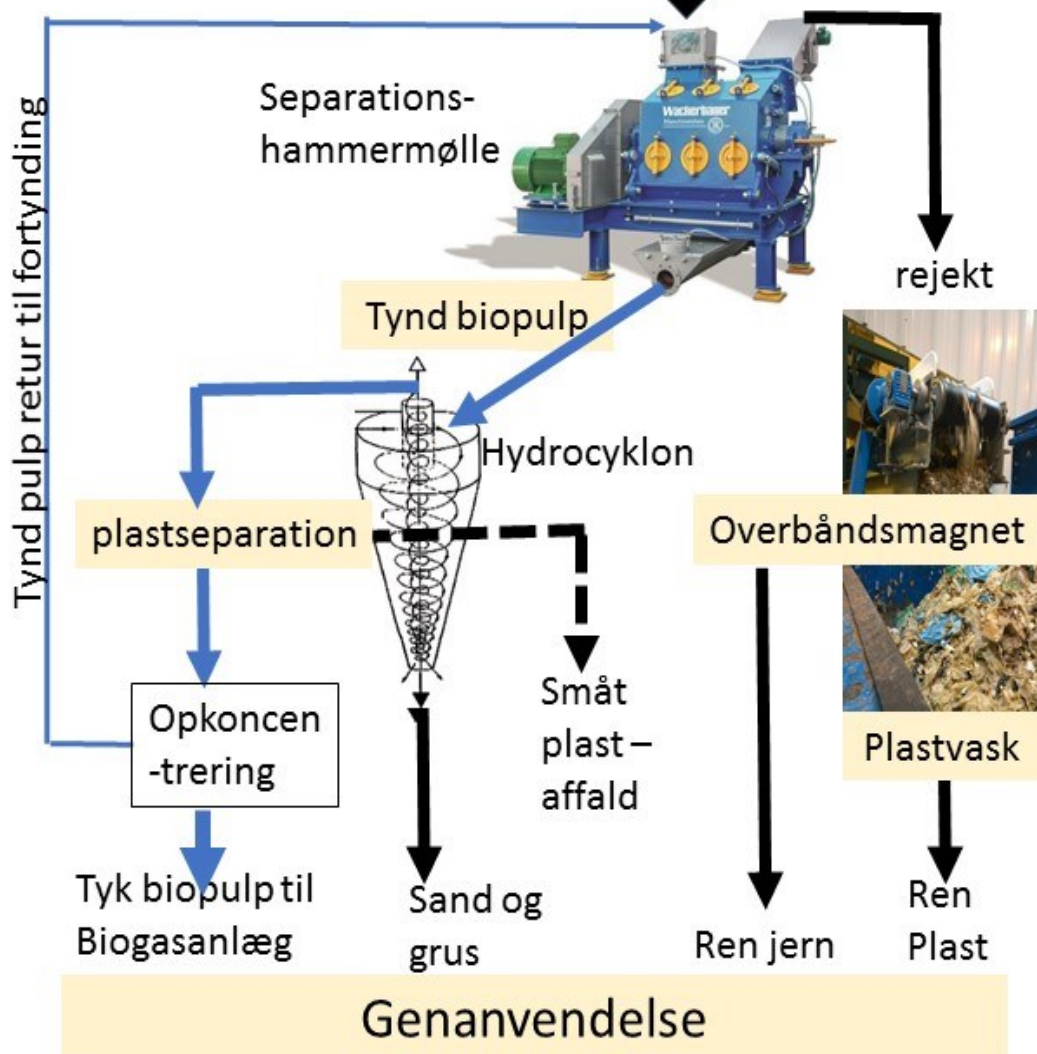
1. **Rejektet** fra hammermøllen går på **et transportbånd**, hvor
 - a. **metaldele** (udgør ca. 1 %) frasorteres vha. **overbåndsmagnet** og ledes til separat container. Her frasorteres større plaststykker, der er fulgt med metallet
 - b. **Resten af rejektet** - hovedsageligt plast - ledes til **plastvaskeanlæg** hvor plasten rengøres med henblik på genanvendelse. Plastvaskeanlægget er stadig under udvikling, hvorfor en del af rejektet endnu går direkte i en container, som køres til forbrænding
2. **Biopulpen er ikke ren nok til at bruges som inputmateriale til biogasanlæg, hvorfor en yderligere behandling er nødvendig:**
 - a. **Hydrocyklon:** Her sker frarensning af glas, sten og sand, men ikke de små plaststykker. Rigtigt indstillet og drevet er det en effektiv måde at fjerne tunge partikler fra Biopulpen på. Erfaring er meget vigtig for at opnå et godt resultat
 - b. **Plastseparator:** En speciel separator, der arbejder som vådsigte med assistance af vakuum. Dette medfører, at biopulpen kan renses for plast, så kravet om synlige urenheder overholdes.
 - c. **Opkoncentrering:** Den rensede, tynde biopulp er ikke økonomisk at bruge direkte som inputmateriale i biogasanlægget, idet der er for meget vand (>90%vand), og slet ikke økonomisk at transportere. Da separationshammermøllen også skal bruge procesvand, er der indsat en opkoncentreringsenhed, som deler den tynde biopulp i to strømme:
 1. **Procesvand** med tørstofindhold på mindre end 5 %, som føres tilbage til hammermøllen via en buffertank.
 2. **Tyk Biopulp med et tørstofindhold på ca. 14 %**, og som er et efterspurgt inputmateriale til biogasanlæg

