



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Nye danske metoder til øget genanvendelse af plast, tekstil og kartonfibre

MUDP-rapport

April 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

B. Malmgren-Hansen,

K. Tønning,

M. Viager,

T. Moesgaard Giselsson,

J. Vange Heinzl

ISBN: 978-87-93710-12-2

Miljøstyrelsen offentliggør 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.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Indhold	3
Forord.....	6
Sammenfatning og konklusion	7
Summary and conclusion	14
1. Indsamlingsforsøg.....	21
1.1 Gennemførelse af indsamlingsforsøg.....	22
1.1.1 Indsamlingsområdet.....	22
1.1.2 Forsøgsperioden.....	22
1.1.3 Opsamlingsmateriel og tømningfrekvens	22
1.1.4 Sorteringskriterier	22
1.1.5 Informationsmateriale.....	23
1.1.6 Poser til indsamling af tekstil	23
1.1.7 Registrering af data i forsøgsperioden	24
1.1.8 Indsamlingsresultater.....	24
1.1.9 Spørgeskemaundersøgelse	28
1.2 Gennemførelse af affaldskarakteriseringer	28
1.2.1 Sorteringsmetode.....	28
1.2.2 Affaldskarakterisering nr. 1 ud af 2	30
1.2.3 Affaldskarakterisering nr. 2 af 2.....	41
1.3 Evaluering af resultater fra indsamlingsperioden	50
1.3.1 Løbende registreringer af modtagne mængder	50
1.3.2 Sammenligning af resultater fra de to gennemførte affaldskarakteriseringer	50
2. Genanvendelse af fødevarekartoner.....	54
2.1 Definition og potentialer	54
2.2 Indsamling af fødevarekartoner i Danmark	55
2.2.1 Københavns Kommune	56
2.2.2 Vejen Kommune 2015-2016	57
2.2.3 Vejen Kommune 2014	57
2.2.4 Tønder Kommune.....	57
2.2.5 Tversted by - Hjørring Kommune	57
2.2.6 Sønderborg Kommune.....	57
2.2.7 Fredericia Kommune	57

2.2.8	Faxe Forsyning.....	58
2.3	Indsamlingsløsninger i udlandet.....	58
2.3.1	Norge	58
2.3.2	Sverige	59
2.3.3	Østrig	59
2.4	Sorterings- og oparbejdningsanlæg	59
2.5	Opgørelse af fødevarekartonmængder	60
2.5.1	INNOSORT - Affaldsanalyser gennemført i Aarhus Kommune maj 2014	61
2.5.2	INNOSORT - Affaldsanalyser gennemført i Aarhus Kommune for nedgravede containere i Aarhus Midtby	61
2.5.3	S.A.G.A. - Madaffald	63
2.5.4	Kortlægning af dagrenovation i enfamilieboliger, Miljøprojekt nr. 1414, 2012	63
2.5.5	Kortlægning af dagrenovation i Danmark. Med fokus på etageboliger og madspild. Undgå affald, stop spild, nr. 1, 2014	64
2.5.6	Øget genanvendelse og mindre fejlsortering i etageboliger, Miljøstyrelsen, puljeprojekt 64	64
2.6	Sammenstilling af mængder registreret i litteraturstudie	65
3.	Automatisk frasortering af udvalgte emner	67
3.1	Udsortering af indsamlingsposer til tekstil	67
3.1.1	Test af metode til identifikation af plastposer med strekkodemønster	69
3.1.2	Evaluering	70
3.2	Udsortering af plast med restindhold/fødevareforurennet	70
3.2.1	Vurdering af mulige metoder til frasortering af ikke rengjort plast	70
3.2.2	Evaluering	72
3.3	Udsortering af fødevarekartoner	72
3.3.1	Evaluering	74
3.4	Metoder til frasortering af færemærkede beholdere	75
3.4.1	Antagelser	75
3.4.2	Testmateriale	75
3.4.3	Fremgangsmåder	76
3.4.4	Resultater	77
3.4.5	Evaluering	80
4.	Udnyttelse af teknologier	81
4.1	Billeddannende sensorer	81
4.1.1	RGB-kameraer	81
4.1.2	NIR-kameraer	82
4.1.3	Hyperspektrale sensorer	82
4.1.4	3D-sensorer	82
4.1.5	Termiske sensorer	83
4.2	Kunstig intelligens	83

4.2.1	Machine Learning	83
4.3	Automatiseret sortering	84
4.3.1	Industrielle robotter	84
4.3.2	Gribere til opsamling	85
4.4	Digitalisering og indsamling af data	85
4.4.1	Kvalitetskontrol.....	85
4.4.2	Logning og overvågning af affaldsstrømme.....	86
4.5	Teknologisk potentialevurdering og evaluering	86
4.5.1	Positiv sortering af emner med høj værdi	86
4.5.2	Negativ sortering af uønskede emner	87
4.5.3	Tidshorisont, prisoverslag og næste skridt	87
Bilag 1	Informationsmateriale.....	88
Bilag 2	Spørgeskemaundersøgelse	92
Bilag 3	Specielle plastpolymerer, sammensatte produkter, sort plast mm.	95

Forord

Projektet ”Nye danske metoder til øget genanvendelse af plast, tekstil og kartonfibre” er gennemført i perioden fra februar 2015 til februar 2017.

Det overordnede formål med projektet har været at muliggøre en øget genanvendelse af værdifulde materialer i det affald, som i de nuværende affaldssystemer ikke genanvendes optimalt eller ikke genanvendes overhovedet. På den baggrund er der i projektet arbejdet med udvikling af metoder og løsninger til:

- At øge andelen af plast til genanvendelse ved at inddrage den del af plastemballagerne, der ikke indsamles i dag, eller som (efter de nuværende indsamlingskriterier) kun medtages, såfremt emballagerne er rengjort hos husstanden, samt til automatiseret udsortering af uønskede plastemner
- At foretage intelligent indsamling og automatiseret udsortering af tekstiler fra husholdninger, uden at disse tilsmudses under indsamling, transport og lagring og derudover holdes beskyttet mod fugt.
- At foretage indsamling og automatiseret udsortering af fødevarekartoner med henblik på genanvendelse af højkvalitetsfibrene i kartonerne.

Rapporten beskriver resultatet af indsamlingsforsøg gennemført i Vejen Kommune og omfatter affaldskarakteriseringer, beskrivelse og udvikling af metoder til automatisk frasortering af udvalgte emner, udnyttelse af udviklede teknologier samt et litteraturstudie omhandlende fødevarekartoner.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Dansk Affald A/S, Teknologisk Institut og Miljøstyrelsen.

Projektets styregruppe har bestået af:

- Jesper Vange Heinzl, projektleder, Dansk Affald A/S
- Bjørn Malmgren-Hansen, Teknologisk Institut
- Jakob Clemen, Plastindustrien
- Peter Hansen, Vejen Kommune
- Birgith Hansen, Vejen Kommune
- Mette Marie Nielsen, Miljøstyrelsen.

Sammenfatning og konklusion

Med ønske om at øge mængden af husstandsindsamlede materialer til genanvendelse blev der i perioden juni 2015 til juni 2016 gennemført et 1-årigt indsamlingsforsøg hos ca. 550 husstande i Vejen Kommune.

Der er tale om en videreudvikling af det indsamlingssystem, husstandene i Vejen Kommune i forvejen er tilknyttet, nemlig Dansk Affald A/S' indsamlingssystem DuoFlex®.

DuoFlex®-systemet er et kildeopdelt indsamlingssystem, hvor husstandene i enfamilieboliger er forsynet med en dobbeltbeholder, hvor den ene del af dobbeltbeholderen er forbeholdt papir, pap og plastfolie, mens den anden del af dobbeltbeholderen er forbeholdt plastflasker og -dunke, glasflasker og husholdningsglas samt øl-, sodavands- og konservesdåser. Alt skal være skyllet og må ikke indeholde madrester, drikkevarer, rengøringsmidler eller andet.

I projektet har det været et ønske at øge andelen af plast, der indsamles til genanvendelse, ved at opfordre husstandene til at placere ikke alene plastflasker og -dunke i beholderen, men også fødevareremballager, som fx bakker fra kødpålæg, pålægssalat og frugt samt ketchup- og madoliedunke. Emballagerne skal være tømte og synligt rene. Metalfraktionen er udvidet fra alene at omfatte øl-, sodavands- og konservesdåser til nu også at omfatte gryder og pander.

Dertil kommer to nye fraktioner, nemlig fødevarerkartoner og tekstiler. For tekstilernes vedkommende skal disse emballeres i udleverede plastposer. Projektet er gennemført i regi af Dansk Affald A/S.

Der er i projektet arbejdet med udvikling af metoder til automatisk frasortering af en række udvalgte emner. Det drejer sig om udsortering af indsamlingsposer indeholdende tekstil, udsortering af plastemballage med restindhold/fødevarerforurenet, fødevarerkartoner og færemærkede beholdere.

Tekstil

I projektet er der arbejdet med udvikling af en metode til automatisk frasortering af plastposer indeholdende tekstil. Plastposerne er i projektet indsamlet sammen med en fraktion bestående af papir, pap og plastfolie. For at kunne genkende posen med tekstiler er der påtrykt en stregkode med et specialdesignet, særligt genkendeligt stregmønster på dele af posen.

Der er i projektet blevet udviklet en genkendelsesmetode, der genkender poser med tekstil, forudsat at mindst en del af stregkoden er synlig. Udviklingen af detektionsmetoden viste, at det ikke er muligt fuldstændigt at udelukke falske positive (fx tekst på en avis) med den valgte stregkode.

Ved gennemførelse af udviklingsforsøg var en del af stregkoden i visse situationer (fx ved halvfylde poser) ikke synlig, hvorved genkendelse ikke var mulig. Derfor bør designet på stregmønstret gentænkes ved udvikling af et endeligt system.

En alternativ idé kunne være at printe stregkoden med blæk, der er transparent i bølgelængder for synligt lys, men som reflekterer eller absorberer i bølgelængderne for nærinfrarødt lys. Derved

påvirkes muligheden for påtrykt information om anvendelse af posen ikke. Hvis idéen skal testes, kræves supplerende udvikling af både teknik og metoder til tryk og til identifikation.

Identifikationsmetoden vurderes at kunne benyttes til fjernelse af poserne ved brug af en robot forsynet med en egnet gribeteknologi, herunder at der benyttes løfteteknikker, som kan fjerne poserne, uden at de går i stykker (fx en gribeklo, der ikke er skarp). Endvidere skal robotten kunne løfte forholdsvis tunge poser med en vægt op til 10 kg.

Fødevarekartoner

I projektet er fødevarekartoner indsamlet i en fraktion sammen med pap, papir og plastfolier samt de ovennævnte plastposer til tekstil.

Der er udviklet genkendelsesalgoritmer til detektion af fødevarekartoner baseret på hyperspektral kamerateknologi og en passende databehandlingsalgoritme. Algoritmen er i projektet benyttet til at styre en robot, som frasorterer fødevarekartonerne.

Det er en forudsætning for at kunne benytte metoden, at kartoner mekanisk kan fordeles på et transportbånd, så en væsentlig del af kartonerne er synlige.

Faremærkede plastbeholdere

Faremærkede plastbeholdere indgår i en indsamlet fraktion af plast, metal og glas. Der er i projektet udviklet en detektionsalgoritme til genkendelse af faremærkede plastbeholdere. Det konkluderes, at beholdere kan identificeres entydigt, hvis faremærket er direkte synligt; om end der er risiko for, at andre grafikelementer genkendes som faremærker og derved bidrager til falske positive. I situationer, hvor faremærket ikke er synligt, vurderes det, at en kombination af form- og farveinformation vil kunne benyttes til at identificere beholderne.

Det anbefales, at der arbejdes videre med metoden, hvor faremærkede beholdere detekteres på baggrund af form og farveinformation.

Plast med indhold/fødevareforurenet

Plastbeholdere med indhold/fødevareforurenede indgår i en indsamlet fraktion af plast, metal og glas.

Baseret på resultater af indsamlingsforsøg i projektet blev det fundet, at indholdet af organisk forurening var under 3 %, hvilket er grænsen for organisk materiale i en plastfraktion til oparbejdning. Det blev derfor valgt at prioritere udvikling af metoder til faremærkede beholdere i stedet.

I projektet er der dog beskrevet og testet metoder til detektering af restindhold i plastbeholdere. Der er testet en termografisk metode, som kan detektere emner med et væsentligt indhold af tyktflydende væsker/emulsioner, fx mayonnaise. Endvidere er testet en metode til detektering af organisk restmateriale på overflader på fx papir, som vil kunne anvendes i forbindelse med frasortering af fx pizzabakker med spor af organisk materiale. Metoden er baseret på identifikation med hyperspektralt kamera.

Med hensyn til udnyttelse af udviklede teknologier vurderes der at være et stort potentiale. Flere af teknologierne og metoderne vil kunne anvendes inden for en kort årrække, forudsat at der er mulighed for at foretage de sidste tilpasninger og optimeringer. Der er ingen tvivl om, at avancerede sensorteknologier og robotter til affaldssortering vil få stor betydning for den samlede ressourcektor inden for få år.

Potentialet for anvendelsen af nye teknologiske løsninger til optimeret automatisk sortering af affaldsstrømme vurderes til at være meget stort. Det vurderes, at anvendelse af nye teknologiske løsninger bl.a. kan medføre:

- Højere kvalitet og renhedsgrad af udsorterede ressourcefraktioner og endelige slutprodukter
- Højere afsætningspris for udsorterede fraktioner som resultat af højere kvalitet
- Miljømæssig gevinst ved genanvendelse af flere ressourcer og bedre cirkulær økonomi (fx ved at udsortere mere til genanvendelse, inden en evt. restfraktion ender som affald. Dette gælder dog ikke Dansk Affald A/S' anlæg, hvor al plast går til ekstern genanvendelse)
- Lavere omkostninger for bortskaffelse af tilbageværende restaffald ved udsortering af flere emner
- Høj fleksibilitet af sorteringsanlæg med let omstilling til håndtering af variable fraktioner
- Kvalitetssikring og evt. certificering af fraktioner for bedre afsætning
- Færre arbejdsmiljømæssigt problematiske, manuelle sorteringsopgaver
- Færre nedbrud af sorteringsanlæg ved automatisk fjernelse af uønskede emner
- Økonomisk gevinst ved udsortering af nye, optimale fraktioner
- Datagrundlag for statistisk velfunderet overblik over indholdet af fraktioner
- Vurderingsgrundlag for evaluering af effektivitet af oplysningskampagner.

Effektiviteten af at implementere automatisk affaldssortering vil i høj grad afhænge af bl.a.:

- Evt. eksisterende, traditionelle sorteringsmetoder, der anvendes i det individuelle anlæg
- Sammensætningen af de affaldsstrømme, som skal sorteres
- Optimal udvælgelse af, hvilke emner der skal udsorteres.

Dette projekt har eftervist potentialet for anvendelse af robotter til automatisk udsortering af affald i såvel eksisterende som nybyggede sorteringsanlæg.

Der har vist sig at være et stort potentiale, fx ved automatisk udsortering af tekstiler. Det er dog samtidig tydeliggjort, hvor vigtigt det er at vurdere, om der er tilstrækkelig hyppighed i forekomst af emner til at holde en robot beskæftiget.

For optimal udnyttelse af robotløsninger til automatisk sortering skal muligheden for at prioritere en række forskellige sorteringskriterier derfor udnyttes, således at robotten holdes aktiv med den mest rentable eller mest kritiske sorteringsopgave.

Indsamlingsforsøg

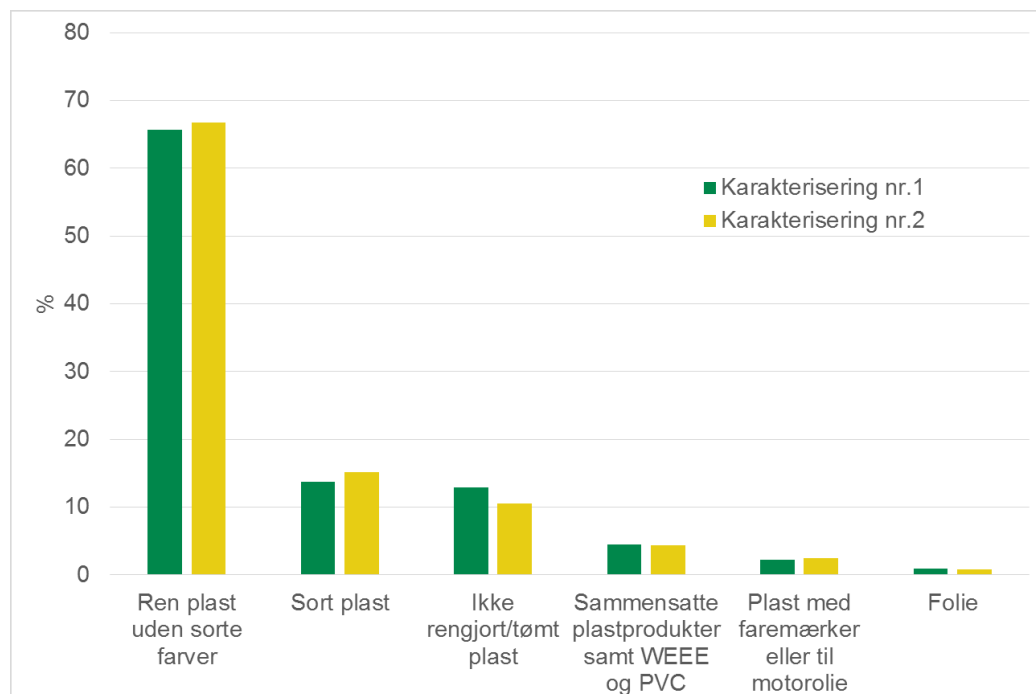
Udviklingsaktiviteterne er baseret på resultaterne af indsamlingsforsøget hos 550 husstande i Vejen Kommune.

For plastens og tekstilernes vedkommende kunne der i løbet af forsøgsperioden ikke registres en signifikant stigning i den indsamlede mængde. Der blev i forsøgsperioden indsamlet en plastmængde svarende til 6,1 kg pr. husstand pr. år. Tekstilmængden udgjorde i perioden 4,7 kg pr. husstand pr. år.

For fødevarekartonernes vedkommende kunne der efter en ekstra informationsindsats midtvejs i indsamlingsperioden konstateres en signifikant stigning i de indsamlede mængder – stigningen udgjorde 84 %. Det skal dog bemærkes, at den indsamlede mængde fødevarekartoner i forsøgsperioden generelt var lav. Fødevarekartoner udgjorde i den sidste halvdel af forsøgsperioden en mængde svarende til 2,2 kg pr. husstand pr. år.

I forbindelse med indsamlingsforsøget blev der gennemført to affaldskaraktiseringer, henholdsvis i begyndelsen af indsamlingsperioden og ved afslutningen af denne. Ved affaldskaraktiseringerne blev samtlige fraktioner sorteret og mængderne opgjort.

For plastens vedkommende blev denne opdelt i en række kategorier. Fordelingen af plastkategorierne fremgår af nedenstående figur.

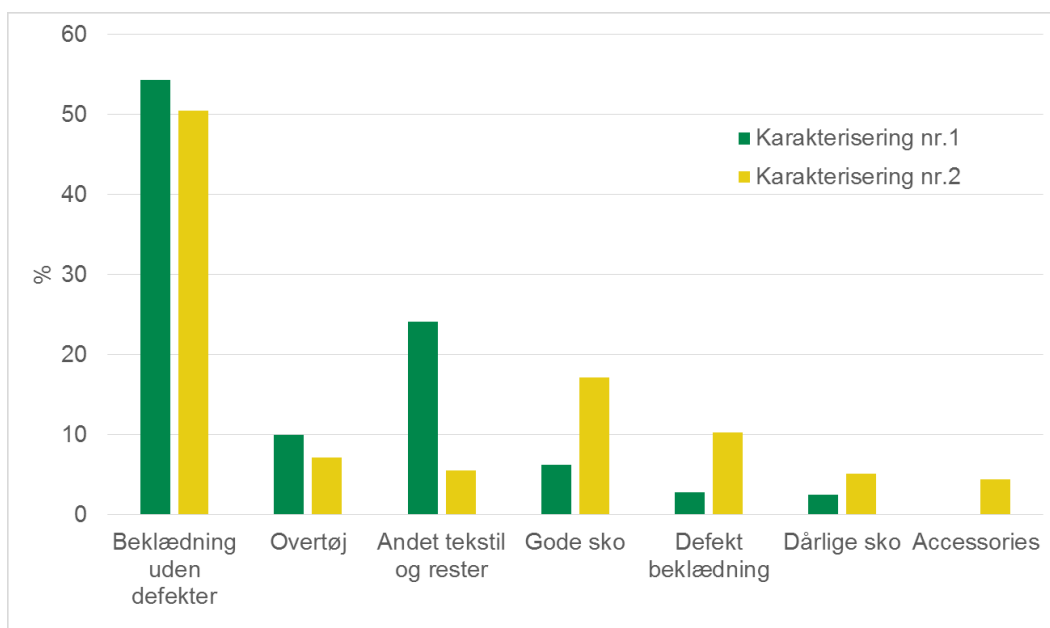


Som det fremgår af figuren, var den forholdsmæssige fordeling af plastkategorierne stort set ens ved de to affaldskaraktiseringer.

Mængden af plast med restindhold/fødevarerforurenet udgjorde 10-12 %. Imidlertid viste en nærmere analyse, at hovedparten af indholdet var væsker, som vil blive presset ud af emballagerne ved opbalning. Mængden af organisk indhold er estimeret til at være mindre end 3 vægtprocent.

Mængden af ren plast ekskl. sort plast udgjorde ca. 65 %, mens sort plast udgjorde 12-14 %. Der er herudover fundet en mindre mængde sammensatte produkter, WEEE og faremærkede beholdere (samlet 6-8 %). En del af emnerne frasorteres manuelt på sorteringsanlægget, fx WEEE og faremærkede beholdere.

Tekstilerne blev ved de to affaldskaraktiseringer ligeledes opdelt i en række kategorier. Fordelingen af tekstilkategorierne fremgår af nedenstående figur.

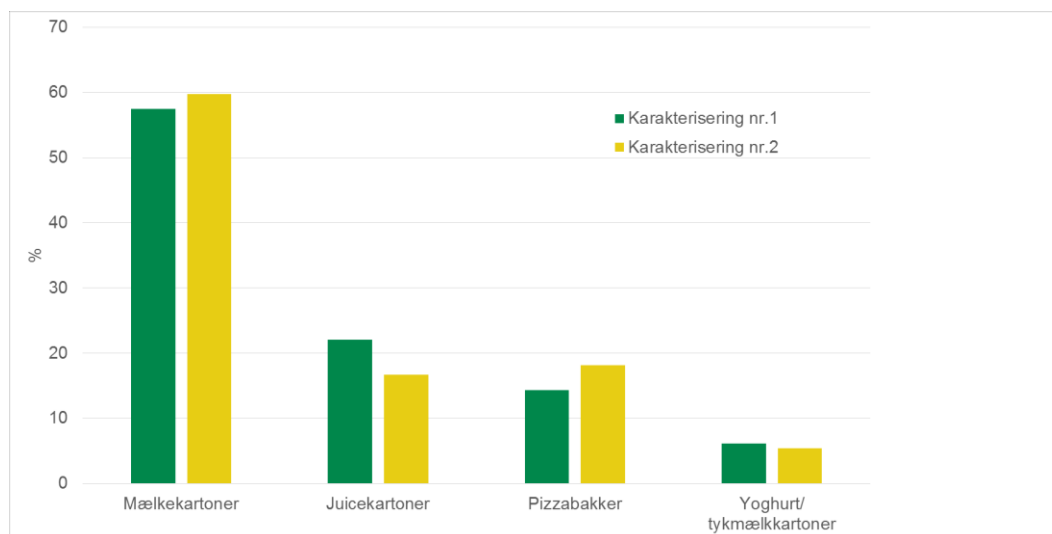


Som det fremgår af figuren, bestod hovedparten af tekstilfraktionen af beklædning uden defekter, der formentlig kan afsættes til genbrug. Gode sko (5-15 %) forventes ligeledes at kunne afsættes til genbrug. Andet tekstil og rester samt defekt beklædning (15-25 %) forventes at kunne afsættes til kludeproduktion og lignende. Alle undersøgte tekstiler var uden fugtskader. Der er således ikke trængt væske ind i poserne, og dette indikerer, at emballeringen ved forbrugeren har været tilstrækkelig.

Resultaterne fra de to affaldskarakteriseringer viste, at mellem 52 % og 66 % af poserne var lukkede og uden huller. Det vurderes, at nogle af hullerne og de åbne poser er opstået som følge af indsamling og sortering på sorteringsanlægget.

Det vurderes, at fraktionerne andet tekstil og rester samt defekt beklædning ville være blevet bortskaffet til forbrænding, hvis indsamlingsmuligheden direkte hos husstandene ikke eksisterede. Det kan ikke afgøres, i hvilket omfang beklædning uden defekter og gode sko ville være blevet afleveret til genbrug via humanitære organisationer, hvis husstandsindsamlingsordningen ikke eksisterede. En gennemført spørgeskemaundersøgelse giver ikke svar på dette, da svarprocenten var meget lav.

Fødevarerkartonerne blev ved affaldskarakteriseringerne også opdelt i en række kategorier. Fordelingen af kategorierne fremgår af nedenstående figur.



Som det ses, er sammensætningen af kategorierne ved de to karakteriseringer næsten ens. Det skal bemærkes, at alle undersøgte kartoner var tømte og fladklemte, ligesom der ikke var tegn på afsmitning af fødevarer fra kartonerne til øvrige materialer. Samlet vurderes kartonerne derfor som velegnede til afsætning til oparbejdning.

Fødevarerkartoner – litteraturstudie

På nuværende tidspunkt er der ingen permanente indsamlingsordninger for fødevarerkartoner i Danmark, men flere steder i landet har der været foretaget indsamlinger på forsøgsbasis.

Størrelsesordenen for mængden af fødevarerkartoner, der kan forventes i affald fra husstande, er forsøgt angivet via sammenstilling af en række resultater fra rapporter og gennemførte affaldsanalyser.

Sammenstillingen af mængderne registreret i litteraturstudiet fremgår af nedenstående tabel.

Boligtype	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år
Gennemsnit enfamilieboliger	0,335	17,403
Gennemsnit etageboliger	0,206	10,733

Nedenstående tabel viser en opgørelse fordelt på drikkevarekartoner og øvrige fødevarerkartoner samt den procentvise andel af den samlede dagrenovationsmængde. Opgørelsen omhandler alene husstande i Aarhus Kommune¹.

¹ INNOSORT, Affaldsanalyse etageboliger og enfamilieboliger, Teknologisk Institut, maj 2014

Boligtype	Drikkevare-kartoner		Øvrige fødevare-kartoner		I alt		Procentvis andel i den samlede mængde dagrenovation
	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år	%
Enfamilieboliger	0,215 kg	11,180	0,076	3,952	0,291	15,132	2,6 ²
Etageboliger i alt	0,099 kg	5,148	0,044	2,288	0,143	7,436	2,3 ³
Etageboliger med affaldsskakt	0,108	5,616	0,052	2,704	0,160	8,32	3,1 ⁴
Etageboliger uden affaldsskakt	0,090	4,680	0,036	1,872	0,126	6,552	1,7 ⁵

² Dagrenovationsmængden udgør i alt 11,245 kg pr. husstand pr. uge

³ Dagrenovationsmængden udgør i alt 6,278 kg pr. husstand pr. uge

⁴ Dagrenovationsmængden udgør i alt 5,193 kg pr. husstand pr. uge

⁵ Dagrenovationsmængden udgør i alt 7,344 kg pr. husstand pr. uge

Summary and conclusion

In order to increase the amount of material collected from households for recycling, a one-year collection test was implemented among app. 550 households from June 2015 to June 2016 in the Danish municipality of Vejen.

A further development of the DuoFlex® collection system at Dansk Affald A/S was in question, and the households in the municipality of Vejen were already connected to the system.

The DuoFlex® system is a source organised collection system, and the households in one-family houses have a two chamber bin where one part of the bin is for paper, cardboard and plastic film, and the other part of the bin is for plastic bottles, glass bottles, glass jars and cans from beer, soft drinks and canned food. Everything has to be rinsed and must not contain leftovers, beverages, detergents or the like.

In the project, it was a demand that the amount of plastic collected for recycling should be increased by encouraging the households to place not only plastic bottles in the bin, but also food packaging such as trays for cold cuts, salads and fruit as well as ketchup bottles and cooking oil bottles. The packaging had to be empty and visibly clean. The metal fraction was expanded from merely covering cans for beer, soft drinks and canned food to also covering pots and pans.

In addition, two new fractions were added, namely food containers and textiles. The textiles had to be packed in special plastic bags that were distributed to each household. The project was carried out by Dansk Affald A/S.

The project dealt with the development of methods for mechanical sorting out of several selected items. They were bags containing textiles, plastic with a content of products including foodstuff, food containers and hazardous containers.

Textiles

The project dealt with the development of a method for mechanical sorting out of plastic bags containing textiles. The bags containing textiles were collected together with a fraction consisting of paper, cardboard and plastic film. In order to identify the bags with textiles, a specially designed bar code with a recognizable bar pattern was printed on parts of the bag.

A recognition method was developed in the project. The method recognizes the bags with textile if at least part of the bar code is visible. The development of the detection method demonstrated that it is not possible with the chosen bar code to completely exclude false positives (e.g., text on newspapers).

In the development tests, part of the bar code was in some cases (e.g., when the bags were half-filled) not visible, and therefore recognition was not possible. Therefore, it is necessary to re-think the design of the bar pattern when developing the final system.

Alternatively, the bar code could be printed with ink that is transparent in wavelengths for visible light, but that is reflected or absorbed in the wavelengths from near-infrared light. That would not

affect the printed information regarding the use of the bag. In order to test that idea, it is necessary to further develop the technology and the printing and identification methods.

It will probably be possible to use the identification method to remove the bags with a robot equipped with an appropriate grabbing technology. Lifting technologies that can remove the bags without damaging them (e.g., a grip-hook that is not sharp) will be used. Furthermore, the robot has to be able to lift rather heavy bags of up to 10 kg.

Food containers

Food containers were collected in a fraction together with cardboard, paper, plastic film and the above-mentioned bags for textiles.

Recognition algorithms have been developed for the detection of food containers based on hyperspectral camera technology and a suitable data processing algorithm. In the project, the algorithm was used to steer a robot that sorts out the food containers.

In order to use the method, it is a condition that containers can be mechanically distributed on a conveyor belt so a substantial part of the containers are visible.

Hazard labels on plastic containers

Hazard labelled plastic containers form part of a collected fraction of plastic, metal and glass. A detection algorithm that can recognize hazard labelled plastic containers was developed. It is concluded that containers can be identified unambiguously if the hazard label is visible; however, there is a risk that other graphic elements might be identified as hazard labels and in that way contribute to false positives. In situations where the hazard label is not visible it is assessed that a combination of information about design and colour could be used to identify the containers.

We recommend to continue the development of a method that can detect hazard labelled containers on the basis of information about design and colour.

Plastic containers with a content of products including foodstuff

Plastic containers with a content of products including foodstuff form part of a collected fraction of plastic, metal and glass.

Based on results from collection tests carried out in the project it was found that the content of organic pollution was less than 3%, which is the limit for organic material in a plastic fraction for processing. Therefore, priority was instead given to the development of methods for sorting out hazard labelled containers.

However, methods that can detect residue in plastic containers were described and tested. A thermographic method was tested that can detect items with a substantial content of viscous liquids/emulsions, e.g., mayonnaise. In addition, a method for detection of organic residue on surfaces (e.g. on paper) has been tested, and it will be possible to use it when sorting out, e.g., pizza boxes that have traces of organic material. The method is based on identification with a hyperspectral camera.

Regarding the utilisation of technologies, it is assessed that there is considerable potential. Within a few years, It will be possible to use several of the technologies and methods, provided that the final adjustments and optimizations are carried out. There is no doubt that advanced sensor technologies and robots for waste sorting soon will be of great importance to the entire resource sector.

The potential for using new technological solutions for optimised mechanical sorting of waste streams is regarded as very high. It is assessed that the use of new technological solutions i.a. can result in:

- Higher quality and degree of purity of sorted out and recycled resource fractions.
- Higher sales prices of sorted out fractions as a result of higher quality.
- Environmental gains when reusing several resources and improved circular economy (e.g., by sorting out more material for recycling before a possible residual fraction ends as waste. However, that does not apply to the system at Dansk Affald A/S where all plastic is submitted for external recycling).
- Lower costs for removal of remaining waste when more items are sorted out.
- A highly flexible screening system with easy conversion to managing variable fractions.
- Quality assurance and possible certification of product fractions for better sales.
- Fewer manual sorting tasks that give rise to problems in the working environment.
- Fewer breakdowns on screening systems when unwanted items are removed mechanically.
- Financial gains when sorting out new, optimum fractions.
- Basis of data that will give a statistically sound overview of the contents in the fractions.
- Foundation for assessing how efficient information campaigns are.

The efficiency of the implementation of mechanical waste sorting will to a high degree depend on i.a.:

- Existing traditional sorting methods that are used in the individual systems.
- The composition of the waste streams that have to be sorted.
- Optimum selection of which items have to be sorted out.

This project has demonstrated potential for using robots for mechanical sorting out of waste in existing as well as newly built waste screening systems.

It has become apparent that there is a huge potential, e.g., for mechanical sorting out of textiles. At the same time, it has become obvious that it is important to assess if there are items enough to keep a robot busy.

For optimum utilisation of robot solutions for mechanical sorting, the possibility of giving priority to various sorting criterion should be utilised, so the robot is kept busy with the most profitable or most critical sorting task.

Collection tests

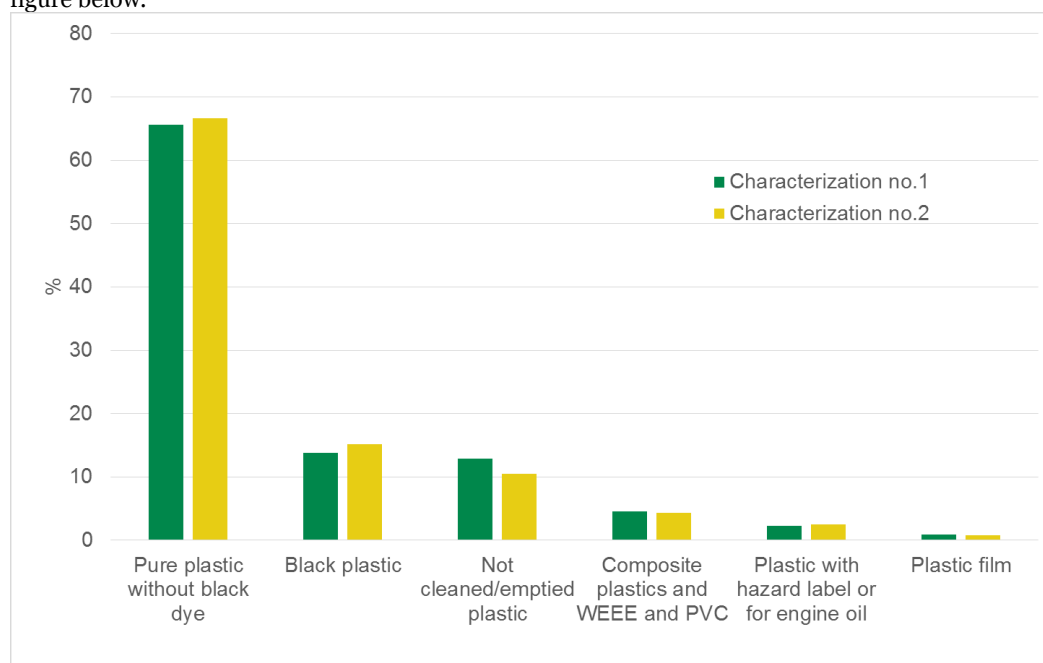
The development activities are based on the results of the collection test carried out at 550 households in the municipality of Vejen.

As for plastic and textiles, no significant increase in the collected amount was registered in the course of the test period. In the test period, an amount of plastic corresponding to 6.1 kg per household/annually was collected. In the same period, an amount of textile corresponding to 4.7 kg per household/annually was collected.

As for food containers, a significant increase of 84% was noted in the collected amounts after an extra effort had been made to advise the households in the middle of the collection period. However, in the test period the collected amount of food containers was in general small. In the final part of the test period, the food containers amounted to 2.2 kg per household/annually.

In connection with the collection test, two waste characterizations were carried out at the beginning and the end, respectively, of the collection period. During the waste characterizations, all fractions were sorted and the amounts were estimated.

Plastic was divided into several categories. The distribution of plastic categories appears from the figure below.

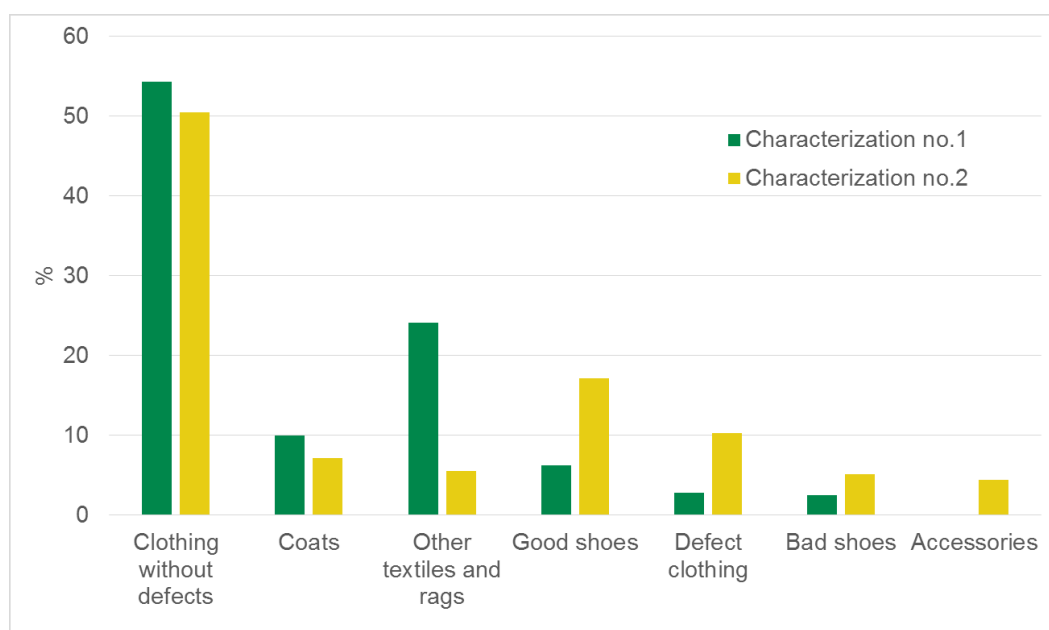


The figure shows that the proportional distribution of the plastic categories by and large is the same in the two waste characterizations.

The amount of plastic with a content of products including foodstuff amounted to app. 10-12%. However, a closer analysis showed that the contents mainly consisted of liquids that are pressed out of the packaging during baling. The amount of organic content is estimated to be less than 3 percentage per weight.

The amount of pure plastic excl. of black plastic amounted to app. 65%, whereas black plastic amounted to app. 12-14%. In addition, smaller amounts of compounds, WEEE and hazard labelled containers (app. 6-8%) were found. Some of the items are sorted out manually on the screening system, e.g., WEEE and hazard labelled containers.

In the two waste characterizations, the textiles were also divided into several categories. The distribution of textile categories appears from the figure below.

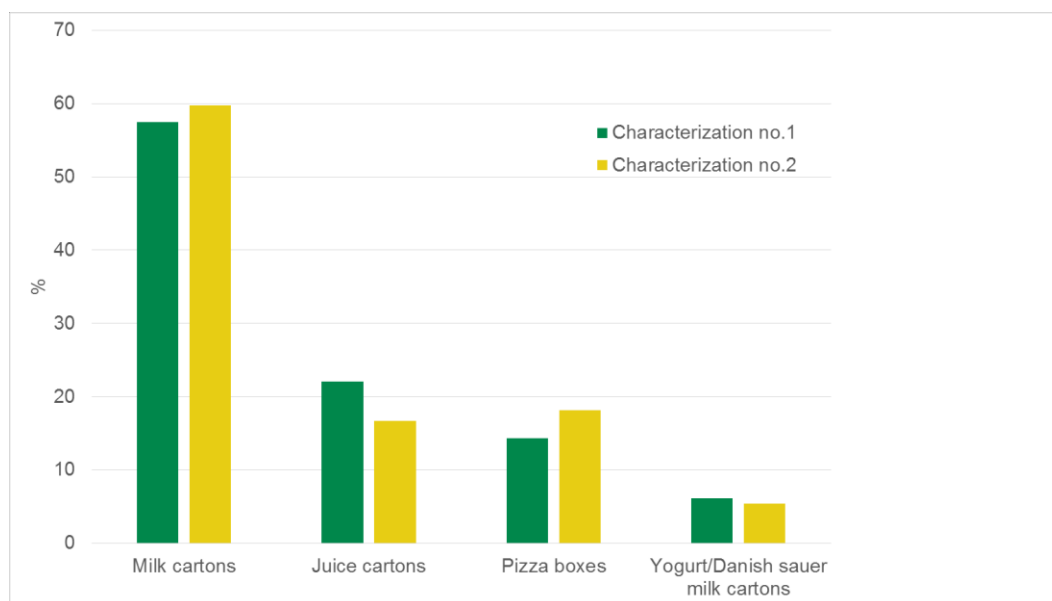


As appears from the figure, the main part of the textile fraction consisted of clothes without defects, and they can probably be sold for reuse. Good shoes (5-15%) can also be used for reuse. *Other textiles and rags* as well as *defect clothing* (15-25%) can probably be sold for the production of cloths and the like. None of the investigated textiles had been damaged by damp. That means that liquid had not penetrated the bags, which indicates that the packaging carried out by the consumer was sufficient.

The results from the two waste characterizations demonstrated that between 52 and 66% of the bags were closed and had no holes. It is assumed that holes had been made in some of the bags and some had opened during collection and sorting out on the screening system.

It is assumed that the fractions *other textiles and rags* and *defect clothing* would have been removed for incineration if it had not been possible to collect the textiles directly at the households. It cannot be determined to which extent *clothing without defects* and *good shoes* would have been delivered for recycling through humanitarian organizations if the household collection scheme did not exist. A questionnaire study that was carried out does not answer that question as the response rate was very low.

During the waste characterization, the food containers were also divided into various categories. The distribution of the categories appears from the following figure.



As it appears, the categories of the two characterizations are almost similar. It should be noted that all investigated containers were empty and pressed flat, and no food from the containers had been deposited on the other materials. Therefore, it is estimated that the containers are suited for sale for recycling.

Food containers – literature study

Currently, no permanent Danish collection schemes exist for food containers, but several places in Denmark collections have been carried out on an experimental basis.

By comparing several results from reports and waste analyses, an attempt has been made to state the magnitude of the amount of food containers that can be expected in waste from households.

The comparison of amounts registered in the literature study appears in the table below.

Type of housing	Kg per household per week	Kg per household per year
Average one-family houses	0.335	17.403
Average apartments	0.206	10.733

The table below shows the distribution of beverage cartons and other food containers and the percentage share of the total amount of waste. The specification solely concerns households in the municipality of Aarhus⁶.

Type of housing	Drink cartons		Other food containers		Total		Percentage share in the entire amount of collected waste
	Kg per household per week	Kg per household per year	Kg per household per week	Kg per household per year	Kg per household per week	Kg per household per year	
One-family houses	0.215 kg	11.180	0.076	3.952	0.291	15.132	2.6 ⁷
Apartments total	0.099 kg	5.148	0.044	2.288	0.143	7.436	2.3 ⁸
Apartments with rubbish chute	0.108	5.616	0.052	2.704	0.160	8.32	3.1 ⁹
Apartments without rubbish chute	0.090	4.680	0.036	1.872	0.126	6.552	1.7 ¹⁰

⁶ INNOSORT, Waste analysis apartments and one-family houses, Danish Technological Institute, May 2014

⁷ Waste collection amounts to 11.245 kg per household per week

⁸ Waste collection amounts to 6.278 kg per household per week

⁹ Waste collection amounts to 5.193 kg per household per week

¹⁰ Waste collection amounts to 7.344 kg per household per week

1. Indsamlingsforsøg

I udviklingsprojektet er der arbejdet med metoder til frasortering af tekstiler indsamlet i særlige poser, frasortering af fødevarekartoner samt frasortering af uønskede plastemner.

For at kunne udvikle egnede metoder til frasortering er det nødvendigt at kende mængde og hyppighed af de tre ovenstående fraktioner i de indsamlede materialer. Dette nødvendiggjorde, at der blev gennemført et indsamlingsforsøg af en varighed, der kunne sikre opnåelse af valide data.

Indsamlingsforsøget hos ca. 550 husstande i Vejen Kommune har baggrund i et ønske om at øge mængden af husstandsindsamlede materialer til genanvendelse.

Der er tale om en videreudvikling af det indsamlingssystem, husstandene i Vejen Kommune i forvejen er tilknyttet, nemlig DuoFlex®-systemet.

DuoFlex®-systemet er et kildeopdelt indsamlingssystem, hvor husstandene i enfamilieboliger er forsynet med en dobbeltbeholder.

Den ene del af dobbeltbeholderen er forbeholdt papir, pap og plastfolie i form af fx aviser, reklamer, karton (fx kartonemballage fra cornflakes), paprør og andet mindre pap samt plastposer. Alt skal være rent og tørt og må ikke indeholde madrester.

Den anden del af dobbeltbeholderen er forbeholdt plastflasker og -dunke, glasflasker og husholdningsglas samt øl-, sodavands- og konservesdåser. Alt skal være skyllet og må ikke indeholde madrester, drikkevarer, rengøringsmidler eller andet.

Husstande i etageboliger og i midtby er ligeledes tilsluttet DuoFlex®-systemet; her er blot tale om, at der er en beholder/container/nedgravet container til papir-, pap- og plastfoliefraktionen og en anden beholder/container/nedgravet container til plast-, metal- og glasfraktionen.

Tømningsfrekvensen er i Vejen Kommune som helhed hver 14. dag for dagrenovationen (ugetømning kan dog vælges, hvis det ønskes) og hver 4. uge for dobbeltbeholderen til DuoFlex®-fraktionen. Tømningsfrekvensen for den udvidede DuoFlex®-fraktion er i forsøgsområdet ændret til hver 14. dag.

I forsøgsområdet i Vejen Kommune ønskes det at øge andelen af plast, der indsamles til genanvendelse, ved at opfordre husstandene til ikke alene at placere plastflasker og -dunke i beholderen, men også fødevareemballager, som fx bakker fra kødpålæg, pålægssalat og frugt samt ketchup- og madoliedunke. Emballagerne skal være tømte, synligt rene og skal lægges løst ned i affaldsbeholderen.

Metalfraktionen er udvidet fra alene at omfatte øl-, sodavands- og konservesdåser til nu også at omfatte gryder og pander.

Dertil kommer to nye fraktioner, nemlig fødevarekartoner og tekstiler.

Fødevarekartoner (herunder pizzabakker) må placeres i fraktionen indeholdende papir, pap og plastfolie. Det drejer sig om kartoner, der har indeholdt fx mælk, juice, saft, kakao, sauce, yoghurt, drikkeyoghurt og fløde samt pizzabakker. Fødevarekartonerne skal være tømte og synligt rene.

For tekstilernes vedkommende skal disse emballeres i udleverede plastposer. Poserne skal enten placeres i fraktionen til papir, pap og plastfolie eller, såfremt der ikke er plads, oven på beholderen (på låget) eller ved siden af beholderen. Tekstiler er defineret som trøjer, bukser, jakker, undertøj, sokker, sko, tasker, tæpper, gardiner, puder, dyner, linned, håndklæder og tøjdyr. Tekstilerne modtages, uanset om de har pletter og huller eller er slidte, men de skal være rene og tørre og må ikke lægges løst ned i affaldsbeholderen.

1.1 Gennemførelse af indsamlingsforsøg

1.1.1 Indsamlingsområdet

Indsamlingsområdet er beliggende i Vejen Kommune og omfatter ca. 550 husstande i Askov By. Området udgør en rute for indsamlingsskøretøjet.

Samtlige husstande i indsamlingsområdet er enfamilieboliger.

1.1.2 Forsøgsperioden

Forsøgsperioden med de udvidede sorteringskriterier strakte sig fra 16. juni 2015 til 21. juni 2016. Den første tømning af beholderen til genanvendelige materialer (med de udvidede sorteringskriterier) foregik den 30. juni 2015.

1.1.3 Opsamlingsmateriel og tømningsfrekvens

Alle husstande er forsynet med egne opsamlingsbeholdere i form af henholdsvis en beholder til dagrenovation og en todelte 240-litersbeholder til genanvendelige materialer. Husstandene kan til dagrenovation vælge mellem beholderstørrelser på henholdsvis 140, 190, 240, 400 og 600 liter.

Beholderen til dagrenovation tømmes som standard hver 14. dag, men borgerne har dog mulighed for at vælge ugetømning, såfremt de ønsker dette. Den todelte 240-litersbeholder til genanvendelige materialer tømmes i forsøgsområdet hver 14. dag.

1.1.4 Sorteringskriterier

Den todelte beholder til genanvendelige materialer er opdelt i to lige store rum. Fraktionerne af genanvendelige materialer betegnes DuoFlex®-fraktionen.

I det ene rum placeres:

- Fødevareemballage af plast
- Glasemballage
- Metalemballage samt gryder og pander.

I det andet rum placeres:

- Papir (fx aviser, ugeblade og reklamer)
- Pap og karton
- Plastfolier
- Fødevarekartoner
- Tekstil emballeret i udleverede plastposer.

Med fødevarekartoner menes kartoner med enten plast- eller aluminiumsforing, så kartonen kan anvendes til våde fødevarer/drikke, eksempelvis:

- Kartoner til drikkevarer som mælk, saft og juice
- Kartoner til tykmælk/yoghurt
- Kartoner til sauce, baked beans, tomatpuré/flåede tomater, fetaost etc.

Herudover er pizzabakker omfattet.

Fra 30. juni 2015 blev der udleveret plastposer med limlukning til indsamling af tekstiler. Den endelige, specialfremstillede pose med tryk blev udleveret 17. november 2015. En nærmere beskrivelse af poserne findes i afsnit 1.1.6.

1.1.5 Informationsmateriale

Husstandene i forsøgsområdet blev informeret om indsamlingsforsøget via forskellige informationskanaler.

Informationsmaterialet til husstandene bestod af en folder med information om sortering, tømningsskalender m.m., se Bilag 1.

Derudover bestod informationsmaterialet af:

- Tømningsskalender til print
- Informationsmøde for de berørte borgere
- Dagsorden for informationsmøde
- PowerPoint-præsentation fra informationsmødet
- Folder om DuoFlex®
- Kombineret sorteringsvejledning og tømningsskalender for perioden 1. januar-30. juni 2016
- Borgerbrev
- Informationsbrev om foreløbige resultater.

1.1.6 Poser til indsamling af tekstil

I nærværende forsøg er det valgt at indsamle tekstilerne i en plastpose, der lægges sammen med papir/pap/plastfolie og fødevarekartoner inkl. pizzabakker.

Det forudsættes, at borgerne kun afleverer tørt og rent tekstil, som herefter skal holdes adskilt fra kontakt med fugtige materialer frem til slutsortering for at undgå mikrobiologisk vækst. Der er uden anvendelse af en pose risiko for, at tekstilerne kan optage fugt ved placering oven på spand i regnvejr og ved kontakt med vådt papir eller rester af fødevarer, som måtte findes i papirfraktionen, fx i form af en pizzabakke med lidt fødevarerester eller fødevarekartoner med rester af yoghurt etc.

Der er gjort en række overvejelser ved design af posen.

- 1: Posen skal have en passende størrelse
- 2: Posen skal kunne lukkes godt
- 3: Luft i posen skal kunne slippe ud ved lukning
- 4: Der skal placeres information på posen såvel som et mønster, der kan genkendes af en robot med visionkamera.

Ad 1 Vedrørende størrelse er valgt en pose med en kapacitet på 60 liter

Ad 2 Posen lukkes med en limkant

Ad 3 Luft i posen ledes ud via fire stjernehuller placeret i hjørnerne

Ad 4 Der er trykt tekst på posen samt strekkodemønster, som kan ses på begge sider.

Ved opstart af forsøget 30. juni 2015 var der endnu ikke leveret poser med mønster, hvorfor poser blev udleveret uden tryk, men med limkant og lufthuller.

De endelige poser med tryk blev udleveret til alle borgere den 17. november 2015.



FIGUR 1
TEKSTILPOSE.

1.1.7 Registrering af data i forsøgsperioden

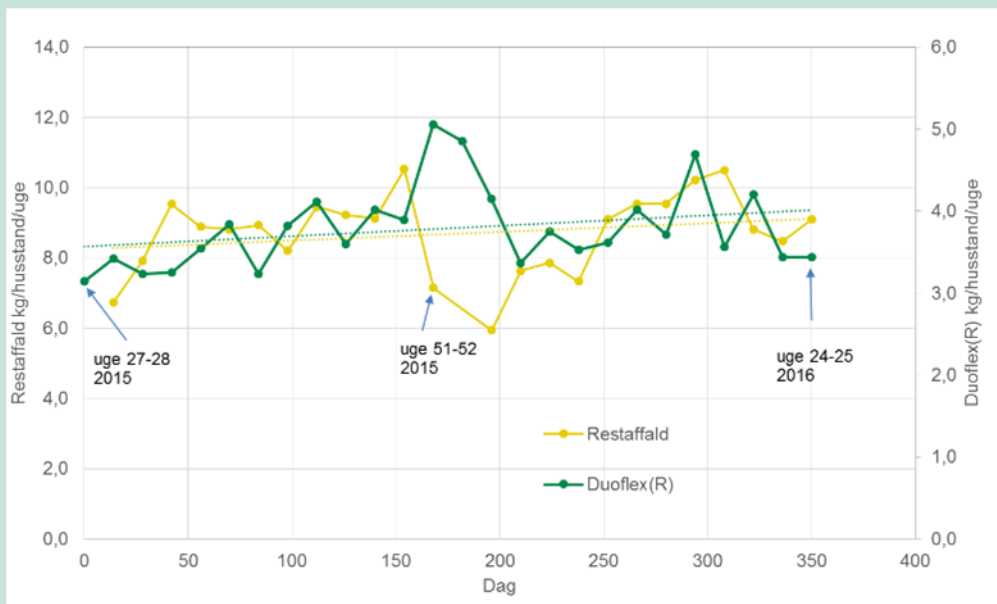
I forsøgsperioden er følgende registreret ved hver tømning:

- Den samlede mængde af genanvendelige materialer fra dobbeltbeholderen
- Den totale mængde af metal, glas og plast i den ene del af dobbeltbeholderen
- Den totale mængde af papir, pap, plastfolie, fødevarekartoner og tekstiler i den anden del af dobbeltbeholderen
- Mængden af restaffald
- Hård plast fordelt på to fraktioner, PET og anden plast
- Metal fordelt på jern, aluminium og stort jern
- Glas fordelt på klart glas, farvet glas og KSP (keramik, stentøj og porcelæn)
- Mængden af papir
- Mængden af pap
- Mængden af plastfolie
- Mængden af pap med plastfolie
- Mængden af fødevarekartoner
- Mængden af tekstiler
- Mængden af fejlsorteringer i begge fraktioner.

Endvidere er antallet af poser indeholdende tekstil registreret fra uge 49 2015.

1.1.8 Indsamlingsresultater

På Figur 2 er vist den samlede mængde genanvendelige fraktioner indsamlet via dobbeltbeholderen (DuoFlex®-fraktionen) samt restaffaldsmængden indsamlet via separat beholder.



FIGUR 2
 INDSAMLET MÆNGDE AF RESTAFFALD OG GENANVENDELIGE MATERIALER OMREGNET TIL
 KG/HUSSTAND/UGE ANGIVET FOR HVER ANDEN UGE.

På Figur 2 er vist indsamlede mængder af både restaffald og genanvendelige materialer ekskl. første indsamlingsresultat. Der ses en svag stigning i mængderne af både DuoFlex®- fraktionen og restaffald over perioden. Det ses, at den relative stigning i indsamlede mængder er ens for både DuoFlex®-fraktionen og restfraktionen.

Sammenholdes de indsamlede genanvendelige fraktioner fra forsøgsområdet med mængder indsamlet i den resterende del af Vejen Kommune, ses følgende:

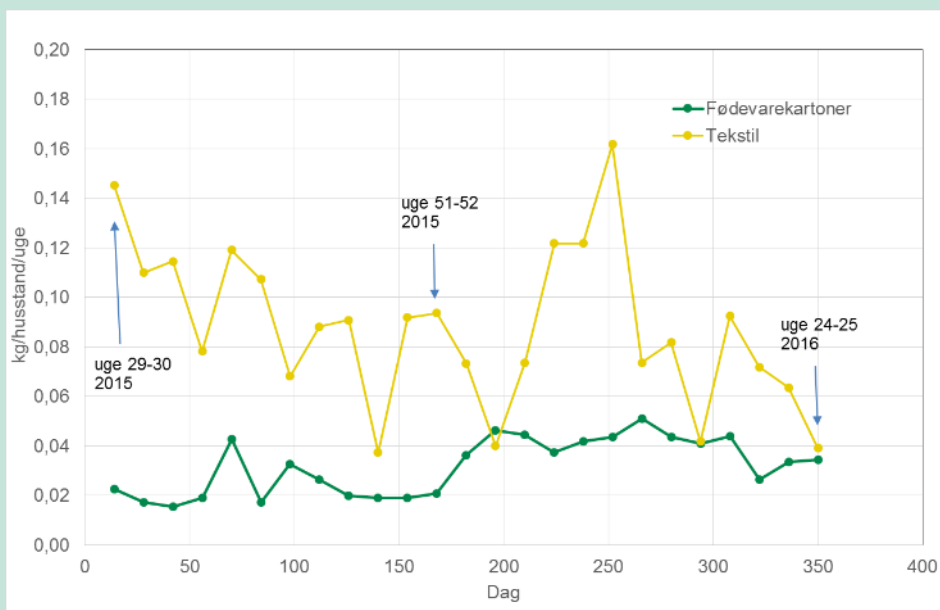
TABEL 1.1

INDSAMLEDE GENANVENDELIGE FRAKTIONER FRA FORSØGSOMRÅDET SAMMENHOLDT MED MÆNGDER
INDSAMLET I DEN RESTERENDE DEL AF VEJEN KOMMUNE.

Område	Metal, glas og plast	Papir, pap og plastfolie (for forsøgsområdet også tekstiler og fødevare- kartoner)	Genanven- delige mængder i alt	Metal, glas og plast opgjort i procent	Papir, pap, plastfolie (tekstiler og fødevar- ekarto- ner) opgjort i procent
Forsøgsområdet i Vejen Kommune					
Antal husstande	550	550			
Kg pr. husstand pr. år	59,3	136,2	195,5	30	70
Vejen Kommune i øvrigt					
Antal husstande	18.284	18.284			
Kg pr. husstand pr. år	47,2	97,5	144,7	33	67

Som det fremgår af Tabel 1.1, er der i forsøgsperioden indsamlet en større mængde genanvendelige fraktioner i forsøgsområdet end i resten af kommunen.

På Figur 3 ses de indsamlede mængder af fødevarekartoner og af tekstilfraktionen.



FIGUR 3
INDSAMLEDE MÆNGDER AF FØDEVAREKARTONER OG TEKSTIL I KG/HUSSTAND/UGE.

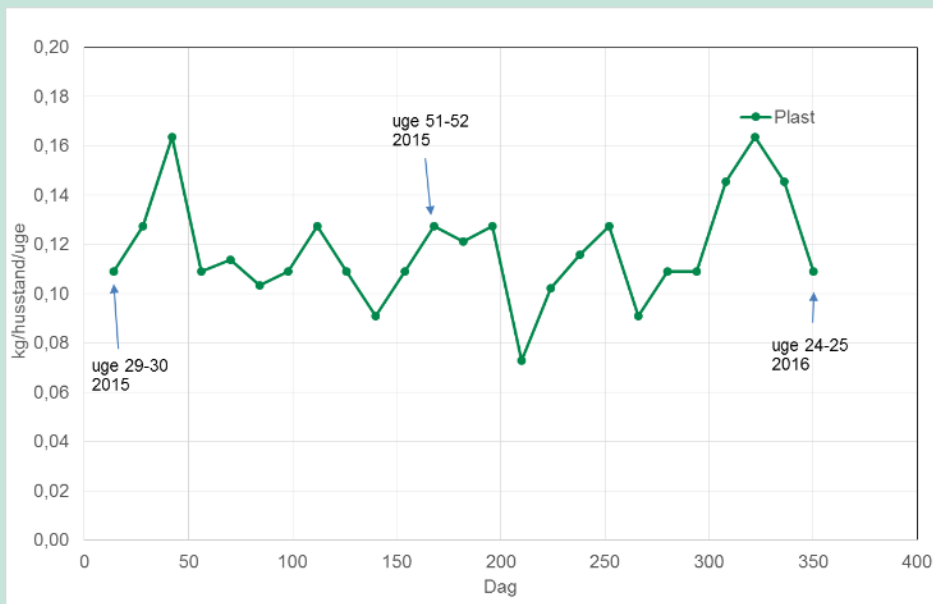
Af Figur 3 ses, at de indsamlede mængder for tekstil svinger en del. Der ser ud til at ske en stigning i mængden af indsamlede kartoner efter ca. halvdelen af perioden (180 dage). Det er derfor valgt at beregne middelværdien samt standardafvigelsen af de indsamlede mængder i kg/husstand/år for perioden fra forsøgsperiodens opstart til og med uge 52 2015 og perioden fra uge 53 2015 til og med uge 25 2016, se Tabel 1.2.

TABEL 1.2
OPGØRELSE AF INDSAMLEDE MÆNGDER AF FØDEVAREKARTONER OG TEKSTILER I 2 PERIODER.

Fraktion	Fødevare-kartoner	Tekstil
Kg/husstand/år periode 1	1,18 +/-0,41	4,96 +/- 1,43
Kg/husstand/år periode 2	2,17 +/- 0,39	4,37 +/-1,91
% stigning	83,5	-11,8

I tabellen er angivet +/- 1 gange standardafvigelsen. Det ses, at mængden af fødevarekartoner er steget signifikant i periode 2 i forhold til periode 1, mens der ikke kan ses en statistisk forskel på mængden af indsamlet tekstil i periode 1 og periode 2. At der er sket en stigning i mængden af indsamlede fødevarekartoner kan hænge sammen med, at der i november 2015 er udsendt et informationsbrev med foreløbige resultater og med en opfordring til at aflevere flere fødevarekartoner og mere tekstil til DuoFlex®-fraktionen.

På Figur 4 er vist mængden af plast i fraktionen bestående af plast, metal og glas. Det ses, at der ikke er nogen væsentlig ændring i de indsamlede mængder fra start til slut af indsamlingsperioden. Middelværdien over perioden er 0,118 kg/husstand/uge svarende til 6,1 kg/husstand/år.



FIGUR 4
PLASTMÆNGDEN FRA FRAKTIONEN BESTÅENDE AF PLAST, METAL OG GLAS.

1.1.9 Spørgeskemaundersøgelse

I juni måned 2016 blev gennemført en spørgeskemaundersøgelse i forsøgsområdet.

Der blev udsendt et spørgeskema med seks spørgsmål til samtlige 550 husstande i forsøgsområdet. Spørgeskemaet fremgår af Bilag 2.

34 husstande besvarede spørgeskemaet, svarende til 6,2 % af de adspurgte, hvilket må betragtes som en meget lav besvarelsesprocent.

Resultatet af besvarelserne fremgår af Bilag 2a.

1.2 Gennemførelse af affalds karakteriseringer

I løbet af forsøgsperioden blev der gennemført to affalds karakteriseringer. Ved affalds karakteriseringerne blev de indsamlede genanvendelige materialer opdelt i en række underkategorier. De valgte underkategorier fremgår nedenstående.

1.2.1 Sorteringsmetode

Plast med restindhold/fødevarerforuren

Indledningsvist blev alle plastemner fraserteret i sorteringskabinen på sorteringsanlægget til metal, glas og plast (i det følgende benævnt MGP-sorteringsanlæg).

Efterfølgende blev disse plastemner sorteret i henholdsvis rene/rengjorte og ikke rengjorte plastemner.

De ikke rengjorte plastemner blev opdelt i:

- Emballage med rester af fedtholdige produkter som mayonnaise, pålægssalater, flydende fedtstof eller smørbakker samt kosmetikprodukter som cremer o.l. (disse kan være svære at rengøre)
- Sæbe/shampooholdige produkter (disse kan medføre skumproblemer ved rengøring af granuleret plast i vand)

- Drikkeemballager til fx kakao, juice og sodavand
- Emballage med kødrester/pålægsrester
- Emballage med anden forurening, fx urtepotter med rester af jord.

Emballagerne er endvidere opdelt efter, hvor meget indholdet udgør, fx <5 %, ca. 10 %, 25-50 % eller >50 %.

Ved sortering er det endvidere vurderet, om der er spild fra produkterne, som har forurenset anden rengjort plast/andre produkter.

Herefter kan det opgøres, hvor stor en andel den ikke-rengjorte plast udgør af den samlede indsamlede plastmængde.

Tekstiler

De indsamlede tekstiler i poser blev indsamlet sammen med papirfraktionen og blev frasorteret manuelt i papirsorteringskabinen.

Først blev poserne med tekstiler opdelt i følgende:

- Intakte poser (lukkede og uden huller)
- Poser med defekter (fx åbne eller med huller)
- Poser med kondensering af fugt på indersiden eller mug som følge af vådt tøj.

Tekstilerne blev herefter sorteret op i en række valgte kategorier og efterfølgende vejjet. De valgte kategorier var:

- Beklædning
- Overtøj
- Sengetøj
- Fodtøj.

Det blev registreret, om der var fugtskader, fx mug, på de enkelte tekstiler. Mængden af tekstiler og fodtøj, der var uden defekter - dvs. egnet til genbrug - blev registreret, ligesom mængden af defekte tekstiler og fodtøj blev registreret.

Prøveudtagning

I forbindelse med affalds-karakteriseringerne blev der udtaget eksempler på poser med forskellig fyldningsgrad til brug for efterfølgende udviklingstests, hvor poserne skulle kunne genkendes ud fra et mønster på posen. Her var det vigtigt, at den benyttede genkendelsesteknologi kunne genkende poser med forskellig fyldningsgrad. Fx kunne en pose med beskedent indhold risikere at være foldet sammen, så mønstret var vanskeligt at genkende.

Fødevarekartoner

Fødevarekartoner blev indsamlet sammen med papirfraktionen og frasorteret manuelt i papirsorteringskabinen.

De udsorterede kartoner blev efterfølgende finsorteret med opdeling i produkttyper og bedømmelse som angivet ovenfor.

Ved karakteriseringen blev følgende bestemt:

Sammensætningen af kartoner og pizzabakker med opdeling i følgende fire kategorier:

- Kartoner til mælk
- Kartoner med alufolie til juice og andre våde fødevarer
- Kartoner til yoghurt/tykmælksprodukter
- Pizzabakker.

Mængden af kartoner blev opgjort dels som antal kg, dels som antal styk.

Følgende blev vurderet:

- Om kartonerne var tømte
- Om kartonerne var intakte, dvs. at de ikke var blevet opløst af fugt
- Om der var en afsmitning af indhold fra kartonerne på andet indsamlet materiale, således at kvaliteten af dette andet materiale blev forringet.

1.2.2 Affaldskarakterisering nr. 1 ud af 2

Affaldskarakteriseringen blev gennemført ved Dansk Affald A/S 16. og 17. september 2015.

Det sorterede læs stammer fra forsøgsområdet (550 husstande i Askov by, Vejen Kommune).

Selve sorteringen på sorteringsanlægget for plast, metal og glas og på papirsorteringsanlægget blev udført 16. september, mens finsorteringen blev udført 16. og 17. september i hal med opstillede sorteringsborde.

I Tabel 1.3 og Tabel 1.4 er vist de indvejede og fraførte mængder fra sorteringsanlægget for plast, metal og glas og fra papirsorteringsanlægget.

TABEL 1.3
MÆNGDER FRA SORTERINGSANLÆGGET TIL PLAST, METAL OG GLAS OPGJORT I KG SAMT PROCENTVIS FORDELING AF FRAKTIONEN.

Fraktion	Kg	%
Tilført	1120	
Jern fra overbåndsmagnet	60	5,4
Stort jern, manuelt frasorteret	15,4	1,4
WEEE	6,0	0,5
Fejlsorteret, ikke hørende til fraktionen	40,0	3,6
Aluminiumskuber	<19	<1,7
Plast	109,3	9,8
Farvet glas	404	36,1
Klart glas ¹¹	466,3	41,6

¹¹ Er beregnet fra tilført mængde (fx ukendt fraktion = tilført mængdesum af mængder, der ikke er ukendt fraktion).

TABEL 1.4
MÆNGDER FRA PAPIRSORTERINGSANLÆG OPGJORT I KG SAMT PROCENTVIS FORDELING AF FRAKTIONEN.

Fraktion	Kg	%
Tilført	3100	
Pap	401	12,9
Folie	53	1,7
Metal, plast og glas	11	0,4
Fødevarekarton	47	1,5
Tekstil	131	4,2
Fejlsorteret, ikke hørende til fraktionen	61	2,0
Aviser/papir ¹¹	2396	77,3

1.2.2.1 Plast med restindhold/fødevareforurennet

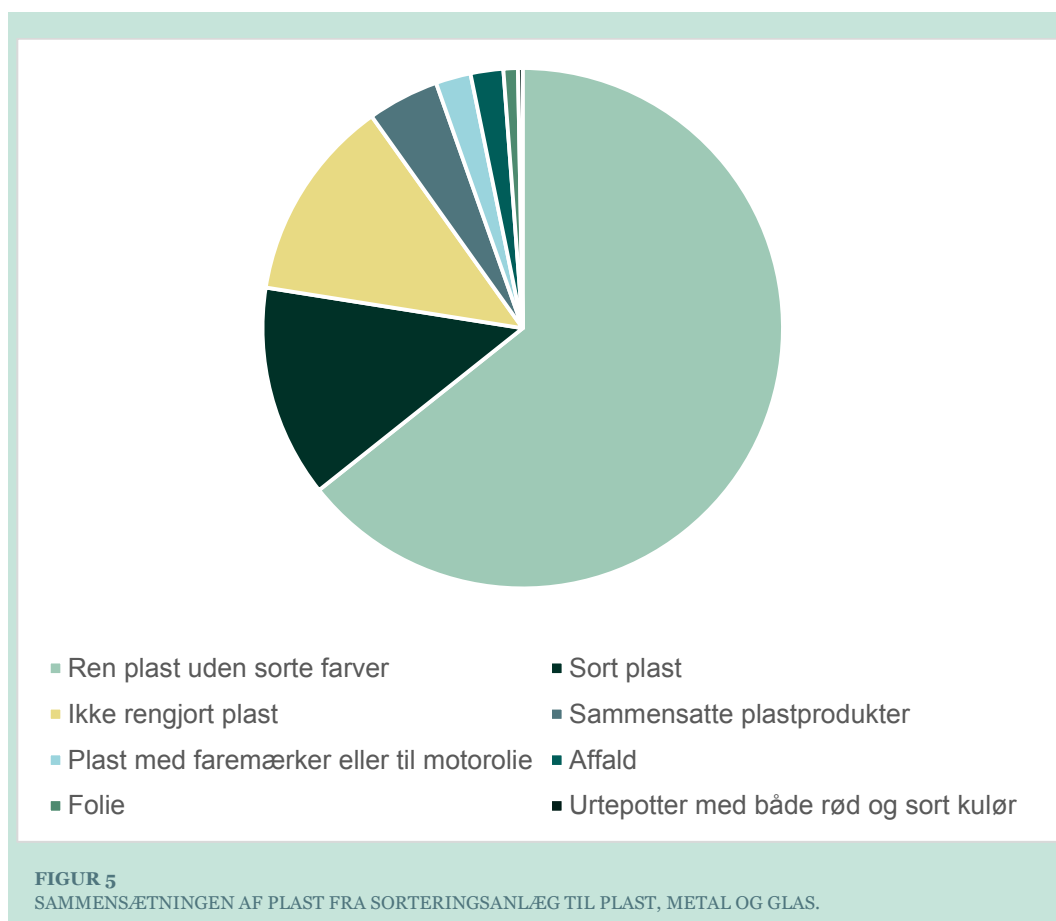
Plastmængden fra sorteringsanlægget til plast, metal og glas på 109,3 kg blev efterfølgende sorteret.

Mængderne er vist i Tabel 1.5 og på Figur 5.

TABEL 1.5
SAMMENSÆTNING AF UDSORTERET PLAST FRA SORTERINGSANLÆGGET TIL PLAST, METAL OG GLAS OPGJORT I KG SAMT PROCENTVIS FORDELING.

Fraktion	Kg	%
Ren plast ¹² ekskl. sort plast	70,2	64,2
Sort plast	14,4	13,2
Plast med restindhold/fødevareforurennet	13,8	12,6
Sammensatte plastprodukter	4,9	4,5
Plast med faremærker eller motorolie	2,4	2,2
Fejlsorteret, ikke hørende til fraktionen	2,22	2,03
Plastfolie	1	0,9
Urtepotter med rød og sort inder- og yderside	0,3	0,3

¹² Ren plast er defineret som plast uden restindhold eller rengjort



Den rene plastemballage blev udsorteret i henholdsvis ikke-sort plast og sort plast (som ikke kan udsorteres med NIR-sorterer) og i en fraktion af urtepotter, som både har en rød og en sort side. For de sidste vil gælde, at de ikke vil blive udsorteret med en NIR-sorterer, hvis den sorte side vender mod NIR-detektoren¹³.

Det ses af Tabel 1.5, at mængden af plast med restindhold/fødevarerforurenet udgør ca. 13 %. På Billede 1 er vist de registrerede emner.

¹³ I udlandet er udviklet udstyr til at udsortere sort plastemballage, men udstyret er p.t. kun monteret på meget store anlæg i Tyskland (fx Alba, Berlin). Udstyret sorterer al sort plast ud. Den sorte plast kan efterfølgende udsorteres i polymerer ved brug af enten densitetsseparatorer eller særlige granulatsortere, der arbejder i andre bølgelængder end NIR - se Miljøprojekt 1951, 2017, Miljøstyrelsen)



BILLEDE 1
PLAST MED RESTINDHOLD/FØDEVAREFORURENET (CA. 71 STK.) EKSKL. URTEPOTTER.

I Tabel 1.6 er vist fordelingen af emballager inkl. indhold.

TABEL 1.6
SAMMENSETNING AF PLAST MED RESTINDHOLD/FØDEVAREFORURENET.

Fraktion	Kg	%
Ikkerengjort, men nogenlunde tømt	8,62	62,46
Deodoranter og andre fejlsorteringer, der ikke tilhører fraktionen	0,22	1,59
Fedtholdig emballage, tømt	1,42	10,29
Madforurennet emballage, <5 % restindhold	0,56	4,06
Urtepotter med jord	0,36	2,61
Vand-/saftflasker, 25-50 % restindhold	1,1	7,97
Emballage til ketchup/sauce	0,34	2,46
Emballager med opvaskemiddel, 5-10 % restindhold	0,06	0,43
Emballager med skintonic, 25-50 % restindhold	0,12	0,87
Emballager med flydende margarine, 25 % restindhold	0,16	1,16
Emballage med karrysild, 10-25 % restindhold	0,16	1,16
Emballage med skyr, 5-10 % restindhold	0,16	1,16
Emballage med græsk yoghurt, ca. 40 % restindhold	0,42	3,04



BILLEDE 2
EMBALLAGER MED FYLD.

Da emballager med fyld blev frasorteret inden passage gennem anlægget, kan det ikke vides, om der ville være sket en forurening med fødevarerester til andre emner. På baggrund af billedet ovenfor vurderes dog, at indhold fra halvfylde emballager med yoghurt, sild m.m. vil blive spredt til andre materialer i anlægget.

1.2.2.2 Tekstiler

Mængden af tekstiler emballeret i poser fra papirsorteringsanlægget blev sorteret. Mængden udgjorde samlet 131 kg.

Herudover blev der sorteret ca. 260 kg oplagrede poser med tekstiler. Disse poser stammede fra tidligere indsamlinger i forsøgsområdet.

Resultaterne af sorteringen af den indsamlede mængde er vist nedenfor

I Tabel 1.6 er vist fordelingen af typer inkl. indhold.

TABEL 1.7
SAMMENSETNING AF TEKSTILER.

Fraktion	Kg	%
Beklædning uden defekter	69,5	54,36
Defekt beklædning	3,62	2,83
Sy- og tekstilrester	15,32	11,98
Sengelinned	5,58	4,36
Håndklæder	1,2	0,94
Puder	1,4	1,09
Duge	5,56	4,35

Fraktion	Kg	%
Forklæder	1,46	1,14
Overtøj	12,76	9,98
Skulderpuder	0,32	0,25
Gode sko	7,96	6,23
Dårlige sko	3,18	2,49

TABEL 1.8
SAMMENSETNING AF OPLAGREDE TEKSTILER FRA TIDLIGERE INDSAMLINGER.

Fraktion	Kg	%
Beklædning uden defekter	139,94	53,52
Defekt beklædning	29,32	11,21
Sengelinned	31,9	12,2
Håndklæder	2,68	1,03
Puder	2,74	1,05
Duge	11,22	4,29
Overtøj	11,66	4,46
Gode sko	24,96	9,55
Dårlige sko	7,04	2,69
Dukketøj	0,68	0,26
Tasker	4,9	1,87

Det ses, at beklædning uden defekter i begge sorteringer udgør ca. 54 %.

Defekt beklædning og dårlige sko udgør mellem 5 % og 14 %.

Poserne, der blev anvendt, var ikke de endelige poser med tryk. Disse poser blev først udleveret til husstandene, efter at den først gennemførte affaldskarakterisering havde fundet sted.

En godt pakket, fyldt pose med tekstiler vejede ca. 9 kg.

Ved den først gennemførte affaldskarakterisering (gennemført 16. september 2015) blev der registreret 52 % poser, der var uden huller og lukkede, 7 % var ikke lukkede, 11 % var med mindre huller, og 30 % var decideret i stykker.

For de oplagrede posers vedkommende var 66 % af poserne uden huller og lukkede, 15 % var i stykker, 2,5 % var med mindre huller, 12,5 % var ikke lukkede, 2,5 % var af en anden type end de udleverede, men lukkede og uden huller, og 1 % var af en anden type og åbne.

Samlet set er således mellem 52 % og 66 % af poserne uden huller og lukkede.

Det vurderes, at nogle af hullerne og de åbne poser er opstået som følge af håndteringen, herunder ved aflæsning og håndsortering i papirsorteringskabinen. Generelt var de indsamlede tekstiler af udmærket kvalitet, og der blev ikke observeret fugtskader eller mug på de sorterede tekstiler. Der er således ikke trængt væske ind i poserne, og dette indikerer, at emballeringen ved forbrugeren har været tilstrækkelig.

1.2.2.3 Fødevarekartoner

Mængden af fødevarer- og drikkevarekartoner fra papirsorteringsanlægget udgjorde 47 kg. Disse 47 kg blev sorteret i fraktionerne mælkekartoner, juicekartoner, yoghurt-/tykmælkseballager, pizzabakker og andet.

Sammensætningen af fraktionen er vist i nedenstående tabel.

TABEL 1.9
SAMMENSETNING AF FØDEVAREKARTONER FRA PAPIRFRAKTIONEN.

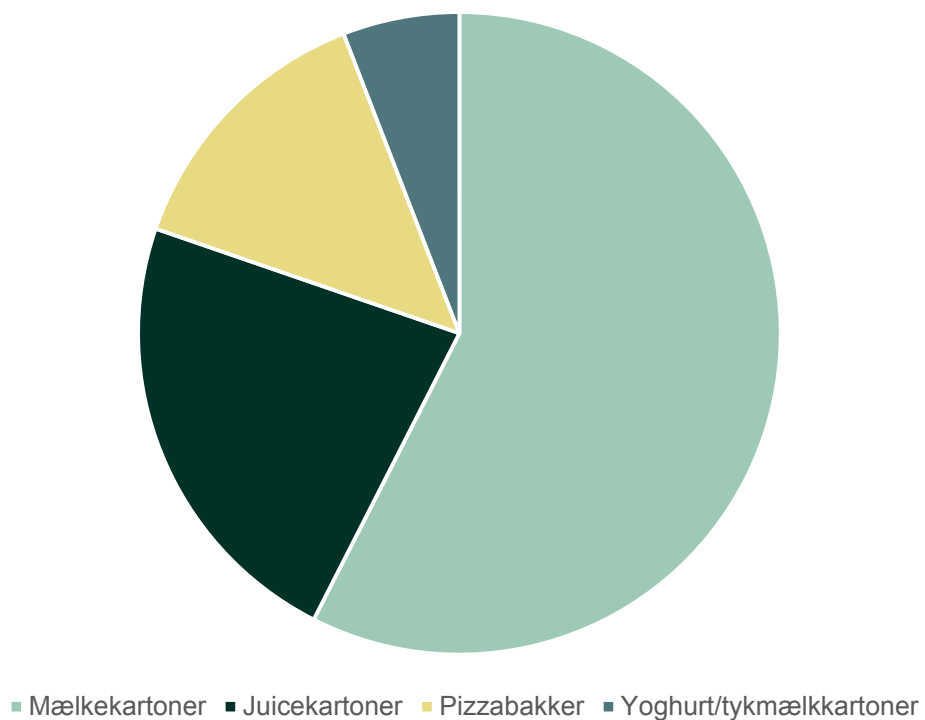
Fraktion	Kg	%	Antal
Mælkekartoner	25	52,76	883
Juicekartoner	9,58	20,22	319
Pizzabakker	6,22	13,13	62
Yoghurt-/tykmælkseballager	2,68	5,66	74
Diverse affald inkl. andet pap	3,9	8,23	
Sum	47,38		1338

Fødevarerkartonmængden fra anlægget til sortering af plast, metal og glas blev ligeledes sorteret.

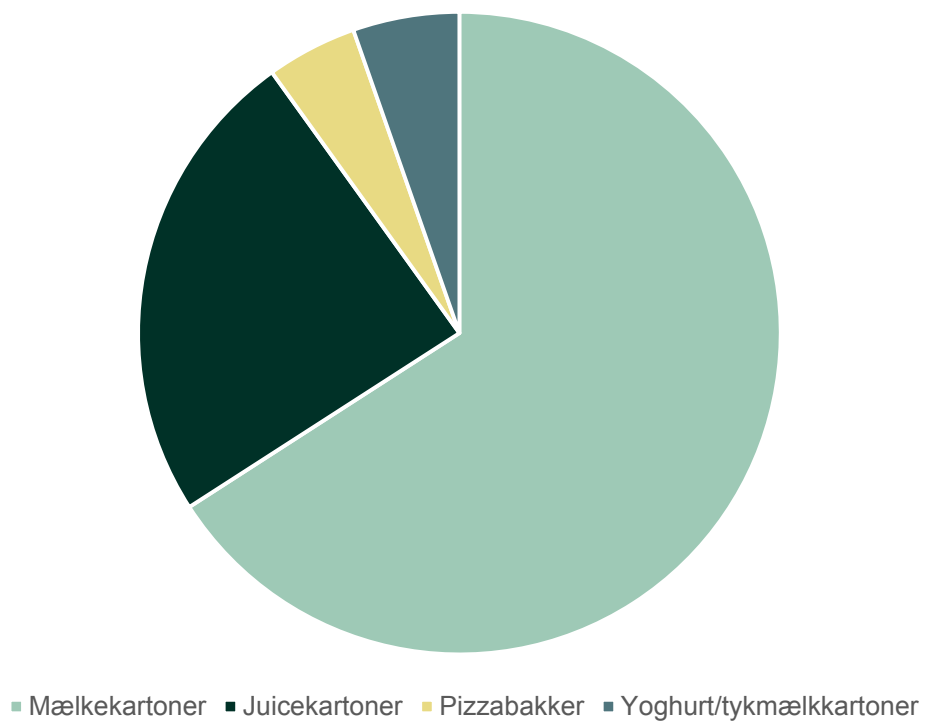
TABEL 1.10
SAMMENSETNING AF FØDEVARE- OG DRIKKEVAREKARTONER FRA SORTERINGSANLÆG TIL PLAST, METAL OG GLAS.

Fraktion	Kg	Antal
Mælkekartoner	1,24	27
Juicekartoner	0,82	15
Pizzabakker	0,1	1

På Figur 6 og Figur 7 er fordelingen af den samlede indsamlede mængde fødevarerkartoner fra papirsorteringsanlægget og sorteringsanlægget for plast, metal og glas vist på vægtbasis og på antalsbasis.



FIGUR 6
FORDELING AF KARTONER, VÆGTBASERET.



FIGUR 7
FORDELING AF KARTONER, ANTALSBASERET.

Mælkekartoner udgør hovedandelen (53 %) på vægtbasis og 66 % baseret på antal.

Alle kartoner var tømte og fladklemte, og der var ikke tegn på afsmitning til øvrige materialer - se Billede 3 til Billede 6.



BILLEDE 3
MÆLKEKARTONER.



BILLEDE 4
JUICEKARTONER.



BILLEDE 5
YOGHURT- OG TYKMÆLKSKARTONER.



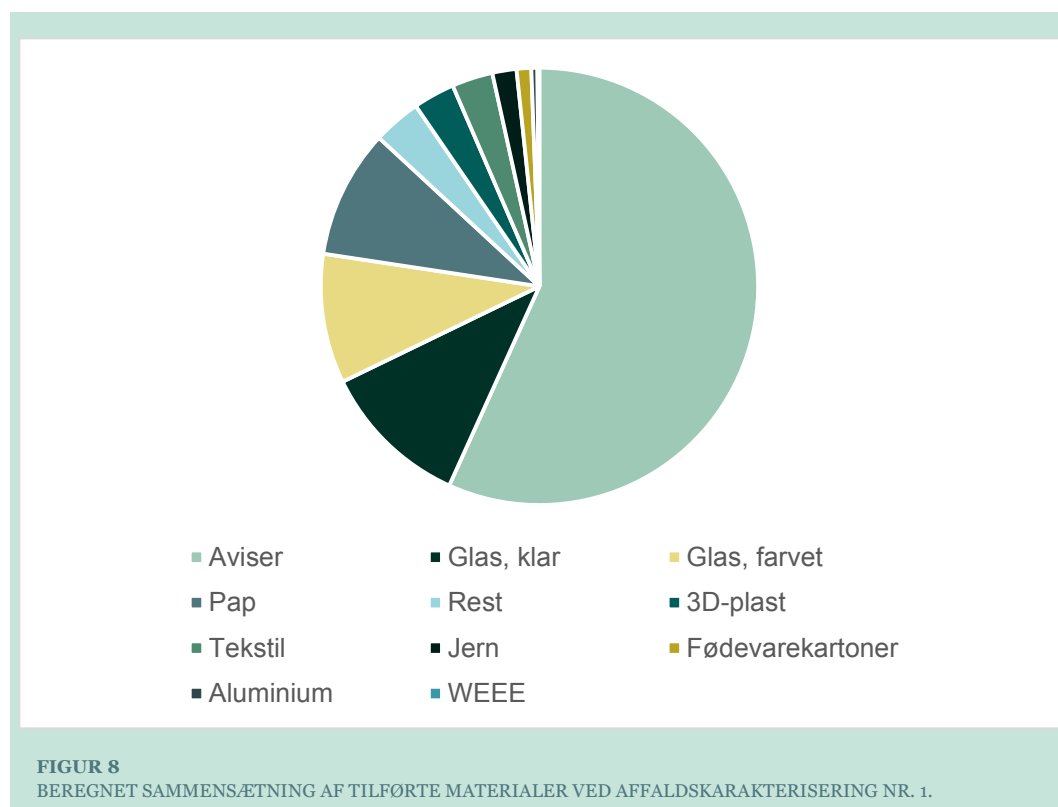
BILLEDE 6
PIZZAKARTONER.

1.2.2.4 Beregnet sammensætning af tilførte materialer

Den beregnede sammensætning af alle materialer tilført sorteringsanlægget for plast, metal og glas samt papirsorteringsanlægget er vist nedenfor.

TABEL 1.11
BEREGNET SAMMENSÆTNING AF TILFØRTE MATERIALER VED AFFALDSKARAKTERISERING NR. 1.

Fraktion	Kg	%
Aviser	2396	56,8
Klart glas	466,4	11,0
Farvet glas	404	9,6
Pap	401	9,5
Restfraktion (affald)	150	3,6
Plastemballager	129,5	3,1
Tekstil	127,9	3,0
Jern	75,4	1,8
Fødevarekartoner	45,6	1,1
Aluminium	19,0	0,5
WEEE	6,0	0,1



1.2.3 Affaldskarakterisering nr. 2 af 2

Affaldskarakteriseringen blev gennemført ved Dansk Affald A/S 24.-27. maj 2016.

Det sorterede læs er fra forsøgsområdet.

Sorteringen på papirsorteringsanlæg blev udført 24. maj, og sortering af materialer fra sorteringsanlægget til plast, metal og glas blev udført 25. maj med brug af sorteringskabinerne. Affaldskarakteriseringen blev udført sideløbende samt den 27. maj 2016.

I Tabel 1.12 og Tabel 1.13 er vist mængderne, som blev indvejet og fraført sorteringsanlægget for plast, metal og glas samt papirsorteringsanlægget.

TABEL 1.12

MÆNGDER FRA SORTERINGSANLÆGGET TIL PLAST, METAL OG GLAS OPGJORT I KG SAMT PROCENTVIS FORDELING AF FRAKTIONEN.

Fraktion	Kg	%
Tilført	1100	
Jern fra overbåndsmagnet	100	9,1
Affald	80	7,3
Aluminiumskuber	76	6,9
Plast	160	14,6
Klar/farvet glas	684	62,2
Sum	1100	100

TABEL 1.13

MÆNGDEN FRA PAPIRSORTERINGSANLÆGGET OPGJORT I KG SAMT PROCENTVIS FORDELING AF FRAKTIONEN.

Fraktion	Kg	%
Tilført	2820	
Pap	369	13,1
Folie	63	2,2
Plast, metal og glas	9	0,3
Fødevarekarton	48,8	1,7
Tekstil	101,7	3,6
Affald	133	4,7
Aviser/papir	2096	74,3

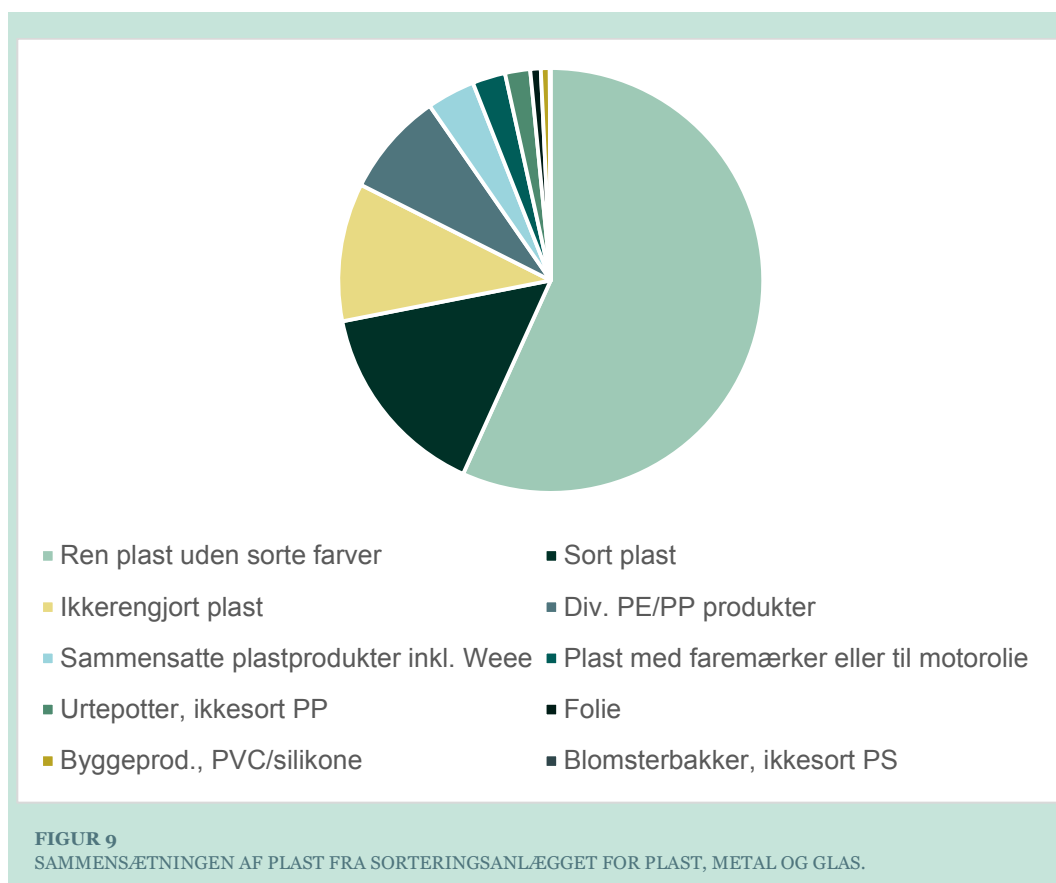
1.2.3.1 Karakterisering af plastfraktion

Plastmængden fra sorteringsanlægget til plast, metal og glas på 160 kg blev efterfølgende sorteret.

TABEL 1.14

SAMMENSÆTNING AF UDSORTERET PLAST FRA SORTERINGSANLÆGGET TIL PLAST, METAL OG GLAS OPGJORT I KG SAMT PROCENTVIS FORDELING.

Fraktion	Kg	%
Ren plast ekskl. sort plast	90,8	56,8
Sort plast	24,2	15,2
Plast med restindhold/fødevarerforurennet	16,8	10,5
Diverse PE-/PP-produkter	12,7	7,9
Sammensatte produkter inkl. WEEE	5,9	3,7
Plast med faremærker eller motorolie	4,0	2,5
Ikkesorte urtepotter af PP	3,1	1,9
Plastfolie	1,3	0,8
Byggeprodukter af PVC, PVC-emballage og silikoneprodukter	1,1	0,7
Ikkesorte blomsterbakker af PS	0,1	0,1



Den rene plastemballage (som ikke inkluderer sort emballage eller emballage med færemærker) udgjorde hovedparten af plastmængden med 56,8 %. Udover de nævnte emballageprodukter, som normalt fremstilles i polymererne HDPE, PP, PET og PS, blev der fundet en række andre produkter af plast, som er vist i bilag 3.

1.2.3.2 Plast med restindhold/fødevareforurenet

Det ses af Tabel 1.14, at mængden af plast med restindhold/fødevareforurenet udgør ca. 10,5 %. På Billede 7 til Billede 9 er vist et udvalg af de registrerede emballager.



BILLEDE 7
EMNER MED STØRRE MÆNGDER RESTINDHOLD AF DRIKKEVAND/SAFT (PET-FLASKER).



BILLEDE 8
MED FØDEVARERESTER/FØDEVAREFORURENET.



BILLEDE 9
EMNER MED INDHOLD AF FØDEVARER, KOSMETISKE PRODUKTER M.M.

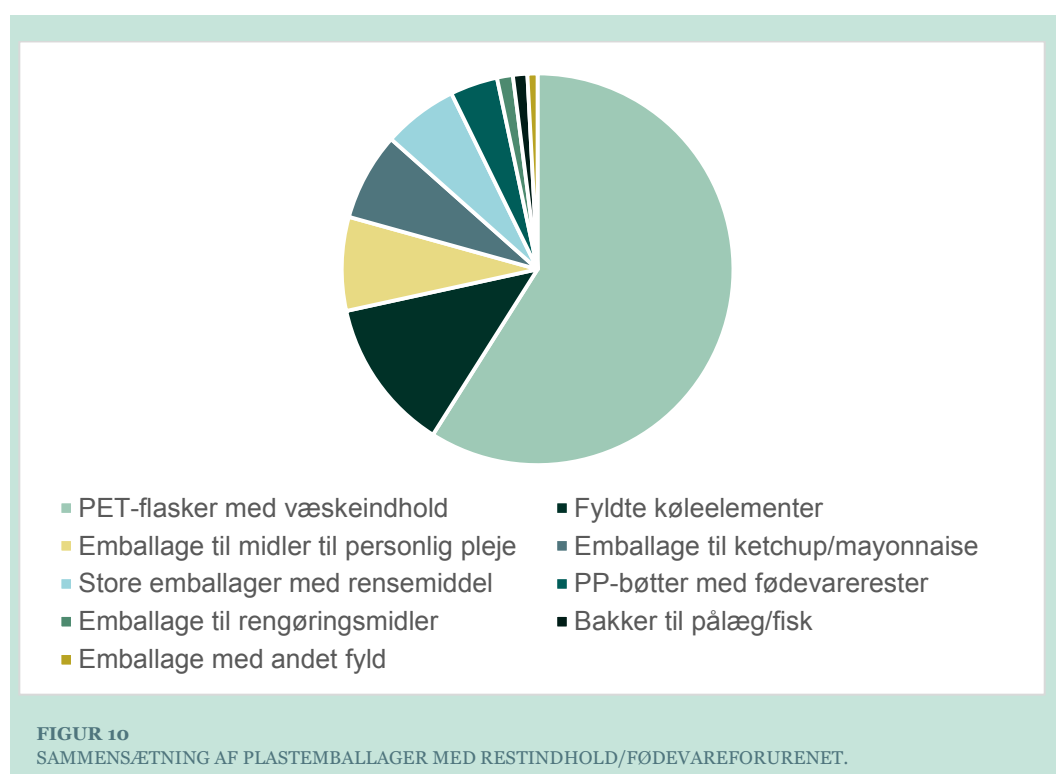
Da emballager med fyld blev frasorteret inden passage gennem anlægget, kan det ikke vides, om der ville være sket en forurening med fødevarerester til andre emner. På baggrund af billedet ovenfor vurderes det, at der vil være tale om begrænset afsmitning af indhold til andre materialer i anlægget.

I Tabel 1.15 er vist mængden af plast med restindhold/fødevarerforurenet fordelt på underfraktioner.

TABEL 1.15
SAMMENSETNING AF PLASTEMBALLAGER MED RESTINDHOLD/FØDEVAREFORURENEDE OPGJORT I KG, PROCENTVIS FORDELING SAMT ANTAL STK. EMBALLAGE.

Fraktion	Kg	%	Stk.
PET-flasker med væskeindhold	9,92	59	43
Fyldte køleelementer	2,12	12,6	6
Emballage til midler til personlig pleje	1,3	7,7	8
Emballage til ketchup/mayonnaise	1,22	7,3	11

Fraktion	Kg	%	Stk.
Store emballager med rensemiddel	1,04	6,2	4
PP-bøtter med fødevarerester	0,66	3,9	16
Emballage til rengøringsmidler	0,22	1,3	2
Bakker til pålæg/fisk	0,2	1,2	4
Emballage med andet fyld	0,14	0,8	2
SUM	16,82	100	93



1.2.3.3 Tekstiler

102 kg tekstiler i poser fra papirsorteringsanlægget blev sorteret. Resultaterne af sorteringen er vist nedenfor.

I Tabel 1.16 er vist fordelingen af forskellige typer af tekstiler.

TABEL 1.16
SAMMENSETNING AF TEKSTILER.

Fraktion	Kg	%
Beklædning uden defekter	48,1	47,3
Gode sko	16,3	16
Defekt beklædning	9,8	9,6
Overtøj	6,8	6,7
Klude og stofrester	5,2	5,2
Dårlige sko	4,9	4,8
Accessories (handsker/bælter/paraply)	4,2	4,1
Tæpper	3,5	3,4
Sengelinned	1,6	1,6
Plaider	0,9	0,9
Håndklæder/viskestykker	0,5	0,5

Det ses, at beklædning uden defekter udgør ca. 48 %, mens defekt beklædning og dårlige sko tilsammen udgør ca. 15 %.

Poserne, der var anvendt ved denne affalds karakterisering, var de endelige poser med tryk, som var blevet udleveret til husstandene i forsøgsområdet den 17. november 2015.

Gennemsnitsvægten af poserne indeholdende tekstiler var 3,4 kg.

Det blev registreret, at 37 % af poserne var hele/ubeskadigede og lukkede, 13 % var ikke lukkede, 33 % var med små huller, og 17 % var decideret i stykker.

Generelt var de indsamlede tekstiler af udmærket kvalitet, og der blev ikke observeret fugtskader eller mug på de sorterede tekstiler.

Eksempler på tekstilerne er vist på Billede 10 og Billede 11.



BILLEDE 10
BEKÆLDNING UDEN DEFEKTER.



BILLEDE 11
DEFEKT BEKLÆDNING.

1.2.3.4 Fødevarekartoner

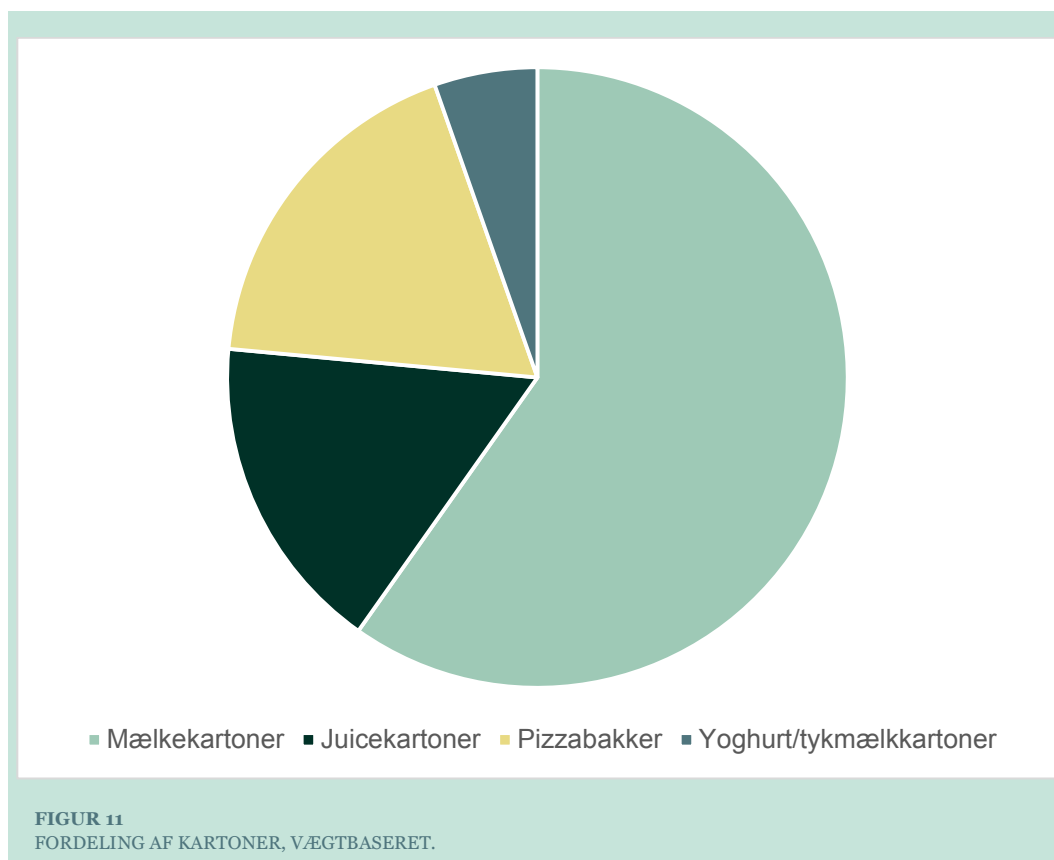
Mængden af fødevarekartoner fra papiranlægget på 47 kg blev sorteret i fraktionerne mælkekartoner, juicekartoner, yoghurt-/tykmælksemlager, pizzabakker og andet.

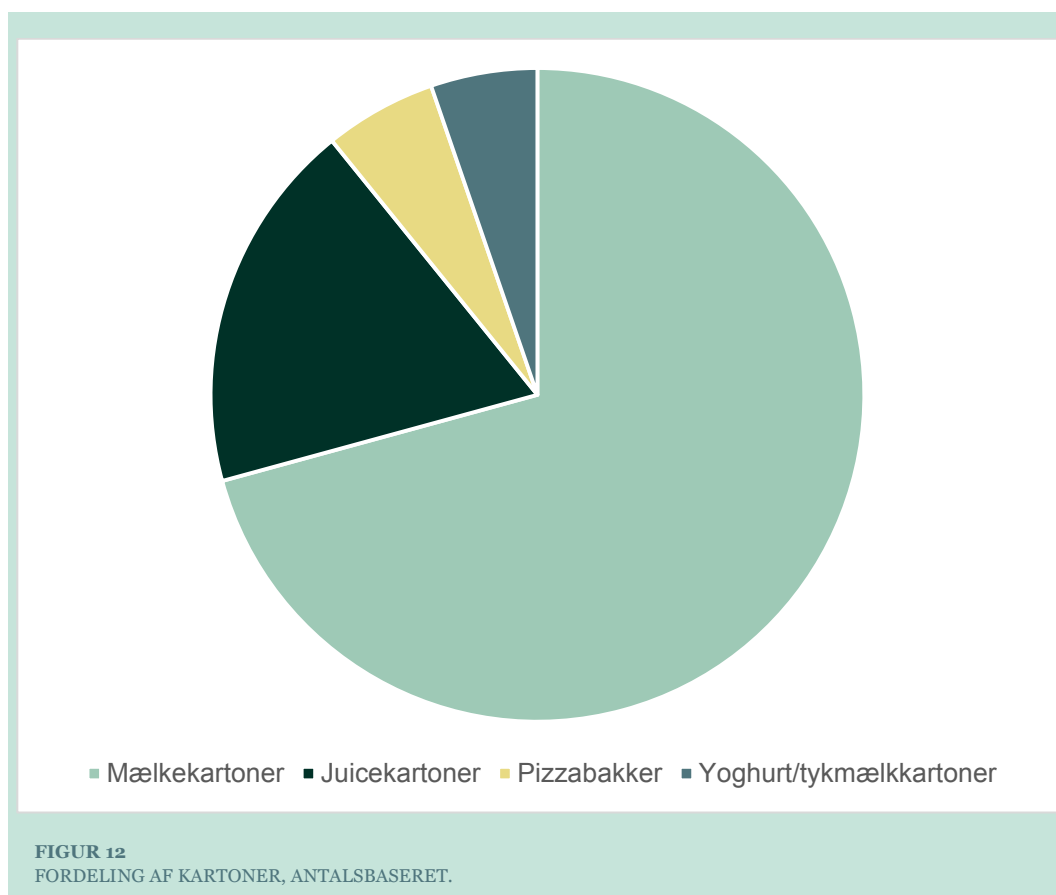
Sammensætningen er vist i nedenstående tabel.

TABEL 1.17
SAMMENSETNING AF FØDEVAREKARTONER FRA PAPIRANLÆG.

Fraktion	Kg	%	Antal
Mælkekartoner	28,9	59,3	1033
Juicekartoner	8,1	16,5	269
Pizzabakker	8,8	18	81
Yoghurt-/tykmælksemlager	2,6	5,3	77
Fejlsorteringer, der ikke tilhører fraktionen herunder karton og pap	0,4	0,9	
Sum	48,8	100	1460

Ved mælkekartoner og juicekartoner skete en fejlvejning på brovægten, hvorfor den typiske vægt fra forrige forsøg er anvendt (28 gram for en mælkekarton og 30 gram for en juicekarton).





Mælkekartoner udgør hovedandelen med 59 % på vægtbasis og 71 % baseret på antal.

Alle kartoner var tømte og fladklemte. Mælkekartoner er vist på Billede 12.



BILLEDE 12
MÆLKEKARTONER.

1.3 Evaluering af resultater fra indsamlingsperioden

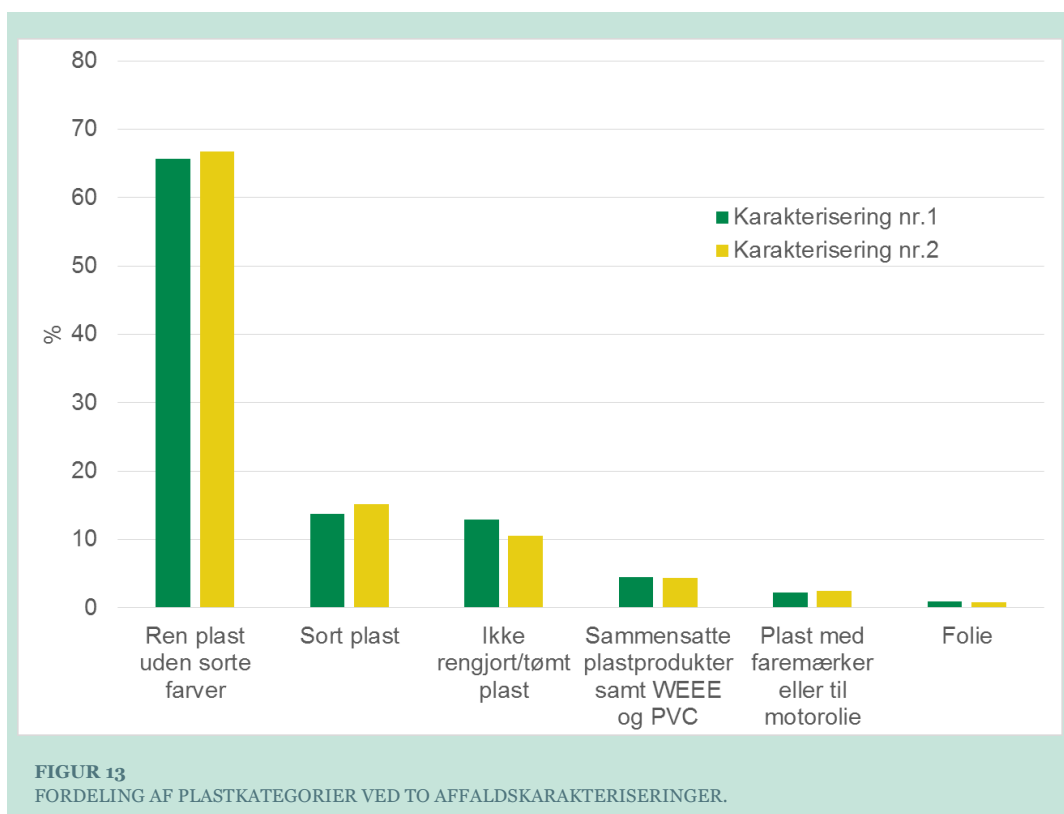
1.3.1 Løbende registreringer af modtagne mængder

Som vist i afsnit 1.1.8, er der ikke signifikante ændringer henover indsamlingsperioden i mængderne af indsamlet tekstil og plast. Derimod er der en signifikant stigning i mængden af indsamlede fødevarekartoner efter udsendelsen af et informationsbrev i november 2015 med opfordring til at aflevere større mængder af bl.a. fødevarekartoner.

1.3.2 Sammenligning af resultater fra de to gennemførte affaldskarakteriseringer

Plast

På Figur 14 er fordelingen af plastkategorier ved de to affaldskarakteriseringer sammenlignet. Det ses, at fordelingen er forholdsvis ens med omkring 65 % ren plast uden sorte farver, 12-15 % sort plast og 10-12 % plast med restindhold/fødevareforurenet.



I karakteriseringerne af plast med restindhold/fødevareforurenet blev det fundet, at en stor del af emnerne indeholdt letflydende vand eller saft.

Væskerne forventes at blive presset ud af emballagerne, når den separerede plast opballes, og væskeindhold vil dermed ikke indgå i plasten, som eksporteres til ekstern oparbejdning. Derimod formodes fødevarerester i form af fedtholdige og tyktflydende emner som mayonnaise o.l. at forblive i den opballede plast. I det følgende foretages et estimat af indholdet af restindhold, som ikke er tyndtflydende væsker, i den pressede plast.

Karakterisering nr. 1

Der medregnes vægten af følgende emballager med indhold som angivet i Tabel 1.6, idet disse har synligt indhold af fødevarerester eller kosmetikrester:

- Madforurennet emballage, <5 % restindhold
- Emballager med ketchup/sauce
- Emballager med skintonic, 25-50 % restindhold
- Emballage med flydende margarine, 25 % restindhold
- Emballage med karrysild, 10-25 % restindhold
- Emballage med skyr, 5-10 % restindhold
- Emballage med græsk yoghurt, ca. 40 % restindhold.

Emballagerne med indhold udgør i alt 1,92 kg ud af 109,16 kg plastemballage. Dette svarer til 1,9 vægt-%. Da selve vægten af emballagen (som ikke var kendt) er medtaget, er mængden af indholdet i emballagen overestimeret. Mængden af indhold er således mindre end 1,9 %.

Karakterisering nr. 2

Der medregnes vægten af følgende emballager med indhold som angivet i Tabel 1.15, idet disse har synligt indhold af fødevarerester, kosmetikrester eller rengøringsmidler:

- Emballage til midler til personlig pleje
- Emballage til ketchup/mayonnaise
- Store emballager med rensemiddel
- Emballage til rengøringsmidler
- Emballage med andet fyld.

Emballagerne udgør i alt 3,92 kg ud af 160 kg plastemballage. Dette svarer til 2,4 vægt%. Da selve vægten af emballagen er medtaget, er mængden af indholdet i emballagen overestimeret. Mængden af indhold er således mindre end 2,4 %.

Samlet vurdering

Samlet ses, at det estimerede indhold af fyld, som forventes at restere i den pressede plast til ekstern oparbejdning, er under 3 vægt-%, hvilket er en kravgrænse vedrørende indhold af organisk materiale fra DKR, Tyskland¹⁴ for modtagelse af plastemballage af typerne HDPE og PP. Supplerende er det af Danbørs oplyst, at mindre rester af fødevarer og fedtholdige produkter ikke principielt udgør et problem i forbindelse med afsætningen af emballager.¹⁵

Det vurderes derfor ud fra karakteriseringerne, at plastemballagen fra indsamlingsområdet overholder krav til modtagning i fx Tyskland, uden at fyldte emballager frasorteres. Det skal her bemærkes, at der ved Dansk Affald A/S er kontrol af de materialer, der tilføres MGP-sorteringsanlægget i sorteringskabinen, hvor meget tilsmudset emballage normalt vil blive frasorteret.

Det skal dog bemærkes, at dette restindhold er at betegne som biologisk, og at eksport heraf ifølge lovgivningen kræver særlig tilladelse. Det er en problematik, som Dansk Affaldsforening i øjeblikket (oktober 2016) arbejder med og forsøger at finde en lovgivningsmæssig løsning på.

Eftersom mængden af restindhold i plastemballagen var begrænset fra forsøgsområdet, blev det på et styregruppemøde besluttet, at man ikke ville arbejde med færdigudvikling af en løsning til separation og tømning af emballage med restindhold.

¹⁴ Deutsche Kreislaufwirtschaft und Rohstoff - nu Der Grüne Punkt

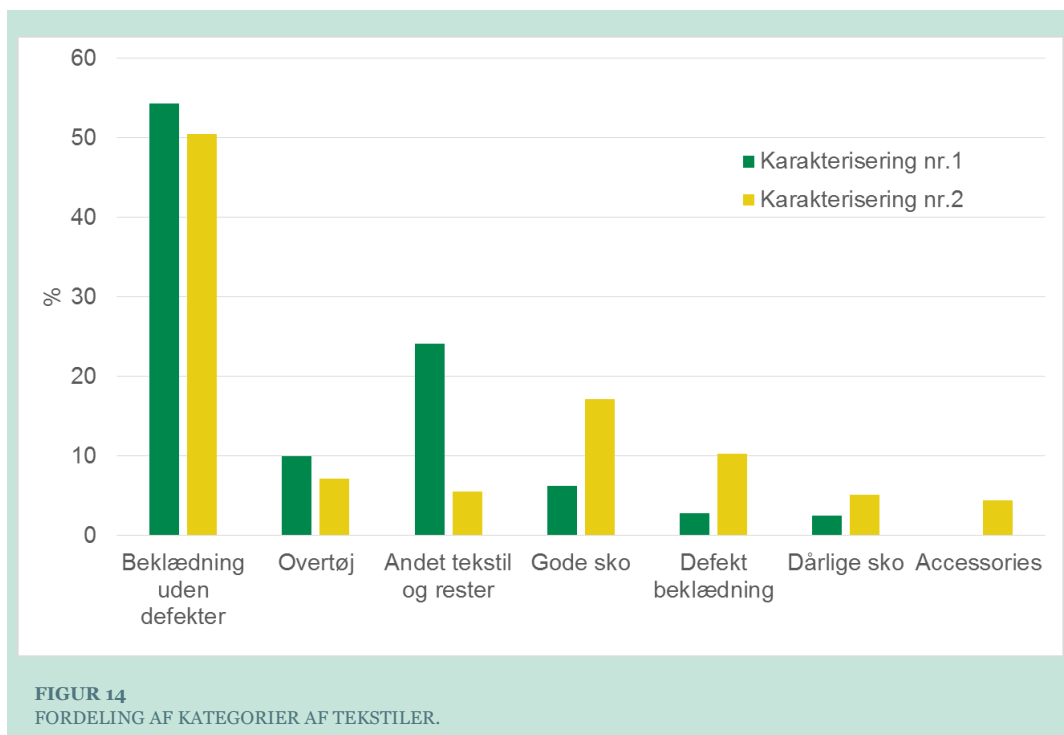
¹⁵ Kathe Tønning, Notat vedrørende afsætning og modtagekrav, 22. februar 2017, Teknologisk Institut

Der kan dog tænkes at være områder, hvorfra der forekommer større mængder af emballage med restindhold/fødevarerforurenet. Det er derfor valgt at foretage en gennemgang af mulighederne for at genkende typiske emner med restindhold/fødevarerforurenet, se i afsnit 3.2.

Udviklingsindsatsen blev herudover omprioriteret til en gennemgang af mulighederne for at genkende andre emner, som man p.t. frasorterer i sorteringskabinen. Disse omfatter beholdere med farligt affald.

Tekstiler

På Figur 14 er sammensætningen af tekstiler og fodtøj ved de to affaldskarakteriseringer vist. Ved affaldskarakteriseringerne blev det fundet, at undersøgte tekstiler var uden fugtskader.



Som det fremgår af figuren, er hovedparten af tekstilfraktionen af en god kvalitet (kategorierne beklædning uden defekter, overtøj, gode sko). Kategorien andet tekstil og rester indbefatter en række produkter, som fx sengelinned, håndklæder, viskestykker, puder, duge og forklæder samt tekstil- og syrester.

Resultaterne viser, at der er mere end 55 % beklædning og overtøj uden defekter, som formentlig kan afsættes til genbrug. Gode sko forventes ligeledes at kunne afsættes til genbrug.

Andet tekstil og rester samt defekt beklædning (15-25 %) vurderes at kunne genanvendes. Genanvendelsesmulighederne vil være afhængig af produktet og af, hvilke teknologier oparbejderer råder over. Eksempler på genanvendelse kan være opskæring til klude eller shreddning til tekstilmateriale, som kan indgå i isoleringsprodukter.

Det vurderes, at fraktionerne andet tekstil og rester samt defekt beklædning ville være blevet bortskaffet til forbrænding, hvis indsamlingsmuligheden med afhentning ved husstanden ikke eksisterede. Det kan ikke afgøres, i hvilket omfang beklædning uden defekter og gode sko ville være afleveret til genbrug via humanitære organisationer, hvis indsamlingsordningen ikke eksisterede. Den gennemførte spørgeskemaundersøgelse giver ikke svar på dette, da svarprocenten var meget lav.

Fødevarekartoner

På Figur 15 er sammensætningen af fødevarekartoner ved de to affaldskarakteriseringer vist.



Det ses, at sammensætningen af fødevarekartoner fordelt på kategorier er næsten ens for de to karakteriseringer.

Det skal bemærkes, at alle undersøgte kartoner var tømte og fladklemte, ligesom der ikke var tegn på afsmitning af fødevarer fra kartonerne til øvrige materialer. Samlet vurderes kartonerne derfor som velegnede til afsætning til oparbejdning.

2. Genanvendelse af fødevarekartoner

Et af de tre udviklingsområder i projektet omhandler indsamling af fødevarekartoner med henblik på genanvendelse af papirfibre. Der er derfor i det følgende undersøgt erfaringer med indsamlinger af fødevarekartoner i ind- og udland.

Der foregår stort set ikke indsamling af fødevarekartoner til genanvendelse i Danmark. Langt den overvejende del indsamles via dagrenovation og forbrændes. Fødevarekartoner, pizzabakker og fødevarekontamineret pap i almindelighed udgør 8 %¹⁶ af den del af husholdningsaffaldet, der forbrændes.

På nuværende tidspunkt er der ingen permanente indsamlingsordninger for fødevarekartoner i Danmark. De få steder, hvor der foretages en indsamling af disse kartoner, foregår det på forsøgsbasis.

Der er i Danmark gennemført forsøg med indsamling af fødevarekartoner til genanvendelse i:

- Københavns Kommune
- Vejen Kommune
- Tønder Kommune
- Tversted – Hjørring Kommune
- Sønderborg Kommune
- Fredericia Kommune
- Faxe Kommune.

2.1 Definition og potentialer

Fødevarekartoner benævnes på forskellig måde. Overordnet er fødevarekartoner i dette notat defineret som kartoner, der har direkte fødevarekontakt, fx fødevarekartoner til drikkevarer (mælkekartoner og juicekartoner etc.), kartoner til surmælksprodukter, saucer etc. Endvidere er pizzabakker medtaget.

Der er et stort genanvendelsespotentialer i Danmark. Alene hvad angår mælk, blev der i 2012 solgt ca. 470,3 mio. l i Danmark¹⁷. Det svarer til ca. 13.450 tons mælkekartoner (Wesnæs 1996¹⁸ opgør en mælkekartons samlede vægt til 28,6 g, bestående af 25 g karton, 3,5 g LDPE og 0,076 g farver).

Den samlede forsyning af drikkevarer (kaldet laminat-pap i rapporten) i 2009 er opgjort til 14.500 tons baseret på teoretisk beregning, da det ikke var muligt at adskille fraktionen fra "Andet pap"¹⁹.

Til sammenligning fremgår det af "Statistik for genanvendelse af emballageaffald 2009"²⁰, at der er indsamlet ca. 49.700 tons blandet papir og pap til genanvendelse i 2009 (tallet er ekskl. papir, aviser/reklamer og bølgepap).

¹⁶ Increasing Paper and Cardboard Collection for Recycling in Denmark (side 1). Originalhenvisning: Kortlægning af dagrenovation i enfamilieboliger, Miljøprojekt nr.: 1414, 2012

¹⁷ Landbrug og Fødevarer, Konsummælk Statistik 2012

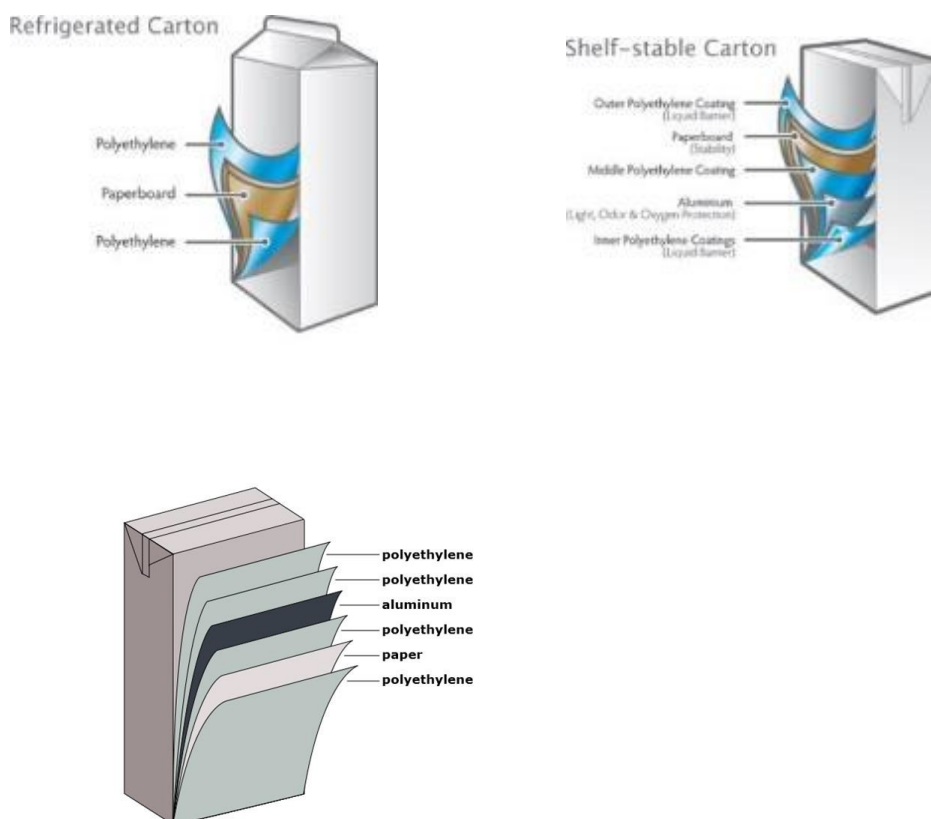
¹⁸ Wesnæs, M. S. Miljømæssig screening af emballager til mælk. Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 345, 1996

¹⁹ Jan Jacobsen 2011, Logisys A/S, Miljøprojekt nr. 1388, "Emballageforsyningen i 2009"

Tetra Pak har oplyst, at der sendes ca. 25.000 ton drikkevarekartoner på det danske marked om året²¹. Dertil skal lægges en ikke kendt mængde fra fx Elopak og eventuelt andre drikkevarekartonleverandører. Hertil kommer et ukendt antal pizzabakker.

Mælkekartoner består af 80 % fibre og 20 % LDPE. Juicekartoner indeholder også aluminium²¹.

Ifølge Carton Council 2011²² består mælkekartoner af 80 % pap og 20 % polyethylen. Kartoner med ilt- og lysbarrierer består af 74 % pap, 22 % polyethylen og 4 % aluminium.



2.2 Indsamling af fødevarekartoner i Danmark

Nedenfor er gennemgået indsamlingsforsøg i følgende kommuner:

- Københavns Kommune
- Vejen Kommune 2015-2016
- Vejen Kommune 2014
- Tønder Kommune
- Tversted by, Hjørring Kommune
- Sønderborg Kommune
- Fredericia Kommune
- Faxe Kommune.

²⁰ Ole Kaysen, Econet og Kathe Tønning, Teknologisk Institut 2011, Miljøprojekt nr. 1382, "Statistik for genanvendelse af emballageaffald 2009".

²¹ Notat Københavns Kommune, januar 2015

²² [HTTP://WWW.RECYCLECARTONS.COM/WHY-JUICE-BOX-MILK-CARTON-RECYCLING-MATTER/](http://WWW.RECYCLECARTONS.COM/WHY-JUICE-BOX-MILK-CARTON-RECYCLING-MATTER/)

2.2.1 Københavns Kommune

I Københavns Kommune er gennemført et forsøg på Østerbro, hvor beboere i 4.500 etageboliger skulle placere drikkevarekartoner og pizzabakker i den container, der er opstillet til indsamling af pap.

Københavns Kommune har baseret deres indsamling af genanvendelige fraktioner på kildesortering og havde derfor et ønske om at undersøge en enkel metode til indsamling og genanvendelse af drikkevarekartoner samt pizzabakker, der ikke krævede en efterfølgende sortering på et automatisk sorteringsanlæg.

Forsøget skulle afklare, om der er basis for at etablere en permanent ordning for indsamling og genanvendelse af drikkevarekarton og pizzabakker sammen med pap og karton i Københavns Kommune.

Forsøgsperioden var oprindelig planlagt til opstart den 11. oktober 2013 og afslutning den 25. april 2014. Forsøget fortsatte dog til den 1. september 2014.

Information: Opslag i gård, møde med viceværter og gårdmænd, kommunen har husstandsomdelt informationsmateriale til alle husstande i området, postkort til borgerne, tryk på mælkekartoner, mærkning af beholdere under forsøget.

Resultat: Fra 2013 til 2014 er den indsamlede mængde pap i hele København steget med 12,8 %. Det svarer til, at der i 2013 er indsamlet knap 12 kg pap per husstand, mens det i 2014 var lidt over 13 kg per husstand. En væsentlig årsag til denne stigning er sandsynligvis en øget internethandel, dvs. øget forsendelse af pakker.

Pap-/kartonfraktionen bestående af drikkevarekarton og pizzabakker sammen med pap og karton blev afsat til Fiskeby Board i Sverige. Fiskeby har udtaget borekerneprøver i oktober 2014, dels af mængder fra forsøgsområdet og dels af mængder fra resten af kommunen samlet.

Borekerneprøverne viser en begrænset forskel på andel af fødevarekartoner i forsøgsområdet og resten af kommunen, nemlig henholdsvis 4,1 % mælkekartoner i forsøgsområdet og 3 % i den resterende del af kommunen.

I forsøget i Københavns Kommune blev pap-/ kartonfraktionen afsat til Fiskeby i Sverige. Københavns Kommune oplyser, at andre modtagere af en tilsvarende papfraktion er Stora Enso i Finland. Andre anlæg, der genanvender drikkevarekarton som en ren fraktion, er ifølge Københavns Kommune:

- Mondi, PNM, og Delkeskamp i Tyskland
- Mondi, TOP, Fabryka Papieru Beskidy i Polen
- Sonoco i Storbritannien (under etablering²¹).

I notatet fra Københavns Kommune oplyses det, at flere andre lande indsamler drikkevarekarton som en del af en "let emballagefraktion", hvor drikkevarekarton frasorteres på et automatisk sorteringsanlæg.

Der har ikke været meldinger om arbejdsmiljøproblemer hos cphWaste, hvor ballerne har været lagret i op til tre måneder, og der har ikke været klagelignende henvendelser fra borgere, viceværter eller gårdmænd²¹.

2.2.2 Vejen Kommune 2015-2016

I forbindelse med gennemførelse af projektet "Nye danske metoder til øget genanvendelse af plast, tekstil og kartonfibre" indsamles på forsøgsbasis fødevarekartoner hos 400 husstande i Vejen Kommune.

Fødevarekartonerne indsamles i en kildeopdelt fraktion sammen med papir, pap og plastfolie. Ved efterfølgende sortering på anlæg ved Dansk Affald A/S frasorteres pap og plastfolie, mens fødevarekartonerne afsættes sammen med papirfraktionen. Dette er kun muligt, fordi der er tale om ganske få husstande, hvorfra der indsamles fødevarekartoner, set i forhold til den samlede papirmængde hos Dansk Affald A/S.

2.2.3 Vejen Kommune 2014

I perioden primo maj-medio december 2014 blev der i Holsted i Vejen Kommune gennemført et forsøg hos 356 husstande. I forsøgsperioden blev husstandene - der allerede havde en dobbeltbeholder til kildeopdelte genanvendelige fraktioner - bedt om at placere tekstiler og drikkevarer sammen med papir, pap og plastfolie samt flere plastemner i fraktionen med glas- plast- og metalemballager.

I forsøgsperioden blev der indsamlet en gennemsnitlig mængde drikkevarer svarende til 2,6 kg pr. husstand pr. år²³.

2.2.4 Tønder Kommune

I forbindelse med projekt "Øget genanvendelse og mindre fejlsortering i etageboligområder" i Tønder Kommune gennemføres et forsøg hos 140 husstande i etageboliger i Tønder. I denne forbindelse er opstillet separate beholdere til fødevarekartoner.

2.2.5 Tversted by - Hjørring Kommune

I ni måneder i 2014 deltog Tversted by i projekt "Nulskrald". I den forbindelse blev der opstillet beholdere på de lokale genbrugspladser til opsamling af mælkekartoner. Fraktionen blev sendt til Rostock i Tyskland til videre genanvendelse²⁴.

2.2.6 Sønderborg Kommune

I fem uger i foråret 2015 gennemførte Sønderborg Kommune et "Nulskraldsprojekt". I disse fem uger gjorde en række beboere (122 lejebolige i kommunen) en indsats for at minimere deres restaffald. Det vurderes i af rapporteringen af projektet, at ca. 25 % af beboerne deltog i diverse arrangementer i forbindelse med forsøget. Hvor mange af de 122 lejebolige, der deltog aktivt i forsøget, vides ikke.

Ud over de planlagte beholdere blev der på beboernes opfordring opsat beholdere til bl.a. indsamling af mælke- og juicekartoner.

I forsøgsperioden blev indsamlet i alt 27 kg mælke- og juicekartoner svarende til i gennemsnit 0,044 kg pr. husstand pr. uge (2,3 kg pr. husstand pr. år).

2.2.7 Fredericia Kommune

I foråret 2015 indførte Fredericia Kommune en ordning, hvor borgerne kunne aflevere mælkekartoner på genbrugspladserne. Mælkekartoner afsættes i Sverige.

Fra 2016 kan borgere i Fredericia Kommune aflevere mælke-/juicekartoner i klare sække, der vil blive indsamlet ved husstanden parallelt med øvrige genanvendelige fraktioner. Indsamlingen foregår 11 gange pr. år^{25,26}. Indsamlingen foregår hos husstande i både enfamilieboliger og

²³ S.A.G.A II, Dansk Affald A/S

²⁴ <https://dakofa.dk/element/vendsysselsk-by-med-i-projekt-nulskrald/>

²⁵ <http://www.fredericia.dk/Borger/Natur-miljo/Sider/Affald/Genbrug-i-Fredericia.aspx>

etageboliger. Ved etageboliger skal husstandene placere mælke-/juicekartonerne i beholderen til pap.

Derudover indsamles der mælke-/juicekartoner fra de kommunale institutioner.

Der er tale om permanente ordninger i Fredericia Kommune.

2.2.8 Faxe Forsyning

Borgerne i Faxe Forsynings område har en dobbeltbeholder til to kildeopdelte fraktioner, henholdsvis papir, pap og plastfolie samt metal og hård plast.

I Faxe Forsynings område gennemførte man i otte måneder et forsøg hos 462 husstande med en indsamling af mælke-/juicekartoner, hvor kartonerne måtte placeres i papir/pap/plastfolie-delen af dobbeltbeholderen. I februar 2015 blev ordningen gjort permanent hos de 462 husstande.

2.3 Indsamlingsløsninger i udlandet

I udlandet er genanvendelse typisk drevet af producentansvar.

Typisk foregår indsamling af drikkevarekartoner:

- Sammen med alle de genanvendelige fraktioner
- Sammen med papir og/eller pap
- Sammen med andre letvægtsemballager som plastflasker og metaldåser
- Som en særskilt fraktion²⁷.

Nedenfor er indsamling i Norge, Sverige og Østrig beskrevet nærmere.

2.3.1 Norge

I Norge er indsamlingsordningen for drikkevarekartoner veletableret og blev katalyseret af etableringen af Norsk Returkartong A/S i 1994; en sammenslutning af drikkevarekartonproducenter, -pakkere og -påfyldere.

Drikkevarekartoner er i denne sammenhæng defineret som engangsemballage til flydende varer, som mælk, juice og drikkeyoghurt samt karton til saucer, buddinger, flydende skylle- og vaskemidler og lignende²⁸.

Drikkevareemballagen indsamles sammen med papir og pap og afsættes til IL Recycling, hvor papir sorteres fra i Norge²⁹, inden pap og kartoner sendes til genanvendelse i Sverige på anlægget Fiskeby Board i Norrköping³⁰.

To faktorer driver genanvendelsen:

- Alle drikkevarekartoner er pålagt en miljøafgift på 1,26 NOK/karton. Den udregnes efter returandelen, så jo mere der genanvendes, jo mindre afgift. Hvis indsamlingsprocenten når op på 95 %, bortfalder afgiften helt.
- Norsk Returkartong-lotteriet uddeler præmier for 1,6 mio. NOK fordelt på 120 præmier på 10.000 NOK og 4 præmier af 100.000 NOK. Alle kan deltage; privatpersoner, organisationer, skoler, børnehaver o.a. For at deltage skal seks styk tomme og skyllede drikkevarekartoner placeres i en åben karton. Der skrives navn

²⁶ Telefonisk kontakt med Arne Hansen den 24. februar 2016

²⁷ ACE - The Alliance for Beverage Cartons and the Environment – hjemmesiden:

<http://www.beveragecarton.eu/en/beverage-cartons-3/recovery-and-recycling/recycling-process>

²⁸ Grønt punkt faktaark – hjemmesiden: <http://www.grontpunkt.no/files/dmfile/Faktaark201121.pdf>

²⁹ Sortere.no – hjemmesiden: http://sortere.no/#kategori/26?&_suid=13772425120330296744404715028

³⁰ Grønt Punkt – hjemmesiden: <http://www.grontpunkt.no/gjenvinning/husholdning/drikkekartong>

og telefonnummer på ”kubben” (i alt syv kartoner), som herefter afleveres til det kommunale indsamlingssystem²⁸.

I 2012 returnerede nordmændene 92 % af de brugte drikkevarekartoner. Ca. 56 % af de brugte kartoner blev materialeudnyttet, mens 36 % blev udnyttet til energi³⁰.

2.3.2 Sverige

I Sverige behandles de indsamlede mælkekartoner sammen med andre former for pap, herunder fx pizzabakker.

I Sverige genanvendes i dag 30 % af alle mælkekartoner³¹. På et anlæg som Fiskeby, adskilles fødevarekartoner i tre fraktioner: papir, plast og aluminium. Papirdelen genanvendes, hvorimod plast- og aluminiumsdelen stadig forbrændes³².

2.3.3 Østrig

I Østrig opsamles drikkevarekartonerne i en ”Ökobox” (en papkasse), der indsamles og sendes til Kartonfabrik Mayr Melnhof, hvor kartonerne pulpes, og fibrene genanvendes.

Der praktiseres husstandsindsamling af drikkevarekartoner i dele af Østrig. Denne indsamlingsform dækker 38 % af den østrigske befolkning. Her ombyttes den fyldte kasse med en tom. Derudover kan ”Ökobox” afhentes og afleveres i alle postfilialer og ved 30 % af genbrugspladserne. Endelig kan drikkevarekartoner placeres i ”den gule” beholder eller pose (afhængig af sted), men herfra vil kartonerne i stedet gå til forbrænding. I 2012 blev der indsamlet 7.700 ton via Ökobox og 7.300 ton i de gule beholdere til forbrænding³³.

2.4 Sorterings- og oparbejdningsanlæg

Sortering af drikkevarekartoner afhænger af, hvilke andre fraktioner der indsamles sammen med drikkevarekartonerne, samt af oparbejdningsanlæggenes modtagekrav.

I Østrig, hvor drikkevarekartoner indsamles som en separat fraktion, foretages der ikke sortering. Nogle steder indsamles papir, pap og drikkevarekartoner som en samlet fraktion, der oparbejdes uden forudgående sortering.

Rundt om i Europa findes der sorteringsanlæg, hvor der foregår en automatiseret frasortering af drikkevarekartoner fra plast- og metalemballager, og (som i Norge) fra papir og pap⁸. Ved sorteringen anvendes bl.a. NIR-teknologi til frasortering af drikkevarekartonerne³⁴.

Der findes i Europa omkring 20 papirfabrikker, der genanvender brugte drikkevarekartoner²⁷. Tre store aftagere af brugte drikkevarekartoner er Papierfabrik Niederauer Mühle (PNM) i Tyskland, Stora Enso Barcelona i Spanien og Kartonfabrik Mayr Melnhof i Østrig.

I det store hele er processen på disse anlæg ikke meget anderledes end på anlæg, der alene modtager papir og pap. Først neddeles kartonerne i mindre stykker. Traditionelt set er det neddelte karton blevet behandlet i en pulper (et stort kar med en omrører), hvor affaldet omrøres, indtil fibrene er løsrevet fra plastfolien.

³¹ Ingeniørens hjemmeside, 3. oktober 2013, Christian Poll, Danmarks Naturfredningsforening, <http://ing.dk/artikel/thorning-tager-fejl-maelkekartoner-kan-sagtens-genanvendes-162240>

³² Increasing Paper and Carboard Collection for Recycling in Denmark, p. 9

³³ Ökobox – hjemmesiden: <http://www.oekobox.at/>

³⁴ MSS Cartonsort – hjemmesiden: http://www.magsep.com/wp-content/uploads/_page_brochure_file/360-a36b6dbd.pdf

En nyere teknologi er at føre kartonet sammen med vand ind igennem en roterende tromle, hvilket kan minde om en vaskemaskine³⁵.

2.5 Opgørelse af fødevarekartonmængder

I det følgende er det via et litteraturstudie forsøgt at angive størrelsesordenen for mængden af fødevarekartoner, der kan forventes i affaldet fra husstandene.

Af Tabel 2.1 fremgår de rapporter og lignende, der er indgået i nærværende litteraturstudie.

TABEL 2.1

OVERSIGT OVER RAPPORTER OG LIGNENDE, DER ER INDGÅET I LITTERATURSTUDIET.

Rapporter	
INNOSORT - Affaldsanalyse Etageboliger og enfamilieboliger	I projektet INNOSORT er gennemført en række affaldsanalyser for etageboliger og enfamilieboliger i Aarhus Kommune. Der er foretaget opgørelser af fødevarekartoner registreret i dagrenovationsfraktionen
INNOSORT – Affaldsanalyse Aarhus Midtby	I projektet INNOSORT er gennemført en række affaldsanalyser for etageboliger med nedgravede løsninger i Aarhus Midtby. Der er foretaget opgørelser af fødevarekartoner registreret i dagrenovationsfraktionen
S.A.G.A. - Madaffald	I forbindelse med gennemførelse af S.A.G.A. - Madaffald blev der gennemført sorteringer af de indsamlede fraktioner. Afrapporteringen viser mængden af ”Tetrapak” i restaffaldsfraktionen. Hvad fraktionen ”Tetrapak” dækker, er ikke helt klart
Kortlægning af dagrenovation i enfamilieboliger med særligt fokus på madspild, batterier og småt elektronikaffald. Miljøprojekt nr. 1414, 2012	Ved de gennemførte affaldsanalyser i forbindelse med projektet blev fødevarekartoner registreret og opdelt i tre fraktioner
Kortlægning af dagrenovation i Danmark. Med fokus på etageboliger og madspild Undgå affald, stop spild nr. 1, 2014	Ved de gennemførte affaldsanalyser i forbindelse med projektet blev fødevarekartoner registreret og opdelt i tre fraktioner
Øget genanvendelse og mindre fejlsortering i etageboliger, Puljeprojekt; Miljøstyrelsen 2016 – Tønder	Ved en gennemført affaldsanalyse blev fødevarekartoner registreret dels indsamlet i separat beholder og dels i dagrenovationsfraktionen og i genanvendelige fraktioner
Rapporten: Restaffald i Haderslev, Sønderborg og Aabenraa kommuner – Mængder og sammensætning af dagrenovation fra forskellige boligtyper med forskellige affaldsordninger	Mælkekartoner og pizzabakker indgår i denne rapport i en fraktion benævnt ”Snavset pap og karton”. Mængden af fødevarekartoner kan således ikke udledes af denne rapport

³⁵ FKN - Der Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V, løst oversat: Organisationen for kartonemballage til flydende levnedsmidler – hjemmesiden: <http://www.getraenkekarton.de/Technik/Trennung-mit-konventioneller-Technik+92>

2.5.1 INNOSORT - Affaldsanalyser gennemført i Aarhus Kommune maj 2014

Af Tabel 2.2 fremgår mængder registreret i dagrenovationen ved affaldsanalyse gennemført i maj måned 2014. Ved denne affaldsanalyse blev drikkevarekartoner og øvrige fødevarekartoner registreret hver for sig. Affaldsanalysen er gennemført for dagrenovation opsamlet fra husstande i enfamilieboliger og fra husstande i etageboliger henholdsvis med og uden affaldsskakt.

Der var tale om 294 husstande i enfamilieboliger og 586 husstande i etageboliger, fordelt på 290 etageboliger med affaldsskakt og 296 husstande uden affaldsskakt.

TABEL 2.2

FØDEVAREKARTONER REGISTRERET VED AFFALDSANALYSE GENNEMFØRT I AARHUS KOMMUNE MAJ 2014.

FØDEVAREKARTONER REKVISITERET VED AFFALDSINDELSEN Gennemført i perioden 1. januar 2014							
Boligtype	Drikkevare- kartoner		Øvrige fødevare- kartoner		I alt		Procentvis andel i den samlede mængde dagreno- vation
	Kg pr. husstand pr.		Kg pr. husstand pr.		Kg pr. husstand pr.		
	uge	år	uge	år	uge	år	
Enfamilie- boliger	0,215	11,180	0,076	3,952	0,291	15,132	2,6 ³⁶
Etageboliger i alt	0,099	5,148	0,044	2,288	0,143	7,436	2,3 ³⁷
Etageboliger med affaldsskakt	0,108	5,616	0,052	2,704	0,160	8,32	3,1 ³⁸
Etageboliger uden affaldsskakt	0,090	4,680	0,036	1,872	0,126	6,552	1,7 ³⁹

Som det fremgår af Tabel 2.2, blev der ved affaldsanalysen gennemført i Aarhus Kommune i maj måned 2014 registreret en gennemsnitlig mængde fødevarekartoner på 0,143 kg pr. husstand pr. uge ved etageboliger og 0,291 kg pr. husstand pr. uge ved enfamilieboliger.

2.5.2 INNOSORT - Affaldsanalyser gennemført i Aarhus Kommune for nedgravede containere i Aarhus Midtby

Af nedenstående Tabel 2.3 fremgår mængder registreret i dagrenovationen ved affaldsanalyse gennemført i januar måned 2014 for affald opsamlet i nedgravede containere i Aarhus Midtby. Ved denne affaldsanalyse blev drikkevarekartoner og øvrige fødevarekartoner registreret samlet. Affaldsanalysen er gennemført for dagrenovation opsamlet fra husstande med nedgravede containere i Aarhus midtby. Affaldsanalysen blev gennemført for seks lokationer med nedgravede containere, og mængderne er opgjort for hver af de seks lokationer.

Der skal gøres opmærksom på, at det eksakte antal husstande, der anvender de nedgravede containere, ikke kendes, men AffaldVarme Aarhus har estimeret antallet til i alt ca. 361 husstande.

³⁶ Dagrenovationsmængden udgør i alt 11,245 kg pr. husstand pr. uge

³⁷ Dagrenovationsmængden udgør i alt 6,278 kg pr. husstand pr. uge

³⁸ Dagrenovationsmængden udgør i alt 5,193 kg pr. husstand pr. uge

³⁹ Dagrenovationsmængden udgør i alt 7,344 kg pr. husstand pr. uge

Den samlede restaffaldsmængde pr. husstand pr. år registreret ved affaldsanalyse svinger fra 3,415 kg til 13,606 kg. Mængderne er derfor behæftet med en ikke kendt usikkerhed. Som det fremgår af tabellen, svinger den procentvis andel af mælkekartoner ikke så meget som den eksakte mængde registreret ved affaldsanalysen.

TABEL 2.3

FØDEVAREKARTONER REGISTRERET VED AFFALDSANALYSE GENNEMFØRT I AARHUS KOMMUNE JANUAR 2014.

Boligtype	Fødevarekartoner Samlet		Procentvis andel af fødevarekartoner i den samlede mængde dagrenovation.
	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år	%
Etageboliger med nedgravede containere - Samlet	0,182	9,464	3,2 ⁴⁰
Skanderborgvej	0,164	8,528	2,5 ⁴¹
Tøndergade	0,206	10,712	3,5 ⁴²
Brendstrupvej	0,105	5,46	3,1 ⁴³
Grønnegade	0,486	25,272	3,6 ⁴⁴
Barthsgade	0,123	6,396	3,2 ⁴⁵
Brammersgade	0,192	9,984	2,9 ⁴⁶

Som det fremgår af Tabel 2.3, blev der ved affaldsanalysen gennemført i Aarhus Kommune i januar måned 2014 registreret en gennemsnitlig mængde fødevarekartoner på 0,182 kg pr. husstand pr. uge ved etageboliger. Affaldsanalysen blev gennemført ved nedgravede containere og opgjort for seks forskellige lokationer. Mængden fra de seks lokationer svinger fra 0,123 kg til 0,486 kg pr. husstand pr. uge.

⁴⁰ Dagrenovationsmængden udgør i alt 5,737 kg pr. husstand pr. uge

⁴¹ Dagrenovationsmængden udgør i alt 6,638 kg pr. husstand pr. uge

⁴² Dagrenovationsmængden udgør i alt 5,913 kg pr. husstand pr. uge

⁴³ Dagrenovationsmængden udgør i alt 3,415 kg pr. husstand pr. uge

⁴⁴ Dagrenovationsmængden udgør i alt 13,606 kg pr. husstand pr. uge

⁴⁵ Dagrenovationsmængden udgør i alt 3,791 kg pr. husstand pr. uge

⁴⁶ Dagrenovationsmængden udgør i alt 6,531 kg pr. husstand pr. uge

2.5.3 S.A.G.A. - Madaffald

I forbindelse med forsøget S.A.G.A. - Madaffald blev der blandt andet gennemført en sortering af restaffaldsfraktionen. Fire læs blev udtaget til sortering, og sorteringen omfattede 10 % af hvert af de fire læs.

Indsamlingsforsøget blev gennemført hos 300 husstande i Holsted i Vejen Kommune i en periode på fire måneder (1. november 2012 – 28. februar 2013).

Af Tabel 2.4 fremgår mængder registreret i dagrenovationen.

TABEL 2.4

TETRA PAK REGISTRERET VED SORTERING I FORSØGET S.A.G.A. – MADAFFALD 2012/2013.

Boligtype	Tetrapak		Procentvis andel af Tetrapak i den samlede mængde dagrenovation ⁴⁷
	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år	%
Enfamilieboliger	0,380	19,56	5

Som det fremgår af Tabel 2.4, blev der ved sorteringen registreret en gennemsnitlig mængde på 0,380 kg pr. husstand pr. uge.

2.5.4 Kortlægning af dagrenovation i enfamilieboliger, Miljøprojekt nr. 1414, 2012

Opgørelsen i rapporten er opdelt i kartoner til mælkeprodukter, kartoner til juice o.l. og karton til fødevarer (bagerkager, takeaway).

TABEL 2.5

DATA FRA "KORTLÆGNING AF DAGRENOVATION I ENFAMILIEBOLIGER", MILJØPROJEKT NR. 1414, 2012

Enfamilieboliger	Fødevarekartoner Samlet		Procentvis andel af fødevarekartoner i den samlede mængde dagrenovation.
	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år	%
Kartoner til mælkeprodukter	0,262	14	
Kartoner til juice o.l.	0,048	2	
Karton til fødevarer (bagerkager, takeaway)	0,023	1	
Fødevarekartoner i alt	0,333	17	

⁴⁷ Dagrenovationsmængden udgør i alt 7,390 kg pr. husstand pr. uge.

Som det fremgår af Tabel 2.5, er der registreret en gennemsnitlig mængde mælke- og juicekartoner på 0,310 kg pr. husstand pr. uge (0,262 kg + 0,048 kg). Den samlede mængde fødevarekartoner udgjorde 0,333 kg pr. husstand pr. uge.

2.5.5 Kortlægning af dagrenovation i Danmark. Med fokus på etageboliger og madspild. Undgå affald, stop spild, nr. 1, 2014

Opgørelsen i rapporten er opdelt i kartoner til mælkeprodukter, kartoner til juice o.l. samt kartoner til fødevarer (bagerkager, takeaway).

Papir- og papemballageaffald udgør ifølge tabel 4.1, side 53 i rapporten 0,63 kg pr. husstand pr. uge svarende til 32,8 kg pr. husstand pr. år.

Ifølge tabel 3.11, side 42 i rapporten udgør:

TABEL 2.6

DATA FRA "KORTLÆGNING AF DAGRENOVATION I DANMARK MED FOKUS PÅ ETAGEBOLIGER OG MADSPILD. UNDGÅ AFFALD, STOP SPILD, NR. 1, 2014".

	Gladsaxe	Odense med affaldsskakt	Odense uden affaldsskakt
Kartoner til mælkeprodukter	25,4 %	32,7 %	23,6 %
Kartoner til juice o.l.	3,4 %	9,2 %	7,6 %
Kartoner til fødevarer (bagerkager, takeaway)	3,2 %	2,4 %	2,4 %
Kartoner i alt	32,0 %	44,3 %	33,6 %

På baggrund af denne procentfordeling og den samlede mængde papir- og papemballageaffald angivet i rapporten er nedenstående samlede mængde fødevarekartoner beregnet.

TABEL 2.7

BEREGNET MÆNGDE FØDEVAREKARTONER FOR GLADSAXE OG ODENSE.

Etageboliger	Gladsaxe		Odense med affaldsskakt		Odense uden affaldsskakt	
	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år
I alt	0,202	10,496	0,279	14,530	0,212	11,021

2.5.6 Øget genanvendelse og mindre fejlsortering i etageboliger, Miljøstyrelsen, puljeprojekt

Ved en affaldsanalyse gennemført i forbindelse med forsøg hos etageboliger i Tønder blev der gennemført sorteringer af samtlige fraktioner (to kildeopdelte fraktioner med tørre, genanvendelige materialer, specialbeholdere til fødevarekartoner og dagrenovation). Sorteringer blev gennemført for to etageboligområder med henholdsvis 44 husstande og 76 husstande.

I det ene område (44 husstande) blev der registreret en samlet gennemsnitlig mængde fødevarekartoner svarende til 0,27 kg pr. husstand pr. uge. Omregnet til årsbasis er der tale om 14,04 kg pr. husstand pr. år.

I det andet område (76 husstande) blev der registreret en samlet gennemsnitlig mængde fødevarekartoner svarende til 0,22 kg pr. husstand pr. uge. Omregnet til årsbasis er der tale om 1,44 kg pr. husstand pr. år.

2.6 Sammenstilling af mængder registreret i litteraturstudie

TABEL 2.8

SAMMENSTILLING AF MÆNGDER AF FØDEVAREKARTONER FRA LITTERATURSTUDIE.

Boligtype	Kg pr. husstand pr. uge	Kg pr. husstand pr. år
Enfamilieboliger ⁴⁸	0,291	15,132
Enfamilieboliger ⁴⁹	0,380	19,76
Enfamilieboliger ⁵⁰	0,333	17,316
Gennemsnit enfamilieboliger	0,335	17,403
Etageboliger, Aarhus med affaldsskakt ⁴⁸	0,160	8,320
Etageboliger, Aarhus uden affaldsskakt ⁴⁸	0,126	6,552
Etageboliger med nedgravede containere, Aarhus ⁵¹	0,182	9,464
Etageboliger, Gladsaxe ⁵²	0,202	10,496
Etageboliger, Odense med affaldsskakt ⁵²	0,279	14,530
Etageboliger, Odense uden affaldsskakt ⁵²	0,212	11,021
Etageboliger, Tønder – område 1	0,270	14,040
Etageboliger, Tønder – område 2	0,220	11,440
Gennemsnit etageboliger	0,206	10,733

Samlet vurdering

Der foregår stort set ikke indsamling af fødevarekartoner i Danmark. En række kommuner har dog gennemført forsøg med indsamling af disse – typisk en indsamling sammen med pap/karton.

Som det fremgår af Tabel 2.8 udgør den gennemsnitlige, potentielle mængde fødevarekartoner fra litteraturstudiet 14,4 kg pr. husstand pr. år for enfamilieboliger og 10,7 kg pr. husstand pr. år for etageboliger.

⁴⁸ INNOSORT, affaldsanalyse gennemført i Aarhus Kommune, maj 2014

⁴⁹ S.A.G.A. - Madaffald

⁵⁰ Kortlægning af dagrenovation i enfamilieboliger, Miljøprojekt nr. 1414, 2012

⁵¹ INNOSORT Affaldsanalyse gennemført i Aarhus Kommune, januar 2014

⁵² Kortlægning af dagrenovation i Danmark. Med fokus på etageboliger og madspild. Undgå affald, stop spild nr. 1, 2014

Ifølge Affaldsstatistikken for 2015⁵³ gik 1.730.000 tons af husholdningsaffaldet i 2015 til forbrænding – svarende til ca. 656 kg pr. husstand pr. år.

Et forenklet gennemsnit af mængden af fødevarekartoner for enfamilieboliger og etageboliger viser en årlig mængde på 12,6 kg pr. husstand, svarende til godt 2 % af den årlige mængde til forbrænding. Såfremt samtlige fødevarekartoner blev genanvendt, ville det svare til, at den samlede genanvendelse i Danmark ville stige med 2,5 % (1.528.000 tons i 2015⁵³).

Til sammenligning blev der i det aktuelle forsøg i Vejen Kommune kun indsamlet en mængde svarende til godt 2 kg pr. husstand pr. år. Forsøgsområde udgøres primært af enfamilieboliger.

⁵³ Affaldsstatistik 2015, Miljø- og Fødevareministeriet, Miljøprojekt nr. 1941

3. Automatisk frasortering af udvalgte emner

I kapitlet behandles de tekniske overvejelser og de undersøgelser, der er udført gennem projektet, med henblik på at undersøge muligheden for at detektere specifikke affaldsemner. Kapitlet er opdelt i fire sektioner, der behandler henholdsvis udsortering af indsamlingsposer til tekstiler, udsortering af fødevarer, udsortering af plast med restindhold/fødevarerforurenet samt metoder til frasortering af færemærkede beholdere.

3.1 Udsortering af indsamlingsposer til tekstil

Som beskrevet i afsnit 1.1.6, er der i projektet udført et forsøg med indsamling af alle former for tekstiler i plastposer, forudsat at tekstilerne er rene og tørre. Indsamlingskriterierne omhandler alle former for tekstiler både tekstiler, der direkte kan genbruges, og tekstiler, der kan genanvendes, fx defekte tekstiler.

Da planen med indsamlingen af poserne er at udvikle en metode til frasortering af poserne med et visionbaseret system, er det valgt at forsyne poserne med stregkoder på begge sider af posen som vist på Figur 16.



FIGUR 16
BILLEDE AF FORSIDEN AF INDSAMLINGSGE
TIL TEKSTILER. STREGKODEMØNSTRET GØR POSEN
LET GENKENDELIG.

Stregkodemønstret er placeret på venstre og højre side af posen, mens der i midten af posen er vist information til borgerne angående anvendelse af posen. Stregkodemønstret findes på både for- og bagsiden af posen.

Stregkoder har ofte et meget karakteristisk udseende. Under normale omstændigheder, hvor stregkoden er placeret på en plan flade, vil der være tale om et vekslende mønster af sorte og hvide striber. Robusthed af stregkoderne, dvs. afkodning med meget lav fejlråde, kan opnås ved at stille yderligere krav til stregkodens udformning. Stregkoden kan eksempelvis konstrueres således, at den begynder og slutter med et karakteristisk stregkodemønster for nemmere at kunne identificere kodens placering og udstrækning, eller kodens vekslende streger kan have en minimum- eller maksimumtykkelse. Ydermere kan kodens endelige længde og højde være forudbestemt, hvilket alt

sammen kan indgå som kriterier i databehandlingsalgoritmen og således øge algoritmens chancer for succesfuldt at finde og afkode strekkoden.

Forsøget med at anvende strekkoder printet på indsamlingsposer til tekstil havde til formål at opnå en sikker udsortering af disse poser, da strekkoderne gør poserne nemt genkendelige blandt øvrigt affald. Øvrige visuelle identifikationsmønstre er ikke undersøgt i dette projekt. Ved at anvende strekkoder kan man udnytte en eksisterende billedbehandlingsteknologi til at lokalisere strekkoderne og dermed de poser, strekkoderne er printet på.

Ved et dataindsamlingsforsøg hos Dansk Affald A/S 24. maj 2016 blev affaldsfraktionen indeholdende indsamlingsposer til tekstil observeret. Figur 17 viser, hvordan et kamera blev placeret over det eksisterende transportbånd i anlæggets sorteringskabine. Erfaringer fra dataopsamlingen førte til følgende bemærkninger:

- Indsamlingsposen kan folde på en sådan måde, at intet af strekkoden er synlig.
- Indsamlingsposen, som strekkoden er printet på, vil på grund af posens indhold ofte folde og skabe komplekse overfladestrukturer, hvor dele af posen vil dække over sig selv eller ikke være synlig ved inspektion vertikalt ned på transportbåndet.



FIGUR 17
KAMERA PLACERET OVER EKSISTERENDE TRANSPORTBÅND I SORTERINGSKABINEN.

I dataopsamlingsforsøget var indsamlingsposerne blandet med papir, pap og plastfolie. Papir som aviser, tidsskrifter og lignende med sort skrift på hvid baggrund deler nogle af de teksturkarakteristika, der kendetegner strekkoder i form af skiftevis hvide og sorte linjer. Dette kan give anledning til detektion af falske strekkoder, dvs. at fx aviser genkendes/frasorteres.

Strekkodedetektering er en kendt teknik, og i et forsøg på at udnytte eksisterende erfaringer blev strekkoderne på indsamlingsposerne forsøgt detekteret ved hjælp af kommercielt tilgængelig software beregnet til strekkodedetektering og -afkodning. Det skal her bemærkes, at softwaren ved test som udgangspunkt kun forventes at kunne genkende de poser, hvor der er synlige strekkoder og ikke poser, hvor strekkodemønstret er skjult af overliggende/dækkende aviser el.lign. Metoden blev testet i laboratorieforsøg og beskrives i følgende afsnit.

3.1.1 Test af metode til identifikation af plastposer med strekkodemønstre

For at afprøve tesen om, at plastposerne til tekstil kan lokaliseres ved at detektere strekkoderne på posens sider, blev der udført laboratorieforsøg i Teknologisk Instituts forsøgsopstilling kaldet SensorLab.

Ved testen blev benyttet eksisterende kommerciel software til strekkodedetekktion.

Udviklingsarbejdet har bestået i at finde passende algoritmeparametre til den benyttede databehandlingsalgoritme.

Den anvendte algoritme er en del af Halcon-softwarepakken fra MvTEC, og softwaren giver mulighed for at justere detektionsalgoritmen gennem en række parametre.

Til at teste metoden blev der opsamlet et datasæt med billeder af fyldte indsamlingsposer blandet med pap og papir. For at finde egnede parametersæt blev der opstillet en algoritme, der systematisk afprøver og bedømmer styrken af hvert parametersæt i forhold til evnen til at finde sande og falske positiver ("rigtige" og "forkerte" strekkoder).

Det viste sig muligt at opstille et parametersæt, der udelukkende finder plastposer med synlige strekkodemønstre, uden at øvrige emner gav udslag (ingen falske positiver). Man kan også justere parametersættene til at finde en større del af posernes strekkode, men dette vil være på bekostning af en øget risiko for at detektere forkerte emner, som fx aviser med mønstre, der kan minde om strekkoder (flere genkendte poser, men også nogle falske positiver).

Ved efterfølgende gennemgang af billeddata, som stammede fra databehandling med det parametervalg, der giver færrest falske positiver, blev det klart, at strekkoderne blev detekteret i ca. halvdelen af de mulige tilfælde. Omvendt blev der ikke detekteret nogen falske positiver - dvs. at algoritmen kun fandt strekkoder på indsamlingsposerne og ikke fx tekst på en avis, som kunne minde om en strekkode. Dette er et brugbart resultat, da det også blev observeret, at der næsten altid blev detekteret dele af strekkoderne i de billeder, hvor der reelt er strekkode synlig. Denne information er tilstrækkelig til at kunne udføre en automatiseret identifikation og opsamling af emnet. Et eksempel kan ses på Figur 18, hvor det røde område markerer, hvor algoritmen mener, der er et strekkodemønster.



FIGUR 18
BILLEDE AF INDSAMLINGSDOSE MED PÅTRYKT
STREKKODE. RØD MARKERING ANGIVER, HVOR
ALGORITMEN HAR DETEKTERET ET STREKKODEMØNSTER.

Det er således positivt, at algoritmen kan genkende poser, hvor blot en del af stregkodemønstret er synligt, idet delvis synlighed vurderes typisk at ville være tilfældet, når poserne passerer på et transportbånd.

3.1.2 Evaluering

Ved at bruge eksisterende algoritmer udviklet til stregkodedetektion af mønstre på poser til tekstiler har det vist sig, at der opstår en risiko for at detektere lignende mønstre på andre emner. Derfor er det nødvendigt at finde en balance mellem at detektere alle potentielle stregkoder, dermed også falske stregkoder fra fx tekst på en avis, og kun at finde de relevante stregkoder stammende fra plastposerne til tekstiler. Det kunne gennem denne test konstateres, at det er muligt helt at udelukke falske positiver (fx tekst på en avis) mod til gengæld at acceptere, at et stort antal sande positiver ikke bliver detekteret. Dette kan ses på Figur 18, hvor det røde område markerer, hvor algoritmen mener, der er synlig stregkode. Det menneskelige øje kan dog hurtigt konstatere, at der er dele af stregkoden, der er synlig, og som algoritmen ikke har detekteret. Dette er et eksempel på, at balancen mellem at undgå falske positiver og at detektere hele stregkodemønstret betyder, at dele af stregkodemønstret ikke detekteres. Det detekterede område er dog tilstrækkelig stort til, at posen identificeres som en tekstilpose.

Forsøgene viste også, at det var muligt at udnytte eksisterende algoritmer til stregkodedetektion til at identificere indsamlingsposernes påtrykte stregkode, når blot en del af stregkoden var synlig. Ønskes metoden forbedret, vil en mulighed være at øge det overfladeareal på indsamlingsposen, der er dækket af stregkodemønstret, så det altid er synligt. Dette er muligvis ikke ønskværdigt, da det mindsker pladsen til de illustrationer og den tekst, der beskriver brugen af indsamlingsposen. En alternativ idé kunne være at printe stregkodemønstret med blæk, der er transparent i bølgelængder for synligt lys, men som reflekterer eller absorberer i bølgelængderne for nærinfrarødt lys. Derved påvirkes muligheden for påtrykt information om anvendelse af posen ikke. Hvis idéen skal testes, kræves supplerende udvikling af både teknik og metoder til tryk og til identifikation.

Data fra den afprøvede metode vurderes at kunne anvendes som input til en robot, der kan frasortere poserne. Dog kræves, at der benyttes løfteteknikker, som kan fjerne poserne, uden at de går i stykker (fx en gribeklo, der ikke er skarp). Endvidere skal robotten kunne løfte forholdsvis tunge poser med en vægt op til 10 kg.

3.2 Udsortering af plast med restindhold/fødevarerforurenet

Som det fremgår af afsnit 1.3.2 blev det på et styregruppemøde bestemt, at det ikke var relevant at færdigudvikle metoder til separation og tømning af emballage med restindhold, da den fundne mængde restindhold i emballage fra forsøgsområdet var begrænset. Da der evt. kan være indsamlingsområder, hvorfra der forekommer emballage med større mængder af restindhold er det valgt at opsummere og anbefale metoder, der kan anvendes til at detektere restindhold i eller uden på plastbeholdere.

3.2.1 Vurdering af mulige metoder til frasortering af ikke rengjort plast

Frasorteringen af ikke rengjort plast kræver, at den forurenede plast detekteres i den øvrige plastfraktion. I den følgende vurdering antages det, at plastfraktionen spredes ud i et jævnt lag under inspektionen, så de enkelte plaststykker ikke overlapper hinanden.

Tilstedeværelsen af restindhold antages at kunne deles op i to scenarier:

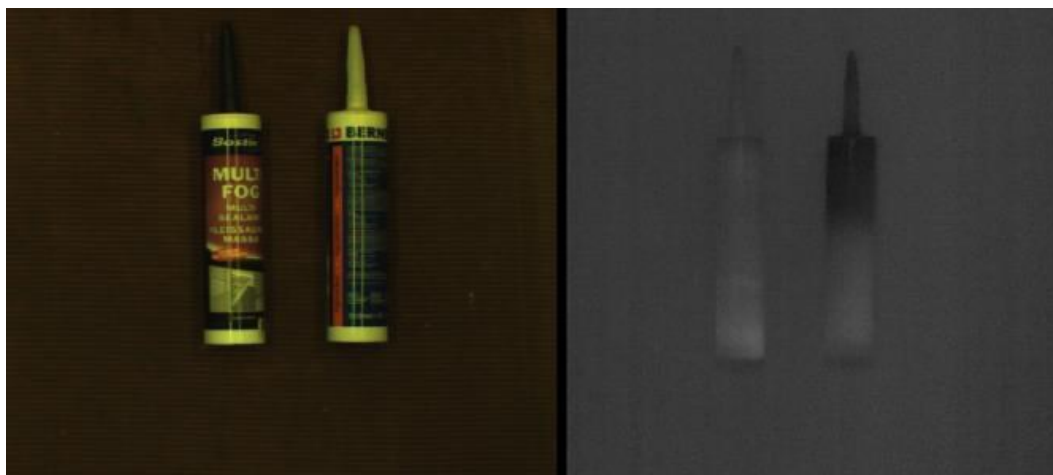
- Restmateriale i lukket beholder
- Restmateriale på overflade af åben beholder.

3.2.1.1 Scenarie 1: Restindhold i lukket beholder

Ved restindhold i lukket beholder har tidligere forsøg vist, at termografiske sensorer kan anvendes til at detektere dette. Det skal dog bemærkes, at teknikken kræver, at restindholdet er i kontakt med den flade af beholderen, som vender mod den termografiske sensor, og at denne flade som

minimum skal udgøre et kvadratisk areal på 25×25 pixel = 625 pixel. Derudover er det væsentligt at nævne, at teknikken baserer sig på en proces, hvor materialet opvarmes med konstant varme i et veldefineret tidsrum, hvorefter varmeafgivelsen måles to eller flere gange for at kunne estimere en model for afkølingen af en given beholder. Et eksempelsetup baseret på, at emnet fremføres på et transportbånd, kan bygges op på følgende måde: Transportbåndet bevæger sig med 1 m/s. Båndet føres igennem en varmekasse med konstant varme. Kassen har en længde på 1 meter, hvilket betyder, at emnet varmes op i 1 sekund. Efter varmekassen placeres et termisk kamera, der måler temperaturen af emnet umiddelbart efter, at det har passeret varmekassen. Et andet termisk kamera placeres 1 meter længere nede af båndet og måler dermed emnets temperatur 1 sekund efter, at opvarmningen er ophørt. Med disse to målinger kan man approksimere afkølingsfunktionen. Afkølingen vil afhænge af mængde af restindhold i emnet. Ønsker man, at båndet skal køre hurtigere, kan man øge varmekassens længde eller temperaturen i kassen samt adskille temperaturmålepunkterne yderligere. Den øvre grænse for hastigheden af denne måleproces vil blandt andet afhænge af emnets størrelse og af de termiske kameraers opløsning og eksponeringstid.

Figur 19 viser 2 billeder. Venstre billede er et almindeligt farvebillede af to fugesprøjter – den venstre fugesprøjte er tom, hvorimod den højre er halvt fuld. Højre billede er et termisk billede af de samme to fugesprøjter, og det ses, at den højre sprøjte ikke afgiver lige så meget varme som den venstre



FIGUR 19
DETEKTERING AF RESTINDHOLD I BEHOLDER. TIL VENSTRE: FARVEBILLEDE AT TO BEHOLDERE, HVOR BEHOLDER NR. 2 INDEHOLDER RESTPRODUKT. TIL HØJRE: SAMME BEHOLDERE I ET TERMOGRAFISK BILLEDE. BEHOLDER NR. 2 UDSENDER IKKE SAMME MÆNGDE VARMESTRÅLING (MØRK I TOPPEN).

Det vurderes, at termiske sensorer kan benyttes til at detektere beholdere med restindhold, givet at restindholdet har kontakt med den flade, der observeres af sensoren, samt at kontaktfladen som minimum udgør et kvadratisk areal på 625 pixels. Hvad det svarer til i fysiske mål afhænger af sensorens placering og opløsning.

Om det er økonomisk rentabelt at benytte metoden afhænger af den merværdi, som opnås ved salg af en affaldsfraktion, hvor der ikke forefindes beholdere med et restindhold over den detekterbare grænse i forhold til investering og driftsomkostninger. Dette vurderes ikke nærmere.

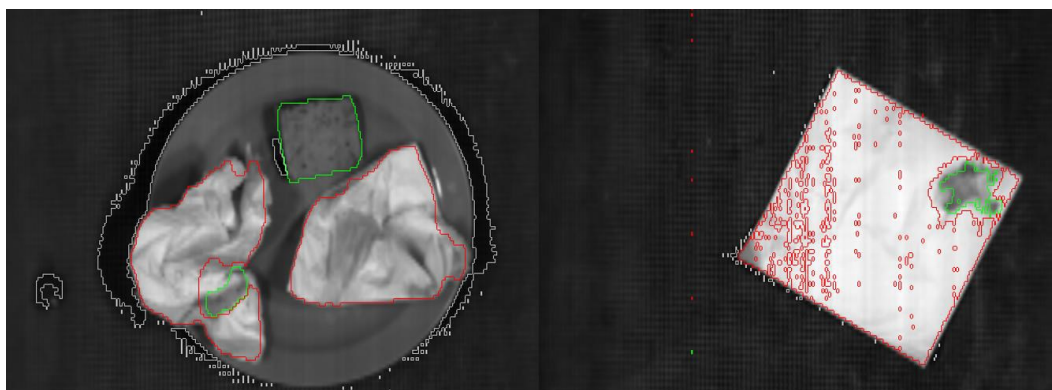
3.2.1.2 Scenarie 2: Restmateriale på overflade

Restmateriale på overflader af plastmateriale kan detekteres ved brug af hyperspektrale sensorer. Den kemiske sammensætning af et materiale giver udslag i et mere eller mindre unikt emissionsmønster for bølgelængderne i det nærinfrarøde område. Hvis der er restmateriale til stede

på en plastbeholder, vil det ændre overfladens kemiske sammensætning, hvilket vil være målbart med de rette sensorer og rette databehandling.

Forsøg har vist, at det er muligt at detektere organisk materiale på fx papir, hvilket kan være interessant, hvis man ønsker at undgå en papirfraktion forurenet med fødevarerester. Et typisk eksempel er pizzabakker med spor af organisk materiale.

Figur 20 viser et eksempel, hvor en fødevarer blev detekteret på en tallerken (grøn firkant er et stykke ost), samt 2 eksempler, hvor fødevarerester på papirservietter blev detekteret (ligeledes markeret med et grønt omrids).



FIGUR 20
BIOLOGISK MATERIALE MARKERET MED GRØNT OG PAPIR MARKERET MED RØDT.

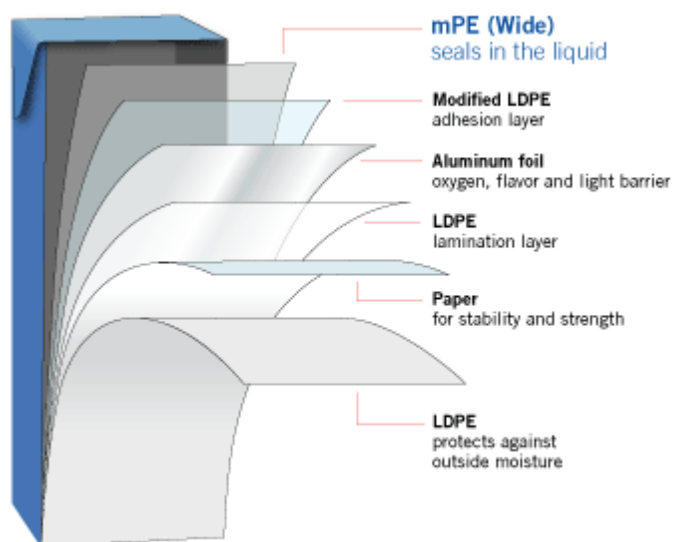
Restindhold i lukkede beholdere kan muligvis detekteres med røntgensensorer. Dette er ikke testet i projektet.

3.2.2 Evaluering

Det vurderes, at materiale af fx organisk art kan detekteres på overfladen af materialer såsom papir ved dataanalyse af emissionsspektre. Et sådant emissionsspekter kan opnås ved at benytte et hyperspektralt kamera. Økonomien ved anvendelse af metoden afhænger af den merværdi, der opnås ved at kunne frasortere organisk, forurenet materiale fra en fraktion af fx plastemballage eller papir i forhold til investering og driftsomkostninger for metoden.

3.3 Udsortering af fødevarekartoner

Karton, der anvendes til fødevarekartoner, er et sammensat materiale, der er fleksibelt, lystæt, vandtæt og robust for bare at nævne et par egenskaber. Kartonen er sammensat af flere forskellige materialetyper (se Figur 21). Sammensætningen af fibre gør fødevarekartonerne egnede til genanvendelse sammen med pap eller alternativt som en separat fraktion.



FIGUR 21
ILLUSTRATION AF DE FORSKELLIGE LAG, SOM KAN INDGÅ I FØDEVAREKARTONER FOR AT GIVE MATERIALET DE ØNSKEDE EGENSKABER (ALUMINIUMSLAG FINDES KUN I NOGLE EMBALLAGER, FX TIL JUICE).

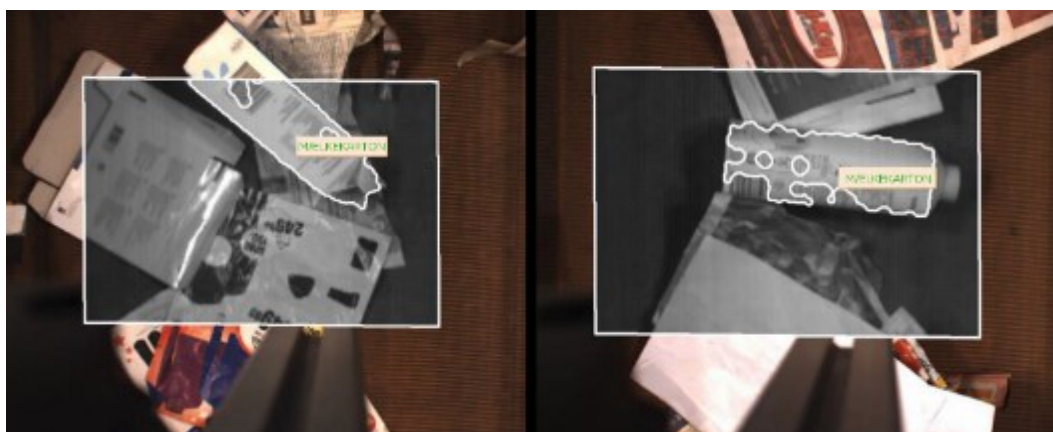
Fødevarerkartonerne er i indsamlingsperioden indsamlet sammen med pap, papir og plastfolie og er manuelt sorteret fra for at kunne opgøre den indsamlede mængde. Som en del af udviklingsforsøgene er fødevarerkartoner forsøgt detekteret ved brug af hyperspektral kamerateknologi.

Som beskrevet tidligere kan denne kamerateknologi bruges til at måle den kemiske sammensætning på overfladen af et emne.

Da fødevarerkartoner er sammensat af flere lag tynd plastfolie, ses overfladen som en blanding af flere materialetyper (den gennemskinnelige LDPE-folie og papirfiberbaggrunden). Det betyder, at emissionsspektret, dvs. det lys, der udstråler fra en fødevarerkarton, ikke vil være sammenligneligt med et emne af rent LDPE (den plasttype, som det yderste lag film på fødevarerkarton består af), men er et blandingsspekter af LDPE og papir (cellulose).

Blandingsspektret er undersøgt i et forsøg, hvor et computersystem blev trænet til at genkende fødevarerkarton ud fra data opsamlet med et hyperspektralt kamera.

I forsøgets verificeringsproces blev fødevarerkarton blandet med aviser, ugeblade og papemballager. Figur 22 viser resultatet af detekteringsalgoritmen, hvor den detekterede fødevarerkarton (en mælkekarton) er markeret.



FIGUR 22
RESULTAT FRA DETEKTIONSALGORITMEN, HVOR IDENTIFICEREDE FØDEVAREKARTONER ER MARKERET MED ET HVIDT OMRIDS SAMT TEKSTEN "MÆLKEKARTON".

Algoritmen er blevet benyttet til at styre en robot, som frasorterer fødevarekartonerne.

3.3.1 Evaluering

Det konkluderes, at det er muligt at detektere fødevarekartoner i en fraktion af pap, papir og glittede papemballager ved brug af hyperspektral kamerateknologi og en passende databehandlingsalgoritme.

Det er en forudsætning for at benytte metoden, at kartoner mekanisk kan fordeles på et transportbånd, så en væsentlig del af dem er synlige.

I det følgende er udarbejdet et overslag over behandlingsøkonomien ved en eventuel etablering af metoden.

Data: Vægt pr. fødevarekarton: 30 gram (baseret på vejedata i forsøg)

Antal picks/time af robot: 7.200

Investering i robot: 2.000.000 kr.

Anslåede driftsudgifter pr. skift: 200.000 (bemanding, strøm, vedligehold)

Timer pr. skift: 37

Driftsuger pr. år: 50

Indtægter for salg af drikkevarekartoner er sat til 115 euro pr. ton (862 kr./kg) baseret på interview med Danfiber A/S. Drikkevarekartonerne forventes at kunne afsættes sammen med pap til denne pris, men formentlig også selvstændigt som drikkevarekartoner.

Der er ikke regnet med forrentning af investeringskapital.

Med disse data kan beregnes følgende udgifter og indtægter samt tilbagebetalingstid:

	1 skift	3 skift
Tilbagebetalingstid	13,9	4,6
Afdrag investering	143.884,9	432.900,4
Driftsudgifter pr. år	200.000,0	600.000,0
Udgifter/ år	343.884,9	1.032.900,4
Indtægter/år	344.655,0	1.033.965,0
Indtægt minus udgift	770,1	1064,6

Det ses, at tilbagebetalingstiden er ca. 14 år ved 1 skift og <5 år ved 3 skift.

3.4 Metoder til frasortering af faremærkede beholdere

P.t. benyttes en del ressourcer på manuel sortering i sorteringskabinen ved Dansk Affald A/S, hvor fx faremærkede beholdere (dog ikke beholdere mærket ”lokalirriterende”) frasorteres. Udvikling af metoder til genkendelse og fjernelse af forskellige uønskede emner som faremærkede beholdere med en robot vil reducere tidsforbruget til manuel sortering og forbedre arbejdsmiljøbelastningen.

Tidligere (se afsnit 3.2.1.1) er det således lykkedes at fremstille algoritmer til identifikation og fjernelse af uønskede emner som fx fugemassesprøjter.

Faremærkede beholdere defineres i det følgende som plastbeholdere anvendt til opbevaring af materiale, der fra producentens side er markeret med et eller flere faremærker. Beholderne håndteres i dag af personale ved affaldshåndterings- og sorteringsanlæg. Faremærkerne dækker en bred vifte af faregradueringer fra hudirritation til potentielt dødelig. Det ses som en arbejdsmiljømæssig og forretningsmæssig fordel at kunne automatisere håndteringen af faremærkede beholdere.

Der tages udgangspunkt i forsøgsmateriale, der repræsenterer et udsnit af mulige beholdere og mulige faremærkesymboler. Muligheden for at detektere delvist tildækkede beholdere undersøges ikke i den følgende forsøgsrække.

3.4.1 Antagelser

Udgangspunktet er et ønske om at kunne detektere beholdere med faremærke i en blandet plast-, metal- og glasfraktion. Da beholderne ikke er karakteristiske i forhold til den benyttede polymertype, kan genkendelse baseret herpå ikke anvendes. Det antages, at beholderne kan karakteriseres på baggrund af form og/eller påhæftet grafik som fx faremærkesymboler. Der tages udgangspunkt i et scenarie, hvor beholderne er blandet med øvrige materialer, men hvor materialerne kun udgør et enkelt lag (monolag) – der er altså ikke tale om detektion af beholdere i ”bunker” af emner.

3.4.2 Testmateriale

Der er anvendt testmateriale fra Odense Renovation (januar 2017). Testmaterialet består af 13 forskellige beholdere (et styk af hver – se Figur 23).



FIGUR 23
BILLEDE AF DE 12 FORSKELLIGE BEHOLDERE MED PÅTRYKT FARVESYMBOL. SPRAYFLASKEN HAR IKKE FAREMÆRKE OG INDGÅR IKKE I TEST.

3.4.3 Fremgangsmåder

3.4.3.1 Faremærkesymboler

Faremærkede beholdere kan genkendes på faremærkesymbolet. Dette mærke sidder på den påklistede etiket og varierer afhængigt af indholdets farlighedsgrad.

Faremærkesymboler er en direkte indikator på, at beholderen kan kategoriseres som beholder med potentielt farligt indhold. Med dette udgangspunkt er der udført forsøg med detektering af faremærker.

Ved forsøget benyttes softwarepakken "ViDi Suite" fra ViDi Systems SA. Softwaren giver mulighed for at oplære og benytte en maskinlæringsalgoritme baseret på principperne bag Deep Learning.

3.4.3.2 Formkarakteristika

Der er flere situationer, hvor faremærkesymbolet ikke vil være synligt. Etiketten kan være så tilsmudset, at faremærket ikke kan ses, eller etiketten kan være beskadiget eller slet ikke til stede.

Observeres beholderen fra en statisk position, vil synligheden af beholderens faremærke afhænge af beholderens orientering (således vil faremærket ikke være synligt, hvis det vender mod transportbåndet).

Ved en opstilling, hvor beholdere frembringes på et transportbånd, vil situationen, hvor faremærkesymbolet ikke er synlig, opstå. Af denne årsag er der undersøgt alternative muligheder for at kategorisere faremærkede beholdere.

Det undersøges således, om der vil kunne formuleres specifikke formkarakteristika, som vil være i stand til at identificere faremærkede beholdere, uden at faremærkesymbolet kan ses. Dette kan gøres ved at genkende beholderens generelle form. Det bør dog bemærkes, at det ikke forventes, at en faremærket beholders form vil være unik. Kombineres form med farveinformation, øges informationsmængden, og fællesmængden af beholdere med sammenlignelig form og farve vil være mindsket.

Ved forsøget benyttes MvTec's Halcon-softwarepakke. Specifikt benyttes værktøjet til mønstergenkendelse.

3.4.4 Resultater

Detektion af faremærke

Opsatte modelbilleder er optaget af hver beholder. Eksempel fremgår af Figur 24. Det er sikret, at faremærket er synligt.



FIGUR 24
EKSEMPEL PÅ MODELBILLEDE AF BEHOLDER MED FAREMÆRKE.

Faremærket er i softwaren manuelt udpeget på hvert billede for samtlige beholdere i forsøgsmaterialet (se eksempel Figur 25). Informationerne er videresendt til ViDi Suite, der forsøger at lære symbolernes visuelle udtryk gennem Deep Learning-teknikker (neuralt netværk). Læringsalgoritmen er afhængig af et antal parametre, som påvirker algoritmens evne til robust at finde alle synlige symboler uden af finde falske positive. Parametertuning er kun udført i begrænset omfang.



FIGUR 25
MODELBILLEDE MED UDPEGET FAREMÆRKE.

Metoden afprøves på situationer, hvor beholderne er forsøgt placeret tilfældigt. Et eksempel kan ses i Figur 26.



FIGUR 26
EKSEMPEL PÅ BILLEDE FRA TESTDATASÆT, HVOR FAREMÆRKERNE ER DETEKTERET AF VIDI SUITE-SOFTWAREN.

Det bemærkes, at alle synlige faremærker er detekteret, men også at øvrige grafiske emner fejlagtigt detekteres. Således er der fejlagtigt detekteret et billede af en tomat (se Figur 26 til venstre i billedet) og et barnehoved til højre på samme billede.

3.4.4.1 Detektering af faremærket beholder

Til forsøg med detektering af faremærkede beholdere baseret på geometrisk form blev der optaget datamateriale til henholdsvis modeloplæring samt testbilleder med tilfældigt placerede beholdere. Til testbilledserien blev benyttet faremærkede beholdere samt øvrige plastbeholdere. Af praktiske årsager blev det alene forsøgt at oplære softwaren til at genfinde en enkelt type beholder. Modelbeholderen blev tilfældigt valgt til at være en flaske Borup Afløbsrens, som ses på Figur 27.



FIGUR 27

OPLÆRING AF MODEL FOR GENKENDELSE AF BORUP AFLØBSRENS.
BEMÆRK, AT BILLEDET ER BLEVET NORMALISERET I EN
PRÆPROCESSERINGSPROCES - DERAFT DE "STØVEDE" FARVER.

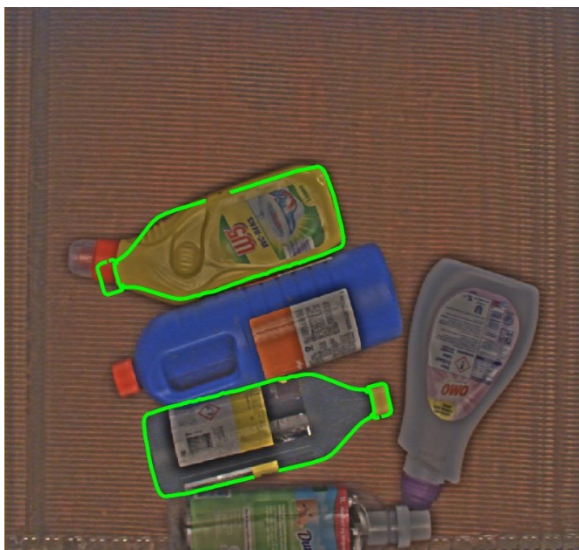
En manuel oplæringsproces, hvor beholderens omrids blev udpeget, resulterede i en geometrisk model, der efterfølgende kan benyttes til at genfinde lignende beholdere. Modellen blev benyttet i forsøgsdatasættet, hvoraf eksempler kan ses i Figur 28 til Figur 30.



FIGUR 28
GEOMETRISK MODEL FOR BORUP AFLØBSRENS ER GENFUNDET.
OBJEKTET ER MARKERET MED ET GRØNT OMRIDS.



FIGUR 29
GEOMETRISK MODEL FOR BORUP AFLØBSRENS ER GENFUNDET
TO GANGE. OBJEKTERNE ER MARKERET MED ET GRØNT OMRIDS.
BEMÆRK, AT DEN ENE MARKERING ER EN FALSK POSITIV.



FIGUR 30
GEOMETRISK MODEL FOR BORUP AFLØBSRENS ER GENFUNDET TO
GANGE. OBJEKTERNE ER MARKERET MED ET GRØNT OMRIDS.
BEMÆRK, AT DEN ENE MARKERING ER EN FALSK POSITIV.

I figurene er genfundne beholdere markeret med et grøn omrids. Bemærk, at nogle beholdere fejlagtigt detekteres som modelbeholderen. Dette skyldes, at deres geometriske form er sammenlignelig med modellen. Det antages, at en efterprocessering af resultaterne, hvor farveinformation inddrages, vil kunne frasortere de viste falske positiver.

3.4.5 Evaluering

Frasortering af beholdere med et påtrykt faremærke kræver, at disse beholdere genfindes i en blandet affaldsfraktion. En beholder kan entydigt identificeres, hvis faremærket er direkte synligt, dog med risiko for at andre grafikelementer genkendes som faremærker og derved bidrager til falske positiver. I situationer, hvor faremærket ikke er direkte synligt, formodes det, at en kombination af form- og farveinformation vil kunne benyttes til at identificere faremærkede beholdere. Det forventes dog ikke, at denne metode til være 100 % sikker.

På grund af det begrænsede datamateriale er det ikke muligt at sige noget om robusthed og præcision af de undersøgte metoder.

Det anbefales, at der arbejdes videre med metoden, hvor faremærkede beholdere detekteres på baggrund af form og farveinformation. Det forventes, at yderligere forsøg med et større datamateriale vil afdække metodens robusthed og præcision, hvilket er væsentlige parametre, der kan afgøre, om den bagvedliggende businesscase kan gøres rentabel.

4. Udnyttelse af teknologier

I forbindelse med optimering af renheden af udsorterede ressourcer fra tørre fraktioner fra husholdninger har der i projektet været fokus på at identificere og afprøve nye teknologier hertil. Under udførelse af forsøg og udviklingsaktiviteter beskrevet i afsnit 3 er der udnyttet en række avancerede teknologier til analyse og identifikation af emner i affaldsstrømmene.

I dette afsnit opsummeres, hvilke typer af teknologier der har været anvendt, ligesom fremtidigt potentiale og lovende anvendelsesområder vurderes. Udover de konkrete forsøgsresultater beskrevet i afsnit 3 beskrives her, hvilke potentialer der generelt kan fokuseres på fremadrettet i kommende udviklingsaktiviteter, baseret på erfaringer opnået i dette projekt.

4.1 Billeddannende sensorer

Langt størstedelen af de anvendte sensorer kategoriseres som billeddannende sensorer, hvilket betyder, at der opsamles nok data til at generere et komplet billede af de emner, som analyseres.

Billeddannende sensorer fungerer ved, at et kamera opsamler en langt større mængde af punktvis information med en hastighed og tæthed, der er høj nok til at genskabe og gengive et komplet billede af form, størrelse, orientering og tekstur på de enkelte emner. Ved anvendelse af billeddannende sensorer opnås altså en langt større mængde af information, som ved optimal efterfølgende processering kan skabe et velfunderet grundlag for automatisk identifikation og klassificering af emner i affaldsfraktioner.

4.1.1 RGB-kameraer

Den klassiske og mest velkendte billeddannende sensor er et normalt RGB-kamera, som kan optage billeder i det farvespektrum, som er synligt for det menneskelige øje. Denne type kameraer findes ofte også i fx smartphones, da de er blandt de billigste at producere og anvende. Potentialet for anvendelse af RGB-kameraer til automatiseret affaldsanalyse vurderes at være stort. Hvis man med det menneskelige øje kan se et specifikt emne i en affaldsstrøm, vil det samme sandsynligvis være muligt med et RGB-kamera. Genkendelse af et emne forudsætter, at objektet er let genkendeligt, fx ved form, farve eller logo, og at objektet ser ens ud, hver gang det optræder. Herudover kan det være en væsentlig fordel at inkludere dybdeinformation, hvilket kan opnås ved at anvende to kameraer, ligesom mennesker bruger to øjne.

For at kategorisere emnet kræves der en evne til at kunne huske tidligere emner og kunne sammenligne særlige kendetegn fra det fundne emne med denne hukommelse. Dette er beskrevet senere i afsnit 4.2.

Oftest er det desværre langt fra tilstrækkeligt udelukkende at observere et emne for at kunne kategorisere det korrekt. Det kan fx være, at emner er delvist tildækkede, deformerede, tilsmudsede eller måske bare ligner flere andre emner fra den vinkel, de observeres. Ved manuel sortering sker en stor del af den endelige identifikation ved mere end blot øjet. Når det udvalgte emne opsamles af et menneske, opnås yderligere information om vægt og materiale, hvilket ofte er afgørende for en endelig identifikation og klassifikation af, hvilken fraktion emnet skal sorteres i.

RGB-kameraer simulerer kun synssansen og kan hermed give en god indledende antydning af, hvilket emne der observeres, men det kræver oftest yderligere data at kunne foretage en endelig identifikation.

I dette projekt har RGB-kameraer været anvendt i forbindelse med genkendelse af faremærker på problemaffald og ved genkendelse af form og farve på uønskede plastdunke. Den lave pris på denne type kameraer gør, at de er attraktive, men de skal kombineres med andre teknologier for at kunne foretage bred analyse af affaldsfraktioner.

4.1.2 NIR-kameraer

Udenfor det spektrum af lys, som kan ses med det menneskelige øje, er der betydelige muligheder for at udføre mere optimale genkendelser. Fx anvendes der i dag NIR-sensorer til at udpege specifikke plastpolymerer baseret på deres kemiske egenskaber. Her kan individuelle sensorer såvel som billeddannende NIR-kameraer udstyres med et filter, der sørger for, at kun et lille udsnit af bølgelængder observeres. Med kendskab til, hvilke polymerer der er specielt fremtrædende i specifikke bølgelængder, kan således søges efter udvalgte ”fingeraftryk” af en bestemt polymer. En ulempe ved denne metode er dog, at der kun udvælges ét specifikt og meget smalt område af bølgelængder, som analyseres, og derved kan udstyret ikke optimeres til flere sorteringskriterier på samme tid.

I dette projekt har NIR-kameraer været anvendt i meget begrænset omfang. Fokus har i stedet været på at anvende andre typer af alternative sensorer for at undersøge, om der findes mere effektive alternativer til de bredt anvendte NIR-kameraer. Konklusionen er, at der kan opnås væsentlige fordele ved at anvende yderligere sensortyper.

4.1.3 Hyperspektrale sensorer

På baggrund af begrænsningerne med normale NIR-kameraer er der udviklet en relativt ny og dyr type kamera med hyperspektrale egenskaber. Hyperspektral betyder, at der observeres mange forskellige bølgelængder på samme tid. Sammenlignet med NIR-kameraerne ville det kræve op mod 100 eller flere forskellige NIR-kameraer at opnå tilsvarende datamængder alt efter den ønskede opløsning af bølgelængder. Hyperspektrale, billeddannende sensorer er meget interessante og relevante i forhold til identifikation og kategorisering af affald, idet der principielt kan opnås en langt større fleksibilitet, end hvad der hidtil har været muligt med andre teknologier.

Hyperspektrale kameraer er dog tilsvarende dyre, og der stilles derfor større krav til den businesscase på udsortering, som skal finansiere en investering. Det forventes, at prisen på hyperspektrale kameraer vil falde væsentligt inden for en overskuelig årrække, hvorfor det er meget aktuelt allerede nu at begynde at udvikle metoder, som anvender teknologien.

I dette projekt har hyperspektral kamerateknologi vist sig at være optimal til fx at identificere drikkevarekartoner til udsortering fra en affaldsstrøm med papir og pap.

4.1.4 3D-sensorer

Ligesom vi har svært ved at bedømme afstande og dybde med kun ét øje, kan der med anvendelse af to ens kameraer i ”stereo”-opstilling opsamles yderligere information. Herved kan der genereres data, som beskriver formen af forskellige emner, hvilket kan være en stor fordel, både i forbindelse med at kategorisere emnet og til at beregne et optimalt gribe punkt for opsamling med en robot.

Udover anvendelse af kameraer i stereo er det også muligt at anvende laserscannere. Ved anvendelse af denne type laserenheder kræves det, at affaldsfraktionen passerer på eksempelvis et transportbånd med en kendt hastighed. Under forbipassering opsamles data om afstanden fra sensor til emne, og der kan opbygges et 3D-billede af affaldsstrømmen.

I dette projekt har 3D-sensorer været afprøvet i forhold til genkendelse af form på fødevarekartoner for at undgå falske detekteringer ved fx print af fødevarekartoner på reklamer og aviser. 3D-informationen kan med fordel anvendes til at verificere detekteringer med andre sensorer, men i dette tilfælde viste det sig, at den hyperspektrale metode i sig selv var tilstrækkelig robust.

4.1.5 Termiske sensorer

Med et termisk kamera er det muligt at optage billeder af niveauer af varmestråling, som afgives fra et emne. Dette er interessant, fordi emner af forskellige materialer optager og afgiver varme forskelligt. Med termiske kameraer er det derfor muligt at analysere, i hvor høj grad et emne er villigt til at modtage og afgive varme over tid. Dette kan fx foregå ved at montere en varmekilde i nærheden af det sted, hvor der optages med det termiske kamera, så man kan optage data under opvarmning og/eller afkøling af emnerne i en affaldsstrøm. Fx vil et emne af metal modtage mindre varme end et emne af plastik, hvis de udsættes for den samme intensitet af varme over ens perioder af tid. Denne fremgangsmåde kan i nogle tilfælde også anvendes til at estimere, om der er indhold i forseglede beholdere. Denne metode kræver dog, at man udsætter emnet for varme og opsamler data i adskillige sekunder, for at opnå et respons, som er tydeligt (se Figur 19). Af samme årsag er det ikke umiddelbart realistisk at anvende denne metode til at estimere indhold i emner i en affaldsstrøm, når den passerer uden mulighed for at observere hvert emne i flere sekunder.

4.2 Kunstig intelligens

Opsamling af data er første skridt mod identifikation og klassifikation, men herudover kræves avancerede programmer og algoritmer til behandling af den opsamlede data. Alt efter kompleksitet og omfang af data kræver det tilsvarende computerkraft og optimerede beregningsmetoder at behandle og analysere sig frem til de ønskede resultater.

I takt med den teknologiske udvikling inden for sensorer er der sket en tilsvarende udvikling af forholdet mellem tilgængelig regnekraft og pris på computersystemer. Det er derfor muligt at anskaffe den nødvendige computerkraft til at processere store mængder af data på kort tid og dermed leve op til bl.a. de krav til hastighed og turnover, som fastsættes af sorteringsanlæggene. Der forskes i øjeblikket mere end nogensinde inden for AI (Artificial Intelligence), som på sigt kan få stor indflydelse på mulighederne inden for automatisk affaldssortering.

For at træne et computersystem til at genkende emner er man nødt til at programmere metoder og regler, som kan fungere som en kunstig hukommelse.

4.2.1 Machine Learning

En mulig fremgangsmåde er at oplære systemet til at genkende emner, det har set før, og opbygge en hukommelse, som kan huske alle de relevante typer af emner. Fordelen ved dette er, at når først systemet er programmeret, kan selve oplæringen ske uden større kendskab til de bagvedliggende algoritmer. Ved at vise systemet et stort antal af emner, og for hvert emne angive, hvilken kategori det skal sorteres i, kan der opbygges en database af eksempler, som systemet kan anvende som hukommelse. Under udsortering kan systemet analysere emner i en affaldsstrøm ved at slå hvert eneste emne op i hukommelsen for at bedømme, om det er et af dem, der er indlært. Findes emnet i hukommelsen, kan systemet kategorisere og udsortere emnet.

Problemet med denne fremgangsmåde er, at der er en ubegrænset mængde af forskellige emner i en given affaldsstrøm, og det vil derfor kræve en stor samling af emner i hukommelsen at kunne identificere dem alle. Selv med den øgede tilgængelige regnekraft vil det ikke være realistisk at indlære alle emner, men alene de emner, der har højest prioritet. Med denne tilgang, og ved anvendelse af algoritmer baseret på fx konceptet med neurale netværk, vil det imidlertid være realistisk at oplære systemer til at genkende og udsortere en stor del af de relevante emner i forskellige affaldsstrømme.

