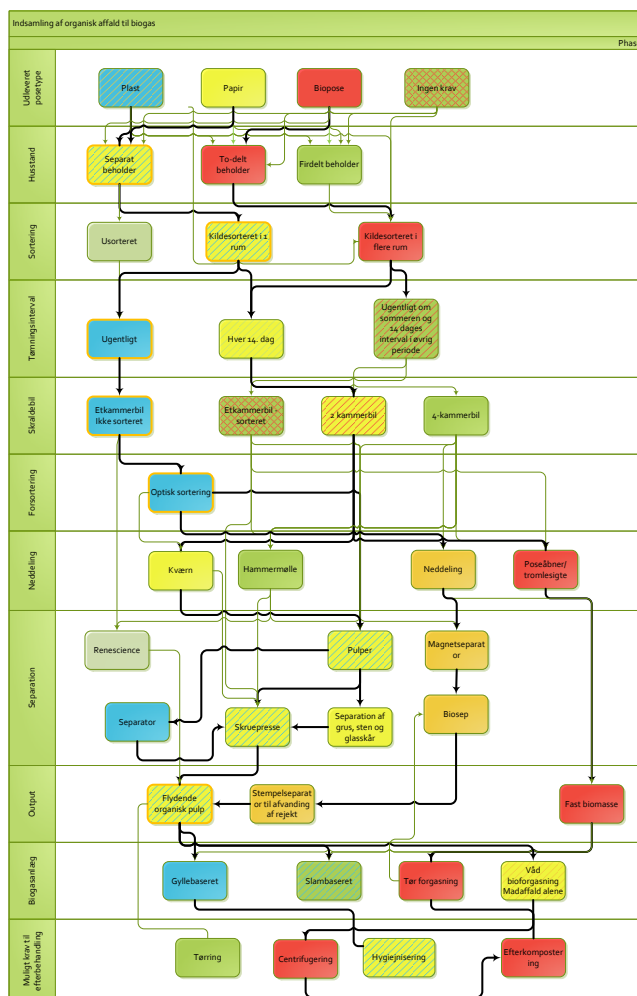


Reno Sam



Januar 2013

KORTLÆGNING AF INDSAMLINGS- OG FORBEHANDLINGSMETODER FOR ORGANISK AFFALD



PROJEKT

Kortlægning af indsamlings- og forbehandlingsmetoder for organisk affald

RenoSam

Projekt nr. 210105
Udarbejdet af KRE
Kontrolleret af NBa
Godkendt af KRE

NIRAS A/S

Sortemosevej 19
3450 Allerød

CVR-nr. 37295728
Tilsluttet FRI
www.niras.dk

T: +45 4810 4200
F: +45 4810 4300
E: niras@niras.dk

D: 48104321
M: 20198792
E: kre@niras.dk

1	Indledning.....	1
2	Formål.....	2
3	Mulige scenarier for indsamling af organisk affald	3
3.1	Overordnet indsamlingsmetode.....	3
3.2	Indsamlingsmetoder	4
3.2.1	Indsamlingspose til køkkenet.....	5
3.2.1.1	Papirpose.....	5
3.2.1.2	Biopose.....	6
3.2.1.3	Plastposer.....	7
3.2.1.4	Valgfri pose.....	8
3.2.1.5	Opsummering	9
3.2.2	Beholdervalg.....	10
3.2.2.1	Separat beholder.....	10
3.2.2.2	To-delt beholder.....	11
3.2.2.3	Firdelt beholder.....	12
3.2.2.4	Sammenfatning om beholdervalg.....	13
3.2.3	Sortering	14
3.2.3.1	Kildesorteret i 1 rum.....	15
3.2.3.2	Kildesorteret i flere rum.....	15
3.2.3.3	Sammenfatning af kildesortering	16
3.2.4	Tømningsinterval	17
3.2.4.1	Ugentligt.....	17
3.2.4.2	14 dages tømning	17
3.2.4.3	14 dages indsamling med ekstra tømning om sommeren.....	18
3.2.4.4	Sammenfatning af tømningsinterval	18
3.2.5	Skraldebil	18
3.2.5.1	Etkammerbil.....	18
3.2.5.2	To-kammerbil.....	19
3.2.5.3	4-kammerbil.....	19
3.2.5.4	Sammenfatning for valg af skraldebil	20
3.3	Teknologier til forbehandling af organisk dagrenovation.....	21
3.3.1	Optisk sorteringsanlæg.....	21
3.3.2	Opsprætning af poser og neddeling	24
3.3.2.1	Poseåbner og sigtesold	24
3.3.2.2	Neddeling.....	25
3.3.2.3	Hammermølle	26
3.3.2.4	Sammenfatning af erfaringer med optisk sortering og neddelingsmetoder	26
3.3.3	Separationsmetoder	28
3.3.3.1	Pulper.....	28
3.3.3.2	Skruepresse.....	29
3.3.4	Biosep.....	30

INDHOLD

3.3.4.1	Sammenfatning af separationsmetoder.....	32
3.3.5	Output	33
3.3.5.1	Separation af glas, sand og sten	33
3.3.5.2	Flydende organisk biomasse	34
3.3.5.3	Fast biomasse.....	35
3.3.5.4	Rejekt.....	35
3.4	Biogasanlæg	37
3.4.1	Våd forgasningsproces	37
3.4.1.1	Gyllebaserede biogasanlæg	39
3.4.1.2	Samudrådning på renseanlæg	39
3.4.1.3	Affaldsbaserede biogasanlæg	39
3.4.2	Tørforgasning.....	40
3.5	Anvendelse af den afgassede/udrådne biomasse	41
3.5.1	Anvendelse på landbrugsjord	41
3.5.2	Forbrænding af afgasset biomasse	41
3.5.3	Afdækning på deponi.....	41
4	Anlægserfaringer	43
4.1	Udvælgelse af repræsentative systemer til indsamling og udnyttelse af kildesorteret organisk affald.....	43
4.2	HRA, Jevnaker (NO).....	46
4.2.1	Økonomiske og driftstekniske data.....	47
4.2.2	Anlægserfaringer	48
4.3	Vejle Kommune med forbehandling af Ecogi/Cellwood (DK)	49
4.3.1	Økonomiske data	51
4.3.2	Anlægserfaringer	52
4.4	Linköping, Tekniska Verken (SE)	54
4.4.1	Økonomiske data.....	55
4.4.2	Anlægserfaringer	57
4.5	Halsnæs Kommune, BioVækst, forbehandling og biogas af Solum (DK)	58
4.5.1	Økonomiske data	61
4.5.2	Anlægserfaringer	62
5	Sammenfatning af forbehandlingsteknikker og indsamlingsmetoder	64
5.1	Indsamlingssystemet	64
5.2	Forbehandlingsanlægget	65
5.3	Behandling på biogasanlægget	66
6	konklusion	67

1 INDLEDNING

I forbindelse med den kommende Ressourcestrategi fra Regeringen, forventes det, at der vil komme krav om indsamling af organisk affald til genanvendelse, for eksempel ved forgasning på et biogasanlæg. Kravet skal sikre genanvendelse af ressourcerne i det organiske affald fra husholdningerne frem for den nuværende forbrænding.

RenoSams genanvendelsesudvalg har besluttet at gennemføre en undersøgelse, der kortlægger forbehandlingsmetoder for organisk affald, som muliggør at det kildesorterede affald kan bioforgasses og at den afgassede biomasse kan udbringes på landbrugsjord.

Nærværrede rapport er tænkt som et praktisk instrument for RenoSams medlemmer, som skal bidrage til inspiration og formidle viden omkring, hvordan kildesortering af organisk affald kan etableres i fællesskab eller i selvstændige kommunale forsyningsselskaber.

I forbindelse med projektet har kravet til de undersøgte forbehandlingsmetoder været, at teknologien har været etableret og anvendt i fuldskala i minimum et år. Undersøgelsen har fokuseret på at afdække og beskrive indsamlingsmetoderne og forbehandlingen af affaldet, og i mindre grad fokuseret på forgasningen af affaldet. Forgasning af biologisk affald i biogasanlæg er velkendt i Danmark og udlandet, og der findes i Danmark en moden biogasindustri som vil kunne modtage forbehandlet husholdningsaffald, når den er til rådighed.

Undersøgelsen er baseret på en indledende analyse af de mest udbredte overordnede koncepter for indsamling og forbehandling af affald i lande og områder, som har længere tids erfaring med kildesorteret organisk affald.

Efterfølgende er anlæg med gode erfaringer fra behandling af det organiske affald besøgt, hvor det indsamlede og behandlede affald blev fremvist og forbehandlingsmetodens fordele og ulemper blev diskuteret.

Erfaringerne fra besøgene og de indsamlede data er sammenfattet i nærværende rapport.

2 FORMÅL

Formålet med projektet er at gennemgå driftserfaringer ved indsamling og den videre håndtering af organisk affald til forgasning på biogasanlæg.

Der vil blive udarbejdet fakta for de 3 hovedtemaer, indsamling, forbehandling og forgasning på biogasanlægget, hvor fokus vil være på erfaringer fra etablerede løsninger, herunder afsætning af den afgassede masse.

Undersøgelsen vil inddrage erfaringer fra indsamlingskoncepter i Danmark, Sverige, Norge eller Tyskland, hvor det organiske affald fra husholdninger behandles enten sammen med andet organisk affald eller separat, og hvor gassen anvendes til enten kraft/varme eller transport. Desuden er det væsentligt, at de valgte anlæg har erfaringer med afsætning af den afgassede masse.

Undersøgelsen vil således:

Kortlægge hvilke indsamlingskoncepter og behandlingsanlæg, der er idriftsat i Danmark og nabolande.

Beskrive etablerede kommunale indsamlingssystemer herunder

Valg af indsamlingsmateriel i og ved husstanden, f.eks. indsamlingspose og stativ, beholdertyper, indsamlingsfrekvens mv.

Redegøre for etablerede forbehandlingsanlæg, som belyser:

Krav til den indsamlede kvalitet af organisk affald

Sorteringseffektivitet

Energi og vandforbrug

Slutprodukterne

Beskrivelse udvalgte biogasanlæg, hvor det bl.a. vil fremgå:

Krav til kvaliteten af det forbehandlede affald

Driftserfaringer med organisk affald

Effekten og interessen for anvendelse af den afgassede masse til udspreddning på landbrugsjord, herunder hensyntagen til lovgivningen.

Beskrivelserne vil blive sammenholdt med kommunale erfaringer, hvor resultaterne for 4 forskellige kombinationer af indsamlingssystemer og behandlingskoncepter vil fremgå. Der vil så vidt muligt medtages økonomiske erfaringstal for de enkelte aktivitetsområder.

3 MULIGE SCENARIER FOR INDSAMLING AF ORGANISK AFFALD

Indsamlingen af organisk affald kan etableres på flere måder. Renheden og omkostningerne til indsamlingen afhænger af det tekniske udstyr, både ved husstanden, indsamlingsbilen, forbehandlingsteknologien og den efterfølgende forgasningsproces.

Nedenfor gennemgås kendte udbredte teknologier til indsamling af organisk affald ved husstanden.

3.1 Overordnet indsamlingsmetode

I bilag 1 er det samlede overblik over de mest udbredte indsamlingsmetoder, forbehandling og forgasningsmetoder stillet op. Det fremgår at metoderne kan kombineres på mange måder, som fortsat sikrer en høj udsorteringsgrad af det organiske affald.

Overordnet kan indsamlingen af organisk affald deles op i 4 led.

1. Indsamling og transport fra husstanden, herunder
 - Udleveret posetype til husstanden
 - Indsamlingsmateriel
 - Kildeopdeling
 - Indsamlingsinterval
 - Renovationsbil
2. Forbehandling af det kildesorterede organiske affald
 - Optisk sortering
 - Neddelingsmetode
 - Separation
 - Output
3. Biogasanlæg
 - Gyllebaseret
 - Slambaseret
 - Madaffald, flydende
 - Madaffald, tør

4. Slutanvendelse af den afgassede organiske masse

- Landbrugsjord
- Forbrænding
- Afdækning på deponi

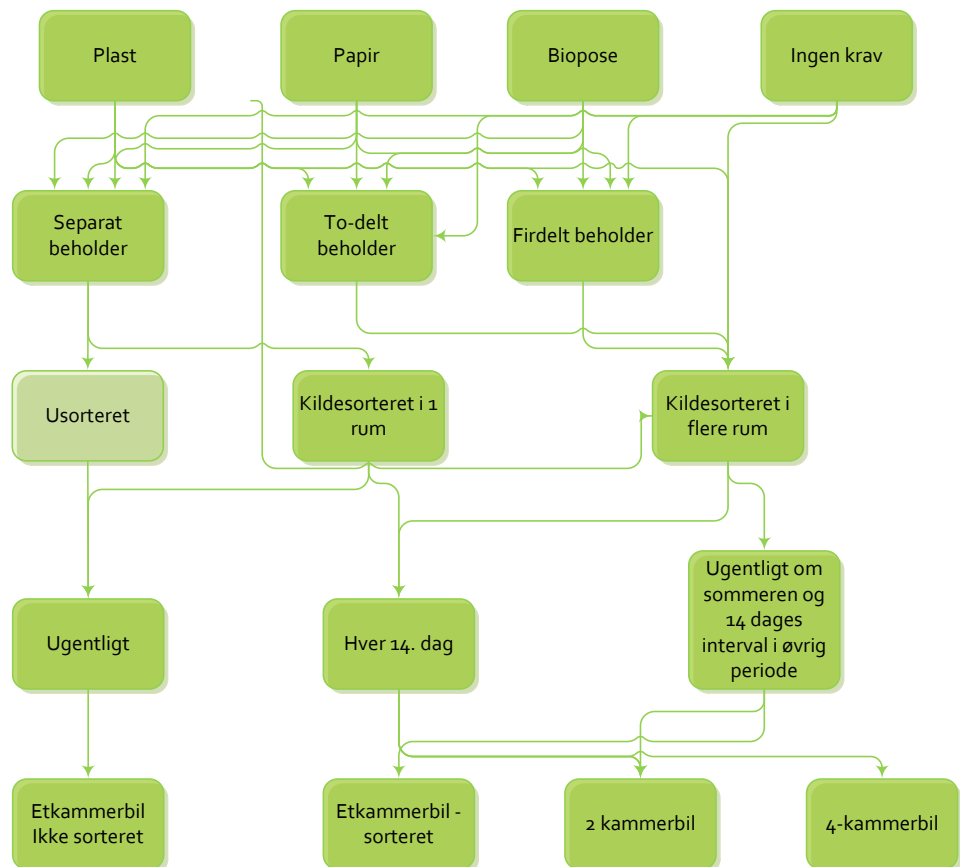
3.2 Indsamlingsmetoder

Mulige indsamlingsmetoder, herunder posevalg til køkkenet, indsamlingsinterval, beholderkapacitet og type, krav til indsamlingsbil gennemgås.

Økonomi og investeringsovervejelser for de beskrevne indsamlingsmetoder præsenteres, herunder omkostninger forbundet med indkøb og evt. økonomi for husstande hvis der ikke udleveres poser.

I følgende afsnit gennemgås mulige indsamlingsmetoder for det organiske affald ved husstanden.

Oversigt over indsamlingsmetoder



3.2.1 *Indsamlingspose til køkkenet*

Kildesortering af det organiske affald sker ved en separation i husstanden inden det afleveres til indsamlingsbeholderen. Ud fra erfaringer indhentet fra besøg og litteraturstudier af indsamlingsystemer i Norge, Sverige, Danmark og Tyskland er posetyper beskrevet i det følgende. Der kan være forskel på de anvendte poser både i forhold til størrelsen, tykkelsen og teksturen alt efter forbehandlingssystem. Derudover skal der i forbindelse med posevalget overvejes, om der ønskes væsketætte og lufttætte poser, og om de skal være bionedbrydelige med lavest muligt indhold af miljøfremmede stoffer.

3.2.1.1 *Papirpose*

Den mest udbredte indsamlingspose er af papir. Papirposen kan indgå i forgasningsprocessen og minimerer kravet til frasortering af plast i forbehandlingsanlægget. For at sikre en optimal indsamling af madaffaldet i papir, viser erfaringen at posen skal være placeret i et indsamlingsstativ, som har fast bund og ventilation i siderne.

Billede af stativ og pose,
Jevnaker, NO



Bunden på stativet sikrer at posen bliver understøttet. Flere steder anbefales det at fore bunden med en sammenfoldet avisside eller køkkenrulle, som skal sikre at papirposen ikke går itu. Lufttilførslen i siderne på stativet sikrer, at kondensatet fra affaldet kan diffundere gennem posens vægge, hvilket minimerer risikoen for at posen gennemvædes.

De fleste kommuner udleverer særskilt stativ til køkkenet hos borgeren.

Papirposen er mest udbredt i Sverige (80 % anvender den i Sverige) og Norge. Den mindsker andelen af plast det kildesorterede affald fra emballagen.

3.2.1.2 *Biopose*

Bioposen er primært baseret på majsstivelse. Bioposen kan nedbrydes i en biologisk proces, som forløber mellem 10 og 45 dage ved en komposteringsproces, som ikke forurener biomassen i forhold til miljøfremmede stoffer. Erfaringen med posen er, at den ikke nedbrydes væsentligt inden forbehandlingen af affaldet,

Efter forgasning af posen er en del nedbrudt, men der kan spores rester af posen, som ikke nedbrydes, da en anaerob proces forløber langsommere end den aerobe komposteringsproces.

Med de nuværende forbehandlingsmetoder, vil posen blive sorteret fra på linje med plastposer. Dels fordi teknologien ikke kan skelne mellem bioposer og plastposer, dels fordi at visuelle rester af bioposen i rådneresten betyder, at landmanden bliver usikker på renheden. Kommuner der anvender bioposer har truffet valget med baggrund i et ønske om at minimere risikoen for gennemvædning, men samtidig at anvende en emballagetype, som er baseret på ikke fossilt kulstof for dermed at signalere til borgerne at kun organisk affald skal afleveres til forgasning.

Posen skal kunne "ånde" i stativet, hvorfor perforering i stativet er påkrævet. Flere kommuner har valgt at investere i et medfølgende stativ til bioposen, som udleveres til husstanden ved indflytning eller ved opstart af ordningen.

Biopose, indsamlet i
Kalundborg Kommune



Der er generelle erfaringer med, at poser baseret på majsstivelse er dyrere i indkøb end plastposer. De er stabile indtil forbehandlingsprocessen og bliver udsorteret inden de når forgasningsprocessen. Hvis poserne skal indgå i en proces med snegle, har der været konstateret problemer med at posen bliver strukket til lange baner, der medfører at den vikler sig ind i gevindet og medfører driftsstop oftere end andre posetyper.

Kalundborg og Halsnæs Kommune (DK) anvender biposer i forbindelse med indsamling af organisk affald.

3.2.1.3 *Plastposer*

I andre kommuner udleveres der plastposer med en særskilt farve. Ved at udlevere en særskilt pose til at indsamle affaldet i køkkenet er det muligt dels at gennemføre en optisk sortering efter indsamlingen, dels fremmer det muligheden for at vurdere, om husstanden kildesorterer. Hvis plastposen er let gennemsigtig er det muligt at gennemføre en overordnet visuel kontrol af indholdet i posen. Plastposer øger kravet til finsortering af det organiske affald i forbehandlingsprocessen, dels i forhold til det visuelle udtryk af rådneresten, dels i forhold til indholdet af miljøfremmede stoffer.

Erfaringen fra sorteringsanalyser viser, at affald indsamlet i en separat farvet pose generelt har en høj kvalitet, og mere end 95 % af affaldet overholder sorteringskriterierne (Eskilstuna, SE og Gribskov Kommune, DK). Der er dog undtagelser, som kan ses i poserne indsamlet nedenfor.

Pose udsorteret ved optisk sortering, Vejle Kommune



Ved udlevering af særskilt farvede poser er der ikke behov for at udlevere særskilte køkkenstativer. Der kan dog være behov for at kunne levere 2 størrelser af poserne, da visse køkkener har et stativ i køkkenet, som er større end standard trådstativer.

Plastposer til optisk sortering er generelt tykkere end traditionelle affaldsposer, som sikrer at posen ikke går itu inden den når sorteringsanlægget.

Plastposerne skal frasorteres før affaldet fødes ind i en proces med våd bioforgasning, for at reducere risikoen for tilstopning og undgå behov for eftersortering. Hvis affaldet forgasses i en tør proces er det dog muligt at eftersortere poserne med en vindsigte, når affaldet har opnået et tørstofindhold omkring 50 %.

Der er en del kommuner i Sverige og Norge som anvender udleverede plastposer. Som regel benyttes posen når der er etableret optisk sortering efterfølgende. Ved optisk sortering er det MEGET vigtigt at der slås knude på posen inden den afleveres, da affald frasorteret på optiske sorteringsanlæg kun kan frasorteres, hvis affaldet er lukket inde i posen. I Danmark er der kendskab til 2 kommuner som udleverer plastposer: Vejle og Gribskov Kommune, hvor førstnævnte udleverer posen i forbindelse med det optiske sorteringsanlæg til borgerne 2 gange

om året via en aftale med en lokal spejderorganisation. Der udleveres som standard 15 l poser, som passer til udleveret stativ, men det er muligt at ombytte dem til 22 l eller 30 l poser.

3.2.1.4 Valgfri pose

Forbehandling af affald kan også ske ved indsamling i en valgfri pose, hvor husstanden selv forestår indkøb af denne. Erfaringen viser at der både anvendes de tynde markedsførte "affaldsposer" fra supermarkedet, samt indkøbsposer. Affaldet indsamlet med denne metode kan være af både høj og lav kvalitet (Frederikssund og Egedal Kommune, DK). Der er samme krav til frasortering jf. ovenstående afsnit.

Uppsala (SE). Forskel på udseende af madaffald indsamlet i hhv. plast og papir. Sidstnævnte er omlastet 1 gang indsamlet fra Stockholm.



Det er generelt svært at skelne mellem den organiske fraktion og restaffaldet, når denne løsning vælges, hvis kommunen ønsker at visitere affaldet ved husstanden.

Valgfrie plastposer kan forbehandles med samme metode som udleverede plastposer. Dog er det ikke muligt at lave en separation af organisk og restaffald ved optisk sortering, når borgerne selv kan vælge hvilken pose de ønsker at benytte til sorteringen af begge fraktioner. Der skal minimum udleveres 1 pose, som har en ensartet farvekode til enten den organiske eller uorganiske, hvis affaldet skal indsamles i én spand.

I Danmark er denne metode udbredt i kommuner, hvor affaldet skal forgasses i en tør forgasningsproces (Egedal og Frederikssund Kommune, DK). Ved det besøgte forbehandlingsanlæg i Uppsala blev sorteringen af affaldet udført med henblik på våd forgasning (Uppsala Kommune, SE)

3.2.1.5 Opsummering

Nedenstående opsummeres fordele og ulemper ved forskellige typer poser, som kortlagt i undersøgelsen.

Papirposer vurderes som den bedst egnede metode i forhold til den indsamlede kvalitet af bioaffaldet og med laves mulige rejektmængde, mens brugerens oplevelser med denne posetype bør evalueres, samt de indsamlede mængder bioaffald per indbygger.

Tabel 1: Fordele og ulemper ved posevalg

Posetype	Fordele	Ulemper
Papir	Lav rejektmængde, kan indgå i biomassen Høj andel bioaffald i indsamlet materiale Let at forbehandle Organisk materiale, som ikke forurener biomasse, hvis ikke alt materiale udsorteres, hverken visuelt eller miljøfremmede stoffer Høj signalværdi over for borgeren omkring krav til renhed Stor erfaring med anvendelse i SE	Risiko for fluer og larver om sommeren ved husstanden Mindre væsketæthed end plast Skal placeres i særligt stativ i køkken Omkostning for affaldsselskabet/kommune
Biopose	Høj andel bioaffald i indsamlet materiale Organisk materiale med lavt indhold af miljøfremmede stoffer Vådstærk Høj signalværdi over for borgeren omkring krav til renhed	Svær at forbehandle. Giver ofte anledning til driftsstop på forbehandlingsanlæg Omkostning for affaldsselskabet/kommune Skal placeres i særligt stativ i køkken Øget risiko for visuel forurening af biomasse Kort holdbarhed i forhold til plast Udsorteres sammen med rejekt
Plastpose	Rimelig høj andel bioaffald ved indsamling God holdbarhed i forhold til udlevering Væsketæt Indhold af miljøfremmede stoffer i posen kan reguleres ved udbud Kan anvendes i eget stativ, hvis dobbeltstativ haves	Øger risikoen for forurening af biomasse markant Skal frasorteres med rejekt Omkostning for affaldsselskabet/kommune Manglende udlevering af stativ kan reducere tilslutningen fra husstande
Valgfri	Ingen omkostninger for affaldsselskab/kommune Kan anvendes i eget stativ, hvis dobbeltstativ haves	Lavest andel og renhed af indsamlet bioaffald Øger risikoen for forurening af biomasse markant Skal frasorteres med rejekt Holdbarhed afhænger af husstandens valg af emballage Dårlig signalværdi over for borgeren ift. frasortering af anden plastemballage Indhold af miljøfremmede stoffer i

posen kan ikke reguleres
Manglende udlevering af stativ kan
reducere tilslutningen fra husstan-
de

3.2.2 *Beholdervalg*

I nærværende redegørelse er medtaget beholdertyper, som anvendes i forbindelse med indsamling af affald fra haveboliger.

3.2.2.1 *Separat beholder*

Med en separat beholder forstås en beholder eller stativ, som ikke er opdelt af skillerum eller indsatses. I Danmark har det været meget udbredt at anvende en separat beholder til indsamlingen af organisk affald. En separat beholder kan anvendes uanset posevalg, dog skal der være opstillet en yderligere beholder til restaffaldet, hvis kommunen har valgt andre forbehandlingsteknologier end optisk sortering.

Dagrenovation ved husstand, Jevnaker



Størrelse på beholderen er typisk 110 l, som kan understøtte en 14-dages indsamling uden problemer. Typisk vil beholderen til det organiske affald være halvt fyldt ved afhentning, hvis husstanden sorterer optimalt, dvs. 14 dages affald kan rummes i en 60 l spand, hvilket er ca. 10 kg hver 14. dag. Hvis der ikke er indført yderligere kildesortering ved husstanden, kan den øvrige del af restaffaldet rummes i en 190 l beholder ved 14 dages indsamling, som kan reduceres ved separat indsamling af f.eks. aviser og papir.

Fordelen med en udelt beholder er, at det er nemt at regulere på antallet af indsamlingsdage og ændre på intervallet alene for f.eks. bioaffaldet eller restaffaldet. For nogle kan det opleves nemmere at sortere i hver sin beholder, da f.eks.

en grøn beholder til madaffaldet gør det nemmere for børn at forstå, hvor de skal smide affaldet hen, hvis de hjælper til i husstanden.

Beholderen kan tømmes op i både en udelt skraldebil og to-delt skraldebil, hvor både restaffaldet og bioaffaldet indsamles på samme tid. Således kan der spares kørsel på vejene, hvis begge beholdere tømmes på samme tid. Eksempler herpå er Egedal og Frederikssund kommune (DK), Jevnaker, (NO).

3.2.2.2 To-delt beholder

En to-delt beholder kan anvendes til indsamling af bioaffald. Typisk opsamles restaffaldet i det andet rum. To-delte beholdere er oftest mellem 190 og 240 l (Holbæk kommune, DK), som tømmes hver 14. dag. Den opdeles med det største rum til restaffaldet (ca. 2/3 del) og 1/3 del til bioaffaldet.

For at tømme en to-delt beholder skal der benyttes en todelt skraldebil. Der kan tømmes 1 beholder ad gangen, hvis alle husstande har to-delte beholdere.

Fordelen med en to-delt beholder er, at husstanden alene skal have 1 beholder opstillet, for at indsamle kildesorteret affald, samt der kun kræves 1 kørsel for at tømme 2 fraktioner. Ulempen er, at der som regel er et rum, som er begrænsende i forhold til, hvornår beholderen skal tømmes.

Tokammer-beholder,
Holbæk Kommune.
Fraktion er præget i låg
med skrift.



Der skal endvidere være fokus på at monteringen udføres korrekt, da det er oplevet, at skillerummene løsnedede sig og faldt ned i skraldebilen ved tømning. Med et skillerum er konstruktionen ikke så solid, at borgeren kan mase affaldet hårdt sammen, hvis husstanden med jævne mellemrum har problemer med ekstra affald. Der har været problemer med at få tømt beholderen, hvis rummet til indsamlingen af det organiske blev reduceret til ca. 80 l, da affaldet har kilet sig fast over en 14 dages periode (Kalundborg Kommune, DK)

En to-delt skraldebil kan med fordel tømmes på samme omlastningsplads, når den skal omlastes eller behandles. Dette er dels for at forebygge, at bilen er skævt lastet ved den videre transport, dels vil det være fordyrende at transportere en mindre vægt andel end en fuldt lastet bil.

3.2.2.3 Firdelt beholder

I Sverige er der flere kommuner som har indført en firdelt beholder, som ikke alene sikrer en kildeopdeling af rest- og bioaffald, men også giver kommunen mulighed for at indsamle yderligere fraktioner i samme beholder.

Beholderen er typisk en 370 l beholder, som tømmes hver 14. dag, hvor der er indsat en skillevæg, samt 2 indsats, som hviler på skillevæggen og den forreste kant på beholderen.

Beholderens 2 store rum har et opsamlingsvolumen på ca. 120 l og 140 l, hvor det første rum typisk anvendes til bioaffald, mens det store rum på 140 l anvendes til restaffald. De 2 indsats anvendes typisk til andre genanvendelige fraktioner, f.eks. glas og metal. For at sikre den rette sortering er der indsat piktogrammer på beholderen. I Sverige er der ofte valgt at kildesortere i 8 fraktioner, når en 4-delt beholder anvendes, idet der anvendes to beholdere per husstand med forskellig tømningfrekvens.

I f.eks. Perstorp Kommune (SE) er beholderen med 14-dages afhentning indrettet med opsamling af bio- og restaffald, hårdplast og farvet glas. Den sekundære beholder opsamler papir, pap, ufarvet glas og metalemballage, som tømmes med 4 ugers interval.

Firkammer beholder ved NSR, Helsingborg, SE



Fordelen med 4-kammer beholderen er, at den reducerer behovet for kørsel til genbrugspladsen for borgeren med hyppigt forekommende fraktioner, samt øger muligheden for øget genbrug af dagrenovationen. Ulempen er at teknologien er knap så moden, hvor der opleves at plast kan være svær at tømme fra beholderen, samt at tømmetiden både af beholderen ved husstanden, men også af bilen på omlastepladsen, er væsentligt længere end for en udelt skraldebil.

I en undersøgelse foretaget af NSR¹ er indsamlingen af bioaffald fra 33 kommuner i det skånske opland blevet sammenholdt i forhold til mængden af bioaffald og renheden. Analysen viste, at der udsorteres mest bioaffald fra restaffaldet i 4-kammerbeholderen frem for de øvrige løsninger, mens renheden af bioaffaldet er højest ved sortering i en to-delt beholder (98 % mod 97 % i firekammerbeholderen og 95 % i den separate beholder ved indsamling af madaffald i papirposer). Urenhederne bestod primært af papir og haveaffald, som kan indgå i forgasningsprocessen efter en neddeling.

Analysen viste samtidig, at der var 23 % madaffald i restaffaldet ved indsamling i 4-kammerbeholder, mens der er 29 % madaffald i restaffaldet i 2-kammerbeholderen, som potentielt kunne forgasses i et biogasanlæg.

3.2.2.4 Sammenfatning om beholdervalg

Valget af beholder har primært betydning for fleksibiliteten af kapaciteten i indsamlingssystemet, som i nogen grad kan have indflydelse på renheden og mængden af udsorteret bioaffald, som udsorteres i højere grad, når der er pladsproblemer i restaffaldsrummet.

Der skal over en 14-dages periode være plads til ca. 60 l madaffald for en almindelig havebolig med gode sorteringsvaner. I de 60 l udsorteres ca. 6 kg madaffald hver 14. dag.

Hvis der ikke husstandindsamles andet end aviser, kan husstanden rumme restaffaldet i en 190 l beholder, som typisk vejer 18 kg ved tømningen.

Tabel 2: Fordele og ulemper ved beholdervalg

Beholdertype	Fordele	Ulemper
Separat	<ul style="list-style-type: none"> Nem at erstatte, bringe ud og have på lager Høj holdbarhed Regulering af kapacitet og tømning-frekvens fleksibel Nemt at signalere forskelle på fraktioner ved farver på beholder Kan tømmes af alle skraldebilder Anvendes til optisk sortering 2 husstande kan tømmes i samme cyklus 	<ul style="list-style-type: none"> Mange beholdere for opsamling af flere fraktioner Flere beholdere skal hentes ad gangen ved samtidig tømning Stor restkapacitet i beholder, som kan friste til at placere usorteret affald i beholder ved mangel på kapacitet i f.eks. restaffaldsbeholder

¹ Sammanställning av plockanalyser i Skåne, NSR, 2011

To-delt	Høj andel bioaffald i indsamlet materiale Uændret antal beholdere	Skal tømmes i 2-kammerbil Kun 1 husstand med sortering kan tømmes ad gangen Begge fraktioner skal aflæsses på samme sted Skillerum i beholder reducerer holdbarhed og øger vedligeholdelsesomkostninger Der kan være problemer med fastsiddende affald Restaffaldet begrænsende for tømningshyppighed Skraldebil fyldes ikke optimalt Omkostninger til udbringning af beholder og arealkrav til lagerplads øges
4-delt	Høj andel bioaffald i indsamlet materiale Mulighed for yderligere sortering af genanvendelige materialer i samme beholder, som kan reducerer behovet for miljø-øer Uændret antal beholdere	Skal tømmes i 4-kammerbil Kun 1 husstand med sortering kan tømmes ad gangen Længere tømningstid per ton indsamlet materiale for tømning af beholder, samt aflæsning af materialer Alle fraktioner skal aflæsses på samme omlasteplads Skillerum og løsdeler i beholder reducerer holdbarhed og øger vedligeholdelsesomkostninger Der kan være problemer med fastsiddende affald Restaffaldet begrænsende for tømningshyppighed Skraldebil fyldes ikke optimalt Omkostninger til udbringning af beholder og arealkrav til lagerplads øges

3.2.3 Sortering

Sorteringen af affaldet har været analyseret i forhold til et krav om ingen kildesortering ved husstanden, sammenholdt med et krav om kildesortering. Der er med den nuværende teknologi ikke en kommerciel metode til at forbehandle usorteret dagrenovation med henblik på forgasning og udnyttelse af rådneresten på landbrugsjord. Det er muligt at forgasse usorteret dagrenovation i en tør forgasningsproces, men det er efterfølgende ikke muligt at udbringe rådneresten på landbrugsjord, da grænseværdierne for miljøfremmede stoffer jf. slambekendtgørelsen² vil være overskredet. Derfor vil denne behandlingsmetode ikke kunne anerkendes som genanvendelse i henhold til affaldsbekendtgørelsen, som er formålet med nærværende undersøgelse.

² BEK nr 1650 af 13/12/2006

3.2.3.1 *Kildesorteret i 1 rum*

Ved kildesortering i 1 rum er affaldet sorteret i køkkenet, enten i 2 forskellige posetyper, hvoraf den ene har en ensartet farvekodning eller bioaffaldet afleveres i en separat beholder.

Kravet til aflevering af både restaffald og bioaffald i ét rum er, at det indsamlede affald efterfølgende sorteres ved en optisk sortering, f.eks. hvor poser til bioaffald har en særlig farve, som anlægget kan genkende og frasortere. På den måde er det muligt at fastholde 1 indsamlingsbeholder ved husstanden. I Sverige har flere kommuner valgt et sådant system, når affaldet emballeres i plast (Oslo Kommune (NO), Eskilstuna og Linköping Kommune (SE), Vejle kommune (DK)).

Indsamlet affald til optisk sortering, Oslo.
De blå poser indeholder plast og de grønne poser indeholder bioaffald.
Anlægget og ordningen er under indkøring.



Ved valg af denne løsning er der mulighed for at indsamle yderligere fraktioner i én spand med ugetømninger, f.eks. papir og plast, hvilket Eskilstuna (SE) og Oslo (NO) har valgt.

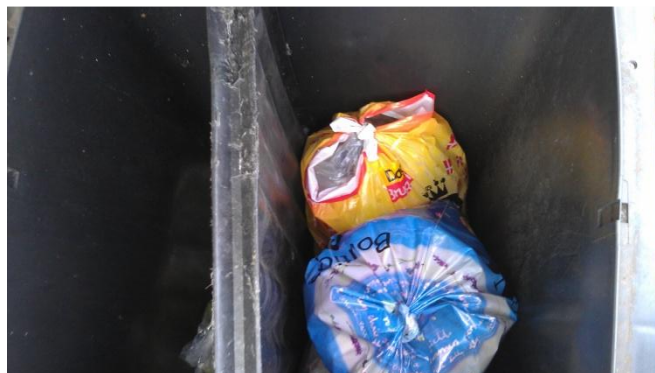
Alternativt kan det kildesorterede affald afleveres i separat beholder, mens restaffald og andre fraktioner indsamles i andre beholdere. Denne løsning giver frit valg i forhold til hvilken posetype, som kommunen ønsker at indsamle affaldet i, samt beholder type (det er muligt at bruge sækkesystem). Derudover er det muligt at ændre på systemet i forhold til indsamlingsposen, men dette kan dog give begrænsninger i forhold til ændringen af sorteringskonceptet, da der kan opstå pladsproblemer i den mest belastede beholder (typisk restaffaldet).

Ystad Kommune (SE), Jevnaker (NO), Frederikssund, Egedal, Gribskov Kommune (DK) har valgt en indsamlingsløsning i separate beholdere med 1 rum.

3.2.3.2 *Kildesorteret i flere rum*

Hvis affaldet afleveres til forbehandling uden optisk sortering, kan affaldet også indsamles som kildesorteret i flere rum, dvs. i 2- delte og 4-delte beholdere.

To-kammerbeholder i
Holbæk Kommune,
Restaffaldet er højt i
forhold til bioaffald



Det er muligt at indsamle alle posetyper i beholdere, som er opdelt, dvs. både bio, plast og papir. Typisk indsamles bioaffald/restaffald hver 14. dag i en 240 l beholder (Kalundborg, Holbæk, Odsherred Kommune (DK)).

En 4-kammermodel med bioaffald, restaffald og 2 andre genbrugsfraktioner indsamles ligeledes hver 14. dag (Perstorp Kommune, NSR, Lund Kommune, Sysav (SE)).

3.2.3.3 Sammenfatning af kildesortering

Kildesortering af affald har betydning for renheden af det indsamlede affald, samt hvilken hyppighed, som affaldet kan indsamles med inden for en given økonomisk ramme.

Tabel 3: Fordele og ulemper ved kildesortering i ét eller flere rum

Sortering i flere rum	Fordele	Ulemper
Kildesorteret i ét rum	Hvis specifikke poser til optisk sortering anvendes: - Antallet af beholdere kan fastholdes, - Affald kan tømmes hver uge Hvis separat indsamlet kildesorteret affald. Se Tabel 2	Ved optisk sortering skal der afholdes ekstra omkostninger til optisk sortering, samt
Kildesorteret i flere rum	Høj andel bioaffald i indsamlet materiale Uændret antal beholdere Det er muligt at tømme en usorteret i restaffaldet på flerkammerbilen, dvs. der er mulighed for valgfrihed om borgeren vil deltage i sorteringsordningen	Se Tabel 2 vedrørende beholderløsning med flere rum

3.2.4 Tømningsinterval

Ved at indsamle yderligere en fraktion, i nærværende projekt bioaffaldet, skal der tages stilling til tømningshyppigheden. Organisk affald er den største fraktion i husholdningsaffaldet rent mængdemæssigt, men fylder typisk mindre end de andre fraktioner per ton, da indholdet af vand presser affaldet sammen.

3.2.4.1 Ugentligt

Ugentlig indsamling af kildesorteret affald er i denne undersøgelse kortlagt i forbindelse med indsamling af affald til optiske sorteringsanlæg. Oslo (NO) og Vejle Kommune (DK) indsamler affaldet med ugentlige intervaller. I Vejle indsamles der typisk affald i 140 l beholdere, hvor affaldet sorteres i 2 fraktioner i grønne poser til organisk affald og sorte poser til restaffald. Begge poser udleveres af kommunen. I Oslo indsamles der 3 fraktioner, hård plast i blå poser, bioaffald i grønne poser og restaffald i valgfri emballage.

Frederikssund Kommune (DK) havde inden sammenlægningen i 2007 ugentlig tømning af 2 sækkestativer. Kommunen er ved kommunesammenlægningen overgået til plastspande med en 14 dages tømning for at reducere omkostningerne til tømning, da kommunen implementerede to-delt indsamling i den sammenlagte kommune.

3.2.4.2 14 dages tømning

Den hyppigst anvendte tømningsinterval ved indsamling af organisk affald er 14 dages tømning, hvor den samlede kapacitet for husstanden for den kildesorterede fraktion normalt er minimum 240 l. Det er muligt at indrette systemet, så enten to eller flere fraktioner indsamles hver 14-dag i en flerkammer bil (Perstorp, Eskilstuna, Helsingborg, Malmø Kommune (SE), Jevnaker (NO), Kalundborg, Holbæk, Frederikssund, Odsherred, Billund Kommune (DK)) eller affaldet indsamles i hver sin bil, eller skiftevis.

Oplevelserne i forbindelse med opbevaring af affaldet i 14 dage afhænger dels af vejret og dels af emballagen. Ved tømning i et 14-dages interval i varme perioder i sommertiden, kan opbevaringen af affald med biologisk materiale medføre øget risiko for lugtgener hos borgeren, samt dyr i affaldet (larver fra spyfluer primært). Problemet opstår oftest, når emballagen fra køkkenet ikke er tætsluttende. Således kan genen opstå både i restaffaldet (f.eks. kødsaften i emballagen fra kød, mælkeprodukter mv.) og bioaffaldet.

En tømning hver 14. dag med en flerkammerbil reducerer vejsliddet på villavejene i kommunen og reducerer tømningsomkostningerne i forhold til ugentlige tømninger.

Det er også muligt at indsamle hhv. restaffaldet hver 14. dag i f.eks. ulige uger, mens bioaffaldet indsamles i lige uger. Her anvendes skraldebiler med kun 1 lasterum med denne ordning, som sikrer optimal udnyttelse af lastekapaciteten

på indsamlingsmateriellet inden affaldet afleveres til forbehandling. Egedal og Gribskov Kommune (DK) indsamler affaldet på denne vis.

3.2.4.3 14 dages indsamling med ekstra tømning om sommeren

I Halsnæs Kommune er der som udgangspunkt indsamling af organisk affald hver 14. dag. Ved implementering af indsamling af organisk affald i den sammenlagte kommune blev det besluttet at indføre muligheden for ekstra indsamling i sommerhalvåret for at minimere risikoen for lugtgener.

Efterfølgende har det dog vist sig, at ordningen dels ikke er blevet benyttet og dels at det er muligt at reducere indsamlingsomkostningerne ved at fjerne optionen, hvilket er implementeret i 2012.

I Sverige er indsamlingen af affald hver 14. dag med ekstra ugentlige tømninger om sommeren langt mere udbredt, da erfaringerne har vist, at der er risiko for flue og larveforekomster, hvis affaldet ligger for længe i affaldsbeholderen. Dette er mest udbredt, hvor affaldet i papirposer indsamles i separate beholdere.

3.2.4.4 Sammenfatning af tømningsinterval

Tømningsintervallet har betydning for, hvilken kapacitet, der skal være ved husstanden.

Tabel 4: Fordele og ulemper ved tømningsintervaller

Tømningsintervaller	Fordele	Ulemper
Ugetømning	Mindre risiko for lugtgener Mindre volumenbehov per beholder Kan opleves som højere service af borgerne	Højere tømningssomkostninger (ca. 150 kr. mere per husstand om året)
14-dages tømning	Laveste tømningssomkostninger Mindre slitage på villaveje ved dobbeltkammerbil	Højere risiko for lugtgener
14-dages tømning med ugentlige sommertømninger	Mindre slitage på villaveje ved dobbeltkammerbil Mindre risiko for lugtgener	Mellemhøje tømningssomkostninger (ca. 75 kr. mere per husstand om året)

3.2.5 Skraldebil

Ved indsamling af organisk affald er det udbredt at anvende både etkammerbiler, to-kammerbiler og 4-kammerbiler. Ved indsamling af kildesorteret madaffald er det vigtigt at sikre at bilen er monteret med perkolatopsamlingstank, da der ellers er risiko for spild af perkolat på kørevejene efterhånden som bilen fyldes.

3.2.5.1 Etkammerbil

Et kammerbilen er den traditionelle skraldebil, hvor op til 2 skraldespande kan tømmes på samme tid. Den er nem at håndtere og servicere for renovatøren, da

bilen er baseret på kendte teknologiske løsninger og nemt kan erstattes ved nedbrud af materiel. Ved valg af denne løsning indsamles bioaffaldet som nævnt i afsnit 3.2.3.3 enten med ugentlig intervaller til optisk sortering eller med 14-dages interval i udelte beholdere.

Fordelen med at vælge denne løsning er, at det er muligt at stille krav om små biler på f.eks. grusveje i sommerhusområder, samt at det er muligt at indstille trykkraften på bilen alt efter om der skal tages hensyn til at poserne ikke åbnes inden forbehandling/sortering. Derudover reducerer etkammerbilen usikkerheden hos borgeren om, at restaffald og organisk affald blandes sammen i bilen, fordi de tømmes op i samme lad.

3.2.5.2 *To-kammerbil*

To-kammerbil er en rumopdelt skraldebil, som har rum der kan forskydes i forhold til forventet indsamlet volumen af de 2 fraktioner. Det er muligt både at indsamle affald i separate beholdere og to-delte beholdere med denne vogntype.

Ved indsamling af affald i separate beholdere er det muligt at tømme begge husstandens beholdere i samme tømningscyklus. Der kan dog kun tømmes affald fra 1 husstand der kildesorterer ad gangen til forskel fra en etkammerbil.

Det er vigtigt at rumopdelingen af skraldespanden er placeret i samme side, dvs. at borgeren får udleveret beholdere med tydelig markering af, i hvilken side bioaffaldet skal placeres, når der udleveres to-delte beholdere.

Det er vigtigt i informationen af borgerne, at opdelingen af bilens indsamlingsvolumen er rumopdelt. Anvendelse af to-kammerbil giver oftere anledning til rygtedannelse om at affaldet blandes sammen, som kan være svært at mane til jorden.

I Danmark er to-kammer bilen blevet udbredt i kommuner, der kildesorterer organisk affald. Kalundborg, Odsherred, Holbæk, Halsnæs, Frederikssund og Billund Kommune (DK) har valgt denne løsning.

3.2.5.3 *4-kammerbil*

4-kammerbilen anvendes til indsamling af 4 kildesorterede fraktioner. Indsamlingsmetoden er rimeligt udbredt særligt i Sverige (Perstorp, Lund, Bjuv, Åstorp Kommune). Indsamlingen af fraktionerne i 4-kammerbil tømmes og evt. omlastes på samme plads. Der tømmes 1 kammer ad gangen.

Ved en visuel kontrol af det omlastede affald var der meget få urenheder fra andre affaldsfraktioner, hvorfor det vurderes, at det for borgeren er en tilgængelig løsning, samt at teknologien er udviklet tilfredsstillende, hvilket modvirker sammenblanding af fraktionerne, både ved tømning af husstandens beholder, men også ved tømning på pladsen.

Udover 4-kammerbeholdere kan tømmes i en 4 kammerbil, er det muligt at tømme udelte beholdere med usorteret affald i kammeret til restaffald. I Perstorp Kommune kan borgeren vælge mellem at sortere i 8 fraktioner eller få affaldet indsamlet i en usorteret beholder. De 8 fraktioner indsamles i 2 stk. 4 kammerbeholdere på 370 l, som tømmes af en 4-kammerbil. Bioaffaldet tømmes hver 14. dag sammen med restaffaldet, farvet glas og plastemballage. Den årlige omkostning for husstanden er på samme niveau, uanset om borgeren vælger en løsning uden sortering eller med sortering ved husstanden. Ved opstart af ordningen blev indsamlingen i 4-kammerbeholdere præsenteret som en lille genbrugsstation for borgeren, som således har mulighed for at reducere transporten til genbrugspladsen betragteligt.

98 % af husstandene har på den baggrund valgt frivilligt, at melde sig til ordningen med de 2 4-kammerbeholdere. Det vurderes på den baggrund, at på trods af beholderens markante udseende og pladskrav, oplever borgerne beholderne som en god løsning på indsamling af affald fra husstanden.

I Danmark anvendes 4-kammerindsamling i ordninger til indsamling af kildesorterede genanvendelige tørre fraktioner i f.eks. Herlev Kommune.

3.2.5.4 Sammenfatning for valg af skraldebil

Den mest anvendte skraldebil til tømning af restaffald i Danmark er etkammerbil. Ved indsamling af bioaffald er det mest udbredt at anvende en 2-kammerbil, mens 4-kammerbilen ofte er ved at blive udbredt i Sverige, hvor der er længere køreveje mellem husstandene.

Ved indsamling af rent bioaffald skal der være opmærksomhed på, at der skal være monteret en perkolattank på bilen, som opsamler evt. dannet perkolat.

Valget af skraldebil har indflydelse på udnyttelsesgraden af den transporterede volumen, fleksibiliteten i forbindelse med nedbrud, som har en afsmitning på den samlede indsamlingsøkonomi.

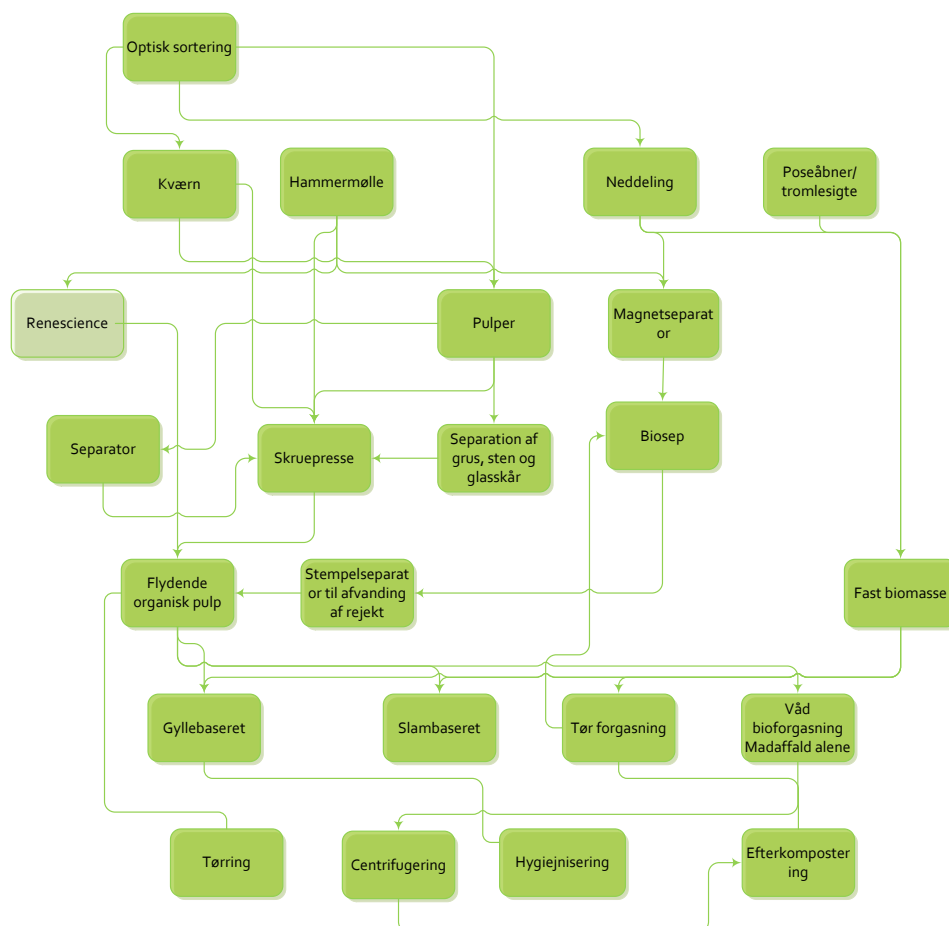
Tabel 5: Fordele og ulemper ved valg af skraldebil

Biltype	Fordele	Ulemper
Etkammerbil	Kendt teknologi Reservebil kan nemt indsættes uanset om det er lokal eller landsdækkende renovatør Kan tømme 2 husstande på én gang	Hvis der ønskes ugetømning af kildesorteret affald, er det en dyr løsning
To-kammerbil	2 fraktioner kan tømmes på 1 gang Kan reducere vejsliddet på villaveje ved 14-dages tømning Kan også tømme separate beholdere	Udelt bagstykke medfører at affaldet fra kammer 2 falder ud, når kammer 1 tømmes Fyldes som regel ikke optimalt
4-kammerbil	Tømmer 4 affaldstyper på 1 gang Reducerer vejsliddet på villaveje ved 14-dages tømning	Ikke udbredt i Danmark Fyldes som regel ikke optimalt

3.3 Teknologier til forbehandling af organisk dagrenovation

Nedenfor kommer en beskrivelse af de anvendte teknologier, som er udbredte i de nordiske lande i dag. Beskrivelse er på overordnet komponentniveau af mulige forbehandlingsmetoder, samt hvilke erfaringer og driftstid, der har været på anlæggene.

Overordnede kortlagte procesveje på forbehandlings- og biogasanlæg



3.3.1 Optisk sorteringsanlæg

Optiske sorteringsanlæg er baseret på farvegenkendelse af poser. Affaldstyper der ønskes udsorteret på anlægget, bliver typisk indsamlet i poser med særlige farvekoder der udleveres af kommunen.

Følgende forhold er vigtige at være opmærksom på, ved valg af optisk sorteringsanlæg.

1. Der skal udleveres særskilte poser til genbrugsfraktionen til husstanden. Sørg for ikke at vælge en pose med samme farve som større supermarkeder.

2. Komprimering af affaldet i indsamlingsbilen skal typisk reduceres i forhold til usorteret indsamling
3. Poserne skal kunne lukkes med knude
4. Der er ikke udviklet papirposer til dette system
5. Skarpe genstande øger risikoen for at poserne bliver sprættet op

Aftipning af affald til optisk sorteringsanlæg, de grønne poser indeholder bioaffald



For at sikre en sikker og stabil drift indrettes sorteringsanlægget under tag. Anlægget etableres minimum med 2 linjer, som ved besøg på forskellige anlæg var monteret med 3 udslagspunkter, som frasorterede den farvede pose.

Anlægget er typisk på moderne anlæg bygget op med modtagelse af affald på et "walking-floor" gulv i siloen, som føder et langsomtgående opadrettet fødebånd, hvor affaldet fordeles og evt. større emner, som det ikke er hensigtsmæssigt at tilføre det optiske sorteringsanlæg, frasorteres inden affaldet tilføres det optiske sorteringsanlæg.

Fødebånd til optisk sorteringsanlæg



Efter tilførslen til anlægget sorteres affaldet ved hjælp af farvefølsomme sensorer, som aktiverer en udslagsenhed, der fjerner de indsamlede poser med en forprogrammeret farvekode. Restaffaldet og løst affald transporteres videre.

Optisk sorteringsanlæg,
Linköping



Anlægget har 3 kontrolposter, hvorefter affaldet forlader anlægget, som restaffald. Anlægget leveres med en garanti om udsortering af minimum 95 % af de udleverede poser, uanset om posen er lukket eller åben. Der udsorteres dog også nogle ukurante poser, hvis anlægget ikke er indstillet med den optimale hastighed.

Udsorterede grønne
poser med optisk sorte-
ringsanlæg



For at øge udsortering er der etableret recirkulering af poser på en efterkontrolpost, som returneres til siloen. Som det kan ses af billedet er det dog ikke nok til at fjerne alle ukurante poser

3.3.2 *Opsprætning af poser og neddeling*

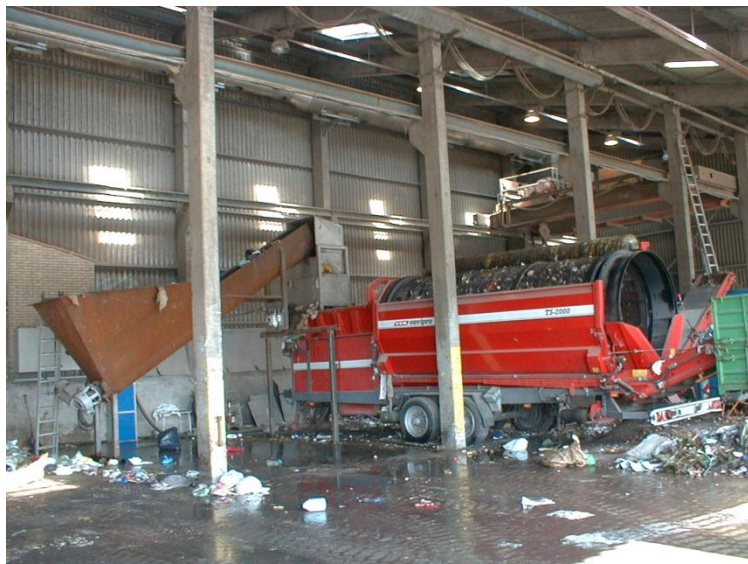
Det indkomne materiale skal adskilles fra urenhederne for at sikre, at urenheder og evt. plastemballage kan frasorteres. Alt efter den efterfølgende separationsmetode, udføres opsprætningen og separationen på forskellig vis.

3.3.2.1 *Poseåbner og sigtesold*

En simpel og prisstærk løsning på forbehandling af bioaffald kan udføres ved hjælp af en poseåbner, efterfulgt af en sigtning på en tromlesigte med typisk et 80 mm. sold.

Bioaffaldet lastes fra grav eller gulv op i en tragt, som transporterer affaldet hen til et knivsæt ved hjælp af en transportsnegl, der fordeler affaldet. Poseåbneren roterer nænsomt med modsatrettede kræfter, griber fat i poserne og trækker poserne op.

Poseopsprætter og sigtesold, Vestforbrænding, Frederikssund (2008)



Poseåbneren er opbygget med to vandret liggende aksler med påmonterede opriverskiver, hver med en diameter på ca. 850 mm med 25 skiver på hver aksel. Akslerne er hydraulisk drevne og roterer under oprivningsprocessen mod hinanden. Et elektrisk/hydraulisk system overvåger akslernes rotation. Hvis fejlsorterede eller uønskede genstande som fx en stegepande kommer i poseåbneren, sørger et forudindstillet hydraulisk tryk for, at akslerne reverserer. Poseåbneren åbner plastposer og anden emballage. Plast og emballage rives i meget store stykker, så det i den efterfølgende proces er nemmere at sortere fra med et sigtesold.

Poseåbneren føder automatisk tromlesigten som er opbygget med et sold, således at den organiske fraktion, som er tungere og mere findelt end resten, falder gennem huller i tromlen. Den lettere del, som hovedsageligt består af plastik og organisk affald med en diameter højere end 80 mm, vil blive transporteret til enden af tromlen, hvorfra det føres videre til en container. Derved har metoden en høj grad af frasortering af urenheder, men der medtages også samtidig en del organisk affald. Anlægget har været opstillet på Vestforbrænding, Vejle Kommune, Noveren (DK), hvor det primært har været anvendt som et overgangs anlæg, indtil selskabet eller kommunen var sikre på, at der fortsat skulle forbehandles organisk affald efter kommunesammenlægningen. Der har typisk været et rejekt mellem 35 og 45 % efter forbehandlingen.

Affaldet har efter neddelingen og separationen en høj tørstofprocent (over 20 %), som kan forgasses i et tørt forgasningsanlæg, eller ved opblanding med for eksempel gylle i et traditionelt biogasanlæg.

3.3.2.2 *Neddeling*

Neddeling af affaldet i forbindelse med behandling af affaldet i biogasanlæg er ofte nødvendig for at kunne håndtere materialet i varmevekslere, pumper m.m., samt at sortere affaldet. Finnedelingen finder oftest sted efter, at affaldet er

blevet separeret for plast og opblandet i flydende medie, men i enkelte tilfælde finder finnedelingen sted før affaldet forbehandles i tør tilstand (Jevnaker (NO), Kristiansstad (SE), Grindsted (DK)). Det kræver, at affaldet er indsamlet i papir eller uden emballage, hvis denne proces skal sikre at den afgassede masse kan udbringes på landbrugsjord. Finnedelingen kan udføres med forskellige typer maceratorer.

3.3.2.3 *Hammermølle*

En hammermølle fungerer ved, at et antal roterende slagler, med stor kraft neddeler affaldet. Ved denne type neddeling bliver det organiske materiale neddelt, medens plastikposerne kun bliver neddelt i mindre omfang. Ulemper ved hammermøllen er en høj anskaffelsespris og et stort effekt- og energibehov.

Hammerkværn på NSR (SE)



Den anvendes blandt andet på Helsingborg (SE), samt Jevnaker (NO). Begge anlæg modtager affaldet i papirposer, men sidstnævnte har tidligere modtaget affald emballeret i plast.

3.3.2.4 *Sammenfatning af erfaringer med optisk sortering og neddelingsmetoder*

Separationen af kildesorteret affald kan indledes ved optisk sortering og/eller en grov maskinel neddeling og efterfølgende separation. Valget af metoden og om det skal gøres, afgøres primært af indsamlingsmateriellet og den efterfølgende separationsmetode. I Tabel 6 fremgår fordele og ulemper ved valg af metoder og hvornår de er påkrævet.

Tabel 6: Fordele og ulemper ved valg af neddeling

Metode	Fordele	Ulemper
Optisk sortering	Muliggør ugetømning uden væsentlige øgede omkostninger til tømning Flere fraktioner kan indsamles i samme spand, dvs. mindre pladsbe-	Affald skal indsamles i plastposer, som skal udleveres af kommunen Øgede investeringer til grundkøb

	hov ved husstanden God løsning for nedfaldsskakte i flerfamilieboliger Korrekt sorteret affald afleveret i forkert spand kan blive udsorteret	og materiel, samt driftsomkostninger Umoden teknologi, som kræver indkøring for optimal drift Kræver dobbeltknode på skraldepose Løst affald kan ikke udsorteres, f.eks. nedfaldsæbler Korrekt sorteret affald kan blive frasorteret til restaffald pga. maskinel usikkerhed
Poseåbner og sigtesold	Lavteknologisk og nem at reparere Kan anvendes til alle posetyper, men bioposer ikke velegnet Kan håndtere grove urenheder i affaldet Kort afskrivningsperiode Robust Høj tørstofprocent i biomasse Lavt vandforbrug	Høj rejektmængde Højt indhold af organisk affald i rejekt Små plastrester fjernes ikke fra biomassen Hyppig udskiftning af sliddele Mest velegnet til forberedelse af kompostering Ikke velegnet til emballeret erhvervsaffald
Macerator	Kan kun anvendes ved rent madaffald Rejektmængde meget lav Lav udgift til forbehandling Affaldet er efter opslemning med væske pumpbart og velegnet til våd forgasning Høj tørstofprocent i biomasse Metal kan udsorteres efter neddeling	Affaldet skal være MEGET rent og uden plast Kan kun anvendes til bioaffald indsamlet i papir eller uemballeret Affaldet eftersorteres kun vanskeligt Kræver konstant fokus på sortering fra anlæg og chauffør Kræver stor opbakning fra politikere
Hammermølle	Er velegnet til alle posetyper, bioposer dog uønsket Kan håndtere urenheder i affaldet Resulterer i bedre udsortering af urenheder og lavere andel af bioaffald i rejekt Sikrer mulighed for udsortering af metal Plast forbliver i større stykker Velegnet både i tørre og våde	Dyr i anskaffelse og energibehov højt

Optisk sortering er velegnet hvis der ønskes at indsamle affald 1 gang om ugen i en beholder. Om anlæggets omkostninger i både investeringsfasen og driftsfasen kan finansiere besparelserne på indsamlingen er ikke vurderet i nærværende projekt. Det skal dog bemærkes, at der må påregnes længere indkøringsperiode end separat indsamlet kildesorteret affald ved husstanden. Ved besøgene var de indsamlede mængder per husstand relativt lave. Det fordrer endvidere et forbrug af plastposer, som øget mængden af rejekt i forhold til papirposer.

Hvilken neddelingsmetode der anvendes forud for separationen er afhængig af indsamlingsposen, samt den efterfølgende behandling. Neddelingen kan medvirke til at separationsprocessen kan udføres med en kortere periode per batch, omvendt er det vigtigt at der ikke sker en fin neddeling af uønskede emner (primært plast) og at materiellet er robust over for urenheder. Neddeling med hammermølle vurderes, at kunne reducere andelen af organisk materiale i rejektet, f.eks. ved efterfølgende brug af stempelseparator.

3.3.3 Separationsmetoder

Efter affaldet enten er neddelt eller finddelt, kan affaldet separeres på flere måder, som dels afhænger af den efterfølgende forgasningsproces.

Der har i 2003 været udført forsøg og analyser af forskellige forbehandlingsmetoder i Danmark, som omfattede skruepresser, stempelseparator, rullerigter, samt neddeling og magnetisk separation.

En del af forbehandlingsforsøgene viste, at der kunne forbehandles på affaldet til en tilfredsstillende ren og forgasningseget fraktion, men at andelen af det udsorterede affald var meget lav, idet der blev produceret en høj andel af rejekt. Undersøgelserne gav ikke anledning til at anvende nye teknologier på de eksisterende forbehandlingsanlæg.

Nedenfor gennemgås anvendte separationsteknikker, som er udbredt i de nordiske lande.

3.3.3.1 Pulper

Pulperen fungerer både som grovneddeler og separator af urenheder, herunder plastposer. Pulperen er en batchproces, hvor affaldet og vandet i forholdet 1:1,2 tilsættes, hvorefter det slynges i en centrifugeringsmekanisme, som sikrer at det organiske affald neddeles og gøres flydende.

Pulperen er opbygget omkring en cylinder, hvori der sidder en centralt placeret rotor. Den centrale rotor bringer opløsningen i beholderen i kraftig rotation. Ved rotoren opstår store hastighedsforskelle mellem rotorens yderkanter (knive) og den omkringliggende opløsning. Herved rives og skæres partikler i opløsningen over. Pulperen anvendes hovedsageligt i papirindustrien til opløsninger med en tørstofprocent på 3-4, men ved at benytte specielt store rotor i forhold til beholderens volumen er det muligt at benytte princippet for den organiske dagrenovation fortyndet til 6-8 % tørstof.



Pulperen anvendes både til neddeling og separering. Emner med en lille vægtfylde, såsom plast, vil flyde ovenpå i en roterende bevægelse. Der findes udstyr, som automatisk opfanger sådanne emner i pulperen. Tunge emner som sten og metalstykker slynges ud mod siderne og kan opsamles fra bunden. Ud af pulperen produceres en flydende biofraktion, samt et rejekt, der skal eftersepareres.

Efter pulperen ledes affaldet over i en separator, hvor væsken suges ud gennem et finmasket net hos Komtek (DK). Hos Komtek produceres en væske med et tørstofindhold mellem 6-8 %, som afvandes yderligere ved hjælp af en skruepresse til ca. 13 %. Skruepressen er en teknologi, der normalt anvendes til separation af gylle i landbruget med henblik på at reducere transportomkostningerne.

I Jevnaker ledes vandet til 2 skruepresser, hvor den ene har en højere huldiаметer end den første presse. Væsken har et tørstofindhold på 6-7, mens rejektet er mellem 15 og 20 %.

3.3.3.2 *Skruepresse*

Skruepresser anvendes til opdeling af det organiske affald i en væskefraktion og et rejekt. I skruepressen tilføres det neddelte opslemmede affald. Herefter afvandes tørstoffractionen ved hjælp af en mekanisk presning, hvor biomassen presses gennem. Skruepressen er baseret på en batchproces, som skal fødes kontinuertligt.

Skruepressen er indrettet som en skrue, der kan presses affaldet ind i et kammer, hvorefter affaldet presses uden gennem huller i kammeret ved hjælp af et hydraulisk tryk. Skruepressen er en batchproces, hvor en given mængde affald fødes ind og presses indtil et givent tryk, hvorefter rejktet fjernes.

Ved at anvende sigter med forskellige hulstørrelser, og ved at justere hvor hårdt tørstoffractionen skal presses, kan skruepressen i nogen grad tilpasses brugerens ønsker til hvor fine partikler, der skal separeres fra, og hvor høj tørstofprocenten skal være i den faste fraktion.

Hos NSR i Helsingborg (SE) tilføres affaldet efter neddeling og pulpning til en skruepresse for at separere urenheder fra biomassen. Affaldet presses gennem en sigte med en hul diameter på 10 mm med et 5 bars modtryk.

Skruepresse, Uppsala (SE)



I Jevnaker (NO) blev skruepressen ligeledes anvendt til at separere urenheder fra rejktet efter pulpningsprocessen. Separationen sker på 2 af hinanden efterfølgende trin, hvor huldiameteren reduceres efterhånden til 12 mm.

Jevnaker (NO), skruepresser med rejkt for enden, samt sigter



3.3.4 Biosep

Biosep er et system, der er bygget op som en batchcyklus, hvor groft neddelt affald, som har passeret en magnetseparator, tilføres en speciel slyngeenhed.

Affaldet tilsættes systemet, hvor der tilsættes vand/væske indtil en passende tørstofprocent, hvorefter affaldet slynges.

Biosep, Linköping



Herefter bliver affaldet slynget i en proces der varer omkring 5 min i et lukket system med undertryk, hvor biomassen suges ud gennem en sigte på 30 mm i første enhed, som efterfølges af yderligere en enhed med en 12 mm sigte.

Når der ikke tappes yderligere af systemet, tilsættes en ny batch affald med væske, som gennemgår den samme proces, indtil at rejktet i centrifugen opnår en given mængde. Herefter vaskes rejktet med rent vand, hvor væsken tilføres biomassen. Så pumpes affaldet videre til lagertanken gennem rørene. Rejktet transporteres via en snegl til en stempelseparator, som trykker den sidste væske ud af rejktet.

Hulsigte til skruepresse
 efter Biosep



Rejektvæsken opsamles og tilføres den opsamlede biomasse. Det samlede tørstof i biomassen er på 18 %.

3.3.4.1 Sammenfatning af separationsmetoder

Ud fra de indsamlede erfaringer og konkrete anlægsbesøg, kan fordele og ulemper ved separationen af organisk biomasse og rejekt listes op i Tabel 7

Tabel 7: Fordele og ulemper ved valg af separationsmetoder

Metode	Fordele	Ulemper
Pulper	<ul style="list-style-type: none"> Kan separere affald fra både industri og dagrenovation Er robust over for fremmedlegemer Kendt og testet teknologi fra papir-sektoren Ikke pladskrævende Mellem rejektandel (18-20 %) Biomasse kan anvendes til våd forgasning 	<ul style="list-style-type: none"> Teknologien er lige udviklet Batchproces Højt vandforbrug Mellemhøjt energiforbrug (28 kWh per ton)
Biosep	<ul style="list-style-type: none"> Kan separere affald fra både industri og dagrenovation Ikke pladskrævende Højt TS efter separation Affald skal neddeles forinden Lav-mellem rejektandel (15-20 %) Biomasse kan anvendes i våd forgasning 	<ul style="list-style-type: none"> Teknologien er lige udviklet Mellemhøjt vandforbrug Højere energiforbrug (45 kWh per ton)
Skruepresse	<ul style="list-style-type: none"> Kan separere affald fra både industri og dagrenovation Relativ lavteknologisk Kendt teknologi Ikke pladskrævende Lavt vandforbrug, hvis tør Lavt energiforbrug (10 kWh per ton) Biomasse kan anvendes til våd forgasning 	<ul style="list-style-type: none"> Høj rejektandel (33 %) Høj andel af bioaffald i rejekt Mellemhøjt vandforbrug ved våd-skruepresseseperation

3.3.5 Output

Outputtet som forgasses kan enten være tør (stabelbar) eller flydende. Den største del af output, der produceres fra forbehandlingsanlæggene er flydende og dermed velegnet til at forgasse i en våd udrådningproces baseret på at pumpe massen rundt, frem for en tør fraktion, som kan udrådnes i moduler der lastes med rullende materiel.

3.3.5.1 Separation af glas, sand og sten

Glasstumper, sand og sten udgør en væsentlig faktor for sliddet på et biogasanlæg, hvor affaldet pumpes rundt i systemet. Derfor har forbehandlingsanlæg i forbindelse med eget biogasanlæg stor fokus på at fjerne denne fraktion.

Fjernelsen af denne fraktion kan ske ved sedimentation i tanke med overløb ved en kontinuert proces, hvor opholdstiden er omkring 1 døgn. I Uppsala bestod systemet i 3 på hinanden følgende tanke, hvor den første tank blev tømt for sediment ca. hver 2. mdr., nr. 2 tank blev tømt hver halve år og den sidste tank tømmes 1 gang om året.

Sedimentationstank til fjernelse af grus, sten og glas, Uppsala



En anden separationsmetode er kombineret med pulpningsprocessen. Ved centrifugeringsprocessen i pulperen tilsættes biomassen i en batch proces. Pulperen slynger affaldet i ca. 20 minutter, hvorefter væsken pumpes videre til separation, mens partiklerne er fældet på bunden af pulperenheden. Pulperens bundfald

tømmes alt efter hvor meget der er udfældet, omkring 1 gang hver 14. dag (Jevnaker (NO)).

3.3.5.2 *Flydende organisk biomasse*

Den flydende biomasse produceres i forbindelse med pulping og skrueseparatør. Årsagen til at outputtet er flydende er, at der i forbindelse med separationsprocessen tilsættes væske for at øge effekten af separationsprocessen i forhold til mest muligt organisk affald i biomassen. Væsken, der tilføres, kan være vand eller alternativt andre affaldsvæsker fra industrien, mælk, opsamlet vand fra rening eller lignende.

Biomasse fra Komtek,
Holsted, ca. 7 % TS



Ved tilsætningen af vand reduceres tørstoffet i den samlede masse og dermed energiindholdet per ton biomasse væsentligt. Den flydende biomasse produceret af de besøgte forbehandlingsanlæg betød typisk mere end en halvering af tørstofprocenten. Med andre ord skal der transporteres dobbelt så store mængder fra forbehandlingsanlægget til biogasanlægget, hvor energiindholdet per ton biomasse er reduceret med den andel af væske der tilsættes. En af årsagerne til at benytte teknikken i de nordiske lande er, at biogasanlægget er etableret i forlængelse af forbehandlingsanlægget, hvorfor transportbehovet er af mindre betydning for transport mellem processerne, mens pumpbarhed prioriteres.

Der er derfor en del synergier i at placere et forbehandlingsanlæg der producerer en flydende fraktion i nærheden af biogasanlægget, hvis det er muligt, frem for ved forbrændingsanlægget, som typisk behandler restfraktionen.

Hvis forbehandlingsanlægget er placeret mere end et par kilometer fra biogasanlægget, skal den producerede biomasse kunne opbevares i et tankanlæg, og den skal pumpes ind i en tankvogn til videre transport til biogasanlægget.

En flydende biomasse er let at håndtere for biogasanlæg, der er baseret på en våd proces. Energiindholdet per ton biomasse er dog væsentligt lavere end ufortyndet fast biomasse, som betyder, at der skal anvendes en større reaktorkapacitet til at forgasse affaldet på biogasanlægget, ligesom det tilsatte vand efterfølgende gør det mere omkostningstungt at udbringe den afgassede biomasse på landbrugsjorden.

3.3.5.3 *Fast biomasse*

Fast biomasse produceres ved teknikker, hvor der anvendes separationssystemer, hvor der ikke tilsættes vand for at adskille produkterne. En kendt teknik til produktion af fast biomasse er poseåbneren og sigtesoldet, samt en tidligere anvendt teknik anvendt på Vestforbrænding (det tidligere AFAV), som forbehandlede affaldet gennem en tromle med slidbaner, hvorefter affaldet blev sigtet.

I 2003 blev der tillige udført forsøg med at presse tørt affald med skruepresse og stempelseparator. Forsøgene viste, at denne teknik resulterede i, at en stor del af affaldet ikke blev separeret, men at biogaspotentialet var højt i den producerede biomasse.

Fordelen med en tør separation er, at affaldet er mindre omkostningstungt at transportere, samt at der er et højere gaspotential per ton biomasse, når det fødes ind i biogasanlægget. Biogasanlægget kan dermed håndtere højere mængder med et fastholdt volumen af reaktortanke

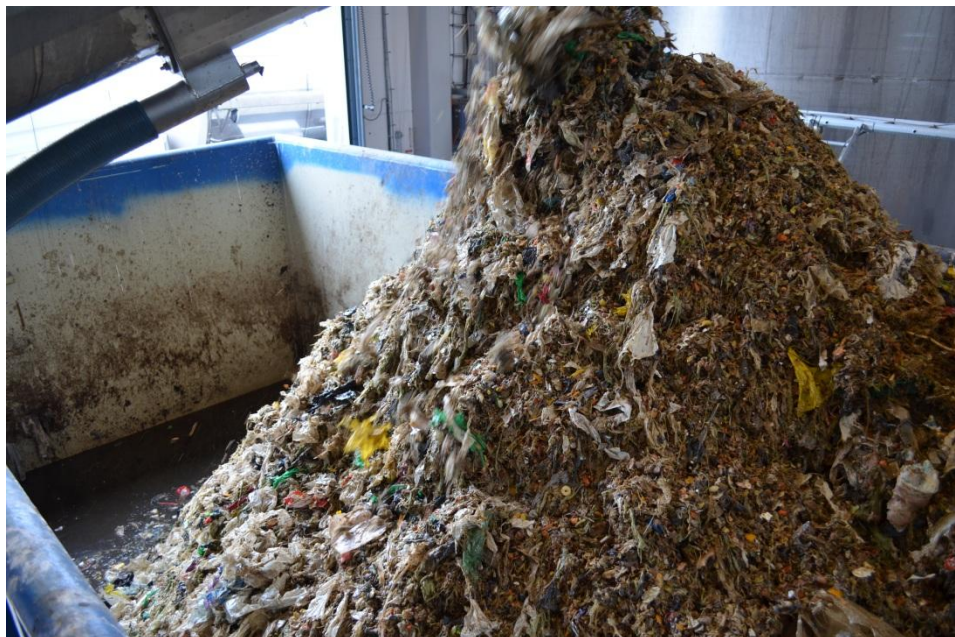
Fast biomasse efter forgasning på Solum, Audebo tilsat 25 % hveaffald som struktur



3.3.5.4 *Rejekt*

Rejektets sammensætning afhænger væsentligt af inputtet til processen. Indsamles affaldet i plastposer er der en høj andel af plaststrimler i fraktionen

Rejekt fra Linköping
indsamlet i plast og for-
behandlet i Biosep



Rejekt fra Komtek, Hol-
sted



For anlæg der håndterer papirposer er andelen af plast i rejekt lavere. I Jevnaker lå den omkring 15-20 %, mens den for Eskilstuna (plastposer til optisk sortering) lå omkring 33 %. I Uppsala er den omkring 15 % af den indgående mængde, hvor anlægget både modtager affald i papirposer fra Stockholm og affald i plastposer fra eget opland.

Her anvendtes sigtemetoder, som er hentet fra teknologier på renseanlæg til fjernelse af små plaststykker.

Rejekt fra forbehandling
af madaffald i poser,
NSR



3.4 Biogasanlæg

I Danmark er der primært etableret biogasanlæg, som er beregnet til at behandle gylle sammen med organisk affald. Derudover er der en række renseanlæg, som har en udrådningseenhed til slammet, mens kun 1 anlæg alene modtager madaffald, nemlig BioVækst i Audebo.

De gyllebaserede anlæg modtager meget lidt madaffald fra husholdninger, mens flere modtager affald fra storkøkkener. Den lave udnyttelsesgrad af madaffaldet skyldes primært, at der ikke udbydes rent madaffald til biogasanlæg, da meget få af anlæggene kan forbehandle madaffald.

I Sverige og Norge er en stor del af anlæggene baseret på at modtage slam, hhv. madaffald, mens meget få af dem anvender gylle, da husdyrtrykket i disse lande er meget lavt.

Madaffald er en eftertragtet vare for biogasanlæggene i Danmark, som alle har behov for at modtage affaldsprodukter med et højt gasudbytte (madaffald fra husholdninger har ca. 10 gange højere metanindhold end gylle, når det er ufortyndet), eller affald der kan bidrage med en indtægt til biogasanlægget ved modtagelsen (modtagegebyr).

3.4.1 Våd forgasningsproces

Bioforgasning i en våd proces kan ske ved udrådning af slam, bioaffald, gylle og andet organisk affald samt restprodukter fra landbrug og fødevarerindustri.

De tekniske krav til biomassen der indføres i biogasanlægget er en tørstofprocent på ca. 12 %, som sikrer at biomassen kan pumpes rundt i anlægget. Tørstofprocentens optimum afhænger dog også af viskositeten af den blandede biomasse, hvorfor det kan variere. Derudover er der krav om at diameteren på partiklerne i affaldet ikke overstiger 12 mm. Flere biogasanlæg løser udfordringen ved etablering af en macerator, som neddelar affaldet inden det fødes ind i rådnetanken.

Ud over de tekniske krav til biomassen, skal den leve op til lovgivningen for at kunne anvendes som slutprodukt på landbrugsjord. I henhold til Slambekendtgørelsen skal affaldet overholde en række specifikke krav til indholdet af miljøfremmede stoffer per kg tørstof, herunder tungmetaller, og komplekse organiske forbindelser, DEHP, NPE og PAH. Derudover stiller Slambekendtgørelsen krav om opvarmning af affaldet til 70 °C i en time, hvis affaldet skal kunne spredes frit i forhold til lovgivningen. Alternativt er der restriktioner på anvendelsen af den afgassede masse.

I Danmark har for eksempel fødevarereproducenten Arla stillet krav til deres leverandører, hvor de forbyder anvendelsen af gødning, som er helt eller delvist baseret på organisk husholdningsaffald. Kravene er opstillet af mælkeleverandørforeningen, men omtales oftest som kravene til "Arlagården"

Derfor vil biogasanlæg med en enkel behandlingslinje have problemer med at modtage husholdningsaffald, hvis anlægget leverer gylle til bønder som dyrker foder til malkekvæg.

En våd forgasningsproces på et biogasanlæg består af et koncept, som omfatter modtagetanke, hvor affaldet blandes op, evt. en neddeler og hygiejniseringsenhed til affaldsprodukter, der er omfattet af Biproduktforordningen. Herefter udrådnes affaldet i rådnetanke, hvor opholdstiden afhænger af, om processen er indrettet til en mesofil eller termofil proces, som efterfølges af lagertanke til opbevaring af den afgassede masse. Derudover er der tilknyttet lugtreducerende foranstaltninger, såsom barkfiltre, scrubber mv., samt en fakkel til at afbrænde overskudsgas. Biogassen leveres typisk til kraftvarmeanlæg, men i fremtiden vil den også blive opgraderet og injiceret i naturgasnettet.

Hashøj biogasanlæg
(DK)



Alt efter omstændighederne kan gassen således udnyttes i egen motor på biogasanlægget med produktion af el og varme, gassen kan tilføres et gasdrevent kraft/varmeværk eller gassen kan oprenses og for eksempel anvendes som erstatning for naturgas i gasdrevne biler, som er den mest udbredte anvendelse af biogas i Sverige og Norge.

3.4.1.1 *Gyllebaserede biogasanlæg*

Gyllebaserede anlæg er i Danmark karakteriseret ved anlæg, som modtager minimum 75 % af den behandlede organiske masse i form af gylle. Dermed ændres kravene til udbringning af den afgassede masse fra kravene i slambekendtgørelsen til reglerne i gødningsbekendtgørelsen, hvilket blandt andet er en lempe af reglerne omkring hyppigheden, hvormed den afgassede masse må udbringes på det samme areal.

I en våd forgasningsproces sker omsætningen af den forgasbare indhold i madaffaldet over en kort periode med et højt gasudbytte. Hvis anlægget udrådner madaffaldet sammen med gylle, er erfaringen, at anlægget er yderst robust over for variationer i affaldssammensætningen. Samtidig har anlægget som oftest en leverandør- og aftagerforening, som har forpligtet sig til at aftage den afgassede masse, hvilket sikrer afsætningen af rådnerefter biogasprocessen.

Ved den våde forgasning er der ofte mere transportarbejde i forbindelse med gylle, samt omkostninger forbundet med transport af den afgassede masse til marken end ved for spildevandsslam.

Gyllebaserede anlæg er meget udbredte i Danmark, men de færreste behandler organisk madaffald fra husholdninger.

3.4.1.2 *Samudrådning på renseanlæg*

Samudrådning på renseanlæg drives efter samme princip som de gyllebaserede. Forskellen på anlæggene er, at slambaseret afgasset biomasse ikke kan afsættes under husdyrgødningsbekendtgørelsen og som regel ikke har tilknyttet en fast aftagerkreds af den afgassede masse, hvorved det kan være sværere at afsætte og oftest til en højere pris end den gyllebaserede.

Slambaserede biogasanlæg uden madaffald er meget udbredt i Danmark. Kun 1 anlæg i Danmark modtager både madaffald og slam. Anlægget er beliggende i Grindsted i Billund Kommune, hvor den organiske del af husholdningsaffaldet indsamlet i papirposer tilføres det slambaserede biogasanlæg uden forbehandling ud over en neddeling.

I Sverige og Norge er det udbredt at anvende slambaserede anlæg til forgasning af madaffald, f.eks. Eskilstuna (SE), Ecopro, Lindum og Frevar alle i Norge.

3.4.1.3 *Affaldsbaserede biogasanlæg*

I Sverige og Norge drives flere af anlæggene dog også alene på madaffald, som oftest med modtagelse af organiske overskudsprodukter fra industrien og fødevarereproducenter, hvor emballeret madaffald behandles på samme anlæg. Forbehandlingsmetoden kan dog være forskellig alt efter typen af affald og emballagen.

Anlæggene fødes som regel direkte fra forbehandlingsanlægget eller modtager forbehandlet biomasse fra andre forbehandlingsanlæg ud over deres egen produktion, f.eks. Kristianstad (SE).

Biogasanlæggene har gode erfaringer med at udrådne madaffaldet og oplever sjældent driftsproblemer i forbindelse med biogasprocessen. De oplever, at der er efterspørgsel efter den producerede afgassede rådnerest, men at landmændene fortsat kræver at den afgassede masse leveres og udspredes på marken omkostningsfrit.

3.4.2 Tørforgasning

Tørforgasning er baseret på et princip omkring udrådning af affaldet uden at pumpe det rundt. Der anvendes som regel affald, der er forbehandlet uden at slemme det op i vand, f.eks. ved poseåbner og tromlesigte. Det er muligt at eftersortere den udrådnede biomasse og fjerne urenheder fra affaldet.

Teknikken baseres på, at forbehandlet affaldet blandes op med haveaffald, som sikrer at der er struktur i materialet, således at affaldet ikke klasker sammen til en tyk kage. Affaldet lægges ind i lukkede modulbokse, der eksempelvis kan rumme omkring 200 ton affald ad gangen.

BioVækst, Audebo (DK).
Forbehandlings- og biogasanlæg.



Når modulet er fyldt op, lukkes det for at sikre anaerobe forhold i modulet og at modulet er væsketæt. Her udrådnes affaldet ved at cirkulerer væske fra rådnetanken over affaldet, som "vasker" affaldets opløselige letnedbrydelige organiske forbindelser ud af systemet og over i rådnetanken, hvor de organiske forbindelser nedbrydes til biogas.

Når gasproduktionen falder i systemet, stoppes cirkulationen af væske, og der tilføres iltholdigt luft, som starter komposteringsprocessen op, hvormed vandindholdet reduceres og tørstoffet stiger.

Efter ca. 14 dage køres affaldet over i en åben komposteringsmøle, hvor affaldet eftermodnes. Når affaldet har opnået den ønskede tørstofprocent, fjernes plast og ikke nedbrudt strukturmateriale med en vindsigte og et tromlesold.

Metoden med tør forgasning er meget udbredt i Tyskland, men knap så anvendt i Norge og Sverige.

3.5 Anvendelse af den afgassede/udrådnede biomasse

Biomassen, der produceres på biogasanlæg kan, hvis det opfylder kravene til anvendelse, anvendes som gødningsprodukt og jordforbedrende materiale på f.eks. landbrugsjord, forbrændes på affaldsforbrændingsanlæg eller til afdækning på losseplads.

3.5.1 Anvendelse på landbrugsjord

For at sikre at forgasningsprocessen kan karakteriseres som genanvendelse, skal den udrådnede masse anvendes som jordforbedring eller gødningsprodukt.

I Danmark anvendes alt produceret biomasse fra biogasanlæggene på landbrugsjord, enten som kompost med en møgspreader eller udbragt sammen med gylle i henhold til gødningsbekendtgørelsen med gyllespreder.

Den afgassede masse har en gødningsværdi med et højere indhold af næringsstoffer end uforarbejdet gylle/separat forgasset gylle. Landmanden skal dog fortsat supplere med gødning med andre næringsstoffer.

Der opkræves som en regel en form for kompensation for udbringning af gyllen, f.eks. ved betaling af transport og udspreddingen (BioVækst (DK)), samt evt. kompensation for tryksætning af marken (Uppsala, (SE))

3.5.2 Forbrænding af afgasset biomasse

Rådneresten vil blive betragtet som et affaldsprodukt, som skal forbrændes på et affaldsforbrændingsanlæg med kontrolleret udledning. Hvis den afgassede masse tilføres et forbrændingsanlæg, vil forgasningsprocessen ikke blive betragtet som en genanvendelsesproces, jf. affaldsbekendtgørelsen.

Der er ikke kendskab til anlæg der benytter denne løsning for kildesorteret madaffald.

3.5.3 Afdækning på deponi

Hvis den afgassede masse inden eller efter tilførslen af affaldet ikke overholder kravene i f.eks. slambekendtgørelsen i DK eller biogjødsel-deklarationen i Sverige eller Norge, anvendes den afgassede masse som slutafdækning på deponi.

Om denne bortskaffelsesmetode kan betragtes som genanvendelse er ikke afklaret. I Eskilstuna (SE), blev det forbehandlede affald forgasset sammen med

slam, der ikke opfylder de svenske kriterier, hvorfor den afgassede masse bliver anvendt til slutafdækning på deponiet.

4 ANLÆGSERFARINGER

I forbindelse med projektet er en række anlæg besøgt, som anvender forskellige indsamlingsmønstre og teknologier, og som alle producerer en biomasse, der kan anvendes på landbrugsjord indenfor det pågældende lands lovgivningsmæssige rammer.

I nedenstående afsnit fremgår hvilke overordnede systemer og teknikker, det er vurderet relevant at indhente erfaringer fra i forbindelse med nærværende rapport.

Det er undersøgt hvilke teknologier, som er mest udbredt i kommercielle sammenhænge, som danner grundlag for anlægsbeskrivelsen.

4.1 Udvælgelse af repræsentative systemer til indsamling og udnyttelse af kildesorteret organisk affald

I løbet af projektet blev det overvejet at besøge 12 forskellige anlæg, som var repræsentanter for en forbehandling af madaffald. Enkelte blev fravalgt pga. megen overlap af processer eller hvis den afgassede biomasse ikke blev udbragt på landbrugsjord.

De anlæg, der enten har været besøgt tidligere, hvor erfaringer fra anlæggene er inddraget i vurderingen eller har været udvalgt i forbindelse med undersøgelsen er følgende:

DK: BioVækst (Audebo), Ecogi (Holsted), Billund Renseanlæg

SE: NSR (Helsingborg), Sysav (Malmø), Naråb (Perstorp), Tekniska Verken (Linköping), Eskilstuna, Uppsala Vatten.

NO: Oslo (Gjennvindingsetaten), HRA (Jevnaker).

Derudover er litteraturstudier inddraget som referencemateriale, hvor det er relevant.

Ud fra besøgene og kendskabet til anlæggene, som repræsenterer udbredte indsamlings-, forbehandlings- og forgasningsteknologier til at forbehandle affald fra husholdninger indsamlet i forskellige typer indsamlingsmateriel med succes, blev anlæg der dækker størstedelen af den anvendte teknik i forbindelse med forbehandling og forgasning af madaffald.

I nedenstående skema kan de enkelte systemer set optegnet med farvekoder. Nogle systemer har overlap med hinanden, hvor der enten er skraveret med skrå streger i fyldfarven på figuren, hvor der er 2 systemer der har overlap, samt med en særskilt farve ramme på den komponent, hvor der er 3 systemer der overlapper hinanden.

Jevnaker er et anlæg beliggende i Norge, som er ejet af det fælleskommunale affaldsselskab HRA. Anlægget har over 15 års erfaring med indsamling af kildesorteret affald til først kompostering, hvor det i 2005 overgik til forgasning af affaldet. Anlægget indsamler affaldet i papirposer hver 14. dag i separat beholder, hvor affaldet forbehandles med neddeling, pulpning/dispergering, hvor grus og sten bundfældes, som efterfølges af 2 skrueseparatorer, hvorefter madaffaldet forgasses i en våd forgasningsproces på eget anlæg. Anlægget har også håndteret bioposer og erhvervsaffald.

Jevnaker har gult som grundfarve.

Vejle kommune der leverer affald til Ecogi. Vejle har kildesorteret affald siden 1989, først til kompostering og efterfølgende til forgasning, hvor kommunen selv har stået for forbehandlingen. I 2011 indgik kommunen aftale med Ecogi om modtagelse affald. Vejle foretager selv optisk sortering af affaldet af kildesorteret affald i plastposer, der indsamles 1 gang om ugen. Ecogi pulper affaldet og separerer affaldet med en 12 mm. Sigte, hvorefter biomassen koncentrerer ved hjælp af stempelseparator, som er udviklet til fortykning af gylle. Affaldet forgasses sammen med gylle, men har også prøvet at samforgasse med slam. anlægget håndterer også erhvervsaffald.

Vejle/Ecogi har blå som grundfarve

Linköping Kommune har eget affaldsselskab, som driver forbehandlingsanlæg og biogasanlæg. Linköping har kildesorteret siden 2005, men har først i 2010 besluttet at implementeres det i hele kommune. De har valgt at indsamle affaldet i plastposer, som sorteres optisk, hvorefter affaldet neddeles, metal fjernes med magnetseparator, separeres ved hjælp af Biosep2, hvor rejektet afslutningsvist afvandes med en stempelpresse. Biomassen forgasses i separat biogasanlæg baseret på madaffald. Anlægget håndterer også erhvervsaffald.

Linköping er markeret med orange farve.

Halsnæs Kommune sorterer affaldet i bioposer, som leveres til omlastning på Vestforbrænding Frederikssund. Halsnæs opstartede i 1989 med sortering, men har i dele af kommunen ophørt kildesorteringen, som er blevet genindført efter ca. 10 års pause i den tidligere Frederiksværk Kommune, hvor Hundested – delen har sorteret siden 1989. Affaldet transporteres fra Frederikssund til BioVækst, hvor affaldsposerne åbnes med poseopsprætter og sorteres med tromlesigte. Affaldet er da fri for større urenheder og forgasses ved tør forgasning. Herefter efterkomposteres den afgassede biomasse, som eftersorteres med vindsigte og endnu en tromlesigte med en lav hul diameter. Anlægget håndterer alle typer poser og erhvervsaffald.

Halsnæs Kommune/BioVækst er markeret med rød.

Alle systemer med en anden farve end grøn er blevet besøgt i forbindelse med projektet. Ved skravering eller anden farve ramme, er delen repræsenteret flere gange i afsnit 4.2-4.6.

Jevnaker

/HRA:



Vejle/

Ecogi:



Linköping

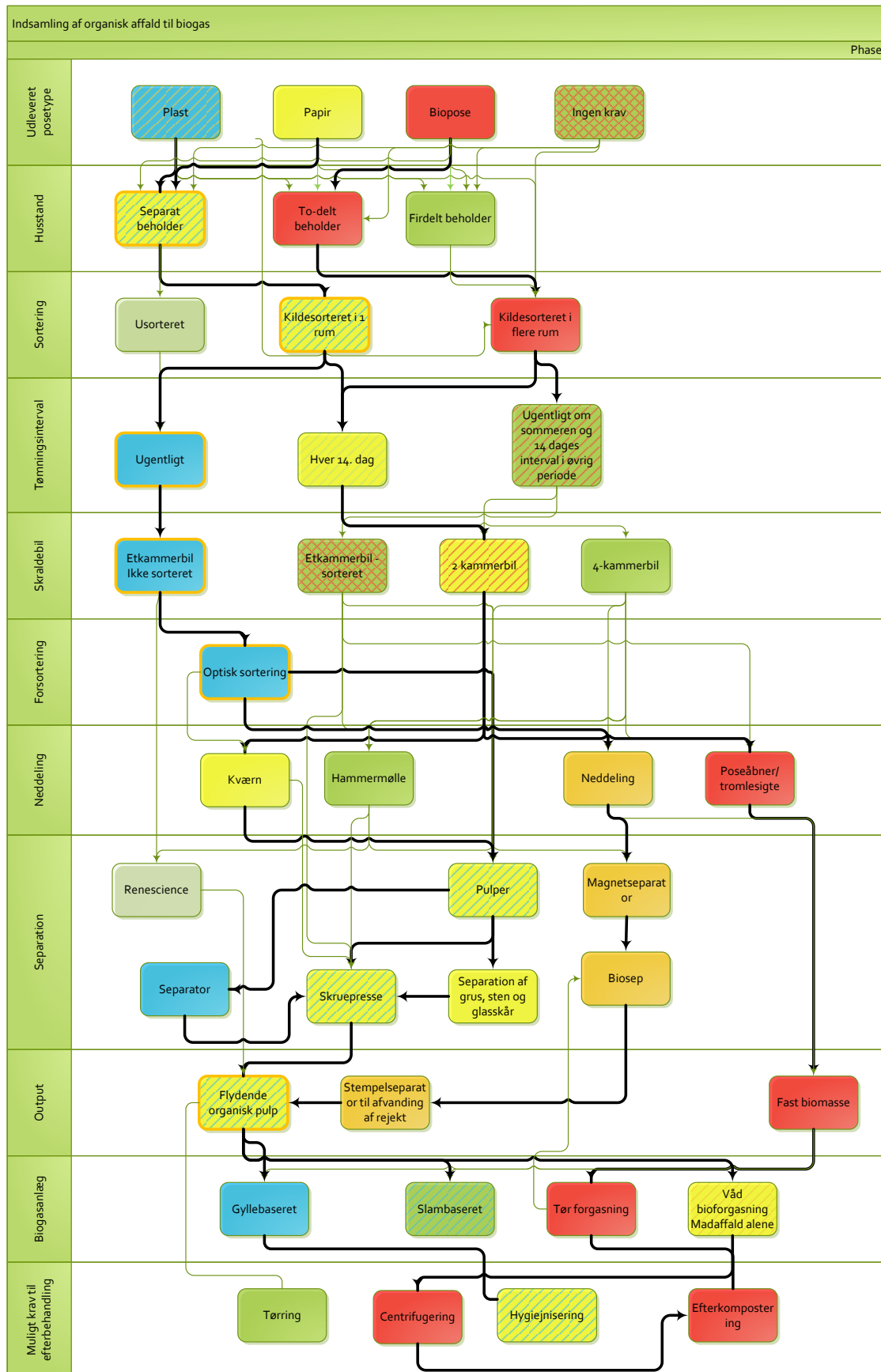


Halsnæs/

BioVækst:



Grøn farve = ikke besøgte anlæg



4.2 HRA, Jevnaker (NO)

Jevnaker er et kommunalt ejet affaldsselskab, som driver indsamlingsordninger af dagrenovation fra de 5 ejerkommuner, som tilsammen udgør et befolkningsgrundlag på 27.000 husstande og 62.000 indbyggere. Der sorteres i 4 fraktioner ved husstanden i separate beholdere.

HRA, indsamlingsmetode og anlægssammensætning.
Tal i parentes er tidligere erfaringer.

Overordnet	Punkt	Ja	Bemærkning
Indsamlingspose	Papirpose	X	Ca. 3 poser per uge, indsamler ca. 4.000 ton
	Biopose	(X)	En kommune har benyttet denne posetype. Den blev ændret til papirpose efter opfordring fra anlægget, da det gav problem i skruer og pumper
	Plastposer		
	Valgfri pose		
Beholdervalg	Separat beholder	X	140 l beholder, restaffald (140 l), papir (140 l) og hård plast i plastpose (100 l)
	To-delt beholder		
	Firdelt beholder		
Kildesortering	Kildesorteret i 1 rum	X	Ca. 64 kg per indbygger/år
	Kildesorteret i flere rum		
Tømningsinterval	Ugentligt		
	14 dages tømning	X	Sammen med restaffald. Plast og papir hver 4. uge.
	14 dages indsamling med ekstra tømning om sommeren		
Biltype	Etkammerbil		
	To-kammerbil	X	Rest- og bioaffald
	4-kammerbil		
Forsortering	Optisk sorteringsanlæg		
Neddeling	Poseåbner og sigtesold		
	Grovkværn	X	Åbner poser og sikrer frasortering af store urenheder
	Hammermølle		
Separationsmetode	Pulper/ dispergeringsmaskine	X	En dispergeringsmaskine men grundlæggende samme princip som pulper. Forflyder bioaffaldet og separerer sten, grus og glas.

	Skruepresse	X	2 stk. hvor hul diameter reduceres. Fjerne plast
	Biosep		
Input	Husholdningsaffald	X	4.000 ton/år
	Erhvervsaffald	X	3.000 ton/år
Output	Separation af glas, sand og sten	X	Mængde måles ikke
	Flydende organisk biomasse	X	Ca. 7.000 ton per år med et TS på 6- 7 % efter tilsætning af ca. 3.500 m ³ frisk vand
	Fast biomasse		
	Rejekt	X	Plast mv, 15-20 % af indkomne mængde
Forgasnings- proces	Våd forgasning, gylle		
	Våd forgasning, slam		
	Våd forgasning, mad	X	Tilsættes ikke andre hjælpestoffer. Efter forgasning centrifugeres rådne- resten til et TS på ca. 30 %
	Tør forgasning, mad		
Anvendelse af gassen	Egen kraft/varme produktion	X	Anvender selv varmen på anlægget. El sælges på nettet mellem 20 og 60 øre per kWh.
	Gas til kraft/varme		
	Transportgas		

4.2.1 Økonomiske og driftstekniske data

I forbindelse med anlægsdriften har anlægget omkostninger til drift, som omfatter udgifter til både indsamlingen og behandlingen af madaffaldet. Udgifter er skrevet med rød skrift.

Overordnet parameter	Detalje	Bemærkning
Input	Bioaffald fra husholdninger	Ca. 4.000 ton
	Erhvervsaffald, emballeret	3.400 ton
Driftsparametre	Driftstid, forbehandling	7,5 timer alle hverdage
	Kapacitet	10.000 ton
	Antal ansatte	5 inkl. driftsleder
	Energiforbrug	300 MWh inklusiv biogasanlæg
	Vandforbrug	3.500 m ³ , hvoraf ca. halvdelen recirkuleres
Output	Biomasse	3.000 ton kompost
	Rejekt	Ca. 1.500 ton

	Biogas	140 m ³ biogas/ton affald med 60 % CH ₄ .
Økonomidata	Pris for standardrenovation	Se hjemmeside
	Behandlingspris	5-800 kr. per ton alt efter emballering og energiindhold
	Afsætning af el	20-60 ører/kWh
	Forbrændingspris	1.800 kr. per ton i listepris, 600 kr./ton rejekt
	Udrådnet masse	160 kr. per ton kompost
	Anlægsinvestering	18 mio. kr. inklusiv biogas

Behandlingsprisen på anlægget per ton bioaffald er tæt på forbrændingsprisen. Anlægget har ikke eget forbrændingsanlæg, men har ekstern leverandør til at modtage rejektet, hvilket sikrer den lave pris.

4.2.2 Anlægserfaringer

I forbindelse med OL i Lillehammer blev det besluttet at indsamle organisk affald separat. Derfor startede kommunerne i HRA med at udsortere madaffald til kompostering i 1993. Efterfølgende ønskede bestyrelsen at madaffaldet skulle bioforgasses og de etablerede det nuværende forbehandlingsanlæg. Anlægget til forbehandling af madaffald har været i drift i ca. 6 år og har justeret på efterbehandlingen i skruepressen efter anlægget er idriftsat, hvor huldiameteren er blevet reduceret på den sidst anvendte skruepresse. Derudover er der sket mindre justeringer.

Affaldsselskabet er ansvarlig for driften af indsamlingen af affald, som udbydes til ekstern vognmand i overensstemmelse med EU-lovgivningen, som i stor udstrækning følges i Norge. Hvis affaldet ikke er sorteret korrekt (dvs. i papirposer), efterlades affaldsbeholderen med besked om at få det bragt i orden inden den efterfølgende afhentning.

Derudover sender HRA jævnligt informationsmateriale til borgerne (2 gange om året kommer HRA-post med information om alle affaldsordninger) og 1 gang om året efterlades en meddelelse om, hvordan affaldet vurderes sorteret på den enkelte beholder. Driftslederen oplyser at der generelt har været problemer med affaldskvaliteten fra boligblokke.

Anlægget overholder alle krav til den norske forordning for produktion af kompost af bioaffald, som har krav om kontrol af mikroorganismer og tungmetaller.

De største problemer for forbehandlingsanlægget er større metalstykker og store sten. Derudover har majsposerne været problematiske, da de strækker sig i forbehandlingsprocessen og vikler sig ind omkring skrueerne og giver pumpepro-

blemer. Fiskenet har tillige givet problemer, som anlægget har fokus på at fjerne ved en visuel kontrol af det aflæssede affald.

4.3 Vejle Kommune med forbehandling af Ecogi/Cellwood (DK)

I Danmark har et nyt samarbejde mellem Vejle kommune, Komtek Miljø af 2012 og Linkogas etableret et kombineret indsamlings- og behandlingssystem for organisk affald, som indsamles til med henblik på optisk sortering.

Vejle Kommune opstartede ordningen med baggrund i et ønske om at minimere mængden til forbrænding (da de ikke havde og har eget forbrændingsanlæg), som i 1989 blev til "Vejlesystemet" med det optiske sorteringsanlæg.

Vejle Kommune indsamler affaldet via privat vognmand, hvor affaldet modtages på det kommunale omlastningsanlæg (Genbrugsterminalen). Her sorteres affaldet ved hjælp af et ældre optisk sorteringsanlæg. Tidligere blev affaldet derefter åbnet af en poseåbner og sorteret i en tromlesigte, og komposteret efterfølgende. I 2010 besluttede kommunen at forgasse affaldet, først på det kommunalt ejede slambaserede anlæg i Grindsted. Da den tidligere forbehandlingsteknologi resulterede i et meget højt rejekt og var nedslidt, aftalte kommune med Komtek at indgå i en forsøgsordning med den første prototype af pulperen i Danmark, hvor ansvaret for forbehandlingen efter den optiske sortering overgik til Komtek, som afsatte det videre til forgasning, først i Fredericia på det slambaserede biogasanlæg, og efterfølgende på et gyllebaseret anlæg.

Komtek Miljø's forbehandlingsanlæg er etableret ved at stykke flere komponenter fra kendte teknologier sammen, hvorefter det løbende er blevet bygget om. Anlægget er i efteråret 2012 overdraget til datterselskabet Komtek miljø af 2012, som er privat ejet af Gemidan som hovedaktionær. I det følgende betegnes anlægget som Komtek.

I Vejle Kommune indsamles der affald til optisk sortering fra ca. 52.000 indbyggere. Boligsammensætningen i kommunen estimeres til ca. 67 % haveboliger og 33 % etageboliger. Der sorteres i 2 fraktioner ved husstanden, som indsamles i en separat beholder med henblik på optisk sortering.

Forbehandlingen af madaffaldet består af et optisk sorteringsanlæg i 1 linje, som efterfølges af Komteks anlæg baseret på separation via pulper i en linjeføring. Anlægget har været i drift i ca. 3.000 timer til dato.

Anlægget kan på samme linje som husholdningsaffaldet, modtage affald fra fødevareindustrien emballeret i plast og pap.

Vejle/Holsted, Vejle kommune og Komtek miljø af 2012. Indsamlingsmetode og anlægssammensætning. Tal i parentes er tidligere erfaringer

Overordnet	Punkt	Ja	Bemærkning
Indsamlingspose	Papirpose		

	Biopose		
	Plastposer	X	Der udleveres plastposer med farvekode til bioaffaldet (grøn), samt sorte poser til restaffaldet.
	Valgfri pose		
Beholdervalg	Separat beholder	X	140 l
	To-delt beholder		
	Firdelt beholder		
Kildesortering	Kildesorteret i 1 rum	X	Ca.57 kg per indbygger/år
	Kildesorteret i flere rum		
Tømningsinterval	Ugentligt	X	Sammen med restaffald
	14 dages tømning		
	14 dages indsamling med ekstra tømning om sommeren		
Biltype	Etkammerbil	X	
	To-kammerbil		
	4-kammerbil		
Forsortering	Optisk sorteringsanlæg	X	
Neddeling	Poseåbner og sigtesold	(X)	Har været anvendt i forbindelse med kopostering hhv. levering af affald til hammermølle i Grindsted
	Grovkværn		
	Hammermølle		
Separationsmetode	Pulper og deflekter	X	Cellwood-teknologi kombineret med deflekter sikrer en bedre separation i forbindelse med skruepresseseparation efter homogeniseringen. Der tilsættes 500 l frisk vand og recirkuleres ca. 700 l separeret vand i processen.
	Biosep		
	Skruepresse	X	Efterbehandling og afvanding af rejektet. Skruepressen er teknologi, som anvendes til separation af gylle.
Input	Husholdningsaffald	X	5.500 ton om året
	Erhvervsaffald	X	1.500 ton om året
Output	Flydende organisk biomasse	X	Ca. 10.000 ton per år med et TS på 13 % efter tilsætning af ca. 500 l per ton frisk affald
	Fast biomasse	(X)	I forbindelse med tidligere forbehandling blev der produceret fast biomasse
	Rejekt	X	Plast mv, 18- 20 % af indkomne mængde. Højere for etageboliger.

Forgasnings-proces	Våd forgasning, gylle	X	Leveres i tankbil
	Våd forgasning, slam	(X)	Har leveret affald til Grindsted. Meget højt rejekt med denne metode (omkring 45 % rejekt) Har forsøgt med Cellwood, men grundet problemer med små oprullede fibre (sandsynligvis fra bleer) i biomassen ønskede renseanlægget ikke at modtage det.
	Våd forgasning, mad		
	Tør forgasning, mad		
Anvendelse af gassen	Egen kraft/varme produktion		
	Gas til kraft/varme	X	Anvendes af lokalt varmeværk i stedet for naturgas
	Transportgas		

4.3.1 Økonomiske data

I forbindelse med driften har anlægget omkostninger til driftsforbrug, som omfatter udgifter til forbehandlingen af madaffaldet. Anlægsdata for den optiske sortering er IKKE medtaget, men omkostningerne indgår naturligvis i prisen på en standardrenovation.

Behandlingsprisen hos Komtek omfatter alene omkostningerne til forbehandling og forgasning, men ikke transporten fra omlastningsanlæg til forbehandlingsanlæg.

Anlægget har modtaget EUDP-tilskud til etablering, men salgsprisen inkluderer ikke dette tilskud. Der er derfor indhentet supplerende oplysninger om de driftsøkonomiske overslag fra leverandøren af hovedkomponenten af pulperen, Cellwood, som har bygget et turnkey-anlæg i Växjö, der blev færdigt i sommeren 2012. Udgifter er skrevet med rød skrift.

Overordnet parameter	Detalje	Bemærkning
Input	Optisk sorteret affald fra husholdninger	Ca. 24.000 ton
	Heraf bioaffald	5.500 ton emballeret inkl. urenheder til forbehandlingsanlægget
	Erhvervsaffald, emballeret	1.500 ton emballeret
Driftsparametre	Driftstid, forbehandling	2 holds skift alle hverdage, 16 timer
	Kapacitet	5-6 ton i timen på 1 linje. ca. 15.000 ton

		om året
	Antal ansatte	5 på Ecogi inkl. driftsleder
	Energiforbrug	28 kWh per ton ekskl. optisk sortering
	Vandforbrug	500 l frisk vand per ton affald, samt 700 l vand fra recirkulering
Output	Biomasse	10.000 ton
	Rejekt	Ca. 1.500 ton
	Biogas	136 m ³ biogas per ton input 79 m ³ biogas/ton biomasse med 60 % CH ₄ .
Økonomidata	Pris for standardrenovation	3.028,75 kr. om året inkl. storskrald
	Behandlingspris	375 kr. per ton alt efter emballering og energiindhold. (intervallet er mellem 100 og 475 kr. per ton), inkl. levering til biogasanlæg.
	Afsætning af gas	Ukendt, men standardpris er 5,5 kr. per m ³ naturgas (opgraderet biogas)
	Forbrændingspris	200 kr/ton rejejt. Det er forsøgt at tørre og sortere rejejtet, men det er ikke rentabelt
	Udrådnede biomasse	Anlægsoplysning, som er konkurrenceudsat. Formentlig betaling til landmanden.
	Anlægsinvestering	22 mio. kr. til Komteks anlæg eksklusiv optisk sortering og biogasanlæg

Behandlingsprisen på anlægget per ton bioaffald kan muligvis være påvirket af, at omkostningerne og afskrivningen kan dækkes af den opkrævede behandlingspris. Ud fra kendskabet til nyopstartede virksomheder, må det forventes, at behandlingsprisen vil kunne blive justeret både lidt op og ned.

Ud over omkostningerne til behandling af anlægget, har kommunen omkostninger til optisk sortering og transport fra genbrugsterminalen til Komtek. Det vurderes, at de samlede omkostninger ved forbehandling og biogasprocessen i sammenligning med andre anlæg er belastet af transportomkostningerne, da anlægget ikke ligger tæt på hverken forbrændingsanlægget eller biogasanlægget.

4.3.2 Anlægserfaringer

Der har i Vejle Kommune været etableret indsamling af madaffald fra husholdninger siden 1989, hvor affaldet blev sorteret optisk og efterfølgende blev komposteret. Med tiden har kommunen valgt at satse på en mere klimavenlig teknologi, både for at minimere lugtgener fra anlægget og reducere klimabelastningen.

Kommunen er ansvarlig for driften af indsamlingen af affald, som udbydes til ekstern vognmand i overensstemmelse med EU-lovgivningen. Med valget af at lade affaldet sortere optisk er der ikke visuel kontrol ved skraldespanden.

Anlægget til optisk sortering og forbehandling af madaffald har været i drift i ca. 22 år og har løbende været renoveret og fået udskiftet sliddele. Det har i en længere periode været indstillet til at blive udskiftet, hvilket har afventet kommunens ønske om et kommende forbehandlingsmetode og indsamlingsmetode. Der er mere information om optisk sortering i afsnit 4.4.2

Forbehandlingsanlægget, Ecogi, har vist sig robust over for alle typer emballage, dog er bioposer den sværeste emballage at håndtere.

Anlægget overholder kravene i Miljøstyrelsens slambekendtgørelse for udbringning af den afgassede masse, både med hensyn til tungmetaller og miljøfremmede stoffer, DEHP, PAH og NPE.

Kommune udsender med jævne mellemrum elektroniske nyhedsbreve til borgerne og afleverer infofolder sammen med poseudlevering, som foregår 1 gang hvert halve år. Derudover udsendes der hvert år en affaldsfolder til borgeren.

Borgerne i Vejle er modsat nye borgere, som skal sortere affaldet til et optisk sorteringsanlæg, godt tilvænnede til det optiske system og er rimeligt gode til at sikre, at posen er lukket med dobbeltknode. I forbindelse med indførslen af sortering i den sammenlagte kommune, var der noget brok fra de nye tilkomne kommuner. Denne utilfredshed har dog ikke givet anledning til at benytte øgede ressourcer til administrationen.

Affald i lange baner har givet problemer i det optiske sorteringsanlæg, som anlægget har fokus på at fjerne ved en visuel kontrol af det aflæsedede affald.

For Ecogi er større metalstykker og store sten uønskede. Derudover er affald i lange baner også et problem for processen, f.eks. haveslanger, plast fra ensilagestakke, tråde fra halmballer. Samtidig er det observeret, at glasskår betyder et øget slid på anlægget. Urenheder fjernes som regel i pulperen, men har forårsaget driftsstop, hvis de er meget store.

Emballagen har ringe betydning for Ecogis præstation. Det skal dog pointeres, at majsposen udsorteres på anlægget, og dermed ikke indgår i den efterfølgende biogasproces.

Der arbejdes i øjeblikket på at optimere og reducere tørstoffet i biomassen. Optimeringen afventer dog at blive implementeret, da biogasanlæggets drift skal justeres for at kunne håndtere det med den nuværende konstruktion.

4.4 Linköping, Tekniska Verken (SE)

Linköpings anlæg er et kommunalt ejet affaldsselskab, som driver indsamlingsordninger af dagrenovation fra Linköping. Derudover er der 2 aftalekommuner, som leverer affald til optisk sortering. Tilsammen udgør indsamlingen et befolkningsgrundlag på 140.000 indbyggere. Boligsammensætningen i kommunen estimeres til ca. 60 % haveboliger og 40 % etageboliger. Der sorteres i 2 fraktioner ved husstanden, som indsamles i en separat beholder med henblik på optisk sortering.

Forbehandlingen af madaffaldet består af et optisk sorteringsanlæg i 3 linjer, som efterfølges af et Biosep-koncept, som er baseret på 1 linje.

Anlægget kan på samme linje som husholdningsaffaldet, modtage emballeret affald fra fødevarerindustrien (både flydende og fast, samt i metal, plast og pap), samt uemballeret, f.eks. mælk fra tankvogn.

Ved større metaldunke eller affald på paller tages gaffeltruck og manuel arbejdskraft i brug.

Linköping, Tekniska Verken. Indsamlingsmetode og anlægssammensætning. Tal i parentes er tidligere erfaringer.

Overordnet	Punkt	Ja	Bemærkning
Indsamlingspose	Papirpose		
	Biopose		
	Plastposer	X	Der udleveres plastposer med farvekode til bioaffaldet (grøn). Det overvejes at anvende en delvis gennemsigtig pose med grønne prikker i stedet.
	Valgfri pose		
Beholdervalg	Separat beholder	X	190 l
	To-delt beholder		
	Firdelt beholder		
Kildesortering	Kildesorteret i 1 rum	X	Ca. 30 kg per indbygger/år efter 1 års drift
	Kildesorteret i flere rum		
Tømningsinterval	Ugentligt		
	14 dages tømnning	X	Sammen med restaffald, som har valgfri pose
	14 dages indsamling med ekstra tømnning om sommeren		
Biltype	Etkammerbil	X	
	To-kammerbil		
	4-kammerbil		
Forsortering	Optisk sorteringsan-	X	Kun Linköping

	læg		
Neddeling	Poseåbner og sigtesold		
	Grovkværn	X	Åbner poser og sikrer frasortering af store urenheder. Fjerner større emner med reverserende gang
	Hammermølle		
Separationsmetode	Magnetseparator	X	Fjerner metal efter oplukning
	Pulper		
	Biosep	X	Opslemmer affaldet og homogeniserer det. 2 stk. per linje. Sigter affaldet i forbindelse med processen gennem hhv. 30 mm og 12 mm sold.
	Stempelseparator	X	Efterbehandling og afvanding af rejektet
Output	Separation af glas, sand og sten		
	Flydende organisk biomasse	X	Ca. 60.000 ton per år med et TS på 18 % efter tilsætning af ca. 5-600 l per ton frisk affald
	Fast biomasse		
	Rejekt	X	Plast mv, 15-20 % af indkomne mængde. Ca. 4.500 ton
Forgasningsproces	Våd forgasning, gylle		
	Våd forgasning, slam		
	Våd forgasning, mad	X	Tilsættes ikke andre hjælpestoffer, men tilsættes slagteriaffald.
	Tør forgasning, mad		
Anvendelse af gassen	Egen kraft/varme produktion		
	Gas til kraft/varme		
	Transportgas	X	Opgraderer og anvender gassen fra anlægget til transport

4.4.1 Økonomiske data

I forbindelse med anlægsdriften har anlægget omkostninger til driftsforbrug, som omfatter udgifter til behandlingen af madaffaldet. På anlægget har kommunen bestemt en politisk fastsat pris på modtagelse af bioaffald. Biogasanlægget har balance med den fastlagte pris, når anlægget både modtager emballeret affald fra fødevarebranchen og husholdningsaffald.

De er indgået aftale m at modtage madaffald fra Motala og Vadstena Kommune. Økonomiske data skrevet med rød skrift er omkostninger.

Overordnet	Detalje	Bemærkning
------------	---------	------------

parameter		
Input	Optisk sorteret affald fra husholdninger	Ca. 42.000 ton
	Heraf bioaffald	4.500 ton fra Linköping til optisk sortering, derudover 25.000 ton madaffald fra andre kommuner til Biosep i både plast og papir, samt emballeret erhvervsaffald
Mangler	Erhvervsaffald, emballeret	600 Ton
Driftsparametre	Driftstid, forbehandling	12 timer alle hverdage
	Kapacitet	42.000 ton til optisk sortering 35.000 ton på 2 linjer på Biosep
	Antal ansatte	4 til det optiske sorteringsanlæg og 5 på Biosep inkl. driftsleder
	Energiforbrug	45 kWh per ton ekskl. optisk sortering
	Vandforbrug	5-600 l per ton affald, der anvendes også flydende restprodukt fra industrien, såsom mælk.
Output	Biomasse	60.000 ton
	Rejekt	4.500 ton
	Biogas	120 m ³ biogas/ton biomasse med 60 % CH ₄ .
Økonomidata	Pris for standardrenovation	Vægtbaseret, både for dagrenovation og genbrugsplads
	Behandlingspris	365 kr. per ton alt efter emballering og energiindhold
	Afsætning af gas	13 kr/m ³ for opgraderet gas
	Forbrændingspris	365 kr/ton rejekt
	Udrådnets masse	Ukendt
	Anlægsinvestering	32 mio. kr. til optisk sortering 19 mio.kr. til Biosep eksklusiv biogas

Behandlingsprisen på anlægget per ton bioaffald er fra politisk hold på samme niveau som forbrændingsprisen. Tekniska Verken har eget forbrændingsanlæg og biogasanlæg inden for en radius af 1 km. Derfor er transportomkostningerne meget lave.

4.4.2 *Anlægserfaringer*

Der har i Linköping Kommune været etableret indsamling af madaffald fra husholdninger siden 2011, hvor den optiske sortering og forbehandling af madaffald er indført i Linköping i 2011 efter en beslutning om at etablere ordningen i 2010. Beslutningen blev truffet med baggrund i en politisk og borgerinddragelses proces, som bl.a. tog afsæt i at støtte op omkring den svenske regerings affaldsstrategi. Der blev udarbejdet en plan for etablering af ordningen, som både omfattede ekstra ressourcer til selskabet, øget information og etablering af nyt forbehandlingsanlæg.

Målsætningen med det nye optiske sorteringsanlæg er indsamling af 50 % af potentialet fra husholdningerne, dvs. 7.000 tons madaffald i 2013.

Anlægget til optisk sortering og forbehandling af madaffald har været i drift i ca. 1½ år og har justeret på opsamlingen af rejektet i Biosepbehandlingen efter det er idriftsat, hvor huldiameteren er blevet ændret. Derudover er der sket mindre justeringer.

Forbehandlingsanlægget, Biosep, har vist sig robust over for alle typer emballage, dog er bioposer den sværeste emballage at håndtere.

Der er med den valgte optiske sortering, hvor restaffaldet afleveres i valgfri pose, ikke været muligt at lave en visuel kontrol ved husstanden. Ved undersøgelse gennemført på et andet anlæg (Eskilstuna), har en gennemført analyse af kvaliteten af det indsamlede affald vist, at bioaffaldet indsamlet i de grønne poser havde en korrekt sorteringsgrad på ca. 96 %. I denne ordning skal borgerne dog også sortere i 4 andre farvekoder, hvor renheden er lige så høj eller højere, hvorfor resultaterne ikke entydigt kan overføres til sorteringen i Linköping.

I en tilfredshedsundersøgelse, som blev besvaret af 111 borgere, har kommunen forsøgt at få svar på, hvad der motiverer borgerne til at sortere det grønne affald, ud fra en teori om, at borgerne kan motiveres enten pga. miljøbevidsthed og viden om hvad der sker med affaldet, valgfriheden eller pga. de kan spare penge.

Undersøgelsen viste at ca. 98 % vidste hvad affaldet blev brugt til, 90 % synes det var en god løsning, mens kun 79 % vidste at de skulle slå dobbeltknode på posen.

Omkring 91 % af respondenterne synes, det var en god ide at udnytte det organiske affald til at producere gas og gødning. Samtidig var kun 78 % begyndt at sortere, hvilket primært er begrundet med at de enten hjemmekomposterer eller ikke har modtaget poser. Det viser at der er mange som mener at sortering af affald er en god ide, som de støtter op om. Undersøgelsen relaterer dog ikke til i hvilken grad der udsorteres, dvs. hvor effektive respondenterne var til at udsortere.

Anlægget overholder den svenske certificeringsordning, som er udarbejdet i samarbejde med AvfallSverige, BioGjødsel, som har krav om at rådneresten overholder en række grænseværdier for tungmetaller, partikelstørrelse på maksimalt 12 mm og synlige urenheder under 0,5 % i TS.

De største problemer for forbehandlingsanlægget er for den optiske sortering at få borgeren til at lave en dobbeltknode på posen, så den ikke går op, inden affaldet er frasorteret i det optiske sorteringsanlæg. Der kunne ved besøget ses noget organisk affald, som ikke var emballeret på trods af, at husstanden må få alle de poser, der er behov for. Husstanden får leveret nye poser, når de sætter en tom pose på håndtaget af beholderen, som signalerer at de er ved at løbe tør. Så lægger skraldemanden nye poser på låget efter tømning, som altid medbringes på ruten.

Fiskenet og andet affald i lange baner har tillige givet problemer i det optiske sorteringsanlæg, som anlægget har fokus på at fjerne ved en visuel kontrol af det aflæssede affald.

For Biosep er større metalstykker og store sten uønskede. Disse fjernes som regel i neddeleren, men har forårsaget driftsstop, hvis de er meget store. Derudover har majsposerne været problematiske, da de strækker sig i forbehandlingsprocessen og vikler sig ind omkring skruerne og giver pumpeproblemer.

4.5 Halsnæs Kommune, BioVækst, forbehandling og biogas af Solum (DK)

Tør forgasning er yderst udbredt i Tyskland og Belgien, mens kun et enkelt anlæg er etableret i Danmark, nemlig Solums anlægskoncept, Aikan-anlægget, beliggende nær Holbæk.

Der har endnu ikke i dette projekt været arrangeret besøg på anlæg med tør udrådning, da der i forbindelse med vedtagelsen af Grøn Vækst og Regeringens Ressourcestrategi vurderes, at der fra regeringens side satses på, at madaffald tilføres eksisterende biogasanlæg frem for nye anlæg til madaffald alene.

Teknologien i Danmark har været i drift siden 2003. Anlægget ejes i et offentligt/privat samarbejde mellem affaldsselskaberne Kara/Noveren, Vestforbrænding og den private aktør Solum.

Som en del af Vestforbrænding leverer Halsnæs Kommune affald til anlægget, som i øvrigt modtager affald fra hhv, Kalundborg, Odsherred, Holbæk, Ringsted (etageboliger), Gribskov, Frederikssund, Rødovre (forsøgsordning) og Egedal Kommune.

Affaldet fra Halsnæs indsamles i en 2-kammerbeholder, som omlastes på Vestforbrænding i Frederikssund for at optimere transportomkostningerne.

Halsnæs Kommune opstartede indsamlingen af kildesorteret dagrenovation i Frederiksværk Kommune sammen med de øvrige kommuner i det daværende affaldsselskab AFAV i 1989 med henblik på kompostering på affaldsselskabets plads. Ordningen blev etableret med baggrund i et ønske om at minimere mængden til forbrænding (da de ikke havde og har eget forbrændingsanlæg).

I 90'erne udtrådte kommunen af affaldsselskabet og ophørte med to-delt indsamling i kommunen. I forbindelse med kommunesammenlægningen i 2007, gik det daværende Hundested og Frederiksværk Kommune sammen, hvor politikerne besluttede at genindføre ordningen, dog med udlevering af biposer i stedet for plastposer.

Halsnæs Kommune indsamler affaldet via privat vognmand, hvor affaldet modtages på det fælleskommunale omlastningsanlæg i Frederikssund, som drives af Vestforbrænding. Her omlastes affaldet fra skraldebilen og transporteres videre med hængertræk til Audebo, sammen med de øvrige kommuners affald.

Anlægget i Frederikssund har tidligere forbehandlet madaffaldet med hhv. Danotromle, hvor affaldet blev formalet og iblandet strukturmateriale, både med henblik på kompostering, men også til bioforgasning. Anlægget havde en rejktandel på mellem 20 og 30 %.

Da anlægget var nedslidt og havde høje omkostninger til elforbruget, blev det i overgangsperioden med kommunesammenlægningen besluttet at indkøbe et anlæg med kort afskrivningsperiode. Der blev investeret i en poseåbner med et tromlesold efterfølgende. Med denne metode øgedes rejktmængde til omkring 40 % med en indgående mængde affald omkring 8.000 ton. Det forhandlede affald blev tilført biogasanlægget i Audebo, BioVækst.

I 2010 besluttede affaldsselskabet at overlade forbehandlingen og forgasningen til BioVækst, som herefter har varetaget forbehandlingen og forgasningen ved tør forgasning af madaffaldet.

Tør forgasning af madaffaldet er en proces, hvor affaldet ikke skal pumpes rundt, men hvor affaldet bliver vandet med perkolat/biogasvæsken, som "trækker" de organiske forbindelser ud af affaldet, en slags vaskeproces..

I Halsnæs Kommune indsamles der affald i et opland på ca. 31.000 indbyggere. Udover Halsnæs Kommune behandles affaldet fra en række andre kommuner, som samlet betyder at anlægget betjener et opland på ca. 300.000 indbyggere. I Halsnæs Kommune sorteres der i 2 fraktioner ved husstanden, som indsamles i en 2-delt beholder i en to-kammer beholder

Forbehandlingen af madaffaldet består af en poseåbner, som efterfølges af et tromlesold. Herefter fødes en langsomtgående foderblander med ca. 25 % haveaffald, der har til hensigt at fungere som strukturmateriale. Mens foderblende-

ren kører, transporteres affaldet hen til en "garage" foret med neddelte gren og rødder, der holder afløb og luftdyser fri for partikler, hvorefter garagen lukkes og affaldet forgasses anaerobt. Efter forgasningen efterkomposteres affaldet, hvorefter komposten sigtes over en vindsigte og et 10 mm sold, som fjerner plast og andre større urenheder.

Anlægget har været i drift siden 2003 og består nu af 10 moduler.

Anlægget kan på samme måde som husholdningsaffaldet, modtage affald fra fødevareindustrien emballeret i plast og pap.

Halsnæs Kommune/BioVækst. Indsamlingsmetode og anlægssammensætning.
Tal i parentes er tidligere erfaringer.

Overordnet	Punkt	Ja	Bemærkning
Indsamlingspose	Papirpose	(X)	Ringsted og Rødovre Kommune
	Biopose	X	Halsnæs og Kalundborg Kommune
	Plastposer	(X)	Gribskov
	Valgfri pose	X	Øvrige kommuner
Beholdervalg	Separat beholder	(X)	
	To-delt beholder	X	
	Firdelt beholder	(X)	Rødovre Kommune
Kildesortering	Kildesorteret i 1 rum	(X)	
	Kildesorteret i flere rum	X	Ca. 70 kg per indbygger
Tømningsinterval	Ugentligt		
	14 dages tømning	X	Sammen med restaffald
	14 dages indsamling med ekstra tømning om sommeren	(X)	Har gjort det sidste år, men spares nu væk
Biltype	Etkammerbil	(X)	I andre kommuner
	To-kammerbil	X	I Halsnæs Kommune
	4-kammerbil	(X)	I Rødovre Kommune
Forsortering	Optisk sorteringsanlæg		
Neddeling	Poseåbner og sigtesold	X	Samt foderblander til at blande haveaffald med affaldet.
	Grovkværn		
	Hammermølle		
Separationsmetode	Pulper og deflekter		
	Biosep		
	Skruepresse		
	Vindsigte og tromlesigte	X	Fjerner plast og ikke nedbrudt strukturmateriale, som recirkuleres
Input	Husholdningsaffald	X	26.000 ton madaffald og 10.000 ton haveaffald om året
	Erhvervsaffald		

Output	Flydende organisk biomasse		
	Fast biomasse	X	Affaldet efterkomposteres og sorteres fri for plast
	Rejekt	X	Plast mv, 24 % af indkomne mængde.
Forgasningsproces	Våd forgasning, gylle		
	Våd forgasning, slam		
	Våd forgasning, mad		
	Tør forgasning, mad	X	
Anvendelse af gassen	Egen kraft/varme produktion	X	El afsættes til nettet, varme bruges til egen proces
	Gas til kraft/varme		
	Transportgas		

4.5.1 Økonomiske data

I forbindelse med driften har anlægget omkostninger der omfatter udgifter til forbehandlingen af madaffaldet og forgasningen på biogasanlægget. Det er ikke muligt at adskille forbruget og opgøre det for hhv. forbehandling og forgasning. Anlægsdata for omlastningen i Frederikssund og transporten til anlægget kendes ikke, men omkostningerne indgår naturligvis som en delmængde i prisen på en standardrenovation.

Nedenstående data er indhentet i forhold til driften på anlægget. Der sker løbende forbedringer, f.eks. ændring af lugtfilter, etablering af belægning mv., som skyldes at anlægget er etableret på en plads, hvor komponenter fra et tidligere anlæg fra Kara/Noveren var etableret. Data skrevet med rød skrift er omkostninger for anlægget.

Overordnet parameter	Detalje	Bemærkning
Input	Affald emballeret i både plast, bio og papirposer	Ca. 18.000 ton/år
	Heraf bioaffald fra husholdninger	17.000 ton/år emballeret inkl. urenheder til forbehandlingsanlægget
	Erhvervsaffald, emballeret	1.000 ton/år
Driftsparametre	Driftstid, forbehandling	1 hold alle hverdage, 8 timer mandag til torsdag, 5 timer fredag
	Kapacitet	35.000 ton om året
	Antal ansatte	3 på BioVækst inkl. driftsleder.
	Energiforbrug	15 kWh per ton til el, 450 MWh varme
	Vandforbrug	27 l frisk vand per ton affald til renhold

Output	Biomasse/kompost	Ca. 10.000 ton
	Rejekt	Ca. 6.000 ton
	Biogas	80 m ³ biogas per ton input
Økonomidata	Pris for standardrenovation	2.966 kr. om året inkl storskrald og indsamling af papir ved husstand
	Behandlingspris	725 kr. per ton alt andelen af urenheder (maks. 8 %), herefter 150 kr. per ton ekstra rejekt for affald indsamlet i plast.
	Afsætning af gas	Elpris
	Forbrændingspris	510 kr/ton rejekt. Det er forsøgt at tørre og sortere rejeftet, men det er ikke rentabelt
	Udrådnet masse	Gratis men med omkostninger til planlægning, transport og udspredding
	Anlægsinvestering	70 mio. kr. til 25.000 tons anlæg inkl. biogasanlæg

Det optimale anlæg er baseret på et 50.000 tons anlæg med 20 moduler, samt afsætning af gassen til enten naturgasnettet eller kraft/varme med aftag af varmen med en ekstra indtægt.

Ud over omkostningerne til behandling på anlægget, har kommunen omkostninger til omlastning og transport fra omlastepladsen i Frederikssund til Aikan-anlægget. Det vurderes at de samlede omkostninger ved forbehandling og biogasprocessen til forskel fra de øvrige anlæg er noget belastet af transportomkostningerne.

4.5.2 Anlægserfaringer

Der har i Halsnæs Kommune været etableret indsamling af madaffald fra husholdninger siden 1989, hvor først affaldet blev forbehandlet og komposteret. Her fik borgerne mulighed for at modtage kompost, som gav en god forståelse for meningen med sortering for interesserede borgere.

Efterfølgende har sorteringen været erstattet af indsamling af usorteret affald i en del af den sammenlagte kommune, som i 2010 blev erstattet af en 3-delt indsamling med indsamling af både papir, bioaffald og restaffald efter en politisk beslutning om at harmonisere ordninger, så den omfattede kildesortering af bioaffald, bl.a. med baggrund i en miljøvurdering af ordningen og en fælles politisk beslutning med de øvrige kommuner, som havde sortering fra AFAV-tiden.

Kommunen er ansvarlig for driften af indsamlingen af affald, som udbydes til ekstern vognmand i overensstemmelse med EU-lovgivningen. Kommunen har samtidig valgt at benytte biologisk nedbrydelige poser for at signalere over for

borgeren, at der ønskes adskillelse af organiske og uorganiske materialer. I Hundested havde borgerne længe sorteret i en grøn plastpose med særligt lavt indhold af DEHP, som ved overgangen til poseåbner og BioVækst blev ændret til frit valg af poser.

I de øvrige kommuner i det tidligere AFAV-opland indsamles affaldet i plastposer efter eget valg dog i Gribskov i den særlige grønne pose, mens Rødovre med opstart i 2011, som forsøgsordning har anvendt papirposer.

Ved en sorteringsanalyse har det vist sig, at affaldet indsamlet i poserne var mest rent i papirposerne, nr. 2 var indsamling i udleverede poser og sidst var kommuner, som ikke udleverede poser.

Forbehandlingsanlægget i forbindelse med Aikan anlægget, har vist sig robust over for alle typer emballage, dog skal det bemærkes at bioposer, som regel ikke bliver nedbrudt og udgør en del af den udrådnede biomasse, som fjernes ved sigtning forinden eller efter.

Anlægget overholder kravene i Miljøstyrelsens slambekendtgørelse for udbringning af den afgassede masse, både med hensyn til tungmetaller og miljøfremmede stoffer, DEHP, PAH og NPE.

Kommunen har informeret med aflevering af foldere mv. i forbindelse med opstart af ordningen, og udsender med hvert år en affaldsfolder til borgeren.

Det har ikke været analyseret, hvordan borgeren i den nye sammenlagte kommune har reageret på at skulle opstarte sorteringen igen i forbindelse med nærværende projekt.

Affald i lange baner giver problemer med poseåbneren, ligesom store emner, som frasorteres med det rullende materiel før der forsorteres.

I selve biogasprocessen kan større emner betyde at en del af affaldet ikke udrådnese, men det har ikke nogen ødelæggende effekt på anlægget.

Emballagen har ringe betydning for Aikans præstation. Det skal dog pointeres, som i andre anlæg, at majsposen i stor udstrækning udsorteres på anlæggets forbehandlings- og efterbehandlingsmetoder, og dermed ikke indgår i den efterfølgende biogasproces.

5 SAMMENFATNING AF FORBEHANDLINGSTEKNIKKER OG INDSAMLINGSMETODER

Med baggrund i den indledende afdækning af markedet for en succesfuld indsamling og forbehandling af kildesorteret organisk affald til biogas, har undersøgelsen afdækket at der er etableret velfungerende løsninger flere steder i både Danmark, Norge og Sverige i særdeleshed. Undersøgelsen har kortlagt at der er væsentlige faktorer som har indflydelse på det endelige resultat, som påvirker andelen af udsorteret organisk affald til biogas, samt den tilknyttede økonomi. Følgende væsentlige faktorer har størst betydning i forhold til det samlede resultat af indsamlingen af organisk affald fra husholdninger:

Den vigtigste faktor for indsamlingen er sorteringen af affaldet hos borgeren; jo flere urenheder der forholdsmæssigt er i det organiske affald, desto større er andelen af rejektet fra forbehandlingsanlægget uanset teknologi. Jo mere organisk affald der afleveres i restaffaldet, desto mindre organisk affald udsorteres per borger.

Derudover har en række faktorer indflydelse på, hvilket system den enkelte kommune/affaldsselskab vurderer, er det mest velegnede ved overgangen fra udsorteret indsamling ved husstanden.

5.1 Indsamlingssystemet

- Papirposer er det foretrukne valg af indsamlingsmateriale, ifølge driftsledere på anlægget, da det minimerer risikoen for driftsstop og andelen af rejekt
- Poser af organisk oprindelse kræver ventilerede stativer i køkkenet for at undgå at posen går i stykker
- Gennemsigtige poser giver mulighed for visitering ved husstanden, som kan øge renheden af det indsamlede materiale
- Plastposerne til optiske anlæg skal være tykkere end andre poser og dermed forbruges mere plast i forbindelse med indsamlingen
- Indsamlingsintervallet hver 14. dag er mest udbredt
- Om beholderen er opdelt eller udelt har ikke indflydelse på den indsamlede mængde.
- Ved optisk sortering kan det nuværende antal af beholdere fastholdes, og det er muligt at indsamle flere kildesorterede fraktioner i denne beholder

-
- Ved opstart af optisk sortering må der forventes en del frasortering af kildesorteret materiale, da mange ikke lukker posen korrekt
 - Der må forventes ekstra information i forbindelse med opstart af kilde-sorteringen og løbende opfølgning direkte ved husstanden forbedrer opmærksomheden omkring systemet

5.2 Forbehandlingsanlægget

- Walking floor-gulv kan føde et anlæg, således at kran er unødvendig
- Lange baner skal fjernes inden føddning af anlægget ad hensyn til at minimere risikoen for driftsstop
- En grov neddeling af affaldet, som åbner poser inden føddning af anlægget er meget udbredt. Den fjerner samtidig større hårde emner og minimerer risikoen for driftsstop
- Magnetseparator fjerner magnetisk metal. Omkring 50 % anvender denne teknologi på nyere anlæg og udføres for at minimere slid på anlægget
- På nyere anlæg er opslemning af affald meget udbredt. Både ved pulpning, skruepresse og Biosep. Det øger udvaskningen af klæbende organisk fra rejktet, men øger samtidig indholdet af væske i biomassen til biogasanlægget, som derved reducerer energiindholdet per ton input
- En efterseparation af væske fra rejktet er udbredt på de fleste anlæg, hvor væske presses nænsomt ud gennem mindre sigter. Dette øger andelen af udsorteret organisk materiale
- Ét anlæg overholdt ikke kravene om urenheder i rejktet i forhold til den svenske forordning om udbringning af affald på landbrugsjord (Eskilstuna). Affaldet skulle dog under alle omstændigheder samforgasses sammen med slam, hvorfor der ikke var fokus på at optimere forbehandlingsanlægget til at kunne separere biomassen og reducere andelen af urenheder
- Alle øvrige anlæg overholdte nordiske krav til udbringning på landbrugsjord
- Alt produceret biomasse eller fast biomasse kan forgasses i de anlæg, der leveres til. Både separat forgasning, slambaseret og gyllebaseret
- Udbyttet fra bioaffaldet er mellem 400-450 m³ biogas per ton tørstof
- Rejktmængden ligger i gennemsnit omkring 18-20 %, lavest for anlæg med affald i papirposer

-
- Behandlingsprisen på forbehandling inklusiv forgasning svinger mellem 375 Dkr. (opslemning af affald i enten pulper eller Biosep) og 725 for tør forgasning.
 - Dagrenovationstaksten er for de undersøgte kommuner på samme niveau, omkring 3.000 kr om året.
 - Anlægsinvesteringen afhænger af kapaciteten og om der ønskes optisk sortering.
 - Minimumskapacitet på et optisk sorteringsanlæg er omkring 25.000 ton.
 - Minimumskapacitet af forbehandlingen afhænger af driftstiden. Ved 1 hold skift er minimum omkring 10.000 ton om året ved optimal udnyttelse.
 - Anlægsinvesteringen til forbehandlingen starter ved ca. 20 mio. kr.
 - Driftsomkostningerne er afhængigt af vandforbrug (mellem 0 og 700 l. per ton affald), samt energiforbrug, som afhænger af antallet af komponenter. Den er ikke opgjort særskilt ift. biogasanlæg, når forbehandlingsanlægget er bygget på samme matrikel som forbehandlingsanlægget.
 - Uønskede emner i forbehandlingsanlægget er lange baner, store stykker metal og sten. Derudover er bioposer i flere af forbehandlingsanlæggene den mindst gode emballering, da de strækker sig og laver lange baner.

5.3 Behandling på biogasanlægget

- Biomassen skal leve op til kravene om oprindelse og miljøfremmede stoffer i slambekendtgørelsen.
- Biomassen skal være homogen og fri for større hårde emner og lange baner, når det forgasses ved våd forgasning, samt pumpbart.
- Jo højere indhold af organisk tørstof per ton, desto højere er gasudbyttet og værdien af biomassen.
- Biomassen skal hygiejniseres for at kunne anvendes frit på landbrugsjord.
- Den affaldsfraktion, som har størst betydning for afsætningen af biomassen er blød plast, da den er meget synlig ved slutdisponeringen på landbrugsjord, sammen med glas.
- Det er på nuværende tid en omkostning at udbringe den afgassede masse til landbrugsjord, undtagen i Norge.

6 KONKLUSION

Analysen af indsamlings- og forbehandlingsteknikker af organisk affald viser, at det er muligt at producere en biomasse, som er velegnet til forgasning på biogasanlæg, både flydende og tør forgasning. Den afgassede masse kan forbehandles og/eller efterbehandles, så den afgassede biomasse kan udbringes på landbrugsjord efter udrådningen på biogasanlægget og leve op til kravene i de nationale forordninger.

Analysen har afdækket at kun 1 kommune præsterer at indsamle madaffald til forgasning med slam uden forbehandling. Det vurderes at der ER behov for forbehandling af kildesorteret madaffald, før det kan forgasses og anvendes som gødning på landbrugsjord.

Udsorteringen af organisk materiale fra kildesorteret organisk affald afhænger væsentligt af inputmaterialet, jo flere fejlsorteringer, desto mere rejekt må der forventes at blive produceret uanset indsamlingspose. Derfor har borgernes tilgang til sortering en MEGET stor betydning for det samlede systems resultat, hvis anlægget vurderes på andelen af rejekt i forhold til det modtagne affald.

Den metode for indsamling af affald, som giver færrest problemer på forbehandlingsanlægget og mindst mulig rejektmængde er indsamling af bioaffaldet i papirposer. Den indsamlede mængde ligger mellem 15 kg per indbygger om året (Oslo under opstart) og op til 70 kg. om året (Halsnæs Kommune).

Analysen viser tillige, at forbehandlingsteknikkerne stadig er under udvikling, selv i de lande, som har længere tids erfaring end i Danmark. Ikke ét anlæg i Sverige har præcis den samme metode til forbehandling af kildesorteret affald. Udviklingen af forbehandlingsteknikker retter sig mod teknikker, som opløser de organiske fraktioner i vand med en efterfølgende separation ved forskellige sigteteknikker, som sikrer lavest mulige rejekt, samt et velegnet produkt til biogas med et højt gasudbytte, hvor Komtek og BioSep producerede en pulp med et rimeligt tørstofindhold med lave omkostninger.

De samlede behandlingsomkostninger for kildesorteret bioaffald inklusiv bioforgasning er i undersøgelsen under eller på niveau med forbrændingstaksten. De lå mellem 365 dkr (Linköping, SE med Biosep), til 600 dkr på HRA (Hera, NO med skruepresse). Prisen for en tør forgasning er fra 725 dkr. per ton (Biovækst, DK, tør forgasning). Behandlingsprisen påvirkes af indtægten fra energiproduktionen fra biogassen, afgiftslettelser samt andelen af urenheder og rejekt efter forbehandlingen. Produktionen af biogas fra madaffald er omkring 130 m³ per ton madaffald. Den gennemsnitlige rejektmængde må forventes at ligge omkring 18 % - 20 % af det indkomne materiale og en produktion af biovæske, som volumenmæssigt fordobles ved opslemningen.

Forbehandlingsanlæggets modtagne mængde bør minimum udgøre 10.000 ton årligt om året for at sikre en rentabel driftsøkonomi og skal være bemanded ved drift, da de på trods af robustheden har en øget risiko for driftsproblemer, som skal løses med mandskab til stede. Det anbefales at anlægget har dokumenteret en stabil drift på minimum 1 år, som dokumenterer at anlægget er robust, samt at der gerne etableres 2 linjer for at sikre en kontinuertlig drift.