Etableret behandlingsanlæg for madaffald-NC miljø

Modtagelse af madaffald på gulv/silo



Læsning i på-Slag til hammermølle med gummiged



6. Diskussion og perspektiv

I Danmark er det politiske mål for genanvendelse af organisk affald fra servicesektoren som bekendt minimum 60 pct. i 2018. Hvis dette mål skal nås, spiller genanvendelse af emballeret madaffald en vigtig rolle, nemlig som hhv. Biopulp til biogasanlæg (vedvarende energi og næringsstoffer til landbruget) og som rejekt (genanvendelige materialer som plast, metaller, glas, sand og grus). Både det her beskrevne udviklingsprojekt under MUDP 2012 ordningen og det etablerede behandlingsanlæg for emballeret madaffald i NC Miljø A/S har selvsagt haft disse forhold som direkte baggrund og forudsætning.

Nedenfor forsøges foretaget en kort vurdering og diskussion af resultatet af udviklingsarbejdet under MUDP 2012, nemlig de vigtigste aspekter ved det etablerede behandlingsanlæg. Dernæst berøres nogle af de væsentligste spørgsmål inden for de overordnede perspektiver i den cirkulære økonomi.

Kort vurdering og diskussion af etablerede behandlingsanlæg

De to udestående problemer:

- 1) **Fraskillelse af plast fra Biopulpen (med en plastfjerner)**. Der er ingen tvivl om, at en vigtig milepæl er nået: plastindholdet er kontinuerligt blevet reduceret ved forbedring af anlægsteknikken og overholder til den gode side de krav, myndighederne og markedet stiller – specielt kravet om max. plast indhold, målt som synlig plast i en liter Biopulp; målingerne viser vedvarende værdier på < 20 cm² plast/liter – overholder således de svenske grænseværdier
- 2) **Rengøring af rejektet og genanvendelse heraf (plastvaskeanlægget per juni 2017)**. NC Miljø A/S har opbygget et plastvaskeanlæg og kører test med dette. Anlægget har stadig behov for forbedringer for at komme til at køre stabilt i fuld drift. Men delresultaterne er så lovende, at plastindustrien er interesseret i at lave forsøg med at videreforarbejde plasten til granulat (granulat er råvaren i plastindustrien)
Der er pt. bygget et sådant anlæg på Heden, som er i fuld drift. Lykkes det endelig at få plastvasken til at køre stabilt i fuld drift, vil det være et stort skridt fremad. Det mærkes bl.a. også på interessen fra udlandet.

Generelt er de fleste funktioner i forbehandlingsanlægget nu vel indkørt og fungerer godt. Der er en udfordring med reduktion af slid på diverse komponenter, så drift- og vedligeholdelsesomkostningerne kan reduceres.

De overordnede perspektiver i den cirkulære økonomi

Knapheden på ressourcer, befolkningsekspllosionen i mange lande på den sydlige halvkugle – ikke mindst i Europas nærområder som Afrika og Mellemøsten – og rovdriften på naturen kombineret med den fortsatte brug af fossile brændstoffer samt den skæbnesvangre forurening af livsgrundlaget fx ved en total mangelfuld affaldshåndtering, fører alt sammen både til økologisk og økonomisk sammenbrud, klimakatastrofer og til store migrationsbølger mod Europa.

Men der er i det overordnede perspektiv først og fremmest store ressource-, miljø- og klimafordele i den cirkulære økonomi.

Rent nationaløkonomisk kan dansk eksport af grøn teknologi og know how på affaldsområdet, herunder emballeret madaffald, endvidere føre til et affaldsventyr á la vindmølleeventyret. Lokalt er der også meget store gevinster ved genbrug af det organiske affald.

Hvad kan der gøres i lyset af dette apokalyptiske perspektiv for på affaldsområdet at minimere mængderne af affald og maximere genanvendelsen af det genererede affald

Nogle af de relevante spørgsmål i denne forbindelse er de følgende:

Hvad kan der gøres i fødevarerproduktionsledet? Mere specifikt: Hvordan kan virksomhederne udnytte resultaterne af dette forsøgsarbejde?

- Plast er det største problem i Biopulpen og i rejktet. Kan man forestille sig et generelt plastforbud i EU og på verdensplan, således at virksomheder tvinges til at erstatte plastemballage med organisk nedbrydelige materialer som fx genbrugspapir
- Forskning og udvikling på emballageområdet
- Hvordan minimeres fejlproduktioner, således at madspildet allerede her formindskes?