I dette projekt har machine learning været anvendt i forbindelse med automatisk genkendelse af faremærker på flasker med husholdningskemikalier, som beskrevet i afsnit 3.4. Genkendelsen i det opstillede forsøg viste lovende resultater, men identifikationen kræver, at beholderen er orienteret, så faremærket vender opad, og at den påsatte label er hel, ren og tydelig.

4.3 Automatiseret sortering

En fuldautomatisk affaldssortering sker i flere faser:

1. Dataopsamling med en eller flere sensorer
2. Behandling af data, kategorisering og positionsestimering
3. Håndtering af identificerede emner med fx en robot.

Håndteringen af de enkelte emner skal ofte ske forskelligt, alt efter hvordan emner passer sammen med de fraktioner, der sorteres i. Emner af høj værdi kan opsamles og sorteres for sig, og uønskede emner skal fjernes fra affaldsstrømmen. Alt efter hvilken fremgangsmåde man ønsker, kan forskellige mekaniske metoder anvendes til at udføre selve sorteringen.

4.3.1 Industrielle robotter

For at opnå højest mulig fleksibilitet i evne til at udsortere emner af varierende størrelse, vægt og grad af deformation er den optimale løsning at anvende robotteknologi. Der findes forskellige robotter med hver deres fordele og ulemper i forhold til hastighed, robusthed, fleksibilitet og pris. Valg af robot skal ske ud fra en vurdering af konkrete sorteringsbehov på baggrund af dels sammensætningen i den modtagne affaldsfraktion, dels hvilke emner der ønskes udsorteret, samt hyppighed af forekomst. Den højeste fleksibilitet opnås ved at anvende artikulerede robotarme med seks frihedsgrader, som fx ABB IRB1200, der har dannet udgangspunkt for forsøgene i nærværende projekt. Disse robotter har høj hastighed og høj fleksibilitet i gribevinkler, så de kan håndtere en bred vifte af forskellige emner. Alternativt kan anvendes en parallelrobot, som fx ABB Flexpicker, der kan opnå marginalt bedre hastigheder, men som ikke kan løfte lige så tunge emner.



FIGUR 31
ROBOTTER MED HØJ ANVENDELIGHED INDEN FOR AUTOMATISERET AFFALDSSORTERING. T.V. ABB IRB1200, T.H. ABB FLEXPICKER (KILDE: ABB).

4.3.2 Gribere til opsamling

Inden for traditionel automation af produktionsopgaver kan der udarbejdes specialiserede gribeværktøjer, som gør det muligt for robotten at gribe de få emner, som den er designet til. Til automatisk håndtering af emner fra affaldsstrømme skal i stedet bruges en langt mere universel griber, der kan håndtere den store variation af emner. Erfaringerne opnået i dette projekt tyder på, at en griberløsning, der anvender en eller flere fleksible sugekopper til gribning, er en god universel løsning. Alternativt kan der anvendes en parallel griber med to eller flere fingre. I begge tilfælde stilles der krav til, at systemet lokaliserer et passende gribe punkt på identificerede emner i forhold til, hvilken type griber der er monteret på robotten.

For at opnå udsortering af det ønskede antal emner kan det blive aktuelt at anvende mere end én robot, så flere robotter kan fordele håndteringsopgaverne mellem sig automatisk. På denne måde vil det også være muligt at montere forskellige gribere på de forskellige robotter og dermed vælge de gribertyper, der bedst kan håndtere opsamlingen af hvert enkelt emne.



FIGUR 32
TEST AF 3-FINGRET GRIBER UDVIKLET AF TEKNOLOGISK INSTITUT (HYBRIDGRIBER).
(KILDE: TEKNOLOGISK INSTITUT)

4.4 Digitalisering og indsamling af data

I flere tilfælde vil det være en fordel at indsamle og gemme data fra identifikation og kategorisering, til senere analyse og statistik. Hvis systemet i forvejen identificerer emnerne til udsortering, vil det være oplagt at anvende disse data til yderligere formål. Herudover kan der være tilfælde, hvor det ønskes at anvende sensorsystemet alene, og altså uden robotter til udsortering, for at få værdifuld information om indholdet af en given affaldsstrøm; fx bestemmelse af antal af et særligt emne i et læs.

4.4.1 Kvalitetskontrol

Ofte er kvaliteten af de udsorterede fraktioner baseret på skøn og menneskelig vurdering. Dette kan resultere i uenigheder om renhedsgrader og dermed om, hvilken pris der er rimelig for den enkelte leverance. Ved at opsamle data ud fra registrering af samtlige emner, der passerer, fx som sidste led i sorteringen, kan der dokumenteres en renhedsgrad af hver enkelt leverance. Med stigende kvalitetskrav hos aftagerne af de sorterede fraktioner kan denne fremgangsmåde være med til at fastholde fornuftige priser på de afsatte fraktioner. Andre fordele kan eksempelvis være, at det er muligt at føre statistik på afvigelse i kvaliteten af de udsorterede fraktioner, fx afhængigt af hvorfra en affaldsstrøm kommer, eller at verificere effektiviteten for forskellige sorteringsmetoder.

4.4.2 Logning og overvågning af affaldsstrømme

Udover anvendelse af opsamlet data lokalt på det enkelte anlæg kan den indsamlede data anvendes til at få et generelt overblik over flere anlæg på landsplan eller verdensplan. Detaljeret data om behandlede affaldsfraktioner ville gøre det muligt at følge konkrete resultater af samfundsmæssige tendenser eller effektivitet af fx oplysningskampagner. I øjeblikket baseres beslutninger i regioner og lande på baggrund af enkelte stikprøver, som forventes at være retvisende. Med en kontinuerlig dataindsamling vil det være muligt at følge fx ændringer i fraktionssammensætning over tid. Dette koncept kan benyttes i forbindelse med de nye krav til øget brug af ”Digitalisering”, ”Big Data” og ”Industri 4.0”, som er meget aktuelt hos de fleste virksomheder.

4.5 Teknologisk potentialevurdering og evaluering

Potentialet for anvendelsen af nye teknologiske løsninger til optimeret automatisk sortering af affaldsstrømme vurderes til at være meget stort. Der vil være signifikante fordele ved at indføre de teknologiske løsninger, som vil kunne bidrage væsentligt til en bedre cirkulær økonomi, idet det vurderes, at anvendelsen heraf bl.a. kan medføre/sikre:

- Højere kvalitet og renhedsgrad af udsorterede ressourcefraktioner og endelige slutprodukter
- Højere afsætningspris for udsorterede fraktioner som resultat af højere kvalitet
- Miljømæssig gevinst ved genanvendelse af flere ressourcer og bedre cirkulær økonomi (fx ved at udsortere mere til genanvendelse, inden en evt. restfraktion ender som affald. Dette gælder dog ikke Dansk Affald A/S’ anlæg, hvor al plast går til ekstern genanvendelse)
- Lavere omkostninger for bortskaffelse af tilbageværende restaffald ved udsortering af flere emner
- Høj fleksibilitet af sorteringsanlæg med let omstilling til håndtering af variable fraktioner
- Kvalitetssikring og evt. certificering af afsatte fraktioner for bedre afsætning
- Færre arbejdsmiljømæssigt problematiske, manuelle sorteringsopgaver
- Færre nedbrud af sorteringsanlæg ved automatisk fjernelse af uønskede emner
- En økonomisk gevinst ved udsortering af nye, optimale fraktioner
- Et datagrundlag for statistisk velfunderet overblik over indholdet af fraktioner
- Et vurderingsgrundlag for evaluering af effektivitet af oplysningskampagner.

Effektiviteten af at implementere automatisk affaldssortering vil i høj grad afhænge af bl.a.:

- Evt. eksisterende traditionelle sorteringsmetoder, der anvendes i det individuelle anlæg
- Sammensætningen af de affaldsstrømme, som skal sorteres
- Optimal udvælgelse af, hvilke emner der skal udsorteres.

Det forventes, at så snart de første automatiske anlæg er opstillet og i anvendelse, vil branchen for alvor få øjnene op for fordelene og sætte gang i yderligere acceleration af investeringer i disse nye løsninger. Dette projekt har eftervist potentialet for anvendelse af robotter til automatisk udsortering af affald i såvel eksisterende som nybyggede sorteringsanlæg.

4.5.1 Positiv sortering af emner med høj værdi

Det økonomiske incitament for automatisk sortering er primært baseret på udsortering af de emner fra en affaldsstrøm, som har den højeste værdi. Ved at udsortere disse emner kan der opnås en fraktion, som kan afsættes til en pris, der overstiger den værdiforringelse, der sker af restfraktionen. Herudover er i dette projekt afprøvet, hvilke muligheder der er for at blande en fraktion i en eksisterende affaldsstrøm og udsortere denne igen automatisk, så der kan spares omkostninger til en separat indsamlingsordning. Dette har vist sig at have stort potentiale, fx ved automatisk udsortering af tekstiler, men har samtidig tydeliggjort vigtigheden i at vurdere, om der er tilstrækkelig hyppighed i forekomst af emner til at holde en robot beskæftiget.

For optimal udnyttelse af robotløsninger til automatisk sortering, skal muligheden for at prioritere en række forskellige sorteringskriterier derfor udnyttes, således at robotten holdes aktiv med den mest rentable eller mest kritiske sorteringsopgave.

4.5.2 Negativ sortering af uønskede emner

Hvis der indgår en forsortering i et sorteringsanlæg, kan det være fordelagtigt at frasortere visse uønskede emner, inden materialet ledes til det efterfølgende sorteringsanlæg. Fx kan emner som oliedunke, fugemassesprøjter, trykbeholdere, kemikalier og VHS-bånd forurene de endelige fraktioner væsentligt eller forårsage nedbrud i sorteringsanlægget. Højest på prioriteringslisten for robotterne bør derfor være identifikation af farlige og uønskede emner og sikring af, at disse ikke fortsætter igennem resten af anlægget. På nuværende tidspunkt vil det være muligt at udvikle løsninger, der kan frasortere størstedelen af de uønskede emner, men 100 % sorteringsrate kan ikke garanteres på grund af den store diversitet i fraktionerne.

4.5.3 Tidshorisont, prisoverslag og næste skridt

Flere af de nævnte potentialer for anvendelse vil kunne opnås i rimelig grad inden for få års yderligere udvikling. Enkelte kan allerede nu opnås, alt efter hvilke emner der ønskes sorteret, og fra hvilken affaldsstrøm. Det forventes, at der inden for fem år vil være minimum 5-10 sorteringsanlæg i Danmark som i større eller mindre grad anvender robotter. Herefter forventes interessen for teknologierne at stige yderligere, muligvis væsentligt fremskyndet af evt. nye sorteringskrav for hele EU.

Implementering af en automatisk sorteringsløsning med robotteknologi hos Dansk Affald A/S vil pladmæssigt kunne lade sig gøre i sorteringskabinen til P3-fraktionen. Evt. implementering i forbindelse med forsortering af fraktionen af plast, metal og glas vil kræve nogen ombygning af det eksisterende anlæg for at sikre tilstrækkelig plads til lyskilder, robot og afskærmning.

Det anslås, at en færdigintegreret sorteringsrobotløsning vil koste omkring 2,0-2,5 mio. kr., forudsat at de identificerede metoder til udsortering færdigudvikles og kan anvendes til at udsortere de ønskede emner. En sådan løsning vil bestå af en sensorenhed, 1-2 robotter med griber, programmering, opstilling og indkøring (altså et turnkey-anlæg). Integration i en eksisterende produktionsproces må forventes at forøge prisen en smule.

Det anbefales at udregne den specifikke businesscase på netop de emner, der i så fald ønskes udsortet, da en konkret afgrænsning heraf er nødvendig for at vurdere tilbagebetalingstiden for robotanlægget. Med udgangspunkt i de sorteringskrav, der er nødvendige for at opnå en positiv businesscase, kan det vurderes, om modenhedsgraden af sorteringsteknologierne er tilstrækkelig til at kunne realisere et egentligt anlæg.

Det estimeres, at der på 2-3 år kan færdigudvikles og implementeres en kommerciel løsning til automatisk udsortering af emner i Dansk Affald A/S' eksisterende anlæg. Dette forudsætter samarbejde med Teknologisk Institut og inddragelse af en integrator af industrielle robotløsninger. Estimatet forudsætter desuden, at der forinden er identificeret en konkret businesscase, samt at det er teknisk muligt at udsortere de ønskede emnetyper ud fra de hidtil udviklede metoder. Yderligere antages, at der er adgang til tilstrækkelige ressourcer til at færdiggøre udviklingen af de afprøvede teknologiske løsninger.

Det vurderes, at der ikke kan opnås en positiv økonomisk businesscase udelukkende igennem sortering af tekstiler, drikkevarekartoner, tilsudset plast og farligt affald. Næste skridt vil derfor være at identificere yderligere emner, som kan udsorteres, dels for at sikre, at robotten vil være beskæftiget i højere grad, dels med henblik på at skabe et tilstrækkeligt økonomisk, miljømæssigt og arbejdsmiljømæssigt incitament til at investere i en automatiseret sorteringsløsning.

Bilag 1 Informationsmateriale

På de følgende 4 sider er vist informationen i den udleverede folder

Kom med din mening

Vi gennemfører sidst i projektperioden en spørgeundersøgelse, men vil også meget gerne høre dine holdninger og ideer til ordningen løbende undervejs med både ris og ros. Informationen vil blive brugt i evalueringen af projektet.

Send ris og ros til jvh@danskaffald.dk
HUSK navn og adresse

Potentialet er stort
Alene fra restaffaldsbekendelsen tror vi på at der i Danmarks huse reddes over 25.000.000 kg affald ud til genanvendelse på de 3 affaldstyper.

Her er din tømningsskalendar

- de næste 7 måneder

Juni		Juli		August		September		Oktober		November		December	
so 1	23	so 1	23	so 1	23	so 1	23	so 1	23	so 1	23	so 1	23
ti 2		ti 2		ti 2		ti 2		ti 2		ti 2		ti 2	
we 3		we 3		we 3		we 3		we 3		we 3		we 3	
th 4		th 4		th 4		th 4		th 4		th 4		th 4	
fr 5		fr 5		fr 5		fr 5		fr 5		fr 5		fr 5	
sa 6		sa 6		sa 6		sa 6		sa 6		sa 6		sa 6	
so 7		so 7		so 7		so 7		so 7		so 7		so 7	
ti 8		ti 8		ti 8		ti 8		ti 8		ti 8		ti 8	
we 9		we 9		we 9		we 9		we 9		we 9		we 9	
th 10		th 10		th 10		th 10		th 10		th 10		th 10	
fr 11		fr 11		fr 11		fr 11		fr 11		fr 11		fr 11	
sa 12		sa 12		sa 12		sa 12		sa 12		sa 12		sa 12	
so 13		so 13		so 13		so 13		so 13		so 13		so 13	
ti 14		ti 14		ti 14		ti 14		ti 14		ti 14		ti 14	
we 15		we 15		we 15		we 15		we 15		we 15		we 15	
th 16		th 16		th 16		th 16		th 16		th 16		th 16	
fr 17		fr 17		fr 17		fr 17		fr 17		fr 17		fr 17	
sa 18		sa 18		sa 18		sa 18		sa 18		sa 18		sa 18	
so 19		so 19		so 19		so 19		so 19		so 19		so 19	
ti 20		ti 20		ti 20		ti 20		ti 20		ti 20		ti 20	
we 21		we 21		we 21		we 21		we 21		we 21		we 21	
th 22		th 22		th 22		th 22		th 22		th 22		th 22	
fr 23		fr 23		fr 23		fr 23		fr 23		fr 23		fr 23	
sa 24		sa 24		sa 24		sa 24		sa 24		sa 24		sa 24	
so 25		so 25		so 25		so 25		so 25		so 25		so 25	
ti 26		ti 26		ti 26		ti 26		ti 26		ti 26		ti 26	
we 27		we 27		we 27		we 27		we 27		we 27		we 27	
th 28		th 28		th 28		th 28		th 28		th 28		th 28	
fr 29		fr 29		fr 29		fr 29		fr 29		fr 29		fr 29	
sa 30		sa 30		sa 30		sa 30		sa 30		sa 30		sa 30	
so 31		so 31		so 31		so 31		so 31		so 31		so 31	

● = Tømning af genbrugsbeholder ● = Tømning af dagrenovationsbeholder

Dansk Affald
- med hensyn til miljøet

Vejen
KOMMUNE

Mere info på www.danskaffald.dk

Projekt information om vejen til øget genanvendelse af tekstiler - drikkekartoner - hård plast



Ved fælles indsats
gør **vi** en forskel

(550 udvalgte husstande i Vejen Kommune)

Kære Borger

Velkommen som deltager i projektet. Sammen med 550 andre husstande i Vejen Kommune kan vi måske finde vejen til øget genanvendelse af tekstiler, drikkekartoner og hård plast.

Tidligere forsøg i Vejen Kommune i 2014 har vist, at der kan være et potentiale for både miljø og økonomi i genanvendelse af disse affaldstyper. Dansk Affald og Teknologisk Institut har søgt midler hos Miljøstyrelsen til, at tage et spadestik dybere for, at finde løsninger til husstandsindsamling, affaldsbehandling og afsætning til anvendelse i nye produkter.

Regeringens nye ressourcestrategiplan peger mod mere genanvendelse og mindre forbrænding af vores

husholdningsaffald. Til gavn for både miljø, klima og økonomi.

Fra politisk side er der både i Danmark og i Europa stort fokus på, hvordan vi kan forvalte vores ressourcer endnu bedre, og hvordan alle syv milliarder mennesker i verden sammen kan bidrage til, at der også er råstoffer nok til vores børn i fremtiden.

Det globale ansvar starter med lokal handling – derfor beder vi nu om din hjælp til, at få høstet nogle gode erfaringer i projektet.

Indsamlingen vil forløbe fra 30. juni 2015 til 30. juni 2016.



Vi ser frem til et rigtig godt samarbejde – **god fornøjelse !**



Sådan sorterer du

Du kan nu sortere endnu flere affaldstyper ned i din genbrugsbeholder til genanvendeligt affald.

Tekstiler: Du kan komme af med tekstiler i de udleverede tekstilposer og lægge tekstilposen i rummet sammen med pap/papir/plastfolie. Tekstilposen kan lægges i, på eller ved siden af genbrugsbeholderen.

Tekstiler er trøjer, bukser, jakker, undertøj, sokker, sko, tasker, tæpper, gardiner, puder, dyner, linned, håndklæder og tøjdyr. Tekstilerne modtages uanset om de har pletter, huller eller er slidte, men de skal være rene og tørre og må ikke lægges løst ned i affaldsbeholderen. HUSK at lukke posens limkant.

Drikkekarton: Du kan komme af med drikkekartoner og pizzabakker sammen

med pap/karton/papir/plastfolie. Mælke-, juice-, saft-, kakao-, sauce-, (drikke)yoghurt flødekartoner.

Det er OK med plastlåg på drikkekartonerne. Drikkekartonerne og pizzabakkerne skal være tømte og synligt rene.

Fødevarerplast: Du må nu levere endnu flere typer plast sammen med metal/glas/plast.

Fødevarerplastemballage er kødpålags-, pålægssalat- og frugtbakker samt ketchup- og mad-oliedunke m.v. Emballerne skal være tømte, synlig rene og skal lægges løst ned i affaldsbeholderen.

Metaller: Sammen med andre metalemballager er det nu også OK med gryder og pander, men fortsat ingen søm og skruer.



Hvad sker der med affaldet

Tekstilerne kan anvendes til mange forskellige ting. Store sorteringsanlæg i Europa modtager, sorterer og behandler tekstilerne på forskellig vis, for at sikre øget genbrug og genanvendelse gennem:

- Finsortering af alle de ting, som kan gå til genbrug.
- Opskær til klude til anvendelse i design af nyt modetøj.
- Opskær til tørreklude.
- Oprivning til anvendelse i produktion af isoleringsmateriale i nye tog.
- Brug af tekstilstøv til produktion af eksempelvis malerunderlag.

Drikkekartonerne kan også forarbejdes til nye kartonemballager, ved at trække

papirfibre ud af kartonen. Samtidig anvendes kartonernes indvendige plastcoating til procesvarme til produktionen.

Fødevarerplasten sorteres hos Dansk Affald med sigte på, at finde samarbejde med virksomheder, der kan anvende de udsorterede plasttyper som f.eks. produktion til:

- tøj eller nye vareemballager.
- anlægstrø.
- blomsterbakker eller staldplader.

Den bløde plastfolie kan genanvendes i produktion af nye plastikposer og folier.

Spørgsmål omkring din husstands oplevelse af projektet

Har I været tilfreds med ordningen?

- ☐ Ja – hvorfor _____
- ☐ Nej – hvorfor _____

Ønsker I at ordningen skal indføres permanent?

- ☐ Ja – hvorfor _____
- ☐ Nej

Har I leveret drikkekartoner andre steder end i genbrugsbeholderen?

- ☐ Ja – hvor _____
- ☐ Nej

Har I leveret tekstiler andre steder end i genbrugsbeholderen?

- ☐ Ja – hvor _____
- ☐ Nej

Har I leveret plast andre steder end i genbrugsbeholderen?

- ☐ Ja – hvo _____
- ☐ Nej

Er der andre affaldstyper I kunne tænke jer, at udsortere i jeres husstand?

- ☐ Ja – hvilke _____
- ☐ Nej

Mange tak for din store indsat i forsøgsprojektet samt besvarelse af spørgeskemaet.

Venlig hilsen

Dansk Affald A/S og Vejen Kommune



Bilag 2a

Til spørgsmålet ”Har I været tilfredse med ordningen” svarede 33 ud af de 34, der valgte at besvare spørgeskemaet (svarende til 97 %), at de var tilfredse med ordningen. Begrundelserne for tilfredsheden var blandt andet:

- Kan komme af med langt flere ting hjemme
- Reducerer alm. dagrenovation
- Fri for at køre
- Genbrug giver mening og skåner miljøet
- Glad for at kunne bidrage
- Det er nemt.

En enkelt (svarende til 3 % af de returnerede besvarelser) svarede nej til spørgsmålet om tilfredshed med ordningen. Begrundelsen var ”for stort vandforbrug til afskylning”.

Til spørgsmålet ”Ønsker I at ordningen skal indføres permanent” svarede 33 (svarende til 97 af de returnerede besvarelser) ja. Begrundelserne herfor var fx:

- Det er et godt projekt
- For at udnytte ressourcer, der ellers forbrændes
- Godt for miljøet og nemt for os
- Fantastisk nemt at komme af med affaldet
- Fordi der er meget emballage i dagligdagen, hvis det kan genbruges, er det godt
- Genbrug er bedre end forbrænding
- Det er let at sortere, der bliver genbrugt flere ting, der er bedre plads i den alm. skraldespand. Det er godt at bo i en kommune, som tager genbrug seriøst
- Ja, hvis ”affaldet” kan genbruges uden for store udgifter.

Til spørgsmålet ”Har I leveret drikkekartoner andre steder end i genbrugsbeholderen” svarede fem ja (svarende til 15 % af besvarelserne), og 29 svarede nej (svarende til 85 % af besvarelserne). De uddybende kommentarer til dette spørgsmål var:

- Fx yoghurt er meget beskidt, dem smider jeg i alm. affald
- Ja, i starten. Det var en proces at vænne sig til, at det var ok at komme madvareaffaldet i genbrugsspanden
- I dagrenovationen
- Bruger dem kreativt.

Til spørgsmålet ”Har I leveret tekstiler andre steder end i genbrugsbeholderen” svarede 23 (svarende til 68 % af besvarelserne) ja, og 11 svarede nej (svarende til 32 % af besvarelserne).

På spørgsmålet, hvor tekstilerne er afleveret, var besvarelserne fx:

- Til Røde Kors og Kirkens Korshær
- Manglede poser til tekstilerne
- Til venner og bekendte
- Til kollegers børn
- Til genbrugsplads
- Til genbrugsforretninger.

Til spørgsmålet ”Har I leveret plast andre steder end i genbrugsbeholderen” svarede 6 ja (svarende til 18 % af besvarelserne, og 28 svarede nej (svarende til 82 % af besvarelserne). På spørgsmålet, hvor man har leveret plast, blev der fx svaret:

- I skraldespanden, hvis platen er svær at gøre ren
- Genbrugsplads.

Til spørgsmålet ”Er der andre affaldstyper, I kunne tænke jer at udsortere i jeres husstand” svarede 13 ja (svarende til 38 % af besvarelsene), og 21 svarede nej (svarende til 62 % af besvarelsene). De affaldstyper, man ifølge besvarelsene gerne ville udsortere var:

- Flamingo og drikkeglas
- Organisk madaffald
- Blød plast
- Kompost
- Kaffeposer
- Grønt affald
- Porcelæn
- Sprayflasker.

Bilag 3 Specielle plastpolymerer, sammensatte produkter, sort plast mm.

I det følgende vist en række frasorterede plastemner som ikke er plastemballager uden sorte farver og uden faremærker.

Nedenfor er vist tekniske emner fremstillet i klar sprød plast som fx CDere og covers, plastvandkander mm.

CD'er fremstilles i polycarbonat (PC), mens covere kan være fremstillet i klar PS. En del af denne fraktion vil formentlig ikke blive genanvendt, da man ved videre oparbejdning typisk kun genanvender HDPE, PP, PET og PS.



BILLEDE 13
DIVERSE PRODUKTER AF KLAR PLAST.

Herudover blev fundet en del sort plast, som ikke kan udsorteres med NIR-sorterer. Urtepotter med både en rød og sort side er medtaget under sort. For de sidste vil gælde, at de ikke vil blive udsorteret med en NIR-sorterer, hvis den sorte side vender mod NIR-detektoren. Mængden af sort plast udgør en forholdsvis stor mængde med 15,2 %. Plasten er en blanding af blomsterbakker (PS), urtepotter (PP), bakker, som fremstilles i enten PET, PP eller PS, og diverse tekniske plastprodukter/anden emballage.



BILLEDE 14
BLOMSTERBAKKER.



BILLEDE 15
URTEPOTTER.



BILLEDE 16
BAKKER.



BILLEDE 17
TEKNISKE PRODUKTER/ANDEN EMBALLAGE.

Der blev registreret en del produkter, som bestod af enten PE eller PP. Disse produkter udgjorde 7,9 %, se Billede 18 (mindre produkter) og Billede 19 (større produkter). Produkterne vurderes at blive frasorteret til genanvendelse af NIR-sorterer.



BILLEDE 18
MINDRE PE-/PP-PRODUKTER.

Produkter med faremærke er vist på Billede 21. Produkterne var rimeligt tømte, men der var typisk en lille rest tilbage. Der blev registreret emballage til syre- og baseholdige produkter, klorin, opløsningsmidler, rodalon samt motorolie. Emnerne med mærkning som ætsende frasorteres normalt manuelt.



BILLEDE 21
PRODUKTER MED FAREMÆRKE OG MOTOROLIE.

På Billede 22 til Billede 24 er vist eksempler på produkter af PVC, som blev identificeret med brug af Beilsteintest⁵⁴, herunder byggeprodukter i PVC, emballage til tekniske produkter, bil samt slik. Emnerne forventes at passere NIR-sortererne, da man normalt ikke sorterer efter den begrænsede mængde PVC, og herefter ende i en restfraktion. Produkterne fjernes normalt manuelt.



BILLEDE 22
BYGGEPRODUKTER AF PVC.

⁵⁴ Ved en Beilsteintest opvarmes en kobbertråd med en gasbrænder. Kobbertråden stikkes gennem det plastemne, der skal undersøges, så lidt plast overføres til tråden, hvorefter kobbertråden opvarmes i brænderen. Ved grøn farve indikeres det, at plasten indeholder klor og derfor er fremstillet i PVC.



BILLEDE 23
PVC-EMBALLAGE OG -RØR.



BILLEDE 24
PVC-EMBALLAGE.

Nye danske metoder til øget genanvendelse af plast, tekstil og kartonfibre

Projektets formål har været at muliggøre en øget genanvendelse af værdifulde materialer i det affald, som i de nuværende affaldssystemer ikke genanvendes optimalt eller ikke genanvendes overhovedet. Der i projektet arbejdet med udvikling af metoder og løsninger til:

- At øge andelen af plast til genanvendelse ved at inddrage den del af plastemballagerne, der ikke indsamles i dag, eller som (efter de nuværende indsamlingskriterier) kun medtages, såfremt emballagerne er rengjort hos husstanden, samt til automatiseret udsortering af uønskede plastemner
- At foretage intelligent indsamling og automatiseret udsortering af tekstiler fra husholdninger, uden at disse tilsmudses under indsamling, transport og lagring og derudover holdes beskyttet mod fugt.
- At foretage indsamling og automatiseret udsortering af fødevarekartoner med henblik på genanvendelse af højkvalitetsfibre i kartonerne.

Projektet har eftervist potentialet for anvendelse af robotter til automatisk udsortering af affald i såvel eksisterende som nybyggede sorteringsanlæg.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk