

Miljøprojekt Nr. 702 2002

## DEHP i husholdningsaffald

Jesper Kjølholt, Jes la Cour Jansen og Claus Dahl Thomsen  
COWI Rådgivende Ingeniører A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

INDHOLD	3
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	5
SUMMARY AND CONCLUSIONS	8
1 INDLEDNING	11
1.1 BAGGRUND	11
1.2 FORMÅL	11
1.3 PROJEKTDELTAGERE	12
1.4 AKTIVITETER	12
2 BIOLOGISK BEHANDLING AF HUSHOLDNINGSAFFALD I DANMARK	13
2.1 OVERSIGT	13
2.2 BIOGASANLÆG	14
2.2.1 Studsgård Biogasanlæg	14
2.2.2 Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg	15
2.2.3 Grindsted Biogasanlæg	15
2.2.4 Århus Biogasanlæg	16
2.2.5 Andre biogasanlæg	17
2.3 KOMPOSTERINGSANLÆG	17
2.3.1 AFAV Komposteringsanlæg	17
2.3.2 Vejle Komposteringsanlæg	18
2.3.3 Audebo Komposteringsanlæg	19
2.3.4 Århus Komposteringsanlæg	20
2.3.5 Fredericia Komposteringsanlæg	21
3 PRØVETAGNING AF AFFALD PÅ BIOGAS- OG KOMPOSTERINGSANLÆG	22
3.1 INDLEDNING	22
3.2 KRAVVÆRDIER OG GENERELLE KONTROLKRAV TIL HUSHOLDNINGSAFFALD	23
3.2.1 Kravværdier	23
3.2.2 Krav ved sammenblanding af flere affaldstyper	24
3.2.3 Prøvetagningsfrekvens og prøvemængder	25
3.3 REPRÆSENTATIV PRØVETAGNING AF HUSHOLDNINGSAFFALD PÅ FORSKELLIGE ANLÆGSTYPER	26
3.3.1 Prøvetagning - anlægstype 1: Studsgård Biogasanlæg	26
3.3.2 Prøvetagning - anlægstype 2: Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg	26
3.3.3 Prøvetagning - anlægstype 3: Grindsted Biogasanlæg	27
3.3.4 Prøvetagning - anlægstype 4: AFAV komposteringsanlæg	27
3.3.5 Prøvetagning - anlægstype 5: Vejle Komposteringsanlæg	28
3.3.6 Prøvetagning - anlægstype 6: Audebo Komposteringsanlæg	29
3.3.7 Prøvetagning - anlægstype 7: Fredericia Komposteringsanlæg	29
3.4 UDSTYR TIL PRAKTISK HÅNDTERING AF HUSHOLDNINGSAFFALDSPRØVER	30

3.5 FORSLAG TIL "VEJLEDNING I PRØVETAGNING AF HUSHOLDNINGSAFFALD" I FORBINDELSE MED BIOLOGISK AFFALDSBEHANDLING	31
3.5.1 <i>Prøvetagning af slutprodukterne</i>	31
3.5.2 <i>Prøvetagning af sigtet husholdningsaffald</i>	32
3.5.3 <i>Prøvetagning af sigtet husholdningsaffald med strukturmateriale</i>	32
3.5.4 <i>Prøvetagning af usigtet, neddelt affald</i>	33
3.5.5 <i>Prøvetagning af usigtet, ikke-neddelt husholdningsaffald</i>	33
3.5.6 <i>Prøvetagning af sigtet, delvist behandlet husholdningsaffald</i>	33
3.5.7 <i>Prøvetagning af sigtet, delvist behandlet husholdningsaffald med strukturmateriale</i>	34
<b>4 OPARBEJDNING OG ANALYSE AF HUSHOLDNINGSAFFALD</b>	<b>35</b>
4.1 HOMOGENISERING AF AFFALDSPRØVER	35
4.2 OPARBEJDNING/EKSTRAKTION AF HOMOGENISEREDE AFFALDSPRØVER	36
4.3 DOKUMENTATION PÅ FORSKELLIGE AFFALDSTYPER	37
4.4 FORSLAG TIL VEJLEDNING I HOMOGENISERING OG OPARBEJDNING AF PRØVER AF HUSHOLDNINGSAFFALD	39
<b>5 UNDERSØGELSE AF DEHP I HUSHOLDNINGSAFFALD</b>	<b>40</b>
5.1 UNDERSØGELSESPROGRAM FOR HUSHOLDNINGSAFFALD	40
5.2 KARAKTERISERING AF STRUKTURMATERIALER	41
5.3 RESULTATER	42
5.3.1 <i>Affaldsprøver</i>	42
5.3.2 <i>Strukturmaterialeprøver</i>	44
5.4 DISKUSSION: SAMMENHÆNG MELLEM AFFALDSSORTERING OG PRODUKTKVALITET	46
5.5 FORSLAG TIL RETNINGSLINIER FOR KILDESORTERING, INDSAMLING OG FORBEHANDLING AF HUSHOLDNINGSAFFALD	48
<b>6 KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER</b>	<b>50</b>
6.1 BIOLOGISK BEHANDLING AF HUSHOLDNINGSAFFALD I DANMARK	50
6.2 PRØVETAGNING AF HUSHOLDNINGSAFFALD	50
6.2.1 <i>Repræsentativitet af affaldsprøverne</i>	50
6.2.2 <i>Prøvetagning af husholdningsaffald i praksis</i>	52
6.3 HOMOGENISERING OG OPARBEJDNING AF AFFALDSPRØVER	52
6.4 DEHP I HUSHOLDNINGSAFFALD	53
6.5 KARAKTERISERING AF STRUKTURMATERIALER	54
<b>7 LITTERATURLISTE</b>	<b>55</b>

Bilag 1: Forslag til procedure for homogenisering af kildesorteret husholdningsaffald og beslægtede affaldstyper

Bilag 2: Afprøvning af ekstraktionsmetoder og dokumentation på husholdningsaffald fra forskellige anlæg

Bilag 3: Metoder og resultater for undersøgelsesprogrammet for DEHP i husholdningsaffald fra seks udvalgte, biologiske behandlingsanlæg

# Sammenfatning og konklusioner

## *Baggrund og formål*

Det er i flere nyere undersøgelser påvist, at der kan være problemer med at overholde afskæringsværdien for DEHP i gødningsprodukter fra biologisk behandling af husholdningsaffald (dvs. kildesorteret organisk dagrenovation), hvilket kan begrænse genanvendeligheden af denne affaldsfraktion.

Miljøstyrelsen har derfor støttet gennemførelsen af dette projekt, der har haft følgende to konkrete hovedformål:

- At udvikle forslag til fremtidige fremgangsmåder for prøvetagning og analyse af husholdningsaffald, der ønskes udnyttet til jordbrugsformål.
- At belyse sammenhængen mellem affaldshåndtering og DEHP-indhold og skitsere retningslinier for fremtidig strategi for sortering og forbehandling.

## *Aktiviteter*

Projektet har omfattet følgende tre hovedkategorier af aktiviteter:

1. Identificering af strategier og muligheder for repræsentativ prøvetagning på biologiske behandlingsanlæg for husholdningsaffald samt praktisk afprøvning af metoder til udtagning af prøver. I den forbindelse er der foretaget en gennemgang og beskrivelse af de vigtigste danske anlæg.
2. Udvikling og dokumentation af laboratoriemetode til homogenisering og oparbejdning af kildesorteret husholdningsaffald, primært med henblik på bestemmelse af DEHP.
3. Belysning af den mulige sammenhæng mellem affaldskvalitet og indhold af DEHP i ubehandlet og (delvis) behandlet husholdningsaffald gennem undersøgelse på udvalgte danske behandlingsanlæg. Desuden udarbejdelse af forslag til strategi for nedbringelse af DEHP i denne affaldstype til et acceptabelt niveau.

### *1. Strategier for og metoder til prøvetagning af husholdningsaffald*

Der findes to hovedtyper af biologiske behandlingsprocesser for husholdningsaffald, bioforgasning og kompostering, og i alt omkring 20 anlæg i Danmark, der udfører dem. På trods af det begrænsede antal er der så mange konkrete forskelle i teknologi, indretning og drift, at det har været nødvendigt at definere syv kombinationer af indretning og affaldstyper for at kunne dække de forskellige situationer, der kan være relevante i en kontrolsammenhæng.

Grundlæggende er formålet med kontrollen af affald og/eller gødningsprodukt at sikre, at miljøbelastningen med forskellige kemiske stoffer holdes på et acceptabelt lavt niveau. Prøvetagningen bør derfor fokusere på den del af affaldet, der faktisk indgår i den biologiske behandlingsproces og efterfølgende ønskes genanvendt til jordbrugsformål og lignende. Samtidig skal der naturligvis tages hensyn til de gældende regler for kvalitetskontrol.

Hovedvanskeligheden er myndighedskravet om, at kvalitetskravene skal være overholdt inden der sker sammenblanding af forskellige affaldstyper. Dette

krav vil i en række tilfælde vil give store praktiske problemer for behandlingsanlæggene, når prøverne samtidig skal være repræsentative for det modtagne affald. Det er derfor vigtigt, at reglerne fortolkes og administreres på en måde, der både tilgodeser det overordnede formål med kontrollen og samtidig sikrer, at de formelle krav ikke bliver en hindring for udbredelsen af biologisk affaldsbehandling.

Især vil en fornuftig fortolkning inden for følgende to områder være vigtig:

- At begrebet "affaldsproducent" fortolkes på en operationel måde. Det vil i denne sammenhæng sige, at husholdningsaffald, der leveres fra flere oplandskommuner til det samme anlæg efter ensartede retningslinier, ikke betragtes som affald fra flere affaldsproducenter. Det vil nemlig medføre, at der skal føres kontrol med de indkommende læs fra hvert opland for sig, hvilket næppe vil kunne lade sig gøre i praksis. Der vurderes heller ikke at være væsentligt fagligt belæg for en sådan skelnen.
- At prøvetagning tillades foretaget, efter at strukturmateriale så som grenaffald, halm eller aviser er tilsat. Sådanne materialer benyttes ofte i forbindelse med kompostering af husholdningsaffald. I stedet kan man fastsætte standardbidrag for tungmetaller og miljøfremmede stoffer i sådanne materialer og foretage en simpel korrektionsberegning af indholdet af forurenende stoffer i råaffaldet.

En række praktiske metoder til udtagning, neddeling og homogenisering af husholdningsaffald har været afprøvet og der er identificeret udstyr, der kan foretage den forbehandling, der er påkrævet for at tilstrækkeligt homogene prøver kan leveres til analyselaboratorierne.

### *2. Homogenisering og oparbejdning af affaldsprøver i laboratoriet*

Der er som led i projektet udviklet en metode til homogenisering af delvis homogeniserede prøver af husholdningsaffald (med indhold af plast og andre urenheder). Metoden bygger på en kraftig nedfrysning af prøvematerialet med flydende nitrogen og efterfølgende findeling og homogenisering ved hjælp af en kødhakker.

Desuden er en række ekstraktionsmetoder for DEHP i affald blevet undersøgt, men har ikke givet anledning til at fravige den hidtil anvendte metode, der er identisk med Miljøstyrelsens metode for analyse af spildevandsslam. Den samlede metode er dokumenteret på husholdningsaffald fra tre forskellige anlæg og der blev opnået en præcision på  $\pm 30\%$ , hvilket må betegnes som tilfredsstillende for en så kompliceret prøvematrix som affald.

### *3. Sammenhæng mellem affaldskvalitet og indhold af DEHP*

For at belyse den mulige sammenhæng mellem affaldssortering og indhold af DEHP i kildesorteret husholdningsaffald blev der i efteråret 2000 gennemført et prøvetagnings- og analyseprogram på seks udvalgte anlæg, der foretager biologisk behandling af denne affaldstype. Der blev udvalgt tre biogas- og tre komposteringsanlæg, der på forhånd forventedes parvis at falde i tre kategorier ("god", "mellem" og "dårlig") hvad angik graden af kildesortering af det modtagne affald.

Resultaterne viste, at 10 ud af 11 prøver fra de "gode" og "mellemgode" anlæg kunne overholde afskæringsværdien for DEHP med god margin. Den sidste prøve fremstod visuelt som atypisk for det pågældende anlæg. På de "dårlige" anlæg overskred fem ud af seks prøver afskæringsværdien.

Det konkluderes, at de fleste af de eksisterende sorteringsvejledninger i sig selv er tilstrækkelig præcise og restriktive, således at der ikke bør være problemer med DEHP i affaldet, hvis husstandene efterlever vejledningerne.

Med hensyn til emballering af affaldet anbefales det, at husstandene benytter særlige papirposer til formålet, og at der i hvert fald kun accepteres bestemte typer af køkkenaffaldsposer af plast. Det bedste resultat opnås formentlig, hvis de affaldsposer husstandene skal benytte udleveres fra centralt hold.

Det vigtigste er at sikre, at vejledningernes krav rent faktisk bliver efterlevet. Dette kan for eksempel ske ved jævnlig information til husstandene om emnet samt konkret opfølgning på uacceptabel sortering hos enkelthusstande eller boligkarréer, f.eks. ved at man undlader at afhente affaldet eller forhøjer afhentningsafgiften.

Det anbefales anlæggene at etablere forbehandlingsudstyr, der kan frasortere de væsentligste urenheder inden den biologiske behandling påbegyndes. Derved kan afmitning af DEHP og andre forureninger til den organiske fraktion minimeres.

#### *Strukturmaterialer*

Projektet har endelig også omfattet en undersøgelse af fire typiske strukturmaterialers indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer. Det drejer sig om have-/parkaffald, halm, aviser og kulørte (reklame)tryksager. Generelt var stofniveauerne i prøverne lavere end 25% af de gældende grænse- eller afskæringsværdier. Undtagelserne var PAH i have-/parkaffald, arsen i kulørte tryksager og cadmium i 1 ud af 4 have-/parkaffaldsprøver og 1 ud af 2 halmprøver.

Det foreslås at fastsætte et standardbidrag fra tungmetaller og miljøfremmede stoffer i strukturmaterialer, der udgør den fundne gennemsnitsværdi plus standardafvigelsen på denne.

# Summary and conclusions

## *Background and objectives*

A number of recent studies in Denmark on contaminants in biologically treated waste has revealed problems with regard to compliance with current threshold limits for the plasticizer DEHP in organic fertilisers produced from the organic fraction of domestic waste. This can limit the possibilities of recycling for this waste category.

Therefore, the Danish Environmental Protection Agency has financed this study, which has two main objectives:

- to develop methods and procedures for sampling and analysis of domestic waste for use as organic fertiliser;
- to investigate the possible relation between waste collection schemes and contents of DEHP in the waste, and to outline possible future collection and pre-treatment strategies.

## *Activities*

The study comprised three main categories of activities:

1. Identification of possibilities and strategies for representative sampling of waste at facilities for biological treatment of domestic waste, and practical testing of sampling equipment and methods. For that purpose, a review and description of the existing Danish treatment plants was made.
2. Development and documentation of a laboratory method for homogenisation and work-up of samples of organic domestic waste, primarily with the aim of determining the content of DEHP.
3. Analysis and assessment of the possible relation between the quality (purity) of the organic waste fraction and the content of DEHP through an investigation at selected Danish plants for biological treatment of domestic waste. Proposal of a strategy to reduce the content of DEHP in this waste category to an acceptable level.

## *1. Strategies and methods for sampling of domestic waste*

There are two main types of processes used in Denmark for biological treatment of domestic waste (composting and anaerobic digestion for production of biogas) and about 20 facilities carrying out such treatments. Despite this modest number of facilities, there are so many specific differences in design and operation procedures that it has been necessary to define seven treatment scenarios to cover the spectrum of situations that could become relevant in an environmental control context.

Basically, the purpose of the environmental quality control of the biowaste or the derived organic fertiliser is to ensure that the environmental loads of various contaminants are kept at an acceptably low level. The sampling procedure should therefore focus on the fraction of the waste that is actually being treated biologically and subsequently is used for soil improvement purposes in agriculture and elsewhere. At the same time the current rules for quality control must be taken into account.



The main issue to tackle in that context is linked to the regulatory requirement that the quality standards must be observed for each waste fraction i.e. before any mixing of different types of waste (e.g. household waste with garden waste) takes place. This requirement will cause considerable practical problems at the treatment plants since the samples taken must also be representative of the waste received at the plant. Therefore, it is important that the rules are interpreted and administered in a way so as to comply with the overall purpose of measuring contaminant levels in the waste while at the same time not becoming an obstacle to the desired extension of biological treatment of biowaste in Denmark.

In particular, a reasonable interpretation is important for the following:

- The term "producer of waste" must be interpreted in an operational manner. This means that organic domestic waste delivered to a treatment plant from different places, but according to identical prescriptions of waste sorting and collection, should be perceived as waste from only one producer. If not, it would be necessary to control every truck load separately which, obviously, would hardly be possible in practice. Neither is it considered necessary due to the homogeneity of the Danish households with regard to food consumption, use of everyday products etc.
- Sampling should be allowed after the addition of materials for structural improvement of the waste matrix during the biological treatment process such as garden/park waste, straw or newspapers. Fixed standard contents of various contaminants in such materials could be determined after which simple back-calculations could be made of the contents in the household waste itself. Hereby practical sampling difficulties could be reduced considerably and, in many cases, a higher degree of representativity of samples obtained.

A number of practical methods and equipment for sampling and partial homogenisation of household waste have been tested and suitable equipment has been identified that can produce samples which can be handled by analytical laboratories in a routine manner.

### *2. Homogenisation and work-up of household waste samples in the laboratory*

The study has included experimental work to develop a laboratory method for final homogenisation of household waste samples (with contents of plastic and other impurities). The method uses an initial strong freezing of the sample material by means of liquid nitrogen followed by division into finer particles in a professional mincing machine.

In addition to this, a number of extraction methods for DEHP from the homogenised sample were tested. However, no justification was found for the replacement of the method currently in use, the method of the Danish EPA for sewage sludge analysis. The combined method (homogenisation, extraction and analysis) was documented using waste from three different treatment plants and a precision of  $\pm 30\%$  was achieved. This is considered acceptable for a sample matrix as complex as household waste.

### *3. Relation between waste quality and content of DEHP*

To examine the possible relation between waste separation efficiency and content of DEHP in source separated household waste, a programme of sampling and analyses at six selected biological treatment plants was conducted in the autumn of 2000. Three biogas plants and three composting

plants were selected for the programme which beforehand were believed to be grouped in pairs in three categories ("good", "average" and "poor") with regard to the degree of source separation. The results showed that 10 out of 11 samples from "good" and "average" plants had contents of DEHP well below the maximum allowable concentration (MAC). The last sample had a visual appearance that was atypical for the plant in question. At the "poor" plants five out of six samples exceeded the MAC for DEHP.

The conclusion is that in general the existing guidelines to the households for source separation of household waste are sufficiently precise and restrictive to ensure an acceptable waste quality as far as DEHP is concerned.

With regard to packaging of household waste it is recommended that dedicated paper bags for kitchen waste are used by the households or, at least, that only special types of plastic waste bags are accepted. Probably, the best result will be achieved if the waste collection companies also deliver the waste bags directly to the households.

Actually, the most important thing for the municipalities, the treatment plants and the waste collection companies is to ensure that the households comply with the guideline requirements when separating their waste. This can be achieved by a combination of frequent information campaigns to the citizens and specific measures against repeated violations of the guideline requirements by single households e.g. that the waste is simply not being collected or the collection fee is raised.

It is recommended that the treatment plants install pre-treatment equipment that can separate the most significant impurities from the organic fraction before the biological treatment is commenced. Hereby, the transfer of DEHP and other contaminants in the impurities will be minimised.

#### *Materials for improvement of waste structure*

Finally, the study included an investigation of the contents of heavy metals and organic pollutants in four typical types of materials used for structural improvement of waste in connection with biological treatment processes. The four materials were garden/park biowaste, straw, newspapers and coloured printed matters (e.g. advertising brochures from supermarkets etc.). Generally, the contaminant levels were below 25% of the MAC values. The exceptions were PAHs in garden/park biowaste, arsenic in coloured printed matters and cadmium in 1 out of 4 garden/park waste samples and in 1 out of 2 straw samples.

It is proposed to determine standard contents of heavy metals and organic pollutants for these materials at the average value of the values determined in this study plus the standard deviation of this value.

# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

Miljø- og Energiministeriet har fastsat grænseværdier for syv tungmetaller og afskæringsværdier for fire miljøfremmede stoffer, der skal overholdes, hvis man ønsker at anvende spildevandsslam og en række andre organiske affaldsprodukter til jordbrugsformål. Også anvendelse af biologisk behandlet, kildesorteret husholdningsaffald (dagrenovation) til disse formål er omfattet af det pågældende regelsæt (Miljø- og Energiministeriet 2000). Den biologiske behandling kan bestå i enten bioforgasning eller kompostering.

Det er imidlertid i to nyere undersøgelser (Miljøstyrelsen 1998 og 1999) påvist, at der i en del tilfælde er problemer for gødningsproduktet fra den biologiske affaldsbehandling med at overholde afskæringsværdien for plastblødgøreren DEHP. Dette forhold kan potentielt begrænse anvendeligheden af en ikke ubetydelig del af dette affaldsprodukt.

De to nævnte undersøgelser har desuden vist, at der er betydelige forskelle mellem forskellige behandlingsanlæg med hensyn til affaldsprodukternes indhold af DEHP. Forskellen kan muligvis tilskrives forskelle i kvaliteten af det indkommende affald eller i selve behandlingsforløbet. Undersøgelserne viste tillige, at der var prøvetagnings- og analysemæssige forhold, som nødvendigvis måtte afklares førend man kan kunne forvente at komme videre med de overordnede problemstillinger.

Der blev derfor i foråret 1999 gennemført et forprojekt, der primært fokuserede på de tekniske begrænsninger, men også søgte at underbygge antagelsen om relationerne mellem affaldssorteringens kvalitet og affaldets indhold af DEHP (Energistyrelsen 1999). Forprojektets resultater indikerede, at de prøvetagnings- og analysetekniske problemer formentlig ville kunne overvindes, og at der var betydelige forskelle mellem DEHP-indhold i husholdningsaffald fra anlæg med synlige forskelle i kvaliteten af kildesortering.

Det blev derfor besluttet at følge forprojektet op med et hovedprojekt, der hermed afrapporteres.

## 1.2 Formål

Hovedprojektets langsigtede formål er at bidrage til muligheden for en øget udnyttelse af gødningsværdien i kildesorteret husholdningsaffald til jordbrugsformål ved at identificere årsagerne til uacceptabelt høje indhold miljøfremmede stoffer, især DEHP.

Konkret har projektet haft to hovedformål:

- At belyse sammenhængen mellem affaldshåndtering og DEHP-indhold og skitsere retningslinier for fremtidig strategi for sortering og forbehandling.
- At udvikle forslag til fremtidige standard fremgangsmåder for prøvetagning og analyse af husholdningsaffald, der ønskes udnyttet til jordbrugsformål.

### 1.3 Projektdel tagere

Projektet er planlagt og gennemført under ledelse af et projekthold fra COWI Rådgivende Ingeniører AS. Civilingeniør Jesper Kjølholt har været projektleder, mens øvrige gennemgående personer har været akademiingeniør Claus Dahl Thomsen og maskintekniker René Demin. Desuden har cand.tech.soc. Bo Gerner og cand.scient. Morten Birkved deltaget i prøvetagningsprogrammet.

Professor Jes la Cour Jansen har deltaget som ekstern konsulent med særligt ansvar for beskrivelse af overordnede strategier for prøvetagning.

Miljø-Kemi A/S har, med Yvonne Simonsen som ansvarlig projektleder, forestået den praktiske udvikling af den foreslåede oparbejdningsmetode for husholdningsaffald samt udført det kemiske analysearbejde i forbindelse med projektet.

Miljøstyrelsens ansvarlige repræsentant har været civilingeniør Svend-Erik Jepsen, Husholdningsaffaldskontoret.

### 1.4 Aktiviteter

Projektet har omfattet aktiviteter inden for følgende tre hovedkategorier:

1. Udvikling og dokumentation af laboratoriemetode til homogenisering og oparbejdning af kildesorteret husholdningsaffald, primært med henblik på bestemmelse af DEHP.
2. Identificering af strategier og muligheder for repræsentativ prøvetagning og praktisk afprøvning af metoder til udtagning af prøver på biologiske behandlingsanlæg for husholdningsaffald.
3. Belysning af den mulige sammenhæng mellem affaldskvalitet og indhold af DEHP i ubehandlet og (tildels) behandlet husholdningsaffald gennem undersøgelse på udvalgte danske behandlingsanlæg. Desuden udarbejdelse af forslag til strategi for nedbringelse af DEHP i denne affaldstype til et acceptabelt niveau.

De nævnte tre hovedelementer blev i slutningen af projektforløbet suppleret med en undersøgelse af DEHP og andre miljøfremmede stoffer samt tungmetaller i fire materialer, der typisk anvendes som strukturmateriale i forbindelse med biologisk affaldsbehandling (især kompostering).

Projektet blev påbegyndt i begyndelsen af 2000 og er afsluttet med forslag til endelig rapport i juni 2001.

## 2 Biologisk behandling af husholdningsaffald i Danmark

### 2.1 Oversigt

Biologisk behandling af husholdningsaffald<sup>1</sup> udføres i dag på en lang række anlæg, beliggende jævnt fordelt over landet. Behandlingen gennemføres i henhold til to forskellige metoder, nemlig ved bioforgasning og ved kompostering. Kompostering af husholdningsaffald har stor udbredelse, mens bioforgasning af denne affaldstype er begrænset.

Der er nu truffet beslutning om at lukke det største danske forgasningsanlæg for husholdningsaffald, Nordsjællands Biogasanlæg, og dette anlæg vil derfor ikke blive omtalt yderligere i det følgende.

I dette kapitel præsenteres de biogas- og komposteringsanlæg, der har størst kapacitet og driftserfaring mht. behandling af husholdningsaffald. Endvidere præsenteres udvalgte, mindre anlæg, der behandler eller har planer om at behandle husholdningsaffald. Kriteriet for udvælgelsen af disse anlæg er, at de i indretning/proces adskiller sig fra de allerede beskrevne behandlingsanlæg. Anlægsbeskrivelserne er udarbejdet som grundlag for udvælgelsen af anlæg til den konkrete undersøgelse af DEHP i husholdningsaffald, der blev gennemført i efteråret 2000 (se kapitel 5).

Beskrivelsen omfatter følgende anlæg:

- Studsgaard Biogasanlæg
- Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg
- Grindsted Biogasanlæg
- Århus Biogasanlæg.
  
- AFAV Komposteringsanlæg (Frederikssund)
- Vejle Komposteringsanlæg
- Audebo Komposteringsanlæg
- Århus Komposteringsanlæg
- Fredericia Kompostanlæg.

Det skal bemærkes, at biogasanlægget ved Sinding-Ørre indgår i beskrivelsen af anlægget ved Studsgaard. Endvidere skal det bemærkes, at Århus Komposteringsanlæg ikke for tiden er i drift.

Anlægsbeskrivelserne i dette kapitel giver en oversigtlig præsentation med hensyn til beliggenhed, opland, indretning og drift, behandlede affaldstyper og frembragte gødningsprodukter, mens der i kapitel 3 (afsnit 3.3) gås mere i detaljer med anlæggenes indretning og håndtering af de forskellige affaldstyper ud fra en prøvetagningssynsvinkel.

---

<sup>1</sup> Husholdningsaffald skal i denne sammenhæng opfattes som kildesorteret dagrenovation.

## 2.2 Biogasanlæg

### 2.2.1 Studsgård Biogasanlæg

#### 2.2.1.1 *Beliggenhed og opland*

Biogasanlægget er beliggende i den sydvestlige del af Herning Kommune. Anlæggets opland omfatter udvalgte indsamlingsområder i Herning Kommune samt kommuner, der i forbindelse med pilotforsøg har fået adgang til behandlingskapacitet. Oplandet omfatter både have- og etageboliger. Det skal bemærkes, at anlægget har et søsteranlæg beliggende ved Sinding-Ørre. De to anlæg anvendes parallelt således at husholdningsaffaldet behandles dér, hvor der aktuelt er kapacitet til behandling af denne type biomasse.

#### 2.2.1.2 *Anlægs- og procesbeskrivelse*

Studsgård Biogasanlæg har en kapacitet på 7.000 tons dagrenovation/ år (anlægget ved Sinding-Ørre kan behandle ca. 4.500 tons/ år). Anlægget er indrettet som et termofilt behandlingsanlæg for husdyrgødning og erhvervsaffald. Anlægskomponenterne består af modtagetanke, hygiejniseringsstank, biogasreaktorer, efterhygiejniseringsstanke samt lagertanke. Forbehandlingen, der udføres på et sorteringsanlæg beliggende ved Knudmoseværket i Herning (det kommunale forbrændingsanlæg), omfatter poseoplukning med skruekværn, grovsigtning på rullensigte, frasisigtning af de tunge fraktioner samt fin neddeling. Den biologiske behandling omfatter to adskilte linier, hvoraf kun det ene behandler husholdningsaffald. I linien med husholdningsaffald omfatter processen iblanding af forbehandlet husholdningsaffald i husdyrgødning, hygiejniserings, udrådning (16 dage) samt separering af fibre (>3mm) og væske. Væsken oplagres i lagertank før videre transport til landbrug og fibre køres til forbrænding.

#### 2.2.1.3 *Affaldssortering og -indsamling*

Vejledningen for affaldssortering foreskriver udsortering af madaffald af vegetabilsk og animalsk oprindelse, aftørningspapir samt efterladenskaber fra kæledyr ekskl. kattegrus. Bleer accepteres ikke. Indsamlingssystemet i Herning Kommune omfatter to-delte udendørs beholdere med kamre til opsamling af henholdsvis organisk affald og restaffald. Der er ikke stillet specifikke krav til typen af indendørs opsamlingsmateriel. Indsamling af affaldet foretages hver 2. uge. Øvrige kommuner anvender andre systemer.

#### 2.2.1.4 *Affaldstyper og -mængder*

De anvendte affaldstyper omfatter den organiske del af dagrenovation (10-11%) samt husdyrgødning inkl. den tilladte mængde slagteriaffald (89-90%). Den behandlede totalmængde husholdningsaffald udgjorde i 2000 ca. 3.000 tons.

#### 2.2.1.5 *Kvalitet af affald og gødningsprodukt*

Renheden af det indsamlede husholdningsaffald er meget varierende, afhængigt af oprindelsessted herunder boligtypen. Affald fra selve Herning Kommune har normalt en relativt god renhedsgrad, mens affaldskvaliteten fra øvrige kommuner i oplandet ofte er mere svingende.

#### *2.2.1.6 Anvendelse af gødningsprodukt*

Det frembragte gødningsprodukt produceret af biomasse med indhold af husholdningsaffald sammenblandes med øvrige gødningsprodukter og anvendes til udbringning på landbrugsjord.

### **2.2.2 Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg**

#### *2.2.2.1 Beliggenhed og opland*

Biogasanlægget er beliggende i den sydøstlige del af Ålborg Kommune. Anlæggets opland omfatter udvalgte indsamlingsområder i kommunen. Oplandet omfatter både have- og etageboliger.

#### *2.2.2.2 Anlægs- og procesbeskrivelse*

Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg har en beregnet kapacitet på ca. 4.000 tons dagrenovation/ år. Anlægget er indrettet som et termofilt behandlingsanlæg for husdyrgødning og erhvervsaffald. Anlægskomponenterne består af fortanke, rådnetanke og lagertanke. Den biologiske behandling af husholdningsaffald foregår i en separat behandlingslinie, og først efter afgasning blandes affaldet med de andre materialer.

Forbehandling af husholdningsaffald foretages i en såkaldt DeWaster, der separerer plast og andre større emner fra biomassen. Biomassen neddeles i samme proces til en grødagtig masse. Den videre behandling af husholdningsaffaldet omfatter forbehandling, udrådning (opholdstid p.t. mindst 200 døgn pga. meget lille belastning) samt oplagring. Udrådning sker i en 300 m<sup>3</sup> tank. Oplagring sker sammenblandet med afgasset gylle.

#### *2.2.2.3 Affaldssortering og -indsamling*

Vejledning for affaldssortering foreskriver udsortering af madaffald af vegetabilsk og animalsk oprindelse, aftøringspapir samt efterladenskaber fra kæledyr ekskl. kattegrus. Bleer accepteres ikke.

Indsamlingssystemer er under afprøvning. Der anvendes plastposer indendørs og papirposer udendørs. Indsamling sker hver 14. dag henholdsvis hver uge i have- henholdsvis etageboligområder.

#### *2.2.2.4 Affaldstyper og -mængder*

De anvendte affaldstyper omfatter husholdningsaffald (90%) og affald fra små erhvervskøkkener (10%) i den separate linie for husholdningsaffald. Selve biogasanlægget benytter gylle inkl. slagteriaffald som grundmasse. Den behandlede totalmængde husholdningsaffald udgjorde i 2000 ca. 600 tons.

#### *2.2.2.5 Kvalitet af affald og gødningsprodukt*

Renheden af husholdningsaffald, der anvendes på nuværende tidspunkt, er på et niveau, der ikke giver store driftsforstyrrelser. Dette forventes forbedret yderligere, når DeWasteren er endeligt udviklet og indkørt.

#### *2.2.2.6 Anvendelse af gødningsprodukt*

Det frembragte gødningsprodukt afsættes til jordbrugsformål.

### **2.2.3 Grindsted Biogasanlæg**

#### *2.2.3.1 Beliggenhed og opland*

Bioforgasningen af husholdningsaffald foregår i det kommunale renseanlægs rådnetank, hvor der desuden udrådnes spildevandsslam og organisk erhvervsaffald. Anlægget er beliggende på åben mark et par kilometer vest for

Grindsted by. Oplandet omfatter udvalgte indsamlingsområder i Grindsted Kommune og der indgår både have- og etageboliger.

#### *2.2.3.2 Anlægs- og procesbeskrivelse*

Grindsted Biogasanlæg har en planlagt kapacitet på 3.500 tons dagrenovation/år. Anlægget er indrettet som et mesofilt behandlingsanlæg med indbygget hygiejniserings for slam og husholdningsaffald. Anlægskomponenterne består af modtagesilo, forbehandlingsanlæg, pulper, mellemlagringstanke, rådnetank (biogasreaktor) samt separationsanlæg.

Forbehandlingen af husholdningsaffaldet omfatter grovneddeling vha. tromlekværn, metalseparation samt finneddeling. Det forhandlede affald blandes med slam i en pulper, hvorefter den pulpede masse via en masserator ledes til mellemlagringstanke.

Bioforgasningen udføres i en udrådningstank og omfatter et hygiejniseringsstrin (1 time ved 70 grader) før processen gøres færdig ved 40 grader. Efter udrådning separeres biomassen i fast stof og i en væskefraktion.

#### *2.2.3.3 Affaldssortering og -indsamling*

Vejledning for affaldssortering i husstandene foreskriver udsortering af madaffald af vegetabilsk og animalsk oprindelse, aftørringspapir samt efterladenskaber fra kæledyr ekskl. kattegrus. Bleer accepteres ikke. Indsamlingssystemet omfatter to udendørs beholdere til opsamling af henholdsvis organisk og restaffald: Der er stillet krav om anvendelse af papirposer indendørs. Indsamling af affaldet foretages hver anden uge.

#### *2.2.3.4 Affaldstyper og -mængder*

De anvendte affaldstyper omfatter husholdningsaffald (10%), erhvervsaffald (10%) samt slam (80%). Den behandlede totalmængde husholdningsaffald udgjorde i 2000 ca. 1.200 tons.

#### *2.2.3.5 Kvalitet af affald og gødningsprodukt*

Renheden af det indleverede husholdningsaffald er generelt høj.

#### *2.2.3.6 Anvendelse af gødningsprodukt*

Det frembragte gødningsprodukt, der hovedsageligt består af behandlet spildevandsslam, afsættes til jordbrugsformål.

### **2.2.4 Århus Biogasanlæg**

#### *2.2.4.1 Beliggenhed og opland*

Biogasanlægget er beliggende i landlige omgivelser i den nordvestlige del af Århus Kommune. Anlæggets opland vil pr. 1. februar 2001 omfatte udvalgte indsamlingsområder i Århus by. Oplandet vil omfatte både have- og etageboliger.

#### *2.2.4.2 Anlægs- og procesbeskrivelse*

Århus Biogasanlæg har en planlagt kapacitet på 17.000 tons dagrenovation/år. Anlægget er i dag indrettet som et mesofilt behandlingsanlæg for husdyrgødning og erhvervsaffald, men kan om nødvendigt omstilles til termofil drift. Anlægskomponenterne består af eksternt forbehandlingsenhed, blandetank, hygiejniserings-/ hydrolysetank, biogasreaktor samt separationstank og lagertank.

Forbehandlingen vil omfatte en optisk separering af indleverede affaldsposer, poseoplukning med opriver samt grovsigtning og moderat neddeling. Den biologiske proces vil omfatte sammenblanding af de forskellige typer biomasse. Biomassen hygiejniseres inden tilførsel til rådnetanken. Efter



udrådning separeres biomassen i fibre og gødningsvæske. Væsken oplagres før anvendelse til landbrugsformål.

#### *2.2.4.3 Affaldssortering og -indsamling*

Vejledning for affaldssortering i husstandene vil foreskrive udsortering af madaffald af vegetabilsk og animalsk oprindelse, aftørringspapir samt efterladenskaber fra kæledyr ekskl. kattegrus. Bleer vil ikke fra start indgå som råmateriale, men overvejes inddraget.

Indsamlingssystemet vil omfatte én udendørs beholder til opsamling af både organisk henholdsvis restaffald, der opsamles i hver sin pose (forvalgt farve pr. fraktion). Indsamling af affaldet vil ske på ugebasis.

#### *2.2.4.4 Affaldstyper og -mængder*

De anvendte affaldstyper vil omfatte husholdningsaffald (11-12%), erhvervsaffald (12-13%) og gylle (75-77%). Den behandlede totalmængde husholdningsaffald udgjorde i forbindelse med forsøgskørsler i 1999 ca. 3.800 tons.

#### *2.2.4.5 Kvalitet af affald og gødningsprodukt*

Renheden af det indleverede husholdningsaffald kan ikke bedømmes, da der fortsat er forsøg i gang mht. til indsamlingsordningen.

#### *2.2.4.6 Anvendelse af gødningsprodukt*

Det frembragte gødningsprodukt, med periodevist indhold af husholdningsaffald, forventes afsat til jordbrugsformål.

### **2.2.5 Andre biogasanlæg**

Der findes andre biogasanlæg, hvor der også er mulighed for inddragelse af organisk affald i biomassen til biogas produktion. Blandt disse anlæg kan nævnes Nysted henholdsvis Snertinge Biogasanlæg. Disse anlæg afviger ikke væsentligt fra de beskrevne anlæg, hvorfor nærmere beskrivelse ikke opstilles.

## **2.3 Komposteringsanlæg**

### **2.3.1 AFAV Komposteringsanlæg**

#### *2.3.1.1 Beliggenhed og opland*

AFAV Komposteringsanlæg er beliggende i Frederikssund Kommune umiddelbart syd for Frederikssund by. Foruden beliggenhedskommunen omfatter anlæggets opland Helsingø, Hundested, Jægerspris, Slangerup, Stenløse og Ølstykke kommuner. Oplandet omfatter både have- og etageboliger.

#### *2.3.1.2 Anlægs- og procesbeskrivelse*

AFAV Komposteringsanlæg har en kapacitet på ca. 15.000 tons/ år. Anlægskomponenterne omfatter et overdækket forbehandlingsanlæg, hvori findes modtagegrube, forkomposteringstromle, sigter samt et udendørs komposteringsareal med beluftningskanaler i betonplade. Alle udendørs håndteringer af komposten sker med mobilt materiel. Anlæggets proces omfatter forbehandling, kontrolleret milekompostering og sigtning. Forbehandlingen omfatter blanding af husholdningsaffald og papir, poseoplukning vha. ribber placeret i forkomposteringstromlen (opholdstid ca. 3 døgn) samt frasortering i to trin, resulterende i partikelstørrelse <25mm. Komposteringen gennemføres over 10 uger i miler på udendørs areal. Milerne

luftes med portalvender og der suges kontinuert via beluftningskanaler. Råkomposten sigtes i tromlesigte (partikelstørrelse <10mm) før eftermodning og afsætning.

#### *2.3.1.3 Affaldssortering og -indsamling*

Sorteringsvejledningen foreskriver udsortering af alt madaffald af animalsk og vegetabilsk oprindelse, aftørringspapir og bleer.

Indsamlingssystemet omfatter en udendørs sæk/ beholder til opsamling af det organiske affald, der er opsamlet i udleveret pose. Indsamling af affaldet sker hver anden uge (én kommune har dog ugeindsamling).

#### *2.3.1.4 Affaldstyper og -mængder*

De anvendte affaldstyper omfatter den organiske del af dagrenovation (77-82%), aviser/ ugeblade (8%) og haveaffald (10-15%). Den behandlede mængde husholdningsaffald udgjorde i 2000 ca. 10.000 tons.

#### *2.3.1.5 Kvalitet af affald og gødningsprodukt*

Renheden af det indleverede dagrenovation er varierende, afhængigt af oprindelsessted. Den dårligste kvalitet ses ofte fra etageboligområder.

Den frembragte kompost kan normalt overholde slambekendtgørelsens afskæringsværdi for DEHP.

#### *2.3.1.6 Anvendelse af gødningsprodukt*

Den frembragte kompost afsættes til private husholdninger, boligforeninger, enkelte gartnerier/ landbrug og tekniske forvaltninger i oplandets kommuner.

### **2.3.2 Vejle Komposteringsanlæg**

#### *2.3.2.1 Beliggenhed og opland*

Vejle Komposteringsanlæg er beliggende i Vejle Kommune, i et erhvervsområde umiddelbart vest for Vejle by. Foruden beliggenhedskommunen omfatter anlæggets opland Jelling Kommune. Oplandet omfatter både have- og etageboliger.

#### *2.3.2.2 Anlægs- og procesbeskrivelse*

Vejle Komposteringsanlæg har en kapacitet på ca. 10.000 tons/år.

Anlægskomponenterne omfatter en forkomposteringstromle med indbyggede sigter, et overdækket milekomposteringsanlæg hvor aktiv beluftning af råmaterialet kan udføres, samt et udendørs eftermodningsanlæg.

Anlæggets proces omfatter forbehandling, kontrolleret kompostering og eftermodning. Forbehandlingen omfatter poseoplukning vha. pigge placeret i forkomposteringstromlen, frasing af plastposer samt grovsigtning (partikelstørrelse <50mm). Komposteringsprocessen omfatter en kontrolleret forkompostering i en DANO-tromle (ophold ca. 1 døgn), kompostering i miler på overdækket areal (ophold i 10 uger) samt eftermodning i udendørs miler i 10-14 uger.

Under kompostering beluftes milerne dels via luftkanaler etableret under milearealets gulv dels med portalvender. I eftermodningsfasen beluftes milerne med portalvender.

Råkomposten sigtes i tromlesigte (partikelstørrelse <10mm) før salg.

#### *2.3.2.3 Affaldssortering og -indsamling*

Sorteringsvejledningen foreskriver udsortering af alt madaffald af animalsk og vegetabilsk oprindelse, aftørringspapir og bleer. Affaldspapir tilsættes periodevist i begrænsede mængder.

Indsamlingssystemet omfatter én udendørs beholder til opsamling af både det organiske affald og restaffaldet, der opsamles i hver sin pose (grøn henholdsvis sort farve). Indsamling af affaldet foretages hver uge.

#### *2.3.2.4 Affaldstyper og -mængder*

De anvendte affaldstyper omfatter kun den organiske del af dagrenovation (100%). Den behandlede affaldsmængde udgjorde i 2000 ca. 6.000 tons.

#### *2.3.2.5 Kvalitet af affald og gødningsprodukt*

Renheden af indleveret dagrenovation er rimeligt høj.

Kvaliteten af det frembragte gødningsprodukt (kompost) er af en sådan standard, at produktet, blandet med haveaffaldskompost, kan afsættes til detailhandelen i sække.

#### *2.3.2.6 Anvendelse af gødningsprodukt*

Den frembragte kompost afsættes til private husholdninger, boligforeninger, anlægsgartnere og kommunale tekniske forvaltninger i bulk og i sække.

### **2.3.3 Audebo Komposteringsanlæg**

#### *2.3.3.1 Beliggenhed og opland*

Audebo Komposteringsanlæg er beliggende i landlige omgivelser i Holbæk Kommune. Foruden beliggenhedskommunen omfatter anlæggets opland Bjergsted, Dragsholm, Kalundborg, Nykøbing-Rørvig, Svinninge, Tornved, Trundholm og Tølløse kommuner. Oplandet omfatter både have- og etageboliger.

#### *2.3.3.2 Anlægs- og procesbeskrivelse*

Audebo Komposteringsanlæg har en kapacitet på ca. 7.000 tons/ år. Anlægget omfatter en forbehandlings- og komposteringsbygning og et udendørs eftermodningsareal. Anlæggets proces omfatter forbehandling, kontrolleret kompostering i reaktorbokse, eftermodning samt finsigtning. Forbehandlingen omfatter poseoplukning vha. skruerkværn, metalseparation og grovsigtning (rullesigte). Komposteringsprocessen omfatter alternerende udlægning af husholdningsaffald og haveaffald, kontrolleret forkompostering (ophold ca. 2 uger), hygiejnisering (ophold ca. 1 uge) samt kompostering (ophold ca. 2-3 uge). Eftermodning i udendørs miler foretages over 7-8 uger. Under kompostering i bokse beluftes råmateriale delvis via luftkanaler etableret i boksens gulv delvis i forbindelse med den mekaniske flytning af materiale fra boks til boks. I eftermodningsfasen vendes/ beluftes milerne i forbindelse med frontlæssers flytning af milerne. Råkomposten sigtes på rullesigte (partikelstørrelse <12-14mm) før salg.

#### *2.3.3.3 Affaldssortering og -indsamling*

Sorteringsvejledningen foreskriver udsortering af alt madaffald af animalsk og vegetabilsk oprindelse samt aftørningspapir. Plast accepteres i form af opsamlingsemballage.

Indsamlingssystemet omfatter to udendørs beholdere til opsamling af henholdsvis organisk affald og restaffald. Der er ikke stillet særlige krav til indendørs opsamlingsudstyr. Indsamling af affaldet foretages hver anden uge.

#### *2.3.3.4 Affaldstyper og -mængder*

De anvendte affaldstyper omfatter den organiske del af dagrenovation (70%) og neddelte haveaffald (30%). Den behandlede affaldsmængde udgjorde i 2000 ca. 3.500 tons.

#### *2.3.3.5 Kvalitet af affald og gødningsprodukt*

Renheden af indleveret dagrenovation er varierende afhængigt af affaldskilden (have- henholdsvis etagebolig). Kvaliteten af affaldet er ofte dårlig, når det kommer fra etageboligområder.

Kvaliteten af det frembragte gødningsprodukt (kompost) er af en sådan standard, at produktet kan afsættes.

#### *2.3.3.6 Anvendelse af gødningsprodukt*

Der er i 2000 ikke afsat kompost fra anlægget.

### **2.3.4 Århus Komposteringsanlæg**

#### *2.3.4.1 Beliggenhed og opland*

Århus Komposteringsanlæg er beliggende i landlige omgivelser i Århus Kommune. Anlæggets opland omfatter kun Kommunen selv.

#### *2.3.4.2 Anlægs- og procesbeskrivelse*

Århus Komposteringsanlæg har en kapacitet på ca. 5.600 tons/ år. Anlægget omfatter en forbehandlings- og komposteringsbygning. Anlæggets proces omfatter forbehandling, kontrolleret kompostering og eftermodning i reaktor anlæg.

Forbehandlingen består i poseoplukning vha. valseneddelere, metalseparation og grovsigtning samt iblanding af snittet halm og landbrugskalk.

Komposteringsprocessen omfatter kontrolleret forkompostering (ophold ca. 2 uger), hygiejniserings (ophold ca. 1 uge) samt kompostering (ophold ca. 2-3 uger). Under komposteringen i reaktoren beluftes råmateriale dels via luftslidser etableret i boksens gulv dels i forbindelse med den mekaniske flytning af materiale fra zone til zone.

Råkomposten sigtes på ruller sigte (i fraktionerne 0-8 mm, 8-45 mm og >45 mm) før salg.

#### *2.3.4.3 Affaldssortering og -indsamling*

Sorteringsvejledningen foreskriver udsortering af alt madaffald af animalsk og vegetabilsk oprindelse samt aftørningspapir o.lign. Bleer accepteres ikke.

Indsamlingssystemet omfatter to udendørs beholdere til opsamling af henholdsvis organisk affald og restaffald. Der er ikke stillet særlige krav til indendørs opsamlingsudstyr. Indsamling af affaldet foretages hver anden uge.

#### *2.3.4.4 Affaldstyper og -mængder*

De anvendte affaldstyper omfatter den organiske del af husholdningsaffald (59%), kompost 0-8mm (25%), halm (6%) og jordbrugskalk (10%).

Den behandlede affaldsmængde udgør p.t. 0 tons/ år, idet anlægget er besluttet midlertidigt lukket.

#### *2.3.4.5 Kvalitet af affald og gødningsprodukt*

Renheden af indleveret husholdningsaffald var varierende afhængigt af affaldskilden (have- henholdsvis etagebolig). Kvaliteten af affaldet var ofte dårlig, når det kom fra etageboligområder.

Kvaliteten af det frembragte gødningsprodukt (kompost) var af en sådan standard, at produktet ikke kunne afsættes til jordbrugsformål.

#### *2.3.4.6 Anvendelse af gødningsprodukt*

Der foreligger ikke oplysninger om anvendelsen.

### 2.3.5 Fredericia Komposteringsanlæg

Fredericia Komposteringsanlæg er udvalgt som repræsentant for gruppen af mindre milekomposteringsanlæg, der udgør lavteknologiske alternativer til de tidligere beskrevne anlæg. Et fælles kendetegn for dem er, at disse anlæg har lav kapacitet, tilpasset et tyndtbefolket opland.

#### 2.3.5.1 *Beliggenhed og opland*

Fredericia Kompostanlæg er beliggende ved Fredericia Affaldsdeponi, nord for Fredericia by. Oplandet omfatter kun beliggenhedskommunen. Oplandet består af både have- og etageboliger.

#### 2.3.5.2 *Anlægs- og procesbeskrivelse*

Kompostanlægget er etableret uden et egentligt beluftningssystem.

Anlægskomponenterne består af et åbent areal med fast belægning, hvorpå alle procestrin udføres. Anlæggets maskinel omfatter egen frontlæsser og grenknuser til behandling af haveaffald samt indlejet udstyr dvs. en portalvender og et tromlesold.

Behandlingsprocessen er uden egentlig forbehandling af husholdningsaffaldet og omfatter kompostering og sigtning.

Forbehandlingen består i et visuelt check af kvaliteten af de indleverede råmaterialer, neddeling af haveaffald i grenknuser samt oplægning af materialer i miler. Haveaffaldet udlægges som nederste lag, hvorpå et lag husholdningsaffald udlægges. Oven på dette udlægges et lag haveaffald. Komposteringen omfatter periodisk beluftning af milerne. Beluftningerne resulterer i en gradvis mixning af haveaffald og husholdningsaffald, således at der fremkommer et homogent produkt.

#### 2.3.5.3 *Affaldssortering og -indsamling*

Sorteringsvejledningen foreskriver kun udsortering af alt vegetabilsk oprindelse. Bleer accepteres ikke.

Indsamlingssystemet omfatter to udendørs beholdere til opsamling af henholdsvis organisk affald og restaffald. Ved etageboliger opsamles i minicontainere. Der er stillet krav om anvendelse af papirpose ved indendørs opsamling. Indsamling af affaldet foretages hver anden uge.

#### 2.3.5.4 *Affaldstyper og -mængder*

De anvendte affaldstyper omfatter husholdningsaffald (30%) og neddelt haveaffald (70%).

Den behandlede affaldsmængde udgjorde i 2000 sammenlagt 10.000 tons, heraf altså ca. 3000 tons husholdningsaffald.

#### 2.3.5.5 *Kvalitet af affald og gødningsprodukt*

Renheden af indleveret husholdningsaffald er høj. Kvaliteten af det frembragte gødningsprodukt (kompost) er af en sådan standard, at produktet kan afsættes til haveboliger m.fl.

#### 2.3.5.6 *Anvendelse af gødningsprodukt*

Den frembragte kompost afsættes til private husholdninger, boligforeninger, anlægsgartnere og til teknisk forvaltning.

# 3 Prøvetagning af affald på biogas- og komposteringsanlæg

## 3.1 Indledning

Kontrolanalyser af husholdningsaffald på biogas- og komposteringsanlæg foretages med det overordnede formål at sikre en acceptabelt lav belastning med miljøfarlige stoffer ved anvendelse af affaldsprodukter fra disse behandlingsanlæg til jordbrugsformål. Med dette udgangspunkt er der tre forhold, der skal tilgodeses ved tilrettelæggelse og gennemførelse af den essentielle, indledende del af kontrolprogrammet, nemlig prøvetagningen:

- Prøvetagningen skal overholde de til enhver tid gældende regler og forskrifter, der findes indenfor området.
- Prøvetagningen skal være repræsentativ for det tilførte affald.
- Prøvetagningen skal være praktisk gennemførlig.

Overholdelse af gældende regler og forskrifter er naturligvis et centralt punkt. Reglerne har imidlertid ofte et generelt præg, der ikke nødvendigvis tager hensyn til den udvikling i metoder og teknologi, der sker indenfor området. Der kan derfor være tilfælde, hvor der er behov for at inddrage de overordnede miljøformål bag reglerne ved bedømmelsen af, hvordan prøvetagning bedst muligt tilrettelægges.

Kravet om repræsentativ prøvetagning er umiddelbart indlysende; men ikke altid let at sikre med tanke på den inhomogenitet, der er i husholdningsaffald både i den enkelte husstands sortering, i affald indsamlet fra forskellige byområder og den tidsmæssige variation, som følge af forskellige affaldskomponenters variation over året. Kravet om repræsentativitet sikres bedst, hvis affaldet er godt opblandet og gerne også behandlet inden prøvetagningen, således at variationer mellem forskellige områder og korttidsvariationer i affaldssammensætningen er elimineret.

At prøvetagningen skal være praktisk gennemførlig er selvfølgelig et uomgængeligt krav; men på grund af anlæggenes indretning, herunder sikring af et tilfredsstillende arbejdsmiljø og eksternt miljø, er det ikke altid muligt at udtage prøver optimalt.

De tre nævnte forhold er således centrale for en tilfredsstillende prøvetagning og karakterisering af affaldet; men det kan konstateres at opbygning og drift af de danske biogas- og komposteringsanlæg ikke er sket under hensyntagen til alle tre forhold. Der er derfor konkret behov for i hvert enkelt tilfælde at foretage den afvejning af hensynet til de tre forhold, der bedst tilgodeser prøvetagningens grundlæggende formål.

I afsnit 3.2 foretages en kort gennemgang af de gældende regler og forskrifter for kontrol, prøvetagning og analyse af husholdningsaffald, der behandles på biogas- og komposteringsanlæg. Herefter gennemgås i afsnit 3.3 mulighederne for i praksis at gennemføre relevant, repræsentativ prøvetagning på forskellige

anlægstyper (med udgangspunkt i anlægsbeskrivelserne i kapitel 2). Ved gennemgangen af anlæggene er der, ud over de konkrete anlæg, foretaget en vurdering af i hvilket omfang andre anlæg i Danmark vil være dækket af de foreslåede løsninger. I afsnit 3.4 beskrives det udstyr og de metoder, der er udviklet i projektet til at foretage den konkrete prøvetagning og endelig i afsnit 3.5 gives et samlet forslag til principper for "Vejledning i prøvetagning af husholdningsaffald" på anlæg til biologisk affaldsbehandling.

## 3.2 Kravværdier og generelle kontrolkrav til husholdningsaffald

Kravværdier og generelle kontrolkrav for husholdningsaffald, der efter behandling i et biogas- eller komposteringsanlæg skal anvendes til jordbrugsformål, er fastlagt i Miljø- og Energiministeriets Bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål ("Slambekendtgørelsen"). I bekendtgørelsens kapitel 3 er de generelle kontrolkrav og produktkrav fastlagt og forskrifter for prøveudtagning, analysehyppighed, analyseparametre og analysemetoder er angivet i bekendtgørelsens bilag 5. De detaljerede forskrifter for prøvetagning, herunder prøvetagningsfrekvens og prøvemængder er derimod reguleret af Bekendtgørelse nr. 56 af 24. januar 2000 om tilsyn med spildevandsslam m.m. til jordbrugsformål og i Plantedirektoratets forskrift for akkrediteret prøvetagning af kommunalt spildevandsslam mm til jordbrugsformål (Plantedirektoratet, marts 2000).

### 3.2.1 Kravværdier

Tabel 3.1 giver en oversigt over de gældende kravværdier, de såkaldte afskæringsværdier, for organiske miljøfremmede stoffer, der skal overholdes når spildevandsslam og en række andre affaldsprodukter ønskes anvendt til jordbrugsformål.

Tabel 3.1 Gældende afskæringsværdier for organiske miljøfremmede stoffer i slam og andre affaldsprodukter til jordbrugsformål.

Afskæringsværdier der gælder fra den 1. juli 2000.

	mg pr. kg tørstof
LAS	1300
Σ PAH	3
NPE	30
DEHP	50

Afskæringsværdier der gælder fra den 1. juli 2002.

	mg pr. kg tørstof
LAS	1300
Σ PAH	3
NPE	10
DEHP	50

### 3.2.2 Krav ved sammenblanding af flere affaldstyper

I Slambekendtgørelsens §6 stk. 2 og 3 er angivet de særlige betingelser, der gælder for kontrol med bl.a. husholdningsaffald, der sammenblandes fra flere affaldsproducenter eller som blandes med husdyraffald. Særligt følgende afsnit har betydning for prøvetagning i praksis:

*Stk. 2.* Ved sammenblanding af flere affaldsproducenters affaldsprodukter, herunder spildevandsslam fra forskellige anlæg, skal de enkelte affaldsprodukter inden sammenblanding overholde grænse- og afskæringsværdierne i bilag 2 til bekendtgørelsen.

*Stk. 3.* Ved sammenblanding af affaldsprodukter med husdyrgødning skal affaldsprodukterne inden sammenblanding prøvetages med henblik på analyse af om grænse- og afskæringsværdierne i bilag 2 overholdes.

De fleste danske biogasanlæg er omfattet af stk. 3 idet husholdningsaffaldet behandles på biogasfællesanlæg. Grindsted Renseanlæg er dog en undtagelse, men dette anlæg er omfattet af stk. 2.

Mange komposteringsanlæg vil også i et vist omfang være omfattet af stk. 2, da der på de fleste af sådanne anlæg også behandles affald fra andre affaldsproducenter. Hvis man ydermere opfatter forskellige kommuner som forskellige affaldsproducenter (analogt til spildevandsslam fra forskellige anlæg) vil i praksis alle komposteringsanlæg i Danmark, der behandler husholdningsaffald være omfattet af stk. 2.

Der kan imidlertid anføres gode faglige grunde til ikke at drage denne analogi. For spildevandsanlæg vil tilførslen af problemstoffer, der ender i slammet, i det væsentlige være knyttet til de specifikke industrielle og andre erhvervsmæssige aktiviteter, der findes lokalt i det enkelte renseanlægs opland. I kildesorteret husholdningsaffald indgår ikke på samme måde bidrag fra lokale punktkilder, og indholdet af problemstoffer i det indsamlede affald vil derfor næppe på samme måde variere væsentligt mellem de enkelte oplandskommuner. Der kan naturligvis være forskelle mellem kommuner imellem som følge af forskelle i sorteringsvejledning og indsamlingsstrategi samt i fordelingen af forskellige boligtyper, der erfaringsmæssigt kan give forskelle i affaldsmængde og omfang af fejlsorteringer. Sålænge der ikke er væsentlig forskel i sorteringsvejledning og indsamlingsteknik er der imidlertid ikke grund til at antage, at der vil være så væsentlige forskelle i affaldets kvalitet, at det kan begrunde separat kontrol af hver enkelt kommunes affald. Kun hvis kommunerne benytter væsensforskellige sorterings- og håndteringskriterier kan det være hensigtsmæssigt at kontrollere hver kommunes affald for sig. Det bør derfor tydeliggøres hvornår anlæg, der alene behandler kildesorteret husholdningsaffald, men modtager affald fra flere kommuner, er omfattet af bekendtgørelsens stk. 2.

Endelig er forkomposteret affald fra AFAV Komposteringsanlæg forsøgsvis blevet behandlet på biogasfællesanlæg, således at i hvert fald en del af anlæggets affald må forventes at være omfattet af stk. 3.

På baggrund af ovenstående må det som hovedregel forventes, at kontrollen med organiske miljøfremmede stoffer i husholdningsaffald, der behandles på biogas- og komposteringsanlæg, skal ske inden affaldet er blevet bioforgasset eller komposteret. Det konkrete prøvetagningspunkt skal under overholdelse



af dette principielle krav herefter ske således at kravet om repræsentativitet og praktisk gennemførlighed tilgodeses.

Udgangspunkt for kontrollen med organiske miljøfremmede stoffer er hensynet til begrænsninger i tilførslen til jordbruget. Det vil derfor være hensigtsmæssigt, at prøvetagningen sker på et sådant punkt i forløbet, at kun den del af det modtagne affald, der reelt bioforgasses eller komposteres indgår, mens den del af affaldet, der inden dette punkt frasorteres og køres til forbrænding eller deponering holdes udenfor. Prøvetagning efter forbehandling på anlæggene er desuden ønskeligt ud fra kravet om repræsentativitet, idet forbehandling i sig selv øger homogeniseringen af affaldet, og også sikrer, at en udtagen prøve repræsenterer en større del af det tilførte affald. Ønsket kan imidlertid være i modstrid med kravet om prøvetagning inden sammenblanding af affald fra forskellige affaldsleverandører, således som det fremgår i det følgende ved gennemgangen af prøvetagningsmulighederne på de enkelte anlæg(styper).

### 3.2.3 Prøvetagningsfrekvens og prøvemængder

I Slambekendtgørelsen er fastlagt at prøvetagning og analyse for miljøfremmede stoffer skal foretages mindst hver 12. måned. I Bekendtgørelse om tilsyn med spildevandsslam m.m. til jordbrugsformål er beskrevet en metode til fastlæggelse af prøvetagningsfrekvensen for prøver til tungmetalanalyser baseret på affaldsmængden og på koncentrationsniveauet for det mest kritiske tungmetal (i forhold til gældende grænseværdier). I systemet indgår prøve- og analyseantal mellem 1 per år for de mindste affaldsmængder uden nævneværdigt tungmetalindhold til 1 per 3. uge for store affaldsmængder med tungmetalindhold tæt på grænseværdierne. De krævede prøvetagningsfrekvenser for forskellige kombinationer af affaldsmængder og tungmetalindhold fremgår af tabel 3.2.

Tabel 3.2 Det årlige prøve- og analyseantals afhængighed af produktstørrelse og kvalitet.

Produktstørrelse, (tons tørstof/ år)	Metaller, jf. bilag 2, A, nr. 3				
	3 (4. md.)	4 (3. md.)	9 (7. uge)	12 (md.)	18 (3. uge)
2000	3 (4. md.)	4 (3. md.)	9 (7. uge)	12 (md.)	18 (3. uge)
1000	2 (6. md.)	3 (4. md.)	6 (2. md.)	9 (7. uge)	12 (md.)
300	1 (12.md.)	2 (6. md.)	4 (3. md.)	6 (2. md.)	8 (6. uge)
100	1 (12.md.)	1 (12.md.)	2 (6 md.)	3 (4. md.)	6 (2. md.)
0	1 (12.md.)	1 (12.md.)	1 (12.md.)	2 (6. md.)	4 (3. md.)
Produktkvalitet ift. grænseværdi	<20%	<40%	<60%	<80%	≥80%

Fed skrift: Antal prøver/år

Tal i parentes: Vejledende, mindste prøvetagningshyppighed

Der er således som følge af krav til tungmetaller fastlagt en analysefrekvens, der sikrer mindst 1 prøvetagning pr år. Den krævede årlige prøvetagning til miljøfremmede stoffer kan hensigtsmæssigt foretages samtidig med en af de prøvetagninger, der alligevel skal foretages til tungmetaller således at der ikke sker nogen væsentlig forøgelse af prøvetagningsarbejdet. Hvis der på grund af affaldsmængdens omfang eller andre forhold ønskes hyppigere prøvetagning end 1 per år vil dette også i de fleste tilfælde kunne indpasses i

prøvetagningsprogrammet for tungmetaller, idet der, som det fremgår af tabellen, vil være tale om hyppigere prøvetagning når blot affaldsmængden ikke er helt marginal.

Der vurderes således ikke at være behov for særlige metoder eller procedurer for at fastlægge prøvetagningsfrekvensen for miljøfremmede organiske stoffer.

### 3.3 Repræsentativ prøvetagning af husholdningsaffald på forskellige anlægstyper

#### 3.3.1 Prøvetagning - anlægstype 1: Studsgård Biogasanlæg

Studsgård biogasanlæg i Herning kommune modtager forsorret husholdningsaffald fra sorteringsanlægget placeret på Knudmoseværket (Forbrændingsanlæg). Forsorteringen sker ved hjælp af en rullerigte, der i det væsentlige leverer et "tørt" produkt. Husholdningsaffaldet stammer fra flere forskellige kommuner. Efter tilkørsel til biogasanlægget læses affaldet i en blandetank sammen med husdyrgødning og lejlighedsvis forskellige typer industriaffald i en af anlæggets to linier. Forsorteringen fjerner ikke alle urenheder, således at en del plast mm. må frasorteres efter bioforgasningen og køres til forbrænding.

Husholdningsaffaldet udgør kun en ret beskedent del af den samlede affaldsmængde. Derfor er prøvetagning fra blandetanken, hvor denne affaldsfraktion er godt opblandet med husdyrgødning og erhvervsaffald, ikke egnet når man ønsker at karakterisere husholdningsaffaldets indhold af organiske miljøfremmede stoffer.

For at overholde slambekendtgørelsens krav og krav til de praktiske muligheder for prøvetagning kan prøvetagning derfor kun ske ved modtagelsen på anlægget inden aflæsning i blandetanken eller i forbindelse med læsningen på Knudmoseværket.

Udtagning af affald fra det enkelte læs efter forsoring sikrer en god sammenblanding af de enkelte husholdningers affald; men det enkelte læs vil typisk kun indeholde affald fra et enkelt opland i en enkelt kommune, således at der skal udtages flere delprøver for at få analyseresultater, der er repræsentative for den samlede mængde husholdningsaffald, der tilføres anlægget.

Århus Biogasanlæg vurderes med hensyn til forbehandling af det modtagne husholdningsaffald at tilhøre samme anlægstype som Studsgård.

#### 3.3.2 Prøvetagning - anlægstype 2: Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg

Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg er opdelt i flere linier. Anlægget er indrettet til at sambehandle kildesorteret husholdningsaffald med husdyrgødning. I lange perioder er husholdningsaffald dog blevet behandlet i en separat linie som led i flere forskellige undersøgelsesprojekter. Der pågår stadig forsøg med separat behandling af husholdningsaffald således at det er muligt at tilrettelægge prøvetagningen på flere forskellige måder.

På nuværende tidspunkt modtager anlægget kildesorteret husholdningsaffald fra Aalborg kommune. Hvert læs aflæses i en grav med plads svarende til et enkelt læs affald. Herefter blandes affaldet grundigt til en tyk grød og

forsorteres i en såkaldt DeWaster, der meget effektivt separerer fejlsorteringer fra det organiske affald, der går til en separat tank inden tilførsel til bioforgasning.

Sammenblandingen af affaldet og behandlingen i DeWasteren sikrer en meget effektiv opblanding af affaldet i det enkelte læs, således at der uden problemer kan udtages repræsentative prøver heraf. Der skal dog udtages prøver af læs fra forskellige boligområder for at sikre repræsentative analyser for den samlede affaldsmængde, der modtages på anlægget.

I driftssituationen, hvor affaldet blandes med husdyrgødning kan denne prøvetagning gennemføres uden problemer.

Dersom anlægslinien fortsat drives med separat behandling af kildesorteret husholdningsaffald alene fra Aalborg kommune kan kontrollen med de miljøfremmede stoffer ske efter biogasbehandling inden restprodukterne blandes med det øvrige afgassede materiale. Herved opnås prøvetagning af affald modtaget over en længere periode, således at betingelserne for repræsentativ prøvetagning kan anses for opfyldt.

I den fremtidige driftssituation på anlægget må det dog forventes at en helt separat behandling af husholdningsaffald fra Aalborg kommune næppe er realistisk, idet indblanding af forskellige typer industriaffald og evt. husdyrgødning må forventes at være økonomisk og driftsmæssig attraktiv.

### **3.3.3 Prøvetagning - anlægstype 3: Grindsted Biogasanlæg**

Grindsted Biogasanlæg sambehandler kildesorteret husholdningsaffald med industriaffald og kommunalt spildevandsslam på Grindsted Renseanlæg. Kildesorteringen er meget restriktiv og indsamlingen sker i papirsposer, således at kvaliteten af det indsamlede affald er så god at der kun er behov for en meget begrænset forbehandling. Husholdningsaffaldet leveres i en silo og efter "tør" grovneddeling og metalseparering af affaldet blandes det med spildevandsslam i en pulper inden findeling og den videre behandling på rådnetanken. Der modtages i det væsentlige kun affald fra villaområder i Grindsted Kommune.

For at overholde slambekendtgørelsen krav kan prøvetagning i praksis kun ske løbende i forbindelse med transporten af affaldet fra grovneddeling og metalseparering til sammenblandingen med slammet, idet der ikke er nogen silo for det neddelte affald.

Ved modtagelsen i siloen sikres kun en meget begrænset sammenblanding af affaldet fra de forskellige læs – og husholdninger, således at en repræsentativ prøvetagning fra det enkelt læs affald kun kan opnås ved mange delprøver og repræsentativitet for den samlede affaldsmængde kun ved prøvetagning fra flere læs. Affaldet indsamles dog fra relativt homogene boligområder, således at der ikke forventes væsentlige forskelle på de enkelte læs.

### **3.3.4 Prøvetagning - anlægstype 4: AFAV komposteringsanlæg**

AFAV's komposteringsanlæg ved Frederikssund modtager kildesorteret husholdningsaffald fra et større antal kommuner. Efter modtagelse af affaldet i en silo sammenblandes det med affaldspapir (aviser/tryksager) og ofte også halmblandet hestegødning som strukturmateriale inden forkompostering i en

komposteringstrømle. Affaldet sigtes efterfølgende og milekomposteres. En del af det forkomposterede affald har på forsøgsbasis været leveret til biogasanlæg og der er planer om at gøre det i større omfang.

Principielt bør prøvetagningen ske inden sammenblanding med papiraffald og hestegødning for at overholde Bekendtgørelsens krav om prøvetagning inden sammenblanding af affald fra flere affaldsleverandører. På AFAV vil dette indebære, at prøvetagningen skal ske direkte i forbindelse med aflæsning af det indsamlede affald, og repræsentativ prøvetagning af kildesorteret husholdningsaffald inden neddeling er i praksis ikke mulig. Det vil derfor i realiteten først være muligt at udtage repræsentative prøver efter forkompostering af affaldet. Ved prøvetagning efter forkompostering opnås god opblanding af affald fra flere læs idet opholdstiden i tromlen er 2-3 døgn.

Da husholdningsaffald udgør den dominerende del af affaldet skønnes det muligt at bedømme kvaliteten af affaldet ved en prøvetagning efter komposteringstrømmen, idet der eventuelt kan kompenseres for andelen af miljøfremmede organiske stoffer i det forkomposterede affald, der stammer fra det tilførte strukturmateriale. Indholdet heri forventes at være begrænset og nogenlunde konstant, således at der relativt let kan foretages de nødvendige beregninger af strukturmaterialets betydning ud fra simple massebalancer.

Forkomposteringsprocessen i sig selv kan forventes at have en vis indflydelse på det målte indhold af miljøfremmede stoffer. Hvis der er rigelig adgang til ilt i tromles kan der forventes en vis reduktion af mange miljøfremmede stoffer (herunder DEHP), hvorimod der ikke vil ske nogen stofnedbrydning hvis ilttilgangen er dårlig. Der kan imidlertid også tænkes en vis forøgelse af DEHP i den organiske fraktion da afgivelsen fra plast mv. kan blive fremmet ved den intense opblanding, der sker i tromlen under fugtige forhold og let opvarmning. I forhold til sikring af tilførslen til jordbruget er prøvetagningspunktet imidlertid relevant idet det omfatter den andel af affaldet der viderebehandles og tilføres jordbruget.

For den andel af affaldet, der evt. tilføres biogasanlæg er det foreslåede prøvetagningspunkt også relevant idet der alene måles på den affaldsfraktion, der videreføres til biogasanlæggene.

### **3.3.5 Prøvetagning - anlægstype 5: Vejle Komposteringsanlæg**

Vejle Komposteringsanlæg komposterer kildesorteret husholdningsaffald fra to kommuner (Vejle og Jelling). Affaldet modtages i grav og efter en optisk frasortering af poser med restaffald (til forbrænding) føres poserne med det organiske affald til en forkomposteringstrømle med lidt kortere opholdstid end AFAV (ca. 1 døgn). I tromlen rives poserne op og det organiske affald sammenblandes og forkomposteres. Efter tromlen grovsigtes/frasorteres poser og andre større urenheder inden det forkomposterede organiske materiale via et transportbånd føres til milekompostering i ca. 10 uger på overdækket areal og efterfølgende efterkompostering i det fri.

Hvis de to tilsluttede kommuner opfattes som forskellige affaldsleverandører skal der principielt udtages separate prøver af hver kommunes affald. Det vil kræve en meget nøje tilrettelæggelse og overvågning af affaldsmottagelse og forsortering, der i praksis meget vel kan vise sig umuligt at gennemføre.

Hvis de to kommuner derimod kan betragtes som én leverandør vil det give den bedste repræsentativitet og relevans af prøverne at udtage dem efter

grovsigtningen af det forkomposterede affald, dvs. i praksis i forbindelse med udlægningen til milekompostering.

### **3.3.6 Prøvetagning - anlægstype 6: Audebo Komposteringsanlæg**

Audebo Komposteringsanlæg modtager kildesorteret husholdningsaffald til kompostering fra mange kommuner. Affaldet modtages i grav og forsorteres i en skruesigte, metalseparator og rullesigte, hvorefter affaldet føres til kompostering i 6-7 uger i en reaktorhal med 6 separate komposteringsbokse med forskellige driftforhold. Det vil i praksis være vanskeligt at skille affaldet fra de forskellige kommuner, da der dels sker en vis sammenblanding i graven og videre i forbindelse med bokskomposteringen. Til sidst eftermodnes husholdningskomposten udendørs sammen med haveaffald.

Som anlægget er indrettet i dag kan der ikke udtages prøver fra transportbåndet, der fører det rullesigtede affald til den første komposteringsboks i reaktorhallen. Der kan imidlertid manuelt udtages prøver fra en vilkårlig af de seks bokse ved midlertidigt at stoppe driften af anlægget. Prøvetagning i boksene vil kræve anvendelse af personlige værnemidler, herunder åndedrætsværn.

Det vurderes, at affaldet i praksis må ses under et og udtagning af repræsentative prøver kan da ske fra en af reaktorbokse. Tages prøverne i boks 1 fås et materiale, der er relativt lidt nedbrudt og dermed har flest mulige af det indkommende affalds karakteristika. Omvendt vil en prøve taget i forbindelse med tømningen af boks 6 være optimalt sammenblandet og have størst mulig lighed med det produkt, der ønskes afsat til gødningsformål. Da det i sidste ende er hensynet til jordmiljøet, der ligger til grund for de fastsatte grænse- og afskæringsværdier foreslås prøvetagning på denne anlægstype derfor foretaget i den sidste reaktorboks.

### **3.3.7 Prøvetagning - anlægstype 7: Fredericia Komposteringsanlæg**

Komposteringsanlægget i Fredericia kan betragtes som repræsentant for de fleste af de milekomposteringsanlæg, som samkomposterer husholdningsaffald med have-/parkaffald. Anlæggene er karakteriseret ved en meget simpel opbygning uden egentlige behandlingstrin. Typisk udlægges have-/parkaffald og husholdningsaffald i lag uden egentlig forbehandling af husholdningsaffaldet.

Husholdningsaffaldet udgør typisk kun en begrænset del af den samlede affaldsmængde, således at kontrol af husholdningsaffaldets indhold af miljøfremmede stoffer gennem analyse af den færdige kompost vil være forbundet med betydelig usikkerhed. Omvendt vil kontrolanalyser på komposten give det mest direkte udtryk for miljøbelastningen ved jordbrugsanvendelse, men ikke tilgodese kravet om analyse før sammenblanding med andet affald.

Repræsentativ prøvetagning på det indleverede husholdningsaffald inden sammenblanding med haveaffald vil være meget vanskelig. Eventuelt kan en vis homogenisering af husholdningsaffaldet inden sammenblanding med haveaffaldet foretages ved hjælp af den grenknuser, der typisk anvendes på milekomposteringsanlæg til forbehandling af haveaffaldet før udlægning i milerne.

### 3.4 Udstyr til praktisk håndtering af husholdningsaffaldsprøver

I forbindelse med projektet har der skullet udtages affaldsprøver på alle de anlæg, der er beskrevet og diskuteret i det foregående afsnit. Den praktiske prøvetagning på de identificerede, mulige prøvetagningspunkter har indebåret, at der på to planer har skullet tages stilling til udstyr med henblik på at kunne levere brugbare prøver til analyselaboratoriet:

- Selve udtagningen af den nødvendige prøvemængde fra anlægget, og
- Den efterfølgende neddeling og homogenisering til en størrelse og kvalitet, der var passende til videresendelse til laboratoriet.

At prøverne er brugbare indebærer i denne sammenhæng, at de skal være rimeligt homogene og neddelt til en størrelse, der kan håndteres med almindeligt laboratorieudstyr (dvs. i praksis nogle ganske få cm på hver led).

Det første trin af prøvetagningen har ikke indebåret større vanskeligheder, idet prøvematerialet enten har kunnet udtages med ske, skovl eller greb på et passende sted i procesforløbet, eller ved udtagning af hele affaldsposer i forbindelse med indleveringen på anlægget. Dette trin af den praktiske prøvetagning vil derfor ikke blive berørt nærmere.

Det andet trin af den praktiske prøvehåndtering, fremstillingen af egnet prøvemateriale til analyselaboratoriet, har imidlertid voldt større problemer. Det grundlæggende problem er affaldets inhomogene karakter med både våde og tørre (hhv. frugt/grønt og emballage) samt bløde, hårde og seje komponenter (hhv. frugt/grønt, knogler mv. samt plastposer og -folier). Det er relativt enkelt at neddele og homogenisere vådt, blødt materiale, og der findes også slaglemøller og lignende, der kan håndtere tørre og hårde materialer. Derimod volder blød/elastisk/deformerbar plast straks større problemer, og der eksisterer ikke standardudstyr (af en håndterlig størrelse), der umiddelbart er egnet til en blanding af de nævnte typer materialer.

Følgende udstyr/metoder er overvejet og/eller afprøvet i praksis:

- Manuel nedklipping med saks
- Elektrisk blender
- Elektrisk kødhakker
- Kugle-/slaglemølle
- Havekompostkværn
- Knusemaskine (shredder)

Manuel nedklipping med saks er blevet anvendt i de indledende faser af projektet, mens der stadig ikke var identificeret egnet elektrisk eller motordrevet udstyr. Brug af saks må betegnes som en nødløsning, der kan anvendes til små projekter eller enkeltstående tilfælde, men som ikke er egnet til rutinebrug (dvs. et større antal prøver) da det både er en tidskrævende og fysisk anstrengende måde at neddele prøver på.

Kugle-/slaglemøller er ikke egnede til prøver med så stort et vandindhold som kildesorteret dagrenovation, mens udstyr baseret på hurtigt roterende knive (blendere, havekompostkværne) ikke håndterer plastposer og lignende særlig godt. Den afprøvede kødhakker kunne heller ikke håndtere sej plast og stoppede let til.

Inspireret af udstyret til neddeling af dagrenovation på Grindsted Biogasanlæg, en stor shredderlignende kværn i flere trin, blev der derfor taget kontakt til leverandøren (ARP Scandinavia i Brøbst), der leverer udstyr i mange forskellige størrelser til beslægtede formål. Den mindste model i ARP's "CS" serie af knusemaskiner, CS 2000, havde en acceptabel størrelse (ca. 200 kg, kunne transporteres og anvendes monteret på en almindelig trailer) og viste sig, efter en let modificering, egnet til formålet.

Udstyrets centrale del består af to parallelle aksler, der, drevet af en kraftig 380 V el-motor, langsomt drejer i modsat retning ind mod hinanden. Hver aksel er i hele sin længde monteret med 14 mm brede stålskiver, hvori er udfræset skarpe tænder, der flår såvel blødt som hårdt og sejt materiale i stykker og presser affaldet ned mellem de modsat arbejdende skiver. I de fleste tilfælde er 2-3 passager gennem kværnen nødvendig for at opnå tilstrækkelig findeling af blandet køkkenaffald (stykker på ca. 2-3 cm). Den pågældende model kan neddele så meget som en fyldt standard køkkenaffaldspose ad gangen.

### 3.5 Forslag til "Vejledning i prøvetagning af husholdningsaffald" i forbindelse med biologisk affaldsbehandling

På baggrund af ovenstående principielle diskussion af mulighederne for repræsentativ prøvetagning samt den tidligere gennemgang af de danske anlæg, der foretager biologisk behandling af husholdningsaffald (kapitel 2) kan der gives nedenstående oversigtlige forslag til "vejledning i prøvetagning" opdelt på de 7 forskellige anlægstyper og prøvetagningssituationer, der er identificeret:

- Prøvetagning af slutprodukterne
- Prøvetagning af sigtet husholdningsaffald (hhv. tørt og vådt)
- Prøvetagning af sigtet husholdningsaffald med strukturmateriale
- Prøvetagning af usigtet, neddelt husholdningsaffald
- Prøvetagning af usigtet, ikke-neddelt husholdningsaffald
- Prøvetagning af delvis behandlet husholdningsaffald
- Prøvetagning af delvis behandlet husholdningsaffald med strukturmateriale.

Det er i det følgende antaget, at husholdningsaffald fra flere leverandører (typisk kommuner) kan betragtes som én affaldsfraktion under forudsætning af, at kildesortering og indsamling er foregået efter stort set ens retningslinier og procedurer. Det antages endvidere, at det nuværende myndighedskrav om akkrediteret prøvetagning fortsat vil være gældende.

#### 3.5.1 Prøvetagning af slutprodukterne

Biogasanlægget i Vaarst-Fjellerad har i perioder været drevet med separat behandling af kildesorteret husholdningsaffald fra Aalborg kommune og der er ligeledes enkelte komposteringsanlæg, der alene behandler kildesorteret husholdningsaffald (Vejle; dog tilsættes lejlighedsvist aviser inden selve behandlingen). Der forventes dog også fremover kun at være ganske få anlæg af denne kategori, da det ofte af tekniske eller andre årsager vil være ønskeligt at sambehandle husholdningsaffaldet med andre affaldstyper.

På disse anlæg kan prøvetagningen foretages på slutproduktet. På biogasanlægget er slutproduktet en vandig strøm, der ikke byder på særlige

prøvetagningsproblemer. Prøven bør formentlig udtages ved sammenstikning af et antal stikprøver for at sikre et repræsentativt indhold af tørstof i forbindelse med overpumpning af restprodukt til lagertank eller prøven kan udtages af lagertanken inden udbringning i jordbruget.

På komposteringsanlæggene kan den nuværende prøvetagningsforeskrift for slam (Plantedirektoratet 2000) anvendes.

### **3.5.2 Prøvetagning af sigtet husholdningsaffald**

#### *A. Tørt affald*

I Herning (Knudmoseværket) foretages forbehandling af husholdningsaffaldet ved sortering på en rullsigte inden affaldet føres til biogasanlæggene. Affaldet fremstår efter sigtningen som et relativt tørt materiale, hvor hovedparten består af organisk materiale neddelte til mindre stykker; men hvor der også forekommer urenheder, herunder enkelte større flager af plast.

På denne type anlæg kan prøvetagningen ske svarende til den procedure, der er anvendt i dette projekt: 20 delprøver udtages i løbet af ca. ½ time med skovl fra transportbåndet mellem rullsigte og container for sigtet affald. Prøverne sammenblandes, findeles efter behov, sammenblandes atter og delprøver til analyselaboratoriet udtages herefter ved hjælp af 4-delings princippet (Plantedirektoratet 2000). Herved fås en prøve, der repræsenterer indholdet af nogle få renovationsvogne og dermed formentlig også giver en rimelig repræsentation af et større indsamlingsområde, evt. en hel kommune. En prøvetagning over flere dage vil naturligvis give en større repræsentativitet ift. anlæggets opland, men vil kun sjældent være praktisk gennemførlig, hvis en ekstern, akkrediteret prøvetager skal stå for udtagningen.

Hvis anlæggene selv kunne stå for prøvetagningen (hvilket dog vil kræve en regelændring) ville kontrolprøven kunne sammenstikkes af delprøver fra flere dage. En forudsætning for dette er, at delprøverne kan opbevares koldt.

#### *B. Vådt affald*

P.t. findes denne affaldstype kun på biogasanlægget i Vaarst-Fjellerad, som periodevis har været drevet med separat behandling af kildesorteret husholdningsaffald fra Aalborg kommune. P.t. vil det altså være acceptabelt at prøvetage af slutproduktet, som beskrevet ovenfor. Det kan dog være ønskeligt at tilføre forskellige typer industriaffald eller at benytte ekstra kapacitet i anlægget til behandling af landbrugsaffald. I sådanne tilfælde skal prøvetagningen ske inden sammenblandingen.

Prøvetagningen er teknisk relativt enkel idet affaldet efter fraseparering af plast og andre urenheder i DeWasteren (som kan sidestilles med en sigtning) overføres til en lagertank, hvor det fremstår som en tyktflydende grød. Lagertanken har omrøring og der kan derfor uden problemer udtages en repræsentativ prøve af affaldet inden det overføres til biogasreaktoren.

### **3.5.3 Prøvetagning af sigtet husholdningsaffald med strukturmateriale**

Denne situation repræsenteres af Noverens komposteringsanlæg for husholdningsaffald i Audebo ved Holbæk. Husholdningsaffaldet indføres i en grube, hvortil der også tilsættes en vis mængde strukturmateriale i form af neddelte grenaffald, halm eller lignende. Der er dog ikke tale om en kontinuert tilsætning, hvorfor affaldet ved passage af rullesigten er noget inhomogent.



Det er p.t. ikke muligt at prøvetage det friske affald direkte fra transportbåndet mellem rulsesigten og første reaktorboks og selv om muligheden forelå ville det næppe være et hensigtsmæssigt sted med mindre indfødningen af strukturmateriale til anlægget ændres, så den foregår mere kontinuert end i dag. Prøvetagning må derfor ske i den første reaktorboks ved at tage et passende antal (20 eller flere) delprøver med en skovl, neddele, sammenblande, 4-dele osv. Prøvematerialet vil dog kunne have en alder på op til flere dage, og vil derfor til en vis grad minde om scenariet "delvis behandlet affald med strukturmateriale" (se nedenfor).

#### **3.5.4 Prøvetagning af usigtet, neddelt affald**

Nogle anlæg foreskriver så restriktiv kildesortering af husholdningsaffaldet, at det principielt kan tilføres et biologisk behandlingsanlæg uden egentlig forsøring. Indfødningen til selve den biologiske behandling kan da ske med eller uden forudgående neddeling af affaldet.

Behandling af frisk modtaget, neddelt husholdningsaffald finder sted på Grindsted Biogasanlæg, hvor affaldsposerne af papir læsses af i en grube, hvorfra de gennem bunden passerer en grovkværn, en magnetseparator og en finkværn inden det neddelte, friske affald sammenblandes med spildevandsslam i en tank inden det bioforgasses. Ud over fraseparering af eventuelle metalurenheder sker der altså ingen fraktionering af affaldet før behandling.

Prøvetagning skal finde sted inden sammenblanding med spildevandsslam, hvorfor den hensigtsmæssigt kan foretages ved udtagning fra transportbåndet mellem neddeleren og blandetanken. Udtagning sker på principielt samme måde som i Herning (se 3.5.2), blot er der i Grindsted ikke sigtet nogen affaldsfraktioner fra på forhånd.

#### **3.5.5 Prøvetagning af usigtet, ikke-neddelt husholdningsaffald**

I Fredericia og på en række andre milekomposteringsanlæg indsamles husholdningsaffald ligeledes i papirposer, som udlægges direkte i milerne lagvis sammen med have-/parkaffald uden nogen forbehandling. Ved den jævnlige vending af milerne sker der dels en oprivning af poserne og dels en sammenblanding med have-/parkaffaldet til et efterhånden homogent produkt.

Som det har været anført i afsnit 3.3.7 vil en egentlig repræsentativ prøvetagning på det indleverede husholdningsaffald inden sammenblanding med haveaffald være meget vanskelig. Det prøvetagningsmæssigt mest hensigtsmæssige vil være, hvis en større bunke poser, f.eks. repræsenterende én uges affald, kan udlægges i neddelt tilstand (f.eks. ved hjælp af den grenknuser, der alligevel skal bruges til neddeling af have-/parkaffaldet) og en række delprøver (20 eller flere) herefter udtages med skovl, sammenblandes og 4-deles osv. Alternativt må mindst 20 hele poser udtages tilfældigt af bunken og neddeles i en mobil kværn, sammenblandes, 4-deles osv.

#### **3.5.6 Prøvetagning af sigtet, delvist behandlet husholdningsaffald**

På flere komposteringsanlæg er det i praksis ikke muligt at udtage prøver inden der er sket en vis forbehandling (forkompostering). På disse anlæg er affaldsmodtagelse, forbehandling og de første procestrin helt integreret, således at valget i realiteten står mellem at udtage prøver direkte fra renovationsvognene eller efter større eller mindre grad af biologisk omsætning

af affaldet. Dette gælder principielt komposteringsanlæggene i Vejle, Frederikssund (AFAV) og Audebo.

Dog er det aktuelt sådan, at anlægget i Vejle normalt udelukkende behandler husholdningsaffald og dermed kan nøjes med at tage prøver af slutproduktet, mens AFAV's anlæg i Frederikssund tilsætter strukturmateriale før forkomposteringen og altså hører hjemme i kategorien "delvis behandlet husholdningsaffald med strukturmateriale" (se nedenfor). Audebo-anlægget kan med lige så stor ret siges at tilhøre denne kategori eller kategorien "sigtet husholdningsaffald med strukturmateriale", som gennemgås ovenfor.

I Audebo eftermodnes det reaktorkomposterede husholdningsaffald med haveaffald og i Frederikssund tilsættes affaldet også ofte yderligere strukturmateriale i forbindelse med milekomposteringen. For at leve op til bekendtgørelsens krav skal prøvetagningen altså finde sted inden dette sker.

Principielt vil repræsentativ prøvetagning på denne type anlæg bedst finde sted efter sigtningen af materialet. I Vejle og Frederikssund vil dette sige umiddelbart efter sigtningen af det forkomposterede affald, mens man i Audebo kan tage prøverne i en af de seks reaktorbokse. Det friskeste affald får man i den første boks, men et mere homogent materiale i den sidste. Selve den praktiske prøvetagning kan på alle tre anlæg ske som i dette projekt.

### **3.5.7 Prøvetagning af sigtet, delvist behandlet husholdningsaffald med strukturmateriale**

Anlæg af denne type omfatter AFAV's anlæg i Frederikssund og Noverens anlæg i Audebo. I enkelte tilfælde sættes også i Vejle strukturmateriale til husholdningsaffaldet.

Prøvetagning finder sted som ovenfor beskrevet, mens der ved beregningen af husholdningsaffaldets indhold af DEHP og andre miljøfremmede stoffer eller tungmetaller korrigeres for andelen af strukturmateriale og det stofbidrag, der hidrører fra dette.

# 4 Oparbejdning og analyse af husholdningsaffald

## 4.1 Homogenisering af affaldsprøver

Når et laboratorium modtager en prøve af kildesorteret dagrenovation vil den, selv om den er indleveret fra et affaldsanlæg som en homogeniseret, repræsentativ prøve, i langt de fleste tilfælde være at betragte som inhomogen i analysekemisk forstand. For at der kan leveres et anvendeligt analyseresultat, f.eks. til myndighedernes tilsyn med overholdelse af krav til indhold af tungmetaller eller miljøfremmede stoffer, vil der altså være behov for en yderligere bearbejdning (homogenisering) af den indleverede prøve før den egentlige oparbejdning og analyse iværksættes.

Der har imidlertid ikke indtil nu eksisteret en forskrift for, hvorledes en sådan homogenisering af det komplekse materiale, som en prøve af kommunal dagrenovation er, passende kan foretages. Et væsentligt problem har især været at få neddelt urenheder så som plastposer og andre fleksible eller elastiske plast- og gummikomponenter i en i øvrigt temmelig våd matrix (det organiske affald)

Som en del af forprojektet til nærværende projekt (Kjølholt et al. 1999) blev der udviklet en foreløbig metode, som nu er videreudviklet til et operationelt niveau og dokumenteret. Metodeforskriften i sin fulde længde findes som Bilag 1 til denne rapport, og i det følgende gives derfor kun et kort resumé af hovedprincipperne i metoden.

Det grundlæggende princip i metoden er en kraftig, indledende nedfrysning af prøven, således at plast og lignende urenheder bliver sprøde og efterfølgende kan findeles. Konkret iblandes prøvematerialet (2 kg) først en passende mængde udglødet kvartssand (typisk 1-2 kg) og nedfryses derefter med flydende nitrogen (-189 °C). Materialet er nu sprødt og kan neddeles f.eks. i en professionel elektrisk kødhakker, der ligeledes nedkøles med flydende nitrogen under processen for at forhindre optøning af prøven undervejs.

Der er i forbindelse med optimeringen af metoden især undersøgt følgende forhold:

- Type af neddelingsudstyr
- Mængde og type af sand
- Dosering af flydende nitrogen
- Prøvemængde.

Det homogeniserede materiale kan herefter oparbejdes på forskellig vis afhængigt af, hvilke analyseparametre, der skal bestemmes. Analyseresultatet korrigeres til sidst for mængden af tilsat kvartssand.

## 4.2 Oparbejdning/ekstraktion af homogeniserede affaldsprøver

Den eller de metoder, der vælges til oparbejdning/ekstraktion af en given prøve afhænger dels af prøvens karakter og dels af, hvilke analyseparametre, der skal undersøges. Der er f.eks. således stor forskel på, om der er tale om en vandprøve eller en affaldsprøve og om prøven skal analyseres for indhold af tungmetaller eller for organiske miljøfremmede stoffer. I forbindelse med nærværende projekt er der naturligvis tale om (homogeniserede) prøver af kildesorteret dagrenovation og med hensyn til analyseparametre er der fokuseret på DEHP som repræsentant for de organiske miljøfremmede stoffer.

Der er i et par nyere undersøgelser konstateret stigninger i indholdet af DEHP i faste og flydende gødningsprodukter ved kompostering og bioforgasning af kildesorteret dagrenovation, der ligger ud over, hvad den generelle tørstofreduktion i forbindelse med processerne kan forklare (Miljøstyrelsen 1998; Energistyrelsen 1999; Miljøstyrelsen 2000).

I de pågældende undersøgelser er DEHP blevet undersøgt med den metode, der anbefales af Miljøstyrelsen ved analyse af spildevandsslam. Denne metode er imidlertid ikke dokumenteret på ubehandlet eller delvis behandlet dagrenovation, og det kan derfor ikke på forhånd udelukkes at det observerede fænomen helt eller delvis skyldes, at den benyttede oparbejdning-/ekstraktionsmetode ikke er kvantitativ når der arbejdes med andre matricer end spildevandsslam.

Der er derfor udført en sammenlignende undersøgelse af forskellige metoders effektivitet til at ekstrahere DEHP fra prøver af kildesorteret dagrenovation:

- Rystning i 2 timer med dichlormethan (basisk) - MST's metode til slam
- Rystning i 2 timer med dichlormethan (sur) - MILJØ-KEMI's generelle metode til sure og neutrale miljøfremmede stoffer
- Forsæbning i 2 timer med methanolisk KOH + ekstraktion med dichlormethan
- Reflux i 2 timer med dichlormethan
- Reflux i 8 timer med dichlormethan
- Soxhlet-ekstraktion i 3 timer med dichlormethan
- Soxhlet-ekstraktion i 21 timer med dichlormethan

Som prøvemateriale blev benyttet dagrenovation indsamlet hos I/S AFAV i Frederikssund. I Bilag 2 findes en nærmere beskrivelse af de benyttede metoder og opnåede resultater. I tabel 4.1 er de væsentligste resultater angivet.

Tabel 4.1  
Resultater af forskellige ekstraktionstest for DEHP i dagrenovation

Metode	DEHP-indhold (mg/kg TS)			Gennemsnit ± SD*
	analyse 1	analyse 2	analyse 3	
Basisk ekstraktion, 2 timer (MST metode)	6,9	7,3	6,4	6,9 ± 0,45
Sur ekstraktion, 2 timer	7,6	7,2	5,9	6,9 ± 0,89
Forsæbning, 2 timer	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Reflux, 2 timer	5,2	5,9	3,6	4,9 ± 1,2
Reflux, 8 timer	6,0	7,3	-	6,7
Soxhlet, 3 timer	2,3	3,6	-	3,0
Soxhlet, 21 timer	5,5	4,1	6,5	5,4 ± 1,2

\* SD = Standard Deviation (standardafvigelse)

Det fremgår af tabel 4.1, at ingen metode gav et større ekstraktionsudbytte eller mere ensartede resultater end MST-metoden til spildevandsslam, hvorfor det blev valgt at fortsætte med denne metode til det videre undersøgelsesprogram. Det anses for usandsynligt, at andre metoder end de afprøvede skulle resultere i væsentligt forbedret ekstraktion af DEHP.

Det kan derfor med rimelighed konkluderes, at det observerede fænomen med stærkt forøget DEHP-indhold i biogasrestprodukter ikke kan begrundes ud fra den anvendte ekstraktionsmetode. Man bemærker i øvrigt, at en meget kraftig oplukningsmetode som forsæbning øjensynligt medfører næsten total nedbrydning af DEHP.

### 4.3 Dokumentation på forskellige affaldstyper

For yderligere at dokumentere den valgte homogeniserings-, ekstraktions- og analysemetode for DEHP i affald blev medio juli 2000 indsamlet prøver fra tre komposteringsanlæg med forskellige oplande, indsamlingsordninger og forbehandlingsmetoder, der vurderedes rimeligt at kunne afspejle variationsbredden i det organiske husholdningsaffald, der behandles biologisk i Danmark:

- AFAV (Frederikssund): Meget inhomogen prøve indeholdende fødevarer og andet biologisk materiale samt mange rester af plast- og papir/papemballage.
- Noveren (Audebo/Holbæk): Relativt inhomogen prøve med vegetabilsk materiale, plast, papir/pap og enkelte sten.
- KAVO (Høng): Homogen prøve indeholdende primært plantemateriale samt få stykker af plast og papir/pap/stof.

Ud over standard ekstraktionstiden på 2 timer blev der også anvendt en udvidet ekstraktionstid for DEHP på 16 timer.

Med henblik på en vurdering af homogeniseringsmetodens egnethed også over for andre stoffer end DEHP blev prøverne desuden analyseret for indhold af metallerne bly, cadmium, chrom, kobber, kviksølv, nikkel og zink.

Alle analyser blev udført som 4-dobbelt bestemmelse, dog blev der kun foretaget enkeltbestemmelse af kviksølv. Metoder og resultater er beskrevet i detaljer i Bilag 2, mens de væsentligste resultater er angivet i tabel 4.2 (DEHP) og 4.3 (metaller).

Tabel 4.2

Resultater af dokumentationstest for homogeniserings- og analysemetode for DEHP. DEHP-indhold angivet i mg/kg TS.

Anlæg	DEHP v. 2 timers ekstraktion		DEHP v. 16 timers ekstraktion	
	Gennemsnit	RSD* (%)	Gennemsnit	RSD* (%)
AFAV	2,4	5,4	3,0	10
Noveren	22	25	20	27
KAVO	1,9	30	3,6	28

\* RSD = Relative Standard Deviation (relativ standardafvigelse).

Tabel 4.3

Resultater af dokumentationstest for homogeniserings- og analysemetode for metaller. Indholdet i prøverne er angivet i mg/kg TS.

Metal	AFAV		Noveren*		KAVO	
	Gnst.	RSD%	Gnst.	RSD%	Gnst.	RSD%
Bly	<9	-	16	18	33	9,4
Cadmium	0,090	12	0,13	15	1,6	13
Chrom	33	15	35	16	48	11
Kobber	15	17	58	21	100	14
Nikkel	8,1	17	10	12	10	12
Zink	44	15	83	16	340	8,5

\* Gennemsnittene og RSD for kobber, nikkel og zink på Noveren-prøverne er baseret på kun 3 prøver idet et outlier-resultat på prøve 4 er trukket ud af beregningen. Samtlige resultater findes i Bilag 2.

Ved lave DEHP-indhold ser der således ud til at være nogen sammenhæng mellem ekstraktionstid og målt DEHP-indhold, mens dette ikke gør sig gældende ved højere DEHP-indhold. Den korte ekstraktionstid vurderes derfor at være acceptabel, da det vigtigste er kontrollen med prøver, der har høje indhold af DEHP.

Spredningen på DEHP-resultaterne må betegnes som acceptabel for et så inhomogent materiale som (kildesorteret) husholdningsaffald. Også for metalanalyserne må den opnåede præcision betegnes som acceptabel.

Sammenfattende konkluderes det, at den udviklede homogeniseringsmetode giver acceptable resultater for både de miljøfremmede stoffer og metaller, der skal kontrolleres i forbindelse med anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål.

#### 4.4 Forslag til vejledning i homogenisering og oparbejdning af prøver af husholdningsaffald

Et forslag til procedure for homogenisering af husholdningsaffaldsprøver, som skal analyseres for indhold af miljøfremmede stoffer (og evt. tungmetaller) er udarbejdet på grundlag af de i det foregående beskrevne forsøg. Forslaget er udarbejdet af Miljø-Kemi A/S, der har udført forsøgsarbejdet. Hovedprincipperne i proceduren skitseres herunder, mens detaljer kan findes i Bilag 1 og 2.

##### *Homogenisering af kildesorteret husholdningsaffald og beslægtede affaldstyper*

Homogeniseringsproceduren for husholdningsaffald bygger grundlæggende på en kraftig, indledende nedfrysning af prøvematerialet, således at plast og lignende urenheder bliver sprøde og efterfølgende kan findeles. Konkret iblandes prøvematerialet (ca. 2 kg) først en passende mængde udglødet kvartssand (typisk 50-100% af prøvemængden) og nedfryses derefter med flydende nitrogen (-189 °C). Materialet er nu sprødt og kan neddeles f.eks. i en professionel elektrisk kødhakker, der ligeledes nedkøles med flydende nitrogen under processen for at forhindre optøning af prøven undervejs.

##### *Videre oparbejdning og kemisk analyse*

Det homogeniserede materiale kan herefter oparbejdes på forskellig vis afhængigt af, hvilke analyseparametre, der skal bestemmes. Med hensyn til prøveekstraktion og analyse for DEHP foreslås det at anvende den metode, som Miljøstyrelsen anbefaler ved analyse af slamprøver.

Analyseresultatet korrigeres til sidst for mængden af det kvartssand, der blev tilsat i forbindelse med prøvehomogeniseringen.

# 5 Undersøgelse af DEHP i husholdningsaffald

For at belyse den mulige sammenhæng mellem affaldssortering og niveauet af DEHP i kildesorteret husholdningsaffald er der gennemført et prøvetagnings- og analyseprogram på seks udvalgte anlæg, der foretager biologisk affaldsbehandling. Undersøgel sesprogrammet er nærmere beskrevet i afsnit 5.1, resultaterne kan findes i afsnit 5.2 og afsnit 5.3 indeholder en diskussion heraf.

## 5.1 Undersøgel sesprogram for husholdningsaffald

Undersøgel sesprogrammet har bestået i 3 prøvetagningsrunder af organisk husholdningsaffald på 6 anlæg spredt ud over Danmark. De seks anlæg blev udvalgt på baggrund af viden fra tidligere opgaver suppleret med oplysninger fra et spørgeskema, der blev udsendt i foråret 2000 som en del af dette projekt.

Anlæggene blev udvalgt, således at der forventedes at være to anlæg i hver af følgende tre grupper, der blev defineret ud fra kravene til kvalitet og emballering af det indkommende husholdningsaffald og afspejler det relevante spektrum af danske anlæg ud fra dette kriterie:

1. Anlæg, der kun modtager kildesorteret vegetabilsk affald i udleverede køkkenaffaldsposer af papir: Grindsted Biogasanlæg og Fredericia Komposteringsanlæg
2. Anlæg, der modtager kildesorteret organisk affald i udleverede eller specificerede køkkenaffaldsposer af plast. Bleer o.lign. accepteres ikke som organisk affald: Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg og Vejle Komposteringsanlæg
3. Anlæg, der modtager kildesorteret organisk affald uden særlige krav til de poser, der anvendes. Bleer o.lign. kan indgå i affaldet: Studsgård Biogasanlæg (Knudmoseværket) og AFAV Komposteringsanlæg (Frederikssund).

Affaldsprøverne blev taget på følgende punkter i anlæggene:

- Grindsted: Nyligt indleveret affald udtaget med skovl gennem lem på transportbånd mellem affaldsneddeler og mellemtank.
- Fredericia: Udtagning af hele papiraffaldsposer fra dyngge af husholdningsaffald indleveret inden for de seneste 1-2 uger.
- Vaarst-Fjellerad (Ålborg): Homogeniseret affald indleveret på anlægget 1-2 dage inden prøvetagning og udtaget direkte i flaske fra mellemtank mellem DeWaster og biogasreaktor.



- Vejle: Forkomposteret (1 døgn), sigtet affald udtaget med skovl fra dyng, hvor transportbånd læsser af til milekompostering på overdækket areal.
- Studsgård (Knudmoseværket, Herning): Nyligt indleveret, sigtet affald udtaget med skovl fra transportbånd efter rullesignen, men før opbevaringscontaineren for sigtet, organisk affald.
- AFAV (Frederikssund): Forkomposteret (2-3 døgn), sigtet affald udtaget med skovl fra dyng, hvor transportbånd for sigtet, forkomposteret affald læsser af til milekompostering.

Prøvetagningen foregik på 5 af de 6 anlæg ved, at der på det valgte prøvetagningspunkt blev udtaget 20 delprøver (skovlfulde eller hele poser), der efterfølgende blev blandet grundigt sammen i en balje. Samleprøven blev derefter neddelte ved hjælp af det udstyr, der er beskrevet nærmere i afsnit 3.4; ARP's Model CS 2000. Hver prøve blev neddelte indtil passende finhed af materialet var opnået (dvs. en størrelse på 2-3 cm), typisk efter 3 passager gennem kværnen.

Efter neddeling blev samleprøven atter blandet og 2 delprøver à ca. 1,5 kg blev fremstillet efter 4-delingsprincippet, som beskrevet i den gældende forskrift for akkrediteret prøvetagning af slam mv. (Plantedirektoratet 2000). Delprøverne blev herefter overført til Rilsanposer og opbevaret i termokasser indtil indlevering på laboratoriet.

Undtaget fra ovennævnte procedure var prøverne fra Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg, der mere har karakter af en grød, og som allerede i DeWasteren opnår en tilstrækkelig grad af sammenblanding og homogenisering. Prøver fra dette anlæg blev opsamlet direkte i 1 liter glasflasker (2 stk. per prøve).

De tre runder af affaldsprøvetagning foregik i oktober og november 2000, nærmere bestemt i ugerne 41, 43 og 45. På grund af driftproblemer på Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg i prøvetagningsperioden pga. indkøring af nyt DeWaster-udstyr kunne der kun udtages to prøver fra dette anlæg. Disse prøver blev taget i uge 40 og primo uge 48.

På Vejle og AFAV blev der tillige udtaget prøver fra kompostmilerne efter 2 ugers kompostering af det affald, hvoraf der blev taget prøver, dvs. i ugerne 43, 45 og 47.

På Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg blev taget prøver fra udgang af reaktortank for dagrenovation på samme tidspunkt som affaldsprøverne blev taget. På grund af den lange opholdstid (p.t. ca. 100 dage) i reaktoren gav det ingen mening at tidsforskyde de to prøvetagninger.

På øvrige anlæg blev det skønnet irrelevant at tage sådanne prøver pga. stor opblanding og "fortynding" med andre affaldstyper.

## 5.2 Karakterisering af strukturmaterialer

Som en udløber af overvejelserne om muligheder for gennemførelse af repræsentativ prøvetagning (se kapitel 3) blev det besluttet at foretage en undersøgelse af indholdet af DEHP og andre miljøfremmede stoffer samt tungmetaller i et mindre antal materialer, der er almindeligt anvendte som

strukturmaterialer ved biologisk affaldsbehandling (primært kompostering), dvs. have-/parkaffald, halm, aviser og tryksager.

Undersøgelserprogrammet omfattede følgende:

- Have-/parkaffald, i alt 4 samleprøver fra komposteringsanlæg repræsenterende såvel formodet højere som mindre belastede områder: RGS 90 (København), Nymølle (Københavns omegnskommuner), Audebo (Nordvestsjællandiske kommuner) og Skårup (Skanderborg og omegn).
- Halm, i alt 2 prøver fra hhv. en sjællandsk og en jysk lokalitet.
- Aviser, 2 blandprøver, hver sammensat af forskellige aviser
- Reklametryksager, 2 blandprøver, hver sammensat af forskellige tryksager.

Den formodet mest belastede prøve fra hver materialekategori blev analyseret for både miljøfremmede stoffer (de 4 slamstoffer, dog ikke LAS, som ikke anses for relevant) og tungmetaller (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), mens analyseprogrammet for de efterfølgende prøver blev reduceret til de analyseparametre, for hvilke der i første prøve var observeret et niveau højere end eller lig 25% af grænse- eller afskæringsværdien for det pågældende stof.

En nøjere beskrivelse af metoder og resultater findes i Bilag 3.

### 5.3 Resultater

#### 5.3.1 Affaldsprøver

De indsamlede affaldsprøver er analyseret af Miljø-Kemi A/S ved hjælp den tidligere beskrevne, nyudviklede homogeniseringsmetode (afsnit 4.1) og efterfølgende ekstraktion og analyse i overensstemmelse med Miljøstyrelsens slamanalysemetode, der blev eftervist at være egnet til formålet (afsnit 4.2). Dog gennemgik prøverne fra Vaarst-Fjellerad, på grund af deres homogene og flydende karakter, ikke homogeniseringsproceduren.

Resultaterne for de enkelte prøver på hvert anlæg er angivet i nedenstående to tabeller, hvor tabel 5.1 viser resultaterne for det indkommende (i nogle tilfælde også forbehandlede) husholdningsaffald, mens der i tabel 5.2 for tre anlæg (AFAV, Vejle og Vaarst-Fjellerad) foretages en sammenligning mellem DEHP-indholdet i det indkommende affald og det delvis komposterede eller helt bioforgassede gødningsprodukt.

Tabel 5.1  
DEHP i indkommende dagrenovation på udvalgte biogas- og komposteringsanlæg

Anlæg	Prøvetagning (uge nr., 2000)	DEHP mg/kg tørstof
Grindsted	uge 41	64
	uge 43	11
	uge 45	7,0
Fredericia	uge 41	24
	uge 43	6,6
	uge 45	14
Vaarst-Fjellerad (Ålborg)	uge 40	25
	uge 48	24
Vejle	uge 41	39
	uge 43	74
	uge 45	120
Studsgård (Herning)	uge 41	35
	uge 43	10
	uge 45	10
AFAV (Frederikssund)	uge 41	110
	uge 43	51
	uge 45	56

Der skal knyttes nogle få bemærkninger til resultaterne i tabel 5.1: Den første prøve fra Grindsted fremstod visuelt som markant anderledes end de to næste prøver ved at have et langt højere indhold af fejlsorteringer så som plast og papir. Tidligere prøver taget på Grindsted biogasanlæg (i forbindelse med forundersøgelsen) har visuelt fremstået som prøve 2 og 3 og har haft tilsvarende lave indhold af DEHP og det vurderes derfor, at DEHP-indholdet i prøve 1 ligger væsentligt over gennemsnittet for dette anlæg.

På Knudmoseværket i Herning var der driftstop på anlægget under første prøvetagning. Der blev derfor udtaget 20 hele affaldsposer, som fik frasorteret en del af fejlsorteringerne indtil et skønnet gennemsnitligt niveau efter rullesigning. Blandprøven blev fremstillet ud fra det manipulerede materiale. Der kan muligvis være skønnet galt med hensyn til, hvor meget materiale, der skulle frasorteres for at opnå en "gennemsnitlig" prøve.

Efter en nærmere gennemgang af sorteringsvejledningerne fra oplandskommunerne til Studsgård/Knudmoseværket ser det i øvrigt ud til, at dette anlæg generelt burde betragtes som et kategori 2-anlæg (jf. afsnit 5.1). Dog er der jævnligt modtaget affald fra andre end de sædvanlige oplandskommuner. Angiveligt har noget af dette affald ofte haft en betydeligt ringere kvalitet end resten, hvorfor det har måttet frasorteres og sendes til forbrænding.

Tabel 5.2

Sammenligning af DEHP i indkommende dagrenovation med koncentrationerne efter hhv. milekompostering i 2 uger (AFAV og Vejle) og bioforgasning m. opholdstid 100 dage (Vaarst-Fjellerad).

Anlæg /Prøvested:	Prøvetagning (uge nr., 2000)	DEHP mg/kg tørstof
AFAV, ind	uge 41	110
	uge 43	51
	uge 45	56
AFAV, 2-ugers mile	uge 41 + 2	64
	uge 43 + 2	66
	uge 45 + 2	50
Vejle, ind	uge 41	39
	uge 43	74
	uge 45	120
Vejle, 2-ugers mile	uge 41 + 2	43*
	uge 43 + 2	36
	uge 45 + 2	51
Vaarst-Fjellerad, ind	uge 40	25
	uge 48	24
Vaarst-Fjellerad, ud	uge 40	230
	uge 48	350

\*Ved en første analyse blev fundet et indhold på 880 mg/kg. Dette resultat måtte dog tilskrives en højkoncentreret punktforurening, hvorfor der blev foretaget en re-analyse på en anden fraktion af prøvematerialet. Denne gav altså resultatet 43 mg/kg.

Med hensyn til resultaterne i tabel 5.2 bemærkes det, at "ind"-prøverne fra AFAV og Vejle repræsenterer affald, der har gennemgået en vis, biologisk forbehandling, mens "ind"-prøverne fra Vaarst-Fjellerad er friske. Der bemærkes en meget stor stigning (gennemsnitligt 11,8 gange) i DEHP-indholdet på tørstofbasis fra "ind" til "ud" på prøverne fra Vaarst-Fjellerad. "Ud"-prøverne repræsenterer det bioforgassede affald efter ca. 100 dages opholdstid under anaerobe forhold i reaktortanken. DEHP nedbrydes meget langsomt under disse betingelser og bindes i øvrigt i meget stor udstrækning til partikler af organisk stof. Der er en stor forskel på tørstofindholdet i "ind"- og "ud"-prøverne, en forskel, der kan forklare en del af den observerede stigning.

Således er der i "ind"-prøverne hhv. 19,5% og 23,2% tørstof, mens tørstofindholdet i "ud"-prøverne kun er hhv. 3,7% og 3,5%. Bruger man gennemsnitsværdierne til at beregne reduktionen i tørstofindhold får man en reduktion på 5,9 gange. Stadig resterer der altså en faktor 2 at forklare på den observerede stigning fra "ind" til "ud".

### 5.3.2 Strukturmaterialeprøver

Resultaterne af første analyserunde, dvs. fuldt analyseprogram, for de fire typer af strukturmaterialer fremgår af tabel 5.3, mens resultaterne for de parametre, der blev analyseret i alle prøver er sammenfattet i tabel 5.4.

Tabel 5.3

Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i fire typer af strukturmateriale; have-/parkaffald, halm, aviser og reklametryksager. Indhold angivet i mg/kg tørstof (TS). "<xx" angiver, at et eventuelt indhold ligger under detektionsgrænsen "xx".

Parameter	Grænse-/afskæringsværdi	Have/park affald	Halm	Aviser	Reklamer
ΣPAH	3	1,5	<0,18	0,35	0,52
DEHP	50	0,65	0,50	1,2	0,60
NPE	30/10*	<0,60	<0,60	0,95	1,7
Arsen	25**	0,78	<0,50	0,59	22
Bly	120	13	<2,0	<2,0	6,7
Cadmium	0,8	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Chrom	100	5,0	<1,0	<1,0	15
Kobber	1000	9,2	4,0	13	24
Kviksølv	0,8	0,067	0,0075	0,0075	0,018
Nikkel	30	1,8	<1,0	<1,0	4,7
Zink	4000	65	6,8	3,8	33
Total-P	-	1100	680	<320	<320
% Tørstof	-	54	86	93	96

\* P.t. 30 mg/kg TS. Nedsættes til 10 mg/kg TS per 1. juli 2002.

\*\* Gælder kun for privat havebrug.

Det fremgår af tabel 5.3, at indholdet af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i de indledningsvist undersøgte strukturmateriale generelt var lavt, dvs. mindre end 25% af den grænse- eller afskæringsværdi for det pågældende stof, der gælder for slam og kompost til anvendelse som gødningsprodukt. Totalt set må reklamer betegnes som den mest belastede prøvetype. Det var dog kun arsen i denne prøvetype samt ΣPAH i have-/parkaffald, der overskred 25%-kriteriet, der var valgt som kriterium for at reducere antallet af analyseparametre i de efterfølgende prøver.

Det var på forhånd besluttet under alle omstændigheder at analysere alle prøver for DEHP og cadmium, der tidligere har vist sig at være kritiske parametre i forhold til udnyttelse af affaldsprodukter på landbrugsjord (Miljøstyrelsen 1998).

Sammenfattende resultater for disse to stoffer samt PAH i have-/parkaffald og arsen i reklamer er vist i tabel 5.4. I de tilfælde, hvor enkeltværdier har ligget under detektionsgrænsen for et givet stof, er detektionsgrænsen blevet anvendt ved beregningen af gennemsnit og standardafvigelse. Det drejer sig kun om cadmium, hvor indholdet i 3 ud af 4 have-/parkaffaldsprøver og 1 ud af 2 halmprøver lå under detektionsgrænsen på 0,2 mg/kg TS.

Tabel 5.4  
Gennemsnitsværdier og standardafvigelser for DEHP og Cadmium i fire strukturmaterialer samt for PAH i have-/parkaffald og arsen i reklamer. Alle værdier er angivet i mg/kg tørstof (TS).

Parameter	Grænse-/afskæringsværdi	Have/parkaffald	Halm	Aviser	Reklamer
ΣPAH	3	0,92 ± 0,76	-	-	-
DEHP	50	0,79 ± 0,48	0,57 ± 0,07	0,70 ± 0,50	1,2 ± 0,60
Arsen	25	-	-	-	25 ± 2,5
Cadmium	0,8	0,22 ± 0,03*	0,22 ± 0,02*	<0,2	<0,2

\* For have/parkaffald havde kun 1 ud af 4 prøver et indhold af cadmium, der var større end detektionsgrænsen på 0,2 mg/kg. For halm var det 1 ud af 2 prøver.

De fundne værdier kan benyttes som udgangspunkt for at fastsætte standardværdier for indhold af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i strukturmaterialer. Sådanne standardværdier kan benyttes til at korrigere målinger af husholdningsaffald med indhold af strukturmaterialer for bidraget, der hidrører fra strukturmaterialerne. Det foreslås, at man som korrektionsværdi benytter gennemsnitsværdien plus standardafvigelsen, dvs. i tilfældet PAH i have-/parkaffald (jf. tabel 5.4) en værdi på 1,7 mg/kg TS.

I tilfældet cadmium foreslås det generelt at anvende værdien 0,25 mg/kg som standardværdi medmindre det i det konkrete kan påvises, at det benyttede strukturmateriale har et lavere indhold.

Hvis der ønskes benyttet strukturmaterialer, der ikke kan henføres til en af de fire undersøgte kategorier bør der indledningsvis foretages en akkrediteret bestemmelse af materialets indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer. Først derefter bør det pågældende materiale kunne "godkendes" som strukturmateriale, dvs. et materiale for hvilket det tillades at benytte en standard korrektionsfaktor i stedet for konkrete analyser i forbindelse med hver kontrol af affalds-/produktkvalitet.

#### 5.4 Diskussion: Sammenhæng mellem affaldssortering og produktkvalitet

De undersøgte seks anlæg blev som anført i afsnit 5.1 udvalgt ud fra en vis forhåndsviden om anlæggene i kombination med nogle kriterier med hensyn til den krævede sortering og kvalitet af det indkommende affald, således at de burde fordele sig i tre kategorier ("god", "mellem" og "dårlig") med to anlæg i hver:

"God": Grindsted og Fredericia

"Mellem": Vaarst-Fjellerad og Vejle

"Dårlig": Studsgård (Herning) og AFAV (Frederikssund)

Prøvetagnings- og analyseprogrammet blev herefter gennemført for at undersøge om forskellene i kravene til det indleverede affald også ville afspejle sig i affaldskvaliteten med hensyn til indhold af DEHP.

Prøverne blev udtaget på de punkter i anlæggene, hvor der kunne tages en rimelig repræsentativ prøve af husholdningsaffaldet før sammenblanding med (væsentlige mængder af) andet affald. Dette indebærer, at det ikke alle steder var frisk affald, der blev prøvetaget.

På de forventede to "gode" anlæg, Grindsted og Fredericia kunne der tages prøver af frisk affald på de valgte prøvetagningspunkter. DEHP-indholdet i affaldet viste sig, med en enkelt undtagelse, at være lavt i prøverne fra begge anlæg. En af prøverne fra Grindsted havde et betydeligt forhøjet indhold af DEHP, men affaldet havde ved den lejlighed også visuelt en kvalitet, der afveg klart fra det sædvanlige for dette anlæg (og fra sorteringsvejledningens krav). Det kan derfor formodentlig ikke i praksis helt undgås, at der, selv på "gode" anlæg, af og til forekommer dårligt sorteret affald, der fører til væsentligt forhøjede niveauer af DEHP.

Prøverne fra de to formodede "mellem"-anlæg, Vaarst-Fjellerad og Vejle afveg betydeligt mht. DEHP. Prøverne fra førstnævnte havde ved begge prøvetagninger relativt lavt indhold af DEHP (24-25 mg/kg TS), mens DEHP-niveauet på Vejle-anlægget kun i den første prøve var acceptabelt lavt og ved sidste prøvetagning var meget højt (120 mg/kg TS). Det skal bemærkes, at prøvematerialet fra de to anlæg var meget forskelligt, hhv. en grød fremstillet af frisk affald (Vaarst-Fjellerad) og et mere tørt, men biologisk mere omsat produkt (Vejle). Ud fra en visuel bedømmelse af affaldet i Vejle vurderes det, at den reelle affaldssortering i forbindelse med dette anlæg ikke lever op til forskrifterne i vejledningen og anlægget hører dermed muligvis snarere hjemme i den laveste kategori.

DEHP-indholdet i prøverne fra de to anlæg med formodet dårlig affaldssortering, Studsgård (Herning) og AFAV (Frederikssund), var ligeledes meget forskellige. Herning-prøverne lå pænt lavt, mens AFAV-prøverne lå højt, dvs. alle på den forkerte side af den gældende afskæringsværdi. Herning-prøverne repræsenterede frisk affald, mens AFAV-prøverne bestod af delvis omsat (forkompostet) affald. Herning-anlægget repræsenterer sandsynligvis snarere "mellem"-gruppen af anlæg end den "dårlige" gruppe, dog med forbehold for udefra kommende prøver.

Der er grund til at tro, at det observerede DEHP-niveau i prøverne fra Vejle og AFAV ville have været lavere, hvis prøvematerialet havde bestået af frisk affald i stedet for forkompostet affald. Dette skyldes, at forkomposteringen indebærer en direkte kontakt mellem det våde, organiske affald og DEHP-holdige fejlsorteringer ved let forhøjet temperatur, hvilket vil give anledning til større afgivelse til den organiske fraktion. Desuden er der muligvis begrænset adgang til ilt i tromlen, hvilket vil forhindre nedbrydning af DEHP under forkomposteringen (men tillade en vis nedbrydning af andet organisk materiale). Det er dog ikke for nærværende muligt at sige, hvor stor en stigning i DEHP-indhold disse to forhold kan bevirke i forhold til måling på frisk affald.

Hvis den visuelle oplevelse af affaldssorteringen lægges til grund for en bedømmelse af affaldskvaliteten snarere end de formelle krav til sorteringen bør Vejle og Studsgård (Herning) altså byttes om, således at Vejle placeres i kategori 3, mens Studsgård placeres i kategori 2. Det kan endvidere overvejes at udelade den første prøve fra Grindsted af bedømmelsen.

Tabel 5.5  
DEHP-indhold i husholdningsaffald som funktion af kvalitet af affaldssortering (visuelt bedømt).

Anlæg	Kategori*	DEHP-indhold (mg/kg TS)	
		Gennemsnit	Interval
Grindsted	1	27 (9)**	7,0-64 (7,0-11)**
Fredericia	1	15	6,6-24
Vaarst-Fjellerad	2	25	24-25
Studsgård	2	18	10-35
Vejle	3	78	39-120
AFAV	3	72	51-110

\* 1: God 2: Mellem 3: Dårlig

\*\* Resultatet af første prøvetagning (64 mg/kg) udeladt.

I tabel 5.5 er anlæggene stillet op efter dette princip for at illustrere sammenhængen mellem affaldssortering og DEHP-niveau, som den er kommet til udtryk ved prøvetagningen i dette projekt. Det fremgår af tabellen, at det gennemsnitlige DEHP-niveau i de to bedste kategorier har en pæn margin til den gældende afskæringsværdi på 50 mg/kg TS, og at kun 1 prøve ud af 11 fra de fire bedste anlæg overskrider afskæringsværdien. Det forekommer således realistisk at forvente, at husholdningsaffald, der ønskes behandlet biologisk, i almindelighed vil kunne bringes til at overholde slambekendtgørelsens kravværdi for DEHP.

Det skal dog bemærkes, at der formentlig altid, dvs. også i de gode affaldstyper, af og til vil forekomme punktforureninger, der kan give anledning til værdier, der er signifikant højere end gennemsnittet.

### 5.5 Forslag til retningslinier for kildesortering, indsamling og forbehandling af husholdningsaffald

I forbindelse med planlægningen af det undersøgelsesprogram for DEHP i husholdningsaffald, der er beskrevet i det foregående, har der været indhentet oplysninger fra de forskellige anlæg om indretning og drift såvel som de gældende sorteringsforskrifter og indsamlingsordninger.

Det fremgår af disse oplysninger når de sammenholdes med resultaterne af undersøgelsen (afsnit 5.3.1 samt tabel 5.5), at sorteringsvejledningerne i sig selv må betegnes som gode nok, hvis de overholdes.

Følgende fraktioner kan accepteres i husholdningsaffald til biologisk affaldsbehandling på centrale anlæg (animalske produkter og madrester bør af andre årsager undgås ved hjemme- og milekompostering):

- Alle animalske og vegetabiliske madvarer og -rester uden emballage
- Ben fra kød, fjerkræ og fisk
- Æggeskaller
- Kaffegrums og teblade med filtre
- Aftøringspapir (køkkenruller o.lign.)
- Afskårne blomster



Bleer, engangsklude o.lign. bør ikke accepteres ligesom emballager o.lign. i kulørt papir og pap (som tillige ofte har en overfladecoating) bør betragtes som restaffald (til forbrænding eller genanvendelse).

Med hensyn til affaldsposer til det kildesorterede, organiske husholdningsaffald bør plastindkøbsposer fra supermarkeder o.lign. ikke accepteres og også plastaffaldssække bør undgås. Det optimale vil være køkkenaffaldsposer i bionedbrydeligt papir, sekundært kan der benyttes køkkenaffaldsposer i plast af en nærmere foreskrevet kvalitet (bør formentlig udleveres). Brune papiraffaldssække til opbevaring af køkkenaffaldsposerne kan accepteres.

Mens de eksisterende vejledninger til hussstandene i kildesortering af affald således gennemgående må anses for tilstrækkelige i forhold til opnåelse af et fornuftigt, lavt niveau af DEHP, er der betydelig forskel fra kommune til kommune på, i hvor høj grad vejledningerne i realiteten efterleves. Desuden opleves der generelt en bedre efterlevelse i villaområder end i kvarterer med etageboliger.

Det er således vigtigt, at der på forskellig måde følges op på de udsendte vejledninger. Dette kan dels ske ved jævnlige informationskampagner for at "holde folk til ilden", men derudover kan der være behov for at skride konkret ind over for dårlig sortering, f.eks. ved uddeling af advarsler, der kan følges op af at undlade afhentning, forhøje afhentningsafgiften el. lign. Sådanne opfølgende tiltag kendes fra Grindsted Kommune, hvor de har vist sig at have god effekt.

Hvad angår betydningen af typen af indsamlingsordning er der indikationer på, at kontakttiden mellem den organiske fraktion af husholdningsaffaldet og eventuelle DEHP-holdige fejlsorteringer har betydning for graden af afsmittning af DEHP fra fejlsorterede emner til det organiske affald. Af denne årsag vil ugentlige indsamlinger af affald være at foretrække frem for indsamlinger med 2-ugers intervaller, som det er tilfældet mange steder i dag.

Da det næppe kan undgås, at der ret jævnlige optræder fejlsorteringer i det materiale, der modtages til biologisk behandling anbefales det at etablere forbehandlingsudstyr på behandlingsanlæggene, der kan frasortere de væsentligste urenheder inden den biologiske affaldsbehandling påbegyndes. Derved kan afsmittning til den organiske fraktion minimeres.

# 6 Konklusioner og anbefalinger

## 6.1 Biologisk behandling af husholdningsaffald i Danmark

Der findes to hovedtyper af biologisk behandling for kildesorteret husholdningsaffald (dvs. kildesorteret, organisk dagrenovation) i Danmark; ved bioforgasning eller ved kompostering. Mens en del komposteringsanlæg i en årrække har behandlet organisk husholdningsaffald, er det kun et meget begrænset antal biogasanlæg, der indtil nu har benyttet denne affaldstype som en del af deres råmateriale.

De biologiske behandlingsanlægs andel af det samlede volumen af organisk husholdningsaffald, der årligt produceres i Danmark må betegnes som ret beskedet, dvs. klart under 10% af den organiske fraktion af dagrenovationen.

Trods det, at der kun findes to hovedtyper af biologiske behandlingsprocesser og sammenlagt højst 20 danske anlæg, der udfører dem, er der alligevel en betydelig spændvidde i teknologi, praktisk indretning og drift (herunder hvilke typer affald, der behandles) anlæggene imellem.

I relation til denne rapports emne, nemlig prøvetagning og karakterisering af husholdningsaffald med hensyn til DEHP og andre miljøfremmede stoffer og tungmetaller, har det således været nødvendigt at definere syv kombinationer af anlægsindretning og affaldstyper for at dække mulighederne i en kontrolsammenhæng.

## 6.2 Prøvetagning af husholdningsaffald

### 6.2.1 Repræsentativitet af affaldsprøverne

Det grundlæggende formål med at kontrollere kvaliteten af husholdningsaffald og/eller gødningsprodukter på biologiske affaldsbehandlingsanlæg er at sikre, at miljøbelastningen med tungmetaller og miljøfremmede stoffer holder sig på et acceptabelt lavt niveau. Det har i en række tilfælde vist sig, at især plastblødgøreren DEHP er kritisk for den jordbrugsmæssige anvendelse af gødningsprodukter fra biologisk affaldsbehandling. Derfor har projektet væsentligst drejet sig om dette stof, men mange af konklusionerne gælder i lige så høj grad for andre former for forureninger.

Prøvetagning til kvalitetskontrol bør derfor fokusere på den del af affaldet, der indgår i den biologiske behandlingsproces og søges udnyttet til jordbrugsformål. Samtidig er der dog tre aspekter, der må søges tilgodeset i videst muligt omfang: Overholdelse af de gældende formelle regler for kvalitetskontrol, repræsentativiteten af de indsamlede prøver samt den praktiske gennemførlighed af prøvetagningsprogrammet.

Hovedproblemet i forhold til prøvetagning er myndighedskravet om dokumentation af overholdelse af kvalitetskravene inden sammenblanding af forskellige affaldstyper (Miljø- og Energiministeriet 2000, Plantedirektoratet 2000a). Dette krav giver i en række tilfælde problemer med hensyn til repræsentativitet af prøvematerialet, hvis prøvetagningen samtidig skal være

praktisk gennemførlig og ikke påføre producenten uforholdsmæssigt store udgifter og praktiske vanskeligheder.

Det gælder derfor om at finde en måde at administrere de gældende regler på, således at det grundlæggende formål med at kontrollere indholdet af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i affald opfyldes samtidig med, at dette kontrolbehov ikke fører til dokumentationskrav, der evt. direkte kan indvirke negativt på udbredelsen af biologisk affaldsbehandling.

Et væsentligt aspekt i denne sammenhæng er, hvorledes begrebet "affaldsproducent" fortolkes. Mange anlæg får leveret kildesorteret husholdningsaffald fra flere oplandskommuner og det vurderes at være af afgørende betydning, at dette ikke, som det er tilfældet med spildevandsslam, fortolkes som leverancer fra forskellige producenter. Dette vil nemlig rent prøvetagningsmæssigt føre til en uoverskuelig situation, og i og med, at husholdningsaffald, der er kildesorteret efter ensartede retningslinier må anses for at være en type affaldsprodukt med kun små variationer fra kommune til kommune, vurderes der heller ikke at være behov for en sådan skelnen.

Endvidere tilsætter mange anlæg af tekniske årsager strukturmaterialer (f.eks. grenaffald, halm eller aviser) til affaldet inden selve den biologiske behandling. Tilsætningen sker ofte på et punkt i processen, hvor repræsentativ prøvetagning af husholdningsaffaldet ikke er praktisk gennemførlig. Dette forhold afføder et behov for en fortolkning eller administration af de gældende kontrolregler, således at prøvetagning kan tillades efter, at sådanne strukturmaterialer er blevet tilsat.

Det foreslås derfor, at der fastsættes standardbidrag for de regulerede tungmetaller og miljøfremmede stoffer i de mest almindelige typer af strukturmaterialer. Derved kan der med en simpel korrektionsberegning i stedet for en vanskelig prøvetagning foretages en bestemmelse af husholdningsaffaldets indhold af disse stoffer før sammenblanding med strukturmaterialerne.

Som tidligere nævnt er der konstateret mange forskellige praktiske indretninger af anlæggene, selvom der kun eksisterer to hovedtyper af biologisk behandling; bioforgasning og kompostering. Da der imidlertid kun er ret få anlæg, der udfører en sådan affaldsbehandling vurderes det at være praktisk gennemførligt for myndighederne at fastlægge og godkende prøvetagningspunkter og -procedurer for hvert anlæg. Alternativt kan man give generelle kravbeskrivelser for forskellige hovedtyper af kombinationer af anlægsindretning og affaldsmaterialer. Følgende syv er identificeret i projektet og beskrevet med hensyn til prøvetagning:

- Prøvetagning af slutprodukterne
- Prøvetagning af sigtet husholdningsaffald (hhv. tørt og vådt)
- Prøvetagning af sigtet husholdningsaffald med strukturmateriale
- Prøvetagning af usigtet, neddelt husholdningsaffald
- Prøvetagning af usigtet, ikke-neddelt husholdningsaffald
- Prøvetagning af delvis behandlet husholdningsaffald
- Prøvetagning af delvis behandlet husholdningsaffald med strukturmateriale.

## 6.2.2 Prøvetagning af husholdningsaffald i praksis

Gennem projektforløbet har forskellige muligheder for udstyr til den praktiske gennemførelse af affaldsprøvetagning på anlæggene været overvejet, og en række af disse er blevet afprøvet i praksis.

Det konkluderes, at det i intet tilfælde har været et problem at udtage de prøvemængder, der er nødvendige til kontrolformål.

Det væsentligste problem, der skulle overvindes har således været at fremstille et prøvemateriale med en form og homogenitet så det kunne indleveres på et laboratorium til kemisk analyse. I den forbindelse har det især været vanskeligt at finde udstyr, der kunne håndtere sejt, elastisk materiale som plast uden at stoppe til. Forskellige former for blendere eller andet udstyr med hurtigt roterende knive viste sig ikke at være særligt egnede, ligesom en professionel kødhakker også for let stoppede til.

Den bedste løsning viste sig at være et udstyr, hvor den centrale enhed blev drevet af en kraftig el-motor og bestod af to parallelle aksler, der langsomt drejede mod hinanden. Hver aksel var i hele sin længde forsynet med skiver med skarpslebne tænder, der kunne sønderrive både hårdt, blødt og sejt materiale når det blev presset ned mellem akslerne. Den afprøvede model havde en størrelse der kunne monteres og transporteres på en almindelig trailer og kunne behandle op til en fyldt køkkenaffaldspose ad gangen.

Det neddelte, kildesorterede affald kunne herefter blandes grundigt sammen og fyldes i rilsanposer, der efterfølgende afleveredes på analyselaboratoriet.

## 6.3 Homogenisering og oparbejdning af affaldsprøver

Der har i projektet foregået et arbejde med at udvikle en metode og procedure til homogenisering af husholdningsaffaldsprøver, således at de rutinemæssigt kunne analyseres for DEHP og andre miljøfremmede stoffer og tungmetaller med en acceptabel præcision. Miljø-Kemi A/S har forestået den praktiske gennemførelse af dette arbejde.

Hovedudfordringen har været at finde en teknik, der på én gang var i stand til at håndtere det våde, organiske affald og sejt, elastisk plast, f.eks. fra affaldsposer eller anden emballage.

Det basale i den udviklede metode er en indledende, kraftig nedfrysning af prøvemateriale ved hjælp af flydende nitrogen, således at plast og lignende urenheder bliver sprøde og kan findeles. Selve findelingen, der yderligere forbedres ved tilsætning af kvartssand, foregår i en professionel, elektrisk kødhakker, der ligeledes nedkøles med flydende nitrogen for at forhindre optøning af prøven undervejs.

Metoden er afprøvet på husholdningsaffald fra flere anlæg og har ved en firedobbelt bestemmelse på hvert prøvemateriale resulteret i en bestemmelse af DEHP-indholdet med en præcision på eller bedre end  $\pm 30\%$ , hvilket anses for acceptabelt for et så inhomogent og vanskeligt materiale.

Den videre oparbejdning af prøvemateriale foregik ved ekstraktion med dichlormethan i 2 timer, svarende til Miljøstyrelsens metode for spildevandsslam. Afprøvning af andre ekstraktions- og oparbejdningstekniker resulterede ikke i bedre resultater end denne metode.

Homogeniseringsmetoden blev også testet i forhold til analyse for indhold af tungmetaller og resulterede for disse i en analysepræcision lig med eller bedre end  $\pm 21\%$ .

Det skal bemærkes, at der formentlig uanset hvilken oparbejdningsmetode, der benyttes lejlighedsvis vil kunne forekomme enkeltprøver ("hot spots"), der afviger væsentligt fra gennemsnittet med hensyn til indhold af DEHP (og formentlig også andre stoffer). Dette gælder også prøver fra anlæg med sædvanligvis god affaldskvalitet

#### 6.4 DEHP i husholdningsaffald

For at belyse den mulige sammenhæng mellem affaldssortering og indhold af DEHP i kildesorteret husholdningsaffald blev der i efteråret 2000 gennemført et prøvetagnings- og analyseprogram på seks udvalgte anlæg, der foretager biologisk behandling af denne affaldstype. De udvalgte anlæg omfattede tre biogas- og tre komposteringsanlæg, der på forhånd forventedes parvis at falde i tre kategorier ("god", "mellem" og "dårlig") inden for graden af kildesortering af det modtagne affald. Der blev foretaget tre prøvetagninger på fem af de seks anlæg (pga. tekniske problemer kun to på det sidste).

Resultaterne viste, at 10 ud af 11 prøver fra de "gode" og "mellemgode" anlæg kunne overholde afskæringsværdien for DEHP med god margin. Den sidste prøve fremstod visuelt som atypisk for det pågældende anlæg. På de "dårlige" anlæg overskred fem ud af seks prøver afskæringsværdien.

Det kan konkluderes, at de fleste af de eksisterende sorteringsvejledninger i sig selv er tilstrækkelig præcise og restriktive. Det vil sige, at hvis husstandene efterlever vejledningerne bør der ikke være problemer med affaldskvaliteten med hensyn til DEHP. Tidligere har flere anlæg tilladt bler o.lign. i den organiske fraktion af det kildesorterede affald, men denne praksis må bestemt frarådes.

Med hensyn til emballering af affaldet bør der kun accepteres bestemte typer af køkkenaffaldsposer af plast, mens plastindkøbsposer fra supermarkeder o.lign. er uacceptable til emballering. Det vurderes, at det bedste resultat opnås, hvis de affaldsposer husstandene skal benytte udleveres fra centralt hold. Specielle (udleverede) papirposer til opsamling af køkkenaffaldet vil være at foretrække frem for plastposer, også pga. af den miljømæssige signalværdi, der ligger heri.

Den vigtigste handling for at opnå en tilstrækkeligt god affaldskvalitet er således at sikre, at husstandene rent faktisk efterlever sorteringsvejledningernes krav. Dette kan for eksempel ske ved en kombination af jævnlige informationskampagner og konkret opfølgning på for dårlig sortering hos enkelthusstande eller boligkarréer, f.eks. ved at undlade afhentning eller at forhøje afhentningsafgiften.

På anlæggene anbefales det at etablere forbehandlingsudstyr, der kan frasortere de væsentligste urenheder (som under alle omstændigheder vil forekomme i et vist omfang) inden den biologiske behandling påbegyndes. Derved kan afmitning af DEHP og andre forureninger til den organiske fraktion minimeres.

## 6.5 Karakterisering af strukturmateriale

Som anført i afsnit 6.2.1 vurderes det i forbindelse med prøvetagning at ville være både praktisk, billigere og stadig fagligt acceptabelt, hvis man kunne operere med standardbidrag af tungmetaller og miljøfremmede stoffer fra strukturmateriale, der især anvendes i forbindelse med kompostering af husholdningsaffald. På den måde ville man kunne nøjes med en teoretisk tilbageregning til husholdningsaffaldets indhold af disse stoffer og reducere vanskelighederne med og omfanget af den praktiske prøvetagning. I en række tilfælde ville man desuden kunne opnå en forbedret repræsentativitet af prøverne fordi udtagningen kunne ske på et punkt i procesforløbet, hvor prøvematrixen både var mere homogen og repræsenterede en større andel af det indkommende affald.

Der er derfor foretaget en undersøgelse af fire typiske strukturmateriale indhold af sådanne stoffer. Det drejer sig om have-/parkaffald, halm, aviser og kulørte (reklame)tryksager. Den største geografiske variation af stofindholdet kunne forventes i have-/parkaffald, hvorfor der blev undersøgt fire prøver inden for denne kategori, men kun to prøver fra de øvrige.

Indledningsvis blev der analyseret en prøve fra hver kategori for alle regulerede tungmetaller og miljøfremmede stoffer. Der blev dog ikke analyseret for vaskemiddeldetergenten LAS, da indholdet af dette stof kunne forventes at være meget lavt i alle de nævnte prøvetyper. De efterfølgende prøver blev alle analyseret for DEHP og cadmium (der tidligere har vist sig at være de kritiske stoffer), mens øvrige stoffer kun blev taget med, hvis indholdet i den første prøve oversteg 25% af grænse-/afskæringsværdien.

Generelt lå stofniveauerne i prøverne lavere end 25% af grænse- eller afskæringsværdierne. Undtagelserne var PAH i have-/parkaffald, arsen i kulørte tryksager og cadmium i 1 ud af 4 have-/parkaffaldsprøver og 1 ud af 2 halmprøver.

Det foreslås at fastsætte et standardbidrag fra tungmetaller og miljøfremmede stoffer i strukturmateriale, der udgør den fundne gennemsnitsværdi plus standardafvigelsen på denne.

## 7 Litteraturliste

Miljøstyrelsen (1999). Cadmium, DEHP og NPE i kildesorteret, forbehandlet og afgasset dagrenovation. Miljøprojekt nr. 443, 1999.

Miljøstyrelsen (1998). Cadmium og DEHP i kompost og bioafgasset materiale. Miljøprojekt nr. 385, 1998.

Energistyrelsen (1999). DEHP i husholdningsaffald - Forundersøgelse. Rapport, maj 1999.

Miljø- og Energiministeriet (2000). Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål. Bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000.

Plantedirektoratet (2000a). Bekendtgørelse om tilsyn med spildevandsslam m.m. til jordbrugsformål. Bekendtgørelse nr. 56 af 24. januar 2000.

Plantedirektoratet (2000b). Plantedirektoratets minimumskrav til akkrediteret prøvetagningsforskrift for kommunalt spildevandsslam mm til jordbrugsformål. Plantedirektoratet, marts 2000.

Videncenter for Affald & Genanvendelse (2000). Behandling af organisk affald fra husholdninger m.v. (kompoststatistik 1998).

# Bilag 1

## Forslag til procedure for homogenisering af kildesorteret husholdningsaffald og beslægtede affaldstyper

### Anvendelsesområde

Homogeniseringsproceduren kan anvendes på inhomogent affald indeholdende fødevarer, emballage af plast og pap/papir samt haveaffald med grene op til 8-10 mm i diameter. Metaldele, f.eks. kapsler, klips og lignende, hårde kerner, f.eks. nektarinkerner, sten, glas og andre hårde affaldsprodukter skal frasorteres inden homogenisering.

### Prøvemængde

Da der er tale om et inhomogent materiale skal der til laboratoriet indleveres ikke under 2 kg affald/kompost, der i felten er udtaget så repræsentativt som muligt.

### Emballage og Opbevaring

Affaldet/komposten udtages i glasbeholder eller rilsanpose, og indtil behandlingen påbegyndes opbevares prøven i fryser ved -20°C.

### Homogeniseringsudstyr

Til homogenisering anvendes en el-dreven hakker i stil med kommercielt tilgængelige kødkakkere til professionelt brug. Motorstørrelsen skal være 1,5 HK eller mere, og motoren skal være forsynet med overbelastningssikring.

Hakkeren skal være udstyret med en forrådsbakke - ca. 30x45x5 cm - hvori der findes et fodringshul, der fører direkte til hakkeren. I forrådsbakken skal kunne opbevares minimum 4 kg prøve. Fodringshullet skal være stort nok til, at større bestanddele kan føres ned i hullet og videre til hakkerens snegl. Et fodringshul med diameter 5,5 cm, en 20 cm lang snegl med en diameter på 4 cm anbefales. Efter sneglen passerer prøven et skær bestående af et knivblad og en hulskive af samme type, som benyttes ved hakning af kød. Prøven iblandes sand før homogenisering og knivbladet bliver derfor ret hurtigt sløvt. Dette er dog uden betydning, idet homogeniseringen sker ved meget lav temperatur, hvor affaldet nærmest er sprødt, og hvor homogeniseringen mere sker ved knusning end ved hakning/skæring. Afgivelsen af tungmetaller til prøven pga. slid på kniven anses for at være uden praktisk betydning for analyseresultatet.

### Homogeniseringsprocedure

Affaldet homogeniseres ved iblanding af kvartssand og nedfrysning med flydende kvælstof. Herved opnås at affaldet bliver hårdt og sprødt og formales af sandet under hakningen. Sandet sikrer samtidigt at blandeprøven på trods af nedfrysningen har en relativt løs konsistens.

Den totale modtagne prøvemængde vejes. Hvis der er mere end 2 kg udtages så repræsentativt som muligt en delprøve på 2 kg. Herefter udlægges prøvematerialet på en glat stål- eller glasoverflade, og der frasorteres sten, metalstykker, glas og andet hårdt materiale, der ikke kan neddeles i hakkeren.



Det frasorterede materiale beskrives og vejes i fraktioner. (Metoden er udviklet til DEHP og evt. andre organiske miljøfremmede stoffer. Hvis den også skal anvendes til metaller må det frasorterede materiale håndteres separat.)

Efter frasortering fyldes materialet tilbage i en 5 liters glasbeholder eller rilsanpose, og der tilsættes kvartssand, 1,0-1,5 mm, i en mængde, så affaldet/komposten fortyndes 2 gange (1:1) på vægtbasis. Sandet er på forhånd glødet ved 450°C i 1 time for at fjerne evt. indhold af organisk stof. Prøven og sandet sammenblandes manuelt ved brug af en metalske. Hvis prøven vurderes våd eller blød i konsistensen, tilsættes der yderligere end kendt mængde sand, og den nye fortynding bestemmes. Herefter anbringes prøven på en blanderulle (prøven roteres/omrystes) i mindst 2 timer. Hvis prøven herefter ikke straks homogeniseres nedfryses den.

Den opblandende prøve fordeles ( evt. efter optøning) i forrådsbakken. Der tilsættes forsigtigt flydende kvælstof, således at prøven nedfryses. Der tilsættes herefter konstant flydende kvælstof i en mængde, der sikrer at prøven konstant er nedfrossen og at hakkeren er tilstrækkelig kold til, at der ikke sker en optøning af materialet undervejs gennem hakkeren. Flydende kvælstof skal tilsættes så forsigtigt, at der ikke sker en afblæsning af finkornet materiale.

Hakkeren startes nu og tilføres det frosne materiale (brug metalske) gennem fodringshullet. Det homogeniserede materiale opsamles direkte i et afsmitningsfrit materiale - glas eller rilsan.

### **Udtagning og opbevaring af delprøver til analyse**

Inden udtagning af delprøver til analyse anbringes prøven atter på en blanderulle (prøven roteres/ omrystes) i mindst 2 timer. Der udtages herefter delprøver á ca. 50 gram med en metalske ved at udtage 10 forskellige steder i prøven. Delprøverne udtages i glødet glas og restprøven opbevares i rilsanpose. Delprøverne og restprøven nedfryses ved -20 °C.

### **Kvalitetskontrol**

For at sikre, at der ikke fra hakkeren eller de anvendte redskaber sker en afsmitning af de parametre som undersøgelsen omfatter, gennemføres regelmæssigt en blindkontrol, hvor sand anvendes som affald/kompost.

Omhyggelig rengøring af hakkeren skal ske efter hver homogenisering - der må kun anvendes mekanisk rengøring (børste) og afvaskning i varmt vand.

### **Beregning**

Ved analyse og efterfølgende beregning korrigeres for den fortynding af affaldet/komposten, som det tilsatte sand har medført.

### **Arbejds miljø**

Arbejde med flydende kvælstof skal ske med stor forsigtighed, idet sprøjt i øjne eller direkte kontakt til hud kan medføre skader. Anvend altid beskyttelsesbriller og læderhandsker.

# Bilag 2

## Afprøvning af ekstraktionsmetoder og dokumentation på husholdningsaffald fra forskellige anlæg

### 1 Analysemetoder

Som en del af projektet har Mijø-Kemi AS foretaget en sammenligning af forskellige ekstraktions- og analysemetoder til bestemmelse af DEHP. Som udgangspunkt er benyttet Miljøstyrelsens analysemetode til kontrol af slam (dateret juni 1997), som er sammenlignet med en række andre metoder.

Alle analyser er udført på den samme homogenisering af affald. De fleste analyser er udført som 3-dobbelt bestemmelse. Der er undersøgt følgende metodeprincipper:

- Rystning i 2 timer med dichlormethan (basisk) - MST's metode
- Rystning i 2 timer med dichlormethan (sur) - MILJØ-KEMI's generelle metode til sure og neutrale miljøfremmede stoffer
- Forsæbning i 2 timer med methanolisk KOH + ekstraktion med dichlormethan
- Reflux i 2 timer med dichlormethan
- Reflux i 8 timer med dichlormethan
- Soxhlet-ekstraktion i 3 timer med dichlormethan
- Soxhlet-ekstraktion i 21 timer med dichlormethan.

De benyttede metoder er beskrevet i det følgende.

*MK-2061*

*Basisk ekstraktion til bestemmelse af DEHP i affald*

Princip: Prøven opslømmes i vand, tilsættes base til pH 10-12, behandles 5 minutter i ultralydsbad og ekstraheres 2 timer med dichlormethan på rystebord. Ekstraktet inddampes og analyseres ved gaskromatografi med massespekrometrisk detektor (GC-MS-SIM). Der måles ved to karakteristiske ioner. Til identifikation anvendes begge ioner, og til den kvantitative beregning anvendes den dominerende ion. Som intern standard anvendes deutereret DEHP.

Analyseusikkerhed: RSD 15%.

Analysemetoden er identisk med Miljøstyrelsens analysemetode for slam af juni 1997.

*MK-2060*

*Sur ekstraktion til bestemmelse af DEHP i affald*

Princip: Prøven opslømmes i vand, tilsættes syre til pH 2 og ekstraheres 2 timer med dichlormethan på rystebord. Ekstraktet inddampes og analyseres ved GC-MS-SIM som beskrevet for metode MK-2061.

Analyseusikkerhed: RSD 15%.

*MK-2021*

*Forsæbning til bestemmelse af DEHP i affald*

Princip: Prøven forsæbes med methanolisk KOH. Efterfølgende ekstraheres med dichlormethan. Ekstraktet inddampes og analyseres ved GC-MS-SIM som beskrevet for metode MK-2061.

Analyseusikkerhed: RSD ca. 15%.

*Reflux til bestemmelse af DEHP i affald*

Princip: Prøven koges med dichlormethan under reflux. Ekstraktet inddampes og analyseres ved GC-MS-SIM som beskrevet for metode MK-2061.

Der anvendes 2 ekstraktionstider - 2 og 8 timer.

Analyseusikkerhed: RSD ca. 15%.

*Soxlet til bestemmelse af DEHP i affald*

Princip: Prøven soxhletekstraheres med dichlormethan. Ekstraktet inddampes og analyseres ved GC-MS-SIM som beskrevet for metode MK-2061.

Der anvendes 2 ekstraktionstider - 3 og 21 timer.

Analyseusikkerhed: RSD ca. 15%.

*MK-4031*

*Tørstof i affald, sand og lignende*

Princip: Prøven tørres ved 105°C til konstant vægt.

Analyseusikkerhed: RSD 5%.

## 2 Resultater

Der er for de fleste metoder udført 3-dobbelt bestemmelse. Alle resultater er korrigeret for det iblandede sand.

Enhed: mg/kg TS	Husholdningsaffald AFAV 16/3-2000			Gennemsnit ± s
	analyse 1	analyse 2	analyse 3	
Metode				
2061 basisk ekstr. - MST metode	6,9	7,3	6,4	6,9 ± 0,45
2060 sur ekstraktion	7,6	7,2	5,9	6,9 ± 0,89
2021 forsæbning	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Reflux 2 t	5,2	5,9	3,6	4,9 ± 1,2
Reflux 8 t	6,0	7,3	-	6,7
Soxhlet 3 t	2,3	3,6	-	3,0
Soxhlet 21 t	5,5	4,1	6,5	5,4 ± 1,2

- kun dobbeltbestemmelse

På basis af disse resultater vælges Miljøstyrelsens metode i det videre forløb. Basis herfor er, at alle danske laboratorier kender denne metode, og at ingen af de øvrige metoder har givet højere ekstraktionsudbytte.

## 3 Dokumentation af metoden

### 3.1 Prøvemateriale

Den udviklede homogeniserings- og analysemetode er blevet afprøvet på 3 nye prøver af husholdningsaffald. Disse prøver er indleveret af COWI AS i perioden 12. - 27. juli 2000.

Prøverne var mærket:

Noveren (Modtaget 12.07.2000)

KAVO (Modtaget 12.07.2000)

AFAV (Modtaget 27.07.2000)

De 3 affaldsprøver kan beskrives som følger:

Noveren: Visuelt relativ inhomogen prøve indeholdende plantemateriale, papir/pap, plast og enkelte sten.

KAVO: Visuelt homogen prøve indeholdende primært plantemateriale samt få stykker plast og papir/pap/stof.

AFAV: Visuelt meget inhomogen prøve indeholdende fødevarer, lidt plantemateriale, meget emballage af plast og papir/pap.

Prøverne er modtaget i rilsanposer og er opbevaret nedfrosset ved -20°C indtil homogeniseringen, og ligeledes nedfrosset indtil analyse.

### 3.2 Homogeniseringsmetode

De 3 affaldsprøver blev homogeniseret efter den foreløbige procedure. Homogeniseringen af alle 3 prøver forløb godt, og den endelige procedure blev derefter udarbejdet. Proceduren er vedlagt som Bilag 1, og der henvises til denne. Efter homogeniseringen blev hver prøve fordelt på et stort antal glas, således at alle analyser er udført på separate glas.

På hver affaldsprøve blev udført følgende analyser:

- DEHP - standard ekstraktionstid (2 timer)
- DEHP - udvidet ekstraktionstid (16 timer)
- Metallerne bly, cadmium, chrom, kobber, kviksølv, nikkel og zink
- Total phosphor
- Tørstof

Alle analyser blev udført som 4-dobbelt bestemmelse på nær kviksølv, der er udført som enkeltbestemmelse.

Til kontrol af, om homogeniseringsmetoden medfører en kontaminering af prøven, er der udført analyse af såvel sand ("blindsand") som sand behandlet i kødhakkeren ("total blind").

### 3.3 Analysemetoder

*MK-2061*

*Basisk ekstraktion til bestemmelse af DEHP i affald*

Princip: Prøven opslømmes i vand, tilsættes base til pH 10-12, behandles 5 minutter i ultralydsbad og ekstraheres 2 timer (eller 16 timer) med dichlormethan på rystebord. Ekstraktet inddampes og analyseres ved gaskromatografi med massespekrometrisk detektor (GC-MS-SIM). Der måles ved to karakteristiske ioner. Til identifikation anvendes begge ioner, og til den kvantitative beregning anvendes den dominerende ion. Som intern standard anvendes deutereret DEHP.

Analyseusikkerhed: RSD 15%.

*MK-1061 og 1072*

*Bly, cadmium, chrom, kobber, nikkel og zink i affald*

Princip: Prøven tørres ved 105°C, og den homogeniseres og blandes i morter. Analysen udføres ved destruktion med halvkoncentreret salpetersyre efter Dansk Standard DS 259 og måling ved ICP-AES. Dog måles cadmium ved grafitovn.

Analyseusikkerhed: RSD 10%, ved værdier mindre end 10 gange metodens detektionsgrænse dog op til 50%.

*MK-1090*

*Kviksølv i affald*

Princip: Prøven oplukkes med salpetersyre i autoklave. Det opløste metal reduceres, og de frigjorte kviksølvdampe bestemmes ved flammeløs AAS.

Analyseusikkerhed: RSD 10%, ved værdier mindre end 10 gange metodens detektionsgrænse dog op til 50%.

*MK-4031*

*Tørstof i affald, sand og lignende*

Princip: Prøven tørres ved 105°C til konstant vægt.

Analyseusikkerhed: RSD 5%.

*MK-4252*

*Total phosphor i jord*

Princip: Prøven destrueres med svovlsyre i tilstedeværelse af salicylsyre, hydrogenperoxid samt en katalysator. Ortrophosphat bestemmes ved reaktion med ammoniummolybdat og antimonkaliumtartrat i sur væske under dannelse af et blåt kompleks, der måles spektrofotometrisk ved 880 nm.

Analyseusikkerhed: RSD 10%, ved værdier mindre end 10 gange metodens detektionsgrænse dog op til 50%.

### 3.4 Resultater

Alle resultater er i det følgende korrigeret for det iblandede sand. Resultaterne for DEHP er opstillet i stigende rækkefølge. Der er ingen sammenhæng mellem de enkelte resultater for 2 timers og 16 timers ekstraktionstid, og ekstraktionstiden betydning kan alene vurderes ud fra gennemsnittet.

#### DEHP i affald

Enhed: mg/kg TS	Noveren	Gennemsnit	Spredning	RSD %
2 timer	18 - 19 - 20 - 30	22	5,6	25
16 timer	17 - 17 - 18 - 28	20	5,4	27

Enhed: mg/kg TS	KAVO	Gennemsnit	Spredning	RSD %
2 timer	1,3 - 1,5 - 2,2 - 2,5	1,9	0,57	30
16 timer	2,5 - 3,1 - 4,3 - 4,6	3,6	0,99	28

Enhed: mg/kg TS	AFAV	Gennemsnit	Spredning	RSD %
2 timer	2,2 - 2,4 - 2,4 - 2,5	2,4	0,13	5,4
16 timer	2,6 - 2,8 - 3,1 - 3,3	3,0	0,31	10

Enhed: mg/kg TS	Blindprøver (2 timer)	Gennemsnit	Spredning	RSD %
"Blindsand"	< 0,02			
"Total blind"	< 0,02			

## Metaller og phosphor i affald

Enhed: mg/kg TS	Noveren				Gennem- snit	Spred- ning	RSD
	1	2	3	4			%
Bly	16	19	12	15	16	2,9	18
Cadmium	0,13	0,14	0,097	0,14	0,13	0,020	15
Chrom	34	37	28	41	35	5,5	16
Kobber	72	51	51	420*	58	12	21
Kviksølv	0,13						
Nikkel	11	11	8,9	25*	10	1,2	12
Zink	93	89	68	180*	83	13	16
<b>Phosphor</b>	3000	3500	2700	3000	3100	330	11

\*: Værdi udeladt.

Enhed: mg/kg TS	KAVO				Gennem- snit	Spred- ning	RSD
	1	2	3	4			%
Bly	29	36	34	31	33	3,1	9,4
Cadmium	1,4	1,8	1,7	1,4	1,6	0,21	13
Chrom	46	53	50	41	48	5,2	11
Kobber	120	120	100	94	100	14	14
Kviksølv	0,048						
Nikkel	9,4	12	10	9,6	10	1,2	12
Zink	310	360	360	310	340	29	8,5
<b>Phosphor</b>	2300	2400	2200	2200	2300	96	4,2

Enhed: mg/kg TS	AFAV				Gennem- snit	Spred- ning	RSD
	1	2	3	4			%
Bly	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9		
Cadmium	0,098	0,077	0,086	0,10	0,090	0,011	12
Chrom	35	25	35	35	33	5,0	15
Kobber	17	11	14	16	15	2,6	17
Kviksølv	< 0,03						
Nikkel	8,3	6,2	8,0	9,7	8,1	1,4	17
Zink	47	35	44	50	44	6,5	15
<b>Phosphor</b>	2200	2100	2200	2000	2100	96	4,6



Enhed: mg/kg TS	Blindprøver		Gennem- snit	Spred- ning	RSD %
	"Blindsand"	"Total blind"			
Bly	< 3,0	< 3,0			
Cadmium	< 0,01	< 0,01			
Chrom	< 1,0	< 1,0			
Kobber	< 3,0	< 3,0			
Kviksølv	< 0,01	< 0,01			
Nikkel	< 1,0	< 1,0			
Zink	< 5,0	< 5,0			
<b>Phosphor</b>	< 300	< 300			

#### 4 Kommentarer

For 2 metaller, bly og kviksølv, er der i AFAV prøven fundet mindre end detektionsgrænsen. Iblandingen af sand før homogeniseringen medfører forhøjede detektionsgrænser i forhold til en direkte analyse på affaldet. Alle analyseresultater er rapporteret sammen med beregnede gennemsnit, spredning (standardafvigelse) og RSD (relativ standardafvigelse). I et enkelt tilfælde er resultater af en enkelt delprøve udeladt som outliers. Dette gælder for metallerne kobber, nikkel og zink i den 4. delprøve fra Noveren. Der er udført ekstra analyser (nye oplukninger) af denne delprøve, og resultaterne heraf har bekræftet, at den pågældende delprøve er meget inhomogen for disse metaller.

Denne form for inhomogenitet kan næppe løses ved den anvendte homogeniseringsprocedure, men vil uden tvivl kræve en mere effektiv homogenisering som f.eks. en formaling på kuglemølle. En sådan løsning vil dog være uhyre vanskelig at gennemføre i praksis på de relativt store prøvemængder.

For DEHP er ikke fundet outliers.

Den udviklede homogeniseringsmetode forventes også at kunnen anvendes i forbindelse med kontrol for andre miljøfremmede stoffer såsom PAH eller nonylphenoler. Dette er dog ikke undersøgt i dette projekt.

# Bilag 3

## Metoder og resultater for undersøgelsesprogrammet for DEHP i husholdningsaffald fra seks udvalgte, biologiske behandlingsanlæg

### 1 Prøvemateriale

MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S har i perioden 13. oktober - 28. november 2000 modtaget i alt 25 prøver bestående af affald/behandlet affald. Prøverne stammer fra 6 forskellige behandlingsanlæg.

En fuld prøveoversigt fremgår af nedenstående tabel.

Anlæg /Prøvested:	Mærkning/dato	Homogenisering	Lab kode
AFAV	11.10.00	Ja	75819.1
	25.10.00	Ja	75988.1
	uge 45	Ja	76112.1
AFAV	mile 0041 - 2 uger 25.10.00	Ja	75988.2
	mile 0043 - uge 45	Ja	76112.2
	mile 0045 - 22.11.00	Ja	76236.1
Fredericia	12.10.00	Ja	75819.3
	25.10.00	Ja	75988.5
	uge 45	Ja	76112.5
Grindsted	11.10.00	Ja	75819.2
	25.10.00	Ja	75988.6
	uge 45	Ja	76112.6
Herning	11.10.00	Ja	75819.4
	26.10.00	Ja	75988.7
	uge 45	Ja	76112.7
Vejle	12.10.00	Ja	75819.5
	25.10.00	Ja	75988.3
	uge 45	Ja	76112.3
Vejle	2 uger - 25.10.00	Ja	75988.4
	mile - uge 43	Ja	76112.4
	mile - uge 45 - 22.11.00	Ja	76236.2
Vårst Fjellerad - Ind	04.10.00	Nej	75819.6
	27.11.00	Nej	76285.1
Vårst Fjellerad - ud	04.10.00	Nej	75819.7
	27.11.00	Nej	76285.2

21 af prøverne er homogeniseret efter den af MILJØ-KEMI udviklede metode, se prøveoversigten. Alle prøver er analyseret for indhold af DEHP. De 21 prøver til homogenisering er modtaget i rilsanposer. De 4 prøver fra Vårst-Fjellerad er modtaget i udglødede glasflasker. Prøverne er opbevaret ved -20°C, såvel inden homogenisering som i tiden indtil analyse.

Analyserne er udført i perioden 18.10.00 - 15.12.00.

## 2 Metoder

### 2.1 Homogenisering af affald

Affaldsprøverne er homogeniseret ved nedfrysning med flydende kvælstof og findeling i en kødhakker af metal. Homogeniseringsmetoden er beskrevet i Bilag 1 til denne rapport.

En del af de undersøgte prøver viste et lavere tørstofindhold end prøverne fra udviklingen af homogeniseringsmetoden. Dette har betydet, at det var nødvendigt at øge mængden af sand inden homogeniseringen.

*MK-2061*

#### *Basisk ekstraktion til bestemmelse af DEHP i affald*

Princip: Prøven opslemmes i vand, tilsættes base til pH 10-12, behandles 5 minutter i ultralydsbad og ekstraheres 2 timer med dichlormethan på rystebord. Ekstraktet inddampes og analyseres ved gaskromatografi med massespekrometrisk detektor (GC-MS-SIM). Der måles ved to karakteristiske ioner. Til identifikation anvendes begge ioner, og til den kvantitative beregning anvendes den dominerende ion. Som intern standard anvendes deutereret DEHP.

Analyseusikkerhed: RSD 15%, ved værdier mindre end 10 gange metodens detektionsgrænse dog op til 50%.

Analysemetoden er identisk med analysemetode for slam fra Miljøstyrelsen af juni 1997.

*MK-4031*

#### *Tørstof i affald, kompost, sand og lignende*

Princip: Prøven tørres ved 105°C til konstant vægt.

Analyseusikkerhed: RSD 5%.

### 3 Resultater

Anlæg /Prøvested:	Mærkning/dato	DEHP mg/kg tørt affald
AFAV	11.10.00 25.10.00 uge 45	110 51 56
AFAV	mile 0041 - 2 uger 25.10.00 mile 0043 - uge 45 mile 0045 - 22.11.00	64 66 50
Fredericia	12.10.00 25.10.00 uge 45	24 6,6 14
Grindsted	11.10.00 25.10.00 uge 45	64 11 7,0
Herning	11.10.00 26.10.00 uge 45	35 10 10
Vejle	12.10.00 25.10.00 uge 45	39 74 120
Vejle	2 uger - 25.10.00 mile - uge 43 mile - uge 45 - 22.11.00	880 36 51
Vårst Fjellerad - ind	04.10.00 27.11.00	25 24
Vårst Fjelledad - ud	04.10.00 27.11.00	230 350
Detektionsgrænse		0,5-1