

Miljøprojekt Nr. 767 2003

# Sammenhæng mellem sortering, forbehandling og kvalitet af biomasse

Orla Jørgensen  
PlanEnergi

Jes la Cour Jansen  
Lunds Tekniska Högskola

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

<b>FORORD</b>	<b>3</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>5</b>
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>9</b>
1.1 PROJEKTETS FORMÅL	9
1.2 FØRSØG	9
<b>2 KILDESORTERING AF ORGANISK DAGRENOVATION</b>	<b>11</b>
2.1 INFORMATION TIL BORGERNE	11
2.2 SORTERINGSKRITERIER	11
2.3 INDSAMLINGSMETODE	13
2.4 MÆNGDE OG SAMMENSÆTNING AF AFFALD	14
2.5 ØKONOMI	15
<b>3 FORBEHANDLING AF BIOAFFALD</b>	<b>19</b>
3.1 METODE	19
3.2 ØKONOMI	20
<b>4 KVALITET AF BIOMASSEN</b>	<b>21</b>
4.1 BIOMASSENS FYSISKE KARAKTER	21
4.2 TØRSTOF OG GLØDETAB I BIOMASSE OG REJEKT	25
<b>5 SAMMENSTILLING AF RESULTATERNE</b>	<b>29</b>
5.1 INDSAMLINGSSYSTEMER	29
5.2 FORBEHANDLINGSANLÆG	30
5.3 PRIS FOR INDSAMLING OG FORBEHANDLING	31
<b>6 REFERENCELISTE</b>	<b>33</b>
<b>BILAG</b>	
1 Bilag A: Sammenhæng mellem biomasse, sortering og forbehandling	35
2 Bilag B: Økonomi indsamling	39
3 Bilag C: Økonomi forbehandling	47



# Forord

Dette projekt er gennemført under Miljøstyrelsens program for renere produkter m.v. for midler afsat til projekter om bioforgasning af organisk dagrenovation.

Arbejdet er udført af følgende projektgruppe:

Hans Christian Christiansen, Miljøkontrollen, Københavns Kommune  
Thorsten Nord og Kurt Sørensen, Aalborg kommune, Renovationsvæsenet  
Michael Andersen, Kolding kommune, Renovationsafdelingen  
Jes la Cour Jansen, Lunds Tekniska Högskola  
Niels Aagaard Jensen, COWI  
Per Haugsted Petersen, RAMBØLL  
Orla Jørgensen, PlanEnergi

Indsamlingen af organisk dagrenovation i Aalborg, Hovedstadsområdet og Kolding er nærmere beskrevet i rapporter for storskalaforsøg i disse områder.

Projektet er gennemført i nært samarbejde med projektet om basisdokumentation for biogaspotentialer i organisk dagrenovation, der er gennemført af DTU, Lunds Tekniska Högskola, Rambøll, Malmø kommune og SYSAV.

Prøvetagning og kemiske analyser er rapporteret i en fælles datarapport for de to projekter: "Datarapport om sammensætning og biogaspotentialer af organisk dagrenovation".

Der har været nedsat en fælles styregruppe for de to projekter med repræsentanter fra de involverede behandlingsanlæg, kommuner, Miljøstyrelsen og rådgivere.



# Sammenfatning og konklusioner

Under program for renere produkter har Miljøstyrelsen finansieret et projekt med henblik på at dokumentere den tekniske og økonomiske sammenhæng mellem sorteringskriterier, kildesortering og forbehandling, samt den efterfølgende effekt på kvaliteten af forbehandlet, kildesorteret organisk dagrenovation (biomasse), som skal bioforgasses. Projektet er gennemført i tæt samarbejde med projektet "Basisdokumentation for biogaspotentialer af organisk dagrenovation", idet de to projekter har samarbejdet om indsamling og karakterisering af biomasse og rejekt fra forsøringen.

Der er gennemført undersøgelser i 5 byområder, hvor der er permanente ordninger eller gennemført storskalaforsøg med indsamling og bioforgasning af organisk dagrenovation. To områder, der deltager i projektet, anvender normalt kompostering af det indsamlede affald.

Forsøgene omfatter indsamling i Grindsted, Hovedstadsområdet, Kolding, Vejle og Aalborg.

Forbehandlingen er undersøgt i Grindsted (hvor affaldet neddeles og magnetsepareres), i Herning hvor det forsørges på en rullsigte og i Aalborg hvor der anvendes en skrueseparator. Forbehandlingen omfatter den behandling, der sker af det indsamlede affald inden det forgasses. Forgasningen og evt. efterbehandling er ikke omfattet af projektet.

Indsamlingen i de fem områder er karakteriseret ud fra sorteringskriterier, information til borgerne og indsamlingsmetoder. Desuden opgøres indsamlet mængde og økonomi. Der skelnes mellem to typer affald, dels fra fælles skraldespande i etageområder og dels fra individuelle skraldespande ved enfamilieboliger.

Forbehandlingen på de tre anlæg beskrives ved hjælp af princip, forbrug, økonomi og rejektprocenter. Affald fra hvert af de 5 områder er afprøvet på de forbehandlingsanlæg, hvor det er teknisk muligt. I forsøgene indgår 2-6 læs affald af hver type fra hvert område som behandles på hvert af de tre forbehandlingsanlæg. I alt omfatter forsøgene 19 kombinationer med i alt 56 læs affald, hvorfra der er taget prøver af forbehandlet affald (biomasse). For to læs affald af hver type fra hvert område er der desuden taget prøver af rejekt.

Kvaliteten af den forhandlede biomasse beskrives ved hjælp af fysisk karakterisering af biomassen samt af analyser af tørstof og glødetab i biomasse og rejekt. En mere detaljeret beskrivelse af biomassen og rejektets kemiske sammensætning og biogaspotentialer findes i /1/.

Ved indsamlingen i de 5 byområder har der været anvendt et bredt spektrum af indsamlingsmetoder. I køkkenet har det organiske affald været indsamlet i papir eller plastposer og udendørs er indsamlingen sket i papirsække eller containere. Affald fra Kolding og Vejle sorteres i forskelligt farvede poser i køkkenet og indsamles samlet til efterfølgende sortering i et optisk sorteringsanlæg.

Sorteringsvejledningerne har i det store og hele foreskrevet den samme sortering i organisk fraktion og restfraktion selvom der er stor forskel på vejledningernes detaljeringsgrad. Der er forskel på om kødben og knogler hører til den organiske fraktion. Bleer og kattegrus indgår kun som organisk affald i sorteringsvejledninger, hvor det organiske affald normalt komposteres.

Der er stor forskel på mængden af organisk affald, der indsamles fra den enkelte husstand i områder med fælles og med individuelle skraldespande og store variationer mellem de forskellige byområder. Der er dog ikke nogen ensartet praksis for hvordan mængden af indsamlet affald registreres. For områder med fælles skraldespande varierer den indsamlede mængde mellem 1,16 og 3,1 kg/husstand pr uge og tilsvarende varierer den indsamlede mængde mellem 2,62 og 5,7 kg/husstand pr uge for områder med individuelle skraldespande. Det er ikke muligt at relatere den indsamlede mængde til sorteringskriterierne eller til indsamlingssystemet. Det er således i overvejende grad boligtypen og geografiske forskelle, som bestemmer mængden af organisk affald.

Forskellige frekvenser for indsamling af organisk og restaffald har været benyttet i de 5 byområder, således at der er erfaringer med indsamling af hver fraktion både hver uge og hver 14'ende dag. Indsamling sker dog i de fleste tilfælde skiftevis hver anden uge af de to fraktioner. Specielt i Vejle sker indsamlingen dog hver uge af begge fraktioner, da de indsamles sammen med efterfølgende sortering på et optisk sorteringsanlæg.

Mængden af fejlsorteringer er opgjort på forskellig måde i de forskellige områder således at en direkte sammenligning ikke er muligt. Generelt anses det dog for muligt at opnå en god kildesortering med nogle få % fejlsorteringer i den organiske fraktion med den bedste sortering i områder med individuelle skraldespande. Der er stor forskel på informationsindsatsen i forbindelse med introduktion af kildesortering i nye områder, men der er ikke direkte sammenhæng mellem informationsindsatsen og sorteringskvaliteten.

De beregnede omkostninger til indsamling af to fraktioner i de undersøgte systemer varierer for områder med fælles skraldespande mellem 368 og 528 kr. pr husstand pr år og i områder med individuelle skraldespande mellem 952 og 1228 kr. pr husstand pr år. Til sammenligning er omkostningerne til traditionel indsamling hver uge uden kildesortering beregnet for områder med fælles skraldespande til 269 kr. pr husstand pr år og i områder med individuelle skraldespande til 729 kr. pr husstand pr år.

Den fysiske karakter af biomassen er undersøgt ved hjælp af sigtning og centrifugering. Undersøgelsen viser at især indsamlingen i køkkenet og forbehandlingsudstyret har betydning for den fysiske karakter af den organiske fraktion efter forsoring.

Rullesigten og forbehandling ved neddeling+magnetseparering efterlades relativt store partikler >8 mm i affaldet, medens skrueseparatoren stort set ikke efterlader større partikler.

Hvis der anvendes plastposer til indsamling i køkkenet, kan det tydeligt ses i form af store plaststykker efter rullesigten og som små stykker i forsorret affald efter skrueseparatoren. Der er ikke fundet plast ved undersøgelsen af biomasse fra områder, hvor der ikke anvendes plast ved indsamlingen.



Der er ikke væsentlig forskel på tørstof og glødetab i biomassen fra områder med fælles og fra individuelle skraldespande. Affald der er indsamlet i papirsække giver et noget vådere rejekt end affald indsamlet i containere, det skyldes antageligt at papiret, der ender i rejekt, holder på vandet.

De tre typer forbehandling, der indgår i projektet har alle været i stand til at sortere de affaldstyper, der har indgået i projektet. Neddeling + magnetseparering har kun været anvendt på affald uden plast i indsamlingen, medens de to andre anlæg dog har behandlet alle affaldstyper.

På basis af den fysiske karakterisering kan det fastslås, at det i det væsentlige er forbehandlingsmetoden og valg af poser der bestemmer kvaliteten af biomassen.

Prisen for forsortering isoleret set er vanskelig at bedømme for de tre systemer, idet de alle indgår i større systemer. Skrueseparatoren er ydermere en prototype, hvis endelige kapacitet og ydeevne ikke er kendt. Prisen for de tre typer forbehandling er beregnet til imellem 305 og 478 kr. pr tons behandlet kildesorteret organisk dagrenovation. Skrueseparatoren er den dyreste; men der er ikke, som på de to andre systemer, behov for yderligere separation efter bioforgasning. Forbehandlingsprisen skal sammenlignes med en pris for forbrænding på ca. 600 kr. pr. tons.

Økonomien for forskellige kombinationer af indsamling og forbehandling er sammenlignet ved hjælp af standardpriser for de relevante enheder baseret på erfaringerne fra de forskellige byområder. Den samlede omkostning ved indsamling og forbehandling af dagrenovation med og uden kildesortering varierer naturligvis med indsamlingsområdet og forbehandlingsanlæggets størrelse, med indsamlingssystemet og med karakteren af indsamlingsområdet. Rangordning efter økonomi er imidlertid ikke afhængig af systemets størrelse.

Den årlige omkostning pr. husstand for en typisk indsamling uden kildesortering med container og efterfølgende forbrænding er beregnet til 760 kr. i et område med 50.000 husstande med lige dele fælles og individuelle skraldespande. De billigste alternativer med kildesortering er systemer med 14-dages indsamling i container (skiftevis organisk og rest), som er ca. 10% dyrere. Merprisen skyldes udelukkende de større omkostninger til indsamlingen. Løsninger med indsamling af alt affald hver uge og optisk sortering er kun marginalt dyrere. Indsamling i sække er lidt dyrere end containerløsninger. Skal der indsamles restaffald hver uge, stiger omkostningerne med 40% i forhold til den typiske indsamling uden kildesortering.

Samlet viser den økonomiske sammenligning at det er indsamlingsmetoden herunder specielt indsamlingsfrekvensen, der er afgørende for økonomien.



# 1 Indledning

## 1.1 Projektets formål

Formålet med projektet er at dokumentere den tekniske og økonomiske sammenhæng mellem sorteringskriterier, kildesortering og forbehandling, samt den efterfølgende effekt på kvaliteten af forbehandlet, kildesorteret organisk dagrenovation (biomasse), som skal bioforgasses.

## 1.2 Forsøg

Forsøgene omfatter biomasse i to kategorier:

- I. Boliger med individuelle skraldespande (typisk åben lav bebyggelse) og
- F. Boliger med fælles skraldespande (typisk etageboliger og tæt/lav med fælles affaldsø).

Affaldet indsamles i 5 områder, med forskellige indsamlingssystemer og sorteringskriterier.

1. Hovedstadsområdet: Organisk dagrenovation kildesorteres i papirpose i køkkenet. Udendørs opsamlingsmateriel består dels af plastbeholder og dels af papirsække (Bates Combi System) eller biokurve. Det organiske affald indsamles separat hver 7. eller 14. dag dog oftere i enkelte ejendomme. Restaffald indsamles ugentligt.
2. Grindsted: Organisk dagrenovation kildesorteres i papirpose i køkkenet. Organisk dagrenovation og restaffald opsamles udendørs i papirsække, der indsamles skiftevis hver 14. dag.
3. Kolding: Organisk dagrenovation kildesorteres i plastpose i køkkenet og udendørs papirsæk. Det indsamles separat hver 14. dag, skiftevis med restaffald. Restaffald indsamles hver 7. eller 14. dag i papirsække.
4. Aalborg: Det organiske dagrenovation kildesorteres i plastpose i køkkenet og udendørs plastbeholder. Det indsamles separat hver 7. eller 14. dag. Restaffald indsamles ugentligt i papirsække.
5. Vejle: Organisk dagrenovation og restaffald kildesorteres i to farver plastposer i køkkenet og samles i en udendørs plastbeholder. Affaldet indsamles samlet hver 7. dag og poserne sorteres i et optisk sorteringsanlæg.

Forbehandling af affaldet sker på 3 anlæg:

1. Neddeling og magnetseparation i Grindsted
2. Rullesigte i Herning
3. Skrueseperator i Vaarst ved Aalborg

I Hovedstadsområdet er der forsøgsområder i Brøndby, Frederiksberg, Gladsaxe, Herlev, Hillerød, Hvidovre og Københavns Kommune. I Grindsted udføres forsøgene kun på affald fra individuelle skraldespande.

Der behandles 2 læs af hver type affald i de anlæg, der er relevante. Forsøg med neddeling og magnetseparering af Hovedstadsaffald som i Grindsted er dog udført på et mobilt anlæg stillet op i Herning.

Der er i alt gennemført 56 forsøg fordelt på 19 kombinationer:

	Kat.	Neddeling og magnet	Rullesigte	Skrueseperator	I alt
Grindsted	Indiv.	5			5
Hovedstad	Indiv.	2	6	2	10
Hovedstad	Fælles	2	6	2	10
Kolding	Indiv.		2	2	4
Kolding	Fælles		2	2	4
Vejle	Indiv.		2	2	4
Vejle	Fælles		2	2	4
Aalborg	Indiv.		2	6	8
Aalborg	Fælles		2	5	7
I alt		9	24	23	56

Tabel 1 Antal I et af forsøg

Hver prøve gives en betegnelse, der viser leverandør, boligtype, forbehandling samt om den er taget af affald (biomasse) eller rejekt.

Betegnelserne på leverandører er de to første bogstaver af bynavnet.

Boligtypen angives med I for individuelle skraldespande og F for fælles skraldespande i etageområder o.lign. Behandlingsanlægget betegnes efter placering (Grindsted, Herning, Aalborg). "Gr" angiver at affaldet er behandlet som i Grindsted.

	Kat.	Neddeling og magnet	Rullesigte	Skrueseperator
Grindsted	Indiv.	Gr_I_Gr		
Hovedstad	Indiv.	Ho_I_"Gr"	Ho_I_He	Ho_I_Aa
Hovedstad	Fælles	Ho_F_"Gr"	Ho_F_He	Ho_F_Aa
Kolding	Indiv.		Ko_I_He	Ko_I_Aa
Kolding	Fælles		Ko_F_He	Ko_F_Aa
Vejle	Indiv.		Ve_I_He	Ve_I_Aa
Vejle	Fælles		Ve_F_He	Ve_F_Aa
Aalborg	Indiv.		Aa_I_He	Aa_I_Aa
Aalborg	Fælles		Aa_F_He	Aa_F_Aa

Tabel 2 Betegnelsen af prøverne angiver leverandør\_boligttype\_forbehandling, desuden tilføjes \_A for affald (biomasse) og \_R for rejekt

## 2 Kildesortering af organisk dagrenovation

I de 5 områder indsamles organisk dagrenovation fra i alt 54.604 husstande fordelt på 22.775 boliger med individuelle skraldespande og 31.829 boliger med fælles skraldespand.

Område	Individuelle	Fælles	I alt
Hovedstadsområdet	2.460	13.900	16.360
Grindsted	6.050	2.000	8.050
Kolding	975	586	1.561
Aalborg	647	1.647	2.294
Vejle	12.643	13.696	26.339
I alt	22.775	31.829	54.604

Tabel 3 Antal husstande der del tager i forsøget med kil desortering

### 2.1 Information til borgerne

**Informationsniveauet er forskelligt i de forskellige områder, det strækker sig fra udelukkende introduktion til løbende kampagner.**

Område	
Grindsted	Information ved opstart. Løbende opfølgning ved annoncering samt løbesedler. Sedler til vognmænd til påmindelse ved fejlsortering.
Hovedstadsområdet	Skriftlig og elektronisk information ( <a href="http://www.bioprojekt.dk">www.bioprojekt.dk</a> ) til deltagende husstande samt øvrige affaldsansvarlige forud for forsøget såvel om nyhedsbreve under selve forsøgsperioden. Sedler til vognmænd til påmindelse ved fejlsortering.
Kolding	Borgermøder og trinvis information ved opstart.
Vejle	Skriftlig information ved opstart og til tilflyttere.
Aalborg	Skriftlig information og borgermøde ved opstart. Ingen løbende information eller opfølgning over for tilflyttere. Mærkat under låget på nogle containere.

Tabel 4 Informationsstrategier i de forskellige områder

I Grindsted og Vejle informeres løbende om kildesorteringen, mens Aalborg og Kolding blot informerer ved opstart og ved ændringer. Dog er der sorteringsvejledning under låget på nogle containere.

I Hovedstadsområdet og Grindsted benytter vognmændene sedler til påmindelse ved husstande, der håndterer affaldet forkert. I Hovedstadsområdet blev informationen suppleret med 4 nyhedsbreve i forsøgsperioden samt løbende opdateret information på projektets hjemmeside.

### 2.2 Sorteringskriterier

Kommunerne definerer sorteringskriterierne dels ved hjælp af eksempler på affald, der kan bortskaffes som organisk dagrenovation og dels ved hjælp af eksempler på restaffald, der ikke må blandes med den organiske fraktion. Sorteringskriterierne for hvert enkelt område er beskrevet i /1/.

Udgangspunktet har i Hovedstadsområdet været at opnå tilstrækkelig højt indhold af tørstof og at minimere rejektandelen. I Aalborg har man lagt vægt på det enkle signal, at det er madaffald fra køkkenet, der skal udsorteres.

	Grindsted	Hovedstad	Kolding	Vejle	Aalborg
Aske			Rest		Rest
Bleer (engangs-)		<b>Rest</b>	<b>Rest</b>	<b>Organisk</b>	<b>Rest</b>
Blomster	Organisk		Organisk	Organisk	Organisk
Brød og kagerester	Organisk	Organisk	Organisk	Organisk	Organisk
Bær	Organisk			Organisk	
Cigaretfiltre					Rest
Dekorationsler					Rest
Dyreeskrementer		Organisk		Organisk	
Dyrefoder					Organisk
Fedt	Organisk				Organisk
Fiskeaffald	Organisk	Organisk		Organisk	Organisk
Frugtrester	Organisk	Organisk	Organisk	Organisk	Organisk
Grønsagsrester	Organisk	Organisk	Organisk	Organisk	Organisk
Gulv og gadeopfej		Rest			
Gummi					Rest
Hygiejnebind		Rest			Rest
Hår					Organisk
Indpakkingspapir, vådt					Rest
Kaffegrums og -filtre	Organisk	Organisk	Organisk	Organisk	Organisk
Kamme og børster		Rest			
Kartoffelskræller	Organisk		Organisk	Organisk	
Kattegrus		<b>Rest</b>	<b>Organisk</b>	<b>Organisk</b>	<b>Rest</b>
Kerner		Organisk			Organisk
Konservesdåser		Rest	Rest		Rest
Kulstøv					Rest
Kødben og knogler	<b>Organisk</b>	<b>Rest</b>		<b>Organisk</b>	<b>Organisk</b>
Kødrester	Organisk	Organisk		Organisk	Organisk
Køkkenrulle	Organisk	Organisk		Organisk	Organisk
Læder, tøj og stofrester		Rest			
Madrester	Organisk	Organisk	Organisk	Organisk	
Mælk, smør og ost		Organisk			Organisk
Mælke- og juicekartoner		Rest	Rest		Rest
Papir, vådt			Rest	Organisk	Rest
Plast og metalemballage		Rest	Rest		
Plastfolie, folie og poser		Rest			
Potteplanter				Organisk	
Propper og kapsler					Rest
Ris, spaghetti og andre kornprodukter	Organisk	Organisk			
Servietter					Organisk
Skræller (appelsin mv.)	Organisk				Organisk
Sovs	Organisk			Organisk	Organisk
Støvsugerposer		Rest	Rest		Rest
Teblade	Organisk	Organisk		Organisk	Organisk
Tændstikker					Rest
Urter og krydderier	Organisk	Organisk	Organisk		
<b>Æg og æggeskaller</b>	Organisk	Organisk	Organisk		

Tabel 5 Sorteringskriterier, som de er defineret i kommunernes informationsmateriale, de mest markante forskelle er fremhævet med fed skrift.

Der er naturligvis forskel på hvilke eksempler kommunerne har valgt. De mest markante forskel er:

- at Vejle indsamler engangsbleer og vådt papir i modsætning til de andre kommuner.
- kødben og knogler er restaffald i Hovedstadsområdet men organisk dagrenovation i Grindsted, Aalborg og Vejle.

- kattegrus er organisk dagrenovation i Kolding og Vejle men restaffald i Hovedstaden og Aalborg.
- dyreekskrementer er kun nævnt som organisk dagrenovation i Hovedstadsområdet og i Vejle.

## 2.3 Indsamlingsmetode

### 2.3.1 I køkkenet

Alle kommuner leverer poser til den organiske fraktion, desuden udleverer nogle køkkenstativer eller poser til restaffald.

	Udleveret køkkenstativ	Poser til organisk dagrenovation	Poser til restaffald
Grindsted		Papir (8 l)	Ingen
Hovedstadsområdet	Trådstativ eller plastspand	Papir	Ingen
Kolding	Dobbeltstativ	Grøn plast	Ingen
Vejle	Dobbeltstativ	Grøn plast	Sort plast
Aalborg	Dobbeltstativ	Grøn plast	Ingen

Tabel 6 Udleveret udstyr til køkkenet

Papirposer har givet nogle indkøringsproblemer med gennemvædning og opløsning af bund eller lim. Problemerne er dog løst i Grindsted og delvist i Hovedstadsområdet /2/.

Tilsvarende har plastposer i Aalborg i en periode haft dårlige svejsninger /3/.

### 2.3.2 Beholdere

I Grindsted og Kolding anvendes alene papirsække. I Hovedstadsområdet anvendes flere forskellige systemer, mens Aalborg har valgt containere til det organiske affald og sække til restaffald.

Vejle benytter plastcontainere til opsamling af de to typer affald.

	Organisk	Rest	Fælles
Grindsted	Papirsæk (85 l)	Papirsæk (100 l)	
Hovedstadsområdet	Plastbeholder på 140, 240 og 660 l samt Bates Combi System og Biokurve begge med papirsække	Papirsæk og plastbeholdere/-minicontainere	
Kolding	Papirsæk	Papirsæk	
Vejle			Plastbeholder (120 l)
Aalborg	Plastbeholder (80 l)	Papirsæk (100 l)	

Tabel 7 Beholdere til individuelle skraldespande

Til fælles skraldespande i etageområder o.lign. benyttes containere.

### 2.3.3 Indsamlingsfrekvens

	Organisk	Rest
Grindsted	14 dage	14 dage
Hovedstadsområdet	14 dage	7 dage
Kolding	14 dage	14 dage
Vejle	7 dage	7 dage
Aalborg	14 dage	7 dage

Tabel 8 Indsamlingsfrekvens individuelle skraldespande

	Organisk	Rest
Grindsted	14 dage	14 dage
Hovedstadsområdet	14 dage	7 dage
Kolding	14 dage	7/14 dage
Vejle	7 dage	7 dage
Aalborg	7 dage	7 dage

Tabel 9 Indsamlingsfrekvens for fælles skraldespande

Vejle er specielt ved at køkkenposerne indsamles fælles og sorteres efterfølgende ved optisk sortering. De øvrige områder har separat indsamling af organisk dagrenovation.

I parcelhusområder samler Vejle og Hovedstadsområdet organisk dagrenovation hver uge, mens de øvrige områder samler hver 14. dag.

I etageområder indsamler Grindsted og Kolding hver 14. dag, i Hovedstadsområdet findes primært 7 og 14 dages indsamling og i enkelte områder oftere mens Aalborg og Vejle samler hver uge.

### 2.3.4 Indsamlingsbil

	Organisk
Grindsted	Eksisterende komprimatorvogne
Hovedstadsområdet	Eksisterende komprimatorvogne
Kolding	Ny komprimatorvogn med automatisk sækkeisætter
Vejle	Eksisterende komprimatorvogne
Aalborg	Ny tromlekomprimatorvogn med skyl, lugtanlæg og vejeceller

Tabel 10 Indsamlingsbil

Kolding og Aalborg har anskaffet særlige biler til den delte indsamling. De øvrige områder anvender eksisterende udstyr.

I Kolding har man valgt en bil med automatisk sækkeisætning, mens Aalborg har anskaffet en bil specielt beregnet på organisk dagrenovation. Bilen har tromlekomprimator, skylleanlæg til containere, biologisk lugtbekæmpelse samt vejeceller.

## 2.4 Mængde og sammensætning af affald

kg/uge/husstand	Fælles	Individuelle
Grindsted	2,55	2,75
Hovedstadsområdet	1,16	2,65
Kolding	3,1	3,6
Vejle	1,76	2,62
Aalborg	1,4	5,7

Tabel 11 Indsamlet organisk dagrenovation pr. bolig pr. uge

I etageområder (fælles) indsamles mellem 1 og 3 kg pr. uge, Kolding indsamler mere end dobbelt så meget som de øvrige.

Fra villaområderne (individuelle skraldespande) indsamles omkring 3 kg pr. uge dog indsamles næsten dobbelt så meget i Aalborg.

Fejlsorteringerne gøres op på forskellige metoder.

I Grindsted er der ved en undersøgelse af affald fra to boligforeninger med etageboliger fundet 1,6 – 1,9% fejlsorteringer (nedenfor angivet som 1,8%). I



affald fra en boligforening og et villakvarter var der 0,2% fejlsorteringer (nedenfor angivet under individuelle).

I Hovedstadsområdet er den gennemsnitlige indsamlede mængde restaffald i den organiske fraktion opgjort til 95,5% for etageboliger svarende til, at fejlsorteringer udgør 4,5%. I boliger med separate skraldespande udgjorde organisk dagrenovation 98,7% af den organiske fraktion og fejlsorteringer 1,3%.

I Aalborg er fejlsorteringer undersøgt i fælles skraldespande i 2000 til 1,3% og i 2001 til 2,1% (angivet nedenfor som 2,1% under fælles). I individuelle sække er fundet 0,8% fejlsorteringer.

Vægt%	Fælles	Individuelle
Grindsted	1,8%	0,2%
Hovedstadsområdet	4,5%	1,3%
Aalborg	2,1%	0,8%

Tabel 12 Fejlsortering % af indsamlet affald

Mængden af fejlsorteringer er ubetydelig i Aalborg, Grindsted og i individuelle skraldespande i Hovedstadsområdet. I fælles skraldespande er der en noget større vægtprocent af fejlsorteringer.

I Kolding Kommunes forsøgsområde blev der i april 2002 gennemført en sorteringsundersøgelse af blandt andet sorteringskorrektheden i den organiske fraktion. Resultaterne fra denne undersøgelse viste blandt andet at :

- 65 % af de undersøgte sække var sorteret korrekt
- 19 % af de undersøgte sække delvist fejlsorteret (10 - 20 volumenprocent fejlsorteret materiale)
- 16 % af de undersøgte sække var groft fejlsorteret (30 - 60 volumenprocent fejlsorteret materiale)

Til sammenligning kan anføres at en identisk undersøgelse gennemført i 1998 ca. 1 år efter opstarten i forsøgsområdet viste at 87 % af de undersøgte sække var sorteret korrekt og kun 13 % var fejlsorterede.

## 2.5 Økonomi

Økonomien for de undersøgte modeller beskrives for en tilfældig kommune, der ønsker at etablere indsamling og forbehandling af organisk dagrenovation fra boliger. Derfor bygger den økonomiske model på standardpriser for hver enhed, så lokale forskelle udelades.

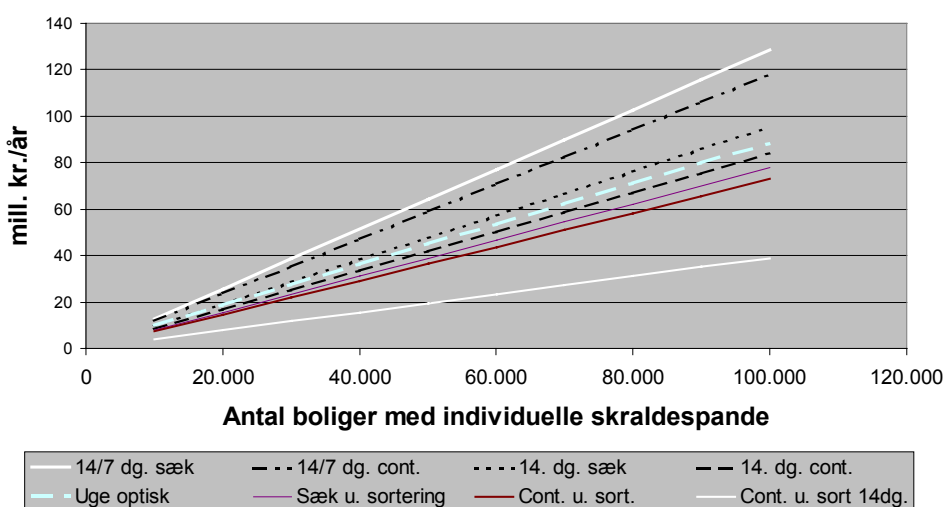
I bilag B er økonomien beskrevet for indsamling.

### 2.5.1 Individuelle skraldespande

Indsamlingspriserne for boliger med individuelle skraldespande er nedenfor beregnet for tre referencemodeller uden kildesortering samt 5 kombinationer med kildesortering:

Nr.	Betegnelse	Beskrivelse
1.	Sæk, ingen kildesortering	Indsamling af sække uden kildesortering hver uge
2.	Container, ingen kildesortering	Indsamling af container uden kildesortering hver uge
3.	Container, ingen kildesortering	Indsamling af container uden kildesortering hver 14. dag
4.	7/14 dg. sæk:	Indsamling af organisk dagrenovation i papirsække hver 14. dag og restaffald hver uge.
5.	7/14 dg. cont:	Indsamling af organisk dagrenovation i 120 l container hver 14. dag og restaffald hver uge.
6.	14. dg. sæk:	Indsamling i to papirsække skiftevis organisk og restaffald hver anden uge.
7.	14. dg. cont:	Indsamling i to 120 l container skiftevis organisk og restaffald hver anden uge.
8.	Uge optisk:	Indsamling i 120 l container hver uge til optisk sortering

Tabel 13 Otte undersøgte indsamlingsmodeller for individuelle skraldespande



Figur 1 Overslag over årlige omkostninger til indsamling af individuelle skraldespande

Indsamling uden kildesortering er naturligvis billigere end alle systemer med kildesortering. Det billigste system til kildesortering fra boliger med individuelle skraldespande er indsamling hver 14. dage (skiftevis organisk dagrenovation og restaffald) med container. Det dyreste system er indsamling i sække af restaffald hver uge og organisk dagrenovation hver anden uge (14/7 dage).

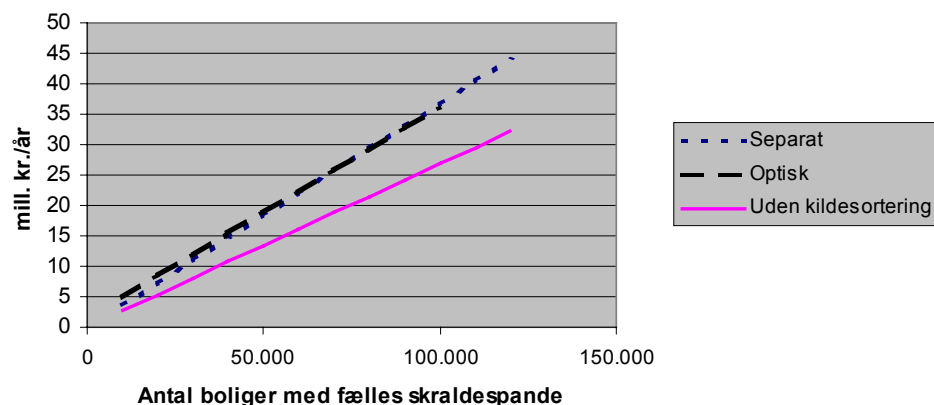
Systemet med optisk sortering er billigere end både 14/7 dages indsamlingerne og 14 dages indsamling i sæk.

## 2.5.2 Fælles skraldespande

For etageejendomme mv. med fælles skraldespande er opstillet tre modeller:

Betegnelse	Beskrivelse
Uden kildesortering	Affaldet indsamles ugentlig i 2 * 400 l containere til forbrænding
Separat	Affaldet indsamles ugentlig i 1 * 400 l container til organisk og 2 * 400 l til rest pr. 10 boliger
Optisk	Affaldet indsamles ugentlig i 2 * 400 l containere, hvorefter det sorteres i optisk sorteringsanlæg

Tabel 14 Tre modeller til indsamling fra fælles skraldespande



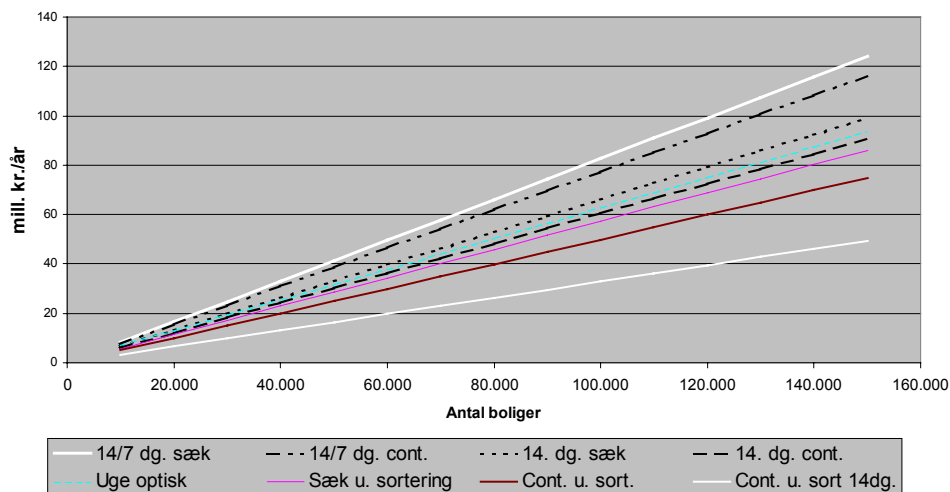
Figur 2 Overslag over samlede omkostninger ved forskellig antal boliger med fælles skraldespande

For fælles skraldespande ligger økonomien ved optisk sortering og separat indsamling så tæt, at der ikke med sikkerhed kan peges på, hvad der er billigst. Begge løsninger er dog dyrere end indsamling uden kildesortering fordi der ikke er udgifter til ekstra indsamling eller optisk sortering.

### 2.5.3 Blandet område

I praksis skal normalt samles både individuelle og fælles skraldespande. Derfor skal de økonomiske modeller naturligvis kombineres, så resultatet svarer til det aktuelle område.

Nedenfor er vist et eksempel med 50% boliger med individuelle skraldespande og 50% boliger med fælles skraldespande.



Figur 3 Overslag over samlede omkostninger til indsamling ved 50% individuelle og 50% fælles skraldespande

Ingen af kurverne krydser tydeligt hinanden, så rækkefølgen er altså ikke i væsentlig grad afhængig af antal boliger. Nævnes det billigste system først bliver rækkefølgen:

Indsamling	kr./bolig
14-dages indsamling af container uden kildesortering	329
Ugeindsamling af container uden kildesortering	499
Ugeindsamling sæk uden kildesortering	573
14-dages indsamling og kildesortering i 120 l container	603
Ugeindsamling i 120 l container og optisk sortering	635
14-dages indsamling og kildesortering i sække	660
Indsamling af organisk dagrenovation i 120 l container hver 14. dag og restaffald hver uge.	773
Indsamling af organisk dagrenovation i papirsække hver 14. dag og restaffald hver uge.	826

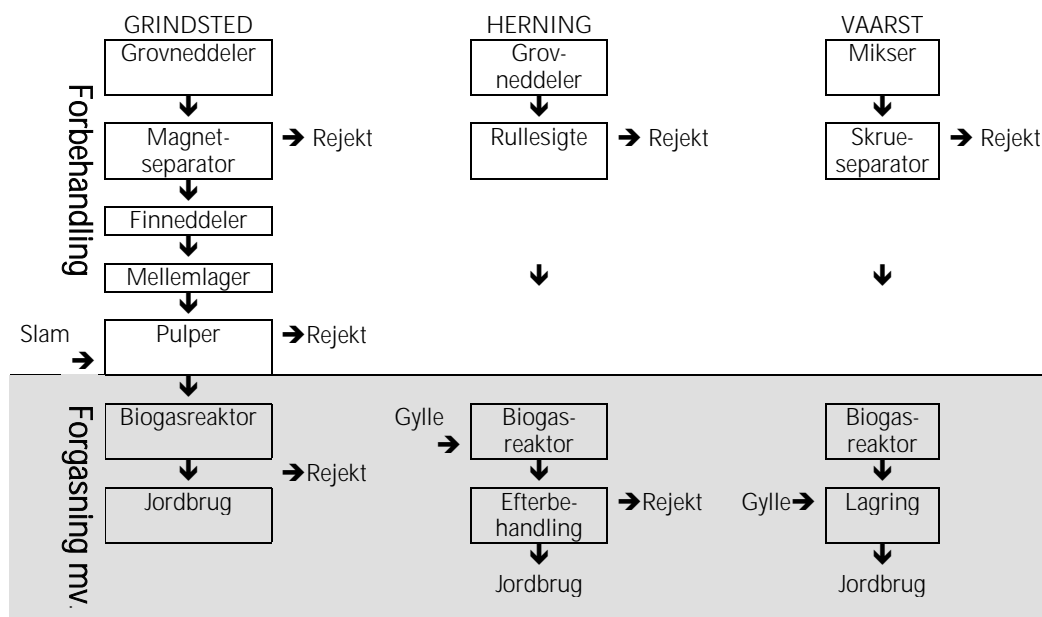
Tabel 15 Beregnet indsamlingspris pr. bolig ved 25.000 individuelle skraldespande og 25.000 boliger med fælles skraldespande.

**Resultatet afhænger i høj grad af lokale aftaler om løn og akkord. Hvis f.eks. antal sække pr. mand/uge ændres fra 975 til 1400 (som i Aalborg) bliver sækkeløsningerne billigere end containerløsningerne.**

## 3 Forbehandling af bioaffald

Forbehandlingen sker på rullesigte i Herning, skrueseperator i Vaarst (ved Aalborg) samt med neddelere og magnetseparering i Grindsted. Forbehandlingen er beskrevet i /1/.

### 3.1 Metode



Tabel 16 Princip for de tre forbehandlingsmetoder

#### 3.1.1 Forbrug

Forbruget af el, vand og mandskab er skønnet for hvert anlæg. Selvom el og vand måles og personaleforbruget er kendt, kan det være vanskeligt at bestemme den del af forbruget, der alene anvendes på forbehandling.

Drift	Enhed	Neddeling og magnetseparation	Rullesigte	Skrueseperator
El	kWh/ton	25	6	30
Vand	m <sup>3</sup> /ton	0,10	0,03	0
Mandskab	mandeår	0,5	0,5	0,5

Tabel 17 Forbrug til forbehandling af et tons organisk dagrenovation (excl. hygiejnisering)

Elforbruget på rullesigten er skønnet noget lavere end og på skrueseperaturen og neddeling + magnetseparering. På skrueseperaturen bruges ikke vand i forbindelse med forbehandlingen.

Mandskabet sættes på alle anlæg til ½ årsværk.

### 3.2 Økonomi

Taksten for behandling afspejler ikke direkte omkostningerne ved forbehandling. Derfor beregnes i bilag C en behandlingspris ud fra oplysninger om investering, levetid og driftsudgifter.

	Enhed	Neddeling + magnetsep.	Rullesigte	Skrueseperator
Kapitalomkostninger	kr./ton	166	72	136
Drift i alt	kr./ton	126	273	311
Administration	kr./ton	13	27	31
Behandlingspris	kr./ton	<b>305</b>	<b>372</b>	<b>478</b>

Tabel 18 Beregnet behandlingspris på hvert anlæg

Behandling ved neddeling og magnetseparering er billigst, derefter kommer rullesigte mens skrueseparering er dyrest. Tilgængæld skal der ikke ske en efterbehandling af biomasse fra skrueseparatoren.

## 4 Kvalitet af biomassen

Kvaliteten af forbehandlet kildesorteret organisk dagrenovation (biomasse) beskrives ved den fysiske karakter ved sigtning og ved centrifugering samt ved indholdet af tørstof og glødetab i biomasse og rejekt.

### 4.1 Biomassens fysiske karakter

Kildesorteret organisk dagrenovation fra de 5 deltagende byområder har været forbehandlet på 3 forskellige anlæg som beskrevet i afsnit 3. Formålet med den fysiske karakterisering har været at finde metoder, der kan anvendes til at vurdere hvilke karakteristiske, fysiske egenskaber de forskellige typer affald har efter forhandlingen.

To forskellige metoder (udviklet i forbindelse med storskalaforøg i Aalborg) er benyttet til denne karakterisering. Derudover er det forsorerede affald karakteriseret ved bestemmelse af tørstof (TS) og tørstof glødetab (VS).

Metodebeskrivelse og evaluering samt rådata for undersøgelsen findes i /1/.

#### 4.1.1 Sigtning af biomasse

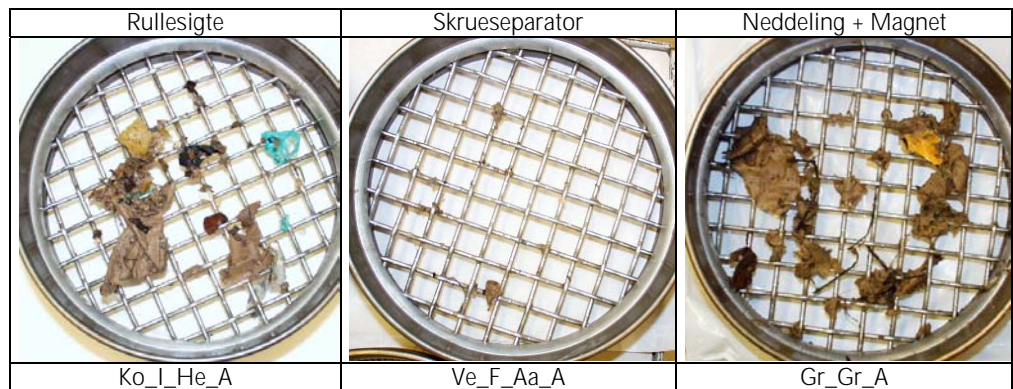
Ideen med sigtning af det forbehandlede affald er dels at give et visuelt indtryk af tilstedeværelse og karakter af større partikler i det forsorerede affald herunder at vurdere omfanget af fint neddelte fremmedlegemer - især plast og dels at give en størrelsesfordeling af det behandlede affald. Trådsigter med diameter 200 mm og maskevidder 16, 8, 4, 2 og 1 mm er anvendt.

Metoden viste sig imidlertid ikke anvendelig til størrelsesfraktioneringen, idet der på de større sigter skete en vis tilbageholdelse på sigtestængerne af mindre partikler især papir. De mindre sigter blev i mange tilfælde stoppet til. Derimod opnås der en god visuel bedømmelse af de større partikler og deres karakter efter forsoring ved at se på sigterne med de største maskevidder.

Der er gennemført sigtning af alle kombinationer af affald og forsoring, der indgår i projektet.

Størrelsen af partikler fra rullsigten i Herning og fra neddeling og magnetseparering i Grindsted kan være påvirket af, at der i forbindelse med homogeniseringen af prøverne inden undersøgelsen har været anvendt en industriblender til at homogenisere prøverne. Herved kan de større partikler være neddelte i et vidst omfang.

Figur 4 viser repræsentative billeder af 16 mm sigterne fra rullsigten i Herning, skrueseparatoren i Aalborg og neddeling og magnetseparering i Grindsted.

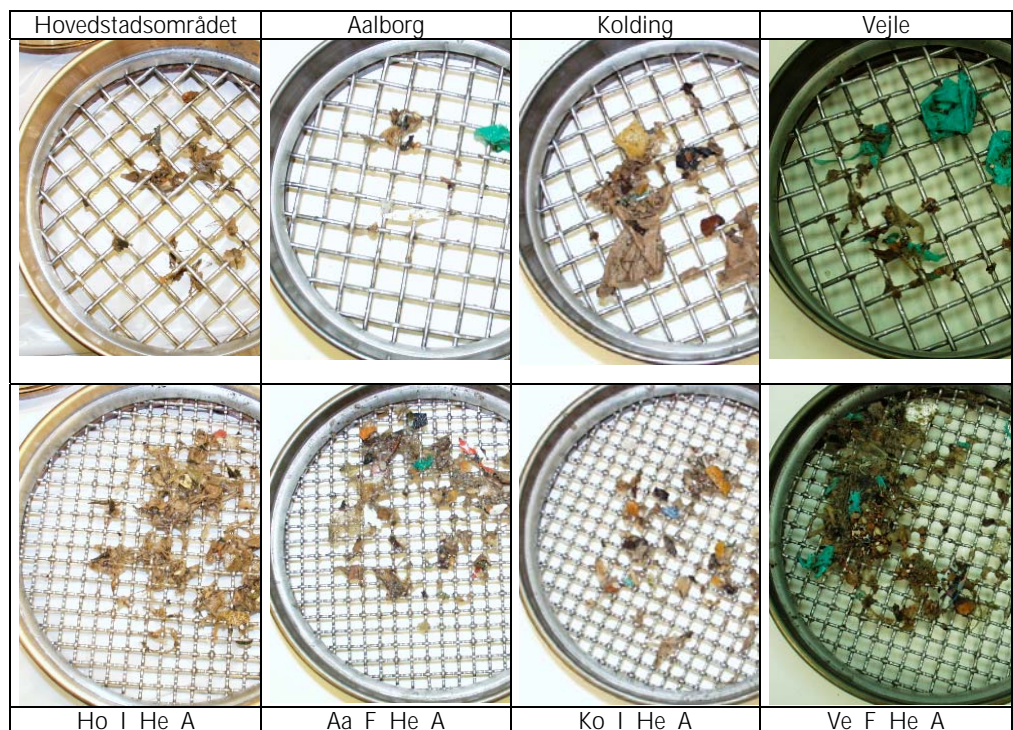


Figur 4 Udvalgte billeder af 16 mm sigter af affald fra de 3 forsorteringsteknikker der indgår i undersøgelsen

Som det fremgår ovenfor er der en tydelig forskel mellem omfanget af store partikler efter forsortering. I affaldet fra rullesigten og fra neddeling+magnetseparering er der ikke uventet mange store partikler, medens skruese separatoren reducerer partikelstørrelsen væsentligt.

Af baggrundsmaterialet fremgår at der ikke er forskel i den fysiske fremtræden efter forsortering af affald fra samme geografiske område indsamlet i områder med individuelle og fælles skraldespande.

Ved forsortering på rullesigte ses derimod tydeligt at indsamlingsteknikken i husholdningerne afspejler sig i karakteren af de store partikler. Figur 5 viser således typiske eksempler på 16 mm og 8 mm sigter fra de 4 geografiske områder, der har leveret affald til behandling på rullesigten.



Figur 5 16 mm sigter øverst og 8 mm nederst fra de 4 affaldstyper, der er forbehandlet på rullesigten i Herning

I affald fra Hovedstadsområdet indsamlet i papirposer kan der stort set ikke identificeres plast på sigterne.



Affaldet fra Aalborg, Kolding og Vejle indsamles i plastposer. Der kan tydeligt identificeres større og mindre stykker plast på sigterne.

På sigterne af affaldet fra skrueseeparatoren er det kun i meget begrænset omfang muligt at identificere karakteren af partiklerne; men der kan dog identificeres små grønne plaststykker i affaldstyper, hvor der anvendes plastposer til indsamlingen i køkkenet eller udendørs.

Affaldet fra Grindsted og fra Hovedstadsområdet indsamles i papirposer. Ved sigtning efter den meget begrænsede forbehandling i Grindsted (eller simulering heraf på affaldet fra Hovedstadsområdet) bestående af neddeling og magnetseparering, ses tydeligt store stykker papir på sigterne. Det er ikke umiddelbart muligt at identificere plast på sigterne i disse prøvetyper.

En gennemgang af alle sigtebillederne i datarapporten viser således:

- at der ved sortering på rullsigten efterlades betydelige mængder store partikler på 16 mm og 8 mm sigten uanset affaldstype. Der er ikke forskel på karakteren af det forsorterede affald indsamlet efter samme forskrifter i områder med individuelle og fælles skraldespande; medens der er tydelig forskel på om der er anvendt plast eller ej ved indsamlingen i husstandene eller udendørs.
- at der ved sortering på skrueseeparatoren i Aalborg kun undtagelsesvis efterlades partikler med en størrelse på 16 eller derover. Der er også tilbageholdt væsentligt mindre materiale på 8 mm sigten end ved forbehandling på rullsigten. Der kan dog identificeres mindre stykker plast på sigterne.
- at den meget enkle forbehandling i Grindsted, neddeling og magnetseparering (kun 2 prøver), efterlader mange store partikler - især papir på 16 mm og 8 mm sigterne.

#### 4.1.2 Centrifugering af kildesorteret dagrenovation efter forsortering

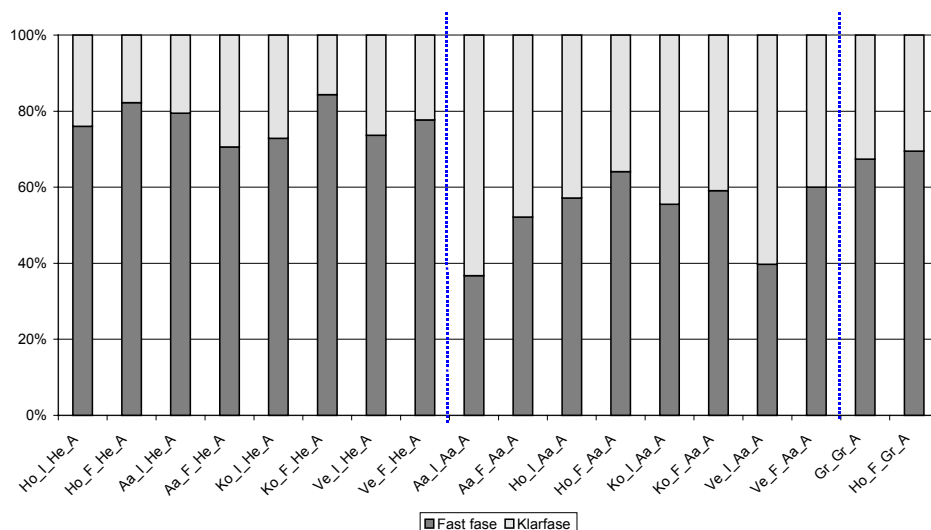
Ideen med centrifugering af det forsorterede affald er dels at vurdere forholdet mellem mængden af partikler og vand og dels at vurdere tilstedeværelsen af uønskede materialer i affaldet, der er så småt, at det ikke kan identificeres ved sigtning; men evt. kunne genfindes i kraft af centrifugeringen, hvor lette materialer samles på overfladen og tungere f.eks. metal i bunden af centrifugeglasset.

Der blev centrifugeret 40 ml prøve (dobbelbestemmelse) i 10 min ved hastighed 3500 omdrejninger pr minut i en laboratoriecentrifuge. Volumen og tørstof og glødetab blev bestemt på de to fraktioner efter centrifugering.

Det viste sig ikke generelt muligt at vurdere tilstedeværelsen af uønsket materiale i det forsorterede affald, da det stort set i alle tilfælde delte sig i en relativt klar vandfase og et fast bundfald. Kun helt undtagelsesvis blev konstateret partikler (små plaststumper) på overfladen efter centrifugeringen. Det viste sig heller ikke muligt at identificere metalstumper eller andre fejlsorteringer i bundfaldet.

Der er gennemført centrifugeringer af alle kombinationer af affald og forsortering, der indgår i projektet, idet de samme prøver som er sigtet også er centrifugeret.

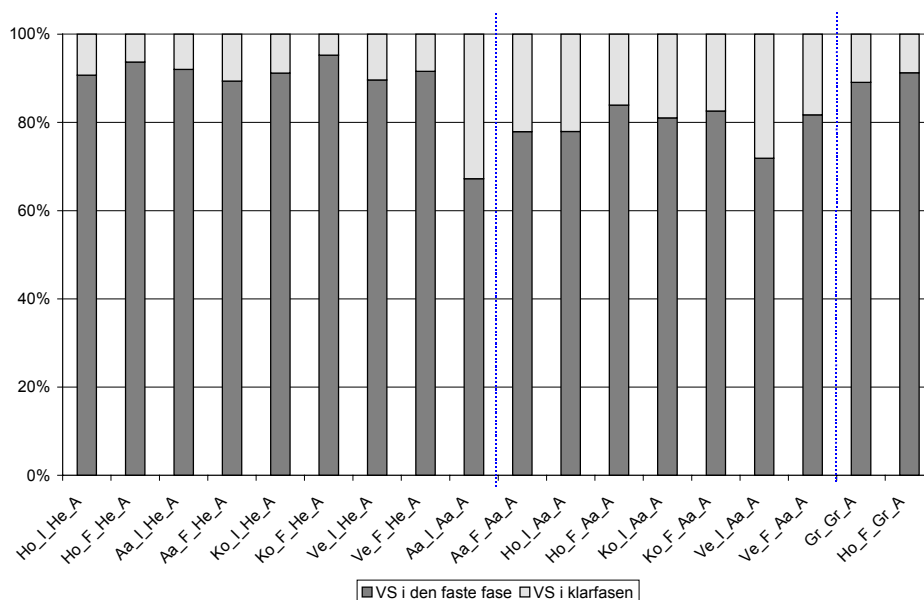
Figur 6 viser den volumenmæssige fordeling af klarfasen og den faste fase.



Figur 6 Volumenfordeling mellem klarfasen og den faste fase

Det ses af figuren at den faste fase systematisk udgør en væsentlige større andel af volumenet i prøverne forbehandlet på rullerisigten i Herning end behandlet i skrueseparatoren i Aalborg. Affaldet der kun er neddelte (som i Grindsted) ligger imellem. Da der ikke sker nogen frasoortering her må fordelingen i dette affald forventes at svare til niveauet for kildesorteret dagrenovation indsamlet i papirposer inden forsoortering.

Figuren viser at forbehandling i skrueseparatoren fører til en større andel vand i det forsoorterede materiale og dermed et forventeligt mere tørt rejekt end fra rullerisigten.



Figur 7 Viser fordeling af VS mellem de to faser efter centrifugering.

Figur 7 Fordeling af VS mellem klarfasen og den faste fase efter centrifugering

Det ses at den faste fase indeholder hovedparten af det forsoorterede affalds VS, typisk mere end 80%. Mønstret fra volumenfordelingen er i øvrigt uændret således at det større vandindhold i affaldet fra skrueseparatoren også betyder en større andel VS i klarfasen.

Den store andel VS i den faste fase betyder således at der ikke er noget stort tab af VS, hvis forbehandlingen resulterer i en tør biomasse. Et højt indhold af vand i det sortererede affald kan dog være gunstigt for at sikre et lavt vandindhold i rejektet, der køres til forbrænding.

#### 4.2 Tørstof og glødetab i biomasse og rejekt

Analyseresultaterne findes i /1/. I bilag A er lavet et sammenstilling af resultaterne for at belyse resultaternes afhængighed af kildesortering og forbehandling. Hver kategori er repræsenteret af 2-6 analyser (jfr. Tabel 1 Antallet af forsøg). Der er nogen variation på måleresultaterne for prøver, der hører under samme gruppe. Forskellen mellem måleresultaterne skal derfor være markant, før man kan skelne den fra tilfældig variation.

Nedenfor er angivet de parametre, der ifølge bilag A afhænger af hhv. boligtype, indsamling eller forbehandling. Sammenhængen uddybes nedenfor.

Parameter	Boligtype	Indsamling	Forbehandling
Tørstof i biomasse			X
Glødetab i % af TS		X	
Rejektprocent			X
Tørstof i rejekt		X	X
Glødetab i rejekt (% af TS)		X	
Middel af andel TS, der ender i biomasse		X	X
Middel af andel VS, der ender i biomasse		X	X

Tabel 19 Liste over parametre, hvor der er en klar sammenhæng

##### 4.2.1 Sammenhæng mellem boligtype og biomasse

Nedenfor er vist middelværdier af analyseresultaterne på alle prøver fra hhv. individuelle og fælles skraldespande:

Data	Enhed	Fælles	Individuelle
Middel af Rejekt%	Vægt% af behandlet	37	29
Middel af TS	% af biomasse	29	28
Middel af VS	% af TS	88	88
Middel af andel TS, der ender i biomasse	% af behandlet affald	49	52
Middel af andel VS, der ender i biomasse	% af behandlet affald	49	52
Middel af TS rejekt	% af rejekt	49	44
Middel af VS rejekt	% af TS i rejekt	87	88

Tabel 20 Middel af rejekt%, TS, VS, middel af andel af TS og VS, der ender i biomassen samt middel af TS og VS i rejekt på hhv. individuelle og fælles skraldespande

Rejektprocenten er større for fælles end for individuelle skraldespande. Der er imidlertid så store variationer mellem områderne, at der ikke er en statistisk signifikant forskel, selv ikke i Aalborg, hvor forskellen er størst.

Middel af TS og VS andel, der ender i biomassen er lidt større i individuelle skraldespande end i fælles skraldespande. Disse data viser sig dog også kun at være forskellige for Aalborg.

Middel af TS i rejekt er større i fælles skraldespande end i individuelle. Ser man i bilag A tabel 4, ses at det gælder for Kolding, Vejle og Aalborg men ikke for affald fra Hovedstaden.

Der er altså ikke nogen markant forskel på biomasse, der stammer fra individuelle skraldespande og biomasse fra fælles skraldespande.

#### 4.2.2 Sammenhæng mellem indsamling og biomasse

Nedenfor er vist middelværdier af analyseresultaterne på alle prøver fra hver leverandør:

Data	Enhed	Leverandør				
		Grindsted	Hovedstad	Kolding	Vejle	Aalborg
Middel af Rejekt%	Vægt% af behandlet	0%	34%	40%	38%	36%
Middel af TS	% af biomasse	32	29	30	30	25
Middel af VS	% af TS	90	90	84	84	88
Middel af TS andel, der ender i biomasse	% af behandlet affald		57%	50%	49%	48%
Middel af VS andel, der ender i biomasse	% af behandlet affald		57%	49%	48%	48%
Middel af TS rejekt	% af rejekt		36	47	51	54
Middel af VS rejekt	% af TS i rejekt		91	86	86	87

Tabel 21 Middel af rejekt%, TS, VS, middel af andel af TS og VS, der ender i biomassen samt middel af TS og VS i rejekt for hver leverandør

I affald fra Hovedstadsområdet er den andel af tørstof og glødetab, der ender i biomassen større end de øvrige. Desuden indeholder rejekt fra Hovedstadsområdet mere vand og glødetab end rejekt fra Vejle og Aalborg. Rejekt fra Kolding ligger midt imellem. Det kan skyldes, at Hovedstadsområdet og Kolding anvender papirsække, som holder på vandet og trækker det med ud i rejektet.

#### 4.2.3 Sammenhæng mellem forbehandling og biomasse

Nedenfor er vist middelværdier af analyseresultaterne på alle prøver fra hvert forbehandlingsanlæg:

Data	Enhed	Forbehandling		
		Neddeling + magnetsep.	Rullesigte	Skrueseperator
Middel af Rejekt%	Vægt% af behandlet	0%	33%	39%
Middel af TS	% af biomasse	31	30	25
Middel af VS	% af TS	91	87	88
Middel af TS andel, der ender i biomasse	% af behandlet affald		54%	48%
Middel af VS andel, der ender i biomasse	% af behandlet affald		53%	49%
Middel af TS rejekt	% af rejekt		52	41
Middel af VS rejekt	% af TS i rejekt		88	87

Tabel 22 Middel af rejekt%, TS, VS, middel af andel af TS og VS, der ender i biomassen samt middel af TS og VS i rejekt på neddelere og magnetseparator i Grindsted, på rulle sigten i Herning og på skrueseformatoren i Vaarst.

Forbehandlingen er klart den faktor, der har størst betydning for biomassens kvalitet.

Rejektprocenten varierer fra 0% ved neddeling og magnetseparering i Grindsted, over 33% på rulleriggen i Herning til 39% på skrueseparatoren i Vaarst.

Når Aalborg affald behandles på skrueseparatoren er der mindre tørstof i både biomasse og rejekt, end når det behandles i Herning. Det kan måske skyldes, at affaldet afgiver vand under transporten.



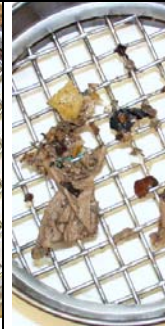




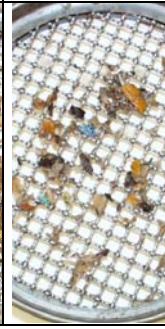
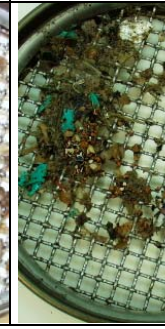

Den andel af affaldets tørstof, der ender i biomassen er størst ved neddeling og magnetseparering (100%), dernæst kommer rulleriggen med 54% og på skrueseparatoren med 48%. Glødetabet udgør samme andel af tørstof på de to anlæg, så andelen af VS, der ender i biomassen er parallel med TS andelen.



# 5 Sammenstilling af resultaterne

## 5.1 Indsamlingssystemer

Det er nu muligt at opstille et skema over sammenhængen mellem indsamlingssystem og fysisk karakter af biomassen samt for hver boligtype at opstille sammenhængen mellem indsamlingssystem, økonomi, mængde og kvalitet af kildesorteret organisk dagrenovation.

Leverandør	Grindsted	Hovedstad	Kolding	Vejle	Aalborg
Indsamling:	Papirpose og -sæk	Papirpose	Plastpose og papirsæk	Plastpose, optisk	Plastpose
Information:	Løbende plus påmindelser	Løbende plus påmindelser	Opstart	Opstart og nye	Opstart
Sorteringskriterier for organisk fraktion	Mad	Mad, Dyreexkrementer men ikke knogler og kattegrus	Mad, Kattegrus	Mad, Bleer knogler kattegrus	Mad, Knogler ikke kattegrus
Fysisk karakter 16 mm sigte					
	Gr_I_Gr_A	Ho_I_He_A	Ko_I_He_A	Ve_F_He_A	Aa_F_He_A
Fysisk karakter 8 mm sigte					

Tabel 23 Indsamlingssystem og fysisk karakter af biomasse fra Grindsted, Hovedstadsområdet, Kolding, Vejle og Aalborg

Individuelle skraldespande	Grindsted	Hovedstad	Kolding	Vejle	Aalborg
Frekvens (dage)	14	14 <sup>1</sup>	14	7	14
Mængde kg/bolig/uge	2,75	2,65	3,6	2,62	5,7
Fejlsortering	0,2%	1,3%	<sup>2</sup>	<sup>3</sup>	0,8%
Beregnet årlig omkostning kr. pr. bolig	961	1.060	952	1.053	1.228
<b>Biomasse</b>					
TS%	32	29	29	27	24
<b>Rejekt</b>					
TS i rejekt	-	36	40	40	45
VS i rejekt	-	91	87	87	86

Tabel 24 Individuelle skraldespande: Indsamlingsfrekvens, mængde, fejl sortering, omkostninger samt tørstof (TS) i biomasse og rejekt samt glødetab (VS) i % af TS i rejekt.

Fælles skraldespande	Hovedstad	Kolding	Vejle	Aalborg
Frekvens (dage)	14	14	7	7
Mængde kg/bolig/uge	1,16	3,1	1,76	1,4
Fejlsortering	4,5%	<sup>2</sup>	<sup>3</sup>	2,1%
Beregnet årlig omkostning kr. pr. bolig	377	368	528	368
TS%	29	31	33	25
<b>Rejekt</b>				
TS i rejekt	34	44	52	52
VS i rejekt	91	85	84	88

Tabel 25 Fælles skraldespande: Indsamlingsfrekvens, mængde, fejl sortering, omkostninger samt tørstof (TS) i biomasse og rejekt samt glødetab (VS) i % af TS i rejekt.



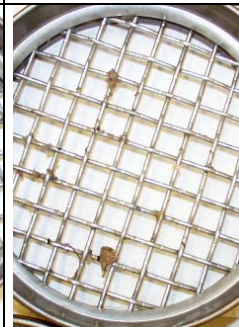
<sup>1</sup> Frekvensen variere i forskellige kommuner

<sup>2</sup> Fejlsorteringer er ikke målt i Kolding

<sup>3</sup> Fejlsorteringer er ikke målt i Vejle

## 5.2 Forbehandlingsanlæg

Sammenhængen mellem forbehandling, beregnet behandlingspris og kvalitet af biomasse og rejekt er opstillet i følgende skema.

Beliggenhed	Grindsted	Herning	Vaarst
Forbehandling	Neddeling, magnetseparering	Grovneddeler, rullsigte	Mikser, Skrueseparator
Pris kr./ton	305	385	497
<b>Biomasse</b>			
Fysisk karakter (16 mm sigte)			
	Gr_L_Gr_A	Ko_L_He_A	Ve_F_Aa_A
Tørstof %	31	30	25
Andel tørstof ender i biomassen %	100	54	48
Andel glødetab ender i biomassen %	100	52	49
<b>Rejekt</b>			
Rejekt %	0	33	39
Tørstof % i rejekt	-	47	38

Tabel 26 Sammenhæng mellem forbehandling, økonomi og biomassen



### 5.3 Pris for indsamling og forbehandling

Den samlede pris for indsamling og forbehandling pr. bolig er nedenfor beregnet pr. bolig i et område med 25.000 individuelle skraldespande og 25.000 boliger med fælles skraldespande. Rejekt og restaffald forudsættes brændt. Den forbehandlede, hygiejniserede biomasse forudsættes afhændet til biogasanlæg uden omkostninger.

Hver bolig antages at levere 2,5 kg organisk affald og 6 kg restaffald pr uge.

Indsamling	kr./bolig/år	Behandling	kr./bolig/år	I alt kr./år/bolig
Cont. u. sort 14dg.	329	Forbrænding	264	593
Cont. u. sort.	499	Forbrænding	264	763
14. dg. cont.	603	Neddeling	225	829
Sæk u. sortering	573	Forbrænding	264	837
14. dg. cont.	603	Rullesigte	236	839
14. dg. cont.	603	Skrueseparator	250	854
Uge optisk	635	Neddeling	225	861
Uge optisk	635	Rullesigte	236	871
14. dg. sæk	660	Neddeling	225	886
Uge optisk	635	Skrueseparator	250	886
14. dg. sæk	660	Rullesigte	236	896
14. dg. sæk	660	Skrueseparator	250	910
14/7 dg. cont.	773	Neddeling	225	998
14/7 dg. cont.	773	Rullesigte	236	1009
14/7 dg. cont.	773	Skrueseparator	250	1023
14/7 dg. sæk	826	Neddeling	225	1052
14/7 dg. sæk	826	Rullesigte	236	1062
14/7 dg. sæk	826	Skrueseparator	250	1076

Tabel 27 Prisen pr. bolig sorteret efter samlet pris for indsamling og forbehandling (beregningen er udført ved 25.000 individuelle og 25.000 boliger med fælles skraldespande). Restaffald forudsættes brændt.



## 6 Referenceliste

- /1/ Datarapport om sammensætning og biogaspotentialer af organisk dagrenovation. Miljø & Ressourcer, DTU ved Thomas Højlund Christensen, PlanEnergi ved Orla Jørgensen, Lunds Tekniska Högskola ved Jes la Cour Jansen Miljøstyrelsen (serie og dato-2002)
- /2/ Fuldskalaforsøg i hovedstadsområdet. Rambøll. Miljøstyrelsen (serie og dato)
- /3/ Indsamling af organisk affald fra husholdninger, små erhvervskøkkener og fødevareforretninger i Aalborg kommune. Aalborg kommune, Jes la Cour Jansen, Jysk Biogas International og PlanEnergi. Miljøstyrelsen (serie og dato)
- /4/ Sorteringsforsøg i Kolding. COWI. Miljøstyrelsen (serie og dato)
- /5/ ATL Overenskomst 2000 Dagrenovation mellem Arbejdsgiverforeningen for Transport og Logistik og Specialarbejderforbundet i Danmark vedrørende Dagrenovation.
  - 1. Lønoversigt vedrørende dagrenovationsarbejde med beholdere på hjul max. 240 l med lukkede komprimatorvogne gældende fra 1/3 2002.
  - 2. Lønoversigt vedrørende dagrenovationsarbejde med papirsække og minicontainere gældende fra 1/3 2002. (bydistrikt)

# 1 Bilag A: Sammenhæng mellem biomasse, sortering og forbehandling.

## 1.1 Biomasse

Nedenfor opgøres middelværdierne af tørstof og glødetab i hver type affald og på hvert anlæg. Analyseresultaterne for hver enkelt prøve findes i /1/.

### 1.1.1 Tørstof i biomassen

I tabellen er vist middelværdier af tørstofmålinger på hvert anlæg, fra hver leverandør og hver type bolig. Hovedtotal er middelværdien af samtlige målinger i gruppen f.eks.: middelværdien af alle målinger på rullesigte er angivet som hovedtotal i nederste række til 30%. Middelværdien af alle målinger på individuelle skraldespande i Kolding er i sidste kolonne angivet til 29%. Middelværdien af alle TS målinger i biomassen er 28%.

Middel af TS		Forbehandling			Hovedtotal
Leverandør	Type	Neddeling + magnetsep.	Rullesigte	Skrueseperator	
Grindsted	Individuelle	32			32
Hovedstadsområdet	Individuelle	29	29	28	29
	Fælles	30	30	27	29
Kolding	Individuelle		32	26	29
	Fælles		32	30	31
Vejle	Individuelle		32	22	26
	Fælles		35	31	33
Aalborg	Individuelle		30	22	24
	Fælles		29	25	25
Hovedtotal		31	30	25	28

Tabel 1 Middelværdi af tørstof% målt i biomasse (hovedtotal er middelværdi af samtlige målinger i gruppen).

Indholdet af tørstof i biomassen er ca. 30% ved neddeling+magnetseparering og på rullesigte, mens biomassen er mere våd på skrueseparatoren med en gennemsnitligt tørstofindhold på 25%.

Ser man på de enkelte analyser varierer biomassens tørstofindhold ved rullesigte mellem 29 og 35%, mens den på skrueseparatoren ligger mellem 22 og 32%. Der er således ikke nogen klar sammenhæng mellem leverandør og tørstofindhold.

### 1.1.2 Glødetab i biomassen

I tabellen er vist middelværdier af glødetab i procent af tørstof på hvert anlæg, fra hver leverandør og hver type bolig.

Leverandør	Type	Neddeling + magnetsep.	Rullesigte	Skrue-separator	Hovedtotal
Grindsted	Individuelle	90			90
Hovedstad	Individuelle	93	89	92	91
	Fælles	93	88	92	90
Kolding	Individuelle		82	86	84
	Fælles		85	83	84
Vejle	Individuelle		85	87	86
	Fælles		83	83	83
Aalborg	Individuelle		85	87	87
	Fælles		88	90	89
Hovedtotal		91	87	88	88

Tabel 2 Middel værdi af glødetab (% af TS) målt i biomasse(hovedtotal er middel værdi af samtlige målinger i gruppen).

Glødetabet er tæt på 90% af tørstof i alle prøver. Det er signifikant højere i biomasse forbehandlet med neddeling og magnetseparering.

## 1.2 Rejekt

I 1/ findes analyser af rejekt fra 4 prøver fra hvert geografisk område (to fra individuelle og to fra fælles skraldespande).

Nedenfor opgøres middelværdierne af rejekt, tørstof og glødetab i hver type affald og på hvert anlæg.

### 1.2.1 Rejektprocent

I tabellen er vist rejektprocent af behandlet affald på hvert anlæg, fra hver leverandør og hver type bolig.

Leverandør	Type	Neddeling + magnetsep.	Rullesigte	Skrue-separator	Hovedtotal
Grindsted	Individuelle	0-1%			0%
Hovedstad	Individuelle		31%	43%	34%
	Fælles		29%	46%	34%
Kolding	Individuelle		39%	43%	41%
	Fælles		45%	34%	39%
Vejle	Individuelle		35%	42%	38%
	Fælles		31%	46%	38%
Aalborg	Individuelle		33%	32%	32%
	Fælles		34%	40%	39%
Hovedtotal		0-1%	33%	39%	33%

Tabel 3 Middel værdi af rejektprocenter for hver type affald og på hvert anlæg(hovedtotal er middel værdi af samtlige målinger i gruppen).

Rejektprocenten er meget forskellig for de tre anlæg, fra 0-1% ved neddeling+magnetseparering, til 33% ved rullesigte og 39% på skrueseparatoren. De enkelte prøver, som fremgår af datarapporten svinger mellem 24 og 45% ved rullesigte og mellem 24 og 55% på skrueseparatoren.

Der er ikke markant forskel på rejektprocenterne for affald fra forskellige byer eller forskellige boligtyper.

### 1.2.2 Tørstof i rejekt

I tabellen er vist middelværdier af tørstof i rejekt på hvert anlæg, fra hver leverandør og hver type boliger.

Leverandør	Type	Rullesigte	Skrue-separator	Hovedtotal
Hovedstad	Fælles	43	28	35
	Individuelle	37	36	36
Kolding	Fælles	55	44	49
	Individuelle	43	45	44
Vejle	Fælles	67	49	58
	Individuelle	45	44	44
Aalborg	Fælles	77	44	55
	Individuelle	64	41	52
Hovedtotal		52	41	47

Tabel 4 Middelværdi af tørstofprocent i rejekt for hver type affald og på hvert anlæg (hovedtotal er middelværdi af samtlige målinger i gruppen).

Tørstofindholdet i rejekt er større ved rullesigte end på skrueseformatoren. Det varierer meget fra forskellige indsamlingsområder. Rejekt fra Hovedstaden og Kolding er generelt vådere end rejekt fra Vejle og Aalborg. Desuden er rejekt fra fælles skraldespande generelt tørrere end rejekt fra individuelle skraldespande.

Når rejektet er vådere fra Hovedstaden og Kolding (og fra individuelle skraldespande) kan det skyldes indholdet af papir fra hhv. papirposer og sække.

### 1.2.3 Glødetab i rejekt

I tabellen er vist middelværdier af glødetab i procent af tørstof i rejekt på hvert anlæg, fra hver leverandør og hver type bolig.

Leverandør	Type	Rullesigte	Skrue-separator	Hovedtotal
Hovedstad	Fælles	91	90	90
	Individuelle	91	91	91
Kolding	Fælles	88	83	85
	Individuelle	85	86	85
Vejle	Fælles	89	84	87
	Individuelle	89	87	88
Aalborg	Fælles	89	87	88
	Individuelle	93	85	89
Hovedtotal		88	87	88

Tabel 5 Middelværdi af glødetab (% af TS) i rejekt for hver type affald og på hvert anlæg (hovedtotal er middelværdi af samtlige målinger i gruppen)

Glødetabet er generelt lidt højere i rejekt fra Hovedstadsområdet end i andet rejekt.

### 1.3 Massestrømme

På baggrund af analyserne kan der beregnes, hvor stor en del af tørstoffet og glødetabet i affaldet, der ender i hhv. biomasse og rejekt. Beregningen er udført for hver enkelt prøve. Middelværdierne fremgår nedenfor.

### 1.3.1 Andel af tørstof, der ender i biomassen

I tabellen er den andel af tørstof i affaldet, der ender i biomassen på hvert anlæg, fra hver leverandør og hver type bolig. Resten af tørstoffet fjernes med rejekt.

Leverandør	Type	Rullesigte	Skrue-separator	Hovedtotal
Hovedstad	Fælles	60%	53%	57%
	Individuelle	64%	51%	57%
Kolding	Fælles	43%	58%	50%
	Individuelle	54%	44%	49%
Vejle	Fælles	54%	44%	49%
	Individuelle	57%	41%	49%
Aalborg	Fælles	42%	38%	40%
	Individuelle	49%	59%	54%
Hovedtotal		54%	48%	51%

Tabel 6 Andel af tørstof, der ender i biomassen (hovedtotal er middelværdi af samtlige målinger i gruppen).

Omkring 50% af det tørstof, der er i det indsamlede affald ender i biomassen, den anden halvdel ender i rejekt.

Ved rullesigte er der generelt en større andel af tørstoffet, der ender som biomasse end på skrueseparatoren.

Der er en lidt større andel af tørstoffet fra Hovedstadsområdet, der ender i biomassen end fra de øvrige, det kan være tilfældig variation eller skyldes forskellen mellem indsamling i papirsække og containere.

### 1.3.2 Andel af glødetab, der ender i biomassen

Andelen af glødetab, der ender i biomassen kan tilsvarende opgøres.

Leverandør	Type	Rullesigte	Skrue-separator	Hovedtotal
Hovedstad	Fælles	60%	54%	57%
	Individuelle	64%	51%	58%
Kolding	Fælles	42%	58%	50%
	Individuelle	53%	45%	49%
Vejle	Fælles	52%	44%	48%
	Individuelle	56%	41%	49%
Aalborg	Fælles	42%	39%	41%
	Individuelle	47%	60%	54%
Hovedtotal		52%	49%	51%

Tabel 7 Andel af glødetab, der ender i biomassen (hovedtotal er middelværdi af samtlige målinger i gruppen)

Andelen af glødetab, der ender i biomassen er helt parallel med andelen af tørstof, som beskrevet ovenfor.

## 2 Bilag B: Økonomi indsamling

I det følgende opgøres omkostningerne ved at indføre et indsamlingssystem til indsamling af organisk affald og restaffald fra boliger som i Hovedstadsområdet, Grindsted, Kolding, Aalborg og Vejle samt forbehandling af affaldet som på anlæggene i Grindsted, Herning og Vaarst.

Følgende modeller undersøges:

Kombinationer	Fraktion	Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
Køkkenposer	Organisk	Papir	Papir	Plast	Plast	Plast
Udeudstyr	Organisk	Container	Sæk	Sæk	Container	Container
	Rest	Container	Sæk	Sæk		Sæk
Tømning	Organisk	14 dg	14 dg	14 dg	Uge	14 dg
	Rest	14 dg	14 dg	14 dg		Uge
Sorteringsanlæg					Optisk	

Tabel 8 Kombinationer der sammenlignes for boliger med individuel skraldespand.

Kombinationer	Fraktion	Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
Køkkenposer	Organisk	Papir	Papir	Plast	Plast	Plast
Udeudstyr	Organisk	Container	Sæk	Sæk	Container	Container
	Rest	Container	Sæk	Sæk		Container
Tømning	Organisk	14 dg		14 dg	Uge	Uge
	Rest	14 dg		14 dg		Uge
Sorteringsanlæg					Optisk	

Tabel 9 Kombinationer der sammenlignes for boliger med fælles skraldespand

### 2.1 Valg af priser

Formålet er at opstille en sammenlignelig økonomi. Derfor anvendes ikke de faktiske omkostninger, men omkostninger beregnet ud fra fælles enhedspriser, således at lokale forskelle udelades. I modellen regnes således med én standardtype for indsamlingsbil, sækkesystem og containere.

Standardpriserne er valgt på baggrund af de priser, de enkelte områder har oplyst.



		Hoved- stad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg	Valgt
		kr. pr. stk.	kr. pr. stk.	kr. pr. stk.	kr. pr. stk.	kr. pr. stk.	kr. pr. stk.
Køkken- udstyr	Køkkenstativ	53 <sup>1</sup>	34,2			35	35
	Køkkenspand	42					42
	Plastpose			0,25	0,14	0,30	0,25
	Papirpose	0,24 / 0,30 <sup>2</sup>	0,45	0,50			0,30
	Distribution af poser- /bolig/år					20	20
Udeudstyr	Sækkestativ	1.250 <sup>3</sup>				730	730
	Sække		2,94			2	2
	Container (90-140 l)	298				300	300
	Container (400 – 660 l)	1.975		1.700		2.100	2.000
Indsamling	Bil til containere					1.400.000 <sup>4</sup>	1.000.000
	Bil til sække					1.000.000	1.000.000
	Kærrer					5.000	5.000
	Timeløn					188,59	190
	Chaufførtillæg					4,94	5

Tabel 10 Priser i forskellige områder samt den enhedspris, der er valgt som grundlag for videre beregning.

Hver mand kan indsamle 1050 sække eller 850 containere pr. uge jfr. /5/. For hver 3 mand anskaffes en bil. Antallet af biler tillægges en reserve på 5%.

Enhedspriserne og antal enheder svarer til, at en sæk kan afhentes for knap 9 kr. og en container for knap 11 kr.

Alle anlægsomkostninger forrentes med 6% p.a.

### 2.1.1 Etablering og drift af optisk sortering

Etableringen af et optisk sorteringsanlæg som i Vejlemodellen vurderes i forhold til erfaringer fra Vejle, Kolding (udbud) og Århus. Omkostningen pr. husstand vil i højgrad afhænge af antallet af husstande, anlægget har kapacitet til.

	Vejle	Kolding	Århus	Skøn1	Skøn2
Antal husstande	28.000 stk.	30.000 stk.	138.000 stk.	30.000 stk.	140.000 stk.
Etableringsomkostning		22,5 mill. kr.	62 mill. kr.	20 mill. kr.	60 mill. kr.
Årlige driftsomkostninger	1,3 mill. kr.			1,5 mill. kr.	5 mill. kr.

Tabel 11 Kendte udgifter til etablering og drift af optisk sortering samt skøn for to anlæg på to forskellige størrelser.

<sup>1</sup> Dobbeltstativ med spildbakke og låg

<sup>2</sup> Priser fra to forskellige leverandører

<sup>3</sup> Bates combi system

<sup>4</sup> Bil med skylle- og vejudstyr

Et anlæg til 30.000 enheder antages at kunne etableres for 20 mill. kr. mens et anlæg til 140.000 husstande anslås til 60 mill. kr.

Tilsvarende anslås driftsomkostningerne til 1,5 mill. kr. ved 30.000 boliger og 5 mill. kr. ved 140.000 boliger.

### 2.1.2 Afskrivning af udstyr og anlæg

Indsamlingsudstyr og biler afskrives over 10 år, hvorefter scrapværdien sættes lig 0 kr. Kærrer afskrives dog på 5 år.

På anlæg afskrives bygningsdele over 20 år og udstyr på 10 år. Et optisk sorteringsanlæg antages i gennemsnit at skulle afskrives over 15 år.

## 2.2 Etableringsomkostninger for nyt indsamlingssystem

### 2.2.1 Enhedspriser til udstyr og anlæg

Alle boliger får udleveret et dobbelt køkkenstativ.

Ved individuelle boliger skal opstilles en 120 l container eller et sækkestativ pr. affaldsfraktion. Dvs. én skraldespand til restaffald og én skraldespand til organisk affald (bortset fra Vejlemodellen, hvor der kun skal bruges én skraldespand).

Ved boliger med fælles skraldespande opstilles en 400 l container til organisk affald og to 400 l containere til restaffald pr. 10 boliger.

Desuden skal anskaffes en bil pr. 2.429 containere eller 3.000 sække pr. uge (inkl. 5% reservekapacitet).

Ved Vejlemodellen skal desuden etableres et optisk sorteringsanlæg. Anlægsudgiften for et anlæg til et givent antal boliger anslås ved interpolation mellem enhedspriserne (Skøn1 og Skøn2 i Tabel 11 s. 40).

### 2.2.2 Etableringsomkostninger for boliger med individuelle skraldespande

Kombinationer		Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
Etablering		stk./bolig	stk./bolig	stk./bolig	stk./bolig	stk./bolig
Køkkenudstyr	Køkkenstativ	1	1	1	1	1
Udeudstyr	Sækkestativ	2	2	2		1
	Container				1	1
Indsamling	Bil	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006
Sorteringsanlæg					0,00002	

Tabel 12 Antal enheder pr. bolig med individuel skraldespand

I modellerne Hovedstadsområdet, Grindsted og Kolding skal etableres to sækkestativer pr. bolig. I Vejle skal etableres én container og Aalborg skal etableres et sækkestativ og en container pr. bolig med individuel skraldespand.

Antallet af biler beregnes som antal tømninger pr. uge divideret med bilernes kapacitet for hhv. sække og containere

		Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
		kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig
Etablering						
Køkkenudstyr	Køkkenstativ	35	35	35	35	35
Udeudstyr	Sækkestativ	1460	1460	1460	0	730
	Container	0	0	0	300	300
Indsamling	Bil	412	333	333	412	539
Sorteringsanlæg					667	
I alt	kr.	1.907	1.828	1.828	1.413	1.604

Tabel 13 Etableringsomkostninger pr. bolig med individuel skraldespand

Da en container er billigere end et sækkestativ er etableringen af containerløsninger billigst. Etableringen af et optisk sorteringsanlæg som i Vejle øger etableringsomkostningen med 667 kr. pr. bolig (beregnet ved 30.000 boliger).

Kapitalomkostningerne beregnes som ydelsen på et lån til hvert anlæg. Lånets løbetid svarer til levetiden og forrentes med 6%.

Pris pr. sted		Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
		kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig
Afskrivning						
Køkkenudstyr	Køkkenstativ	5	5	5	5	5
Udeudstyr	Sækkestativ	198	198	198	0	99
	Container 120 l	0	0	0	41	41
Indsamling	Bil	56	45	45	56	73
Sorteringsanlæg					69	
I alt	kr.	259	248	248	170	218

Tabel 14 Kapitalomkostninger pr. bolig med individuel skraldespand

Når der tages hensyn til levetiden vil etableringen af sorteringsanlæg være billigere end at opstille ekstra sækkestativer eller containere til alle boliger.

### 2.2.3 Etableringsomkostninger for boliger med fælles skraldespand

Det antages, at der skal opstilles 3 stk. 400 l containere pr. 10 boliger i etageområder o.lign. I modellen for Vejle kan man dog nøjes med 2 containere. Hver container tømmes én gang ugentlig (i praksis har nogle 14 dages tømning men flere containere, dette antages at gå lige op).

Kombinationer		Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
		stk./bolig	stk./bolig	stk./bolig	stk./bolig	stk./bolig
Etablering						
Køkkenudstyr	Køkkenstativ	1	1	1	1	1
Udeudstyr	Container 400 l	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
Indsamling	Bil	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Sorteringsanlæg					0,00003	

Tabel 15 Antal enheder pr. bolig med fælles skraldespand

Pris pr. sted		Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
Etablering		kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig
Køkkenudstyr	Køkkenstativ	35	35	35	35	35
Udeudstyr	Container 400 l	630	630	630	420	630
Indsamling	Bil	124	124	124	82	124
Sorteringsanlæg	til 30.000 boliger				667	
I alt	kr.	789	789	789	1.204	789

Tabel 16 Etableringsomkostninger pr. bolig med fælles skraldespand

Pris pr. sted		Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
Afskrivning		kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig	kr./bolig
Køkkenudstyr	Køkkenstativ	5	5	5	5	5
Udeudstyr	Container 400 l	86	86	86	57	86
Indsamling	Bil	17	17	17	11	17
Sorteringsanlæg	til 30.000 boliger				69	
I alt	kr.	107	107	107	142	107

Tabel 17 Kapitalomkostninger pr. bolig med fælles skraldespand

Der er således kun to forskellige modeller for boliger med fælles skraldespande:

1. 3 stk. 400 l containere pr. 10 boliger som afhentes separat hver uge
2. 2 stk. 400 l containere pr. 10 boliger som afhentes hver uge og sorteres optisk.

Omkostningerne til sorteringsanlægget betyder, at udgiften pr. bolig med fælles skraldespand er dyrere end opstilling af ekstra containere.

## 2.3 Drift af indsamlingssystem

### 2.3.1 Drift af indsamling fra boliger med individuelle skraldespande

Drift		Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
		stk./bolig/år	stk./bolig/år	stk./bolig/år	stk./bolig/år	stk./bolig/år
Køkkenudstyr	Plastposer			156	156	156
	Papirposer	156	156			
	Distribution af poser/bolig	4	4	4	4	4
Udeudstyr	Sække		52	52	0	52
Tømning	Sække		52	52		52
	Containere	52			52	26
Sortering					52	

Tabel 18 Antal enheder til drift af indsamlingssystem pr. bolig med individuel skraldespand

Pris pr. bolig		Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
Drift		kr./år	kr./år	kr./år	kr./år	kr./år
Køkkenudstyr	Plastposer	0	0	39	39	39
	Papirposer	47	47	0	0	0
	Distribution af poser	20	20	20	20	20
Udeudstyr	Sække	0	104	104	0	104
Indsamling	Sække	0	454	454	0	454
	Containere	561	0	0	561	281
Sortering					167	
I alt	kr.	628	625	617	787	898

Tabel 19 Driftsudgifter til indsamling pr. bolig med individuel skraldespand

### 2.3.2 Drift af indsamling fra boliger med fælles skraldespande

	Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg	
Drift	stk./bolig/ år	stk./bolig/ år	stk./bolig/ år	stk./bolig/ år	stk./bolig/ år	
Køkkenudstyr	Plastposer		156	156	156	
	Papirposer	156	156			
	Distribution af poser/sted	4	4	4	4	4
Indsamling	Containere	15,6	15,6	15,6	10,4	15,6
Sortering				52		

Tabel 20 Antal enheder til drift af indsamlingssystem pr. bolig med fælles skraldespand

Pris pr. sted	Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg	
Drift	kr./sted/år	kr./sted/år	kr./sted/ år	kr./sted/ år	kr./sted/ år	
Køkkenudstyr	Plastposer	0	0	39	39	39
	Papirposer	47	47	0	0	0
	Distribution af poser/sted	20	20	20	20	20
	Containere	167	167	167	112	167
Sortering	til 30.000 boliger			167		
I alt	kr.	234	234	226	337	226

Tabel 21 Driftsudgifter til indsamling pr. bolig med fælles skraldespand

### 2.4 Samlet omkostning pr. bolig pr. år

Pris pr. bolig	Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
Samlet årlig udgift	kr./år/enhed	kr./år/enhed	kr./år/enhed	kr./år/enhed	kr./år/enhed
Afskrivning	259	248	248	170	218
Drift	628	625	617	787	898
Administration	89	87	87	96	112
I alt	976	961	952	1.053	1.228

Tabel 22 Samlet omkostning ved indsamling pr. bolig med individuel skraldespand pr. år

Pris pr. sted	Hovedstad	Grindsted	Kolding	Vejle	Aalborg
Samlet årlig udgift	kr./år/enhed	kr./år/enhed	kr./år/enhed	kr./år/enhed	kr./år/enhed
Afskrivning	107	107	107	142	107
Drift	235	235	227	338	227
Administration	34	34	33	48	33
I alt	377	377	368	528	368

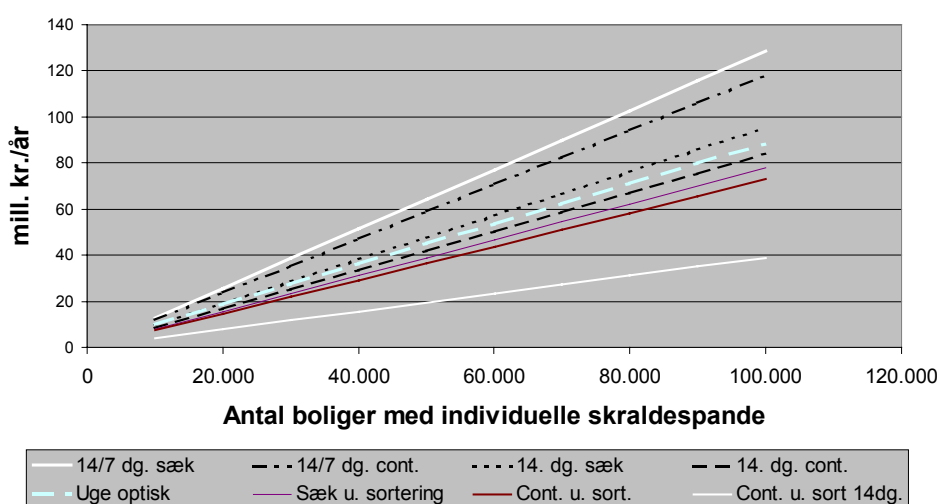
Tabel 23 Samlet omkostning ved indsamling pr. bolig med fælles skraldespand pr. år

Ved 30.000 boliger er Koldingmodellen med 14 dages indsamling af sække billigst både for boliger med individuelle skraldespande for boliger med fælles skraldespande.

For at illustrere den økonomiske forskel mellem forskellige indsamlingssystemer opstilles 8 modeller for individuelle skraldespande og tre modeller for fælles skraldespande:

Benævnelse	Beskrivelse
Sæk u. sort	Sækkesystem uden kildesortering
Cont. u. sort.	Containersystem (120 l) uden kildesortering med ugeindsamling
Cont. u. sort.	Containersystem (240 l) uden kildesortering med 14-dages indsamling
7/14 dg. sæk	Indsamling af organisk affald i papirsække hver 14. dag og restaffald hver uge.
7/14 dg. cont	Indsamling af organisk affald i 120 l container hver 14. dag og restaffald hver uge.
14. dg. sæk	Indsamling i to papirsække skiftevis organisk og restaffald hver anden uge.
14. dg. cont	Indsamling i to 120 l container skiftevis organisk og restaffald hver anden uge.
Uge optisk	Indsamling i 120 l container hver uge.

Tabel 24 Otte regneeksempler til illustration af økonomien for forskellige indsamlingssystemer

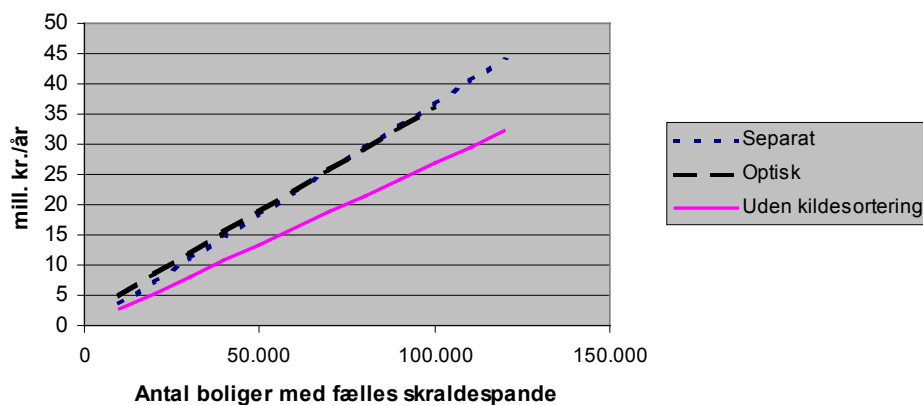


Figur 1 Overslag over samlede omkostninger ved forskellig antal boliger med individuelle skraldespande

For etageejendomme mv. med fælles skraldespande er opstillet tre modeller:

Betegnelse	Beskrivelse
Uden kildesortering	Affaldet indsamles ugentlig i 2 * 400 l containere
Separat	Affaldet indsamles ugentlig i 1 * 400 l containere til organisk og 2 * 400 l til rest pr. 10 boliger
Optisk	Affaldet indsamles ugentlig i 2 * 400 l containere, hvorefter det sorteres i optisk sorteringsanlæg

Tabel 25 Tre modeller til indsamling fra etageejendomme med fælles skraldespande



Figur 2 Overslag over samlede omkostninger ved forskellig antal boliger med fælles skraldespande

### 3 Bilag C: Økonomi forbehandling

I det følgende opgøres omkostningerne ved forbehandling af affaldet som på neddelere og magnetseparator i Grindsted, rullesigte i Herning og skrueseparator i Vaarst.

Formålet er at opstille en sammenlignelig økonomi. Derfor anvendes ikke de faktiske omkostninger, men omkostninger beregnet ud fra fælles enhedspriser, således at lokale forskelle udelades.

Det antages at biomassen skal hygiejniseres 1 time ved 70 °C.

Forbehandling	
Forbrænding af rejekt	500 kr./ton
Bortskaffelse biomasse	0 kr./ton
Levetid	10 år
Driftspersonale	300.000 kr./mandeår
Mandskab	0,5 mandeår
Administration	10% af behandlingspris
Varme	400 kr./GJ
El	0,35 kr./kWh
Vand	18 kr./m <sup>3</sup>
Hygiejnisering	0,164 GJ/ton
Vedligehold	3% af investering

Tabel 26 Fælles forudsætninger for forbehandling

På anlæggene er det nødvendige mandskab skønnet forskelligt afhængigt af, hvilke opgaver personalet i øvrigt udfører. Anlæggene er teknisk omtrent lige enkle, derfor antages at personalebehovet er det samme (½ mand).

Anlæggenes kapacitet er forskellig, dette har naturligvis betydning for behandlingsprisen pr. ton indsamlet affald.

Enhed	Neddeler+magnetsep.	Rullesigte	Skrueseparator
Kapacitet ton/år	9.000	11.000	10.000

Tabel 27 Kapacitet af de tre anlæg

Etableringsomkostningerne anslås til følgende:

Anlæg		Neddeler+magnetsep.	Rullesigte	Skrueseparator
Etablering	kr.	11.000.000	5.800.000	10.000.000
Forrentning og afskrivning	kr./år	1.494.548	788.034	1.358.680
Ydelse	kr./ton	166	72	136

Tabel 28 Etablerings- og kapital omkostninger

Driftsomkostningerne beregnes ud fra følgende forbrug:



Drift	Enhed	Neddeler+magnetsep.	Rullesigte	Skrueseparator
Hygiejnisering	% af affald	100%	65%	61%
El	kWh/ton	25	6	30
Vand	m <sup>3</sup> /ton	0,10	0,03	0
Rejekt%	% af affald	0-1%	35%	39%

Tabel 29 Forbrug m.v. på hvert anlæg

Hvis hygiejniseringen foregår på biogasanlægget kan varmen muligvis udnyttes i afgasningen. Forbruget regnes dog med i denne standardberegning.

Drift	Enhed	Neddeler+magnetsep.	Rullesigte	Skrueseparator
Hygiejnisering	kr./ton	66	43	40
El	kr./ton	9	2	11
Vand	kr./ton	2	1	0
Mandskab	kr./ton	14	14	14
Vedligehold	kr./ton	37	16	30
Bortskaffelse rejekt	kr./ton	0	210	234
Bortskaffelse af biomasse	kr./ton	0	0	0
Drift i alt	kr./ton	126	285	328

Tabel 30 Beregnede driftsomkostninger

Den samlede behandlingspris beregnes som kapitalomkostninger plus driftsomkostninger ved fuld udnyttelse af anlæggets kapacitet.

	Enhed	Neddeler+magnetsep.	Rullesigte	Skrueseparator
Kapitalomkostninger	kr./ton	166	72	136
Drift i alt	kr./ton	126	285	328
Administration	kr./ton	13	28	33
Behandlingspris	kr./ton	305	385	497

Tabel 31 Samlet behandlingspris