Hvad kan der gøres i detailhandelen?

- Færre kasserede fødevarer. Affaldssortering på stedet.

Hvad kan der gøres i private husholdninger og offentlige institutioner samt i byggeriet?

- Hvordan kan husholdningerne/institutionerne begrænse mængden af deres affald og sikre en effektiv sortering af både det organiske og uorganiske affald?
- Hvilke hjælpemidler skal kommunerne stille til rådighed for borgerne for at sikre en korrekt og nem affaldssortering?
- Hvorledes skal kravene til fremtidigt byggeri være for at sikre de to mål?
- Efterspørgsel fra forbrugerne ift. Mad uden emballage eller mad i emballage designet til genanvendelse

Hvorledes kan samarbejdet i værdikæden optimeres?

- Hvordan kan dette samarbejde optimeres for at mindske madspild og øge genanvendelsen af ressourcerne i madaffaldet (primærproduktion, fødevarerindustri, detailhandel og servicesektoren, forbrugeren og affalds-/genanvendelsessektoren)?

Hvad kan industrien generelt gøre for at genanvende affaldet?

- Forskning og udvikling i forarbejdningen af fødevarerne.

Hvad kan Myndigheder og Landbruget gøre? Herunder især det økologiske landbrug?

- Sikre biogasanlæggene andre finansieringsmuligheder end bankerne, så der kommer mange flere biogasanlæg, fx som naboanlæg til forbehandlingsanlæggene (for at spare transporten)
- Flere forsøgs- og udviklingsarbejder under MUDP!
- Hvordan gøres biogasanlæggene mere rentable?

Men uanset alle bestræbelser på at reducere/eliminere affaldet vil der mange, mange år fremover produceres emballeret madaffald, som mest fornuftigt genanvendes i biogasanlæg, hvorfor velfungerende forbehandlingsanlæg til madaffald vil være nødvendige.

Litteratur

- 1) <http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2014/maj/danmark-uden-affald/>
Se speciel ressourcestrategien side 36 - 42
- 2) **B. Malmgren-Hansen**, Kemi- og Bioteknik, Teknologisk Institut: "it's all about innovation" – Temadag om biogas 5. april 2016. Renhed af produceret biopulp fra organisk affald- metoder og resultat af ETV-test
- 3) **Avfall Sverige**: Certifierad Återvinning (2016) Certifieringsregler för Biogödsel SPCR 120, - herunder 2B) Bilaga 2 – Provtagning och analys av biogödsel, p. 32-35
- 4) **Carl-Magnus Pettersson**, Uppsala Teknik Support, **Maria Sigroth** og **Weine Wiqvist** Ordförande Avfall Sveriges /VD Avfall Sverige /Utvecklingssatsning (oktober 2014): Metod för bestämning av synliga föroreningar i biogödsel och förbehandlat matavfall. Rapport U2014:13
- 5) **Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.**: Qualitätskriterien und Güterichtlinien (RAL-GZ 245) – Gärprodukt fest/flüssig –
- 6) Den engelske forordning om kvalitetskravene til afgasset gylle (digestate) <http://wrap.org.uk>: BSI PAS 110 – Producing quality anaerobic digestate (2017)
- 7) **Louise Kreilgård**, PlanEnergi og **Henning Jørgensen**, Affaldskontoret: Notat om anvendelse af digestate fra organisk dagrenovation (2015)
- 8) **Lone Mikkelsen** og **Christian Ege**, Det økologiske Råd: Anvendelse af organisk affald i biogasanlæg – Vurdering af stoffer (Juli 2015)
- 9) <http://Dakofa.dk>: Nyhed: Madaffald fra husholdninger er nødvendigt for at øge biogas (23 oktober 2015)

RetroWaste

Formålet med projektet har været at udvikle og demonstrere anvendelige teknikker og komponenter samt at forbedre sam-me til behandling af emballeret madaffald fra dagligvarebutikker og virksomheder.

Projektet har vist følgende:

Biopulpen:

- Biopulpen opfylder de krav, der stilles til inputmaterialet, der anvendes i bioanlæg
- Biopulpens indhold af plast og fremmedlegemer overholder de svenske kravværdier
- Biogaspotentialer har et biogasudbytte fra 90-140 m³ biogas pr/ton biopulp

Rejektet:

- Metaller går til genanvendelse
- Plast vil kunne gå til genanvendelse
- Sand og glas har vist sig at kunne anvendes som genbrugsglas

Energiforbruget:

- Energiforbruget ligger mellem 18-22 kWh pr.ton, men
- Det vurderes, at der er potentiale for en væsentlig reduktion af energiforbruget.

Konklusionen er, at projektet har bidraget til at skabe den ønskede økonomi, idet 92-95% af ressourcerne i emballeret madaffald genanvendes uden uacceptabelt forbrug af energiressourcerne.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk