

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATTENDE ARTIKEL	7
1 UDVÆLGELSE AF OG BAGGRUNDSDATA FOR AFFALDSPOSER TIL OPSAMLING AF ORGANISK AFFALD	13
1.1 BIONEDBRYDELIGE PLASTRÅVARER	13
1.2 LEVERANDØRER	14
1.3 UNDERSØGTE POSER OG FOLIER TIL PRODUKTION AF POSER	15
1.4 DATA FOR FOLIER/POSER	16
1.4.1 <i>Analysen af materialesammensætning</i>	16
1.4.2 <i>Tykkelse af undersøgte bionedbrydelige poser, folier og referenceposer</i>	17
1.4.3 <i>Funktionelle egenskaber</i>	17
1.5 TEKNOLOGISK STATUS FOR POLYETHYLENFOLIER/POSER	20
2 FORSØG MED BIONEDBRYDELIGE POSERS EGNETHED I BIOGASANLÆG	23
2.1 FORSØG MED KEMISK ACCELERERET NEDBRYDNING/ÆLDNING	23
2.2 BIOFORGASNING AF POSER I LABORATORIESKALA	28
2.2.1 <i>Beskrivelse af forsøgsopstilling til bioforgasning</i>	28
2.2.2 <i>Forsøg med bioforgasning i laboratorieskala</i>	29
2.3 FORSØG MED NEDBRYDNING I JORD	32
2.4 FULDSKALA BIOFORGASNINGSFORSØG	37
2.4.1 <i>Forsøgsbeskrivelse</i>	37
2.4.2 <i>Forsøgsresultater</i>	39
2.5 DISKUSSION OG KONKLUSION AF FORSØG MED BIONEDBRYDELIGHED	41
3 MILJØVURDERING	43
3.1 FORMÅL	43
3.2 AFGRÆNSNING AF ANALYSEN	43
3.3 METODE	44
3.3.1 <i>Beregning af energiforbrug</i>	45
3.4 DATA FOR POSER	47
3.5 SAMMENLIGNENDE MILJØVURDERING AF POSER	47
3.5.1 <i>Vurdering af kemiske stoffer</i>	47
3.5.2 <i>Vurdering af energiforbrug</i>	49
3.5.3 <i>Andre faktorer</i>	52
3.5.4 <i>Samlet miljømæssig vurdering af poser</i>	53
4 ERFARINGSOPSAMLING	55
4.1 ARBEJDSRAPPORT FRA MILJØSTYRELSEN NR. 18, 1990; "FORBRUGERNES HOLDNING TIL GRØNNE SYSTEMER"	55
4.2 MILJØPROJEKT FRA MILJØSTYRELSEN NR. 220, 1993; "INDSAMLING AF MADAFFALD FRA HUSSTANDE I KØBENHAVN"	55
4.3 MILJØPROJEKT FRA MILJØSTYRELSEN NR. 214, 1993; "3-DELT INDSAMLINGSSYSTEM FOR DAGRENOVATION"	56

4.4	MILJØPROJEKT FRA MILJØSTYRELSEN NR. 207, 1992; "TODELT INDSAMLING I ETAGEBOLIGER I ÅRHUS KOMMUNE"	57
4.5	ARBEJDSRAPPORT FRA MILJØSTYRELSEN NR. 65, 1997; "GENANVENDELSE AF DAGRENOVATION MED SYSTEM 2000 I ÅRHUS KOMMUNE, DELRAPPORT 2: FORBRUGERUNDERSØGELSER	57
4.6	GUDME KOMMUNE, KLINTHOLM SAMARBEJDET	58
4.7	GRINDSTED KOMMUNE	59
4.8	AALBORG KOMMUNE	60
4.9	FREDERICIA KOMMUNE	60
4.10	FORSØG I HOVEDSTADSOMRÅDET	60
5	BRUGERERFARINGER	63
5.1	LABORATORIETEST AF BIONEDBRYDELIGE POSER UNDER HØJE TEMPERATURER	63
5.1.1	<i>Valg af temperatur</i>	66
5.2	ÅRHUS KOMMUNES TEST AF BIONEDBRYDELIGE PLASTPOSER I INDSAMLINGSSYSTEMET	66
5.2.1	<i>Posetype 1 (Trioplast)</i>	67
5.2.2	<i>Posetype 2 (Sækko, 60°C)</i>	69
5.2.3	<i>Posetype 3 (Sækko, 90°C)</i>	70
5.2.4	<i>Opsummering for posetype 1, 2 og 3</i>	71
5.3	SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE	72
5.3.1	<i>Spørgeskemaet</i>	72
5.3.2	<i>Indsamling og registrering af spørgeskemabesvarelser</i>	72
5.3.3	<i>Resultaterne af spørgeskemaundersøgelsen</i>	73
5.4	STUDIETUR	80
6	ØKONOMISKE VURDERINGER	83
6.1	PRISER PÅ POSER	83
7	REFERENCER	85
Bilag A	Analyse af husstandsomdelte stivelsesbaserede bionedbrydelige poser for phthalatblødgørere	87
Bilag B	Prøvningsrapporter vedr. punkteringsstyrke, trækprøvning og rivestyrke	117
Bilag C	MEKA-skemaer	123
Bilag D	Følgebrev fra Århus Kommunale Værker vedr. test af bionedbrydelige poser	127
Bilag E	Forsøg med bionedbrydelige plastposer i varmeskab	133
Bilag F	Spørgeskema vedr. brug af bionedbrydelige plastposer (opgørelse af antal besvarelser)	135
Bilag G	Følgebrev til spørgeskema fra Århus Kommunale Værker	141
Bilag H	Kommentarer i spørgeskemaet	143
Bilag I	Introduction of Biodegradable Bags for Organic Waste Collection in Switzerland	163

Forord

Nærværende rapport omhandler resultaterne af de undersøgelser og forsøg der er gennemført i forbindelse med projektet "Bionedbrydelige plastposer til indsamling af den organiske del af dagrenovationen til biogasanlæg".

Projektet er gennemført af Århus Kommunale Værker i samarbejde med Teknologisk Institut som projektudførende part. Begge parter ønsker hermed at udtrykke en tak til Miljøstyrelsen for støtte til projektets gennemførelse og en effektiv dialog undervejs.

Følgegruppen har bestået af følgende interessenter:

- Miljøstyrelsen (formand)
- Plastindustrien i Danmark
- Foreningen af danske biogasanlæg
- KL
- Syddansk Universitet
- Århus Kommunale Værker
- Teknologisk Institut

Endvidere en tak til alle der har bidraget med råd og dåd i forbindelse med de mange kontakter der er etableret undervejs. Det gælder specielt følgegruppens medlemmer, men også leverandørerne af pose- og forsøgsmateriale som alle har været meget positive over for projektet.

Sammenfattende artikel

Bionedbrydelige plastposer - erfaringer og miljøvurdering

Teknologisk Institut har sammen med Århus Kommunale Værker undersøgt muligheden for at anvende bionedbrydelige plastaffaldsposer til indsamling af organisk dagrenovation.

Undersøgelsen har vist en meget stor brugertilfredshed med tre typer stivelsesbaserede bionedbrydelige plastposer der har været husstandsomdelt.

Inspektion af poserne efter indsamling har vist at poserne ikke har kunnet klare den indsamlingspraksis der anvendes i Århus Kommune.

Der er opnået ny viden om bionedbrydelige plasttypers nedbrydning ved bioforgasning, og der er foretaget en miljømæssig helhedsvurdering af poserne.

Baggrund og formål

I forbindelse med en beslutning taget af Århus Kommune om at den organiske dagrenovation fra samtlige kommunens 131.304 husstande fra medio 2001 skulle bioforgasses i kommunens anlæg i Spørring, blev Teknologisk Institut i foråret 1999 anmodet om at undersøge mulighederne for at anvende bionedbrydelige plastaffaldsposer til opsamling af den organiske fraktion.

De fordele man forventede at opnå ved at anvende bionedbrydelige plastposer, var en mere rationel håndtering under indsamling, sortering og bioforgasning, herunder at poserne blev nedbrudt i bioforgasningsprocessen. Flere af posetyperne er baseret på fornyelige ressourcer, fx stivelse, hvorfor man også så en mulighed for en miljømæssig gevinst.

Den forundersøgelse som Teknologisk Institut gennemførte, viste at den tilgængelige viden med hensyn til posernes kemiske og biologiske nedbrydning i relation til bioforgasning var meget begrænset.

Nærværende projekt er derfor gennemført med det formål at opnå praktiske danske erfaringer med bionedbrydelige plastposer til opsamling af den organiske del af dagrenovation med særlig opmærksomhed på bioforgasning.

Formålet har endvidere været at foretage en miljømæssig og økonomisk vurdering af de bionedbrydelige poser med papir- og polyethylenposer som sammenligningsgrundlag.

Supplerende har projektet haft til formål at give en orientering om den seneste teknologiske udvikling inden for polyethylen med anvendelse af mere effektive og specifikke katalysatorer i fremstillingsprocessen og denne udviklings betydning i relation til materialeminimering.

Undersøgelsen

Projektet er gennemført i et tæt samarbejde mellem Teknologisk Institut, Århus Kommunale Værkers Affaldskontor og biogasanlægget i Spørring.

Teknologisk Institut har foretaget laboratoriescreeninger med kemisk påvirkning og har sammen med biogasanlægget i Spørring udført bioforgasningsforsøg i laboratorieskala.

Biogasanlægget i Vaarst-Fjellerad har været samarbejdspartner ved forsøg hvor de bionedbrydelige plastposer er blevet nedsænket i selve rådnetanken.

Endelig har pose- og råvareleverandører været meget imødekommende med at hjælpe til med fremskaffelse af prøvningsmateriale og oplysninger til brug for projektet som helhed.

Hovedkonklusioner

Projektet har gennem de gennemførte forsøg og undersøgelser bidraget til en bedre karakterisering og sammenligning mellem de bionedbrydelige/komposterbare plastposer der findes på markedet i øjeblikket. Især er der opnået ny viden om posernes nedbrydning under anaerobe betingelser i et termofilt biogasanlæg.

Poser baseret på fornyelige ressourcer af polymeriseret mælkesyre (PLA) der tidligere er blevet fremstillet af Trioplast Nyborg A/S, nedbrydes under termofile bioforgasningsbetingelser inden for 18 dage. Poser fremstillet af stivelse i Mater-Bi ZF-kvalitet (60°C) nedbrydes delvist dog med tilbageblivende mindre stykker, mens de resterende bionedbrydelige poser nedbrydes i mindre grad. Den begyndende nedbrydning ved nogle af disse poser ses som en ændring af de mekaniske egenskaber.

Poser i polyvinylalkohol er fuldstændig uegnede som affaldsposer i kontakt med vand/fugt. Poser i dette materiale brister meget hurtigt i kontakt med vand. Dette gjaldt også for en pose garanteret til at kunne klare vand ved 60°C.

Hovedparten af de undersøgte bioplastposer er ifølge leverandøroplysninger testet som værende komposterbare ifølge internationale standarder.

I forbindelse med laboratoriebiforgasningsforsøg af posematerialerne er nedbrydning af materialerne i fugtig jord testet efter bioforgasningsforsøgene. Forsøgsresultaterne indikerer at de stivelsesbaserede poser i kvalitet Mater-Bi ZF-kvalitet har en hurtigere nedbrydning end de øvrige poser.

Forsøgene tyder samlet på at det anaerobe miljø i et termofilt biogasanlæg ikke er tilstrækkelig til at nedbryde de bionedbrydelige plastposer der er fremstillet af andre materialer end polymeriseret mælkesyre fuldstændigt, og at en efterkompostering er nødvendigt hvis poserne ønskes nedbrudt fuldstændigt inden spredning sammen med gødning på landbrugsjord.

En brugerundersøgelse har vist stor tilfredshed med tre typer stivelsesbaserede bionedbrydelige affaldsposer.

Projektet har imidlertid vist at poserne ikke er egnede til det indsamlingssystem der anvendes i Århus Kommune, og som indebærer indsamling fra enfamilieboliger hver 14. dag og efterfølgende optisk sortering af poser med organisk dagrenovation og poser med restaffald.

Der er foretaget et skøn over de bionedbrydelige plastposers miljømæssige egenskaber i sammenligning med polyethylen- og papirposer som viser at der anvendes mindre energi ved fremstilling af polyethylenposer end ved fremstilling af de øvrige bioplastposer og papirposer.

I Schweiz har man i flere kommuner gode erfaringer med brug af bionedbrydelige plastposer til indsamling af organisk dagrenovation eller haveaffald både til kompostering og til bioforgasning.

Indsamlingssystemet er imidlertid anderledes end i Århus Kommune, idet organisk dagrenovation og haveaffald indsamles separat i Schweiz, og indsamlingen sker med ugeintervaller i stedet for med fjorten dages intervaller.

I Italien indsamles organisk dagrenovation nogle steder dagligt separat i bionedbrydelige plastposer.

Miljøvurderingen af bionedbrydelige poser udført i forbindelse med indsamlingssystemerne i Schweiz og Italien er positive for de bionedbrydelige plastposer i forhold til polyethylen og papirposer dels som følge af bionedbrydeligheden, dels som følge af muligheden for at kontrollere renheden af det organiske affald på grund af plastposens gennemsigtighed.

Ifølge Polargruppen har man videreudviklet Mater-Bi-poserne i 90°C, NF-kvaliteten så de har bedre egenskaber end den Mater-Bi NF-pose der har været testet ved husstandsomdeling i Århus Kommune.

Der sker således en løbende forbedring af de bionedbrydelige plastposers egenskaber der gør at det stadig må anses for interessant for Århus Kommune at overvåge området.

For andre kommuner med andre indsamlingssystemer end det system Århus Kommune har valgt, kan der være interessante perspektiver i at gå i gang med praktiske projekter hvor man drager nytte af erfaringerne i nærværende projekt og erfaringer fra udlandet, eksempelvis Schweiz og Norge.

Projektresultatet

Fremskaffelse og analyser af affaldsposer til opsamling af organisk dagrenovation

Teknologisk Institut har sammen med Århus Kommunale Værker anskaffet et repræsentativt udsnit af affaldsposer fremstillet i bionedbrydelig plast. Disse posetyper har dannet baggrund for de undersøgelser, analyser og praktisk orienterede forsøg der er foretaget i projektet med henblik på at fremskaffe ny viden om poser fremstillet i bionedbrydelig plast. Undersøgelserne og analyserne har været tilrettelagt således at fokus har været på posernes egnethed i forbindelse med op- og indsamling af den organiske fraktion af dagrenovationen til bioforgasning. Men der er også sket en mere generel vurdering af de bionedbrydelige plastposers miljømæssige fordele eller ulemper ved indsamling af organisk dagrenovation.

De affaldsposer eller posematerialer der er anskaffet til forsøg og analyser, har dels været baseret på fornyelige ressourcer, dels på råolie og naturgas. De førstnævnte typer har omfattet stivelsesbaserede posetyper og poser baseret på polymeriseret mælkesyre (PLA). De sidstnævnte har omfattet poser baseret på bionedbrydelige polyestere, polyesteramid og polyvinylalkohol. To af de undersøgte stivelsesbaserede poser har ifølge det af leverandøren tilsendte patentskrift et indhold af polyethylen som ikke anses for bionedbrydelig i gængs terminologi. Det skal tilføjes at bionedbrydelighed ikke er en særlig præcis definition af de indsamlede posers nedbrydningshastighed. Derfor specificerer leverandørerne også de bionedbrydelige posers egenskaber ved henvisning til overholdelse af krav beskrevet i bredt accepterede internationale eller nationale standardiserede metoder for egenskaber, først og fremmest i relation til kompostering.

Som sammenligningsgrundlag for analyser eller systematisering af oplysninger om mekaniske egenskaber af de bionedbrydelige poser har man anvendt den henholdsvis grønne og sorte affaldspose i polyethylen som Århus Kommune Værker anvender i sit nye optiske sorteringssystem.

De mekaniske egenskaber for polyethylenposerne er bedre end de egenskaber der enten er målt eller oplyst fra leverandørside for de bionedbrydelige plastposer. Det er endvidere væsentligt for bevarelse af mekaniske egenskaber før brug at de bionedbrydelige plastposer opbevares efter leverandøranvisning. Vigtigheden heraf illustreres af at de poser i polymeriseret mælkesyre som Teknologisk Institut havde fået stillet til rådighed, var fuldstændig sprøde på grund af en fremadskridende nedbrydning.

Opbevaring af 3 typer af de stivelsesbaserede poser indeholdende organisk affald i varmeskab ved 30°C viste en betydelig nedbrydning af posen fremstillet i Mater-Bi ZF-kvalitet. Forsøget blev gennemført for at simulere opbevaring i 14 dage i varme perioder om sommeren. Da indsamlingsintervallet i Århus Kommune er 14 dage, vurderes det at denne pose ikke er egnet under disse forhold. De to andre stivelsesbaserede poser i Mater-Bi NF-kvalitet der blev udsat for samme påvirkning, var stadig intakte efter de 14 dage.

Egnethed af de bionedbrydelige plastposer i relation til bioforgasning

De forskellige typer af bionedbrydelige plastposer der har været til rådighed for projektet, har været udsat for kontakt med vand ved 55°C, både neutralt og ved tilstedeværelse af syre eller base. Endvidere har de været underkastet bioforgasning i laboratorieskala ved 55°C samt i fuldskala for de typer hvor det blev anset for relevant.

Resultaterne fra de tre forsøgstyper (kemisk nedbrydning, bioforgasning i laboratorieskala og fuldskala) stemmer fint overens med hinanden med hensyn til de forskelle i nedbrydningshastighed der blev observeret i forsøgene.

Det vurderes på baggrund af disse resultater at kun poser fremstillet af polymeriseret mælkesyre (PLA) og af stivelse i materialet Mater-Bi ZF (60°C) samt den bionedbrydelige polyester Ecoflex vil undergå en nedbrydning til stykker mindre end 1 cm i et termofilt biogasanlæg ved en gennemsnitlig opholdstid på 18 dage.

Forsøg med opbevaring af posemateriale i våd jord efter bioforgasning i laboratoriereaktor indikerer at poser fremstillet af Mater-Bi ZF-materiale undergår en hurtigere nedbrydning end de andre testede bionedbrydelige plastposer. Poserne i polymeriseret mælkesyre (PLA) blev ikke opbevaret i våd jord da de allerede var nedbrudt i bioforgasningsforsøget.

Erfaringer fra indsamlingsforsøg

De tre bionedbrydelige plastposetyper som alle er baseret på stivelse, og som har været husstandsomdelt i tre områder i Århus Kommune, er alle blevet særdeles godt modtaget af brugerne. Indsamlingsforsøg viste imidlertid at poserne ikke kunne klare de påvirkninger som de blev udsat for under indsamlingen hvor der bl.a. sker en betydelig komprimering. Den posetype der klarede indsamlingsbetingelserne bedst, var en pose i kvaliteten Mater-Bi NF. Dette er i overensstemmelse med de bedre mekaniske egenskaber som denne pose fremviser i forhold til de øvrige to posetyper der indgik i indsamlingsforsøget. Det skal dog påpeges at selv poser i polyethylen i samme godstykkelser ikke i alle tilfælde klarer indsamlingen uden at gå itu.

Økonomi

Med hensyn til prislejet for de bionedbrydelige plastposer er det vanskeligt at få helt præcise tal frem, idet prisen naturligvis hænger sammen med stykantal og konkurrencesituationen. Det vurderes dog at priserne på bionedbrydelige plastposer vil være ca. 3 – 4 gange højere end for poser i polyethylen, men på niveau med papirposer. Dog tyder det på at bionedbrydelige poser i polymeriseret mælkesyre (PLA) vil kunne komme tæt på prisen for polyethylenposer da der i øjeblikket er ved at blive færdiggjort et anlæg til fremstilling af PLA med en kapacitet på 140.000 tons pr. år.

Miljøvurdering

Der er i projektet foretaget en miljøvurdering af forskel i miljøbelastning ved brug af forskellige materialetyper til affaldsposer der skal benyttes til dagrenovation der skal behandles i biogasanlæg. Vurderingen omfatter således ikke valg af materiale der bruges til affaldsposer der behandles ved andre metoder såsom forbrænding, kompostering eller deponering. Vurderingen er baseret på en forenklet livscyklusvurdering (MEKA). Endvidere er der for de tre husstandsomdelte stivelsesbaserede posers vedkommende foretaget en analyse for phthalater der viste at phthalatblødgørere ikke er til stede i disse posetyper. Leverandørplysninger for alle de anskaffede bionedbrydelige posetyper giver ingen anledning til at mene at der skulle findes andre miljøproblematisk stoffer i poserne.

Det samlede energiforbrug i posernes levetid domineres af energiforbruget til fremstilling af råvarer. Dette er lavest for poser af polyethylen som til gengæld ikke er en fornyelig ressource.

Næstefter følger poser baseret på polymeriseret mælkesyre. Herefter kommer de stivelsesbaserede typer og papirposen. De poser der har det højeste energiforbrug, er de rent polyesterbaserede.

I forbindelse med en studietur til Schweiz gennemført i slutningen af projektperioden blev deltagerne præsenteret for resultaterne af en LCA-analyse udført på bionedbrydelige plastposer til affaldsindsamling. I denne

miljøvurdering medregner man i analysen en større renhed af affaldet fordi man går ud fra at posernes transparens motiverer beboerne til at være mere omhyggelige i deres sorteringsarbejde. Dette aspekt er ikke medtaget i Teknologisk Instituts egne miljøvurderinger af de bionedbrydelige plastposer.

1 Udvælgelse af og baggrundsdata for affaldsposer til opsamling af organisk affald

1.1 Bionedbrydelige plastråvarer

På det danske marked fandtes ved projektets start følgende typer plastmaterialer egnede til fremstilling af bionedbrydelige plastposer.

Materialer baseret på fornyelige ressourcer

- **Stivelsesbaseret**

Denne type plastråvarer er baseret på stivelse som udgør ca. 50% af råvaren, iblandet en bionedbrydelig polymer, som eksempelvis ϵ -polycaprolacton, og en blødgører der kan være glycerin eller en anden polyvalent alkohol. Stivelsen kan stamme fra majs, hvede eller kartofler. Glycerin kan fremstilles ved hydrolyse af plante- eller animalske fedtstoffer.

Endelig findes der råvarer der er baseret på en blanding af ethylenacrylsyrecopolymer, polyethylen i form af en blanding af LDPE og HDPE, forklisteret stivelse der tilsættes blødgørere på glycerin-/glycolbasis, epoxyderet planteolie samt en accelerator til fremskyndelse af bionedbrydeligheden.
- **Polyester**

Polylactat (PLA) er en bionedbrydelig polymer som er fremstillet ud fra mælkesyre ved en præpolymerisation efterfulgt af en depolymerisation til et cyklisk dilaktid der ved en ringåbningspolymerisation uden anvendelse af opløsningsmidler omdannes til polylaktat. Mælkesyren fremstilles ved en fermenteringsproces hvor der typisk anvendes hydrolyseret majsstivelse som substrat for de mælkesyreproducerende bakteriestammer. Det er også muligt at fremstille mælkesyren ved gæring fra andre sukkerholdige substrater, som fx rørsukker, eller fra sukkerholdige restprodukter fra landbrug eller industri.

Egenskaberne af den færdige PLA-compound modificeres ved iblanding af varierende mængder af andre bionedbrydelige tilsætningsstoffer for at gøre PLA anvendelig til ekstrudering af folier, idet PLA i sig selv er et stift materiale ligesom polystyren.

Den eneste kendte kommercielle råvare i PLA er Eco-PLA der fremstilles af Cargill-Dow Polymers. Denne råvare er baseret på mælkesyre fremstillet på basis af majs. Firmaet Neste (Finland) har foretaget prøveproduktioner af PLA, men ikke i industriel skala.

Der findes andre polyestertyper baseret på polyhydroxybutyrat (PHB) og en copolymer mellem hydroxysmørsyre og hydroxyvalerianesyre. Disse fremstilles i bakteriekulturer, idet

bakterierne anvender polyestertyperne som energilager på samme måde som planter anvender stivelse som energilager. Fremstillingspriserne for disse naturlige polyestere er for høje til at de har vundet indpas til fremstilling af poser/folie i større skala.

Materialer baseret på råolie og naturgas

- Polyesterbaserede
ε-polycaprolacton er allerede nævnt som en bionedbrydelig polyester der iblandes de stivelsesbaserede råvarer for at beskytte dem mod fugt og gøre dem procesegnede til folieblæsning. Det er som PLA en ren alifatisk polyester.

Andre typer komposterbare/bionedbrydelige polyestere fremstilles ved copolymerisation af adipinsyre, butandiol og med mindre mængder af terephthalsyre indbygget i polymerkæden for at styre nedbrydningshastigheden.

- Polyesteramidbaserede
Der fandtes ved projektets start en enkelt producent af en komposterbar/bionedbrydelig polyesteramidplastråvare. Råvaren er fremstillet på basis af enten caprolactam eller byggestenene i polyamid 6,6, dvs. hexamethylendiamin og adipinsyre.
- Polyvinylalkohol (PVA)
Polyvinylalkohol fremstilles ved hydrolyse af polyvinylacetat som er fremstillet ud fra en polymerisation af vinylacetat. Polyvinylalkohol skulle kunne fremstilles til at være opløselig i enten koldt eller varmt vand. Vanduopløselige typer skulle også kunne fremstilles. Disse kunne tænkes kun at være delvis hydrolyseret polyvinylacetat.

1.2 Leverandører

Der skelnes i det efterfølgende mellem leverandører af råvarer til fremstilling af poser og leverandører af færdigfremstillede poser.

Der er undersøgt og kontakten en række leverandører af råvarer til fremstilling af poser.

Stivelse

Firmaet Novamont, Italien, fremstiller et materiale benævnt Mater-Bi. Materialet findes i en række kvaliteter afhængig af hvilke plastforarbejdningsprocesser der skal anvendes, hastigheden af bionedbrydeligheden af emner fremstillet fra råvaren og brugstemperaturen. Biotec, Tyskland, fremstiller materialet Bioflex til folieblæsning. Begge materialer indgår i poser som findes kommercielt tilgængelige på det danske marked

Polylactat

Cargill-Dow Polymers, USA, producerer en polylactatråvare benævnt Eco-PLA. Der er fremskaffet eksemplarer af poser produceret af materialet i en forsøgsproduktion ved Trioplast Nyborg A/S. Poserne har vist sig at være meget sprøde på afprøvningsstidspunktet. Trioplast Nyborg A/S har stillet testresultater til rådighed for projektet der demonstrerer de fremstillede posers mekaniske egenskaber lige fremstillingen og efter lagring i en periode på

op til 153 dage under forskellige lagerbetingelser. Trioplast Nyborg A/S fremstiller ikke længere affaldsposer på basis af Eco-PLA, men er gået over til udelukkende at fremstille poser i Bioflex fra Biotec.

Samtidig har Cargill-Dow på Kunststoffmesse Düsseldorf 2001 i oktober måned oplyst at man ikke længere producerer blødgjort PLA til posefremstilling. Man overvejer dog på en senere tidspunkt at revurdere situationen.

Andre polyestere baseret på ikke-fornyelige ressourcer

Eastman Chemical, Schweiz, producerer en copolyester af en råvare benævnt EASTAR Bio Copolyester 14766. Ifølge oplysninger i firmaets brochure er råvaren et patenteret produkt fremstillet på basis af konventionelle disyrer og glykoller.

Der er fra Eastman Chemical fremskaffet en rulle af folie i den pågældende kvalitet i 50 µm tykkelse. Denne folie har været anvendt til de indledende screeningsforsøg.

BASF, Tyskland, fremstiller en bionedbrydelig polyester benævnt Ecoflex som forventes at have egenskaber sammenlignelige med copolyesteren fra Eastman Chemical. Ifølge BASF's egne oplysninger drejer det sig om en copolymerpolyester opbygget fra monomererne adipinsyre, butandiol og terephthalsyre. Det er lykkedes at fremskaffe en enkelt rulle affaldsposer fra en norsk poseleverandør (Rosenlew).

Polyesteramid

Bayer-firmaet, Wolff Walsrode, Tyskland, kunne ved projektets start levere en bionedbrydelig polyesteramid benævnt Walocomp. Produktionen af såvel råvaren som folier i det pågældende materiale er imidlertid stoppet i løbet af projektet. Det har derfor kun været muligt at foretage indledende undersøgelser af folie i Walocomp på en pose modtaget fra firmaet i det forprojekt som Teknologisk Institut har udført for Århus Kommunale Værker tidligere.

Polyvinylalkohol

Polyvinylalkohol er en kendt plastpolymer som kan fremskaffes fra mere end en leverandør. Teknologisk Institut har modtaget en prøvesending af poser i polyvinylalkohol fra Sækko A/S samt to posetyper via Århus Kommunale Værker hvoraf den ene skulle kunne klare 60°C varmt vand. Poserne er leveret til Århus Kommunale Værker fra Plast Pac AB, Sverige, og den medsendte dokumentation tyder på at råvaren stammer fra AIR Products. De poser der skulle kunne klare 60°C varmt vand, har en tykkelse på 20 µm.

1.3 Undersøgte poser og folier til produktion af poser

I Tabel 1.1 er vist en oversigt over de i projektet undersøgte bionedbrydelige plastposer eller folier til produktion af sådanne poser som er fundet tilgængelige på det danske marked. I tabellen er angivet et løbenummer (som anvendes fremover), råvaren som poserne er fremstillet af fra råvareleverandøren, samt leverandører af og navn på bioposer.

I Tabel 1.2 er vist andre typer poser som anvendes ved sammenligninger af miljømæssige forhold og økonomi. Det drejer sig dels om en leverandør af en bionedbrydelig papirpose, dels ikke-bionedbrydelige polyethylenposer.

Tabel 1.1 Leverandører af bionedbrydelige plastposer

Nr.	Type	Råvare-handelsnavn	Råvareleverandør	Biopose-handelsnavn	Bioposeleverandør
1	Stivelses-baseret	Bioflex BF 102 (Be 103151)	Biotec, Tyskland	Biopose	Trioplast Nyborg A/S
2	Stivelses-baseret	Mater-Bi ZF	Novamont, Italien	Biosæk (ZF), grøn, 60°C	Sækko A/S
3	Stivelses-baseret	Mater-Bi NF	Novamont, Italien	Biosæk (NF), hvid, 90°C	Sækko A/S
4	Stivelses-baseret	Mater-Bi ZF 03U/A	Novamont, Italien	Wenterra Biosack	KP Consult/Wentus Kunststoff GmbH
5	Stivelses-baseret	Biodegradable Starch Resin, Kina	Fremstillet i Kina	BSR-PF, hvid	Nordexport/Skana AB
6	Stivelses-baseret	Biodegradable Starch Resin, Kina	Fremstillet i Kina	BSR-PF, sort	Nordexport/Skana AB
7	Polylactat	Eco-PLA	Cargill-Dow Polymers, USA		Forsøgsproduktion Trioplast Nyborg A/S
8	Polyester	Eastar BIO 14766 copolyester	Eastman Chemical, Schweiz		
9	Polyester	Ecoflex	BASF, Tyskland	Ecoflex	Rosenlew A/S, Norge
10	Polyester-amid	Walocomp	Bayer, Wolff Walsrode, Tyskland		
11	Polyvinyl-alkohol	Aquafilm LH138	Fremstillet i England	Varmtvandsopløselig PVA	Sækko A/S
12	Polyvinyl-alkohol				Plast Pac, Sverige
13	Polyvinyl-alkohol		AIR Products, USA	Rød ("Beständig til 60°C")	Plast Pac, Sverige

(6) er fremskaffet i form af folie

Tabel 1.2 Andre poser til sammenligning

Nr.	Type	Råvare-handelsnavn	Råvareleverandør	Biopose-handelsnavn	Bioposeleverandør
14	Papir			Biopose 8 liter	Korsnäs Bates
15	Polyethylen (LDPE)		Standardvare	Sort 25 µm	Diverse folie-/poseproducenter
16	PE (LDPE)			Grøn 33 µm	Papyrus
17	PE(LDPE)			Sort 29 µm	Papyrus

Bemærk at i resten af rapporten benyttes løbenumrene i Tabel 1.1 og Tabel 1.2 som referencenumre.

1.4 Data for folier/poser

1.4.1 Analyser af materialesammensætning

Da bionedbrydelige poser efter sigende skulle indeholde phthalatblødgørere, blev der i projektets følgegruppe enighed om at der, så langt ressourcerne rakte, skulle foretages en analyse af de tre posetyper baseret på stivelse der var uddelt til husstande i Århus Kommune for indhold af phthalater.

Undersøgelserne for phthalatblødgørere er sket ved spektroskopiske metoder og gaskromatografi på ekstrakter fra poserne. De spektroskopiske metoder der har været anvendt, har dels været infrarød spektroskopi, dels kernemagnetisk resonansspektroskopi; begge er metoder der giver detaljerede oplysninger om organiske forbindelsers kemiske sammensætning og struktur.

Samtlige udførte analyser viser at der ikke er phthalatblødgørere til stede i de undersøgte stivelsesbaserede affaldsposer. Detektionsgrænsen for den gaschromatografiske analyse er så lav at det kan konkluderes at der er mindre end 50 mg pr. kg phthalatblødgørere til stede i poserne. Til sammenligning ligger indholdet i blødgjort PVC typisk på 250 g til 400 g pr. kg, dvs. 60.000 gange større end detektionsgrænsen.

I Bilag A er der nærmere redegjort for resultatet af undersøgelserne og deres princip.

1.4.2 Tykkelse af undersøgte bionedbrydelige poser, folier og referenceposer

I Tabel 1.3 er angivet de undersøgte plastposers og foliers tykkelse.

Tabellen viser dels de tykkelser som leverandørerne normalt leverer ved almindelig brug hvor posen ikke bliver udsat for hårdhændet håndtering, dels de tykkelser som er benyttet i forsøg eller ved beregninger i nærværende undersøgelse.

Tabel 1.3 Tykkelse

Nr.	Leverandør/posetype	Tykkelse μm af poser/folier anvendt i forsøg	Tykkelse μm anvendt ved miljøvurderinger og økonomiberegninger
1	Trioplast/Biotec	25	25
2	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C	25	25
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	25	25
4	Wenterra Biosack	30	25
5	Nordexport/Kina, hvid	25	25
6	Nordexport/Kina, sort	30	25
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	38	25
8	Eastman Chemical/Eastar	52	25
9	Rosenlew/Ecoflex	32	25
10	Bayer/Walocomp	75	
11	Sækko/PVA	21	
12	Plast Pac/PVA, ufarvet		
13	Plast Pac/PVA, rød	35	
14	Bates/papirbiopose (8 l)	100	100
15	Polyethylen (LDPE)		25
16	Papyrus/PE, grøn, ref.	33	
17	Papyrus/PE, sort, ref.	29*	

* En prøve var dog målt til 24 μm af Teknologisk Institut.

1.4.3 Funktionelle egenskaber

I posernes livsforløb skal de ud over at holde tæt kunne klare transport til skraldespand og transport til behandlingsanlæg uden at gå i stykker. For at vurdere posernes egenskaber med hensyn til styrke er data for brudstyrke, rivestyrke mv. fra leverandører vurderet, ligesom der er udført træktests på de undersøgte poser ved Teknologisk Institut (se Bilag B).

Resultaterne af rivestyrke og punkteringsstyrke er vist i Tabel 1.4, mens trækstyrken er vist i Tabel 1.5. Data er målt af Teknologisk Institut for emnerne 1, 2, 3, 16 og 17.

De øvrige værdier er oplyst fra leverandørside.

Poserne 16 og 17 er de polyethylenposer som Århus Kommune i øjeblikket anvender i sit nye indsamlingssystem med optisk sortering.

Tabel 1.4 Rivestyrke på langs/tværs samt punkteringsstyrke

Nr.	Leverandør/posetype	Rivestyrke - normal (N/mm) langs/tværs	Rivestyrke - med stigende kraft (N/mm) langs/tværs	Punkteringsstyrke (N)
1	Trioplast/Biotec	18,7/79		6,38
2	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C		68/147	3,76
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	Ikke målt/174	144/ikke målt	4,99
4	Wenterra Biosack			
5	Nordexport/Kina, hvid	> 40/40		
6	Nordexport/Kina, sort	> 40/40		
5	Nordexport/Kina, hvid			
6	Nordexport/Kina, sort			
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	14,9/76 (x1)		
8	Eastman Chemical/Eastar	64/104 (x2)		
9	Rosenlew/Ecoflex			
10	Bayer/Walocomp			
11	Sækko/PVA			
12	Plast Pac/PVA, ufarvet			
13	Plast Pac/PVA, rød			
14	Bates/papirbiopose (8 l)			
15	Polyethylen (LDPE)			
16	Papyrus/PE, grøn, ref.	Ikke målt/219	195/ikke målt	8,3
17	Papyrus/PE, sort, ref.	Ikke målt/227	194/ikke målt	6,62

Tabel 1.5 Trækprøvning

Nr.	Navn	Flydespænding (MPa) langs/tværs	Brudstyrke (MPa) langs/tværs	Brudforlængelse langs/tværs (%)
1	Trioplast/Biotec	Ikke målt/9,5	33,9/25,7	359/696
2	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C	11,1/8,6	26/16,8	745/655
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	Ikke målt/8,1	30,2/24,1	613/955
4	Wenterra Biosack			
5	Nordexport/Kina, hvid		> 12/12	> 120
6	Nordexport/Kina, sort		> 12/12	> 120
7	Cargill-Dow/Eco-PLA		40,4/33,7 (x1)	365/448 (x1)
8	Eastman Chemical/Eastar		14/11 (x2)	500/600 (x2)
9	Rosenlew/Ecoflex		26/24 (x3)	500/740 (x3)
10	Bayer/Walocomp			
11	Sækko/PVA			
12	Plast Pac/PVA, ufarvet			
13	Plast Pac/PVA, rød			
14	Bates/papirbiopose (8 l)			
15	Polyethylen (LDPE)			
16	Papyrus/PE grøn, ref.	12,1/12,7	36,0/35,2	809/1225
17	Papyrus/PE sort, ref.	11,7/11,1	42/32,5	932/1166

x1 Data fra Trioplast Nyborg A/S, ny Cargill-Dow PLA-folie, folietykkelse 38 µm

x2 Data fra Eastman Chemical, 25 µm folie

x3 Data fra BASF, 50 µm folie

Dataene viser næsten ens data for rivestyrke, punkteringsstyrke, brudspænding og forlængelse af referenceposerne af polyethylen (16, 17).

I Tabel 1.6 er bioposerne sammenlignet med referenceposerne. Det skal bemærkes at poserne 1, 2 og 3 er ca. 25 µm, mens referenceposerne er henholdsvis 29 og 33 µm. Ligeledes er data for Eco-PLA (7) for en noget tykkere film (38 µm) og for Ecoflex (9) for en 50 µm film. I beregningen af rivestyrken er der imidlertid normeret med filmens tykkelse hvorfor disse tal bør kunne sammenlignes.

Tabel 1.6 Sammenligning af styrke

Nr.	Navn	Rivestyrke % af ref.	Punkteringsstyrke % af ref.	Brudspænding % af ref.	Brudforlængelse % af ref.
1	Trioplast/Biotec	Ca. 35	80-100	Ca. 80	Ca. 60
2	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C	Ca. 35	Ca. 50	Ca. 65	Ca. 60
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	70-80	60-70	70-80	70-80
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	Ca. 35		100	Ca. 40
8	Eastman Chemical/Eastar	Ca. 50		Ca. 35	Ca. 50
9	Rosenlew/Ecoflex			60-70	Ca. 60

Tabel 1.6 viser at bioposerne fra Trioplast (nr. 1) og Sækko, 60°C, (nr. 2) har en lavere rivestyrke end referenceposerne (35%), mens posen fra Sækko, 90°, (nr. 3) har en rivestyrke der er næsten på højde med referenceposerne (70-80%). Dette billede afspejles også i de øvrige sammenlignede parametre.

Data for den polylactatbaserede pose (nr. 7) er fra måling på nye poser produceret af Trioplast Nyborg A/S. Poserne viser en rivestyrke af samme størrelse (ca. 35%) som poserne nr. 1 og 2 hvilket er lavere end referenceposernes rivestyrke.

For de polylactatbaserede poser (nr. 7, Eco-PLA) er det vigtigt at disse opbevares i tætsluttende emballage uden fugt inden brug hvilket også fremgår af specifikationer fra Cargill-Dow og fra diverse litteratur om polylactat. Sker dette ikke, nedbrydes poserne langsomt (dvs. over nogle måneder/år), idet polylactaten hydrolyseres, og molekylvægten falder hvorved styrken forringes. De poser som Teknologisk Institut har benyttet i nedbrydningsforsøg, har formentlig ikke været opbevaret tilstrækkeligt tørt, idet de havde en meget ringe styrke.

Data for de to polyesterbaserede film (nr. 8 og 9) er ikke så detaljerede, men det vurderes at styrkeegenskaberne er ca. 50% af referenceposernes. Teknologisk Institut vurderer at de bionedbrydelige poser har rimelige mekaniske egenskaber, eksempelvis i form af rive- og brudstyrke, ved almindelig brug og i overensstemmelse med resultaterne af brugerundersøgelser. Egenskaberne er ikke på højde med polyethylenposerne for samme godstykkelse.

1.5 Teknologisk status for polyethylenfolier/poser

Polyethylen er et af de mest alsidige plastmaterialer til fremstilling af affaldsposer såfremt man ikke har behov for eller ønsker om en pose i et bionedbrydeligt/komposterbart materiale. Vigtige egenskaber for en affaldspose er rivestyrke, penetreringsstyrke og andre mekaniske egenskaber der er et vejledende mål for plastmaterialets sejhed. Det er også vigtigt at man har gode svejseegenskaber, således at svejse sømmen ikke bliver det svage sted på poserne.

Affaldsposer fremstilles typisk i LDPE (Low Density Polyethylene) eller LLDPE (Linear Low Density Polyethylene) eller blandinger af disse som har ganske gode egenskaber i forhold til prisen på poserne. Forskellen mellem LDPE og LLDPE er at sidstnævnte type fremstilles ved en lavtryksproces (2 Mpa) i modsætning til LDPE der fremstilles ved højt tryk (op til 345 Mpa).

Forskellen på de to typer er at LDPE er meget forgrenet i forhold til LLDPE som kun har meget korte sidegrene langs molekylkæden (deraf det ekstra L, linear). LLDPE har bedre styrkeegenskaber end LDPE som følge af at molekylkæderne på grund af den lineare struktur kan pakkes tættere i materialet. Omvendt er det sværere at forarbejde ved fremstilling af posefolier på grund af dets dårligere flydeegenskaber hvorfor det er gængs praksis at tilsætte LDPE til LLDPE for at bedre procesegenskaberne. Der er ingen væsentlig prisforskel på LDPE og LLDPE hvorfor man ved posefremstilling med fordel kan anvende LLDPE som basisråvare.

Der er imidlertid i de seneste år på kommerciel basis blevet udviklet nye katalysatorer til fremstilling af polyethylen. Disse katalysatorer går under betegnelsen metallocener.

Metallocenerne har den specielle egenskab at man får en meget bedre kontrol med stereokemien ved opbygningen af de polymere kæder. Samtidig kan man

gøre molekylvægtsfordelingskurven væsentlig mere snæver end tidligere hvilket medvirker til en forbedring af de mekaniske egenskaber. Da katalysatorerne er meget effektive, betyder det at fremstilleren af råvaren kan undgå et katalysatorvaskesystem som er nødvendig ved den sædvanlige fremstillingsmetode. Det betyder reelt en mere miljøvenlig fremstillingsproces, idet det ikke er nødvendigt at genvinde katalysatorerne ved den energikrævende vaskeproces, samtidig med at man sparer på procesvand ved fremstillingen.

De metallocenkatalyserede nye polyethylentyper udmærker sig ved en stærkt forbedret sejhed, særdeles gode svejseegenskaber og en større transparens. De to første egenskaber er af stor betydning for en affaldspose. De metallocenkatalyserede polyethylentyper er på nuværende tidspunkt nok for kostbare at anvende alene, men mange af de gode egenskaber kan bibeholdes ved iblanding af de metallocenkatalyserede polyethylen i LLDPE eller LLDE /LDPE-blandinger i mængder på ca. 30%. Teknologisk Institut har fra samtale med Sækko A/S fået kendskab til at det er muligt at købe affaldsposer baseret på metallocenteknologi allerede nu. Typisk vil man opnå en forbedring i styrkeegenskaber der gør det muligt at reducere tykkelsen med ca. 20% ved tilsætning af ca. 10-15% metallocenkatalyseret LDPE til råvaren.

Eksempler på handelsnavne er Exact fra Dex Plastomers som er octenbaserede polyethylentyper, og som markedsføres af Exxon Chemical Europe. BASF markedsfører en metallocenkatalyseret polyethylen med betegnelsen Luflexen 0322 HX for blæsning af folier.

2 Forsøg med bionedbrydelige posers egnethed i biogasanlæg

2.1 Forsøg med kemisk accelereret nedbrydning/ældning

De posematerialer der er anskaffet til projektet, kan dels nedbrydes kemisk, dels enzymatisk ved hjælp af bakterier eller svampe under de forhold der gælder ved kompostering eller bioforgasning.

De fleste af posematerialerne er blevet oplyst som værende komposterbare. Sædvanligvis måles de komposterbare egenskaber i en respiratorisk test efter ASTM D 53 38 – 92 eller ASTM D 52 09 – 91. Anaerob nedbrydning måles tilsvarende efter ASTM D 55 11 - 94. En pose vurderes at være 100% komposterbar hvis den mineraliseres i løbet af 1-2 måneder under test efter ASTM D 53 38 – 92.

Hyppigt refereres der til DIN 54900-(1-4) Beurteilung der Abbaubarkeit biologisch abbaubarer Werkstoffe (BAW).

Ved testen efter ASTM D 5511 – 94 High Solid Anaerobic Digestion test anvendes en inkubationstemperatur på 52°C ved et tørstofindhold på 35-40%. Metoden er stationær, dvs. uden anvendelse af mixer. Det blev fra projektets start vurderet at ingen af de ovenfor nævnte metoder egner sig til at vurdere nedbrydningen i et biogasanlæg, idet forholdene er alt for forskellige.

Det fandtes dog interessant at studere muligheden for en kemisk nedbrydning separat, idet det kunne få betydning for en evt. forbehandling af poserne og for den endelige udvælgelse af affaldsposer til uddeling i forbindelse med forbrugerundersøgelsen.

Det har ikke fra leverandørside været muligt at få oplysninger om en rent kemisk hydrolytisk nedbrydning af posematerialerne. I litteraturen er der oplysninger om at hydrolyse af polyestere kan forløbe autokatalytisk, dvs. selvforstærkende, når hydrolysen først er sat ind. De stivelsesbaserede typer (nr. 1-6) indeholder også en polyester, så det kan forventes at der for alle posematerialers vedkommende på nær polyvinylalkoholposerne (nr. 11-13) kan ske en autokatalytisk nedbrydning.

Der er udført indledende forsøg på kemisk nedbrydning af de i forsøgene indgående poser og folier. Nedbrydningen er fulgt ved en eksponeringstemperatur på 55°C og med henholdsvis destilleret vand, 3% ammoniakvand og 3% eddikesyre som kontaktmedie. Pose- og foliematerialerne er blevet visuelt vurderet efter henholdsvis 10 minutter, 1, 2, 3, 6 og 24 timer samt 1 uges eksponeringstid.

Forsøgene viste at PVA-posematerialerne (nr. 11-13) blev geleagtige ved kontakt med vand allerede ved stuetemperatur. Det blev derfor testet hvordan selve poserne opførte sig når der blev hældt vand i dem. For de tre posetyper

vedkommende blev poserne helt utætte så snart der blev hældt vand i dem. Det gælder også for den pose der var garanteret holdbar til 60°C.

Det blev derfor besluttet helt at se bort fra disse poser i de efterfølgende forsøg med bioforgasning i laboratorieskala. Bortset fra PVA-poserne der skilte sig helt ud fra de øvrige, blev posematerialerne bedømt med 4 karakterer hvor 1 = Uforandret, 2 = Lidt forandret, 3 = Delvis opløst og 4 = Helt opløst. Desuden blev der givet bemærkninger til posernes udseende og opførsel ved siden af karaktergivningen hvor dette kunne medvirke til en bedre beskrivelse.

I Tabel 2.1 er vist den forcerede ældningstest i vand ved 55°C og ved surt miljø i form af eddikesyre (HAC) ved 55°C med vurdering efter forskellige opholdstider. Til sammenligning er testen i nogle tilfælde udført ved stuetemperatur. I Tabel 2.2 er ældningstesten udført i basisk miljø ved behandling med 3% ammoniakvand ved 55°C med vurdering efter forskellige opholdstider. Til sammenligning er testen i nogle tilfælde udført ved stuetemperatur.

Tabel 2.1 Behandling i vand og eddikesyre (HAC)

Nr.	Navn	Væske, temperatur	Tid	Karakter ¹	
1	Trioplast/Biotec	Vand 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
		3% HAC 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
2	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C	Vand 55°C	30 min. 60 min. 2 timer 5 timer 24 timer 3 dage	2 2 2 2 2 2	Klistrer sammen til en fast klump
		3% HAC 55°C	30 min. 60 min. 2 timer 5 timer 24 timer 3 dage	2 2 2 2 2 2	Klistrer sammen og bliver "tyggegummiagtig"
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	Vand 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
		3% HAC 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
4	Wenterra Biosack	Vand 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	2 2 2	Virker ikke så blød som før; har mistet sin farve
		3% HAC 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	2 2 2	Krøller sammen og bliver hård
5	Nordexport/Kina, hvid	Vand 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
		3% HAC 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	

¹ 1 = Uforandret, 2 = Lidt forandret, 3 = Delvis opløst, 4 = Helt opløst

Nr.	Navn	Væske, temperatur	Tid	Karakter ²	
6	Nordexport/Kina, sort	Vand 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
		3% HAC 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	Vand 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
		3% HAC 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
8	Eastman Chemical/Eastar	Vand 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
		3% HAC 55°C	40 min. 120 min. 4 timer	1 1 1	
9	Rosenlew/Ecoflex	vand 55°C	30 min. 60 min. 2 timer 5 timer 24 timer 3 dage	1 1 1 1 1 1	
		3% HAC 55°C	30 min. 60 min. 2 timer 5 timer 24 timer 3 dage	1 1 1 1 1 1	
10	Bayer/Walocomp	Vand 55°C	40 min. 120 min. 4 timer 3 dage	2 2 2 3	Bliver lidt blød, men tørrer op og bliver hårdere, mister farve smuldrer
		3% HAC 55°C	40 min. 120 min. 4 timer 3 dage	2 2 2 3	Bliver meget blød, men tørrer op og bliver hårdere, mister farve smuldrer
11	Sækko/PVA	Vand, stuetemp.	1 time 3 timer 24 timer	3 3 4	Meget slimet straks efter udtagning. men tørrer op som en tynd film
		Vand 55°C	5 min.	4	Næsten helt opløst/meget slimet
		3% HAC stuetemp.	1 time 3 timer 24 timer	3 3 4	
		3% HAC 55°C	5 min.	3	
12	Plast Pac/PVA, ufarvet				Er ikke testet i vand
					Er ikke testet i HAC

² 1 = Uforandret, 2 = Lidt forandret, 3 = Delvis opløst, 4 = Helt opløst

Nr.	Navn	Væske, temperatur	Tid	Karakter ³	
13	Plast Pac/PVA, rød	Vand stuetemp.	5 min.	2	
			15 min.	2	
			60 min.	2	
			2 timer	2	
		Vand 55°C	5 min.	4	Næsten opløst
			15 min.	4	Fuldstændig opløst
		3% HAC stuetemp.	5 min.	3	Anden struktur end i opløsningerne v. vand og NH ₃
		15 min.	3		
		60 min.	3		
		2 timer	3		
		3% HAC 55°C	5 min.	4	Næsten opløst
			15 min.	4	Fuldstændig opløst

Tabel 2.2 Behandling i ammoniakvand

Nr.	Navn	Væske, temperatur	Tid	Karakter	
1	Trioplast/Biotec	3% NH ₃ vand, 55°C	10 min.	1	
			60 min.	1	
			2 timer	1	
			3 timer	1	
			6 timer	1	
			24 timer	2	
		1 uge	2		
2	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C	3% NH ₃ vand, 55°C	30 min.	2	Klistrer sammen og bliver gummiagtig
			60 min.	2	
			2 timer	2	
			5 timer	2	
			24 timer	2	
		3 dage	2	Forandrer sig ikke yderligere fra 1. dag	
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	3% NH ₃ vand, 55°C	10 min.	1	
			60 min.	1	
			2 timer	1	
			3 timer	1	
			6 timer	1	
			24 timer	1	
		1 uge	1		
4	Wenterra Biosack	3% NH ₃ vand, 55°C	10 min.	2	Virker ikke så blød som før, har mistet lidt farve
			60 min.	2	
			2 timer	2	
			3 timer	2	
			6 timer	2	
			24 timer	2	
		1 uge	2		
5	Nordexport/Kina, hvid	3% NH ₃ vand, 55°C	10 min.	1	
			60 min.	1	
			2 timer	1	
			3 timer	1	
			6 timer	1	
			24 timer	1	
		1 uge	2	Virker lidt tyndere	
6	Nordexport/Kina, sort	3% NH ₃ vand, 55°C	10 min.	1	
			60 min.	1	
			2 timer	1	
			3 timer	1	
			6 timer	1	
			24 timer	1	
		1 uge	1		

³ 1 = Uforandret, 2 = Lidt forandret, 3 = Delvis opløst, 4 = Helt opløst

Nr.	Navn	Væske, temperatur	Tid	Karakter	
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	3% NH3 vand, 55°C	10 min.	1	Bliver geleagtig, men tørrer op som en porøs film
			60 min.	1	
			2 timer	2	
			3 timer	3	
			6 timer	3	
24 timer	3				
1 uge	4				
8	Eastman Chemical/Eastar	3% NH3 vand, 55°C	10 min.	1	
			60 min.	1	
			2 timer	1	
			3 timer	1	
			6 timer	1	
24 timer	1				
1 uge	1				
9	Rosenlew/Ecoflex	3% NH3 vand, 55°C	30 min.	1	
			60 min.	1	
			2 timer	1	
			5 timer	1	
			24 timer	1	
3 dage	1				
10	Bayer/Walocomp	3% NH3 vand, 55°C	10 min.	2	Bliver meget blød, mister farve
			60 min.	3	
			2 timer	3	
			3 timer	3	
			6 timer	3	
24 timer	3				
1 uge	3		Smuldrer		
11	Sækko/PVA	3% NH3 vand stuetemp.	1 time	3	
			3 timer	3	
			24 timer	3	
		3% NH3 vand 80°C	1 uge	4	
12	Plast Pac/PVA, ufarvet	3% NH3 vand stuetemp.	15 min.	3	Meget slimet straks efter udtagning, men tørrer op som en tynd film
			30 min.	3	
			1 time	3	
			7 dage	3	
		3% NH3 vand 55°C	15 min.	3	
			30 min.	3	
			1 time	3	
			7 dage	3	
13	Plast Pac/PVA, rød	3% NH3 vand stuetemp.	5 min.	3	Lagdeler og bliver blød, men tørrer op som en fast film
			15 min.	3	
			1 time	3	
			2 timer	3	
		3% NH3 vand 55°C	5 min.	3	
			15 min.	4	

Ved sammenligning af data fra behandling i surt og basisk miljø kan man placere poserne i følgende rækkefølge med hensyn påvirkning/nedbrydning hvor (a) påvirkes mindst og (e) påvirkes mest:

- (a): Uforandret i alle tests
nr. 3, Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C
nr. 6, Nordexport/Kina, sort
nr. 8, Eastman Chemical/Eastar
nr. 9, Rosenlew/Ecoflex
- (b): Lidt forandret i base efter 24 timer, uforandret i syre
nr. 5, Nordexport/Kina, hvid
nr. 1, Trioplast/Biotec
- (c): Lidt forandret i base efter 2 timer, uforandret i syre
nr. 7, Cargill-Dow/Eco-PLA

- (d): Lidt forandret i både syre og base
nr. 2, Sækko/Mater-Bi grøn, 60°C
nr. 4, Wenterra Biosack
- (e): Delvist opløst i syre og base
nr. 10, Bayer/Walocomp
nr. 11, Sækko/PVA
nr. 12, Plast Pac/PVA, ufarvet
nr. 13, Plast Pac/PVA, rød

Det ses at poserne Bayer/Walocomp (nr. 10) og de polyvinylalkoholbaserede poser (nr. 11, 12 og 13) påvirkes meget hurtigt i syre og base ved stuetemperatur og 55°C hvilket formodes at gøre dem uegnede til opbevaring af rester af fx rødgrød (meget surt) eller basisk organisk affald (mindre almindeligt).

Resultatet indikerer endvidere en hurtig nedbrydelighed inden for de tidsintervaller der testes. Holdbarheden i varmt vand (55°C) er ligeledes meget ringe, specielt for de polyvinylalkoholbaserede poser, så de bedømmes som uegnede til opbevaring af vådt organisk affald.

Poserne Sækko/Mater-Bi 60°C (nr. 2), Wenterra Biosack (nr. 4) og Cargill-Dow/Eco-PLA (nr. 7) påvirkes noget af behandlingen i syre og base ved 55°C hvilket kan tænkes at give problemer ved opbevaring af fx surt organisk affald, som fx rødgrød, i længere tid, og det indikerer endvidere en rimelig nedbrydelighed af poserne.

Poserne Trioplast/Biotec (nr. 1), Sækko/Mater-Bi 90°C (nr. 3), Nordexport/kinesiske poser (nr. 5 og 6) og de to polyesterbaserede poser (nr. 8, 9) er kun lidt påvirkede i syre og base ved 55°C i de tidsintervaller der testes, og de bedømmes derfor til en god holdbarhed over for surt og basisk organisk affald, men samtidig indikerer resultatet at de muligvis har en ringere nedbrydelighed end de øvrige poser.

2.2 Bioforgasning af poser i laboratorieskala

2.2.1 Beskrivelse af forsøgsopstilling til bioforgasning

Laboratorieopstillingen til simulering af forholdene i en termofil biogasproces i rådnetanken er opbygget af Århus Kommunes Biogasanlæg i Spørring. Forsøgsreaktoren består af to separate to liter glasbeholdere med magnetomrøring og gasudledning fra glasbeholdernes halsåbning via et glasrør og slange til et cylinderglas der er nedsænket i vand, og derved danner en vandlås som sørger for at anaerobe forhold opretholdes i forsøgsopstillingen. Glasbeholderne er nedsænket i et termostateret vandbad der holdes på 55°C. Forsøgsopstillingen ses på Billede 1.



Billede 1 Laboratorieopstilling til bioforgasning af bionedbrydelige plastposer

2.2.2 Forsøg med bioforgasning i laboratorieskala

Glasbeholderne fyldes med 1,5 liter termofil starterkultur af methanbakterier afhentet af biogasanlægget i Spørring. Herefter termostateres glasbeholderne i vandbadet under omrøring. Når temperaturen er 55°C, nedsænkes de bionedbrydelige plastmaterialer i glasbeholderne, og forsøget startes. Poserne er udklippet i ca. 5-krone-store stykker i forskellige geometrier (trekanter, cirkler, kvadrater), således at det er muligt at undersøge flere posematerialer simultant i hver glasbeholder. For at skelne prøverne fra hinanden er der ved udvælgelse af prøver der skal undersøges samtidig, taget hensyn til farven på posematerialerne (grøn, hvid, sort).

Hver dag udtages der 50 ml af kulturen som erstattes af frisk svinegylle. Forsøget fortsættes i 18 dage. Herefter tømmes glasbeholderens indhold gennem sigter i stinksåb. Rester af posemateriale skylles på sigten og sorteres efterfølgende efter farve og geometri. Poseresterne tørres på filterpapir, og der foretages en visuel bedømmelse og fotodokumentation. Eksempler på poserester efter 18 dages ophold i forsøgsreaktoren ses på Billede 2 til Billede 5. For enkelte af de forsøg der er udført på Teknologisk Institut, er der sket vejning af posestykkerne efter tørring for at registrere evt. væggtab (eller forøgelse).

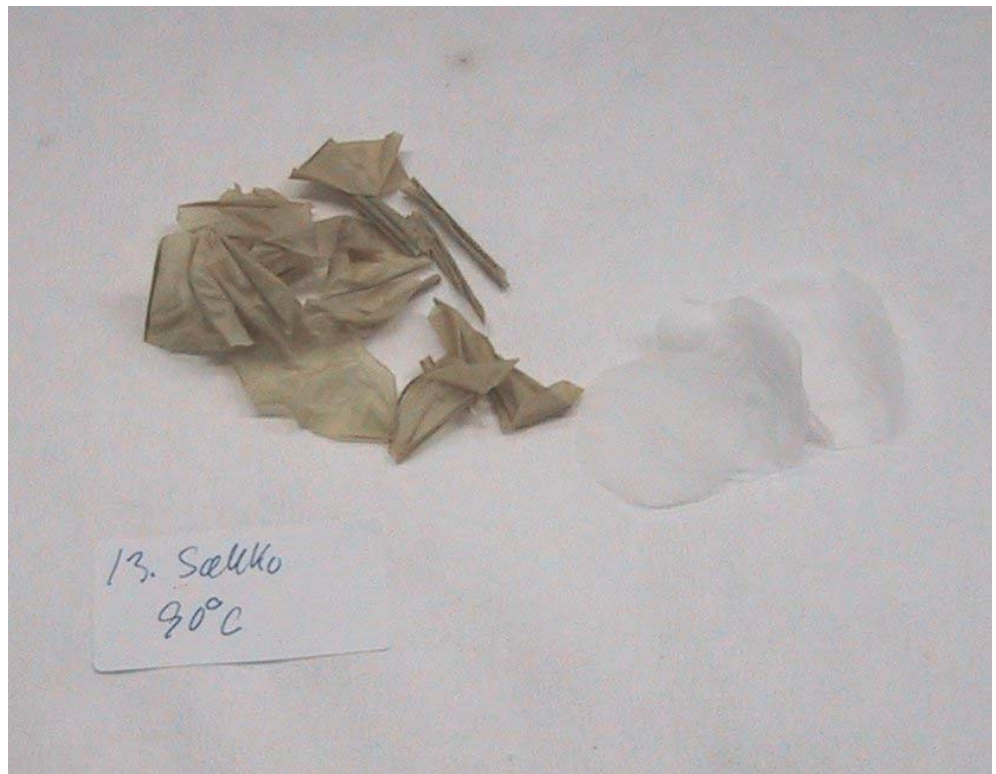
De indledende forsøg blev udført i laboratoriet på biogasanlægget i Spørring. Efterfølgende forsøg blev gennemført på Teknologisk Institut, men i samme forsøgsopstilling. For enkelte af forsøgene på Teknologisk Institut er der sket en måling for væggtab af posematerialerne. Disse resultater fremgår af Tabel 2.3.



Billede 2 Strimler af poser fra Trioplast/Biotec før og efter bioforgasning i laboratoriereaktor



Billede 3 Strimler af poser fra Sækko/Mater-Bi 60°C før og efter bioforgasning i laboratoriereaktor



13. Sækko
90°C

Bil lede 4 Strimler af poser fra Sækko/Mater-Bi 90°C før og efter bioforgasning i laboratoriereaktor



9. Sork Kinesisk
Pose.

Bil lede 5 Strimler af poser fra Nordexport/Kina før og efter bioforgasning i laboratoriereaktor

Tabel 2.3 Vægttab ved bioforgasning i laboratorieforsøg

Nr.	Leverandør/posetype	Vægttab ved bioforgasning i laboratorium, 18 dage, 55°C (%)	Bemærkning
4	Wenterra Biosack	36	
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	100	Der blev ikke observeret materiale over 2-3 mm efter 18 dage
8	Eastman Chemical/Eastar	44	
9	Rosenlew/Ecoflex	0 ¹	Bioposematerialets vægt blev forøget under forsøget

¹ Der konstateres en vægtforøgelse på 12%, svarende til ca. 0,1 g, formentlig grundet absorberet stof som ikke er blevet vasket af. Vægttabet af posemateriale er derfor sat til 0%.

2.3 Forsøg med nedbrydning i jord

Ved opholdet i en rådnetank hvor organisk affald og bionedbrydelige poser bioforgasses, sker der som angivet i Tabel 2.3 ikke nødvendigvis en fuldstændig nedbrydning af posen. Hvis posen blot nedbrydes til tilstrækkeligt små stykker, fx 1 cm kantlængde, som hurtigt omsættes ved nedbrydning i den jord hvor den afgassede biomasse spredes, kan dette dog måske accepteres ud fra et æstetisk synspunkt.

De forskellige bionedbrydelige poser er testet med standardkomposteringstests, som fx ASTM D 5338-92, hvor der typisk ses en nedbrydning på over 90% på 30-45 dage. Ved spredning på landbrugsjord med gødning må det derfor forventes at poserne nedbrydes forholdsvis hurtigt - dog afhængigt af jordbundsforhold mv. Det er valgt at lave et simpelt ikke-standardiseret nedbrydningsforsøg i jord for at se om der er nogen forskel i nedbrydningen under nogenlunde ens forhold. Prøverne af bionedbrydelige plastposer fra bioforgasning i laboratorieskala blev fordelt i ca. 6-7 dl havejord og placeret i plastbeholdere med borede huller i bund og låg af hensyn til dræning og beluftning. Beholderne blev placeret i en papkasse i et haveskur med vindue, så der var lystilgang.

Skuret er ikke isoleret hvorfor temperaturen forventes at følge den udendørs temperatur i skygge. Forsøget blev startet 14/5-2001, og der blev tilsat vand et par gange de første 14.dage. Efter ca. 1 måned blev lågene taget af da prøverne stadig var rimeligt fugtige, og der skete herefter en langsom udtørring indtil 1/8 2001 hvor forsøget blev stoppet.

Prøverne blev herefter spredt på papir og inspiceret. Indtryk af den visuelle bedømmelse fremgår af Tabel 2.4, og prøverne er vist på Billede 6 til Billede 12.

Tabel 2.4 Resultat af nedbrydning i jord

Nr.	Type	Bemærkninger
1	Trioplast/Biotec	Stykkerne er sprøde og på vej til at blive nedbrudt, men der er noget tilbage
2	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C	Stykkerne er sprøde og på vej til at blive nedbrudt, men der er en del tilbage
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	Stykkerne er sprøde og på vej til at blive nedbrudt, men der er noget tilbage
1+3	Trioplast/Biotec blandet med Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	Ikke nedbrudt, nogle stykker er stadig elastiske, andre er noget sprøde og på vej til at blive nedbrudt
4	Wenterra Biosack	Posen er næsten væk; der var 2 levende regnorme
6	Nordexport/Biodegradable Starch Resin, Kina	Ikke nedbrudt; stykkerne er lidt sprøde og ser ud til at være på vej til at blive nedbrudt
8	Eastman Chemical/Eastar	Stykkerne er sprøde og på vej til at blive nedbrudt, men der er noget tilbage
9	Rosenlew/Ecoflex	Stykkerne er sprøde og på vej til at blive nedbrudt, men der er noget tilbage

For de poser der findes vejeresultater for i laboratorieforsøget med bioforgasning (nr. 4, 8 og 9), er resterende stykker over 2-3 mm partikelstørrelse sorteret ud af jorden med pincet, skyllet, tørret og vejjet. Vægttab ved nedbrydning i jord og samlet vægttab ved bioforgasning i laboratorium og nedbrydningsforsøg i jord er vist i Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Vægttab ved nedbrydning i jord og totalt

Nr.	Leverandør/posestype	Vægttab ved nedbrydning i jord (%)	Samlet vægttab ved bioforgasning i laboratorium, samt nedbrydning i jord (%)
4	Wenterra Biosack	86,8	91,5
8	Eastman Chemical/Eastar	0 ¹	44 ²
9	Rosenlew/Ecoflex	0 ³	0 ⁴

¹ Der blev målt en vægtforøgelse på 7,4%, svarende til 0,1 g, formentlig grundet absorberede jordrester som ikke er blevet vasket af. Vægttabet af pose materialet er derfor sat til 0%

² Det samlede tab er sat til de 44% som blev konstateret efter bioforgasningsforsøget

³ Der blev konstateret en vægtforøgelse på 11%, svarende til ca. 0,1 g, formentlig grundet absorberede jordrester som ikke er blevet vasket af. Vægttabet af pose materialet er derfor sat til 0%

⁴ Det samlede tab er sat til 0% da der konstateredes en lille vægtforøgelse i bioforgasningsforsøget og ved nedbrydning i jord (samlet 0,2 g)

Forsøgene med nedbrydning i jord viste en fin nedbrydning af pose nr. 4 Wenterra Biosack. I beholderen med denne pose konstateredes et par regnorme som formentlig har spist sig gennem materialet, så det er nået under 2-3 mm partikelstørrelse. De to andre vejede poser (nr. 8 og 9) viste ikke nogen målbar nedbrydning hvilket dog ikke må tillægges betydning da det kan skyldes de ikke-standardiserede forhold. For de poser der ikke var vejjet (nr. 1, 2, 3 og 6), kendes af samme grund ikke den reelle nedbrydning.



Bil lede 6 Resultat af nedbrydning i jord for pose nr. 1 (Trioplast/Biotec)



Bil lede 7 Resultat af nedbrydning i jord for pose nr. 2 (Sækko/Mater-Bi, 60°C)



Bil lede 8 Resultat af nedbrydning i jord for pose nr. 3 (Sækko/Mater-Bi, 90°C)



Bil lede 9 Resultat af nedbrydning i jord for pose nr. 4 (Wenterra Biosack)



Bil lende 10 Resultat af nedbrydning i jord for pose nr. 6 (Nordexport/biodegradable starch resin, Kina, sort)



Bil lende 11 Resultat af nedbrydning i jord for pose nr. 8 (Eastman Chemical/Eastar)

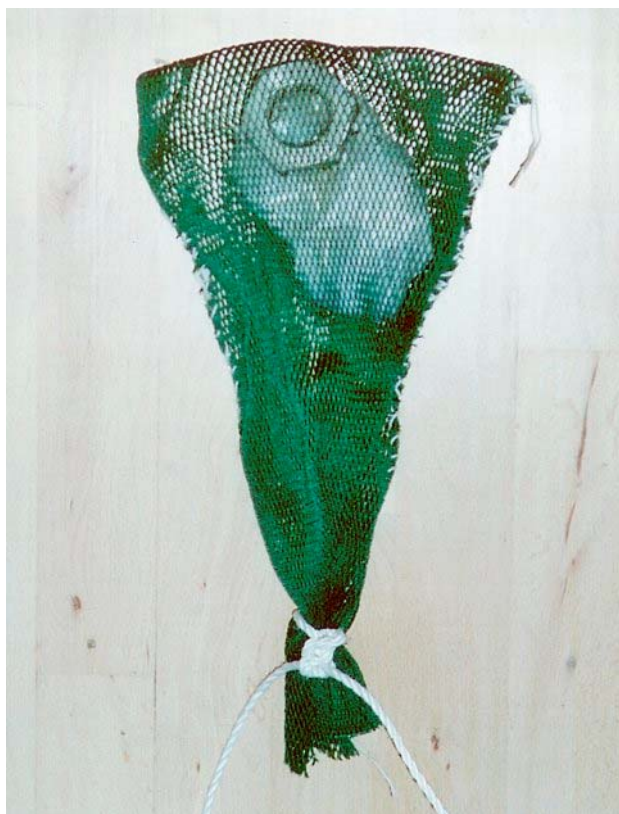


Billede 12 Resultat af nedbrydning i jord for pose nr. 9 (Rosenlew/Ecoflex)

2.4 Fuldskala bioforgasningsforsøg

2.4.1 Forsøgsbeskrivelse

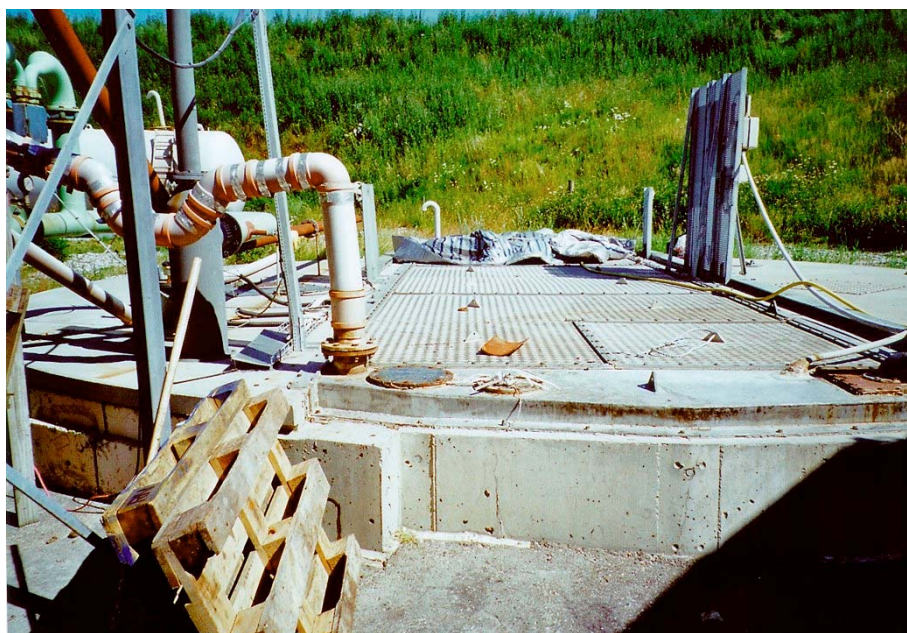
Det har af tekniske årsager ikke været muligt i biogasanlægget i Spørring at få nedsænket de bionedbrydelige poser i selve rådnetanken. Herefter er det undersøgt om der var mulighed for at få udført forsøgene andetsteds. Bioforgasningsanlægget i Vaarst-Fjellerad ville gerne stille deres rådnetank til husholdningsaffald til rådighed, idet tanken er udstyret med åbninger med flancher foroven som kan åbnes under drift. Der har tidligere været kørt forsøg på dette anlæg med polylactatposer og andre bionedbrydelige poser fra Trioplast Nyborg A/S som blev nedsænket i net i 18 dage. Inden forsøget blev der fremstillet poser af nylonfiskenet med en maskestørrelse på 5 mm. En vejet bionedbrydelig pose blev placeret i hvert net og en stor møtrik på 350 g mærket med hakker blev bundet fast inden i nettet for at tynde dette ned (se Billede 13).



Billede 13 Fremstillet net med biopose

Syv poser placeret i net bundet fast i nylontøjsnor blev sænket ned i reaktoren 6/7 2001 og udtaget 24/7 2001 efter 18 dage (se Billede 14).

Driftsbetingelserne for processen er termofile med en temperatur på 52-56°C. Det skal bemærkes at man i Vaarst-Fjellerad kører på rent husholdningsaffald uden gylle hvor reaktoren blev podet med en kultur opvokset på gylle for ca. 4 år siden, mens man i Spørring vil arbejde med en blanding af gylle og husholdningsaffald, men ved nogenlunde samme temperatur.



Billede 14 Bioforgasningsanlægget til husholdningsaffald i Vaarst-Fjellerad

2.4.2 Forsøgsresultater

Efter optagelsen af nettene blev disse skyllet i en spand og inspiceret. Alle net var intakte. Nettene blev skåret op, og de forskellige poser identificeret ud fra hakkene i møtrikkerne. På Billede 15 er vist de to polyesterbaserede poser. Posen fra Eastman Chemical/Eastar (nr. 8) var blevet til lange strimler, som dog ikke ser ud til at være gået i stykker til så små bidder at de kan passere netmaskerne. Posen fra Rosenlew/Ecoflex (nr. 9) er nedbrudt til stykker af ca. 1*1 cm hvoraf hovedparten vurderes stadig at være i nettet.

På Billede 16 er vist posen fra Nordexport/kinesisk pose (nr. 5) som stadig er intakt, og posen Wenterra Biosack (nr. 4) som er pænt nedbrudt til stumper og strimler på 0,5-2 cm. Noget af indholdet er under 0,5 cm, og der må derfor være noget materiale som har passeret nettets masker.

På Billede 17 er vist posen fra Trioplast/Biotec (nr. 1) som stadig er intakt. På figuren er også vist posen fra Sækko/Mater-Bi 60°C (nr. 2) som er nedbrudt til små strimler og stumper i størrelsen 0,5-2 cm. Det vurderes at noget materiale er nedbrudt til under maskestørrelse og har passeret maskerne. Endvidere er vist posen fra Sækko/Mater-Bi 90°C (nr. 3) som stadig er intakt.

Poserne som var delvist nedbrudt, blev vasket på en sigte med ca. 2 mm hulmasker, tørret ved ca. 57°C et døgn og vejjet. I Tabel 2.6 er vist resultaterne.

Tabel 2.6 Nedbrydning ved bioforgasning i fuldskalaaanlæg

Nr.	Leverandør/posetype	Vægttab ved bioforgasning i Vaarst-Fjellerad, 18 dage, 52-56°C (%) materiale > 5 mm	Bemærkning
1	Trioplast/Biotec	lille	Pose intakt, har stadig styrke 31/7
2	Sækko/Mater-Bi, 60°C	65	0,5-2 cm stumper, en del hel små
3	Sækko/Mater-Bi, 90°C	lille	Pose intakt, har stadig styrke 31/7
4	Wenterra Biosack	53	0,5-2 cm stumper, en del hel små
5	Nordexport/kinesisk pose	lille	Pose intakt, har stadig styrke 31/7
8	Eastman Chemical/Eastar	20	Lange strimler
9	Rosenlew/Ecoflex	22	0,5-2 cm stumper, de fleste 1*1 cm

Poserne nr. 1, 3 og 5 vurderes på baggrund af deres styrke til at have et begrænset vægttab (0-10%) som dog ikke er målt da det er vanskeligt at rengøre poserne.



Billede 15 Resultat efter bioforgasning i 18 dage. Til Højre: Eastman Chemical/Eastar (nr. 8) Til venstre: Rosenlew/Ecoflex (nr. 9)



Billede 16 Resultat efter bioforgasning i 18 dage. Til Højre: Nordexport/kinesisk pose, hvid (nr. 5) Til venstre: Wenterra Biosack (nr. 4)



Billende 17 Resultat efter bioforgasning i 18 dage. Til Højre: Sækko/Mater-Bi 90°C (nr. 3), Midt: Sækko/Mater-Bi 60°C (nr. 2) Til venstre: Trioplast/Biotec (nr. 1)

2.5 Diskussion og konklusion af forsøg med bionedbrydelighed

Resultaterne af bioforgasning i fuldskalaanlægget i Vaarst-Fjellerad i 18 dage viste at poserne Sækko/Mater-Bi 60°C (nr. 2), Wenterra Biosack (nr. 4) og Rosenlew/Ecoflex (nr. 9) nedbrydes til små bidder af ca. 0,5-2 cm størrelse.

Polyesterposen fra Eastman Chemical (nr. 8) nedbrydes endvidere delvis til lange strimler, mens resten af de stivelsesbaserede poser (nr. 1, 3 og 5) var intakte og med en bevaret elasticitet. Dette er i rimelig overensstemmelse med resultaterne af laboratorieforsøget med bioforgasning hvor der sås en nedbrydning af Wenterra Biosack (nr. 4) og af Eastman Chemical (nr. 8), mens laboratorieforsøget ikke viste det vægttab som blev registreret i fuldskalaforsøget for posen fra Rosenlew (nr. 9).

Der er ikke umiddelbart fundet nogen forklaring på differencen, men resultaterne fra fuldskalaforsøget viser i hvert fald en klar nedbrydning af posen til ca. 1 cm stumper.

Ved laboratorieforsøgene sås en fuldstændig nedbrydning af den polylactatbaserede pose (nr. 7) hvilket er i overensstemmelse med tidligere forsøg udført på fuldskalaanlægget i Vaarst-Fjellerad /Domela, I. et al. (1999)/

Man kan også sammenligne resultaterne af bioforgasningsforsøgene med forsøgene med kemisk accelereret nedbrydning i afsnit 2.1 hvilket dog skal gøres med en vis forsigtighed da bakteriers omsætning af det nedbrydelige materiale ikke nødvendigvis er sammenlignelig med stabilitet i syre og base.

Det ses at posen fra Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C (nr. 2) og Wenterra Biosack (nr. 4) påvirkes væsentligt før de andre stivelsesbaserede poser ved behandling i syre/base hvilket indikerer svagere kemiske bindinger og dermed en højere grad af bionedbrydelighed som også observeret i forsøgene med

bioforgasning. Ligeledes er posen af polylactat (nr. 7) mere påvirket af syre/base end de stivelsesbaserede poser (nr. 1, 3, 5 og 6) hvilket indikerer højere bionedbrydelighed i overensstemmelse med bioforgasningsforsøgene.

Derimod registreres ikke den store forskel mellem de stivelsesbaserede poser (nr. 1, 3, 5 og 6) og de polyesterbaserede (nr. 8, 9) selvom bioforgasningsforsøg viste at de polyesterbaserede poser faldt fra hinanden.

3 Miljøvurdering

3.1 Formål

Vurdering af forskel i belastningen af miljøet ved brug af forskellige materialer til affaldsposer:

- Bionedbrydelige poser
- Alm. plastposer (polyethylen)
- Papirposer.

Miljøvurderingen skal bruges til at vælge egnet materiale til affaldsposer der skal benyttes til dagrenovation der skal behandles i biogasanlæg.

Miljøvurderingen omfatter ikke valg af materiale der bruges til poser til affald der behandles ved andre metoder, såsom forbrænding, kompostering eller deponering. Endvidere er materialemæssige egenskaber som tæthed af poserne, herunder afgivet lugt, ikke inddraget i analysen.

Ifølge Polargruppen kan bioposerne ånde, dvs. vand kan diffundere hvilket giver vægttab og færre lugtgener.

3.2 Afgrænsning af analysen

Objekt for miljøvurderingen er en affaldspose på 10-20 liter til emballering af bionedbrydeligt affald fra dagrenovation. Den skal kunne holde til vådt affald i brugs-, opbevarings- og sorteringsfasen som i alt vil være højst 2-3 uger fra ibrugtagning. Posens materiale skal kunne nedbrydes i et biogasanlæg sammen med indholdet.

I analysen vurderes 7 forskellige typer "bioposer" hvoraf en dog kun er folie til fremstilling af en biopose, dvs. affaldsposer fremstillet af forskellige typer syntetiske polymerer som producenterne angiver som biologisk nedbrydelige. De 7 materialer er dem Teknologisk Institut har fundet tilgængelige på det europæiske marked i foråret 2000.

Herudover foretages analysen til sammenligning på en bionedbrydelig papirpose fra Bates samt på en almindelig polyethylenaffaldspose.

Løbenr., type, leverandør/posetype samt vægt og volumen ved given tykkelse er vist i Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Løbenr., type, leverandør/posetype samt vægt og volumen ved given tykkelse

Nr.	Type	Leverandør/posetype	Tykkelse (mikrometer)	Volumen (liter)	Vægt (g)
1	Stivelsesbaseret	Trioplast/Biotec	25	17	10
2 og 4	Stivelsesbaseret	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C og Wenterra Biosack	25	17	10
3	Stivelsesbaseret	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	25	17	11
5,6	Stivelsesbaseret	Nordexport/Kina	25	17	10
7	Polylactat	Cargill-Dow/Eco-PLA	25**	17	10
8	Polyester	Eastman Chemical/Eastar	25**	17	10
9	Polyester	Rosenlew/Ecoflex	25**	17	10
14	Papir	Bates/papirbiopose (8 l)	100	8	19
15	LDPE		25**	17	9

* En 12 liter pose vejer 24 g

** Vægt beregnet ud fra angivet tykkelse

I livsforløbet vurderes råvarefremskaffelse, fremstilling af polymerer, produktion af poser, brugsfasen, herunder transport og sortering, og endelig behandling af posen med indhold ved nedbrydning i biogasanlæg.

En væsentlig faktor i en miljøvurdering er det totale energiforbrug angivet som forbruget af primær energi i form af kul og olie mv. da energiforbruget samtidig er tæt koblet til CO₂-emissionen og dermed er et mål for påvirkningen af drivhuseffekten hvis der ikke forekommer emission af andre ozonnedbrydende stoffer, som fx metan.

Derfor er det valgt at vurdere det samlede forbrug af energi i form af primær energi i alle faser fra produktion til affaldsbehandling for samtlige poser.

For at kunne sammenligne poser af forskellig type er det nødvendigt at definere den funktionelle enhed til livscyklusanalysen. Denne enhed defineres her således at der sammenlignes poser af en størrelse/vægt som svarer til indsamling af det samme volumen organisk affald.

Hvor meget der fyldes i poserne inden de skiftes, er afhængig af flere faktorer. Dels skal poserne lukkes så godt at indholdet ikke falder ud under transport, dels vil posen typisk blive skiftet når affaldet har stået så længe at det begynder at gå i forrådnelse også selvom posen endnu ikke er fyldt.

Plastposerne (med volumen på 17 liter) lukkes normalt ved at binde en solid knude, mens papirposerne (med volumen på 8 liter) som anvendes i Fredericia og Grindsted, kan lukkes på forskellig vis ved sammensnøring af toppen af posen. Ud fra ovenstående betragtninger er det anslået at plastposerne typisk vil indeholde halvdelen af totalvoluminet (ca. 8 liter organisk affald), mens papirposerne forventes at indeholde 2/3 af totalvoluminet (ca. 5 liter organisk affald).

Til brug i beregningerne benyttes plastposernes fyldningsvolumen på 8 liter som standardvolumen.

3.3 Metode

Fremstilling og håndtering af poserne forløber i en række faser som kan opdeles i:

- Råvareproduktion (herunder alle indgående kemikalier, polymerer mv.)
- Fremstilling af poser
- Brugsfase
- Transport af råvarer og poser
- Affaldsbehandling.

Ved livscyklusvurderingen anvendes MEKA-skemaer /Pommer, K. et al. (2001)/ hvor nedenstående data registreres for hver fase som gennemleves:

- Materialeforbrug
- Energiforbrug
- Kemikalieforbrug
- Andet.

MEKA-skemaerne er vist i Bilag C.

3.3.1 Beregning af energiforbrug

I MEKA-skemaerne er vist baggrundsdata til beregning af energiforbrug.

Når energiforbruget for posernes livscyklus skal sammenlignes, er det vigtigt at normere korrekt. Da posen anvendes med henblik på håndtering af et givet volumen affald, skal der normeres med henblik på håndtering af samme volumen affald.

Ved normeringen er endvidere anvendt den filmtykkelse som er vurderet nødvendig (ca. 25 μm). Normering er beskrevet nærmere i afsnit 3.5.2.

Energiforbruget for posernes levetid =

Energiforbrug for Råvareproduktion +
 Energiforbrug til Fremstilling af poser +
 Energiforbrug i Brugsfase +
 Energiforbrug til Affaldsbehandling (energiforbruget er negativt her da der genvindes energi som godskrives) +
 Energiforbrug til Emballering og transport i alle ovenstående faser.

3.3.1.1 Energiforbrug, produktion af råvarer, kemikalier og polymerer

Vurderingen er baseret på data fra UMIP gengivet i håndbog for miljøvurdering af produkter. For de råvarer hvor der ikke findes data, er forbruget anslået ud fra beslægtede stoffer.

3.3.1.2 Fremstilling af poser

De bionedbrydelige poser kan opdeles i de stivelsesbaserede poser, poser udelukkende baseret på bionedbrydelig polyester og poser baseret på polylactat. Produktion af poser af polylactat og polyester kræver en ekstrudering hvor der produceres granulat, samt en efterfølgende ekstruderingsproces hvor posen opblæses.

De stivelsesbaserede poser kræver derudover et ekstra ekstruderingsstrin, idet stivelse, glycerin, vand og polyethylenglycol først blandes og ekstruderes. Herefter iblandes ϵ -polycaprolacton eller tilsvarende bionedbrydelige polyestere, og der ekstruderes atter hvorefter posen i det tredje ekstruderingsstrin opblæses.

Ved hver ekstrudering kræves mekanisk energi til at trække sneglen i ekstruderen samt opvarmingsenergi. Dette energiforbrug er uafhængigt af materiale sat til 10 MJ/kg hvilket svarer til et gennemsnitligt energiforbrug beregnet for Teknologisk Instituts ekstruder i Taastrup.

3.3.1.3 Brugsfase

Brugsfasen er kort; fra 1 dag op til højst 1 uge. Fasen medfører ingen belastning af miljø eller forbrug af energi.

3.3.1.4 Affaldsbehandling

Ved affaldsbehandlingen antages at poserne føres til behandling i et bioforgasningsanlæg. Hvis poserne er bionedbrydelige, forventes hovedparten at blive omsat til biogas der dermed kan godskrives (fratrækkes) det totale energiforbrug med den del af brændværdien der udnyttes. Hvis poserne ikke er bionedbrydelige, skal de frasorteres og vil med sigteresten blive tilført forbrændingsanlæg hvor energiindholdet udnyttes og dermed godskrives med den mængde energi der udnyttes af brændværdien.

Den del af brændværdien der ikke kan godskrives, er et evt. tab af poserne som findelt materiale der tilføres med afgasset biomasse til marker. Mængden som vil gå med sigterest til forbrænding, er anslået i Tabel 3.1 og godskrives med virkningsgraden. Tabet af brændværdi gennem afgasset biomasse ved den del der bioforgasses, er endvidere anslået i tabellen, og tabet er fratrukket den del af brændværdien som godskrives fra bioforgasning.

Der er ikke taget hensyn til forskelle i energiforbrug i forbindelse med frasortering af poser med sigterest samt energiforbrug til returtransport til forbrændingsanlæg. Det vurderes dog at energiforbrug til transport kun udgør en mindre del af det totale energiforbrug. Ligeledes vil energiforbruget til den mekaniske del af et bioforgasningsanlæg typisk udgøre en mindre del af brændværdien.

Det totale elforbrug for biogasanlæg er således estimeret til 0,6 GJ/ton i /Tønning, K. et al. (1997)/. Vaarst-Fjellerad biogasanlæg opgiver deres forbrug til det mekaniske separations- og transportudstyr (snegle, dewaster mv.) til 30 kWh/ton svarende til 0,1 GJ/ton. Energiforbruget af det optiske sorteringsanlæg i Århus er opgivet til 0,52 kWh/ton tilført affald og er således negligeabelt i forhold til brændværdien af poser og affald.

3.3.1.5 Emballering og transport

Energiforbruget til emballering negligeres, idet det antages at der maksimalt anvendes 5-10% emballage til indpakning af poserne. Ved en sammenligning må det endvidere forventes at der benyttes nogenlunde samme mængde emballage for alle posetyper.

Energiforbruget til transport vil være afhængigt af hvor i verden kemikalierne/poserne produceres. Der kan være tale om transport af:

- Kemikalier til polymerer
- Polymerer
- Poser til forbruger
- Fyldte poser til bioforgasningsanlæg
- Sigterester med poser til forbrænding.

Derfor er der lavet en worst case-beregning hvor det antages at alt materiale i posen transporteres 14.000 km med containerskib og 2.000 km med lastbil.

Beregningen er lavet med Trafikministeriets Tema 2.0, og der er valgt en 24 tons lastbil med 50% last, 70% kørsel på motorvej, 15% kørsel på landevej og 15% kørsel i byzone. Containerskibet er 75% lastet. Med disse data fås et energiforbrug for lastbilen på 2,2 MJ/kg og for containerskibet ligeledes 2,2 MJ/kg; i alt 4,4 MJ/kg. Det kan derfor samlet vurderes at transporten vil udgøre mindre end 5 MJ/kg uafhængigt af posevalg.

3.4 Data for poser

I MEKA-skemaerne er angivet de fundne data for poserne.

Affaldsposerne baseret på Biotec- og Mater-Bi-folie (nr. 1, 2, 3 og 4) er fremstillet af fornyelige råvarer (stivelse). Det anslås at stivelsen udgør ca. 50-60% af posernes vægt.

De kinesiske affaldsposer (nr. 5 og 6) er ligeledes stivelsesbaserede og indeholder som råvare ethylenacrylsyrecopolymer og polyethylen som begge er baseret på råolie, og evt. naturgas.

Hovedparten af poserne (nr. 1-6) udgøres af stivelse (for Biotecs vedkommende ca. 58%), mens resten kan være polymerer, blødgørere og andre additiver. Ud fra en formodet sammenlignelig sammensætning er energiforbruget til produktion af råvarer til de 6 poser anslået til ca. 62 MJ/kg.

De polylactatbaserede poser (nr. 7) er fremstillet på basis af majsstivelse der omdannes til mælkesyre ved en fermentering og derefter polymeriseres. Energiforbruget til produktion er anslået til det samme som for de stivelsesbaserede poser; ca. 62 MJ/kg.

De polyesterbaserede poser (nr. 8 og 9) er baseret på polymerer fremstillet fra ikke-fornyelige ressourcer som råolie/naturgas. Da der er tale om et mere højtforædlet produkt end for de stivelsesbaserede poser, er energiforbruget højere; fælles anslået til ca. 100 MJ/kg for de to typer af polyestere.

Polyethylenposer (nr. 15) er fremstillet på basis af ikke-fornyelige råvarer, naturgas og råolie. De er ikke-bionedbrydelige så energiindholdet kan ikke udnyttes ved bioforgasning, men vil dog kunne udnyttes hvis poserne sigtes fra sammen med andre sigterester og tilbageføres til forbrænding.

Papiraffaldsposerne (nr. 14) er fremstillet af ny papirmasse. Papirposerne har større vægt pr. pose med samme volumen så materialeforbruget er højere.

3.5 Sammenlignende miljøvurdering af poser

3.5.1 Vurdering af kemiske stoffer

Datagrundlaget der er tilgængeligt fra leverandørerne vedrørende anvendelse af kemikalier til fremstillingen af de bionedbrydelige polymerer, er af forretningsmæssige grunde begrænset.

Analysen af poserne ved infrarød analyse og gaschromatografi med massespektroskopisk detektion viser ikke tilstedeværelse af phthalatblødgørere i de tre undersøgte stivelsesbaserede affaldsposer leveret af Sækko A/S og

Trioplast Nyborg A/S til husstandsomdeling i Århus Kommune i forbindelse med nærværende projekt.

Der er ikke oplysninger om indhold af andre stoffer som findes på Miljøministeriets liste over farlige stoffer eller på Arbejdstilsynets lister over grænseværdier og kræftfremkaldende stoffer. Producenterne giver dog ikke oplysninger om den nøjagtige sammensætning af additiver som kan findes i de færdige poser, men oplyser eksempelvis at kravene i EU-direktiv 90/128 er overholdt.

Med hensyn til råvaren der anvendes til fremstilling af den grønne 60°C-pose fra Sækko A/S i materialet Mater-Bi ZF03V/A fra Novamont, er der fra leverandørside oplysninger om at poser i dette materiale overholder bestemmelserne for plast til anvendelse i forbindelse med fødevarer i henhold til følgende regelsæt:

USA	Food and Drug Administration (FDA) FDA-21.CFR.sec 177.1520
Tyskland	Bundes Gesundheits Verpackungs Verordnung Für Verbraucherschutz und Veterinärmedizin. BGVV-Empfehlung III
EU	Directory EEC 90/128

Sækko A/S har telefonisk bekræftet at Mater-Bi NF-kvaliteten også er i overensstemmelse med EU-direktivet 90/128 og med FDA-regelsættet (USA) for plastmaterialer i kontakt med levnedsmidler.

Med hensyn til råvarer fra Biotec der anvendes til fremstilling af affaldsposerne leveret fra Trioplast Nyborg A/S, har Teknologisk Institut modtaget leverandøroplysninger vedrørende Bioplast-produkters egnethed til kontakt med levnedsmidler.

Biotec bekræfter at alle råstoffer til fremstilling af firmaets Bioplast-typer er listet i EU-bekendtgørelse 90/128/EWG senest ændret med bekendtgørelse 96/11/EG. Alle Biotecs råstoffer er af god teknisk kvalitet; størstedelen i levnedsmiddelkvalitet. Råstofferne som anvendes til Bioplast, er i overensstemmelse med kravene i FDA (USA).

Det påpeges af Biotec at man ikke garanterer at migrationsgrænser er overholdt i relation til enhver tænkelig levnedsmiddelapplikation, og man anbefaler kunderne selv at sikre sig dette.

Med hensyn til affaldsposer i PLA har Teknologisk Institut modtaget oplysninger om at den blødgører man anvender, ikke er af phthalattypen. På baggrund af de i fortrolighed givne oplysninger om den anvendte blødgører skulle der ikke være anledning til betænkelighed i sundhedsmæssig henseende med affaldsposer i PLA.

Med hensyn til Eastar Bio Copolyester oplyser leverandøren af folien at råvaren ikke indeholder blødgørere der kan migrere, fyldstoffer eller additiver, og at den ikke ved kompostering efterlader sig skadelige restprodukter.

Med hensyn til Walocomp-folien fra Bayer som nu ikke længere produceres, angiver informationsbladet ligeledes at der ikke er biologisk skadelige stoffer til stede i folien, eksempelvis i form af blødgøringsmidler eller proceshjælpestoffer.

Ud fra BASF's oplysninger om den kemiske opbygning af Ecoflex er der heller ikke begrundet formodning om miljøskadelige stoffers tilstedeværelse i denne folietype.

3.5.2 Vurdering af energiforbrug

I Tabel 3.2 er vist hvor meget der forventes fjernet af poserne med sigterest til forbrænding samt et minimum- og et maksimumscenarie for tabet med afgasset biomasse i form af ikke-nedbrudt materiale af poserne.

Tabet med afgasset biomasse er den mængde af poserne som ikke nedbrydes ved bioforgasningen. De anslåede tab er baseret på litteratur om bionedbrydelighed af materialerne ved bioforgasning samt for poserne nr. 1-9 på resultaterne af bioforgasningsforsøg beskrevet i kapitel 2.

For poserne (nr. 1, 3, 5 og 6) var disse hele ved fuldskalabioforgasningsforsøgene og stadig elastiske hvorfor det er vurderet at poserne maksimalt mister 20% ved bioforgasningen. Posen fra Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C (nr. 2) har nogenlunde samme egenskaber som posen Wenterra Biosack (nr. 4).

Vægttabene ved bioforgasning af disse to poser i laboratoriet og på fuldskalaanlægget ligger mellem 36% og 65%. Dette svarer til at der tabes henholdsvis mellem 35% og 64% med den afgassede biomasse. Tab med afgasset biomasse svarende til 35% er en mindste grænse da noget af pose materialet under 5 mm vil have passeret netmaskerne i nylonnettet i fuldskalaforsøget med bioforgasning hvorfor dette materiale ikke er vejlet med.

De to polyesterbaserede poser (nr. 8 og 9) mistede ca. 20% vægt ved fuldskalabioforgasningsforsøget, mens tabet var 44% for nr. 8 i laboratorieforsøget hvorfor tabet med afgasset biomasse er sat til 56-80%.

Vedrørende tab med sigterest til forbrænding i Tabel 3.2 er antaget at det mekaniske for- og efterbehandlingsudstyr ved bioforgasningsanlægget er indrettet, så de bionedbrydelige poser tilsættes 100% til rådnetanken, mens polyethylenposer frasorteres 100% inden det organiske affald tilsættes rådnetanken.

Tabel 3.2 Forventet mængde poser med sigterest og tab med kompost

Nr.	Leverandør/posetype	% sigterest til forbrænding	% tab med afgasset biomasse Scenario 1 (Min. tab)	% tab med afgasset biomasse Scenario 2 (Maks. tab)
1	Trioplast/Biotec	0	80	100
2 og 4	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C og Wenterra Biosack	0	35	64
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	0	80	100
5, 6	Nordexport/Kina	0	80	100
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	0	0	20
8	Eastman Chemical/Eastar	0	56	80
9	Rosenlew/Ecoflex	0	56	80
14	Bates/papirbipose (8 l)	0	0	20
15	Polyethylen	100	0	0

De anslåede energiforbrug opgivet som primær energi er vist i Tabel 3.3 for produktion af kemikalier, fremstilling af poser og maksimalt forbrug til transport under forudsætningerne angivet i Tabel 3.1.

Tabel 3.3 Energiforbrug til råvarer, produktion af poser og transport

Nr.	Leverandør/posetype	Råvareproduktion (MJ/kg)	Produktion af poser (MJ/kg)	Samlet transport (MJ/kg)
1	Trioplast/Biotec	62	30	5
2 og 4	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C og Wenterra Biosack	62	30	5
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	62	30	5
5, 6	Nordexport/Biodegradable Starch Resin, Kina	62	30	5
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	62	20	5
8	Eastman Chemical/Eastar	100	20	5
9	Rosenlew/Ecoflex	100	20	5
14	Bates/papirbipose (8 l)	40	0	5
15	LDPE	75	20	5

I Tabel 3.4 er vist et minimum- og et maksimumscenario for energiforbrug til affaldsbehandling og det totale energiforbrug. Energiforbruget til affaldsbehandling er negativt da der genvindes energi enten ved bioforgasning eller forbrænding af frasigtede poserester.

Der er anvendt en virkningsgrad på forbrændingsanlæg på 80% og ved bioforgasningsanlæg på 90% ved godskrivning af udnyttelse af brændværdien.

Tabel 3.4 Energiforbrug til affaldsbehandling og totalt energiforbrug i posens livscyklus

Nr.	Leverandør/posetype	Scenario 1, Min. tab Affaldsbehand- ling (MJ/kg)	Scenario 2, Maks. tab Affaldsbehand- ling (MJ/kg)	Scenario 1 Min. tab Totalt (MJ/kg)	Scenario 2 Maks. tab Totalt (MJ/kg)
1	Trioplast/Biotec	-4	0	93	97
2 og 4	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C og Wenterra Biosack	-12	-6	85	91
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	-4	0	93	97
5,6	Nordexport/Biodegradable Starch Resin, Kina	-4	0	93	97
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	-18	-14	69	73
8	Eastman Chemical/Eastar	-11	-5	114	120
9	Rosenlew/Ecoflex	-11	-5	114	120
14	Bates/papirbiopose (8 l)	-18	-14	27	31
15	LDPE	-34	-34	66	66

Ved sammenligningen af den forbrugte energi for poserne skal energiforbruget omregnes til en normeret størrelse der er et udtryk for den funktionelle størrelse, nemlig transport af samme volumen affald pr. pose, hvor posen samtidig overholder de ønskede egenskaber mht. styrke mv. Det normerede energiforbrug beregnes som:

$$\text{Normeret energi} = \text{Samlet energiforbrug (MJ/kg)} * \text{vægt pr. pose (kg)} * \text{korrektionsfaktor}$$

hvor korrektionsfaktoren er volumen af organisk affald i standardpose divideret med volumen af organisk affald i aktuel pose. Standardvoluminet af plastposerne er som nævnt i afsnit 3.2 sat til 8 liter organisk affald.

For papirposen fås dermed følgende korrektionsfaktor da papirposen er vurderet til at indeholde 5 liter:

Korrektionsfaktor = 8 liter divideret med 5 liter = 1,6 hvilket svarer til at man skal bruge 1,6 gange så mange papirposer som plastposer pr. standardvolumen organisk affald.

Af Tabel 3.3 og Tabel 3.4 ses at transport for bionedbrydelige poser og plastposer udgør mindre end 5-10% af det samlede forbrug af primærenergi pr. kg. For papir kan energiforbruget til transport udgøre op til ca. 15-20%.

Det skal bemærkes at usikkerheden på de indgående produktionsenergi vurderes i størrelsesordenen 10-20%.

I Tabel 3.5 er vist beregninger af normeret energi for de to scenarier og med en filmtykkelse som angivet i Tabel 3.1. Der er valgt ens filmtykkelse for alle bionedbrydelige plastposer da styrketests i afsnit 1.4.3 og forsøg med kemisk accelereret nedbrydning i afsnit 2.1 ikke viser tilstrækkelig forskel i styrkeegenskaberne til at retfærdiggøre en skelnen mellem nødvendige filmtykkelser.

Tabel 3.5 Normeret energi

Nr.	Leverandør/posetype	Scenario 1. Min. tab Normeret energi	Scenario 2. Min. tab Normeret energi
1	Trioplast/Biotec	0,95	0,99
2 og 4	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C og Wenterra Biosack	0,83	0,88
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	0,98	1,02
5,6	Nordexport/Biodegradable Starch Resin, Kina	0,93	0,97
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	0,69	0,73
8	Eastman Chemical/Eastar	1,14	1,20
9	Rosenlew/Ecoflex	1,14	1,20
14	Bates/papirbiopose (8 liter)	0,82	0,93
15	LDPE	0,60	0,60

Ud fra beregningerne af den normerede energi ses at man med det forhåndenværende datagrundlag knap kan skelne mellem de stivelsesbaserede bionedbrydelige poser (nr. 1 til nr. 6), idet den normerede energi ligger inden for usikkerheden på 10-20% i de to scenarier. Posen fra Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C (nr. 2) og den beslægtede Wenterra Biosack (nr. 4) nedbrydes dog i højere grad i bioforgasningsanlægget end poserne nr. 1, 3, 5 og 6 hvilket giver en anelse bedre samlet energiregnskab.

Hvis man sammenligner de stivelsesbaserede poser med papirposens (nr. 14) normerede energiforbrug, er dette i samme størrelsesorden som de bionedbrydelige poser med den tykkelse man har valgt i projektet (25 µm), men papirposen forventes ikke at kunne klare den mekaniske behandling og er derfor kun relevant med et andet indsamlingssystem.

Ved polyethylenposer (nr. 15) er energiforbruget ligeledes væsentligt lavere end for de stivelsesbaserede poser under forudsætning af at bioforgasningsanlægget er indrettet, så poserne sigtes fra og forbrændes hvorved den høje brændværdi godskrives.

Polylactatposens (nr. 7) energiforbrug befinder sig mellem papirposens og polyethylenposernes og de stivelsesbaserede poser. Det er dog som tidligere nævnt vigtigt at posen opbevares under betingelser hvor den ikke udsættes for fugt da den ellers hurtigt bliver skør og falder fra hinanden.

De polyesterbaserede poser (nr. 8 og 9) bruger lidt mere primærenergi end de stivelsesbaserede poser grundet et højere indhold af energiforbrugende polymerer.

3.5.3 Andre faktorer

Betydning af posevalg på mængderne af sigterester

Ved behandling i bioforgasningsanlæg af affald som indsamles i ikke-bionedbrydelige poser, kræves at den mekaniske sorteringsproces er indrettet, så poserne frasorteres med sigteresten som efterfølgende forbrændes. Ved

denne frasortering risikeres at en forøget mængde bioforgasningsegnet affald bliver frasorteret og dermed går til forbrænding. Dette betyder at en større massestrøm passerer forbrændingsanlægget end ved benyttelse af bionedbrydelige poser. Resultatet er et større energiforbrug til transport, en lidt lavere termisk virkningsgrad, større mængder restprodukt og mistet gødningsværdi.

3.5.4 Samlet miljømæssig vurdering af poser

Der er ikke fundet miljøproblematiske stoffer som benyttes i forbindelse med produktionen af de bionedbrydelige poser, herunder phthalater i de bionedbrydelige stivelsesbaserede poser som er undersøgt herfor (nr. 1, 2 og 3).

Vedrørende det samlede energiforbrug i posens levetid domineres dette af energiforbruget til fremstilling af råvarer. Det laveste totale energiforbrug ses for polyethylenposerne (nr. 15), herefter følger poserne af polylactat fra Cargill-Dow/Eco-PLA (nr. 7), og dernæst følger de stivelsesbaserede poser fra Sækko/Mater-Bi, 60°C (nr. 2), Wenterra Biosack (nr. 4) og papirposen fra Bates (nr. 14). En anelse større samlet energiforbrug ses for Trioplast/Biotec (nr. 1), Sækko/Mater-Bi, 90°C (nr. 3) og Nordexport/Kina (nr. 5 og 6). Poserne med det højeste energiforbrug er de polyesterbaserede poser fra Eastman Chemical/Eastar (nr. 8) og fra Rosenlew/Ecoflex (nr. 9).

Det skal her bemærkes at de stivelsesbaserede poser og posen af polylactat overvejende er baseret på fornyelige ressourcer, mens de polyesterbaserede poser fra Eastman Chemical/Eastar og Rosenlew/Ecoflex samt polyethylenposerne er baseret på ikke-fornyelige ressourcer som råolie og gas.

Det skal endvidere bemærkes at Nordexport/Kina (nr. 5 og 6) ifølge fremsendt patentskrift indeholder polyethylen som ikke i sædvanlig forstand anses som bionedbrydelig.

4 Erfaringsopsamling

I nærværende kapitel foretages en opsamling af hidtidige erfaringer med brug af traditionelle plastposer (polyethylen) og papirposer samt de erfaringer der foreligger med brug af bionedbrydelige plastposer.

Erfaringsopsamlingen baserer sig på eksisterende materiale, og der skal gøres opmærksom på at materialet er op til 10 år gammelt, og at der siden da kan være sket en udvikling/ændring af de posetyper der er anvendt.

4.1 Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 18, 1990; "Forbrugernes holdning til grønne systemer"

Rapporten indeholder resultatet af en spørgeskemaundersøgelse blandt 1.600 husstande i København, Odense, Vejle og Frederikssund kommuner vedrørende disse affaldssystemer.

Kun spørgeskemaet udsendt i Københavns Kommune indeholder spørgsmål om de poser der anvendes til opsamling af den organiske fraktion.

I alt ca. 700 husstande på Østerbro der ifølge Miljøprojekt nr. 18, 1990 er omfattet af forsøg, er inddelt i 3 grupper der har fået udleveret hver sit sorteringssystem til indendørs brug. Den ene gruppe har fået udleveret et tråffaldsstativ samt papirposer med hank og ekstra tyk bund. Den anden gruppe har ikke fået et tråffaldsstativ, men i stedet en større papirpose med hank og ekstra tyk bund, og den tredje gruppe har fået udleveret en 5 liter plastspand med låg.

Spørgeskemaet er udsendt til 400 husstande. Et af spørgsmålene (spørgsmål nr. 15) lyder: "Ville De hellere have plastposer i stedet for papirposer?".

59% svarer ja, og 26% svarer nej, mens 15% ikke har besvaret spørgsmålet.

"Blandt de som ønsker plastposer, begrundes 62% dette med at papirposerne går i opløsning pga. gennemvædning, men det gør plastposer ikke. De resterende 38% angiver andre grunde".

4.2 Miljøprojekt fra Miljøstyrelsen nr. 220, 1993; "Indsamling af madaffald fra husstande i København"

Forsøget med indsamling af madaffald omfatter 10.000 husstande på Amager fordelt med 9.000 husstande i etageejendomme og 1.000 husstande i parcelhuse.

Husstandene har til den indendørs opsamling af madaffald fået udleveret papirposer, plastposer eller spand.

Papirposerne er ifølge Miljøprojekt nr. 220, 1993, udført som klodsundsposer i 70 µm vådstærkt og ubleget papir. Bunden er forsynet med

en ekstra bundlap i fuld størrelse, og selve papirposen er påsat 2 bærehanke. Papirposen har, isat stativet, et volumen på 5,5 liter.

Plastposerne er produceret i lysegrøn, transparent 30 µm PE-plast og fremstillet med indlæg i siderne samt bindehank.

Spanden er en 5 liter hvid spand med hank og låg. Husstandene havde mulighed for at bytte spanden til en tilsvarende større på 6,5 liter.

Der blev udsendt spørgeskema til 8.953 husstande i etageboliger og 1.063 husstande i parcelhuse. Besvarelsesprocenten var samlet 28% fordelt på 24% fra husstande i etageboliger og 57% fra husstande i parcelhuse.

Et af spørgsmålene (spørgsmål nr. 11) lyder: "Hvor tilfreds er De med plastposerne (hhv. papirposerne)?" Svarmulighederne var: "Meget tilfreds", "Tilfreds", "Hverken/eller", "Utilfreds" og "Meget utilfreds".

Besvarelsene fra husstande der har henholdsvis plast- eller papirposer, fremgår af Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Besvarelser vedr. tilfredshed

	Plastpose		Papirpose	
	Antal	Procent	Antal	Procent
Meget tilfreds	625	51,5	132	16,7
Tilfreds	492	40,6	285	36,1
Hverken/eller	38	3,1	96	12,2
Utilfreds	45	3,7	173	21,9
Meget utilfreds	13	1,1	104	13,2
Total	1.213	100,0	790	100,0

Kilde: Miljøprojekt nr. 220, 1993, side 60

Utilfredsheden med papirposen skyldes ifølge 340 husstande eller 43% at poserne ikke var tætte. De forholdsvis få husstande der var utilfredse med plastposen, tilføjede at plastposerne ikke var svejset ordentligt i bunden.

4.3 Miljøprojekt fra Miljøstyrelsen nr. 214, 1993; "3-delt indsamlingsystem for dagrenovation"

Rapporten indeholder resultaterne af 2 spørgeskemaundersøgelser gennemført i både Herning Kommune og Fåborg Kommune samt en interviewundersøgelse gennemført i Fåborg Kommune.

Det er alene den ene spørgeskemaundersøgelse der omhandler spørgsmål vedrørende det indendørs opsamlingsmateriel. Denne spørgeskemaundersøgelse blev gennemført i maj 1991 efter at indsamlingsystemet havde fungeret i ca. 1 år.

Til den indendørs opsamling af den organiske fraktion blev der udleveret en firkantet 10 liter polyethylenbeholder (med låg og hank) samt plastposer til foring af denne beholder.

Plastposerne var væsentligt længere end 10 liter beholderens dybde, således at det var muligt at lukke plastposerne med en knude. De udleverede plastposer var i første omgang 9 µm HDPE (high density polyethylen), mens de poser der blev udleveret i den sidste del af forsøget, var 19 µm LDPE (low density polyethylen). Dette blev gjort for at afhjælpe eventuelle lugtgener, idet der i

den første spørgeskemaundersøgelse var 20% af de besvarede spørgeskemaer der gav kommentarer om lugtgener uden at der var blevet stillet spørgsmål herom.

Der blev udsendt 200 spørgeskemaer i henholdsvis Herning Kommune (svarprocent ≈ 78) og Fåborg Kommune (svarprocent ≈ 68).

Et af spørgsmålene lyder: "Er De tilfreds med de udleverede plastposer til komposterbart affald?"

I Herning Kommune svarede 77% (126 husstande) ja, og 27% (37 husstande) svarede nej.

I Fåborg Kommune svarede 82% (103 husstande) ja, 15% (19 husstande) svarede nej, og 2% (3 husstande) besvarede ikke spørgsmålet.

4.4 Miljøprojekt fra Miljøstyrelsen nr. 207, 1992; "Todelt indsamling i etageboliger i Århus Kommune"

Rapporten indeholder resultaterne af 2 spørgeskemaundersøgelser gennemført i henholdsvis januar 1991 og august 1991. Begge spørgeskemaundersøgelser omhandler det indendørs opsamlingsmateriel, men det er alene spørgeskemaundersøgelsen gennemført i januar 1991 der omhandler spørgsmål vedrørende de udleverede plastposer.

Til den indendørs opsamling blev der udleveret et dobbelt affaldsstativ samt et låg til den del af affaldsstativet der anvendes til den komposterbare fraktion. Endvidere blev der udleveret 15 liter grønne plastposer (30 µm LDPE – Low density polyethylen – regenerat (produktionsaffald)) til den komposterbare fraktion og 15 liter sorte plastposer (24 µm LDPE regenerat (produktionsaffald)) til restfraktionen.

I januar 1991 blev der udsendt et spørgeskema til i alt ca. 6.800 husstande i Århus Kommune. Kun 551 af spørgeskemaerne blev udsendt til det område som Miljøprojekt nr. 207, 1992, omhandler. Her fremkom en besvarelsesprocent på 47. Spørgsmålet der omhandler plastposerne til indendørs opsamling, lød: "Er de udleverede poser tilfredsstillende?"

76% svarede ja til spørgsmålet, og 24% svarede nej.

For samtlige udsendte spørgeskemaer (ca. 6.800) i Århus Kommune var resultatet at 78% svarede ja på spørgsmålet, og 22% svarede nej⁴.

4.5 Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 65, 1997; "Genanvendelse af dagrenovation med SYSTEM 2000 i Århus Kommune, Del rapport 2: Forbrugerundersøgelser"

Rapporten indeholder resultaterne af de i alt 4 spørgeskemaundersøgelser der blev gennemført i forbindelse med SYSTEM 2000. Kun den spørgeskemaundersøgelse der blev gennemført i marts 1995, omhandlede spørgsmål vedrørende forbrugernes tilfredshed med de udleverede plastposer.

⁴ Evaluering af 2-strømssystemet, Århus Kommune, Mag. 2 afd., Affaldskontoret; Bilag 13

Til den indendørs opsamling fik husstandene udleveret enten et dobbeltstativ eller 2 enkeltstativer samt plastposer til henholdsvis den komposterbare fraktion og restfraktionen.

De udleverede poser var fremstillet af 24 µm HDPE/LDPE (blanding af high and low density polyetylen). Poserne var fremstillet med ekstra længde, således at det var muligt at lukke dem med knude inden de blev placeret i affaldsbeholderne. Der blev anvendt den samme plastposetype til begge fraktioner, men henholdsvis klare poser til den komposterbare fraktion og sorte poser til restfraktionen.

Spørgeskemaet blev udsendt til i alt 1.618 husstande, og der var en besvarelsesprocent på 56.

Spørgsmålet vedrørende plastposernes kvalitet lød: "Er De tilfreds med kvaliteten af de udleverede plastposer til grønt affald?"

86% svarede ja til spørgsmålet, 6% svarede nej, og 8% svarede ikke på spørgsmålet.

4.6 Gudme Kommune, Klintholm samarbejdet

I Gudme Kommune har man i en periode i foråret 2001 udleveret bionedbrydelige plastposer fra Trioplast Nyborg A/S til afprøvning hos kommunens husstande.

Sammen med 25 stk. bionedbrydelige plastposer fik 1.058 husstande i Gudme Kommune i maj 2000 udleveret et spørgeskema som skulle besvares efter at husstandene havde brugt de 25 poser. 12% (123 husstande) svarede på spørgeskemaet.

De bionedbrydelige plastposer blev leveret af Trioplast Nyborg A/S.

Spørgsmålene lød:

-Husstandens tilfredshed med poserne

Meget tilfreds: 51% (63 husstande); Tilfreds: 26% (32 husstande); Utilfreds: 5% (6 husstande); Meget utilfreds: 7% (8 husstande); Bruger den ikke: 11% (14 husstande).

-Jeg/vi vil gerne fortsætte med at bruge poserne hvis de kan købes i de lokale butikker eller på kommunens genbrugsplads. Pris ca. 15 kr. pr. rulle med 25 stk.

Ja: 56% (69 husstande); Nej: 28% (35 husstande); Ubesvaret: 15% (19 husstande).

-Jeg/vi synes at poserne skal udleveres til alle husstande som har en grøn beholder. Jeg/vi er indforstået med at betale for poserne over renovationsafgiften. Anslået beløb kr. 100 pr. år for 150 stk.

Ja: 36% (44 husstande); Nej: 43% (53 husstande); Ubesvaret: 21% (26 husstande).

Der var mulighed for at skrive eventuelle bemærkninger i forbindelse med det første spørgsmål. I alt 22 spørgeskemabesvarelser var forsynet med bemærkninger. Bemærkningerne omhandlede 2 hovedemner. Dels at poserne ikke var helt tætte/fugt siver gennem poserne/poserne går i stykker (8

besvarelser), og dels at poserne ikke passer i størrelse til den grønne spand som husstandene benytter som indendørs opsamlingsmateriel (10 besvarelser).

4.7 Grindsted Kommune

Siden indsamlingssystemets start i januar 1997 har man i Grindsted Kommune anvendt Korsnäs Bates A/S papirposer til indendørs opsamling af den organiske fraktion⁵.

Posetypen der anvendes, er 8 liter Pinch-sæk str. 175 x 126 x 390 mm.

Husstandene er forsynet med et udendørs dobbeltstativ fra Miri-Stål, og når poserne til indendørs opsamling deles ud, sætter skraldemændene ikke papirsækken i stativet, men lægger den sammen med poserne under låget (som et signal til husstandene om at der nu er poser). Der anvendes en 90 liter sæk af primærfibre til udendørs opsamling af den organiske fraktion.

Skraldemanden udleverer 46 poser pr. husstand i kvartalet. For 90-95% af husstandene er det rigeligt, og for en del er det for mange poser, men af hensyn til de der bruger det uddelte antal poser, ønsker man i kommunen ikke at gå ned i antal (ca. 1 pose pr. hver anden dag). Poserne koster 0,50 kr. pr. stk.⁶

Ca. 1. juni 2001 er alle kommunens husstande omfattet af indsamlingssystemet.

Det organiske affald bioforgasses sammen med slam fra rensningsanlæg.

Grindsted Kommune har ikke brugererfaringer i form af spørgeskemaundersøgelser eller lignende, men man har i kommunen talt med mange og er overbeviste om at det er en god idé at anvende papirposer.

Jytte Søgaard⁵ har aldrig selv oplevet at en pose er gået i stykker, men har oplevet at det har "sivet" fra poserne. Der er udviklet et specialstativ i samarbejde med en stativproducent. Stativet fås både som enkeltstativ og som dobbeltstativ og er forsynet med en bundbakke.

Der gøres fra kommunens side meget for hele tiden at følge op på indsamlingssystemet og sikre en god sortering. Skraldemændene afleverer en seddel hos folk såfremt de observerer at der er andet end organisk affald i sækken og lader sækken stå, men udleverer samtidig en ekstra sæk, så husstanden kan sortere til næste afhentning. Skraldemændene giver besked til kommunen når de afleverer en seddel. 2. gang det sker, skriver kommunen til husstanden og meddeler at hvis det sker igen, får husstanden en regning for en ekstratømning (byrådet har besluttet at det skal koste 190 kr. for en ekstratømning af hensyn til den præventive virkning. Der er udskrevet en del ekstraregninger).

⁵ Oplysningerne om Grindsted Kommune er baseret på telefonsamtale med Jytte Søgaard, Grindsted Kommune den 30. april 2001

⁶ April 2001

4.8 Aalborg Kommune

I 1990 blev igangsat et forsøg med indsamling af organisk dagrenovation hos 490 husstande i Aalborg Kommune⁷.

Der blev fra starten af forsøget udleveret papirposer til opsamling af den organiske fraktion, men man gik over til plast af 2 årsager. Den ene årsag var logistikproblemer, og den anden årsag var at mange husstande klagede over at papirposerne gik op i limningen, og at de derfor satte papirposen ned i en plastpose.

Aalborg Kommune har fået tilskud fra Energistyrelsen til forsøg med indsamling og bioforgasning af organisk dagrenovation.

Kommunen har aftalt med Energistyrelsen at man skal løse et problem med frasortering af plast. Problemet er nu ved at være løst ved hjælp af anvendelse af en dewaster.

I dag uddeler Aalborg Kommune (FDF'erne) plastposer til den indendørs opsamling af den organiske fraktion, men når systemet udbredes til hele kommunen, skal husstandene selv anskaffe plastposer. Når dewasteren fungerer optimalt, forventer Aalborg Kommune at der også kan frasorteres fx bæreposer, og det vil derfor ikke være nødvendigt at uddele en bestemt slags poser.

Aalborg Kommune mener ikke at man med brug af bionedbrydelige plastposer kan undgå frasorteringen, idet der vil være husstande der ikke kan skelne mellem den ene og den anden type plast, og der vil altid være plast i den organiske fraktion (emballage og lignende).

4.9 Fredericia Kommune

Indsamlingssystemet blev indført i Fredericia Kommune i 1992, og man anvender og har hele tiden anvendt Korsnäs Bates A/S papirposer.⁸

Fredericia Kommune er meget tilfreds med papirposerne og har ikke planer om at skifte til andre posetyper.

Nogle få husstande har klaget over at papirposerne er gået i stykker, og disse husstande har fået udleveret en vejledning om ikke at lægge meget vådt affald i poserne (fx lade kartoffelskrøller tørre/afvande inden de lægges i poserne).

4.10 Forsøg i Hovedstadsområdet

Forsøget omfatter i alt 16.500 husstande hvoraf de 1.000 husstande bor i tæt-lav bebyggelse og resten i etageboliger⁹

⁷ Oplysningerne om Aalborg Kommune er baseret på telefonsamtale med Jan Nohr, Aalborg Kommune den 02. maj 2001

⁸ Oplysningerne om Fredericia Kommune er baseret på telefonsamtale med Erik Dalgas, Fredericia Kommune den 02. maj 2001

⁹ Oplysningerne om forsøget er baseret på telefonsamtale med Poul Juul Hansen, Rambøll den 02. maj 2001

Der anvendes 6.500 ventilerede plastbeholdere og 11.800 Bates Waste System stativer med papirsække.

Til indendørs opsamling af den komposterbare fraktion anvendes papirposer fra en Svensk leverandør. Leverandøren har fremstillet poser i 20 år.

Der var i starten af forsøgsperioden problemer med papirposerne. Mange husstande klagede over at poserne ikke var tætte. Det viste sig at limningen i bunden ikke var god nok, således at væske kunne sive ud.

Poseleverandøren har derfor ændret limningen, og poserne fungerer nu tilfredsstillende

Poserne rummer 8 liter og kan tåle vådt affald.

Der er stillet krav til poseleverandøren om at poserne skal være vandtætte (125 ml i 24 timer).

Der er også stillet krav om at poserne skal være trækfaste (de skal kunne bære 5 kg affald i 3 døgn). Det siver lidt fra de anvendte poser efter 3 døgn.

Posernes pris er 0,25 kr. pr. stk.

Der er ikke planer om at indhente brugererfaringer i forbindelse med forsøget.

5 Brugererfaringer

Tre typer af bionedbrydelige plastposer er testet i et praktisk forsøg hos husstande i Århus Kommune. Poserne er i det praktiske forsøg testet for deres egnethed som indendørs opsamlingsmateriel for den organiske del af dagrenovationen.

Formålet med at teste de bionedbrydelige plastposer i private hjem var at afprøve bl.a. posernes tæthed, håndteringsvenlighed i forbindelse med lukning af poser og stabilitet med hensyn til anvendelse i indendørs affaldsstativer.

Der blev afprøvet tre forskellige typer plastposer. Poserne blev udleveret til husstande beliggende i en del af Århus Kommune hvor der allerede i en årrække (siden 1990) har foregået en indsamling af organisk affald til central behandling. Dvs. at husstandene allerede havde erfaringer med traditionelle polyethylenposer.

De tre typer af bionedbrydelige plastposer der blev afprøvet i et praktisk forsøg hos forbrugere, var en posetype fra firmaet Trioplast Nyborg A/S og to posetyper fra firmaet Sækko A/S:

- Trioplast/Biotec (nr. 1)
- Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C (nr. 2)
- Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C (nr. 3).

I Tabel 1.1 er poserne specificeret nærmere. De bionedbrydelige plastposer - alle stivelsesbaserede - var de eneste poser det var muligt at anskaffe i de mængder afprøvningen betingede når der ses bort fra posetyper der var valgt fra som følge af screeningsforsøgene (5, 6, 7, 11, 12 og 13). Poserne 5 og 6 blev valgt fra på grund af patentoplysninger om at polyethylen indgår i posematerialerne.

Der blev i november 2000 udleveret bionedbrydelige plastposer til godt 1.200 husstande der fordelte sig med:

- Posetype 1 (Trioplast) - 439 husstande
- Posetype 2 (Sækko, 60°C) - 433 husstande
- Posetype 3 (Sækko, 90°C) - 391 husstande.

Hver husstand fik udleveret 60 stk. poser. Sammen med poserne blev udleveret et følgebrev (se Bilag D) der oplyste om formålet med afprøvningen hos husstandene, og som oplyste at man ønskede at opsamle brugernes erfaringer gennem en spørgeskemaundersøgelse, og at borgerne derfor kunne forvente at få tilsendt et spørgeskema på et senere tidspunkt.

5.1 Laboratorietest af bionedbrydelige poser under høje temperaturer

De 3 typer bionedbrydelige poser (indeholdende organisk affald i henhold til Århus Kommunes sorteringskriterier) er testet i varmeskab i forsøg på at simulere varme sommerdage (Bilag E).

6 beholdere med hver 2-4 poser med organisk affald blev placeret i et varmeskab ved 30°C i 14 dage. Der var tale om 2 beholdere med poser fra Trioplast (nr. 1), 2 beholdere med grønne poser fra Sækko, 60°C (nr. 2) og 2 beholdere med klare poser fra Sækko, 90°C (nr. 3).

Samtlige poser var efter 7 dage intakte.

Efter 14 dage var poserne fra Trioplast (nr. 1) (Billede 18) samt de klare poser fra Sækko 90°C (nr. 3) (Billede 19) fortsat intakte, mens der var tale om mindre huller/brister i en pose i den ene beholder med grønne poser fra Sækko, 60°C (nr. 2) og større huller/brister i 2 poser i den anden beholder med grønne poser fra Sækko (nr. 2) (Billede 20). Poserne fra Sækko, 60°C (nr. 2) gik i stykker da de blev løftet op som det fremgår af Billede 21.



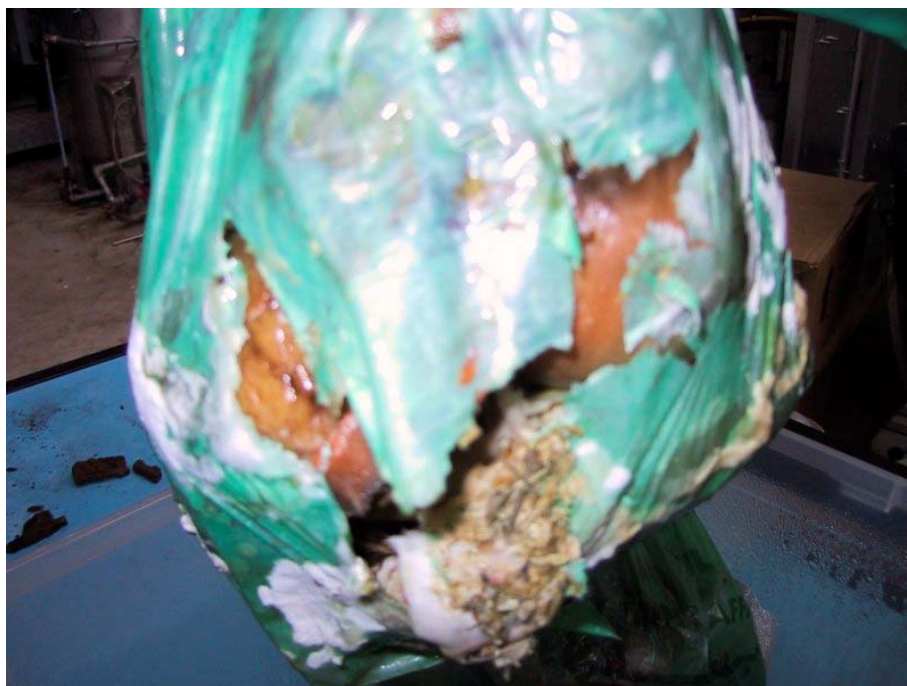
Billede 18 Trioplast/Biotec efter 14 dage i varmeskab ved 30°C



Bil lede 19 Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C efter 14 dage i varmeskab ved 30°C



Bil lede 20 Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C efter 14 dage i varmeskab ved 30°C



Bil lede 21 Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C efter 14 dage i varmeskab ved 30°C

5.1.1 Valg af temperatur

Ifølge Meteorologisk Institut eksisterer der ikke hedeølger i Danmark. Ved valg af temperatur er der derfor taget udgangspunkt i rapport fra Meteorologisk Institut om klima i Danmark i perioden 1990-99 /1/.

År	Antal sommerdage (maksimum > 25°C)	Højeste temperatur	Middel af daglig maksimumtemperatur (i årets varmeste måned)
1990	7,9	33,2	21,6
1991	10,3	33,1	21,9
1992	15,4	35,1	22,5
1993	3,0	28,7	18,0
1994	20,8	34,3	24,8
1995	21,7	32,0	23,7
1996	11,3	31,9	22,5
1997	22,1	32,6	25,4
1998	1,8	29,7	18,4
1999	12,8	31,5	21,6

5.2 Århus Kommunes test af bionedbrydelige plastposer i indsamlingssystemet

De tre typer plastposer der blev udleveret til husstande i Århus Kommune for test for egnethed som indendørs opsamlingsmateriel, blev også testet for deres egnethed i forbindelse med indsamling med komprimatorvogn.

I et indsamlingssystem som det der anvendes i Århus Kommune, hvor de indsamlede poser sorteres i henholdsvis grønne poser og øvrige poser i et optisk sorteringsanlæg, er det vigtigt at poserne fortsat er hele efter at de er indsamlet med komprimatorvogn.

I december måned 2000 blev der over 2 dage foretaget specialindsamlinger af de bionedbrydelige plastposer, og poserne blev efter indsamlingen manuelt sorteret og vurderet.

Plastposetype 1 (Trioplast) opsamlet hos såvel enfamilieboliger som etageboliger blev indsamlet i et læs¹⁰ sammen med plastposetype 2 (Sækko, 60°C) og plastposetype 3 (Sækko, 90°C); begge opsamlet hos etageboliger.

Et andet læs¹¹ bestod af plastposetype 2 (Sækko, 60°C) og plastposetype 3 (Sækko, 90°); begge opsamlet hos enfamilieboliger.

Af Tabel 5.1 fremgår en opgørelse over de indsamlede poser fordelt på poser der var henholdsvis åbne, hele, med små huller, med store huller og med svejsebrud.

Tabel 5.1 Indsamlede poser

	Posetype 1 (Trioplast)		Posetype 2 (Sækko, 60°C)		Posetype 3 (Sækko, 90°C)	
	Antal	Procent	Antal	Procent	Antal	Procent
<i>Enfamilieboliger</i>						
Åben	1	0,9	2	1,8	6	4,7
Hele	6	5,5	1	0,9	23	17,8
Små huller	17	15,6	9	8,2	32	24,8
Acceptabel	23	21,1	10	9,1	55	42,6
Store huller	85	78,0	98	89,1	68	52,7
Svejsebrud						
Total	109	100,0	110	100,0	129	100,0
<i>Etageboliger</i>						
Åben	6	5,4	2	2,9	8	5,7
Hele	23	20,7	1	1,4	61	43,6
Små huller	16	14,4	5	7,2	21	15,0
Acceptabel	39	35,1	6	8,7	82	58,6
Store huller	66	59,5	61	88,4	50	35,7
Svejsebrud						
Total	111	100,0	69	100,0	140	100,0

5.2.1 Posetype 1 (Trioplast)

Efter aflæsning lå den del af læsset der indeholdt posetype 1 fra enfamilieboliger¹⁰, i den ene ende af den aflæssede bunke. Affaldet var her meget kompakt, og der forekom også løst haveaffald. Poserne var tydeligvis påvirket af det organiske affald og var meget møre. 78% af poserne havde store huller (se Tabel 5.1). Poserne er vist på Billede 22.

¹⁰ Den 12. december 2000

¹¹ Den 14. december 2000



Billede 22 Frasorterede poser fra enfamilieboliger 12. december 2000, posetype 1 (Trioplast)

Plastposerne af type 1 opsamlet hos etageboliger¹¹ lå mere tilgængelige i den anden del af læsset sammen med plastposer af posetype 3. Poserne er vist på Billede 23.



Billede 23 Frasorterede poser fra etageboliger 12. december 2000, posetype 1 (Trioplast)

Denne del af læsset indeholdt en del løst affald i form af større dagrenovationsemner, papir, pap og storskrald. Plastposerne af type 1 var i denne del af læsset (opsamlet hos etageboliger) mere intakte end posetype 1 i den anden ende af læsset (opsamlet hos enfamilieboliger), men enkelte af poserne var dog møre. 60% af poserne havde store huller (se Tabel 5.1).

Denne forskel på posetype 1, afhængig af om den er opsamlet hos enfamilieboliger eller etageboliger, må formodes primært at skyldes indsamlingsfrekvensen som hos enfamilieboliger er 14 dage, mens den hos etageboliger er 7 dage.

5.2.2 Posetype 2 (Sækko, 60°C)

Posetype 2 opsamlet hos etageboliger¹⁰ (7 dages indsamlingsfrekvens) lå efter aflæsning midt i den aflæssede bunke. Affaldet var meget kompakt, og poserne var tydeligvis påvirket af det organiske affald. 88% af poserne havde store huller (se Tabel 5.1).

De fleste af de poser der så hele ud når de lå i bunken, gik i stykker når de blev løftet ud fra den kompakte bunke.

Læsset hvor posetype 2 var opsamlet hos enfamilieboliger¹¹ (14 dages indsamlingsfrekvens), var meget kompakt efter aflæsning. 89% af poserne havde store huller (se Tabel 5.1). De poser der så hele ud når de lå i bunken, gik hyppigt i stykker når de blev løftet ud af bunken. Poserne ses på Billede 24.



Billede 24 Råskrald indsamlet fra etageboliger 12 december 2000. I råskrald det ses beskadigede poser, posetype 2 (Sækko 60°C)

5.2.3 Posetype 3 (Sækko, 90°C)

Posetype 3 opsamlet hos etageboliger¹⁰ (7 dages indsamlingsfrekvens) lå relativt tilgængelige i den del af læsset hvor også plastposer af posetype 1 opsamlet hos etageboliger lå, se Billede 25. Denne del af læsset indeholdt (som nævnt i afsnit 5.2.1) også meget løst affald i form af større dagrenovationsemner, papir, pap og storskrald. 53% af poserne havde store huller (se Tabel 5.1).



Billede 25 Frasorterede poser fra etageboliger 12. december 2000, posetype 3 (Sækko, 90°C)

53% af plastposerne af posetype 3 opsamlet hos enfamilieboliger¹¹ (14 dages indsamlingsfrekvens) havde store huller (se Tabel 5.1), og nogle plastposer gik i stykker når de blev løftet ud af bunken.



Billede 26 Frasorterede poser fra enfamilieboliger 14. december 2000, posetype 3 (Sækko, 90°C)

5.2.4 Opsummering for posetype 1, 2 og 3

Alle tre posetyper var i større eller mindre grad påvirket af det organiske affald; både det organiske affald der var i poserne, og det organiske affald der var uden for poserne (haveaffald samt indhold fra itugæede poser).

Den største påvirkning kunne registreres på de poser der var opsamlet over 14 dage i beholderne, samt på de poser der lå kompakt i de aflæssede bunker. Ingen af poserne var imidlertid i en sådan tilstand at de kunne gennemgå behandlingen på det optiske sorteringsanlæg.

De indsamlede læs er ifølge oplysninger fra MiljøTeam Århus (der har forestået indsamlingen) komprimeret på normal vis. Det vil sige at de indsamlede poser er komprimeret/presset 4-5 gange.

Hvilken tilstand de indsamlede poser vil være i såfremt de gennemgår en mere begrænset komprimering i forbindelse med indsamlingen, kan man på baggrund af den foretagne test ikke sige. Det vurderes dog at hverken posetype 1 (Trioplast) eller posetype 2 (Sækko, 60°C) vil være i en sådan tilstand at poserne vil kunne gennemgå behandlingen på et optisk sorteringsanlæg. Posetype 3 (Sækko 90°C) har i testen i indsamlingssystemet vist sig mere holdbar end de øvrige to posetyper, men det er dog kun ca. 50% af poserne der er vurderet som acceptable ved den gennemførte test i indsamlingssystemet.

Vejle Kommune som i en årrække har foretaget indsamling af henholdsvis organisk affald og restaffald i plastposer med henblik på behandling på et optisk sorteringsanlæg, oplyser¹² at man her komprimerer ca. 3,5 gange. I Vejle Kommune justeres komprimeringen på de enkelte komprimatorvogne

¹² Hardy Gregersen den 31. maj 2001

individuel. Såfremt det konstateres at de indlæsedede poser har taget skade, nedsættes komprimeringen.

5.3 Spørgeskemaundersøgelse

I februar måned 2001 blev der udsendt spørgeskemaer til samtlige husstande der tidligere havde fået udleveret bionedbrydelige plastposer (i alt 1.263 husstande). De udsendte spørgeskemaer var mærket med 3 forskellige bogstaver, A, B og C, således at det ved behandlingen af de udfyldte spørgeskemaer var muligt at opgøre besvarelsene selvstændigt for hver af de 3 posetyper og dermed registrere om der var forskel på erfaringerne de 3 posetyper imellem.

NB: I afrapporteringen i dette kapitel er brugt betegnelsen 1, 2 og 3 svarende til referencenumrene for poserne som angivet i Tabel 1.1, hvor 1 svarer til A, 2 svarer til B, og 3 svarer til C.

De returnerede spørgeskemabesvarelser blev behandlet ved en simpel optælling af svar. Fordelingen af svar – for hver posetype og samlet for alle 3 posetyper – er registreret for hvert spørgsmål.

Optællingerne af besvarelsene fremgår af Bilag F.

5.3.1 Spørgeskemaet

Spørgeskemaet indeholdt 17 spørgsmål. Nogle af spørgsmålene var formuleret som lukkede spørgsmål med faste afkrydsningsmuligheder. Andre spørgsmål var formuleret med mulighed for at uddybe et svar (fx "Hvis nej, hvorfor ikke?") eller med en opremsning af faste afkrydsningsmuligheder der afsluttedes med opfordring til at angive "Andet".

Spørgeskemaerne var adresserede, og det enkelte spørgeskema var vedlagt en frankeret svarkuvert samt et følgebrev. Kopi af følgebrev fremgår af Bilag G.

Skemaerne var (som ovenfor nævnt) forsynet med bogstav A, B eller C. Dette var spørgeskemaernes eneste identifikation.

Besvarelsene var anonyme, og det var derfor ikke muligt at rykke for ikke-besvarede spørgeskemaer.

Spørgsmålene var arrangeret i 2 temaer:

1. Erfaringer med de bionedbrydelige plastposer - alene og sammenholdt med den pose husstanden almindeligvis anvender (indhentet gennem 14 spørgsmål)
2. Baggrundsoplysninger (indhentet gennem 3 spørgsmål)

5.3.2 Indsamling og registrering af spørgeskemabesvarelser

Spørgeskemaet er udsendt til i alt 1.263 husstande i Århus Kommune.

- 439 spørgeskemaer mærket med bogstavet A blev udsendt til de husstande der tidligere havde modtaget bionedbrydelige poser af typen Trioplast (nr. 1)

- 433 spørgeskemaer mærket med bogstavet B blev udsendt til de husstande der tidligere havde modtaget bionedbrydelige poser af typen Sækko, 60°C (nr. 2)
- 391 spørgeskemaer mærket med bogstavet C blev udsendt til de husstande der tidligere havde modtaget bionedbrydelige poser af typen Sækko, 90°C (nr. 3).

Af de i alt 1.263 udsendte spørgeskemaer blev 28 returneret med oplysning om "Adresseændring" eller "Adressaten ukendt".

I følgebrevet blev der opfordret til at personlige henvendelser vedrørende spørgeskemaet skete direkte til Teknologisk Institut. Teknologisk Institut har modtaget meget få henvendelser (5 henvendelser) fra borgere angående undersøgelsen og udfyldelse af spørgeskemaet.

I alt blev 602 udfyldte skemaer returneret svarende til 49%. Returprocenten for brugere af de enkelte posetyper er henholdsvis:

- Posetype 1 – 54%
- Posetype 2 – 47%
- Posetype 3 – 45%

Tabel 5.2 Stikprøvestørrelse og svarprocent

	Antal udsendte spørgeskemaer	Retur	Reel stikprøve	Antal besvarelser	Svarprocent
I alt	1.263	28	1.235	602	49%
Posetype 1	439	17	422	226	54%
Posetype 2	433	7	421	201	47%
Posetype 3	391	4	387	175	45%

I de tilfælde hvor respondenterne har markeret mere end ét svar, og hvor det ikke er muligt at vurdere hvilket svar respondenterne ville viderebringe, er svaret på dette spørgsmål neutraliseret – dvs. det er blevet registreret at respondenterne ikke har svaret på spørgsmålet. Undtaget herfra er spørgsmålene 3, 7 og 8 hvor alle svar er registreret, idet det her er muligt at afgive flere svar.

5.3.3 Resultaterne af spørgeskemaundersøgelsen

Ikke alle respondenter har besvaret samtlige spørgsmål i spørgeskemaet, og i det følgende er de procentvise angivelser opgjort på baggrund af det antal besvarelser der foreligger på det enkelte spørgsmål.

Kommentarer og uddybning af svar som respondenterne har angivet i spørgeskemaerne fremgår af Bilag H.

5.3.3.1 Erfaring med brug af de bionedbrydelige plastposer

Formålet med de fire første spørgsmål har været at klarlægge om der overhovedet foregår en sortering af affaldet i organisk affald og restaffald (første spørgsmål) hos husstandene samt at undersøge om der foreligger erfaringer fra respondenternes side med brug af de bionedbrydelige plastposer over en periode.

I gennemsnit er der 94% af respondenterne der oplyser, at de sorterer deres affald i organisk affald og restaffald (91%-96%) (Tabel 5.3).

På spørgsmålet om man startede med at anvende de bionedbrydelige plastposer da poserne blev udleveret i november måned, svarede 95% ja (93%-98%) (Tabel 5.4), og 76% (74%-77%) oplyste at de fortsat anvendte de bionedbrydelige plastposer (Tabel 5.5).

Som årsag til at de bionedbrydelige plastposer ikke længere anvendes hos 24% af respondenterne, angiver hovedparten (71% ≈ 104 husstande) at det er fordi de ikke har flere poser, mens 16% (23 husstande) angiver at de er gået tilbage til at anvende den posetype de tidligere brugte fordi de synes at de er bedre end de bionedbrydelige poser. 13% (19 husstande) angiver at de ikke længere frasorterer organisk affald (Tabel 5.6).

Fordelt på de tre posetyper ses det at henholdsvis 19% (posetype 1) og 20% (posetype 2) af husstandene er gået tilbage til at anvende den posetype man tidligere anvendte fordi man synes at den er bedre. Dette er imidlertid kun tilfældet for 5% af de respondenter der fik udleveret posetype 3).

I gennemsnit har 95% anvendt de bionedbrydelige plastposer i mere end 1 måned, og 76% har anvendt poserne i mere end 2 måneder (Tabel 5.7). Respondenterne har således en reel erfaring med anvendelse af de bionedbrydelige plastposer.

Tabel 5.3 Sorterer du affald i organisk affald og restaffald?

	Ja	Nej
I alt	94% (568 besvarelser)	6% (34 besvarelser)
Posetype 1	96% (216 besvarelser)	4% (10 besvarelser)
Posetype 2	96% (193 besvarelser)	4% (8 besvarelser)
Posetype 3	91% (159 besvarelser)	9% (16 besvarelser)

Tabel 5.4 Startede du med at anvende de bionedbrydelige poser da de blev udleveret i november 2000?

	Ja	Nej
I alt	95% (572 besvarelser)	5% (28 besvarelser)
Posetype 1	95% (211 besvarelser)	5% (12 besvarelser)
Posetype 2	98% (196 besvarelser)	2% (4 besvarelser)
Posetype 3	93% (165 besvarelser)	7% (12 besvarelser)

Tabel 5.5 Anvender du fortsat de bionedbrydelige plastposer?

	Ja	Nej
I alt	76% (454 besvarelser)	24% (145 besvarelser)
Posetype 1	74% (165 besvarelser)	26% (57 besvarelser)
Posetype 2	76% (152 besvarelser)	24% (48 besvarelser)
Posetype 3	77% (137 besvarelser)	23% (40 besvarelser)

Tabel 5.6 Hvorfor anvendes de bionedbrydelige poser ikke længere?

	Har ikke flere	Gået tilbage til de plastposer man tidligere anvendte fordi disse er bedre	Frasorterer ikke længere organisk affald	Andet
I alt	71% (104 besvarelser)	16% (23 besvarelser)	13% (19 besvarelser)	0% (0 besvarelser)
Posetype 1	64% (41 besvarelser)	19% (12 besvarelser)	17% (11 besvarelser)	0% (0 besvarelser)
Posetype 2	75% (33 besvarelser)	20% (9 besvarelser)	5% (2 besvarelser)	0% (0 besvarelser)
Posetype 3	79% (30 besvarelser)	5% (2 besvarelser)	16% (6 besvarelser)	0% (0 besvarelser)

Tabel 5.7 Hvor længe har du anvendt de bionedbrydelige poser?

	Mindre end 2 uger	Fra 2 uger til 1 måned	1-2 måneder	Mere end 2 måneder
I alt	1% (6 besvarelser)	4% (26 besvarelser)	19% (111 besvarelser)	76% (448 besvarelser)
Posetype 1	2% (4 besvarelser)	5% (10 besvarelser)	23% (50 besvarelser)	71% (158 besvarelser)
Posetype 2	1% (1 besvarelser)	6% (11 besvarelser)	17% (34 besvarelser)	77% (151 besvarelser)
Posetype 3	1% (1 besvarelser)	3% (5 besvarelser)	16% (27 besvarelser)	81% (139 besvarelser)

5.3.3.2 De bionedbrydelige plastposers holdbarhed

I gennemsnit angiver 29% (18%-39%) at de har oplevet at de bionedbrydelige plastposer er gået i stykker under brug. Der er en væsentlig forskel på om man har oplevet at poserne er gået i stykker afhængig af om man har anvendt posetype 1, 2 eller 3 (Tabel 5.8). 39% af dem der har anvendt posetype 2, oplyser at de har oplevet at de bionedbrydelige poser er gået i stykker under brug, mens andelen er 29% for posetype 1 og kun 18% for posetype 3.

Tabel 5.8 Er de bionedbrydelige poser gået i stykker under brug?

	Ja	Nej
I alt	29% (171 besvarelser)	71% (418 besvarelser)
Posetype 1	29% (63 besvarelser)	71% (157 besvarelser)
Posetype 2	39% (77 besvarelser)	61% (121 besvarelser)
Posetype 3	18% (31 besvarelser)	82% (140 besvarelser)

I alt 171 respondenter har oplyst at de har oplevet at de bionedbrydelige plastposer er gået i stykker under brug. Det har her været muligt at afkrydse flere mulige svar, og der er i alt sat 318 kryds svarende til i gennemsnit 2 kryds/situationer pr. respondent.

For posetype 1's vedkommende angiver den største andel at poserne er gået i stykker når de blev sat i stativet (33%), mens det for posetype 2's vedkommende er når der bliver lagt varme emner i posen (25%). Posetype 2 er den posetype der nedbrydes ved 60°C .

Tabel 5.9 Såfremt den bionedbrydelige plastpose er gået i stykker, er det så sket:

	I alt	Posetype 1	Posetype 2	Posetype 3
Når posen blev sat fast i stativet	17% (54 besvarelser)	33% (34 besvarelser)	9% (15 besvarelser)	9% (5 besvarelser)
Når posen blev taget ud af stativet	12% (38 besvarelser)	11% (11 besvarelser)	13% (21 besvarelser)	11% (6 besvarelser)
Mens posen sad i stativet	19% (59 besvarelser)	17% (18 besvarelser)	18% (29 besvarelser)	23% (12 besvarelser)
Under transport til affaldsbeholderen	12% (37 besvarelser)	11% (11 besvarelser)	12% (19 besvarelser)	13% (7 besvarelser)
Når der blev lagt varme emner i posen	17% (54 besvarelser)	8% (8 besvarelser)	25% (40 besvarelser)	11% (6 besvarelser)
Når der var lidt affald i posen	3% (11 besvarelser)	2% (2 besvarelser)	6% (9 besvarelser)	0% (0 besvarelser)
Når der var meget affald i posen	15% (49 besvarelser)	12% (12 besvarelser)	17% (27 besvarelser)	19% (10 besvarelser)
Andet	15% (16 besvarelser)	8% (8 besvarelser)	1% (1 besvarelser)	13% (7 besvarelser)

På spørgsmålet om man har oplevet at de poser man tidligere anvendte er gået i stykker under brug, er andelen der svarer ja, i gennemsnit 47% (meget jævnt fordelt de tre respondentgrupper imellem; 45%-49%) og hermed væsentligt

højere end andelen der har oplevet dette med de bionedbrydelige plastposer (Tabel 5.10).

I gennemsnit svarer 78% (65%-88%) at de poser de tidligere anvendte, oftere gik i stykker end de bionedbrydelige plastposer (Tabel 5.11).

Tabel 5.10 Er de tidligere anvendte poser gået i stykker under brug?

	Ja	Nej
I alt	47% (276 besvarelser)	53% (307 besvarelser)
Posetype 1	49% (107 besvarelser)	51% (113 besvarelser)
Posetype 2	45% (87 besvarelser)	55% (108 besvarelser)
Posetype 3	49% (82 besvarelser)	51% (86 besvarelser)

Tabel 5.11 Går de tidligere anvendte poser i stykker?

	Oftere end de bionedbrydelige poser	Sjældnere end de bionedbrydelige poser
I alt	78% (181 besvarelser)	22% (50 besvarelser)
Posetype 1	82% (73 besvarelser)	18% (16 besvarelser)
Posetype 2	65% (49 besvarelser)	35% (26 besvarelser)
Posetype 3	88% (59 besvarelser)	12% (8 besvarelser)

På spørgsmålet om de bionedbrydelige plastposer er gået op i svejsningen i bunden af posen, svarer i gennemsnit 28% ja (Tabel 5.12). Det drejer sig om 32% og 35% for brugere af henholdsvis posetype 1 og posetype 2 og 15% for posetype 3's vedkommende.

Som udgangspunkt for opgørelse af andele i dette spørgsmål er anvendt det antal respondenter der har besvaret spørgeskemaets spørgsmål 4 ("Hvor længe har du anvendt de bionedbrydelige plastposer?") (Tabel 5.7). Der er flere der oplyser hvor længe de har anvendt de bionedbrydelige plastposer end der er respondenter der oplyser at de sorterer i organisk affald og restaffald.

Årsagen hertil formodes at være at de bionedbrydelige plastposer også er anvendt til usorteret affald i husstande der ikke foretager sortering i organisk affald og restaffald. Flere kommentarer angivet af respondenterne i spørgeskemaet understøtter denne formodning.

På spørgsmålet om i hvilke situationer poserne er gået i stykker, fordeler svarene sig for alle tre posetypers vedkommende nogenlunde ligeligt mellem de tre svarmuligheder der var givet i spørgeskemaet (Tabel 5.13).

Tabel 5.12 Er de bionedbrydelige poser gået op i svejsningen i bunden?

	Ja
I alt	28% (164 besvarelser)
Posetype 1	32% (70 besvarelser)
Posetype 2	35% (69 besvarelser)
Posetype 3	15% (25 besvarelser)

Tabel 5.13 Såfremt den bionedbrydelige pose er gået op i svejsningen i bunden, er det sket:

	Under afrivning af posen fra rullen	Mens posen sidder i stativet	Når posen bæres til affaldsbeholderen
I alt	31% (51 besvarelser)	40% (65 besvarelser)	29% (48 besvarelser)
Posetype 1	37% (26 besvarelser)	40% (28 besvarelser)	23% (16 besvarelser)
Posetype 2	26% (18 besvarelser)	39% (27 besvarelser)	35% (24 besvarelser)
Posetype 3	28% (7 besvarelser)	40% (10 besvarelser)	32% (8 besvarelser)

I gennemsnit svarer 75% (72%-84%) at de aldrig har oplevet at de bionedbrydelige poser har været utætte (Tabel 5.14).

Tabel 5.14 Har du oplevet, at de bionedbrydelige poser har været utætte?

	Nej, aldrig	Enkelte gange	Ja, flere gange	Ja, mange gange
I alt	75% (423 besvarelser)	17% (97 besvarelser)	5% (29 besvarelser)	3% (17 besvarelser)
Posetype 1	84% (182 besvarelser)	10% (22 besvarelser)	3% (7 besvarelser)	2% (5 besvarelser)
Posetype 2	66% (121 besvarelser)	25% (45 besvarelser)	6% (11 besvarelser)	3% (6 besvarelser)
Posetype 3	72% (120 besvarelser)	18% (30 besvarelser)	7% (11 besvarelser)	4% (6 besvarelser)

5.3.3.3 Øvrige forhold

På spørgsmålet om de bionedbrydelige poser sidder godt fast i stativet, svarer i gennemsnit 85% (83%-89%) ja (Tabel 5.15). Af de respondenter der svarer at poserne ikke sidder godt fast i stativet, svarer i gennemsnit 79% ja til at det er fordi posen ikke passer i størrelse til stativet. De resterende 21% svarer at de ikke anvender stativ, men fx spand, krukke eller balje.

Tabel 5.15 Sidder de bionedbrydelige poser godt fast i stativet?

	Ja	Nej
I alt	85% (475 besvarelser)	15% (82 besvarelser)
Posetype 1	83% (174 besvarelser)	17% (36 besvarelser)
Posetype 2	89% (167 besvarelser)	11% (20 besvarelser)
Posetype 3	84% (134 besvarelser)	16% (26 besvarelser)

Næsten alle respondenter svarer ja til at de lukker plastposerne med knude inden poserne placeres i den udendørs affaldsbeholder (Tabel 5.16).

I gennemsnit angiver 39% (34%-47%) at den bionedbrydelige plastpose er lettere at lukke/binde med knude end den pose der normalt anvendes. I gennemsnit 10% (9%-11%) angiver at den plastpose der normalt anvendes, er lettest at lukke/binde med knude, mens i gennemsnit 51% (43%-57%) angiver at der ikke er forskel (Tabel 5.17).

Tabel 5.16 Lukkes plastposerne med knude inden de anbringes i den udendørs affaldsbeholder?

	Ja	Nej
I alt	97% (569 besvarelser)	3% (19 besvarelser)
Posetype 1	98% (218 besvarelser)	2% (4 besvarelser)
Posetype 2	96% (189 besvarelser)	4% (7 besvarelser)
Posetype 3	95% (162 besvarelser)	5% (8 besvarelser)

Tabel 5.17 Hvilken pose er lettest at lukke/binde med knude?

	Den bionedbrydelige plastpose	Den plastpose, der normalt anvendes	Der er ingen forskel
I alt	39% (228 besvarelser)	10% (60 besvarelser)	51% (297 besvarelser)
Posetype 1	38% (83 besvarelser)	11% (24 besvarelser)	52% (114 besvarelser)
Posetype 2	34% (64 besvarelser)	9% (18 besvarelser)	57% (109 besvarelser)
Posetype 3	47% (81 besvarelser)	10% (18 besvarelser)	43% (74 besvarelser)

5.3.3.4 Baggrundsspørgsmål

Tabel 5.18 Hvor mange år har du frasorteret organisk affald til kommunens indsamling?

	Mindre end 1 år	1-2 år	Mere end 2 år
I alt	17% (97 besvarelser)	10% (56 besvarelser)	73% (414 besvarelser)
Posetype 1	17% (37 besvarelser)	9% (20 besvarelser)	74% (162 besvarelser)
Posetype 2	13% (25 besvarelser)	10% (19 besvarelser)	76% (143 besvarelser)
Posetype 3	22% (109 besvarelser)	11% (17 besvarelser)	68% (109 besvarelser)

Tabel 5.19 Bor i:

	Enfamiliehus/parcelhus	Kæde-/rækkehus	Lejlighed
I alt	36% (195 besvarelser)	2% (9 besvarelser)	62% (331 besvarelser)
Posetype 1	37% (82 besvarelser)	2% (4 besvarelser)	62% (138 besvarelser)
Posetype 2	36% (65 besvarelser)	3% (5 besvarelser)	61% (111 besvarelser)
Posetype 3	37% (48 besvarelser)	0% (0 besvarelser)	63% (82 besvarelser)

Som det fremgår af Tabel 5.19, fordeler respondenterne sig med 62% der bor i lejlighed, mens resten bor i parcelhus eller kæde-/rækkehus.

Der kan generelt ikke registreres væsentlige forskelle på besvarelserne afhængigt af om respondenterne bor i enfamiliebolig eller i lejlighed.

Den mest markante forskel kan registreres i spørgsmål 1 hvor 85% af de husstande der svarer at de ikke sorterer i organisk affald og restaffald, bor i lejlighed.

Derudover kan der ved følgende spørgsmål konstateres mere end 15 procentpoints forskel på svarene fra husstande i de to boligtyper:

- Spørgsmål 3 *Anvender du fortsat de bionedbrydelige plastposer?* Ved afkrydsningsmuligheden *Du frasorterer ikke længere organisk affald* bor 84% af de husstande der har sat kryds her, i lejlighed
- Spørgsmål 8 *Hvis du har oplevet, at en bionedbrydelig plastpose er gået i stykker, er det så sket:* Ved afkrydsningsmuligheden *Når der har været lidt affald i posen* bor 36% af de husstande der har sat kryds her, i lejlighed
- Spørgsmål 9 *Har du oplevet, at de bionedbrydelige plastposer har været utætte?* Ved afkrydsningsmuligheden *Mange gange* bor 29% af de husstande der har sat kryds her, i lejlighed
- Spørgsmål 15 *Hvor mange år har du frasorteret organisk affald til kommunens indsamling?* Ved afkrydsningsmuligheden *>2 år* bor 47% af de husstande der har sat kryds her, i lejlighed.

Tabel 5.20 Husstandsstørrelse

Posetype	0-3 år pr. husstand	4-18 år pr. husstand	>18 år pr. husstand	Alle personer pr. husstand
1	0,08	0,26	1,49	1,84
2	0,11	0,34	1,55	2,0
3	0,09	0,45	1,86	2,40
I alt	0,09	0,34	1,61	2,06

5.3.3.5 Kommentarer

Respondenterne er ved flere spørgsmål blevet opfordret til at give bemærkninger. Disse bemærkninger er nedenfor resumeret.

Spørgsmål 1 - Hvorfor sorteres ikke i organisk affald og restaffald?

Det er kun ca. 6% der oplyser at de ikke sorterer deres affald i organisk affald og restaffald. De husstande der i tilknytning til spørgsmål 1 i spørgeskemaet oplyser hvorfor de ikke sorterer deres affald, oplyser i en del tilfælde at årsagen til at de ikke sorterer, er at de har meget lidt affald. Andre svar er fx "Har ikke noget stativ", "Det er lidt besværligt", "Dårlig vane" og lignende.

Spørgsmål 3 - Hvorfor anvendes ikke længere de bionedbrydelige plastposer? Andre kommentarer

Der er her mange forskellige begrundelser for ikke længere at anvende de bionedbrydelige poser. Kommentarer spænder fra at poserne let går i stykker over at man ikke ved hvad der sker med affaldet (brændes det) til at hunden har spist rullen med poser.

Spørgsmål 8 - Yderligere situationer, hvor de bionedbrydelige poser er gået i stykker

Der er også her angivet en del forskellige situationer hvor poserne er gået i stykker. Det drejer sig fx om "Når der har været tungt affald", "Hvis der har været en skarp genstand i posen", "Ved jord fra en urtepotte". Ved posetype 2 (Sækko, 60°C) er der et par bemærkninger om at posen er gået i stykker ved "Lunkne ting".

Spørgsmål 10 - Sidder de bionedbrydelige poser godt fast i stativet? Andre årsager end at posen ikke passer i stativet

Her er det mest udbredte svar "Vi bruger ikke stativ" eller lignende.

Spørgsmål 14 - Hvilken posetype er samlet set mest anvendelig?

(Den bionedbrydelige pose (74%))

Bemærkninger drejer sig her primært om at man synes at posen er behageligere at håndtere end den normalt anvendte pose. Bemærkninger som "Den er rarest at have med at gøre", "Den er rummelig, blød og handy", "Nemmere at binde og meget solid", "De er meget elastiske", "Jeg synes at de er virkelig gode - håber at de fortsat kan fås". Desuden er der en del der svarer at de synes at de bionedbrydelige poser er bedst, netop fordi de er bionedbrydelige.

(Den posetype, der normalt anvendes (26%))

Bemærkningerne går her hovedsagelig på at de ikke passer til det stativ/eller andet man anvender. Nogle anvender normalt poser med snøre og er glade for det eller anvender meget kraftige poser. Desuden er der nogle bemærkninger om at den bionedbrydelige pose bliver fugtig uden på/at den sveder.

Ved posetype 2 (Sækko 60°C) er der også her nogle bemærkninger om at poserne går i stykker når der lægges varme ting i dem.

5.3.3.6 Samlet vurdering

På spørgsmålet om hvilken posetype respondenterne samlet set syntes var mest anvendelig/bedst - den bionedbrydelige plastpose eller den pose man plejede at anvende - svarede i gennemsnit 74% at de syntes at den bionedbrydelige plastpose var den bedste.

For alle tre posetyper vedkommende var andelen af respondenter der foretrak den bionedbrydelige plastpose, væsentligt højere end andelen af respondenter der foretrak den posetype de plejede at anvende. Lavest lå posetype 2 med 69% der foretrak denne frem for den posetype de plejede at anvende, og højest lå posetype 3 hvor 80% foretrak denne frem for den posetype de plejede at anvende (Tabel 5.12).

Tabel 5.21 Hvilken posetype er samlet set mest anvendelig/bedst?

	Den bionedbrydelige plastpose	Den plastpose, der normalt anvendes
I alt	74% (371 besvarelser)	26% (128 besvarelser)
Posetype 1	75% (137 besvarelser)	25% (46 besvarelser)
Posetype 2	69% (113 besvarelser)	31% (51 besvarelser)
Posetype 3	80% (121 besvarelser)	20% (31 besvarelser)

Generelt viser spørgeskemaundersøgelsen at der er stor tilfredshed med de bionedbrydelige plastposer.

Kun gennemsnitlig 16% er gået tilbage til den posetype de tidligere anvendte fordi de synes at den er bedre, ligesom der i gennemsnit er 78% der oplyser at de tidligere anvendte poser oftere gik i stykker under brug end de bionedbrydelige plastposer.

Betragtes forskellene i besvarelserne fra brugerne af de tre posetyper, ses det at posetype 3 generelt har fået en lidt mere positiv bedømmelse end de to øvrige posetyper.

Af Tabel 5.6 ses at kun 5% af brugerne af posetype 3 er gået tilbage til at anvende den tidligere anvendte posetype fordi denne var bedre, mens det var tilfældet for 19% og 20% for brugere af henholdsvis posetype 1 og posetype 2.

82% af brugerne af posetype 3 svarer nej til spørgsmålet om de bionedbrydelige plastposer er gået i stykker under brug, mens der for brugere af posetype 1 og 2 er henholdsvis 71% og 61% der svarer nej til spørgsmålet (Tabel 5.8). Ligeledes er der 88% af brugerne af posetype 3 der svarer at de poser de tidligere anvendte, gik i stykker oftere end de bionedbrydelige plastposer, mens de tilsvarende andele er 82% og 65% for henholdsvis posetype 1 og 2 (Tabel 5.11).

Det er kun 15% af brugerne af posetype 3 der oplyser at de har oplevet at de bionedbrydelige plastposer er gået op i svejsningen, mens der er tale om 32% og 35% for henholdsvis posetype 1 og 2 (Tabel 5.12).

Endvidere synes 47% af brugerne af posetype 3, at det er lettere at lukke/binde den bionedbrydelige plastpose med knude end de posetyper de tidligere anvendte, mens de tilsvarende andele er 38% og 34% af brugere af henholdsvis posetype 1 og 2. 10% finder derimod at den posetype de plejer at anvende, er lettest at lukke/binde med knude, mens den resterende andel ikke synes der i denne sammenhæng er forskel på den bionedbrydelige plastpose og den pose de plejer at anvende (Tabel 5.17).

5.4 Studietur

Der er foretaget en studietur til Schweiz den 16. og 17. september 2001 for at indhente viden om bionedbrydelige posers egnethed i relation til indsamling af

organisk dagrenovation bioforgasning eller kompostering. I Schweiz benytter man i udstrakt grad bionedbrydelige poser til dette formål.

Studieturen kom i stand med assistance fra Sækko og Polargruppen der fremstiller bionedbrydelige plastposer for Sækko i Mater-Bi-kvaliteter. Studiegruppen bestod af repræsentanter for Århus Kommunale Værker, Teknologisk Institut, Sækko og Miljøstyrelsen. Programmet i Schweiz var sammensat af René Estermann fra firmaet Komposto der på konsulentbasis rådgiver kommuner i Schweiz om indsamlingsordninger og biogas- og komposteringsanlæg.

I studieturen var indlagt en generel orientering om indsamlingssystemer i Schweiz efterfulgt af besøg til det ansvarlige kontor i Bienne for indsamling af byens affald og besøg på biogasanlægget VEGAS og Alfred Müller AG biogas- og komposteringsanlæg.

For to år siden begyndte anvendelse af bionedbrydelige plastposer i Bienne med godt resultat. Til opsamling af den organiske del af dagrenovationen benyttes bionedbrydelige poser i Mater-Bi NF-kvalitet i tykkelsen 20 µm og til haveaffald i 60 µm. Poserne har typisk et volumen på 5 liter, 10 liter og 15 liter og har siden 1999 kunnet købes i de større supermarkedskæder (Migros, Coop). Prisen for 10 stk. 5 liter poser er i størrelsesordenen 3 SFr og for 10 liter poser 3,8 SFr. De bionedbrydelige plastposer er meget populære til indvendig beklædning af det anvendte opsamlingsmateriel, og de fremstilles til dette formål i størrelserne 140 liter, 240 liter og 660 liter.

McDonald's afleverer i øjeblikket sit organiske affald til bioforgasning i bionedbrydelige plastposer.

Det er interessant at bemærke at man er begyndt at sælge frugt og grønt emballeret i bionedbrydelige plastposer som efterfølgende kan bruges som affaldsposer.

Den organiske del af dagrenovationen indsamles en gang om ugen for at reducere lugtgener. Der er ingen problemer med posernes mekaniske egenskaber ved dette indsamlingsinterval. Haveaffald indsamles hver anden eller tredje uge. Da man indsamler organisk dagrenovation for sig, giver det ikke anledning til problemer hvis poserne revner under transport som det vil være tilfældet ved Århus Kommunes indsamlingssystem.

Anvendes der en lukkemekanisme for poserne, er denne også fremstillet i bionedbrydeligt plastmateriale, og man sikrer sig at der ikke anvendes tungmetalholdige trykfarver på poserne. Myndighederne forlanger af poseleverandører at poserne er i overensstemmelse med den tyske standard DIN 54 900 for bionedbrydelige plastmaterialer.

Det er en fordel ved anvendelse af de bionedbrydelige plastposer at de er tilstrækkeligt transparente til at renovationsarbejderne kan kontrollere om borgerne lægger genstande i det "grønne" affald som ikke er tilladt, og man slår hårdt ned over for borgere der ikke overholder reglerne, idet de tvinges til selv at transportere affaldet til indsamlingsstationerne.

Ved interviews på biogasanlæggene vedrørende de bionedbrydelige plastposers egnethed i relation til bioforgasning var det et klart indtryk at man ikke mente at have praktiske problemer med poserne selvom de blev shreddet

direkte ned i rådnetanken. Dog skal det tilføjes at man på VEGAS renser rådnetanken for urenheder hver anden måned på grund af lange strimler fra de bionedbrydelige plasticsække til haveaffald eller til foring af beholdere og containere hvor man på biogasanlægget i Spørring kun forventer at skulle foretage service på tanken 1 gang om året. Man havde dog ikke foretaget tilsvarende grundige undersøgelser af de bionedbrydelige posers skæbne i rådnetanken svarende til de forsøg Teknologisk Institut foretog på Vaarst-Fjellerad biogasanlæg med nedsenkning af net med de bionedbrydelige plastposer.

Det er interessant at notere sig at hverken komposteringsanlæg eller biogasanlæg accepterer modtagelse af kød- og fiskeaffald på grund af BSE-problematikken.

Det blev på turen oplyst fra Sækko at man i Antwerpen har startet et indsamlingssystem for 200.000 husstande baseret på bionedbrydelige plastposer i Mater-Bi-kvalitet. Polargruppen fremhæver endvidere over for Teknologisk Institut at de bionedbrydelige Mater-Bi-baserede poser kan ånde vand igennem materialet, og at dette reducerer lugtgener fra affaldet samtidig med at der sker en vægtreduktion.

Novamont der fremstiller Mater-Bi, har endvidere oplyst at man nogle steder i Italien anvender bionedbrydelige plastposer til opsamling af organisk dagrenovation. Denne opsamling sker dagligt.

Med hensyn til schweiziske LCA-analyser på bionedbrydelige plastposer er det indtrykket at man ved miljøvurderingen indregner en større renhed af affaldet fordi poserne motiverer beboerne til at være mere omhyggelige i deres sorteringsarbejde. Dette understøttes af muligheden for at inspicere renheden gennem poserne på grund af deres transparens. Dette aspekt er ikke medtaget i Teknologisk Instituts miljøvurderinger af de bionedbrydelige plastposer.

6 Økonomiske vurderinger

6.1 Priser på poser

Priser på varer som fx affaldsposer er meget afhængige af den mængde der skal aftages, og det kan af hensyn til konkurrenceforhold være svært at få oplyst eksakte kvantumsrabatter.

Priserne i Tabel 6.1 skal derfor tages som et overslag over listepriser og må forventes at kunne ændres en del ved en større aktuel ordre. For alle plastbaserede poser er der regnet med en tykkelse på 25 μm hvilket er mere end den normalt forhandlede tykkelse på ca. 17 μm , og for papirposerne fra Bates regnes med standardtykkelsen (ca. 100 μm).

Tabel 6.1 Estimerede priser på poser

Nr.	Leverandør/posetype	Tykkelse (μm)	Volumen (liter)	Ved stk.	Listepris pr. pose Kr.
1	Trioplast/Biotec	25	17	25.000-200.000	Ca. 0,68
2	Sækko/Mater-Bi, grøn, 60°C	25	17	25.000-50.000	Ca. 0,6
3	Sækko/Mater-Bi, hvid, 90°C	25	17	25.000-50.000	Ca. 0,6
5, 6	Nordexport/Kina	25	17	25.000-50.000	Ca. 0,6
7	Cargill-Dow/Eco-PLA	25	17	Mange	Ca. 0,25
8	Eastman Chemical/Eastar	25	17	?	Ca. 0,80
9	Rosenlew/Ecoflex	25	17	?	Ca. 0,80
14	Bates/papirbiopose (8 l)	100	8	>50.000	Ca. 0,55
15	Polyethylen (LDPE)	25	17	Mange	< 0,20

Priserne for de bionedbrydelige plastposer fra Trioplast (nr. 1) og fra Sækko (nr. 2 og 3) er baseret på et aktuelt køb i det angivne interval. Det forventes at de bionedbrydelige poser fra Kina vil kunne købes for en sammenlignelig eller muligvis lavere pris.

Prisen på polyethylenposer (nr. 15) er typisk under 20 øre pr. pose ved indkøb af stort antal, mens poser af polyesterfolie (nr. 8 og 9) er vurderet til en pris på 4-4,5 gange en tilsvarende pose af PE, dvs. ca. 80 øre pr. pose.

Papirposerne fra Bates findes kun i en 8 og en 12 liter-version hvor det er 8 liter-versionen (nr. 14) der sammenlignes med i nærværende undersøgelse.

Polylactatposerne (nr. 7) er vurderet til en pris på ca. 25 øre. Dette er baseret på en planlagt storskalaproduktion af Eco-PLA hvor produktionen øges ved Cargill-Dow fra ca. 4.000-8.000 tons pr. år til 140.000 tons pr. år. Det nye anlæg skal være i drift i 2001 og forventes at kunne producere Eco-PLA til ca. 1.950 DM/ton hvilket kun er ca. 20% over produktionsprisen af polyethylen. Omkostningerne til poseblæsning af polylactatposer regnes sammenlignelige med omkostningerne til blæsning af polyethylenposer.

7 Referencer

Domela, I. og Nejrup, D. (1999)

Kort notat om afprøvningen af bionedbrydelige plastposer i Aalborg Kommune og på Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg

Pommer, K.; Bech, P.; Wenzel, H.; Caspersen, N. og Olsen, S.I. (2001)

Håndbog i miljøvurdering af produkter

Miljønyt nr. 58

Miljøstyrelsen

Tønning, K.; Ottosen, L.M.; Malmgren-Hansen, B.; Petersen, C. og Skovgaard, M. (1997)

Genanvendelse af dagrenovation - miljømæssig og økonomisk vurdering

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 85

Miljøstyrelsen

