



Miljø- og  
Fødevareministeriet  
Miljøstyrelsen

# **Analyse af miljø og økonomi ved kildesortering og kildeopdeling Sammenligning af forskellige kombinationer af tørre genanvendelige fraktioner**

Miljøprojekt nr. 2066

Februar 2019

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Trine Lund Neidel, Cowi

Mikkel Kromann, Cowi

ISBN: 978-87-7038-038-6

Miljøstyrelsen offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

<b>1.</b>	<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Sammenfatning og konklusioner</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Summary and conclusions</b>	<b>10</b>
<b>4.</b>	<b>Ordliste</b>	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>Metode</b>	<b>15</b>
5.1	Overordnet tilgang	15
5.2	Fraktioner, potentialer og indsamlede mængder	16
5.3	Kildeopdelte blandinger	17
5.4	Scenarier	18
5.5	Tab i behandlingskæden	19
5.6	Miljø (LCA)	20
5.7	Samfundsøkonomi	21
<b>6.</b>	<b>Resultater fra interviews og litteratur</b>	<b>22</b>
6.1	Sortering ved husstanden	22
6.2	Sortering på anlæg	24
6.2.1	Papir/pap	25
6.2.2	Papir/pap/blød plast	27
6.2.3	Kompositmaterialer	28
6.2.3.1	Komposit med papir-/papfraktionen	28
6.2.3.2	Komposit med metal-/plastfraktionen	28
6.2.4	Metal/glas	31
6.2.5	Metal/glas/hård plast	32
6.2.6	Metal/plast	35
6.2.7	Metal/pap/plast	37
6.3	Opsamling af forudsætninger	39
6.3.1	Sorteringseffektiviteter for anlæg	39
6.3.2	Effektiviteter i oparbejdningen	40
6.3.3	Kvalitet af materialer og substitution	41
6.4	Udenlandske erfaringer og perspektivering	41
<b>7.</b>	<b>Beregnete resultater</b>	<b>44</b>
7.1	Affaldsflow og tab	44
7.2	Miljø (LCA)	47
7.2.1	Resultater af scenarier	47
7.2.2	Følsomhedsanalyser (LCA)	49
7.2.2.1	Øget indsamlingseffektivitet i husholdningerne	49
7.2.2.2	Sorteringsanlæg i mindre skala	50
7.2.2.3	Kvalitet i genanvendelsen	50
7.2.2.4	Opsamling, følsomhedsanalyser	50
7.3	Samfundsøkonomi	51
7.3.1	Det blandede opland	51

7.3.2	Forskelle mellem oplande	52
7.3.3	Følsomhedsanalyser	55
7.3.3.1	<i>Øget indsamlingseffektivitet i husholdningerne</i>	55
7.3.3.2	<i>Sorteringsanlæg i mindre skala</i>	55
7.3.3.3	<i>Ekstra omkostninger ved eksport</i>	57
<b>8.</b>	<b>Litteraturliste</b>	<b>58</b>
<b>Bilag 1.</b>	<b>Følgegruppen</b>	<b>60</b>
<b>Bilag 2.</b>	<b>Metode og resultater for livscyklusvurdering</b>	<b>61</b>
Bilag 2.1	Formål og grundlag med miljøvurderingen	61
Bilag 2.2	Funktionel enhed	61
Bilag 2.3	Afgrænsning	61
Bilag 2.4	Scenarier	62
Bilag 2.5	Forudsætninger og data	62
Bilag 2.6	Resultater	68
Bilag 2.7	References	77
<b>Bilag 3.</b>	<b>Interview referater</b>	<b>79</b>
Bilag 3.1	Indledning	79
Bilag 3.2	Indsamlede mængder	79
Bilag 3.3	Kvaliteten af de indsamlede materialer	83
<b>Bilag 4.</b>	<b>Interview referater</b>	<b>85</b>
Bilag 4.1	Dansk affald	85
Bilag 4.2	Fiskeby	87
Bilag 4.3	IUT	89
Bilag 4.4	Nomi	91
Bilag 4.5	Reiling	92
Bilag 4.6	RenoNord	95
Bilag 4.7	RoAf	97
Bilag 4.8	SDU	98
Bilag 4.9	Skjern Papirfabrik	100
Bilag 4.10	Stena Recycling	103
Bilag 4.11	SUEZ	104
Bilag 4.12	Swerec	106

# 1. Forord

I Danmark er der stor forskel på de kommunale indsamlingsordninger for genanvendelige materialer fra private husholdninger. Nogle kommuner har valgt kildesortering (hvert materiale indsamles særskilt), mens andre kommuner har valgt forskellige former for kildeopdelt indsamling (dvs. indsamling af flere materialer blandet i samme beholder/rum). I EU findes ligeledes mange forskellige former for indsamling fra husholdninger, herunder kildeopdeling af alle genanvendelige materialer i én eller flere strømme og udsortering af genanvendelige materialer fra restaffaldet.

Baggrunden for nærværende projekt er, at EU har besluttet at skærpe det gældende krav om særskilt indsamling af affald til genanvendelse. Kravet om særskilt indsamling af papir, glas, plast og metal er uændret, men for at begrænse miljøbelastningen er undtagelsesmulighederne blevet begrænset. Det betyder, at man fremover kun må indsamle to eller flere typer affald i samme spand, hvis mindst én af nedenstående undtagelsesbestemmelser er opfyldt. Hvis medlemslandene ønsker at fravige kravet om særskilt indsamling, skal der således argumenteres for dette ved undtagelsesbestemmelserne i Affaldsdirektivets Artikel 10.3. Disse bestemmelser handler om, enten

- (a) at kildeopdelingen ikke må påvirke potentialet for genbrug/ genanvendelse/ nyttiggørelse og kvaliteten af de resulterende produkter negativt
- (b) at miljøresultatet ved kildeopdeling ikke må være ringere end for kildesortering
- (c) at kildesortering ikke er teknisk mulig, eller
- (d) at kildesortering vil medføre uforholdsmæssig høje økonomiske omkostninger.

Nærværende projekt skal bidrage til at belyse dette emne ift. de kildeopdelings-ordninger, der i dag findes i danske kommuner. Projektet skal i særlig grad belyse, hvorvidt der kan påvises en miljømæssig eller kvalitetsmæssig forskel på hhv. kildesortering og kildeopdeling.

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen og udført af COWI A/S i efteråret 2018. Projektet har tilknyttet en følgegruppe bestående af Dansk Industri, Affalds- og Ressourceindustrien, Genvindingsindustrien, Dansk Affaldsforening, Landbrug og Fødevarer, Kommunernes Landsforening, DAKOFA, Danmarks Naturfredningsforening, Miljø- og Fødevareministeriet (Departementet), Miljø- og Fødevareministeriet (Miljøstyrelsen) og Rambøll (deltagerliste, se Bilag 1).

## 2. Sammenfatning og konklusioner

Dette projekt sammenligner indsamlingsordninger for tørre genanvendelige materialer baseret på hhv. kildesortering (hver fraktion for sig) og kildeopdeling (flere fraktioner blandet).

Der er i projektet fokus på at udarbejde et datagrundlag til Miljøstyrelsen, som kan anvendes til at vurdere, hvorvidt de forskellige former for kildeopdeling lever op til undtagelsesbestemmelserne i Affaldsdirektivets Artikel 10:3. Der er derfor fokus på såvel sortering hos borgerne (mængder og renhed), tab igennem den samlede behandlingskæde, kvalitet i genanvendelsen (output), tekniske udfordringer, økonomi og miljø.

I forhold til tekniske udfordringer forsøges det belyst, både hvad danske anlæg kan i dag, og hvad de eventuelt ville kunne i fremtiden ved at benytte eksisterende lav- og højteknologiske behandlingsmetoder. Det forudsættes i de økonomiske og miljømæssige beregninger, at de fremtidige anlæg er designet til at imødekomme de procesmæssige udfordringer for de forskellige fraktioner så godt som muligt, og at anlæggenes størrelse og opland er vel afstemt med eventuelle stordriftsfordele.

I forhold til kvalitet skelnes der mellem det indsamlede affalds renhed og kvaliteten af de oparbejdede materialer. Konklusionerne fokuserer på kvaliteten i den endelige genanvendelse, mens renhed kun indgår i den udstrækning, at den har indflydelse på kvaliteten i den endelige genanvendelse.

Konklusionerne er fremkommet via interviews med ni sorterings- og oparbejdningsanlæg og tre eksperter i sorteringsanlæg. Interviewene har søgt at afdække, hvilke tekniske udfordringer de forskellige anlæg står overfor i forhold til materialernes renhed og den efterfølgende kvalitet i genanvendelsen, og hvordan kvaliteten i genanvendelsen af forskellige materialer og materialeblandinger eventuelt kan øges med ændret teknologi.

Konklusionerne for de enkelte kildeopdelingsblandinger er sammenfattet i følgende tabel:

1. Papir/pap	Kan kildeopdeles og anlægssorteres til samme kvalitet som kildesortering. Kan alternativt genanvendes med visse begrænsninger. Højteknologisk anlægssortering (findes kun i udlandet) kan give højere kvalitet i genanvendelsen af både kildesorteret og kildeopdelt papir og pap.
2. Papir/pap/blød plast	Kan kildeopdeles og anlægssorteres til samme kvalitet som kildesortering, men med et vist tab af blød plast i husholdningernes sortering (kun tør og ren blød plast). Kan alternativt afsættes til et smallere marked uden forudgående anlægssortering. Lille risiko for kontaminering af tørt papir/pap med fødevarer.
3. Papir/pap/komposit	Kan kildeopdeles og anlægssorteres (kræver højteknologisk anlæg) til samme kvalitet som kildesortering. Kan alternativt afsættes til et smallere marked uden forudgående anlægssortering. Nogen risiko for kontaminering af tørt papir/pap med fødevarer.
4. Metal/glas	Kan kildeopdeles og anlægssorteres til samme kvalitet som kildesortering. Afhængig af anlæggets udformning muligvis ekstra tab af glas.
5. Metal/glas/hård plast	Giver en række problemer særligt i forhold til kvalitet af glas, som der p.t. ikke er en teknisk løsning på testet i fuld skala. Sammenblandingen af glas med plast påvirker muligvis også kvaliteten af plast.

6. Metal/plast	Kan adskilles på sorteringsanlæg med et minimalt tab af plast uden efterfølgende problemer med kvaliteten af materialerne.
7. Metal/hård + blød plast/beskidt-fugtigt papir + pap/komposit	Kan adskilles på sorteringsanlæg med et minimalt tab af plast uden efterfølgende problemer med kvaliteten af materialerne. Giver mulighed for forholdsvis problemfri yderligere indsamling af underfraktioner af papir/pap, som ellers kan medføre udfordringer med krydskontaminering, da stort set alle materialerne i blanding 7 i forvejen må forventes at være kontamineret med fødevarer.

De enkelte kildeopdelingsblandinger vil altid indgå i en sammenhæng med andre affaldsfraktioner hos husstandene. Det er således ikke muligt direkte at sammenligne økonomiske og miljømæssige effekter af de enkelte kildeopdelingsblandinger, da man er nødt til at inddrage håndteringen af alle de påvirkede fraktioner hos husholdningerne. Der er derfor sammensat otte scenarier for håndtering af husholdningsaffald (de genanvendelige fraktioner, organisk affald og restaffald), hvoraf ét scenarie repræsenterer kildesortering og de øvrige forskellige former for kildeopdeling.

Der er foretaget samfundsøkonomisk konsekvensvurdering (SØK) på alle otte scenarier og miljøvurdering (LCA) på tre udvalgte scenarier. Disse beregninger skal kvantificere effekter på økonomi og miljø af forskellige versioner af kildeopdeling set i forhold til kildesortering med inddragelse af hele behandlingskæden. Forudsætningerne for disse vurderinger bygger på Miljøstyrelsen (2019) med justeringer begrundet i resultaterne af de udførte interviews.

**De mere detaljerede konklusioner**, som kan genfindes i de enkelte afsnit senere i rapporten, er som følger:

**Indsamlingseffektivitet ved husstanden:** En gennemgang af den tilgængelige litteratur kan ikke påvise, at husholdningerne udsorterer forskellige mængder genanvendelige materialer i ordninger baseret på hhv. kildesortering eller kildeopdeling.

**Renhed af materialer indsamlet ved husstanden:** Nogen kilder indikerer, at mængden af urenheder i genanvendelige materialer indsamlet ved husholdningerne er større i ordninger baseret på kildeopdeling. Dette er dog ikke entydigt i alle undersøgelser og kan ikke kvantificeres på basis af de tilgængelige data. Det vil afhænge af de videre sorterings- og oparbejdningsprocesser, hvorvidt disse urenheder påvirker kvaliteten af den endelige genanvendelse.

**Kildeopdelingsblanding af papir/pap (tab og kvalitet):** Kildesortering og kildeopdeling resulterer i de samme tab af papir og pap og samme afsatte kvaliteter af papir og pap til genanvendelse på de interviewede danske anlæg, som sorterer kildeopdelt papir/pap.

**Kildeopdelingsblanding af papir/pap/blød plast (tab og kvalitet af papir og pap):** For kildeopdelt papir/pap/blød plast er der med hensyn til papir og pap de samme tab som kildeopdelt papir/pap og kildesorteret papir og pap. Dette er under forudsætning af, at den bløde plast er tør og ren (jf. sorteringsvejledningens krav for denne type ordning) og dermed ikke kontaminerer de øvrige materialer. Kontaminering vil medføre en værdiforringelse for kildeopdelingen. Da den bløde plast udgør en relativt lille andel af papir/pap/blød plast-fraktionen, og sorteringsvejledningerne i de respektive kommuner beder om "rent og tørt plast", formodes dette ikke at være en væsentlig udfordring for fraktionen.

**Kildeopdelingsblanding af plast/metal/komposit (tab og kvalitet af plast og metal):** Drikkekartoner kan indsamles kildeopdelt sammen med plast og metal uden af påvirke tab eller kvalitet af disse. Dette er standard andre steder i Europa (bl.a. Belgien, Holland, Spanien og Portugal) og anvendes i de videre beregninger.

**Kildeopdelingsblanding af papir/pap/komposit (tab og kvalitet af papir og pap):** Drikkekartoner kan også indsamles sammen med papir og pap. Dette er f.eks. praksis i Sverige. For oparbejdningsanlæggene er denne kildeopdeling ikke et problem, såfremt udstyr og arbejds-gange er indrettet til at håndtere dette. For mellemhandlere mv. kan inkludering af drikkekartoner betyde forringelse af værdien af disse materialer pga. udfordringer med håndtering og lag-ring af det våde/madforurenede papir og pap, en større variation i fiberkvalitet og en større andel rest af urenheder i form af bl.a. plast- og alufolie.

Der er ikke foretaget en vurdering af indsamlingen af drikkekartoner som en kildesorteret frak-tion.

**Kildeopdelingsblanding af metal/glas (tab og kvalitet af metal og glas):** Afhængigt af sor-teringsanlæggets indretning kan der være et ekstra tab af glas ved kildeopdeling af metal og glas set i forhold til kildesortering. Med en hensigtsmæssig indretning af anlæg og sorterings-vejledning kan der opnås samme tabsrater og kvalitet af både metal og glas som for kildesor-terede materialer.

**Kildeopdelingsblanding af metal/glas/hård plast (tab og kvalitet for glas):** Glasfraktionen forringes væsentligt ved kildeopdeling sammen med plast pga. en væsentlig andel små plast-stykker, som de interviewede anlæg med nuværende teknologier ikke kan fjerne ved finsorte-ring af glasset. Herved kan det finsorterede glas ikke leve op til renhedskravene til genanven-delse som emballageglas. Der er endvidere betydelige tab af glas ved kildeopdeling med plast. En aktør i branchen angiver at have udført eksperimenter som indikerer, at det teknisk kan lade sig gøre at øge renheden af det udsorterede glas i en sådan grad, at det kan opfylde kvalitetskriterierne.

**Kildeopdelingsblanding af metal/glas/hård plast (tab og kvalitet for hård plast):** Hvorvidt kvaliteten af hård plast påvirkes ved kildeopdelt indsamling med glas sammenlignet med kilde-sortering er uklart, idet der er modstridende udsagn fra forskellige aktører. Der kan forventes et marginalt større tab af hård plast i sorteringen pga. sammenfiltrering med metal.

Kildeopdeling af glas sammen med blød plast er forholdsvis ukendt, men en ekspert mistæn-ker, at forurening med glassplinter kan forårsage nogle problemer i genanvendelsen af den bløde plast.

**Kildeopdelingsblanding af metal/glas/hård plast (tab og kvalitet for metal):** Kvaliteten af metal påvirkes ikke umiddelbart ved kildeopdelt indsamling med glas og plast sammenlignet med kildesortering.

**Kildeopdelingsblanding af metal/plast:** Der er ifølge anlægsaktører og eksperter ikke for-skel på sorteringsanlæggenes tab og kvalitet når man sammenligner kildeopdeling af me-tal/plast og kildesortering heraf. Undtaget herfra er et lille ekstra tab af plast pga. sammenfiltret plast og metal, der fejlagtigt udsorteres med metallet.

**Kildeopdelingsblanding af metal/pap/plast:** Både eksperter i og operatører af finsorterings-anlæg til plast/metal finder det teknisk uproblematisk at benytte disse anlæg til også at udsor-tere pap. Hvis den rene og tørre del af pappet kildeopdeles med plast og metal frem for at kil-desorteres, vil det dog medføre et værdi- og kvalitetstab af papfraktionen.

I stedet for rent og tørt pap kunne kildeopdelingen metal/plast udvides med komposit (drikke-kartoner) og beskidt/fugtigt pap/papir (f.eks. pizzabakker), som er mindre velegnet at iblande tørt papir og pap. Da metal-/plastblandingen i forvejen er beskidt/fugtigt, vil tilføjelse af disse to ekstra fraktioner øge den samlede genanvendelse uden at forårsage problemer med materia-lekvaliteten.



**Udenlandske erfaringer:** Rundt omkring i Europa findes en række kildeopdelte systemer, som i meget høj grad benytter maskinel og avanceret sortering af forskellige fraktioner. Erfaringerne fra disse systemer viser, at det med veldesignet og avanceret maskinel sortering er muligt at opnå både højere og/eller renere udsortering, end hvad man kan forvente af danske husholdningers kildesortering. Denne rapport har kun undersøgt finsortering af plast og metal og til dels pap og kompositter, mens finsortering af papir/pap og sorteringsanlæg til "tør rest" kun er overfladisk behandlet.

**Miljøvurderingen** er gennemført for tre udvalgte scenarier (kildesortering samt best case og worst case for kildeopdeling). Resultaterne viser, at alle tre scenarier medfører en netto miljømæssig besparelse, hvilket skyldes substitution af energi (forbrænding og biogas) og materialer (genanvendelse af papir, pap, plast, metal og glas) fra affaldsbehandlingen. Der er reelt ingen forskel på CO<sub>2</sub>-effekten for scenariet for kildesortering og best case-scenariet for kildeopdeling, mens worst case-scenariet for kildeopdeling viser lidt dårligere resultater (7 % mindre CO<sub>2</sub>-besparelse).

Hvis man ser nærmere på resultaterne, ses, at worst case-scenariet klarer sig dårligere pga. en dårligere glasgenanvendelse, og fordi den bløde plast ikke genanvendes i dette scenarie. For alle påvirkningskategorier gælder, at der reelt ikke er forskel på scenariet for kildesortering og best case-scenariet for kildeopdeling, mens worst case-scenariet for kildeopdeling viser lidt dårligere resultater (en til otte procent) i forhold til kildesortering.

**Samfundsøkonomisk vurdering:** Forskellen i samfundsøkonomiske omkostninger mellem kildesortering og kildeopdeling er så lille, at andre forhold, såsom miljøeffekter i udlandet<sup>1</sup> eller borgernes eventuelle nytte eller disnytte af de forskellige affaldssystemer, kan tænkes at udgøre et vægtigt argument for valg af løsning.

Kildeopdeling er lidt mere økonomisk fordelagtigt end kildesortering i oplande med mange enfamilieboliger. Modsat synes kildesortering *lidt* billigere i områder med mange etageboliger. Forskellene er dog små og må tænkes også at være påvirket meget af lokale forhold.

Et foreløbigt skøn antyder, at utilstrækkelig koordinering med for små sorteringsanlæg til følge kan medføre samlede danske ekstraomkostninger på 100-300 mio. kr./år pga. manglende udnyttelse af skalafordele. De bedste løsninger til kildeopdeling med små anlæg synes dog omkostningsmæssigt at være på linje med kildesortering med optimal størrelse anlæg.

---

<sup>1</sup> Jf. Finansministeriet (2017) må miljøeffekter i udlandet ikke medregnes i danske samfundsøkonomiske analyser. Dette diskuteres i Miljøstyrelsen (2019).

### 3. Summary and conclusions

This project compares collection schemes for dry recyclable materials based on separate collection (each fraction separately collected) and co-mingling (mingling of two or more fractions in the households), respectively.

The results of the project constitute a basis for the Danish Environmental Protection Agency, which can be used to evaluate whether different types of co-mingling live up to the exceptions in the revised Waste Directives Article 10:3. Therefore, the project focusses both on the sorting in the households (amounts and impurities), losses along the overall treatment chain, quality in the recycling (output), technical challenges, economy and environmental issues.

In relation to technical challenges, the potentials of both existing and future plants are described by applying low-technological and high-technological treatment technologies respectively. In the economic and environmental calculations, it is assumed that the future plants are designed to overcome the process related challenges for the different fractions as far as technically possible, and that the capacity of the treatment plants is well adapted to possible economies of scale.

In relation to quality, the project assesses the purity of the collected waste as well as the quality of the processed recycled materials. The conclusions focus mainly on the quality of the final recycled material, while purity of the collected waste is only included to the extent that it influences the quality of the final recycling material.

The conclusions are derived through interviews with nine sorting and processing plants as well as three experts in sorting technology and waste systems. The aim of the interviews was to reveal the technical challenges for the different plants regarding the purity of the materials and the corresponding effect on the quality of the recycling. Also, the possibility of enhancing the quality of the recycling of different waste streams (single and co-mingled) by changes in technology is briefly discussed.

The conclusions for the different co-mingled streams are summarised in the following table:

1. Paper/card board	Each material in the co-mingled stream can obtain the same quality as separately collected fractions after treatment (sorting plant). Can alternatively be recycled directly (no sorting) with certain limitations. Higher quality in recycling of separately collected as well as co-mingled paper/card board can be obtained through high technology plant sorting (only available abroad).
2. Paper/card board/plastic film	Each material in the co-mingled stream can obtain the same quality as separately collected fractions after treatment (sorting plant) with a certain loss of plastic film in the household sorting (only dry and clean plastic film allowed). Can alternatively be directly applied to a smaller market (no sorting). Minor risk of contamination of dry paper/card board from food waste.
3. Paper/card board/composite	Each material in the co-mingled stream can obtain the same quality as separately collected fractions after treatment (requires high technology sorting plant). Can alternatively be directly applied to a smaller market (no sorting). Some risk of contamination of dry paper/card board from food waste.
4. Metal/glass	Each material in the co-mingled stream can obtain the same quality as separately collected fractions after treatment (sorting plant). Depending on the design of the specific sorting plant, co-mingling of glass may increase the loss of glass compared to separately collected glass.

5. Metal/glass/hard plastic	Co-mingling of glass and plastic is challenging in relation to the resulting quality of the glass fraction. There is no known technical solution to these challenges, which has been tested in full scale. Co-mingling of glass and plastic may also affect the quality of the plastic fraction.
6. Metal/plastic	Can be separated in a sorting plant with a minimal loss of plastic without subsequent problems with the quality of the materials.
7. Metal/hard plastic + plastic foil/dirty-wet paper + cardboard + composite	Can be separated in a sorting plant with a minimal loss of plastic without subsequent problems with the quality of the materials. This mix enables relatively unproblematic increased collection of the dirty/wet subfractions of paper and cardboard (which otherwise may cause cross contamination of the dry paper/cardboard stream), since all the other materials in mix 7 must be expected to be contaminated with food waste.

The specific co-mingled streams will always be part of a larger waste system for the households. Direct comparison of each co-mingled stream with respect to economic and environmental effects is therefore not possible, since it is necessary to include the management of all affected waste fractions from the households. To enable comparison, eight scenarios for management of the household waste (recyclable fractions, food waste and residual waste) are defined, whereof one scenario represents separate collection of all recyclable fractions, while the remaining scenarios include different co-mingled streams.

All eight scenarios are analysed using socio-economic analyses, while environmental assessment (LCA) has been performed on three selected scenarios. These calculations are quantifying effects on economy and environment from different versions of co-mingling compared to separate collection including the whole collection and treatment chain. The assumptions for these assessments are based on Miljøstyrelsen (2019) adjusted according to the results of the interviews performed in the present project.

**The more detailed conclusions**, which can also be found in later sections of the report, are as follows:

**Collection efficiency in the households:** A review of available literature did not reveal a clear difference in the amounts of recyclable materials collected from the households in schemes based on separate collection or co-mingling, respectively.

**Impurities of materials collected from the households:** Some sources indicate that the amount of impurities in the recyclable materials collected from the households is larger in collection schemes based on co-mingling. However, this is not the case in all surveys and cannot be quantified based on the available data. Whether the quality of the final recycling product is affected by these impurities depends on the later processes (sorting and processing).

**Co-mingling of paper/cardboard (loss and quality):** Separate collection and co-mingled collection result in the same losses and the same qualities of paper and cardboard for recycling according to the interviews at the Danish plants sorting co-mingled paper and cardboard.

**Co-mingling of paper/cardboard/plastic foil (quality of paper and cardboard):** The loss of paper and cardboard from this co-mingled stream is not different to the loss from co-mingled paper/cardboard and separately collected paper and cardboard. This is under the assumption that the plastic foil is dry and clean (sorting instruction requirements for this type of collection scheme) and therefore not contaminating the other materials. Contamination will cause a significant decrease of the value of the co-mingled stream. Since the plastic foil is constituting a relatively small part of the co-mingled paper/cardboard/plastic foil stream, and since the sorting instructions in the municipalities collecting this co-mingled stream ask specifically for "clean and dry plastic foil", contamination from the plastic foil is assumed not to be a significant challenge for this co-mingled stream.

**Co-mingling of plastic/metal/composite (loss and quality of plastic and metal):** Drinking cartons can be collected in a co-mingled stream with plastic and metal without affecting loss or quality of these materials. This is standard in other countries in Europe (e.g. Belgium, Holland, Spain and Portugal) and is used in the further assessments in this report.

**Co-mingling of paper/cardboard/composite (loss and quality of paper and cardboard):** Drinking cartons can also be collected in a co-mingled stream with paper and card board. This co-mingling is standard in e.g. Sweden. For the recycling/processing plants this co-mingling stream is not a problem, if the equipment and work flow are organised to handle this. For dealers etc., drinking cartons may cause a decrease in the value of the materials due to challenges regarding management and storage of the wet/food contaminated paper and cardboard, larger variation in fibre quality and a larger content of impurities (e.g. plastic and aluminium foil).

No assessment of separate collection of drinking cartons has been performed.

**Co-mingling of metal/glass (loss and quality):** Depending of the technical specifications of the sorting plant, there may be an extra loss of glass in co-mingled collection of metal/glass compared to separate collection of the materials. However, with an appropriate design of the sorting plant and sorting instructions, it is possible to obtain same losses and quality of both metal and glass as for separately collected materials.

**Co-mingling of metal/glass/hard plastic (loss and quality for glass):** The quality of the glass fraction is significantly decreased by a co-mingled collection with plastic due to a significant content of small plastic items that the interviewed sorting plants (current technology) are not able to remove by fine sorting of the glass. Therefore, the fine sorted glass cannot meet the requirements for purity of recycled glass for production of packaging glass. Furthermore, there are significant losses of glass by co-mingling with plastic. One stakeholder has performed experiments purportedly indicating technical possibilities to increase the purity of the sorted glass to an extent, where it can meet the requirements.

**Co-mingling of metal/glass/hard plastic (loss and quality for plastic):** Whether the quality of hard plastic is affected by co-mingled collection with glass compared to separate collection is not clear due to conflicting messages from different stakeholders. A marginally increased loss of hard plastic in the sorting process may be expected due to entanglement with metal.

Co-mingled collection of glass with plastic foil is relatively unknown. However, one expert suspects that contamination with glass can cause problems in recycling of the plastic foil.

**Co-mingling of metal/glass/hard plastic (loss and quality of metal):** The quality of metal (after sorting) is not affected by co-mingling with glass and plastic compared to separate collection.

**Co-mingling of metal/plastic (loss and quality):** According to different stakeholders (sorting plants and experts) there is no difference in the losses at the sorting plants and the subsequent quality of the recycled materials, when you compare co-mingled metal/plastic with separately collected fractions. One exception is a small extra loss of plastic due to entanglement of plastic and metal, which ends up in the metal fraction.

**Co-mingling of metal/cardboard/plastic (loss and quality):** Both experts and operators of sorting plants for plastic/metal find it unproblematic to sort of cardboard as well at the sorting plants (current technology). If the clean and dry part of the cardboard is co-mingled with plastic and metal (instead of separate collection) it will, however, cause a loss in value and quality for the cardboard fraction.

Instead of the clean and dry cardboard, the co-mingled metal/plastic stream could be extended with composite (drinking cartons) and dirty/wet cardboard/paper (e.g. pizza trays), which is less suitable for co-mingling with dry paper and cardboard. Since the metal/plastic stream is already dirty/wet, the addition of these two extra fractions will increase the total recycling without affecting the quality of the materials.

**International experience:** A range of co-mingling systems exist around Europe, which to a large extent are based on mechanical and advanced sorting of different waste fractions. The experience from these systems shows, that well designed and advanced mechanical sorting can achieve higher and/or more efficient sorting than what can be expected from source separation in the households. This project is only investigating fine sorting of plastic and metal and partly cardboard and composites, while fine sorting of paper/cardboard and sorting plants for "dry residual waste" are only briefly touched upon.

**The environmental assessment** is performed for three selected scenarios (separate collection, best-case and worst-case for co-mingling). The results show that all three scenarios result in net environmental savings due to substitution of energy (incineration and biogas) and materials (recycling of paper, cardboard, plastic, metal and glass) from the waste management. There is no actual difference in the CO<sub>2</sub> effect between the scenarios for separate collection and best-case co-mingling, while the worst-case comingling scenario performs slightly worse for this impact category (7% less CO<sub>2</sub> saving).

A closer investigation of the results reveals that the differences between the scenarios are caused by less efficient glass recycling and incineration (not recycling) of the plastic foil in the worst-case co-mingling scenario. The results for all impact categories show that there are no actual differences between the scenarios for separate collection and best-case co-mingling, while the worst-case co-mingling scenario performs slightly worse (1-8% worse for the different impact categories) compared to separate collection.

**Socio-economic assessment:** The difference in socio-economic costs between separate collection and co-mingling is so small that other factors, such as environmental impacts abroad<sup>2</sup> or the citizens' possible benefits/challenges due to different collection systems, could possibly be important arguments for the choice of waste management system.

Co-mingling is slightly more cost-efficient than separate collection for catchment areas with a large fraction of single-family houses. On the other hand, in catchment areas with large fractions of multifamily houses, separate collection seems to be slightly less expensive. However, the differences are small and can probably be substantially affected by local conditions.

A provisional estimate indicates that insufficient coordination, and consequently too small sorting/treatment plants, may cause extra costs for Denmark of 100-300 million DKK/year due to lacking economy of scale. However, the costs of the best co-mingling systems with smaller plants seems to be in line with separate collection systems with optimal plant production capacities.

---

<sup>2</sup> Referring to Finansministeriet (2017) environmental impacts abroad cannot be included in Danish socio-economic analysis. This is discussed in Miljøstyrelsen (2019).

## 4. Ordliste

**Eddy current separator:** Engelsk ord for hvirvelstrømsseparator, se nedenfor.

**Beskidt/fugtigt pap og papir:** Beskidt og/eller fugtigt pap og papir, f.eks. forurenet med madrester. Eksempler kunne være pizzabakker og andre pap/papiremballager fra fødevarer, f.eks. takeaway og grøntsager. Aftøringspapir er ikke en del af fraktionen.

**Hvirvelstrømsseparator:** Maskine, som kan løfte metaller og derved forårsage separation fra ikke-metalliske objekter. Anvendes til at udskille aluminium og andre ikke-magnetiske metaller fra en materialestrøm, efter at magnetiske metaller er udskilt ved hjælp af en magnetseparator.

**Kildeopdeling:** Indsamling af flere genanvendelige materialer sammenblandet i samme rum/beholder.

**Kildesortering:** Indsamling af genanvendelige materialer ét materiale for sig i et separat rum eller beholder uden sammenblanding med andre materialer.

**Komposit:** Forstås i nærværende projekt som materialer, herunder emballage, der består af flere materialer, der ikke umiddelbart kan adskilles. Det kan f.eks. være drikkekartoner (pap med en plast/aluminiums-coating) eller chips poser af plast-/metalfolie.

**Kvalitet:** Kvalitet for de genanvendelige materialer defineres som kvalitet sammenlignet med tilsvarende nye materialer, dvs. i hvor høj grad de oparbejdede materialer kvalitetsmæssigt kan sidestilles med nye materialer og dermed anvendes til fremstilling af samme typer produkter, eller om der er begrænsninger på anvendelsen i genanvendelsen. Betragtninger om det indsamlede affalds renhed indgår kun i den udstrækning, det er relevant for, om de diskuterede processer påvirkes væsentligt af renheden.

**Magnetseparator:** Maskine, som udskiller magnetiske metaller fra en materialestrøm ved hjælp af en magnet.

**NIR sortering:** NIR (Near Infra Red) er en optisk sorteringsmaskine, som benytter sig af infrarødt og nær-infrarødt lys til at bestemme typen af plast og adskille den fra den øvrige materialestrøm (mest typisk med trykluft, men kan også være sugekopper eller andet).

**Optisk sortering:** En optisk sorteringsmaskine, der benytter sig af synligt lys til at bestemme og udskille udvalgte materialetyper.

**Pap:** Forstås i nærværende projekt som småt pap, dvs. karton (herunder tørt og rent emballagekarton, f.eks. fra cornflakes, tandpasta mv.) og småt bølgepap, som kan lægges i en beholder ved husstanden. Stort pap indgår ikke i denne fraktion.

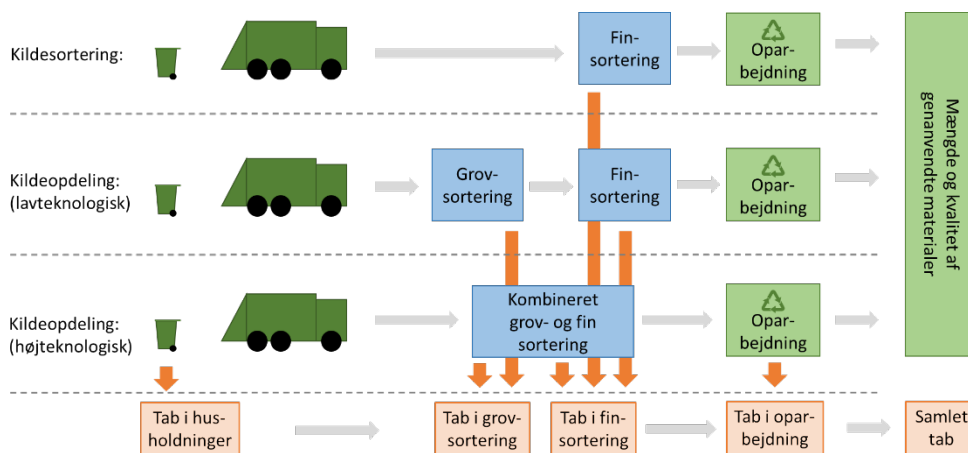
**Plast:** Hvis det ikke specificeres nærmere, er der tale om både hård og blød plast. Plast forstås i nærværende projekt som småt plast fra husholdningerne, der kan lægges i en beholder ved husstanden. Stort plast indgår ikke i denne fraktion.

# 5. Metode

## 5.1 Overordnet tilgang

Formålet med projektet er at belyse, hvorvidt der er forskel på mængderne og kvaliteten af genanvendelige materialer indsamlet fra husholdninger i affaldsordninger baseret på hhv. kil-desortering og kildeopdeling. Projektet sammenligner derfor ordninger med kil-desortering med ordninger baseret på forskellige former for kildeopdeling.

Figur 1 viser den overordnede behandlingskæde og det tilhørende tab for de genanvendelige materialer. For alle tab skal dette projekt belyse, hvorvidt det kan dokumenteres, om der er for-skel på indsamlingsordninger baseret på enten kil-desortering eller kildeopdeling.



**Figur 1 Illustration af behandlingskæde og tilhørende tab for genanvendelige materialer.**

Hver husstand genererer en vis mængde af genanvendelige materialer. Heraf indsamles en vis andel til genanvendelse. Hvor stor denne andel er, afhænger i høj grad af, hvilken ordning borgeren tilbydes. Den andel af genanvendelige materialer, der ikke indsamles, ender i restaf-faldet til forbrænding og udgør et væsentligt tab af fraktionen.

Det indsamlede affald køres herefter til sortering. Hvis der er tale om kildeopdelte materialer, skal disse adskilles i enkeltmaterialer (grovsortering). Herefter skal nogle materialer sorteres yderligere (finsortering), f.eks. sorteres plasten i enkeltpolymerer, glasset i farver og reste-rende urenheder fjernes. Grovsorteringen er kun relevant for kildeopdelte materialer (man kan sige, at borgeren står for grovsorteringen i de kil-desorterede ordninger), mens finsorteringen er nødvendig for både kil-desorterede og kildeopdelte materialer.

De finsorterede materialer afsættes til en oparbejder, der anvender dem som råmateriale til produktion af nye materialer. I denne proces kan der ligeledes være et fysisk tab. Det samlede fysiske tab fra indsamling til endelig genanvendelse er derfor summen af tabene i grovsorte-ring, finsortering og oparbejdning.

De mængder, der indgår i den endelige genanvendelse, kan have forskellig kvalitet, der til dels afhænger af den måde, affaldet er indsamlet på.

Forudsætningerne for projektet er som udgangspunkt Miljøstyrelsen (2019), da alle forudsæt-ninger der er lagt fast i en omfattende proces med inddragelse af følgegruppen og en række

andre aktører. På grund af nærværende projekts store fokus på forskelle imellem ordninger baseret på kildesortering og kildeopdeling har det dog været nødvendigt at belyse detaljer om tab og kvalitet i de to typer ordninger yderligere. Nogle af forudsætningerne fra det foregående projekt er derfor opdateret i forhold til nye oplysninger, som er fremkommet via litteraturgen-nemgang og interviews af en række aktører i Danmark og udlandet.

## 5.2 Fraktioner, potentialer og indsamlede mængder

De analyserede fraktioner er glas, metal, papir, pap, blød plast, hård plast og kompositmateri-aler stammende fra husholdninger. For genanvendelse af glas er kun set på genanvendelse som skår (og ikke genbrug som hele flasker), idet det var udgangspunktet for Miljøstyrelsen (2019). Der ses kun på husstandsindsamling, dvs. ikke mængder indsamlet via genbrugsstati-oner eller lignende.

I beregningerne antages, at en gennemsnitlig husholdning genererer de affaldsmængder, som fremgår af Tabel 1 Forudsætningerne er de samme som i Miljøstyrelsen (2019), bortset fra fraktionerne "Komposit" og "Beskidt papir og pap, der er defineret i nærværende projekt på ba-sis af detaljer omkring restaffaldets sammensætning i Miljøstyrelsen (2019). Den indsamlede plast (hård og blød) antages at have en sammensætning, som vist i Tabel 2.

**Tabel 1 Potentialer for dagrenovation i enfamilieboliger og etageboliger.**

	Enfamilieboliger potentiale	Etageboliger potentiale
	Kg/hush./år	Kg/hush./år
Tørt restaffald	104 <sup>1</sup>	94 <sup>1</sup>
Organisk affald	215	208
Papir	120	120
Pap/karton	16	16
Papkomposit <sup>2</sup>	9	8
Beskidt papir og pap <sup>3</sup>	22	20
Plast	51	46
Metal	20	17
Glas	46	40
<b>Total</b>	<b>603</b>	<b>569</b>

Kilde: Miljøstyrelsen (2019) (fed skrift) suppleret med ny dataindsamling (almindelig skrift).

1: Justeret i forhold til mulig udsortering af komposit og beskidt papir og pap.

2: Inklusiv delfraktionerne "Milk cartons (cardboard/plastic)" og "Juice cartons (cardboard/plastic/alumi-nium)" fra EASETECH.

3: Inklusiv delfraktionerne "Dirty paper" og "Dirty cardboard" fra EASETECH.

**Tabel 2 Sammensætning af den indsamlede plast fra husholdninger.**

	Plastpolymer (% af indsamlet plast)
Blød plast (LDPE)	43%
Hård plast (PP)	16%
Hård plast (PET)	10%
Hård plast (HDPE)	8%
Ikke-genanvendelige plast	23%

Kilde til sammensætning: Miljøstyrelsen (2019).



I en given affaldsordning vil en vis andel af en given genanvendelig affaldsfraktion blive indsamlet til genanvendelse. Hvor stor denne andel afhænger bl.a. af, hvilken ordning der tilbydes borgerne. Tabel 3 viser de forudsætninger, som er anvendt i Miljøstyrelsen (2019). Det er i nærværende projekt undersøgt, hvorvidt der kan påvises at være en forskel på sorterings effektiviteten ved husstande i ordninger med hhv. kildesortering og kildeopdeling (se afsnit 6.1.).

**Tabel 3 Indsamlingseffektiviteter ved husstanden.**

	Enfamilieboliger	Etageboliger
Papir ved husstand	90	70
Papir i kuber	85	65
Pap/karton	60	50
Komposit (drikkevarekartoner)	50 <sup>1</sup>	50 <sup>1</sup>
Beskidt papir og pap	50 <sup>1</sup>	50 <sup>1</sup>
Plast, hård og blød	30	25
Plast, hård	30	25
Plast, blød <sup>2</sup>	25 <sup>3</sup>	21
Metal	60	50
Glas ved husstand	80	75
Glas i kuber	75	70
Organisk	60	45

Kilde: Miljøstyrelsen (2019) (fed skrift) suppleret med COWIs antagelser og ny dataindsamling (almindelig skrift).

1: COWI antagelse.

2: "Ren og tør", som hos Dansk Affald.

3: Estimeret på baggrund af data fra Miljøstyrelsen (2014), data for output fraktioner fra Dansk Affald.

### 5.3 Kildeopdelte blandinger

Kildeopdelte blandinger består af to eller flere genanvendelige materialer, der indsamles i samme beholder/rum ved husstanden og separeres senere i processen. Miljøstyrelsen har defineret, at dette projekt belyser de kildeopdelte blandinger, som findes i danske kommuner i dag, suppleret med en enkelt blanding indeholdende komposit (blanding 3, Tabel 4) og en blanding fra Miljøstyrelsen (2019) (blanding 8, Tabel 4).

**Tabel 4 Kildeopdelingsblandinger, der indgår i dette projekt. Hver blanding har sin egen beholder/rum ved husstanden.**

	Fraktioner (blandinger)		
Kildeopdelingsblanding 1	Papir	Pap	
Kildeopdelingsblanding 2	Papir	Pap	Plast (blød)
Kildeopdelingsblanding 3	Metal	Plast	Komposit
Kildeopdelingsblanding 4	Metal	Glas	
Kildeopdelingsblanding 5	Metal	Glas	Plast (hård)
Kildeopdelingsblanding 6	Metal		Plast (hård+blød)
Kildeopdelingsblanding 7	Metal		Hård plast
Kildeopdelingsblanding 8	Metal	Pap	Plast (hård+blød)

For hvert genanvendeligt materiale sammenlignes indsamling i kildeopdelte blandinger med kildesorteret indsamling af samme materiale.

## 5.4 Scenarier

For at kunne regne på økonomi og miljøeffekter ved hhv. kildesortering og kildeopdeling er det nødvendigt at tage stilling til den konkrete indsamling af alle fraktioner i dagrenovationen, dvs. hvilke fraktioner der indsamles, eventuelle kildeopdelingsblandinger, konkret materiel og tømningfrekvenser for de enkelte beholdere osv. Dette er nødvendigt, da kildeopdelingsblandinger altid indgår som en del af et samlet affaldssystem, og en økonomisk eller miljømæssig sammenligning må tage udgangspunkt i samme affaldsmængder for at sikre en reel sammenligning.

Tabel 5 viser de scenarier, der er sammensat til beregning af økonomiske konsekvenser. De første scenarie repræsenterer kildesortering, mens de øvrige scenarier er bygget op omkring de forskellige kildeopdelingsblandinger, der indgår i dette projekt.

**Tabel 5 Scenarier til beregning af økonomiske (alle) og miljømæssige konsekvenser (fed ramme).**

	KS	KO1	KO2a	KO2b	KO2c	KO3a	KO4	KO5
<b>Spand 1</b>	Papir	Papir	Papir, pap	Papir, pap	Papir, pap	Papir, pap	Papir, pap, plast(b)	Papir, pap
	Pap	Pap, metal, plast	Metal, plast	Metal, plast, komposit	Metal, plast(h)	Metal, glas, plast(h)	Metal, glas, plast(h)	Metal, glas
<b>Spand 2</b>	Plast							
	Metal							
<b>Kube</b>	Glas	Glas	Glas	Glas	Glas			
<b>Restaffald</b>	Komposit	Komposit	Komposit		Komposit, plast(b)	Komposit, plast (b)	Komposit	Komposit, plast

Ved fastlæggelse af scenarierne er antaget, at scenariet med kildesortering har to beholdere til tørre genanvendelige materialer, mens alle scenarier med kildeopdeling kun har én beholder til tørre genanvendelige materialer.

Baggrunden for dette valg er, at hvis man skal begrunde kildeopdeling med økonomiske argumenter, så kræver det, at der spares en beholder, typisk ved at minimum to gange to fraktioner blandes. Herved kan indsamlingen klares i en to-rumsbeholder frem for to beholdere. Endvidere er det forudsat, at beholderne af service- og hygiejnehensyn tømmes minimum hver anden måned. Dette valg medfører, at der i kildesorteringsløsninger "tømmes mere luft", hvilket medvirker til besparelserne på indsamlingsomkostningerne ved kildeopdeling.

I hvert scenarie er der derfor et begrænset antal rum til rådighed, og alt efter hvilke kildeopdelingsblandinger, der er valgt, er der ikke nødvendigvis plads til alle fraktioner. De fraktioner, som der ikke er plads til i husstandsindsamlingen, kan enten indsamles i kuber eller afleveres på den lokale genbrugsstation. I praksis vil fraværet af husstandsindsamling og kubeordning dog som oftest betyde, at en væsentlig andel af fraktionerne ender i restaffaldet (generel antagelse i projektets beregninger).

I alle scenarier indsamles restaffald og organisk affald i én todelt beholder (ikke vist i tabellen). De scenarier, som er markerede med rød ramme, er de scenarier, som er udvalgt til miljømæssig analyse (LCA). KO2b er udvalgt som best case-scenarie for kildeopdeling miljømæssigt set baseret på det faktum, at man får samlet alle de genanvendelige fraktioner ind i kildeopdelingsblandinger, der ikke umiddelbart medfører udfordringer i behandlingskæden (se resultater fra interviews og litteratur, afsnit 6. KO3a er udvalgt som worst case-scenarie for kildeopdeling, da der her er genanvendelige fraktioner, som ikke indsamles (komposit og blød

plast), samtidig med at kvaliteten i genanvendelsen af glas falder ved indsamling sammen med plast og metal.

## 5.5 Tab i behandlingskæden

Tab i behandlingskæden er fastlagt med udgangspunkt i Miljøstyrelsen (2019) suppleret med en litteraturgennemgang og interviews med en række anlæg og eksperter i Danmark og udlandet. I litteraturgennemgangen er resultaterne af Miljø- og Fødevareministeriet (2018) en væsentlig kilde, og tabsraterne fra denne er sammenholdt med tabsraterne fra Miljøstyrelsen (2019).

Tabel 6 viser, hvilke aktører der er interviewet i forbindelse med projektet, mens detaljer omkring de enkelte aktører og interviews fremgår af Bilag 2.

**Tabel 6 Aktører interviewet i forbindelse med projektet. Særligt fokus på tab og kvalitet i behandlingskæden.**

Navn	Input fraktion	Proces	Land
Dansk Affald	Kildeopdelt affald	Grov + finsortering	Danmark
Fiskeby	Papir/pap/komposit	Finsortering + oparbejdning	Sverige
IUT	Designer og opfører sorteringsanlæg		Østrig
Nomi4S	Plast/metal	Grovsortering	Danmark
Reiling	Glas, metal/glas	(Grov+) finsortering	Danmark
RenoNord	Plast/metal	Grov + finsortering	Danmark
Roaf	Tør rest + kildesorterede fraktioner	Grov + finsortering	Norge
SDU	Universitet		Danmark
Skjern Papirfabrik	Papir og pap	Finsortering + oparbejdning	Danmark
Stena Recycling	Papir/pap, andre kildesorterede fraktioner	Modtagelse, grov+ finsortering	Danmark
Suez	Affaldsentreprenør		UK
Swerec	Plast	Finsortering og oparbejdning	Sverige

For hver genanvendelig fraktion fastlægges tab ved hhv. sortering og oparbejdning (se Tabel 7). Miljøstyrelsen (2019) anvendes som udgangspunkt og tilpasses, hvor der er grundlag for dette ud fra de oplysninger, der er indhentet i nærværende projekt. Det tab, der defineres, er opgjort som tab af target-materiale (altså f.eks. tab af papir) og inkluderer ikke eventuelle urenheder (samme metode som i Miljøstyrelsen (2019)).

Derudover angives kvaliteten i genanvendelsen for hver fraktion for hhv. kildesorterede og kildeopdelte materialer (se Tabel 7). Et indeks på 100 betyder, at kvaliteten af de genanvendelige materialer svarer til nye materialer, mens en lavere værdi indikerer en tilsvarende lavere kvalitet. I modellen anvendes denne kvalitetsindikator som faktor ved substitution af materialer. Ved en kvalitetsindikator på 100 substitueres nye materialer 1:1, mens en lavere kvalitetsindikator medfører en tilsvarende lavere substitutionsrate.

**Tabel 7 Illustration af tab i behandlingskæden og kvalitet i genanvendelsen.**

	Sortering (grov+fin)	Oparbejdning	Kvalitet i genan- vendelsen	Substitution
KS: Papir	0%	14%	100	Avispapir
KO: Papir	0%	14%	100	Avispapir

For hvert genanvendeligt materiale beskrives baggrunden for ændringer i forhold til Miljøstyrelsen (2019) og eventuelle forskelle imellem kildesortering og kildeopdeling.

## 5.6 Miljø (LCA)

Formålet med livscyklusvurderingen (LCA'en) er at afdække de miljømæssige forhold ved kilde-sortering af genanvendelige, tørre affaldsfraktioner sammenlignet med to scenarier for kilde-opdeling. Tabel 8 viser de scenarier, der indgår i miljøvurderingen. Begrundelsen for udvæl-gelse af scenarier til miljøvurderingen fremgår af Afsnit 5.4.

**Tabel 8 Scenarier til beregning af miljøeffekter**

	Kildesortering	Best case	Worst case
Spand 1	Papir	Papir Pap	Papir Pap
	Pap	Metal Plast Komposit	Metal Glas Plast (hård)
Spand 2	Plast		
	Metal		
Kube	Glas	Glas	
Rest	Komposit		Komposit Plast (blød)

LCA'en vil belyse miljøpåvirkningen fra henholdsvis kildesortering og to forskellige typer af kildeopdeling og dermed bidrage til beslutningsgrundlaget i forhold til fremtidige ordninger base-ret på kildeopdeling i de danske kommuner.

Den funktionelle enhed beskriver den kvantitative ydelse, som det undersøgte system skal op-fulde. I denne LCA er den funktionelle enhed:

*Affaldshåndtering af et ton gennemsnitlig dansk dagrenovation, inklusiv indsamling, transport, behandling og slutdisponering af eventuelle restprodukter fra et opland med 60 % enfamiliebo-liger og 40 % etageboliger.*

LCA'en er baseret på den LCA-model med tilhørende forudsætninger og datagrundlag, der er udarbejdet i forbindelse med Miljøstyrelsen (2019), opdateret med nye oplysninger om tab og kvalitet fremkommet i nærværende projekt.

Resultaterne er opgjort per ton dagrenovationsaffald for et opland bestående af 60 % enfami-liehuse og 40 % etageboliger. Endvidere er resultaterne opgjort for et opland med 150.000 en-familieboliger og 100.000 etageboliger per år.

Miljøpåvirkningerne er beregnet for en række påvirkningskategorier, herunder ikke toksiske, toksiske og ressourceforbrug. Resultater for alle miljøeffekter fremgår af Bilag 2. I rapportens resultat afsnit behandles resultater for CO<sub>2</sub> og andre ikke toksiske effekter, herunder ozonnedbrydning, partikelforurening, smog, forsuring og eutrofiering. Der er gennemført enkelte følsomhedsanalyser med henblik på yderligere belysning af resultaterne.

## 5.7 Samfundsøkonomi

Den anvendte regnemetode for de samfundsøkonomiske effekter er identisk med metoden anvendt i Miljøstyrelsen (2019), og den interesserede læser henvises hertil. Nedenfor gengives afsnit 4.2.1, som kort beskriver beregningsmetoden:

*"Den anvendte beregningsmetode tager udgangspunkt i en detaljeret opgørelse over antal spande og tømninger, affaldsstrømme (tonnager), transportarbejde og behandling med forskellige teknologier, afsætningspriser samt afgifter og subsidier. Denne detaljerede opgørelse kan opstilles i et konsekvensskema, hvor alle aktiviteter, enhedsomkostninger og mængder fremgår. Den årlige omkostning for hver aktivitet er produktet af enhedsomkostning og mængde. Analysen er afgrænset til et opland i Danmark, så import og eksport af affald og andre goder er værdisat med relevante markedspriser herfor. Det stiliserede konsekvensskema fremgår af Tabel 9.*

*I det anvendte regneark værktøj vil der endvidere blive skelnet mellem, hvor stor en andel af den enkelte aktivitet der kan tilskrives de indsamlede og behandlede affaldsfraktioner, f.eks. ud fra affaldsfraktionens vægt eller volumenandel af den håndterede mængde, dvs. en gennemsnitlig behandlingsomkostning. Det kan være nærliggende at tro, at en sådan tilskrivning kan give oplysninger om omkostningen ved at behandle en enkelt fraktion.*

**Tabel 9 Stiliseret konsekvensskema for den anvendte model**

Aktivitet	Enhedsomkostning, mængde og årlig omkostning
Indsamling	Tømningsomkostning x antal tømninger
	Afskrivning/forrentning pr. spand x antal spande
	Vedligehold pr. spand x antal spande
Transport	Transportomkostning x antal tonkm
Forbrænding	Tonnageomkostning x tonnage brændt (inkl. rejekt)
	Energiomkostning x energi indfyret
	Elpris x el salg
	Varmepris x varmesalg
Bioforgasning*	Afgifter x afgiftsgrundlag
	Tonnage omkostning x tonnage forgasset
	Biogaspris x biogasproduktion
Sortering	Subsidier og afgifter x afgiftsgrundlag
	Tonnageomkostning x tonnage sorteret
Eksternaliteter	Materialeindtægt x materialer udsorteret
	Emissionsomkostning x nationale emissioner
	Transporteksternaliteter x transportarbejde

*Note: Bioforgasning af organisk affald og forbrænding af restaffald indgår i regnemodellen for at sikre, at resultaterne er direkte sammenlignelige med Miljøstyrelsen (2019).*

## 6. Resultater fra interviews og litteratur

I dette afsnit fastlægges de forudsætninger omkring tab og kvalitet i genanvendelsen, som anvendes i de efterfølgende beregninger (økonomi og miljø). Der tages generelt udgangspunkt i forudsætningerne fra Miljøstyrelsen (2019), der opdateres i de tilfælde, hvor dataindsamlingen i nærværende projekt fremkommer med nye oplysninger.

### 6.1 Sortering ved husstanden

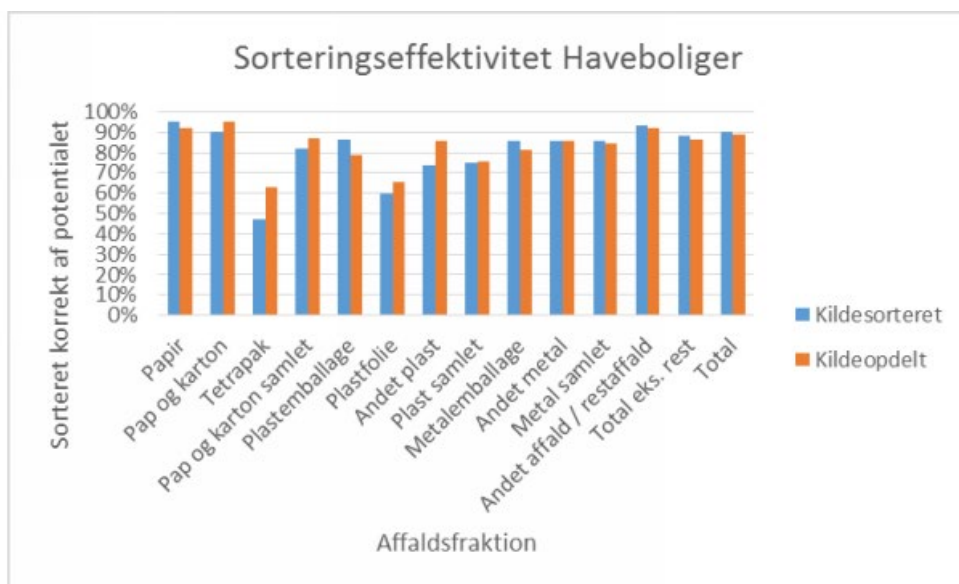
Indsamlingseffektiviteten er den andel af potentialet for en given affaldsfraktion, som husholdningerne udsorterer til genanvendelse i en given indsamlingsordning. En sammenligning af tilgængeligt materiale om kildeopdeling og kildesortering viser, at det grundlæggende er meget vanskeligt at påvise en forskel på de indsamlede mængder i de to typer af ordninger.

En af hovedårsagerne er, at der er en lang række parametre, der påvirker mængden af udsorterede materialer til genanvendelse, bl.a. boligsammensætning i området, udformning af sorteringsvejledninger (hvor meget er tilladt, og hvor godt er dette forklaret), kapacitet til den enkelte fraktion, informationsniveau, ordningens alder mv. Ved sammenligning på tværs af kommuner er det derfor vanskeligt at sige, om forskellen i mængderne skyldes typen af indsamlingsordning (kildesortering eller kildeopdeling) eller andre faktorer.

Der er udført meget få egentlige forsøg til belysning af forskellen på de indsamlede mængder fra hhv. kildesorterings- og kildeopdelingsordninger. Her inddrages to forsøg gennemført i løbet af de seneste år i Danmark:

- Odense Renovation 2016-2017: "Sorter-Mere-Odense" er et forsøgs- og demonstrationsprojekt, hvor i alt 2.000 husstande er udvalgt repræsentativt ift. boligsammensætning. Disse husstande har i et år afprøvet forskellige sorteringsystemer (Odense Renovation, 2018). Heraf er udvalgt fire områder med hvert ca. 200 boliger, hvor affaldet blev udtaget til videre undersøgelse. I ét af de udvalgte områder blev der indsamlet blandet plast og metal, mens de tre øvrige områder kildesorterede plast og metal. Dette giver mulighed for at sammenligne kildesortering og kildeopdeling af plast og metal (Rambøll, 2017).
- Frederiksberg Kommune 2015: I alt 24 boliger (12 haveboliger og 12 etageboliger) blev udvalgt til sortering ved kildesortering og kildeopdeling. Der blev sorteret i to gange syv uger, således at alle prøvede begge typer ordninger. Formålet med projektet var at se, hvor meget der kunne udsorteres (derfor stor grad af vejledning og information), se Figur 2 (Miljøstyrelsen, 2015).

Disse to forsøg kunne ikke påvise signifikante forskelle på de indsamlede mængder mellem ordninger med hhv. kildesortering og kildeopdeling.



**Figur 2** Indsamlingseffektivitet for haveboliger i forsøg i Frederiksberg Kommune, hvor bl.a. kildesortering og kildeopdeling blev belyst (Miljøstyrelsen, 2015).

Derudover er der i projektet gennemgået en lang række andre danske og udenlandske kilder, der alle kommer frem til samme konklusion (se detaljer i Bilag 3. Det har ikke været muligt at identificere forsøg eller kilder, der kunne dokumentere, at det påvirker de indsamlede mængder signifikant, hvorvidt man vælger en ordning baseret på kildesortering eller kildeopdeling.

I forhold til renheden af de udsorterede materialer er der et par kilder, der indikerer, at der kan være en større mængde urenheder i kildeopdelte materialer sammenlignet med kildesorterede (se citat 1 og 6 i boksen nedenfor), men det har ikke været muligt at kvantificere dette.

### Boks 1 Udvalgte citater om sortering ved husstandene

Citat 1 - Odense Renovation (2018), forsøg med fire områder á 200 husstande:

*"Når man ser på mængderne af sammenblandet metal/plast hhv. ren plast og rent metal fra de forskellige områder, er der ikke en signifikant forskel på den indsamlede mængde blandet metal/plast og den samlede mængde af de to enkeltfraktioner. Ligeledes er der ikke signifikant mere metal i restaffaldet i det ene område frem for det andet (hhv. 1,5 % og 1,3 %). [...] Forsøget i Odense indikerer, at der er en sandsynlighed for, at renheden er mindre ved kildeopdeling end ved kildesortering."* Poul Juul Hansen fra Odense Renovation (personlig kommunikation) om Odense Renovation (2018)

Citat 2 - Sweco (2017), s. 17, kortlægning af indsamlede plastrængder over tre år i 31-41 kommuner:

*"På baggrund af den gennemførte analyse kan der ikke udledes entydige sammenhænge mellem de forskellige parametre, der indgår i analysen."*

Citat 3 - Rambøll (2018), s. 19, analyse af scenarier for kildesortering og kildeopdeling:

*"Kildeopdeling af plast medfører mindre udsortering af plast i det opstillede scenarie. Rapporten vurderer, at dette skyldes mindre beholderkapacitet end ved kildesortering samt forskelle i sorteringsvejledning (begrænsninger af typer af emballager ved kildeopdeling). Det har derimod ikke*

været muligt at påvise nogen indikation af, at der indsamles mere eller mindre i systemer med kildesortering eller kildeopdeling, når det kommer til fraktionerne papir, pap, glas og metal."

Citat 4 – Miljøstyrelsen (2015), s. 74, Forsøg med kildesortering/kildeopdeling i 24 boliger på Frederiksberg:

"Der har samlet set ikke kunnet konstateres forskelligheder i de mængder og den sorteringseffektivitet, der er opnået i forsøg 1 og 23."

Citat 5 - Miljøstyrelsen (2017), s. 10, om kildeopdelte indsamling af glas:

"En sammenligning af indsamlingseffektiviteten af glasemballager i forhold til potentialerne mellem kommuner med kildesorteringssporet og kildeopdelingssporet giver ikke et entydigt billede af, om indsamling af kildesorteret glas er mere effektiv end indsamling af glas i en kildeopdelte fraktion."

Citat 6 – Stena, Bilag 4:10:

"Kildeopdelte har den synergi, at når man begynder at blande f.eks. avis med pap og karton, får det flere følgeprodukter som affald, plast, glas og metal og dermed mere rejekt."

Dette projekts konklusion om forskelle mellem kildesortering og kildeopdeling i husholdningernes indsamlingseffektivitet er derfor, at:

- *En gennemgang af den tilgængelige litteratur kan ikke påvise, at husholdningerne udsorterer forskellige mængder genanvendelige materialer i ordninger baseret på hhv. kildesortering eller kildeopdeling.*
- *Nogle kilder indikerer, at mængden af urenheder i genanvendelige materialer indsamlet ved husholdningerne er større i ordninger baseret på kildeopdeling. Dette er dog ikke entydigt i alle undersøgelser og kan ikke kvantificeres på basis af de tilgængelige data. Det vil afhænge af de videre sorterings- og oparbejdningsprocesser, hvorvidt disse urenheder påvirker kvaliteten af den endelige genanvendelse.*

Det forudsættes derfor i projektets videre beregninger, at der ikke er forskel på mængden og andelen af urenheder i de genanvendelige materialer, som husstandene lægger i beholderen afhængigt af om de enkelte ordninger er baserede på kildesortering eller kildeopdeling.

## 6.2 Sortering på anlæg

I dette afsnit gennemgås de enkelte kildeopdelte blandinger i forhold til de kommentarer om tab og kvalitet i behandlingskæden, der er fremkommet under dataindsamlingen i projektet (primært interviews). Fokus ligger på at identificere forskelle med hensyn til tab og kvalitet for de kildeopdelte blandinger i forhold til kildesorterede materialer.

Projektet tager generelt udgangspunkt i Miljøstyrelsen (2019) i forhold til konkrete data for tab og kvalitet i genanvendelsen af de enkelte materialer. Hvor dataindsamlingen ikke giver grundlag for at ændre disse data, er de oprindelige værdier derfor bibeholdt. De data, der anvendes til projektets økonomi- og miljøberegninger, er opsummerede i tabelform for hvert materiale i de enkelte kildeopdelingsblandinger sammenholdt med de tilsvarende værdier for kildesorterede materialer.

---

<sup>3</sup> Hhv. kildesortering og kildeopdeling.



## 6.2.1 Papir/pap

Der findes en række forskellige kvalitetsstandarder for papir og pap, der alle har specificeret acceptable niveauer af forskellige former for urenheder. De forskellige kvaliteter kan anvendes til forskellige produkter. Produktion af hvidt kontor-papir kræver f.eks. et helt specielt input, mens produktion af emballagepap kan baseres på et langt mere blandet input. En opdeling af papir og pap i mange del-fraktioner ville øge markedet for afsætning og værdien af fraktionerne, da de ville kunne indgå i produktion af flere typer produkter end den fraktion af "blandet papir", som ofte er output fra husstandsindsamlingen af papir (se f.eks. citat 1, 5, 6 og 7 i boksen nedenfor).

Kildesorteret papir og pap er rene og tørre fraktioner med et stort veletableret marked. Fraktionerne kan lagres og håndteres uden problemer. Kildesorteret papir og pap finsorteres ofte, hvorved urenheder fjernes og afsættes som kvaliteterne blandet papir, blandet pap, papir til deinking eller lignende.

Kildeopdeling af papir/pap medfører ofte en efterfølgende sortering i en papir- og papfraktion. Sorteringsprocessen består i Danmark typisk af en mekanisk adskillelse af papir og pap efterfulgt af en manuel finsortering, hvor urenheder (såsom plastposer, magasiner i plast, træ osv.) frasorteres. Finsorteringen er den samme form for sortering, som foretages for kildesorterede fraktioner.

De adspurgte aktører anfører, at der ikke vil være væsentlig forskel på tabet af papir og pap ved sortering af fraktioner indsamlet hhv. kildesorteret og kildeopdelt (se f.eks. citat 4 i boksen nedenfor). Kildesorteret og kildeopdelt papir (efter frasortering af pap og fejlsorteringer) afsættes typisk i samme kvaliteter (se f.eks. citat 2, 3, 5, 6 og 7 i nedenstående boks). Kildeopdelt papir/pap indeholder typisk flere fejlsorteringer, som dog fjernes i forbindelse med en grovsortering. Denne grovsortering foretages, uanset om der er tale om kildeopdelte eller kildesorterede materialer.

Ser man på modtagepriserne for kildesorteret og kildeopdelt papir/pap, er de generelle afsætningspriser for den kildeopdelte fraktion (blandet papir og pap) lavere, sandsynligvis fordi fraktionen ofte sorteres inden endelig afsætning, hvilket medfører omkostninger.

### Boks 2 Udvalgte citater om kildeopdelingsblandingen papir/pap

Citat 1 - Stena, Bilag 4.10:

*"Jo finere sortering af papir og pap, der kan leveres, desto højere priser kan der indhentes for papir- og papmaterialer. Udbuddet af papir og pap til papirfabrikkerne er steget de seneste år, og de kan vælge og vrage mellem leverandører og fravælger typisk de blandede kvaliteter, da disse er vanskeligst at opnå en kontrolleret papirproduktionsproces med."*

Citat 2 - Stena, Bilag 4.10:

*"Stena sigter efter – og lykkes for det meste med – at levere en ensartet kvalitet papir ("rent papir til de-inking"), uanset om papiret kommer fra en kildesorteret eller kildeopdelt ordning."*

Citat 3 - SDU, Bilag 4.8:

*"A comingled cardboard and paper stream do not suffer quality degradation in the sorting process as compared to single stream which is also sorted. Simple (semi-automatic) separation of comingled paper and cardboard results in the same quality as source-sourced paper and cardboard."*

Citat 4 - Stena, Bilag 4.10:

"Rejekt fra papir/pap fra husholdninger består primært af plastposer, magasiner, som ikke er udtaget af plastindpakningen, glas og metal, mindre mængder træ og andre fejlsorteringer. Der er næsten ikke noget papir/pap i rejektet, da der er tale om en manuel frasortering."

Citat 5 - SDU, Bilag 4.8:

"With more advanced separation (with optical sensors), the output quality is not affected by whether the input is two mono streams or one comingled paper-cardboard stream. The outputs are finer qualities of both paper and cardboard."

..."Germany has several quite large paper sorting facilities. The value creation from the finer paper qualities makes paper sorting economically feasible, of course depending on plant scale."

Citat 6 - IUT, Bilag 4.3 (om store avancerede sorteringsanlæg til papir/pap):

"These plants are capable of sorting mixed paper and cardboard in a number of different qualities (which is not possible/practical when separating at source), e.g. cardboard by colour and coating, or separating magazines and newspapers and office paper. Especially for the separation of cardboard and paper, this can add significant value."

Citat 7 - Stena, Bilag 4.10 (om store avancerede sorteringsanlæg til papir/pap):

"Et sådant anlæg ville for eksempel kunne frasortere ugeblade i husholdningernes papir/pap affald fra aviserne, som herved ville stige betragteligt i værdi."

Projektets konklusion om forskelle mellem kildeopdelt papir/pap og kildesorteret papir og pap er:

- *Kildesortering og kildeopdeling resulterer i de samme tab af papir og pap og samme afsatte kvaliteter af papir og pap til genanvendelse på de interviewede danske anlæg, som sorterer kildeopdelt papir/pap.*

**Tabel 10 Antagelser omkring tab i behandlingskæden og kvalitet i genanvendelsen for pap og papir ved hhv. kildesortering (KS) og kildeopdeling (KO).**

	Sortering (grov+fin)	Oparbejdning	Kvalitet i genanvendelsen <sup>1</sup>	Substitution
KS: Papir	0%	14%	100	Avispapir
KO: Papir	0%	14%	100	Avispapir
KS: Pap	0%	8%	100	Nyt pap
KO: Pap	0%	8%	100	Nyt pap

Note: Celler med fed skrift indikerer, at der ikke er foretaget ændringer i forhold til antagelserne i Miljøstyrelsen (2019).

1: En kvalitet på 100 svarer til kvaliteten af nyt materiale.

## 6.2.2 Papir/pap/blød plast

Blød plast kildeopdeles i Dansk Affalds system sammen med papir og pap. Til sammenligning kan blød plast kildesorteres som en del af en samlet plastfraktion (hård/blød plast).

Kildeopdeling af papir/pap/blød plast kræver en efterfølgende adskillelse af materialerne, da den bløde plast skal genanvendes på andre anlæg end papir/pap. Udsortering af den bløde plast sker i dag hos Dansk Affald. Det antages, at der ikke sker tab af blød plast ved denne udsortering (tilsvarende antagelse som for papir/pap).

Skulle der efterfølgende være blød plast tilbage i papir-/papfraktionen, svarer det i princippet til de urenheder, der måtte være i en kildeopdelt papir-/papfraktion eller tilsvarende kildesorterede fraktioner. Dette fjernes ved finsorteringen af materialerne. (se afsnit 6.2.1).

Der er risiko for, at papir- og papfraktionen forurenes fra den bløde plast, hvis denne har været i kontakt med madvarer. Dette kan medføre en forringelse af den økonomiske værdi af papir og pap (se afsnit 6.2.3 og 6.2.7). Som udgangspunkt antages dog, at ordningen kun inkluderer ren og tør plastfolie, der ikke er forurenet med madrester (fremgår af sorteringsvejledningerne fra en række sønderjyske kommuner, se f.eks. citat 1 i boksen nedenfor). Da den bløde plast samtidig udgør en relativt lille andel af den kildeopdelte fraktion<sup>4</sup>, antages, at der ikke vil være væsentlig krydskontaminering mellem de tre fraktioner med en deraf følgende forringelse af kvaliteten af papir og pap.

Dette betyder dog også, at der vil udsorteres en mindre andel af den bløde plast til genanvendelse end ved kildesortering, da blød plast fra emballering af madvarer ikke kan komme i denne fraktion. På baggrund af data fra Miljøstyrelsen (2014) er estimeret en specifik indsamlingseffektivitet for ren og tør blød plast til Dansk Affalds ordning (se Tabel 3).

Til sammenligning vil den bløde plast fra kildesorteringsordninger skulle adskilles fra den hårde plast (typisk med en vindsigte).

### Boks 3 Udvalgte citater om kildeopdelingsblandingen papir/pap/blød plast

Citat 1 - Tønder Forsyning<sup>5</sup>:

"Husk, alt skal være rent og tørt og uden madrester og fedt ... "

Konklusionen for kildeopdelt papir/pap/blød plast er således:

- *For kildeopdelt papir/pap/blød plast er der med hensyn til papir og pap de samme tab, som kildeopdelt papir/pap og kildesorteret papir og pap. Dette er under forudsætning af, at den bløde plast er tør og ren (jf. sorteringsvejledningens krav for denne type ordning) og dermed ikke kontaminerer de øvrige materialer. Kontaminering vil medføre en værdiforringelse for kildeopdelingen. Da den bløde plast udgør en relativt lille andel af papir/pap/blød plast-fraktionen, og sorteringsvejledningerne i de respektive kommuner beder om "rent og tørt plast", antages dette ikke at være en væsentlig udfordring for fraktionen.*

<sup>4</sup> Under 2 % af den samlede output mængde af papir, pap og blød plast fra Dansk Affald (Miljøstyrelsen, 2014).

<sup>5</sup> <http://www.tonfor.dk/affaldprivat/Genbrugsbeholder%20med%20blå%20låg%20-/Sorteringsguide.aspx>.

**Tabel 11 Antagelser omkring tab i behandlingskæden og kvalitet i genanvendelsen for blød plast ved hhv. kildesortering (KS) og kildeopdeling (KO) sammen med papir og pap.**

	Sortering (grov+fin)	Oparbejdning	Kvalitet i genanvendelsen <sup>1</sup>	Substitution
KS: Blød plast (LDPE)	30,9%	10%	90	Primært LDPE
KO: Blød plast (LDPE)	0%	10%	90	Primært LDPE

*Note: Celler med fed skrift indikerer, at der ikke er foretaget ændringer i forhold til antagelserne i Miljøstyrelsen (2019).*

*1: En kvalitet på 100 svarer til kvaliteten af nyt materiale.*

### 6.2.3 Kompositmaterialer

Kompositmaterialer med pap i form af drikkekarton (såsom TetraPak) vil kunne øge genanvendelsen af affald fra husholdninger. Denne fraktion kan i dag genanvendes på nogle, men ikke alle oparbejdningsanlæg. F.eks. er der ikke på nuværende tidspunkt anlæg i Danmark, der kan aftage denne fraktion. Fraktionen skal derfor p.t. afsættes til anlæg i f.eks. Sverige eller Tyskland (Miljøstyrelsen, 2016). Andre kompositmaterialer, som f.eks. chips- og kaffeposer, kan i dag ikke genanvendes.

Genanvendelse af drikkekartonerne foregår ved opløsning i en pulper sammen med andet papir og pap. Herved kan pappet i drikkekartonerne genanvendes og indgå i produktionen af f.eks. nyt emballagepap. Rester, såsom plast- og aluminiumsfolie (der anvendes som coating på drikkekartonerne), kan ikke genanvendes hos de interviewede anlæg på nuværende tidspunkt. Disse frasorteres derfor mekanisk til forbrænding sammen med andre urenheder (se evt. citat 1 i boksen nedenfor).

De interviewede oparbejdningsanlæg til papir/pap er alle i stand til at foretage en frasortering af en begrænset mængde urenheder (som f.eks. plast/alufolie eller få fejlsorterede drikkekartoner), mens kun nogle anlæg er i stand til at håndtere f.eks. drikkekartoner som en del af inputstrømmen (se evt. 1, 2 og 3 i boksen nedenfor).

#### 6.2.3.1 Komposit med papir-/papfraktionen

Hvis drikkekartoner indsamles kildeopdelt sammen med papir og pap, vil det medføre et mindre marked for afsætning for den samlede fraktion og muligvis udfordringer med håndtering og lagring af madforurenet papir og pap sammenlignet med håndtering af de rene og tørre papir-/papfraktioner (se evt. citat 4, 5 og 11 i boksen nedenfor).

Til gengæld viser de gennemførte interviews, at en vis andel vådt eller madforurenet papir og pap ikke nødvendigvis er et problem for processen i oparbejdningsanlæggene, hvis de er indrettet til det. Dette inkluderer bl.a., at anlægget kan opvarme produktet til en vis temperatur (se evt. citat 2, 3, 6 og 7 i boksen nedenfor).

#### 6.2.3.2 Komposit med metal-/plastfraktionen

For at undgå forurening af papir- og papfraktionen kan kompositmaterialerne i stedet placeres i en metal-/plastblanding (citat 9 i boksen nedenfor). Kvaliteten af plast og metal påvirkes ikke af kompositmaterialerne, da de typisk selv indeholder en del madrester og derfor ikke er "rene og tørre" på samme måde som papir og pap (se evt. citat 10 i boksen nedenfor).

De anlæg, der alligevel skal sortere plasten (NIR), er også i stand til at genkende pap og vil kunne frasortere drikkekartonerne som fraktion (se evt. citat 9 i boksen nedenfor).

Efterfølgende kan drikkekartonerne afsættes til genanvendelse i papirfabrikkerne, der vil blande dem med andet pap og papir, alt efter hvilke produkter de skal indgå i (se evt. citat 8 i boksen nedenfor). Det ligger ikke inden for rammerne af nærværende projekt at afdække markedsforholdene for drikkekartoner som en ren fraktion.

#### **Boks 4 Udvalgte citater om kompositmaterialer ift. kildeopdeling.**

Citat 1 - Fiskeby, Bilag 4.2:

*"Fiskeby's cleaning process for the pulp consists of screens and vortex cleaners that separates impurities from the pulp. The input material is mixed with 47°C water and the mix is stirred. This leads the fibres to loosen from the plastic and other impurities. It is a mechanical process that does not need addition of chemicals. Plastic and any other impurities (reject) are collected using mechanical screens and vortex cleaners. The reject is incinerated, thereby producing steam and electricity for use in Fiskeby's various processes. Fiskeby is looking into recycling of the plastic, but a suitable process has not yet been found.<sup>6</sup>"*

Citat 2: Fiskeby, Bilag 4.2:

*"If the share of plastic in the input material grows too large, plastic and other impurities cannot be separated sufficiently well from the pulp and will slip into the cardboard process. This will lead to deterioration of yield and other quality problems that are not acceptable. In most cases, this issue is easily addressed by mixing the various input material fractions in adequate proportions."*

Citat 3: Skjern Papirfabrik, Bilag 4.9:

*"De uønskede kompositter vil dog – så længe andelen ikke er for stor – blive frasorteret i pulperen og ikke ende i de færdige produkter."*

Citat 4: Stena, Bilag 4.10:

*"Den mest problematiske forurening er organisk materiale såsom fødevarerester. Disse kan give problemer med arbejdsmiljøet og vil i yderste konsekvens forårsage, at Stena Recycling ville skulle efterleve ferskvedirektivet, hvilket ville være besværligt og omkostningstungt."*

Citat 5: Stena, Bilag 4.10:

*"De fleste pap- og papirfabrikker accepterer ikke organisk kontaminering. De skal kunne dokumentere en ren færdigvare."*

Citat 6: Fiskeby, Bilag 4.2:

*"Fiskeby does not consider minor food contaminations (such as greasy pizza boxes, or small amounts of food waste) as a significant problem for the production process."*

Citat 7: Fiskeby, Bilag 4.2:

*"When drying the board on the paper machine, it is heated to 140°C. We do frequently test the finished product for biological growth to ensure that our product is approved for our end users."*

---

<sup>6</sup> Tetra Pak carton is 74% paper, 22% polyethylene and 4% aluminum. See <http://www.tetrapakrecycling.co.uk/faqs.asp>,

Citat 8: Fiskeby, Bilag 4.2:

*"Fiskeby is certainly still able to use co-mingled cardboard and paper with reasonably wide ranges in the mix of paper and cardboard, as they typically can mix various input materials to get the right qualities of their pulp."*

Citat 9: SDU, Bilag 4.8:

*"Cardboard packaging forms in principle part of the LWP stream, however, the quantities delivered have in general been small. Germany might be an exception due to looser sorting instructions towards the citizens."*

Citat 10: SDU, Bilag 4.8:

*"There is typically no loss of quality by co-mingling plastic packagings (bottles and other items), metals, and drinking cartons, as some of these are all typically somewhat wet and dirty."*

Citat 11: Fiskeby, Bilag 4.2:

*"When it comes to post consumer recycled paper, we want the lead time from collecting to delivery to be as short as possible and this is something we point out to our supplier."*

Konklusionen for kompositmaterialer (eksempliceret i drikkekarton) er således:

- Drikkekartoner kan indsamles kildeopdelt sammen med plast og metal uden af påvirke tab eller kvalitet af disse. Dette er standard andre steder i Europa (bl.a. Belgien, Holland, Spanien og Portugal) og anvendes i de videre beregninger.
- Drikkekartoner kan også indsamles sammen med papir og pap. Dette er f.eks. praksis i Sverige. For oparbejdningsanlæggene er denne kildeopdeling ikke et problem, såfremt udstyr og arbejds gange er indrettet til at håndtere dette. For mellemandlere mv. kan inkludering af drikkekartoner betyde forringelse af værdien af disse materialer pga. udfordringer med håndtering og lagring af det våde/madforurenede papir og pap, en større variation i fiberkvalitet og en større andel rest af urenheder i form af bl.a. plast- og alufolie.
- Der er ikke foretaget en vurdering af indsamling drikkekartoner som en kildesorteret fraktion.

**Tablet 12 Antagelser omkring tab i behandlingskæden og kvalitet i genanvendelsen for kompositmaterialer ved kildeopdeling (KO) sammen med plast og metal.**

	Sortering (grov+fin)	Oparbejdning	Kvalitet i genanvendelsen <sup>1</sup>	Substitution
KO: Kompositmaterialer (drikkekartoner)	14,5% <sup>7</sup>	31% <sup>8</sup>	90	Primært pap

Note: Celler med fed skrift indikerer, at der ikke er foretaget ændringer i forhold til antagelserne i Miljøstyrelsen (2019).

1: En kvalitet på 100 svarer til kvalitet af nyt materiale.

<sup>7</sup> Antages at svare til tabsraten for plastpolymerer.

<sup>8</sup> Antaget at 25% består af plast/aluminium. Derudover samme relative tab som for pap.

## 6.2.4 Metal/glas

Metal kan som udgangspunkt forholdsvis let og effektivt adskilles fra glas ved hjælp af såkaldte hvirvelstrøms- og magnetseparatorer. Processen for det kildeopdelte metal er den samme som for kildesorteret metal, hvorfra urenheder frasepareres på samme måde (men er til stede i mindre omfang), og den resulterende kvalitet af metallet adskiller sig ikke fra kvaliteten af kildesorteret metal (se citat 1 og 3 i nedenstående boks).

Kvaliteten af glas udsorteret fra metal/glas fraktionen adskiller sig ikke væsentligt fra kildesorteret glas (se citat 1, 2 og 3 i nedenstående boks). Der vil dog være et marginalt større tab af glas fra en sådan ordning sammenlignet med kildesortering. Dette skyldes primært den øgede håndtering, der medfører knusning af glas og dermed en større andel af meget små glasskår, der ikke kan anvendes til produktion af nyt glas (citat 1 i nedenstående boks). Denne fraktion kan i stedet genanvendes som fyldmateriale i f.eks. beton.

Hvis det kildeopdelte metal frasorteres på et dedikeret finsorteringsanlæg til glas, kan der af og til opstå forskellige tekniske problemer, fordi sådan et anlæg typisk er optimeret til kildesorteret glas (citat 2 i nedenstående boks).

### Boks 5 Udvalgte citater om kildeopdelingsblandingen metal/glas.

Citat 1 – Suez, Bilag 4.11:

*"Metal/glass: Good separation, good quality. The minimum loss in the MRF is 5% for the glass (fines) and close to 0% for the metals. No technical and marketing problems."*

Citat 2 – Reiling, Bilag 5.5:

*"Letmetaller og glas sammenblandet lader sig næsten problemfrit oparbejde. Men nogle borgere tolker fraktionen letmetaller som bestående af hønsetråd, havemøbler og lange stænger, og det medfører naturligvis udfordringer og produktionsstop."*

Konklusionen for kildeopdelt glas/metal er:

- *Afhængigt af sorteringsanlæggets indretning kan der være et ekstra tab af glas ved kildeopdeling af metal og glas, set i forhold til kildesortering. Med en hensigtsmæssig indretning af anlæg og sorteringsvejledning kan der opnås samme tabsrater og kvalitet af både metal og glas som for kildesorterede materialer.*

**Tabel 13 Antagelser omkring tab i behandlingskæden og kvalitet i genanvendelsen for metal og glas ved hhv. kildesortering (KS) og kildeopdeling (KO).**

	Sortering (grov+fin)	Oparbejdning	Kvalitet i genanvendelsen <sup>1</sup>	Substitution
KS: Metal	10%	Jern: 16% Alu: 7%	100	Primært stål/aluminium
KO: Metal (med glas)	10%	Jern: 16% Alu: 7%	100	Primært stål/aluminium
KS: Glas	0%	3%	100	Primært glas
KO: Glas (med metal)	0%	5%	100	Primært glas

*Note: Celler med fed skrift indikerer, at der ikke er foretaget ændringer i forhold til antagelserne i Miljøstyrelsen (2019).*

*1: En kvalitet på 100 svarer til kvaliteten af nyt materiale.*

## 6.2.5 Metal/glas/hård plast

Kildeopdelt indsamling af metal/glas/hård plast er udbredt i bl.a. Sønderjylland og aftages typisk af Dansk Affald, der adskiller fraktionerne og afsætter dem til genanvendelse.

I sorteringsprocessen opdeles glasfraktionen i to, hvor den ene del afsættes til produktion af nyt glas, mens den resterende del afsættes som fyldmateriale til f.eks. beton.

Interviews med en række aktører har vist, at det er vanskeligt at opnå en tilstrækkelig renhed af glasfraktionen til produktion af nyt glas fra denne kildeopdeling i forhold til renhedskravene fra glasværkerne (maks. 20 g urenhed/ton glas). Udfordringen ligger primært i at frasortere små plastemner fra glasset (se citat 1 og 2 i nedenstående boks).

Dette skyldes bl.a., at finsortering af glas er en negativ sortering, dvs. at der *frasorteres* urenheder, og at de urenheder, der ikke frasorteres, ender i glasstrømmen. De interviewede aktører påpeger samstemmende, at der ikke p.t. findes en proces, som i en tilfredsstillende grad kan frasortere de små urenheder af plast. Der er aktører, som arbejder aktivt på at udvikle sorteringsprocesserne hertil (citat 3 i nedenstående boks).

Hvis alt glas i Danmark var kildeopdelt sammen med plast med de nuværende kvalitetsproblemer, ville det være praktisk umuligt eller forbundet med store miljømæssige tab at genanvende glasset (citat 3 i nedenstående boks).

Det er muligt (men ikke afprøvet), at en glasfraktion med et stort indhold af små plaststykker vil kunne opnå en tilfredsstillende renhed ved at blive kørt mange gange gennem finsorteringsanlægget til glas. Dette ville dog – hvis det kan lade sig gøre – medføre en mangedobling af omkostningerne til finsortering af glas. Dertil kommer en betydelig forøgelse af tabet af glas i processen, da en andel af glasset knuses (og dermed gøres uanvendelig til produktion af nyt glas), hver gang det håndteres (citat 4 i nedenstående boks).

Der er en aktør i Danmark, som har foretaget succesfulde eksperimenter med at anvende NIR til at fjerne urenheder fra det kildeopdelte glas. NIR-sortering af glasstrømmen er således undervejs til implementering på et dansk anlæg til grovsortering af glas (citat 8 i nedenstående boks). I den samfundsøkonomiske beregning er der taget højde for antal og kapacitet af optisk sorteringsudstyr, sådan at beregningen inkluderer alle omkostninger til sortering af glas og øvrige materialer.

Kildesorteret glas har ikke problemer med at overholde renhedskravene fra glasværkerne efter finsortering (citat 5 i nedenstående boks). Der er indikationer på, at indsamling i kuber medfører højere kvalitet af glas (med et lavere indhold af urenheder, som f.eks. keramik, ildfast glas, sten, plast og andre uønskede emner) end en husstandsindsamling (citat 7 i nedenstående boks).

Der rapporteres ikke om udfordringer i forhold til kvaliteten af metal fra denne kildeopdeling ved sammenligning med de tilsvarende kildesorterede fraktioner (se citat 10 i boksen nedenfor).

Teknisk set burde der heller ikke være udfordringer med den hårde plast (se f.eks. citat 6, 9 og 10 nedenfor). Rambøll (2018) rapporterer dog om markedserfaringer, der indikerer, at oparbejdningens anlæggene ikke ønsker at modtage hård plast indsamlet med glas pga. frygt for glassplinter i fraktionen. På samme måde har plastindustrien i Danmark meldt ud, at det er uhenigtsmæssigt at indsamle plast sammen med glas (se citat 11 nedenfor).

Sammenlignet med kildesortering af plast kan der forventes et vist tab af hård plast i sorteringsprocessen pga. sammenfiltrering med metal (se også afsnit 6.2.6).



## Boks 6 Udvalgte citater om kildeopdelingsblandingen metal/glas/hård plast.

Citat 1 – Reiling, Bilag 4.5:

*"Jo større mængde urenheder, der kommer ind i glasstrømmen, desto større andel urenheder vil det færdigsorterede glas også indeholde. Mængden af små plast- og øvrige emner fra lokale MGP<sup>9</sup>-oparbejdere af glas er så stor, at Reiling med deres anlæg ikke er i stand til at overholde renhedskravet for glas fra ARDAGH, når disse fraktioner sorteres alene. "*

Citat 2 – Reiling, Bilag 4.5:

*"Renhedskravet til genanvendelse af emballageglas er strengt, nemlig maksimum 20 gram urenheder/ton."*

Citat 3 – Dansk Affald, Bilag 4.1:

*"Små plastemner er det problematiske i glasfraktionen med stigende krav i branchen [ ... ]. Plasteren kan frasorteres med NIR (forsøg er udført i Østrig med NIR). Yderligere sortering af glas er på vej hos Dansk Affald."*

Citat 4 – Reiling (om renheden af fraktionen fra kildeopdelte indsamling af metal, glas og hård plast), Bilag 4.5:

*"Såfremt hele Reilings input af glas havde samme niveau af urenheder, skulle ADAGH iblande betydelige mængder af virgint materiale (sand, silikat og feltspalt) for at kunne genanvende glasset. Reiling vurderer, at ARDAGH ikke ville acceptere dette."*

Citat 4 – Reiling, Bilag 4.5:

*"Reiling vurderer, at for at have en chance for at komme i nærheden af en fornuftig renhedsgrad for oparbejdet glas, skulle MGP-fraktionen køres gennem anlægget tre til fire gange, hvilket der slet ikke er økonomi i. Derudover ville en sådan fremgangsmåde føre til betydelige tab af glas."*

Citat 5 – Reiling, Bilag 4.5:

*"Pga. problematikkerne omkring tab, urenheder og generelle vanskeligheder med at bearbejde andre fraktioner end glas på et dedikeret glassorteringsanlæg [ ... ] foretrækker Reiling klart kun at modtage kildesorteret glas, da dette giver den bedste miljømæssige profil med minimum tab af både glas og andre materialer."*

Citat 6 – Suez, Bilag 4.11:

*"Glass mixed with plastic bottles does not create a problem for the plastic quality since any glass piece in the plastic is removed in the washing of plastic taking place in the refining process where plastic granulate/flakes are produced. [...] Actual experience on glass contamination in the flexible plastic film is very limited. Suez provisionally assesses that the contamination problem (glass pieces in the plastic) is lower than for the paper but higher than for the plastic bottles."*

Citat 7 – Midtjysk Flaskecentral i Miljøstyrelsen (2017), side 30:

*"Andelen af urenheder i den kildeopdelte fraktion fra husstande er lidt større end i den kildesorterede fraktion fra kuber og genbrugsplads, da borgerne nemmere kan fejlsortere ved husstanden end ved aflevering på centrale pladser."*

Citat 8 – Dansk affald, bilag 4.1:

---

<sup>9</sup> MGP=Metal, Glas, Plast fraktionen.

*Små plastemner er det problematiske i glasfraktionen med stigende krav i branchen og en større mængde fra Dansk Affald. Der er dog udført forsøg i Østrig, som ifølge Dansk Affald viser, at plastresterne kan frasorteres fuldt tilfredsstillende med NIR. Indkøb af NIR-maskiner er dog en stor udgift for Dansk Affald, og der afsøges p.t. finansiering og de mest egnede tekniske anlæg.*

Citat 9 - RenoNord (om påvirkning af kvaliteten af den hårde plast ved indsamling med f.eks. glas og metal), Bilag 4.6:

*"RenoNord ser ingen kvalitetsforskel, i forhold til om plasten indsamles med f.eks. glas eller metal. I forhold til tab så er de små folier det største problem, da de er svære at håndtere på anlægget og f.eks. sætter sig fast i metallerne."*

Citat 10 – Midtjysk Flaskecentral i Miljøstyrelsen (2017) om metal/hård plast-/glasfraktionen, s. 30:

*"Kvaliteterne af metalandelen (jern og aluminium) og plastandelen er ikke påvirket eller forurenet med glasmaterialer og har en høj afsætningsværdi."*

Citat 11 – Forum for Cirkulær Plastemballage (2018), s. 8 (anbefalinger til fremtidige sorteringsvejledninger):

*"Vi anbefaler at ensrette affaldssorteringen i Danmark, så samtlige husstande på landsplan fremover sorterer i fraktionen plast (evt. både blød og hård plast sammen), uden at der er iblandet glas og metal"*

Konklusionerne for kildeopdelt metal/glas/plast er:

- *Glasfraktionen forringes væsentligt ved kildeopdeling sammen med plast pga. en væsentlig andel små plaststykker, som de interviewede anlæg med nuværende teknologier ikke kan fjerne ved finsortering af glasset. Herved kan det finsorterede glas ikke leve op til renhedskravene til genanvendelse som emballageglas. Der er endvidere betydelige tab af glas ved kildeopdeling med plast. En aktør i branchen angiver at have udført eksperimenter, som indikerer, at det teknisk kan lade sig gøre at øge renheden af det udsorterede glas i en sådan grad, at det kan opfylde kvalitetskriterierne.*
- *Hvorvidt kvaliteten af hård plast påvirkes ved kildeopdelt indsamling med glas sammenlignet med kildesortering er uklart, idet der er modstridende udmeldinger fra forskellige aktører. Der kan forventes et marginalt større tab af hård plast i sorteringen pga. sammenfiltrering med metal.*
- *Kildeopdeling af glas sammen med blød plast er forholdsvis ukendt, men en ekspert mistænker, at forurening med glassplinter kan forårsage nogle problemer i genanvendelsen af den bløde plast.*
- *Kvaliteten af metal påvirkes ikke umiddelbart ved kildeopdelt indsamling med glas og plast sammenlignet med kildesortering.*

**Tabel 14 Antagelser omkring tab i behandlingskæden og kvalitet i genanvendelsen for metal, glas og hård plast ved hhv. kildesortering (KS) og kildeopdeling (KO).**

	Sortering (grov+fin)	Oparbejdning	Kvalitet i genan- vendelsen <sup>1</sup>	Substitution
KS: Metal	10%	Jern: 16% Alu: 7%	100	Primært stål/alu- minium
KO: Metal (med glas + hård plast)	10%	Jern: 16% Alu: 7%	100	Primært stål/alu- minium
KS: Glas	0%	3%	100	Primært glas
KO: Glas (med metal + hård plast)	90% til nyt glas	5%	75 <sup>2</sup>	Primært glas
	10% tilslag til be- ton	0%	100	Grus
KS: Hård plast	PP, PET og HDPE: 13,6%	9,7% (PP), 24,5% (PET), 10% (HDPE)	90	Primært plast
	Ikke-genanvende- ligt plast: 100%	- -	-	-
KO: Hård plast (med metal + glas)	PP, PET og HDPE: 14,5%	9,7% (PP), 24,5% (PET), 10% (HDPE)	90	Primært plast
	Ikke-genanvende- ligt plast: 100%	- -	-	-

Note: Celler med fed skrift indikerer, at der ikke er foretaget ændringer i forhold til antagelserne i Miljøstyrelsen (2019).

1: En kvalitet på 100 svarer til kvaliteten af nyt materiale.

2: COWI skøn, der skal illustrere den lavere kvalitet af glasfraktionen fra denne kildeopdelingsblanding.

## 6.2.6 Metal/plast

Både kildesorteret og kildeopdelt plast indsamlet sammen med metal skal finsorteres. Finsorteringsanlæggene til plast og finsorteringsanlæg til plast/metal adskiller sig i praksis ikke fra hinanden i forhold til teknisk indretning. Det skyldes bl.a., at kildesorteret plast indeholder en vis mængde urenheder, f.eks. i form af metaller, som alligevel skal frasorteres. Derfor er der kun en minimal forskel i tab og kvalitet på, om anlægget sorterer kildesorteret metal og plast eller kildeopdelt metal/plast (se citat 1, 2, 3 og 4 i boksen nedenfor). Dog anbefaler Forum for Cirkulær Plastemballage (2018), at plast indsamles uden sammenblanding med metal (se citat 5 nedenfor, ingen teknisk begrundelse).

På finsorteringsanlægget udsorteres metallet (positiv udsortering) som det første trin. Det forekommer, at denne udsortering også medtager emner af plast, som er sammenfiltret med emner af metal. Derfor er der et marginalt større tab af plast, når plast og metal kildeopdeles (se citat 3 og 4 i boksen nedenfor).

### Boks 7 Udvalgte citater om kildeopdelingsblandingen metal/plast

Citat 1 - Suez, Bilag 4.11:

*"The value of metals and of plastics (bottles and tubs/trays) are the same having a mono or twin stream scheme, if the twin stream is carefully matched"*

Citat 2 - Nomi, Bilag 4.4:

*"Ifølge Nomi gør det ingen forskel for effektiviteten af sorteringen, om plast og metal er sammenblandet. Hvis man kørte et læs kildesorteret plast og et læs kildesorteret metal gennem anlægget separat og derefter blandede de to læs sammen og kørte dem igennem igen, ville resultatet blive det samme."*

Citat 3 – RenoNord, Bilag 4.6 (om påvirkning af kvaliteten af den hårde plast ved indsamling med f.eks. glas og metal):

*"Ingen kvalitetsforskel. De små folier er det største problem, da de er svære at håndtere på anlægget og f.eks. sætter sig fast i metallerne."*

Citat 4 – SDU, Bilag 4.8:

*"Eddy currents and magnets might select some plastic and other items that are stuck together with metal items, leading to a minor loss."*

*"...If the plant is well designed, the yield and purity will be the same for mono and co-mingled stream, except for the small plastic loss from the eddy current and magnet when metal is in the co-mingled stream."*

Citat 5 – Forum for Cirkulær Plastemballage (2018), s. 8 (anbefalinger til fremtidige sorteringsvejledninger):

*"Vi anbefaler at ensrette affaldssorteringen i Danmark, så samtlige husstande på landsplan fremover sorterer i fraktionen Plast (evt. både blød og hård plast sammen), uden at der er iblandet glas og metal."*

Konklusionen om kildeopdeling af metal og plast er:

- *Der er ifølge anlægsaktører og eksperter ikke forskel på sorteringsanlæggenes tab og kvalitet når man sammenligner kildeopdeling af metal/plast og kildesortering heraf. Undtaget herfra er et lille ekstra tab af plast pga. sammenfiltret plast og metal, der fejlagtigt udsorteres med metallet.*

**Tabel 15 Antagelser omkring tab i behandlingskæden og kvalitet i genanvendelsen for metal og plast (hård eller hård/blød) ved hhv. kildesortering (KS) og kildeopdeling (KO).**

	Sortering (grov+fin)	Oparbejdning	Kvalitet i genan- vendelsen <sup>1</sup>	Substitution
KS: Metal	10%	Jern: 16% Alu: 7%	100	Primært stål/alu- minium
KO: Metal (med plast)	10%	Jern: 16% Alu: 7%	100	Primært stål/alu- minium
KS: Plast	PP, PET og HDPE: 13,6%	9,7% (PP), 24,5% (PET), 10% (HDPE)	90	Primært plast
	LDPE: 30,9%	LDPE: 10%	90	Primært plast
	Ikke-genanvende- ligt plast: 100%	-	-	-
KO: Plast (med metal)	PP, PET og HDPE: 14,5%	9,7% (PP), 24,5% (PET), 10% (HDPE)	90	Primært plast
	LDPE: 31,6%	LDPE: 10%	90	Primært plast
	Ikke-genanvende- ligt plast: 100%	-	-	-

Note: Celler med fed skrift indikerer, at der ikke er foretaget ændringer i forhold til antagelserne i Miljøstyrelsen (2019).

1: En kvalitet på 100 svarer til kvaliteten af nyt materiale.

### 6.2.7 Metal/pap/plast

Hvis man ikke ønsker at blande pap i papirstrømmen, kunne man vælge at indsamle det sammen med metal og plast. De anlæg, der anvendes til sortering af plast (NIR-baserede anlæg), kan også anvendes til sortering af pap (citater 2 og 3 i tekstboks nedenfor).

Sammenblanding af pap med hård plast og metal vil i en vis udstrækning tilsmudse og fugte pappet pga. madrester og fugt i de hårde fraktioner. Dette forårsager typisk en lavere afsætningspris for pappet pga. udfordringer med håndtering og lagring samt et mindre antal aftagere. Det medfører dog ikke nødvendigvis problemer senere i oparbejdningsprocessen for pappet, hvis det afsættes til et anlæg, der kan håndtere madforurening (citater 1 i boks nedenfor). Det interviewede danske anlæg havde en langt mindre tolerance for madforurening end det svenske.

Da pappet i denne løsning alligevel vil blive beskidt/fugtigt, åbner det mulighed for, at andet beskidt/fugtigt papir/papemner, som f.eks. pizzabakker og drikkekarton, også vil kunne indsamles i denne kildeopdeling og dermed øge den indsamlede mængde og den samlede genanvendelse (citater 2 og 3 i boks nedenfor).

Alternativt kunne man bede borgerne om at sortere rent og tørt pap og papir sammen og beskidt/fugtigt pap/papir via plast-/metalstrømmen. Herved ville genanvendelsen øges, fordi beskidt/fugtigt papir/pap genanvendes via plast-/metalstrømmen uden at forringe kvaliteten af det rene og tørre papir og pap (citater 2 og 3 i boks nedenfor).

I forhold til tab og kvalitet af metal og plast er der ingen forskel sammenlignet med kildeopdelingen metal/plast (se afsnit 6.2.6).

## Boks 8 Udvalgte citater om kildeopdelingsblandingen metal/pap/plast

Citat 1 – Fiskeby, Bilag 4.2:

*"We do not accept any recycled paper that is sorted out from household waste<sup>10</sup> and we prefer that it hasn't been co-mingled with other materials such as metals, glass or plastics."*

Citat 2 – SDU, Bilag 4.8:

*"If there is access to a paper sorting facility, it makes more sense to mix dry clean cardboard packagings into the paper stream. If not, LWP plants can receive all the cardboard, including the drinking cartons."*

Citat 3 – IUT, Bilag 4.3:

*"... clean dry cardboard might as well go with the paper fraction, if a paper sorting plant is available, in which case problems with wet/dirty contamination is avoided completely. The composite cardboard fraction is arguably most suitable with the plastic/metal stream because of the slightly dirty/wet nature of composite cardboard packaging material. However, technically it could also be included in the paper/cardboard fraction if this is sorted in a plant with optical sorting equipment."*

Konklusionen om kildeopdeling af pap/plast/metal er:

- *Både eksperter i og operatører af finsorteringsanlæg til plast/metal finder det teknisk uproblematisk at benytte disse anlæg til også at udsortere pap. Hvis den rene og tørre del af pappet kildeopdeles med plast og metal frem for at kildesorteres, vil det dog medføre et værdi- og kvalitetstab af papfraktionen.*
- *I stedet for rent og tørt pap kunne kildeopdelingen metal/plast udvides med komposit (drikkekartoner) og beskidt/fugtigt pap/papir (f.eks. pizzabakker), som er mindre velegnet at iblande tørt papir og pap. Da metal-/plastblandingen i forvejen er beskidt/fugtig, vil tilføjelse af disse to ekstra fraktioner øge den samlede genanvendelse uden at forårsage problemer med materialekvaliteten.*

---

<sup>10</sup> Forstås som papir udsorteret fra restaffald på et centralt sorteringsanlæg og dermed ikke frasorteret (kildesorteret eller kildeopdelt) ved husstanden.

**Tabel 16 Antagelser omkring tab i behandlingskæden og kvalitet i genanvendelsen for metal og plast (hård eller hård/blød) ved hhv. kildesortering (KS) og kildeopdeling (KO).**

	Sortering (grov+fin)	Oparbejdning	Kvalitet i genan- vendelsen <sup>1</sup>	Substitution
KS: Metal	10%	Jern: 16% Alu: 7%	100	Primært stål/alu- minium
KO: Metal (med pap + plast)	10%	Jern: 16% Alu: 7%	100	Primært stål/alu- minium
KS: Pap	0%	8%	90	Primært pap
KO: Pap (med metal + plast)	40%	8%	90	Primært pap
KS: Plast	PP, PET og HDPE: 13,6%	9,7% (PP), 24,5% (PET), 10% (HDPE)	90	Primært plast
	LDPE: 30,9%	LDPE: 10%	90	Primært plast
	Ikke-genanven- deligt plast: 100%	-	-	-
KO: Plast (med pap + metal)	PP, PET og HDPE: 14,5%	9,7% (PP), 24,5% (PET), 10% (HDPE)	90	Primært plast
	LDPE: 31,6%	LDPE: 10%	90	Primært plast
	Ikke-genanven- deligt plast: 100%	-	-	-

Note: Celler med fed skrift indikerer, at der ikke er foretaget ændringer i forhold til antagelserne i Miljøstyrelsen (2019).

1: En kvalitet på 100 svarer til kvaliteten af nyt materiale

### 6.3 Opsamling af forudsætninger

Dette afsnit indeholder en opsamling af forudsætninger omkring tab og kvalitet for kildesortering og de forskellige kildeopdelingsblandinger til brug for projektets økonomiske og miljømæssige beregninger.

#### 6.3.1 Sorteringseffektiviteter for anlæg

Dette afsnit opsummerer de effektiviteter, der anvendes for sorteringsanlæg i beregningerne. Effektiviteten angiver den andel af et indsamlet materiale, der går videre i behandlingskæden, dvs. at en effektivitet på 95 % betyder et tab på 5%.

Sorteringseffektiviteterne for anlæg i dette projekt er primært baseret på antagelserne i Miljøstyrelsen (2019), tilrettet med resultaterne fra litteratursøgning og interviews foretaget i nærværende projekt med fokus på forskelle mellem kildesortering og kildeopdeling. De anvendte sorteringseffektiviteter fremgår af Tabel 17.

De økonomiske beregninger inkluderer tab på sorteringsanlæggene og regner derefter med en afsætningspris til modtageanlæggene.

**Tabel 17 Effektiviteter på sorteringsanlæggene ved hhv. kildesortering og kildeopdeling.**

	Kilde- sortering	Kilde- Opdeling
Jern og aluminium	90	90
PP, PET & HDPE	86,4 (96 x 90)	85,5 (95 x 90)
LDPE	69,1 (96 x 72)	68,4 (95 x 72)
Plast, ikke-genanvendeligt	0	0
Pap	100	100 (papir/pap) 60 (metal/pap/plast)
Papir	100	100
Komposit		85,5 (som for plast)
Glas	100	90 til nyt glas 10 til tilslag til beton

Note: Celler med fed skrift indikerer, at der ikke er foretaget ændringer i forhold til antagelserne i Miljøstyrelsen (2019).

### 6.3.2 Effektiviteter i oparbejdningen

Efter sorteringsanlæggene skal de enkelte materialer oparbejdes til nye materialer. Også i denne proces kan der ske fysiske tab. Effektiviteterne i oparbejdningen er vist i Tabel 18. Da disse værdier beregningsteknisk kun inkluderes i de miljømæssige beregninger, er de kun vist for de scenarier, der er udvalgt til miljøvurdering.

**Tabel 18 Effektiviteten i oparbejdningen af de genanvendelige materialer.**

	Kilde- sortering	KO 3a (worst case)	KO 2b (best case)
Jern	84	84	84
Alu	93	93	93
PP	90,3	90,3	90,3
PET	75,5	75,5	75,5
HDPE	90	90	90
LDPE	90	-	90
Pap	92	92	92
Papir	86	86	86
Komposit	-	-	69 <sup>11</sup>
Glas til nyt glas	97	95	97
Glas til beton	-	100	100

Kilde: Miljøstyrelsen (2019) (fed skrift), suppleret med ny dataindsamling (almindelig skrift).

<sup>11</sup> Beregnet ud fra, at 25 % udgøres af plast/aluminium. Derudover samme relative tab som for pap.



### 6.3.3 Kvalitet af materialer og substitution

De miljømæssige beregninger inkluderer, hvilke materialer de enkelte genanvendelige materialer substituerer. Dette fremgår af nedenstående tabel sammen med en kvalitetsindikator for det materiale, der indgår i den endelige genanvendelse. En kvalitetsindikator på 100 betyder, at materialet har samme kvalitet som nyt materiale (se også forklaring i afsnit 5.5).

**Tabel 19 Kvaliteten af de genanvendelige materialer og substituerede materialer. En kvalitetsindikator på 100 betyder, at materialet har samme kvalitet som nyt materiale.**

	Kilde-sortering	KO 3a (worst case)	KO 2b (best case)
Jern	100 Primært stål	100 Primært stål	100 Primært stål
Alu	100 Primært alu	100 Primært alu	100 Primært alu
PP	90 Primært PP	90 Primært PP	90 Primært PP
PET	90 Primært PET	90 Primært PET	90 Primært PET
HDPE	90 Primært HDPE	90 Primært HDPE	90 Primært HDPE
LDPE	90 Primært LDPE	- -	90 Primært LDPE
Pap	90 Primært pap	90 Primært pap	90 Primært pap
Papir	100 Avispapir	100 Avispapir	100 Avispapir
Komposit	- -	- -	90 Primært pap
Glas til nyt glas	100 Primært glas	75 <sup>12</sup> Primært glas	100 Primært glas
Glas til beton	- -	100 Grus (tilslag til beton)	- -

Kilde: Miljøstyrelsen (2019) (fed skrift), suppleret med ny dataindsamling (almindelig skrift).

KO3a (worst case): Papir/pap og metal/glas/hård plast.

KO2b (best case): Papir/pap og metal/plast (hård og blød)/komposit.

### 6.4 Udenlandske erfaringer og perspektivering

Udenlandske erfaringer viser, at papir og pap godt kan kildeopdeles i kombination med store papirsorteringsanlæg, som udsorterer papir og pap i finere kvaliteter, end hvad kildesortering ville kunne (citater 1 i nedenstående boks). Det har ikke været muligt i denne rapport at kvantificere effekter på økonomi og miljø af en sådan finere udsortering af papir. En af de interviewede aktører har udtrykt, at sådanne anlæg også vil kunne benyttes i Danmark (citater 3 i nedenstående boks), og at der ville være behov for omkring fire sådanne anlæg med kildeopdeling af papir og pap.

Som udgangspunkt må man forvente, at der kan være miljøfordele ved denne finere sortering, da finsorteret genbrugspapir og -pap vil være i stand til at erstatte virgine materialer af en højere kvalitet end blandet papir og blandet pap fra kildesortering. Økonomisk antyder den blotte eksistens af finsorteringsanlæg, at der også kan være et økonomisk rationale herfor, omend dette formentlig er betinget af anlæggets skala (citater 1 i nedenstående boks). Det har ikke været muligt at undersøge dette i nærværende rapport.

<sup>12</sup> Glasstrømmen er forurenet med især små plaststykker, der gør, at de ikke kan overholde kravene til renhed på 20 g/ton glas.

I flere europæiske lande kildeopdelers man drikkekarton (og i nogle tilfælde også pap) sammen med metal og plast uden problemer (citat 2 i nedenstående boks). Dette bekræfter aktørernes udsagn om, at danske anlæg også vil kunne håndtere drikkekarton og pap sammen med metal og plast. Det er løseligt anslået, at Danmark vil kunne rumme to anlæg til finsortering af pap, metal og plast i en skala, som tillader udsortering i en høj kvalitet (citat 4 i nedenstående boks).

Bevægelsen mod at inkludere f.eks. drikkekarton i plast-/metalfractionen kan tages til et yderpunkt med et såkaldt "tør rest"-sorteringskoncept. Her kan borgeren "nøjes" med at udsortere organisk affald og glas samt en kildeopdelte fraktion af tørt, rent papir og pap. Metal, plast og beskidt-fugtigt papir/pap efterlades i restfraktionen, som sorteres på anlægget. For de materialer, der efterlades i restfraktionen, er indsamlingseffektiviteten principielt set 100 % på nær de plast- og metalmaterialer, som fejlsorteres til de øvrige strømme.

Restsorteringsanlægget har en lidt dårligere sorteringseffektivitet, men typisk mere end opvejes dette af, at stort set alle target-materialer fra husholdningerne ender på sorteringsanlægget (i modsætning til kildeopdeling og kildesortering, hvor de ikke-udsorterede materialer ender på et forbrændingsanlæg). Det kan potentielt også være et problem, at glas, der ikke udsorteres korrekt, ender i materialestrømmen.

De materialer, som er følsomme for fugt og fødevarerester (nemlig papir og pap), søges i dette tør rest-koncept holdt uden for reststrømmen. Dette afhænger dog af, at borgerne sorterer papir og pap korrekt og ikke bruger tør rest-beholderen til tørt/rent papir og pap. Konceptet anvendes i et opland i Norge, og Miljøstyrelsen (2019) viser, at konceptet kan have en ret god miljøprofil. Den begrænsede udbredelse af denne type anlæg kan dog efterlade en vis usikkerhed om holdbarheden af dette resultat under danske forhold (citat 5 i nedenstående boks).

- *Konklusion: Rundt omkring i Europa findes en række kildeopdelte systemer, som i meget høj grad benytter maskinel og avanceret sortering af forskellige fraktioner. Erfaringerne fra disse systemer viser, at det med veludviklet og avanceret maskinel sortering er muligt at opnå både højere og/eller renere udsortering, end hvad man kan forvente af danske husholdningers kildesortering. Denne rapport har kun undersøgt finsortering af plast og metal og til dels pap og kompositter, mens finsortering af papir/pap og sorteringsanlæg til "tør rest" kun er overfladisk behandlet.*

## **Boks 9 Udvalgte citater om fremtidens affaldssystem og internationale erfaringer**

Citat 1 – SDU, bilag 4.8

*"Germany has several quite large paper sorting facilities. The value creation from the finer paper qualities makes paper sorting economically feasible, of course depending on plant scale."*

Citat 2 – SDU, bilag 4.8

*"Light weight packaging (LWP) is actually pretty broad, if we talk about Germany. It is all types of plastics (2D and 3D), metals, tetra and other laminated packaging. 2D is always part of LWP."*

*"Plastic, Metal, Drinking cartons (PMD) could be restricted to plastics 3D, metals and tetra only. PMD is present in Belgium, the Netherlands, France, Spain, Portugal and more countries. 2D plastics are sometimes included, for example in the Netherlands."*

Citat 3 – Stena, bilag 4.10

*"En forsigtig vurdering fra Stena Recycling er, at hvis alle danske husholdninger kildeopdelte papir og pap, kunne man etablere omkring fire store sorteringsanlæg hertil. Disse anlæg ville være*

store nok til at inkludere optiske scannere, hvorved papiret ville kunne udsorteres i finere underfraktioner end det kildesorterede papir. Et sådant anlæg ville for eksempel kunne frasortere ugeblade i husholdningernes papir-/papaffald fra aviserne, som herved ville stige betragteligt i værdi."

Citat 4 – Miljøstyrelsen (2019), afsnit 4.3.2

"Oplandets mængde af pap/plast/metal er 10.000 ton/år, mens anlæggets kapacitet er 42.500 ton/år med toholdsskift. Der importeres affald fra fire tilsvarende oplande (dvs. to anlæg i Danmark) med en forudsat gennemsnitlig afstand på 56 km for alle fem oplande."

Citat 5 – Miljøstyrelsen (2019), sammenfatningen

"Restsorteringsanlægget giver den største genanvendelse og de bedste miljøeffekter blandt alle scenarier. Dette beror dog på en antagelse om, at kvaliteten efter oparbejdning af materialer udsorteret fra restaffaldet ikke er væsentligt anderledes end fra det kildesorterede affald. Desuden er restsorteringsanlæg en forholdsvis ny teknologi, hvilket medfører usikkerhed om sorteringseffektiviteten og kvaliteten af de udsorterede materialer."

# 7. Beregnede resultater

## 7.1 Affaldsflow og tab

I de enkelte scenarier er udarbejdet et affaldsflow baseret på forudsætninger om indsamlings-effektivitet og tab i behandlingskæden (se afsnit 5 og afsnit 6). Nedenstående tabeller illustrerer affaldsflowet for de forskellige scenarier med fokus på beregning af den mængde, der indgår i den endelige genanvendelsesproces.

**Tablet 20 Affaldsflow for scenarierne for kildesortering og Kildeopdeling KO2a (ingen forskel) for affaldsmængden fra et opland med 60 % enfamilieboliger og 40 % etageboliger (opgjort i kg./husstand/år).**

	Potentiale	Effektivitet, indsamling	Indsamlede mængder	Effektivitet, sortering	Mængder efter sortering	Effektivitet, oparbejdning	Mængder, oparbejdet
	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år
Organisk	212	54 %	115	85 %	97	100 %	97
Papir	120	82 %	98	100 %	98	86 %	85
Pap	16	56 %	9	100 %	9	92 %	8
Plast	49	28 %	14	59 %	8	88 %	7
Metal	19	56 %	11	90 %	9	86 %	8
Glas i kuber	44	73 %	32	100 %	32	97 %	31
Rest	129	100 %	311	100 %	335	100 %	353
<b>Total</b>	<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>
Oparbejdet til genanvendelse							<b>236</b>
Restaffald							<b>353</b>

**Tablet 21 Affaldsflow for scenariet for Kildeopdeling KO1 for affaldsmængden fra et opland med 60 % enfamilieboliger og 40 % etageboliger (opgjort i kg./husstand/år)**

	Potentiale	Effektivitet, indsamling	Indsamlede mængder	Effektivitet, sortering	Mængder efter sortering	Effektivitet, oparbejdning	Mængder, oparbejdet
	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år
Organisk	212	54 %	115	85 %	97	100 %	97
Papir	120	82 %	98	100 %	98	86 %	85
Pap	16	56 %	9	60 %	5	92 %	5
Plast	49	28 %	14	58 %	8	88 %	7
Metal	19	56 %	11	90 %	9	86 %	8
Glas i kuber	44	73 %	32	100 %	32	97 %	31
Rest	129	100 %	311		338		356
<b>Total</b>	<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>
Oparbejdet til genanvendelse							<b>233</b>
Restaffald							<b>356</b>

**Tabel 22 Affaldsflow for scenariet for Kildeopdeling KO2b for affaldsmængden fra et opland med 60 % enfamilieboliger og 40 % etageboliger (opgjort i kg./husstand/år)**

	Potentiale	Effektivitet, indsamling	Indsamlede mængder	Effektivitet, sortering	Mængder efter sortering	Effektivitet, oparbejdning	Mængder, oparbejdet
	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år
Organisk	212	54 %	115	85 %	97	100 %	97
Papir	120	82 %	98	100 %	98	86 %	85
Pap	16	56 %	9	100 %	9	92 %	8
Papkomposit	9	50 %	4	86 %	4	69 %	3
Beskidt pap/papir	21	50 %	11	60 %	6	92 %	6
Plast	49	28 %	14	58 %	8	88 %	7
Metal	19	56 %	11	90 %	9	86 %	8
Glas i kuber	44	73 %	32	100 %	32	97 %	31
Rest	100	100 %	296		325		344
<b>Total</b>	<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>
<b>Oparbejdet til genanvendelse</b>							<b>245</b>
<b>Restaffald</b>							<b>344</b>

**Tabel 23 Affaldsflow for scenariet for Kildeopdeling KO2c for affaldsmængden fra et opland med 60 % enfamilieboliger og 40 % etageboliger (opgjort i kg./husstand/år)**

	Potentiale	Effektivitet, indsamling	Indsamlede mængder	Effektivitet, sortering	Mængder efter sortering	Effektivitet, oparbejdning	Mængder, oparbejdet
	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år
Organisk	212	54 %	115	85 %	97	100 %	97
Papir	120	82 %	98	100 %	98	86 %	85
Pap	16	56 %	9	100 %	9	92 %	8
Hård plast	17	28 %	5	51 %	2	87 %	2
Metal	19	56 %	11	90 %	9	86 %	8
Glas i kuber	44	73 %	32	100 %	32	97 %	31
Rest	162	100 %	320		341		358
<b>Total</b>	<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>
<b>Oparbejdet til genanvendelse</b>							<b>231</b>
<b>Restaffald</b>							<b>358</b>

**Tabel 24 Affaldsflow for scenariet for Kildeopdeling KO3a for affaldsmængden fra et opland med 60 % enfamilieboliger og 40 % etageboliger (opgjort i kg./husstand/år)**

	Potentiale	Effektivitet, indsamling	Indsamlede mængder	Effektivitet, sortering	Mængder efter sortering	Effektivitet, oparbejdning	Mængder, oparbejdet
	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år
Organisk	212	54 %	115	85 %	97	100 %	97
Papir	120	82 %	98	100 %	98	86 %	85
Pap	16	56 %	9	100 %	9	92 %	8
Hård plast	17	28 %	5	51 %	2	87 %	2
Metal	19	56 %	11	90 %	9	86 %	8
Glas ved husstanden	44	78 %	34	90 % *	31	95 %	29
Rest	162	100 %	318		342		359
<b>Total</b>	<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>
<b>Oparbejdet til genanvendelse</b>							<b>230</b>
<b>Restaffald</b>							<b>359</b>

\* 10% tabt som KSP fraktion der erstatter betonslag

**Tabel 25 Affaldsflow for scenariet for Kildeopdeling KO4 for affaldsmængden fra et opland med 60 % enfamilieboliger og 40 % etageboliger (opgjort i kg./husstand/år)**

	Potentiale	Effektivitet, indsamling	Indsamlede mængder	Effektivitet, sortering	Mængder efter sortering	Effektivitet, oparbejdning	Mængder, oparbejdet
	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år
Organisk	212	54 %	115	85 %	97	100 %	97
Papir	120	82 %	98	100 %	98	86 %	85
Pap	16	56 %	9	100 %	9	92 %	8
Hård plast	17	28 %	5	51 %	2	87 %	2
Blød plast	32	23 %	8	100 %	8	90 %	7
Metal	19	56 %	11	90 %	9	86 %	8
Glas ved husstanden	44	78 %	34	90 %	31	95 %	29
Rest	129	100 %	310		334		353
<b>Total</b>	<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>
<b>Oparbejdet til genanvendelse</b>							<b>236</b>
<b>Restaffald</b>							<b>353</b>

**Tabel 26 Affaldsflow for scenariet for Kildeopdeling KO5 for affaldsmængden fra et opland med 60 % enfamilieboliger og 40 % etageboliger (opgjort i kg./husstand/år)**

	Potentiale	Effektivitet, indsamling	Indsamlede mængder	Effektivitet, sortering	Mængder efter sortering	Effektivitet, oparbejdning	Mængder, oparbejdet
	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år	%	Kg/husstand/år
Organisk	212	54 %	115	85 %	97	100 %	97
Papir	120	82 %	98	100 %	98	86 %	85
Pap	16	56 %	9	100 %	9	92 %	8
Metal	19	56 %	11	90 %	9	86 %	8
Glas ved husstanden	44	78 %	34	100 %	34	95 %	32
Rest	178	100 %	323		341		358
<b>Total</b>	<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>		<b>589</b>
<b>Oparbejdet til genanvendelse</b>							<b>231</b>
<b>Restaffald</b>							<b>358</b>

## 7.2 Miljø (LCA)

I dette afsnit gennemgås de overordnede resultater af miljøvurderingen for en række miljøeffekter. For flere detaljer henvises til bilag 2. Tabel 23 viser, hvilke scenarier der er inddraget i miljøvurderingen (se begrundelse i afsnit 5.4).

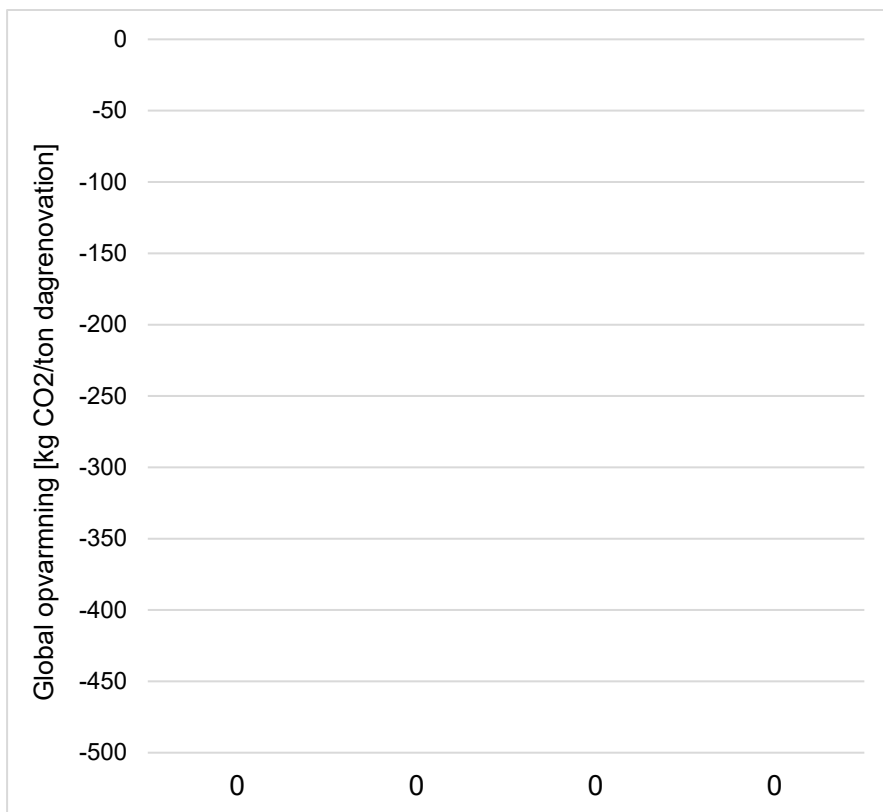
**Tabel 27 Scenarier til beregning af miljøeffekter**

	Kildesortering	Kildeopdeling best case	Kildeopdeling worst case
Spand 1	Papir	Papir Pap	Papir, Pap
	Pap	Metal, Plast Komposit	Metal, Glas, Plast (hård)
Spand 2	Metal		
Kube	Glas	Glas	
Rest	Komposit		Komposit Plast (blød)

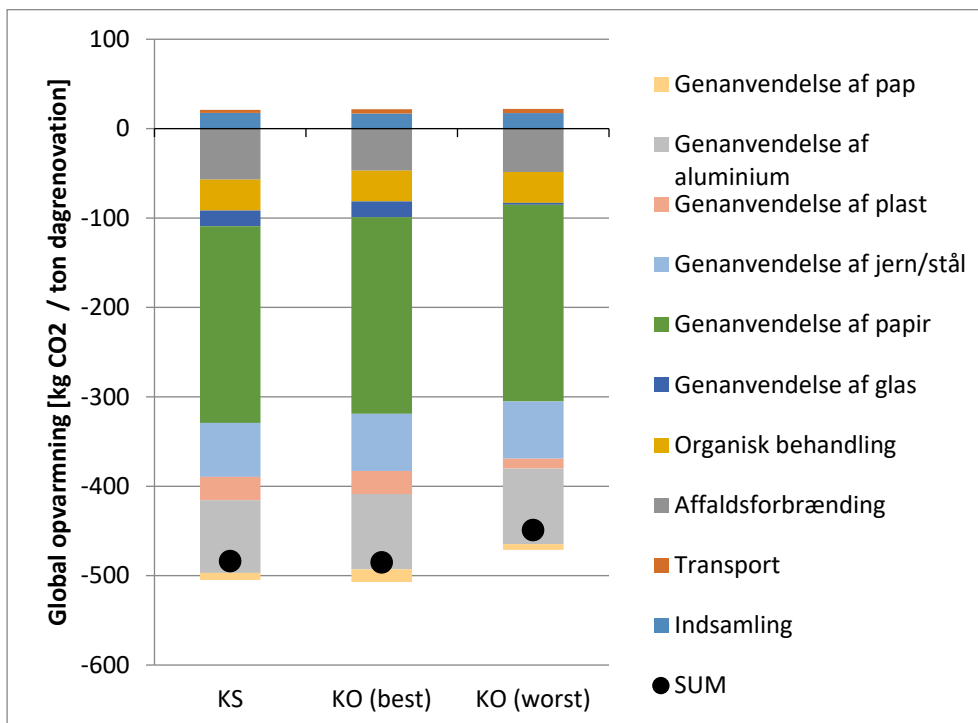
### 7.2.1 Resultater af scenarier

Generelt gælder, at miljømæssige resultater med positivt fortegn afspejler, at det undersøgte scenarie netto medfører en miljøbelastning, mens negative resultater viser de miljømæssige nettobesparelser pga. substitution af f.eks. energi og materialer. Man kan sammenligne resultaterne med en økonomisk opgørelse af udgifter og indtægter. Hvis der er flere besparelser end omkostninger, vil scenariet netto medføre en miljømæssig besparelse (negativt resultat), mens scenariet netto medfører en miljømæssig omkostning (udledning), hvis besparelserne er mindre end omkostningerne.

Resultaterne for CO<sub>2</sub>-effekten fremgår af Figur 3 og Figur 4.



Figur 3 Total CO<sub>2</sub>-effekt for de tre scenarier opgjort i kg CO<sub>2</sub>/ton gennemsnitligt dagrenovationsaffald i oplandet.



Figur 4 Detaljering af CO<sub>2</sub>-effekterne for de tre scenarier opgjort i kg CO<sub>2</sub>/ton gennemsnitligt dagrenovationsaffald i oplandet.



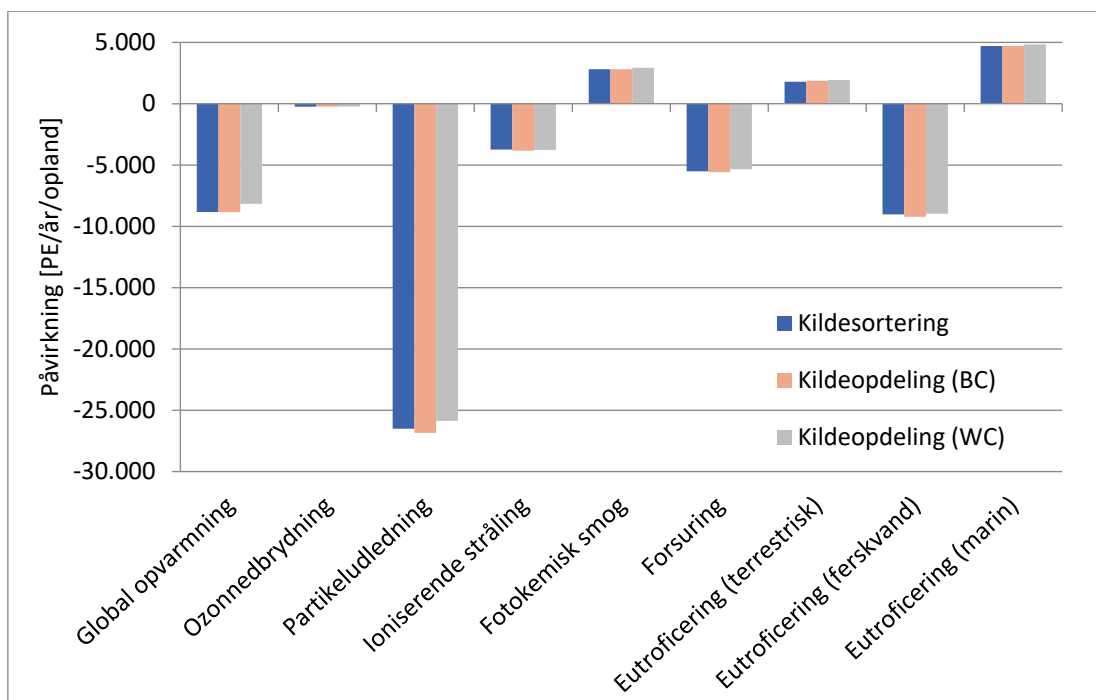
Figur 3 viser, at alle tre scenarier medfører en netto miljømæssig CO<sub>2</sub>-besparelse, hvilket skyldes substitution af energi (forbrænding og biogas) og materialer (genanvendelse af papir, pap, plast, metal og glas) fra affaldsbehandlingen. Der er reelt ingen forskel på CO<sub>2</sub>-effekten for scenariet for kildesortering og best case-scenariet for kildeopdeling (KO2b), mens worst case-scenariet for kildeopdeling (KO3a) viser lidt dårligere resultater (7 % mindre CO<sub>2</sub>-besparelse).

Hvis man ser nærmere på de opdelte resultater for CO<sub>2</sub> (Figur 4), ses, at

- *worst case-scenariet for kildeopdeling klarer sig dårligere pga. en dårligere glasgenanvendelse, og fordi den bløde plast ikke genanvendes i dette scenarie.*

De øvrige ikke-toksiske miljøeffektkategorier (Figur 5) viser samme billede

- *For alle påvirkningskategorierne gælder, at der reelt ikke er forskel på scenariet for kildesortering og best case-scenariet for kildeopdeling, mens worst case-scenariet for kildeopdeling viser lidt dårligere resultater (en til otte procent) i forhold til kildesortering.*



Figur 5 Miljømæssige resultater for de øvrige ikke-toksiske påvirkningskategorier for de tre scenarier.

## 7.2.2 Følsomhedsanalyser (LCA)

Der er gennemført enkelte følsomhedsanalyser, som er fundet relevante i forhold til videre analyse af projektets resultater. Disse er kort gennemgået nedenfor. Flere detaljer fremgår af Bilag 2.

### 7.2.2.1 Øget indsamlingseffektivitet i husholdningerne

I den første følsomhedsanalyse er husholdningernes indsamlingseffektivitet øget fra 60/50 % (hvv. for enfamilie-/etagebolig) for pap mv. til 80/70 %, for plast fra 30/25 % til 75/65 %, og for metal fra 60/50 % til 85/85 %.

Denne ændring medfører kun små forskydninger i de miljømæssige resultater og har ikke betydning for den miljømæssige rækkefølge af scenarierne. Dette skyldes primært, at forskydningen sker på samme måde for både kildesortering og kildeopdeling og dermed ikke ændrer væsentligt på forskellen imellem scenarierne.

### **7.2.2.2 Sorteringsanlæg i mindre skala**

I den anden følsomhedsanalyse forudsættes det, at der på grund af manglende koordinering mellem stat, kommuner og affaldsselskaber ikke opnås tilstrækkelige skalafordele i størrelsen af sorteringsanlæggene for kildeopdelte materialer. Det antages samtidigt, at der ikke sker ændringer for håndtering af de kildesorterede materialer, der fortsat afsættes i udlandet.

Det antages således, at der etableres en række mindre sorteringsanlæg til kildeopdelte materialer, som ikke opnår den storskalafordel, som er antaget i hovedscenarierne. Disse anlæg vil sandsynligvis have en dårligere driftsøkonomi og vil derfor muligvis udsortere færre polymerer til genanvendelse. Konkret er antaget, at de mindre anlæg til kildeopdelt plast vil fravælge udsortering af polymertyperne PET og LDPE, fordi dette ikke formodes at være rentabelt for anlæg i lille skala. Disse polymerer antages at gå til forbrænding og bliver således ikke genanvendt.

Denne ændring medfører kun små forskydninger i de miljømæssige resultater og har ikke betydning for den miljømæssige rækkefølge af scenarierne. Dette skyldes primært, at plasten udgør en meget lille andel af den samlede affaldsmængde i scenarierne og at det kun er en lille andel af denne fraktion, der flyttes fra genanvendelse til forbrænding.

### **7.2.2.3 Kvalitet i genanvendelsen**

Derudover er anført kvalitative betragtninger omkring kvaliteten i genanvendelse (ingen scenarieberegninger). Disse betragtninger viser, at anvendelsesmulighederne for de genanvendelige materialer øges, og risikoen for kvalitetsforringelse mindskes, jo flere fraktioner de indsamlede materialer udsorteres i i behandlingskæden.

### **Antagelser omkring substitution af elektricitet**

Affaldssystemets produktion af energi, herunder substitution af anden elektricitetsproduktion, er en væsentlig faktor i miljøvurderingen og har relativt stor betydning for resultaterne. Antagelserne omkring hvilken type elektricitet, der substitueres er derfor væsentlige. Miljøstyrelsen (2019) har gennemført følsomhedsanalyser på substitution af forskellige typer af elektricitet og fandt, at de opstillede scenarier (som er meget lig scenarierne i nærværende projekt) ikke er meget følsomme overfor ændringer i disse parametre.

### **7.2.2.4 Opsamling, følsomhedsanalyser**

Overordnet set medfører disse analyser følgende konklusioner:

- Øget indsamlingseffektivitet i husholdningen og de beskrevne ændringer i plastgenanvendelse (størrelse af sorteringsanlæg) medfører kun små forskydninger i resultaterne og har ikke betydning for den miljømæssige rækkefølge af scenarierne.
- Anvendelsesmulighederne for de indsamlede materialer øges, og risikoen for kvalitetsforringelse mindskes, jo flere fraktioner de indsamlede materialer udsorteres i i behandlingskæden.
- De opstillede scenarier har en begrænset følsomhed over for ændringer i den substituerede elektricitet.

## 7.3 Samfundsøkonomi

Den samfundsøkonomiske vurdering af scenarierne er foretaget i markedspriser for et blandet opland på 150.000 enfamilieboliger og 100.000 etageboliger, dvs. cirka 1/10 af Danmark. Der er også foretaget vurderinger af to oplande bestående af enten kun enfamilieboliger eller kun etageboliger.

### 7.3.1 Det blandede opland

Forskellen i de samfundsøkonomiske omkostninger mellem de otte analyserede scenarier er ret behersket. De to dyreste scenarier – kildesortering og kildeopdeling af metal/glas – koster 233 mio. kr./år, mens det billigste – kildeopdeling af drikkekarton, beskidt/fugtigt papir/pap, plast og metal – koster 221 mio. kr./år.

Man kan således argumentere for, at forskelle, som det ikke har været muligt at værdisætte (såsom miljøeffekter i udlandet, borgernes eventuelle nytte og/eller besvær ved sorteringsindsatsen mv.<sup>13</sup>), kan have indflydelse på valget af affaldssystem.



**Figur 6 Samfundsøkonomiske omkostninger, blandet opland (mio. kr./år).**

*Note: Signaturforklaring til scenarie: P=papir, PP=papir/pap. PM=plast/metal, MG=metal/glas, MGP=metal/glas/plast, P(h)=hård plast, KSPM, komposit/beskidt-fugtigt pap/plast/metal, KPPM=komposit/pap/plast/metal. Bindestregen angiver adskillelse mellem to strømme.*

Forskellen mellem det dyreste og billigste scenarie ligger på 13 mio. kr./år per opland, svarende til 130 mio. kr./år for hele Danmark. Denne forskel er under 7 % af de samlede samfundsøkonomiske omkostninger, hvilket er noget mindre end de generelle usikkerheder omkring indsamlingsomkostninger, materialepriser, sorteringsanlægsomkostninger mv. Resultaterne viser således en tendens mod, at kildeopdeling er en billigere løsning end kildesortering, men at omkostningsforskellen er marginal.

<sup>13</sup> For en nærmere diskussion af de ikke-værdisatte forskelle i samfundsøkonomiske analyser af affaldssystemet, se Miljøstyrelsen (2019).

Man kan derudover argumentere for, at denne tendens bør forventes. Det skyldes, at man selv med kildesortering er nødt til at foretage en frasortering af urenheder. Derfor er anlæg og processer til kildesortering af affald i en vis udstrækning allerede indrettet til – og derfor har omkostninger ved – grovsortering. For eksempel er anlæg til finsortering af plast typisk udstyret med udstyr til sortering af metaller (magnet- og hvirvelstrømsseparatorer). Med kildeopdeling undgår man (hvor de findes) sådanne dobbelte omkostninger til udstyr, hvilket er med til at forårsage besparelsen.

I den samfundsøkonomiske analyse har det ikke været muligt at værdisætte miljøforskelle mellem alle otte scenarier, og miljøeffekterne er derfor ikke medtaget her. Beregninger i denne rapport (se afsnit 7.2) viser dog, at de miljømæssige forskelle er forholdsvis små, og at de bedste scenarier ("best case") for kildeopdeling er miljømæssigt sammenlignelige med kildesortering.

Derudover er der øvrige vigtige forskelle, som det ikke har været muligt at værdisætte (såsom at miljøeffekter i udlandet ikke må værdisættes, borgernes eventuelle nytte og/eller besvær ved sorteringsindsatsen mv.<sup>14</sup>). Man kan argumentere for, at disse også er relevante at inddrage som samfundsøkonomiske fordele og ulemper, og at størrelsesordenen herpå<sup>15</sup> er større end forskellene mellem scenariernes omkostninger.

- *Delkonklusion: Forskellen i samfundsøkonomiske omkostninger mellem kildesortering og kildeopdeling er så lille, at andre forhold, såsom miljøeffekter i udlandet eller borgernes eventuelle nytte eller disnytte af de forskellige affaldssystemer, kan tænkes at udgøre et vægtigt argument for valg af løsning.*

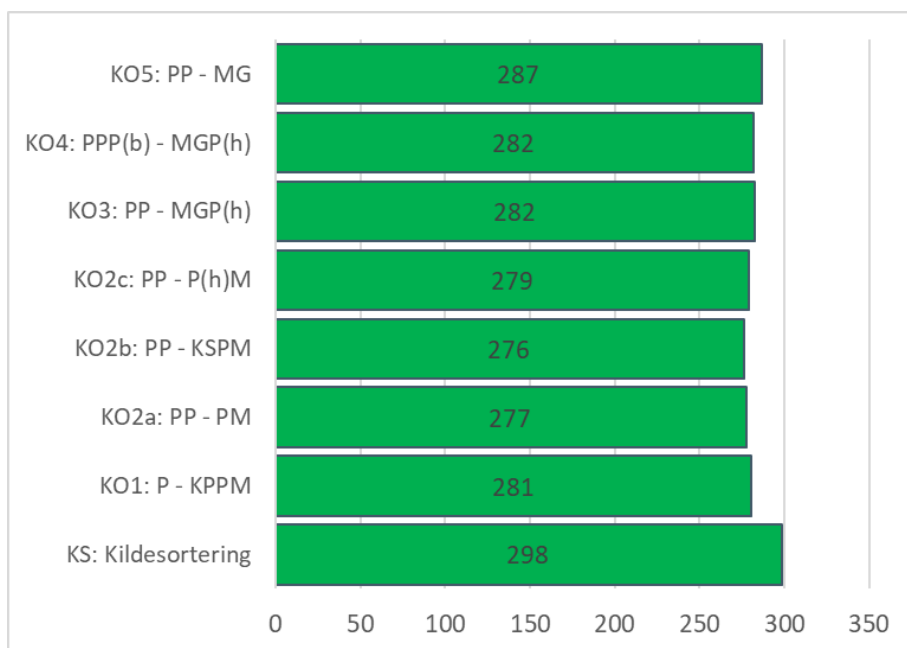
### 7.3.2 Forskelle mellem oplande

Ser man som en følsomhedsanalyse for et opland bestående af kun enfamilieboliger, så stiger den samfundsøkonomiske omkostning, jf. Figur 6. Det skyldes, at det generelt er dyrere per ton affald at tømme de relativt mindre beholdere hos enfamilieboligerne. Ydermere ses, at det relativt set bliver en smule dyrere at bruge kildesortering frem for kildeopdeling (forskellen mellem kildesortering og billigste kildeopdeling stiger til 7 %). Det skyldes, at kildesorteringsscena-riet har to to-rums beholdere til materialer, mens scenarierne for kildeopdeling kun har én to-rumsbeholder, hvilket gør indsamlingen dyrere.

---

<sup>14</sup> For en nærmere diskussion af de ikke-værdisatte forskelle i samfundsøkonomiske analyser af affaldssystemet, se Miljøstyrelsen (2019).

<sup>15</sup> En sådan diskussion er foretaget i Miljøstyrelsen (2019) afsnit 6.1.5 og bilag 25.3.4.

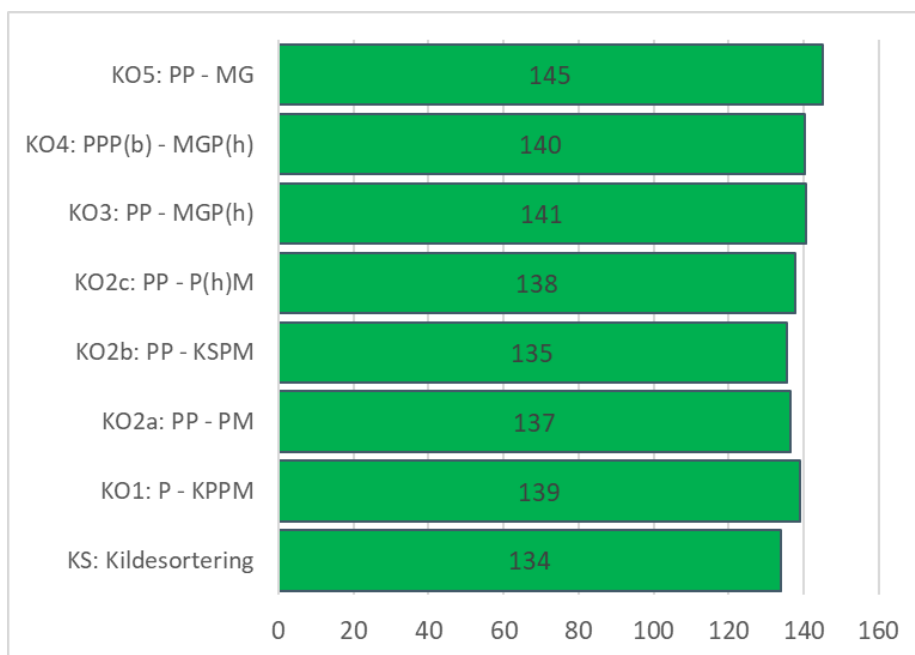


**Figur 7 Samfundsøkonomiske omkostninger, enfamiliebolig-omland (mio. kr./år).**

*Note: Se Figur 6 for scenariernes signaturforklaring.*

Ser man som en følsomhedsanalyse for et opland bestående af kun etageboliger, så falder den samfundsøkonomiske omkostning, jf. . Det skyldes, at det er tilsvarende billigere at indsamle affald fra etageboligerne. For etageboligerne er den kildesorterede løsning lidt billigere end den billigste kildeopdelte løsning. Forskellene er også her ganske små, og lokale forhold, såsom afstande til anlæg, forbrændingsanlæggets størrelse og omkostningen på den varme, anlægget fortrænger, må tænkes at have væsentlig indflydelse på de samfundsøkonomiske omkostninger i et faktisk opland.

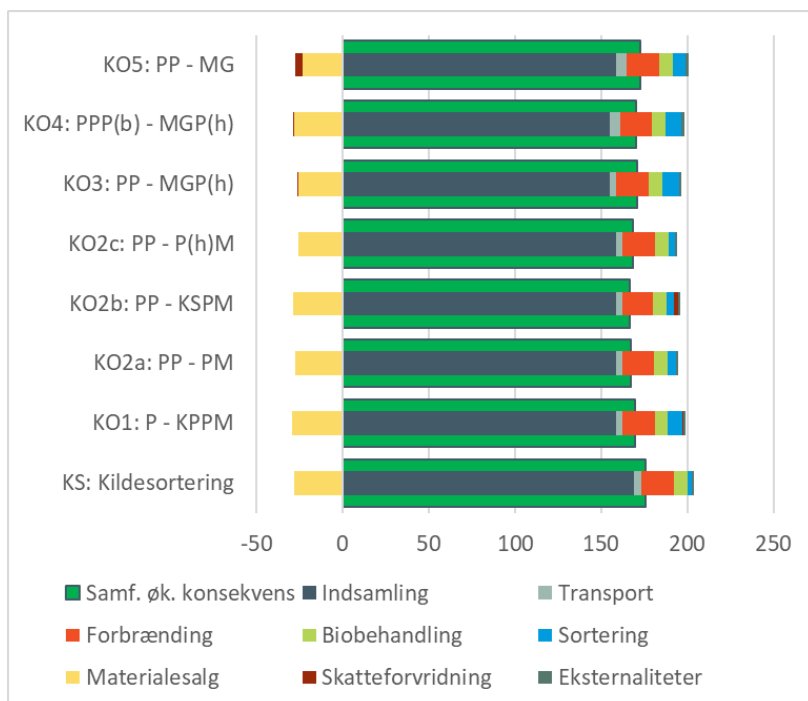
- *Delkonklusion: Kildeopdeling er lidt mere økonomisk fordelagtig end kildesortering i oplande med mange enfamilieboliger. Modsat synes kildesortering lidt billigere i områder med mange etageboliger. Forskellene er dog små og må tænkes også at være påvirket meget af lokale forhold.*



**Figur 8 Samfundsøkonomiske omkostninger, etagebolig-opland (mio. kr./år)**

Note: Se Figur 6 for scenariernes signaturforklaring.

I affaldssystemer for husholdningsaffald er det typisk indsamlingsomkostningerne, som udgør langt størstedelen af de samlede omkostninger. Omkostninger til forbrænding, sortering og indtægter fra materialesalg er alle mindre elementer, hvis påvirkninger af de samlede omkostninger er begrænsede, jf. Figur 6. Dette er en væsentlig del af forklaringen på, at de økonomiske forskelle mellem kildeopdeling og kildesortering er beherskede.



**Figur 9 Opdeling af de samfundsøkonomiske omkostninger (mio. kr./år).**

Note: Se Figur 6 for scenariernes signaturforklaring.

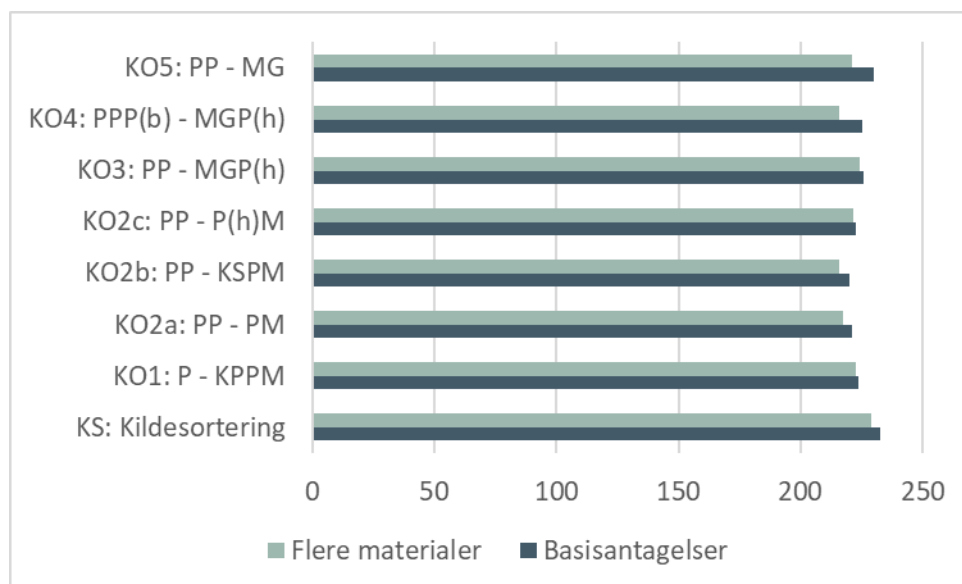
### 7.3.3 Følsomhedsanalyser

Der er i denne analyse foretaget to følsomhedsanalyser, som belyser betydningen af (a) øgede indsamlingseffektiviteter i husholdningerne, (b) mindre skala i sorteringsanlæggene som følge af begrænset samarbejde mellem kommuner og affaldsselskaber om fælles anlæg, og (c) ekstra omkostninger til eksport af kildesorteret affald.

#### 7.3.3.1 Øget indsamlingseffektivitet i husholdningerne

I den første følsomhedsanalyse er husholdningernes indsamlingseffektivitet øget fra 60/50 % (hhv. for enfamilie-/etagebolig) for pap mv. til 80/70 %, for plast fra 30/25 % til 75/65 %, og for metal fra 60/50 % til 85/85 %.

Resultaterne af følsomhedsanalysen er vist i Figur 7 Samfundsøkonomiske omkostninger, enfamiliebolig-opland (mio. kr./år). De økonomiske konsekvenser af den øgede udsortering af materialer er ganske behersket, da de fleste omkostninger i de fleste scenarier reduceres med under en procent (cirka en million kroner ud af omkring 230). Dette resultat er konsistent med Miljøstyrelsen (2019) afsnit 6.6, som viser, at stort set alle materialefraktioner på nær plast giver økonomisk værdi at genindvinde, når først de er indsamlet.



Figur 10 Følsomhedsanalyse: Øget indsamlingseffektivitet i husholdningerne.

Note: Se Figur 6 for scenariernes signaturforklaring.

Den øgede indsamlingseffektivitet betyder både større indtægter fra materialesalg, men også større omkostninger til sorteringsanlæg, og disse to størrelser er omtrent lige store i scenarierne. Undtaget herfra er metal-/glasseparation, som er en forholdsvis enkel og billig proces. Her er gevinsten ved større udsortering mere markant på 7 millioner ud af 235.

- **Delkonklusion:** Øget indsamlingseffektivitet i husholdningerne giver en lille samfundsøkonomisk gevinst.

#### 7.3.3.2 Sorteringsanlæg i mindre skala

I den anden følsomhedsanalyse forudsættes det, at der på grund af manglende koordinering mellem stat, kommuner og affaldsselskaber ikke opnås tilstrækkelige skalafordele i størrelsen af sorteringsanlæggene. Konkret er det forudsat, at anlæggene til sortering af plast og/eller metal, glas og evt. komposit modtager enten de halve eller de kvarte mængder materialer.

I basisantagelserne er antaget, at anlæggene kører i treholdsskift, og at der i Danmark findes et anlæg til plastsortering eller to anlæg til plast-/metalsortering eller fire anlæg til metal-/glas-/plastsortering. Med "halve anlæg" køres 1½-holdsskift, og "kvarte anlæg" angiver, at anlægget kun kører cirka 30 timer/uge. Fordi en væsentlig del af anlægsomkostningerne går til forrentning og afskrivning samt faste omkostninger, som ikke er afhængige af mængderne, betyder dette en markant forøgelse af gennemsnitsomkostningen (i kr./ton) for sortering.

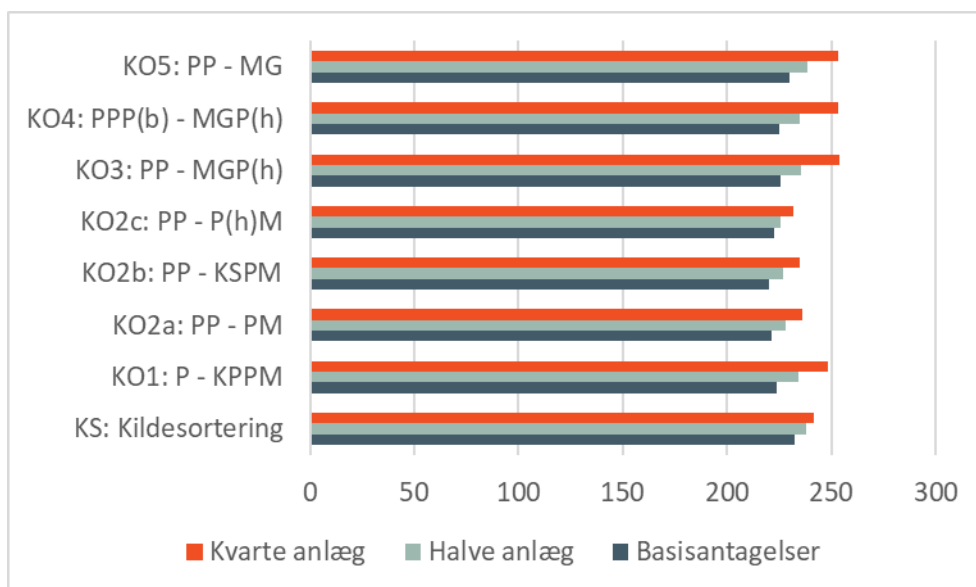
Herudover er det forudsat, at de mindre anlæg vil fravælge udsortering af polymertyperne PET og LDPE, fordi dette ikke formodes at være rentabelt for anlæg i lille skala. Denne forudsætning indikerer endnu mindre skala for anlæggene end faktor 2 og 4, fordi der i omkostningsoverslaget er indregnet omkostninger til mange sorteringsmaskiner. Ideelt set burde man have foretaget en genberegning af anlæggenes indretning og omkostninger ved de mindre mængder, men dette har ligget uden for opgavens afgrænsning. Denne overvejelse betyder således, at man skal være varsom med at fortolke på "halve" og "kvarte" mængder, og at der vil være tale om en endnu mindre skala.

Resultaterne af denne følsomhedsanalyse viser, at omkostningerne ved håndtering af dagrenovationen (dvs. inkl. forbrænding og bioforgasning) bliver påvirket synligt, dvs. i størrelsesordenen 10-30 mio. kr./år eller 5-15 % (for et opland med størrelse af 1/10 af Danmark, dvs. 100-300 mio. kr./år), når antallet af anlæg og deres størrelse ikke giver tilstrækkelige skalafordele.

Scenarierne, hvor glas også sorteres, giver de største ekstraomkostninger, fordi glas omfatter relativt store mængder sammenlignet med de øvrige fraktioner. Scenariet med et dansk sorteringsanlæg til plast giver de mindste ekstraomkostninger, fordi plast udgør en relativt lille andel af mængderne.

Basisantagelserne med gode skalafordele for plasthanlægget kan også tolkes, som at plasten sorteres i udlandet. Derfor kunne man i følsomhedsanalyserne med mindre anlæg for kildesorteringsscenarioet (KS) i stedet antage at sorteringen foregik i udlandet, og forudsætte, at det udenlandske anlæg til plast i modsætning til de danske anlæg til kildeopdelte materialer har en økonomisk fornuftig skala. Dette gøres ved at sammenligne kildeopdelingsscenerierne med halve og kvarte anlæg med kildesorteringsscenarioet med basisantagelser. I dette tilfælde viger det bedste kildeopdelingsscenarie KO2b (anlæg til plast/metal/komposit/beskidt fugtigt papir/pap) lige nøjagtigt pladsen som det bedste scenarie, idet KS koster 234,7 mio. kr./år med basisantagelser, mens KO2b koster 235,1 mio. kr./år.





**Figur 11 Følsomhedsanalyse: For små sorteringsanlæg.**

Note: Se Figur 6 for scenariernes signaturforklaring.

- Et foreløbigt skøn antyder, at utilstrækkelig koordinering med for små sorteringsanlæg til følge kan medføre samlede danske ekstraomkostninger på 100-300 mio. kr./år pga. manglende udnyttelse af skalafordele. De bedste løsninger til kildeopdeling med små anlæg synes dog omkostningsmæssigt at være på linje med kildesortering med optimal størrelse anlæg.

### 7.3.3.3 Ekstra omkostninger ved eksport

Der skal en særlig tilladelse til at eksportere kildeopdelt affald. Dette er en ekstra omkostning i forhold til kildesorteret affald, såfremt der ikke findes anlæg i Danmark, der kan sortere det kildeopdelte affald. Følsomhedsberegningen af, hvor store disse omkostninger kan tænkes at være, laves via en række forsimplende antagelser:

1. Tilladelsen gælder 12 måneder og for et helt opland.
2. Der skal kun tilladelse til kildeopdelt plast/metal; papir/pap er grønlistet og skal ikke have tilladelse.
3. Myndigheden og eksportøren bruger hver 20 timer per tilladelse.
4. Den samfundsøkonomiske timeomkostning er (konservativt sat til) 1.000 kr./time.

Af (1) og (2) kan man konkludere, at oplandet skal bruge en tilladelse/opland per år. Af (3) og (4) kan man konkludere, at en tilladelse koster 40.000 kr. Samlet set er omkostningen til tilladelser således 40.000 kr./år. Dette er ubetydeligt set i forhold til de øvrige økonomiske forskelle mellem kildeopdeling og kildesortering, som typisk ligger på mellem en og ti millioner kr./år.

## 8. Litteraturliste

Avfall Sverige (2009): Insamling av återvinningsbart material i blandad fraktion. Rapport U2009:13. Avfall Sverige. Februar 2009.

Avfall Sverige (2015): Avfallssystem Källsortering vs Mekanisk sortering. Litteraturstudie. Rapport 2015:16. Avfall Sverige. Juli 2015.

Avfall Sverige (2017): Förprojekt inför systemstudie avseende mekanisk sortering och källsortering. Rapport 2017:12. Avfall Sverige. April 2017.

EU Kommissionen (2015): Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU. Bipro and Copenhagen Resource Institute for the European Commission -DG ENV, Brussels. November 2015.

Finansministeriet (2017): Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. <https://www.fm.dk/publikationer/2017/vejledning-i-samfundsoekonomiske-konsekvensvurderinger>

Forum for Cirkulær Plastemballage (2018): Forum for Cirkulær Plastemballage – anbefalinger og handlinger. November 2018.

Miljøstyrelsen, 2014: Automatisk sortering – teknologier og danske udviklings- og produktionskompetencer. Miljøprojekt nr. 1559. 2014.

Miljøstyrelsen, 2015: Fra køkken til genanvendelse. Forsøg i Frederiksberg Kommune. COWI for Frederiksberg Kommune og Miljøstyrelsen (Ressource teamet). Oktober 2015.

Miljøstyrelsen (2016): Bør vi holde papir, pap og karton adskilt eller kan det uden negative konsekvenser indsamles sammen? Resume notat. COWI for Miljøstyrelsen. December 2016.

Miljøstyrelsen, 2017: Fordele og ulemper ved at medtage glas som kildeopdelt fraktion til automatisk sortering. Opsamlende notat. COWI for Miljøstyrelsen. Miljøprojekt 1927. Marts 2017.

Miljøstyrelsen, 2019: På vej – Mod øget genanvendelse af husholdningsaffald (livscyklusvurdering og samfundsøkonomisk konsekvensvurdering). COWI og DTU for Miljøstyrelsen. Version oktober 2018 (endnu ikke publiceret).

Miljø- og Fødevareministeriet (2018): Tab ved genanvendelse. Rapport. COWI for Miljø- og Fødevareministeriet. Oktober 2018.

Odense Renovation, 2018: Sorter-mere-Odense. Afrapportering af forsøg med mere kildesortering af husholdningsaffald i Odense Kommune 2016-2017. Odense Renovation. Januar 2018.

Rambøll, 2017: Affaldsanalyse af dagrenovation. 4 testområder i Odense by. Rambøll for Odense Renovation. Maj 2017.

Rambøll, 2018: Systemløsninger. Kommunal affaldsindsamling. Rambøll for Vestforbrænding. Marts 2018.

Sweco, 2017: Plastkortlægning 2017. Sweco for Amager Ressourcecenter, Vestforbrænding, Clean, Dansk Affaldsforening, Dragør Kommune. December 2017.

WRAP (2009): Choosing the right recycling collection system. WRAP. Juni 2009.

# Bilag 1. Følgegruppen

Organisation	Navn	Kontakt
Dansk Industri	Iben Kinch Sohn (deltager på næste møde)	ibso@di.dk
ARI (Affalds- og Ressourceindustrien)	Marianne Munch Jensen	mamj@di.dk
GI (Genvindingsindustrien), Dansk Erhverv	Lisbet Hagelund	lih@danskerhverv.dk
DAF	Mette Godiksen	mg@danskaffaldsforening.dk
	Nina Nagskov Jørgensen	nnj@danskaffaldsforening.dk
Landbrug & Fødevarer	Henrik Bang Jensen	hbj@lf.dk
KL	Anders Christiansen	ach@kl.dk
DAKOFA	Morten Carlsbæk	mc@dakofa.dk
	Anders Gideon	ag@dakofa.dk
DN	Sine Beuse Faueryby	sbfdn@dn.dk
Miljø- og Fødevareministeriet, Departementet	Thilde Fruergaard Astrup	thfru@mfv.dk
	Charlotte Frische Münter	cfm@mfv.dk
Miljø- og Fødevareministeriet, Miljøstyrelsen (Projektejer)	Monica Nielsen	monie@mst.dk
	Anne Stine Henriksen	annsh@mst.dk
Rambøll (sorteringskriterier)	Louise Åstrøm-Andersen (projektleder)	loa@ramboll.dk
	Claus Petersen (Econet)	
Cowi (kildesortering/kildeopdeling)	Trine Lund Neidel (projektleder)	ttha@cowi.dk
	Mikkel Kromann	

# Bilag 2. Metode og resultater for livscyklusvurdering

## Miljøvurdering - kildesortering af tørre genanvendelige fraktioner sammenlignet med forskellige kombinationer af kildeopdelt indsamling

Dette bilag beskriver metode, forudsætninger og resultater for livscyklusvurderingen i detaljer. De væsentligste pointer er genfortalt i hovedrapporten.

### Bilag 2.1 Formål og grundlag med miljøvurderingen

Formålet med livscyklusvurderingen (LCA'en) er at afdække de miljømæssige forhold ved kildesortering af genanvendelige tørre affaldsfraktioner sammenlignet med to typer af kildeopdeling. LCA'en vil være en væsentlig del af beslutningsgrundlaget i forhold til fremtidige ordninger baseret på kildeopdeling i de danske kommuner.

Resultaterne er opgivet per ton dagrenovation (restaffald, bioaffald samt genanvendelige tørre fraktioner) fra et opland, bestående af 60% enfamilieboliger og 40% etageboliger. Endvidere er resultaterne opgjort for et års dagrenovation fra et opland med 150.000 enfamilieboliger og 100.000 etageboliger.

LCA'en er baseret på EASETECH-modellen med tilhørende forudsætninger og datagrundlag, der er udarbejdet i forbindelse med projektet "Mod øget genanvendelse af husholdningsaffald" (Miljøstyrelsen, 2019) opdateret med nye oplysninger om tab og kvalitet fremkommet i nærværende projekt.

For detaljer omkring metode og forudsætninger henvises derfor til Bilagsrapporten om LCA i Miljøstyrelsen (2019). De forudsætninger, der adskiller sig fra Miljøstyrelsen (2019) er beskrevet i nærværende bilag.

### Bilag 2.2 Funktionel enhed

Den funktionelle enhed beskriver den kvantitative ydelse, som det undersøgte system skal opfylde. I denne LCA er den funktionelle enhed:

*Affaldshåndtering af 1 ton gennemsnitlig dansk dagrenovation, inklusive indsamling, transport, behandling og slutdisponering af eventuelle restprodukter, fra et opland med 60% enfamilieboliger og 40% etageboliger i 2020.*

### Bilag 2.3 Afgrænsning

Den metodiske afgrænsning er afspejlet i Miljøstyrelsen (2019), LCA Bilagsrapport, kapitel 2. Miljøpåvirkningskategorier inkluderet i denne LCA er i overensstemmelse med de 14 påvirkningskategorier beskrevet i Tabel 3 i LCA Bilagsrapporten, Miljøstyrelsen (2019).

## Bilag 2.4 Scenarier

Miljøvurderingen er foretaget på tre scenarier, vises på Tabel 8 (markeret med rød ramme), som består af to kildeopdelte scenarier og et kildesorteringsscenario. De to kildeopdelte scenarier er valgt ud fra at kunne repræsentere et formodet bedste og værste scenario af de kildeopdelte muligheder udefra et miljømæssigt perspektiv. Tabel 27 viser affaldsordningen for hvert scenario.

**Tabel 27 Scenarier til beregning af miljøeffekter**

	Kildesortering	Best case	Worst case
Spand 1	Papir	Papir Pap	Papir Pap
	Pap	Metal Plast Komposit	Metal Glas Plast (hård)
Spand 2	Plast		
	Metal		
Kube	Glas	Glas	
Rest	Komposit		Komposit Plast (blød)

## Bilag 2.5 Forudsætninger og data

Detaljer omkring forudsætninger og data er overordnet baseret på Miljøstyrelsen (2019), LCA Bilagsrapport/Bilag 6, og der henvises til denne for detaljer.

I dette afsnit skitseret kort de væsentligste forudsætninger og input data for miljøvurderingen med særlig fokus på de forudsætninger, der er ændret i forhold til Miljøstyrelsen (2019). Referencer til valg af energiforbrug på anlæggene, transportafstande samt baggrundsdata kan findes i Miljøstyrelsen (2019), LCA Bilagsrapport/Bilag 6.

**Elektricitet og varme** benyttet i LCA'en for både forbrug og substitution er baseret på Miljøstyrelsen (2019), se værdier i Tabel 28 og Tabel 29.

**Tabel 28 Fordeling af energikilder for marginal elektricitet i Danmark, jf. Schmidt et al. (2016).**

Biomasse	Naturgas	Vind
%	%	%
49,8	18,6	31,6

**Tabel 29 Fordeling af energikilder for marginal varme for Danmark, jf. (Jensen, et al., 2013)**

Biomasse	Naturgas	Kul	Olie	Biogas
%	%	%	%	%
39	26	20	9	6

## Affaldsmængder og sammensætning

Affaldssammensætningen for de overordnede affaldsfraktioner samt mængde i kg/husholdning/år kan ses i Tabel 5 i LCA bilagsrapport, Miljøstyrelsen (2019).

Der gennemføres beregninger for et opland bestående af følgende:

- 150.000 enfamilieboliger, som generer i gennemsnit 603 kg dagrenovation/år.
- 100.000 etageboliger, som generer i gennemsnit 569 kg dagrenovation/år.

Den totale dagrenovationsmængde for oplandet er 147.350 tons/år.

Tabel 30 indeholder den detaljerede affaldssammensætning for det opland, der er modelleret i denne LCA.

**Tabel 30 Detaljeret affaldssammensætning med 48 underfraktioner og fælles fraktioner for det opland der arbejdes med i denne LCA.**

Underfraktion (EASETECH)	Fordeling (%)	Fælles fraktion	Fælles fraktion (%)
Vegetabilsk madaffald	25,14	Organisk	36,0
Animalsk madaffald	7,736		
Blomster og haveaffald	3,168		
Ugeblade	8,45	Papir	20,4
Aviser	2,56		
Reklamer	8,958		
Bøger og telefonbøger	0,1034		
Kontorpaper	0,254		
Andet rent paper	0,0512		
Papir og papemballager	1,034	Pap	2,8
Andet rent pap	1,76		
Mælkekartoner (karton/plast)	1,09	Papkomposit	1,4
Juicekartoner (karton/plast/aluminium)	0,336		
Blød plast, rent*	3,576		
Plastflasker, rent*	0,5804	Plast (LDPE)	8,3
Andet hård plast, rent*	2,24		
Ikke genanvendeligt plast, beskidt	1,914	Plast (PET)	
Klart glas	2,16	Plast (PP, HDPE, PET)	7,4
Grønt glas	3,68		
Brunt glas	0,3		
Andet ikke genanvendeligt glas	1,26		
Aluminiumsdåser (drikke)	0,192	Aluminium	0,6
Aluminiumbakker og -folie	0,248		
Aluminiumfolie med plast-coating	0,192		
Konservesdåser (stål)	2,55	Jern/Stål	2,6
Andet metal	0,758		
Jord	0,246	Rest	20,5
Sten, mursten, cement, m.m.	0,678		
Aske	0,246		
Keramik og porcelæn	0,592		

Kattegrus	1,18	
Batterier	0,08	
Andet ikke brændbart	0,592	
Andet beskidt pap	0,758	
Køkkenrulle	2,772	
Andet beskidt papir	2,762	
Dyreexkrementer	0,924	
Bleer, bind og tamponer	4,454	
Vat og forbindinger	0,246	
Handsker, vaskeklude og andet hygiejneaffald	0,166	
Træ	0,332	
Tekstiler	1,516	
Sko og læder	0,332	
Gummi	0,08	
Kontorartikler, plastprodukter og andre sammensatte produkter	0,08	
Cigaretskodder	0,166	
Andet brændbart	0,844	
Støvsugerposer	0,758	
SUM	100	100

\*Antagelser: "Blød plast" er 100 % LDPE; "Plastflasker" er 100 % PET; og "Hård plast" er fordelt imellem 30 % HDPE, 30 % PET og 40 % PP

### Indsamlingseffektivitet ved husstanden

I dette studie vil der ikke være forskel på indsamlingseffektiviteterne hos borgerne alt efter om det er kildesortering eller kildeopdeling. Indsamlingseffektiviteterne er opgivet i Tabel 31.

**Tabel 31 Indsamlingseffektiviteten ved husstanden (gennemsnitlig værdi, der er vægtet i forhold til fordeling af boligtyper i oplandet; 60% enfamilieboliger og 40% etageboliger).**

Fraktion	Indsamlingseffektivitet ved husstanden (%)
Papir	82
Pap	56
Komposit	50 <sup>1</sup>
Beskidt papir og pap	50 <sup>1</sup>
Plast	28
Metal	56
Glas	73
Organisk	54

Kilde: Miljøstyrelsen (2019) (fed skrift) suppleret med ny dataindsamling og antagelser (almindelig skrift).

1: COWI antagelse

### Sorteringseffektiviteter og kvalitetstab

Affaldsfraktioner indsamlet til genanvendelse sendes til enten grovsortering efterfulgt af finsortering, hvis affaldet indsamles som kildeopdelt, eller udelukkende til finsortering, hvis affaldet er kildesorteret. De anvendte sorteringseffektiviteter for henholdsvis grovsortering og finsortering er angivet i Tabel 32, Tabel 33 og Tabel 34 (for de tre scenarier).



Det fysiske tab i oparbejdningsprocessen afhænger af de indsamlede materials kvalitet samt den valgte teknologi. Disse tab er derfor forskellige for scenarierne for visse materialer – disse værdier er også angivet i Tabel 32, Tabel 33 og Tabel 34 for de tre scenarier).

Det materiale, som det genanvendte materiale antages at substituere kan ligeledes være forskellig afhængig af indsamlingsmåde og dermed følgende kvalitet, som er angivet i .

**Tabel 32 Kildesortering: Effektiviteter for grovsortering, finsortering samt fysisk tab ved oparbejdning.**

Fraktion	Grovsortering (%)	Finsortering (%)	Tab i oparbejdning (%)
Papir	100	100	86
Pap	100	100	92
Papkomposit	0	0	0
Aluminium	100	90	93
Stål	100	90	84
Samlet metal, vægtet	100	90	86
Blød plast (LDPE)	96	72	90
Hård plast (PP)	96	90	90,3
Hård plast (PET)	96	90	75,5
Hård plast (HDPE)	96	90	90
Ikke genanvendeligt plast	96*	0	0
Samlet plast, vægtet	96	62	88
Glas	100	100	97

Kilde: Miljøstyrelsen (2019) (fed skrift) suppleret med ny dataindsamling (almindelig skrift).

\*I EASETECH modelleres det som om fraktionen sendes direkte til restaffald.

**Tabel 33 Kildeopdeling (best case): Effektiviteter for grovsortering, finsortering samt fysisk tab ved oparbejdning.**

Fraktion	Grovsortering (%)	Finsortering (%)	Tab i oparbejdning (%)
Papir	100	100	86
Pap	100	100	92
Beskidt papir/pap	60	100	92
Papkomposit	95	90	69
Aluminium	90	100	93
Stål	90	100	84
Samlet metal, vægtet	90	100	86
Blød plast (LDPE)	95	72	90
Hård plast (PP)	95	90	90,3
Hård plast (PET)	95	90	75,5
Hård plast (HDPE)	95	90	90
Ikke genanvendeligt plast	95*	0	0
Samlet plast, vægtet	95	62	88
Glas	100	100	97

Kilde: Miljøstyrelsen (2019) (fed skrift) suppleret med ny dataindsamling (almindelig skrift).

\*I EASETECH modelleres det som om fraktionen sendes direkte til restaffald.

Beskidt papir og pap er inkluderet i best case kildeopdelingsscenariet sammen med komposit (drikkekarton) i plast/metal fraktionen. For dette papir og pap anvendes samme antagelser som for pap i den kildeopdelte fraktion metal/pap/plast i Miljøstyrelsen (2019).

Komposit (drikkekarton) antages at blive genanvendt i kildeopdeling (best case) scenariet. Drikkekartonerne antages at bestå af: pap (75 %), aluminium (5 %) og plastfolie (20 %) (Miljøstyrelsen, 2019).

Det antages, at komposit har samme sorteringseffektivitet i grov- og finsortering som hård plast. I oparbejdelsen bliver aluminium samt plastfolie taget fra og forbrændt imens pap bliver genanvendt. Det er antaget, at selve pappet fra kompositmaterialerne har det samme kvalitetstab i oparbejdning som pap (Tabel 32).

### Kildeopdeling (worst case)

**Tabel 34 Kildeopdeling (worst case): Effektiviteter for grovsortering, finsortering samt fysisk tab ved oparbejdning.**

Fraktion	Grovsortering (%)	Finsortering (%)	Tab i oparbejdning (%)
Papir	100	100	86
Pap	100	100	92
Papkomposit	0	0	0
Aluminium	90	100	93
Stål	90	100	84
Samlet metal, vægtet	100	90	86
Blød plast (LDPE)	0	0	0
Hård plast (PP)	95	90	90,3
Hård plast (PET)	95	90	75,5
Hård plast (HDPE)	95	90	90
Ikke genanvendeligt plast	95*	0	0
Samlet plast, vægtet	95	54	86
Glas	100	90 (til glasværker)	95
		10 (tilslag til beton)	100

Kilde: Miljøstyrelsen (2019) (fed skrift) suppleret med ny dataindsamling (almindelig skrift).

\*I EASETECH modelleres det som om fraktionen sendes direkte til restaffald.

Indsamling af glas i kildeopdeling: I kildeopdeling (worst case) scenariet indsamles glas i samme beholder som plast og metal. Dette gør, at kvaliteten af fraktionen bliver lavere. En af grundene til dette er, at 10% af det indsamlede glas frasorteres som keramik/sten/porcelænsfraktion og erstatter grus i stedet for glas. En anden grund er, at den glasfraktion, der går til oparbejdning til nyt glas, har en lavere kvalitet end f.eks. kildesorteret glas (primært pga. små plaststykker i glasset, som ikke umiddelbart kan frasorteres).

For grus har Ecoinvent 3.4 kun processer, der kommer fra Rest of World (RoW) som bygger på datasæt fra Schweiz.

### A- og B-faktorer for genanvendelsesprocesser

A-faktoren angiver det tekniske tab af input-materiale på vej til oparbejdningen til sekundært materiale. A-faktoren kan beregnes ud fra værdierne opgivet i Tabel 32, Tabel 33 og Tabel 34 og følgende formel:

A-faktor = Grovsortering x finsortering x tab i oparbejdning

A-faktoren viser således det fysiske tab af materiale fra indsamling til endelig oparbejdning.

Derudover opererer LCA'en også med en B-faktor. Denne forklares således (fra Miljøstyrelsen (2019), LCA bilagsrapport): "B-faktoren angiver kvaliteten (eller markedsandelen) af det sekundære materiale ift. det primære materiale som fortrænges. Valget af fortrængt primært materiale har betydning for værdien af B-faktoren. For eksempel er det antaget, at sekundært papir bruges til fremstilling af avispapir, som vil fortrænge anden produktion af avispapir. Da avis-papir er et papirprodukt af relativt lav kvalitet er en B-faktor på 100% fundet rimelig. Når B-faktoren er -1 betyder det, at det sekundære materiale er af tilsvarende kvalitet som det primære materiale (fx sekundært glas vs. primært glas, sekundært avispapir vs. primært avispapir, sekundært pap vs. primært pap samt sekundært jern og stål vs. primært jern og stål). Når B-faktoren er <100%<sup>16</sup> (fx 90%) betyder det, at kvaliteten af det sekundære materiale er lavere end kvaliteten af det primære materiale (fx sekundær plast vs. primær plast). I alle scenarier er B-faktorerne for metal-scrap fra bundaske lavere end B-faktorerne for sekundært metal direkte fra husholdningen, og A-faktoren for aluminiums-scrap fra bundaske er også lavere pga. et oxidationstab af aluminium under forbrændingsprocessen.

Tabel 35 viser A- og B-faktorerne for de tre scenarier samt det fortrængte materiale (det, som substitueres). For information om præcise processer fra Ecoinvent database, se Miljøstyrelsen (2019), LCA bilagsrapport. Udregning for den reelle substitutionsfaktor:

Substitutionsfaktor = A-faktor x B-faktor

**Tabel 35 Anvendte A- og B-faktorer i scenarierne samt antaget fortrængt materiale.**

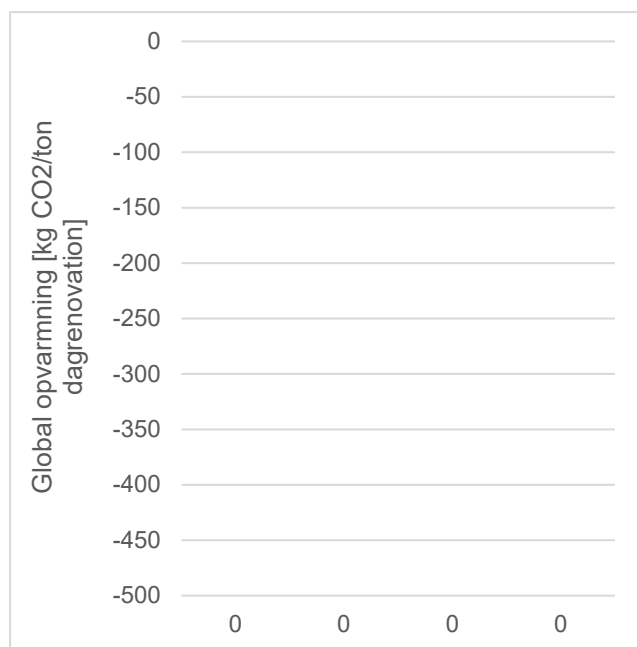
	Kildesortering		Kildeopdeling (Best case)		Kildeopdeling (Worst case)		Fortrængt materiale
	A-faktor (%)	B-faktor (%)	A-faktor (%)	B-faktor (%)	A-faktor (%)	B-faktor (%)	
Papir	86	100	86	100	86	100	Avispapir
Pap	92	90	92	90	92	90	Primært pap
Komposit			59	90			Primært pap
Beskidt papir/pap			55	90			Primært pap
Aluminium	84	100	84	100	84	100	Primær aluminium
Stål	76	100	76	100	76	100	Primært stål
Blød plast (LDPE)	62	90	62	90			Primær LDPE
Hård plast (PP)	78	90	77	90	77	90	Primær PP
Hård plast (PET)	65	90	65	90	65	90	Primær PET
Hård plast (HDPE)	78	90	77	90	77	90	Primær HDPE
Glas	97	100	97	100	95	75	Primært glas
Keramik/sten/porcelæn	-	-	-	-	100	100	Grus (til beton)

Referencer til valg af B faktorer er beskrevet i Miljøstyrelsen (2019), LCA bilagsrapporten.

## Bilag 2.6 Resultater

### Scenarier

Figur 12 viser den totale globale opvarmning per ton dagrenovation for de tre scenarier. Resultaterne for kildesorteringsscenariet og kildeopdelings best-case scenariet ligger meget tæt (lidt under 500 kg CO<sub>2</sub>/ ton dagrenovation i besparelse) imens kildeopdelings worst case scenariet har lidt lavere besparelse i kg CO<sub>2</sub>/ton dagrenovation (ca.- 450 kg/ton CO<sub>2</sub>). Forskellen er ca. 10%.

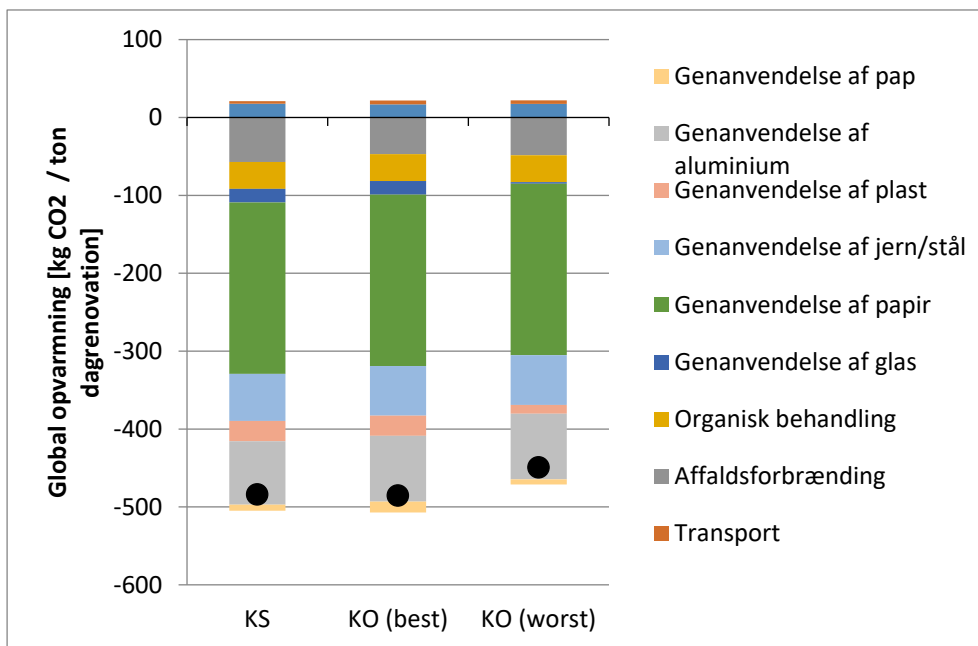


**Figur 12 Total CO<sub>2</sub> udledning per ton dagrenovation for de tre scenarier (Kildesortering, Kildeopdeling (best case) og Kildeopdeling (worst case)).**

Figur 12 viser den totale CO<sub>2</sub> udledning per ton dagrenovation for de tre analyserede scenarier med opdeling på forskellige processer i affaldsbehandlingen. Det er genanvendelse af papir, der medfører de største besparelser, efterfulgt af genanvendelse af aluminium og stål.

Indsamling og transport bidrager begge til nettoudledning af CO<sub>2</sub>, imens de øvrige processer medfører en netto besparelse. Indsamling og transport har dog en relativ lille indflydelse på resultaterne og bidrager mellem 1 og 4% af den totale påvirkning.

For kildeopdelingsscenariet (worst-case) viser Figur 13 at genanvendelse af glas medfører en mindre besparelse end for de andre to scenarier. Dette skyldes, at en del af glasset ikke genanvendes som glas, men kun som grus til betonslag og at det glas, som kan genanvendes og substituere nyt glas, har en lavere kvalitet end i de øvrige scenarier.

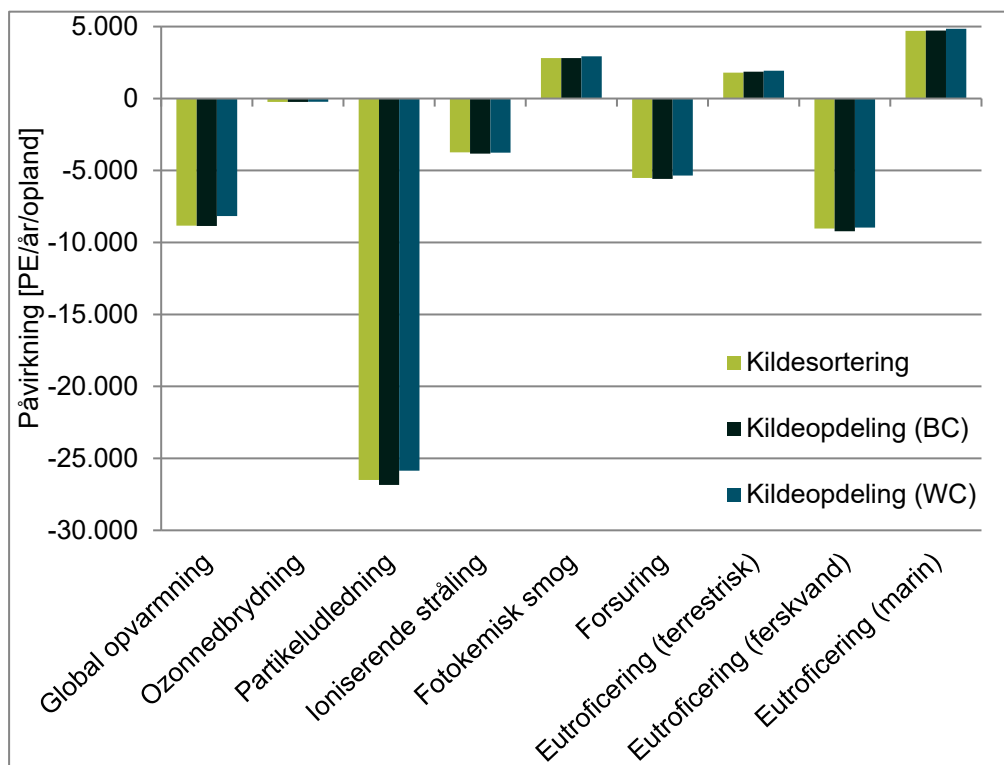


**Figur 13 Total CO<sub>2</sub> udledning per ton affald for de tre scenarier (KS: kildesortering, KO (best): kildeopdeling (best case) og KO (worst): kildeopdeling (worst case)) delt ud på forskellige processer i affaldshåndteringen. Det sorte punkt viser den totale CO<sub>2</sub> udledning.**

Den bløde plast bliver ikke indsamlet i kildeopdeling worst-case scenariet. Dette medfører, at besparelsen for global opvarmning pga. genanvendelse af plast er mindre for dette scenarie. Genanvendelsen af blød plast er dog behæftet med en vis usikkerhed, da der er udfordringer med genanvendelsen af den bløde plast. En væsentlig andel af den bløde plast ender som brændsel (RDF) pga. markedsmæssige udfordringer for denne fraktion. Dette betyder, at den forskel imellem scenarierne, der skyldes forskellig håndtering af den bløde plast, måske ikke er en reel forskel.

Sammenligning af kildesorteringsscenarioet og kildeopdelingsscenarioet (best-case) viser, at der er en lidt lavere besparelse fra affaldsforbrænding i kildeopdelingsscenarioet, da der sendes affald direkte til forbrænding som restaffald. Til gengæld er der større besparelser fra genanvendelse af pap i kildeopdeling (best-case), da der også indsamles komposit samt beskidt pap til genanvendelse.

I kildeopdelingsscenarioet (best-case) bliver MPG fraktionen sorteret i Danmark og rejektfraktionen herfra bliver forbrændt på et dansk forbrændingsanlæg. Herfra udvindes en vis andel aluminium og stål fra slaggen, der sendes til genanvendelse. I kildesorteringsscenarioet bliver metalfraktionen kørt direkte til Europa og rejktet fra sortering af fraktionen bliver derfor forbrændt et sted i Europa, hvor det antages, at der ikke udvindes metaller fra slaggen. Disse antagelser stemmer overens med antagelserne i Miljøstyrelsen (2019).

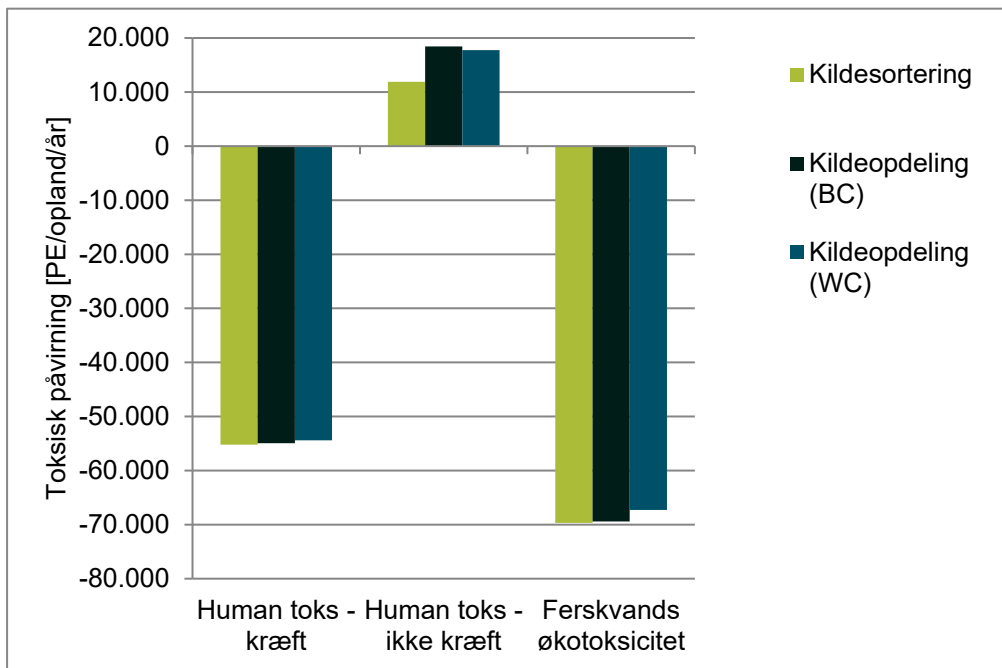


**Figur 14** Totale resultater for påvirkninger fra 9 miljøkategorier målt i person ækvivalenter (PE) per opland (250.000 husstande) per år.

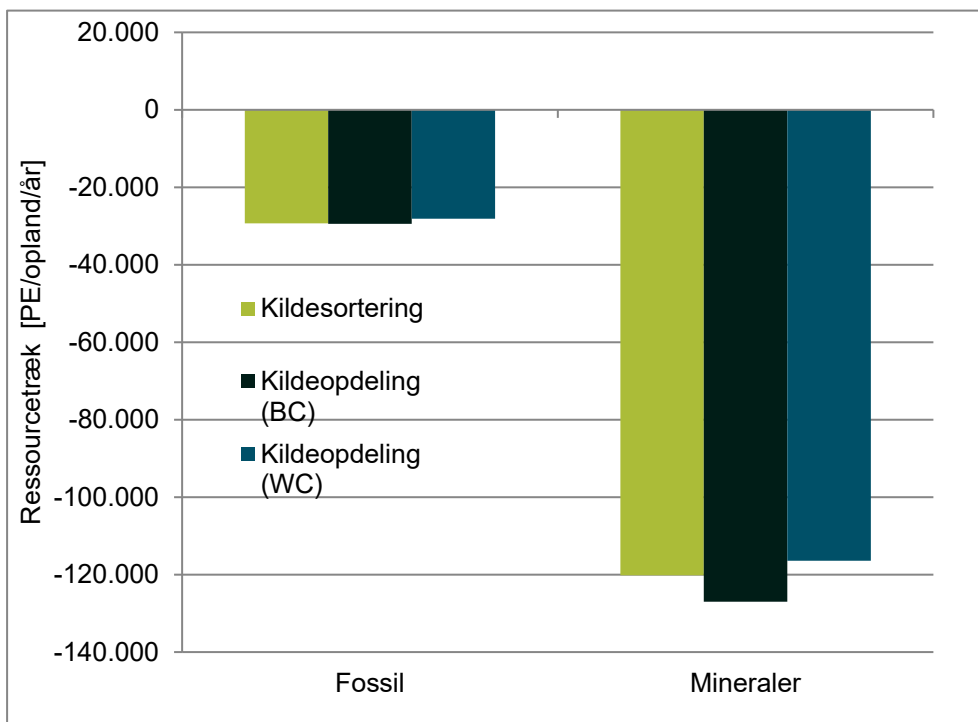
Figur 14 viser de totale normaliserede resultater (person ækvivalenter/år/opland) for de tre scenarier for ikke-toksiske miljøpåvirkningskategorier. Resultaterne for alle tre scenarier ligger meget tæt. For partikel udledning og eutroficerings – ferskvand har kildeopdeling (best-case) en lidt højere besparelse end kildesortering, imens kildeopdeling (worst-case) har en lidt lavere besparelse end kildesorteringsscenarioet.

Miljøpåvirkningskategorierne terrestrisk og marin eutroficerings samt fotokemisk smog viser alle en netto belastning på miljøet i modsætning til de andre påvirkningskategorier, hvor affaldssystemet viser miljømæssige besparelser. I disse kategorier er det kildeopdeling (worst-case) der bidrager til en lidt højere udledning.

Figur 15 og Figur 16 viser resultaterne for hhv. toksiske effekter og ressourcetræk for de tre scenarier.



Figur 15 Totale resultater for toksiske påvirkninger målt i person ækvivalenter (PE) per opland (250.000 husstande) per år.



Figur 16 Totale resultater for ressourcetræk målt i person ækvivalenter (PE) per opland (250.000 husstande) per år.

## Følsomhedsanalyser

Modelleringen af de tre scenarier bygger på en lang række antagelser og data behæftet med usikkerheder. Der er foretaget udvalgte følsomhedsanalyser på forudsætninger, der har indflydelse på LCA beregningerne. For yderligere følsomhedsanalyser af modellen henvises til LCA bilag i (Miljøstyrelsen, 2019).

Indsamlingseffektiviteter hos husstanden: I denne følsomhedsanalyse analyseres, hvilken miljømæssig effekt det vil have på scenarierne, hvis indsamlingseffektiviteten ved husstanden øges i forhold til forudsætningerne i hovedscenarierne. Tabel 36 Indsamlingseffektiviteter i hhv. hovedscenarier og følsomhedsanalyse viser forudsætninger for indsamlingseffektiviteter for hhv. hovedscenarier og følsomhedsanalyse. Indsamlingseffektiviteterne i følsomhedsanalysen er baseret på forudsætninger for en tilsvarende følsomhedsanalyse gennemført i (Miljøstyrelsen, 2019).

**Tabel 36 Indsamlingseffektiviteter i hhv. hovedscenarier og følsomhedsanalyse.**

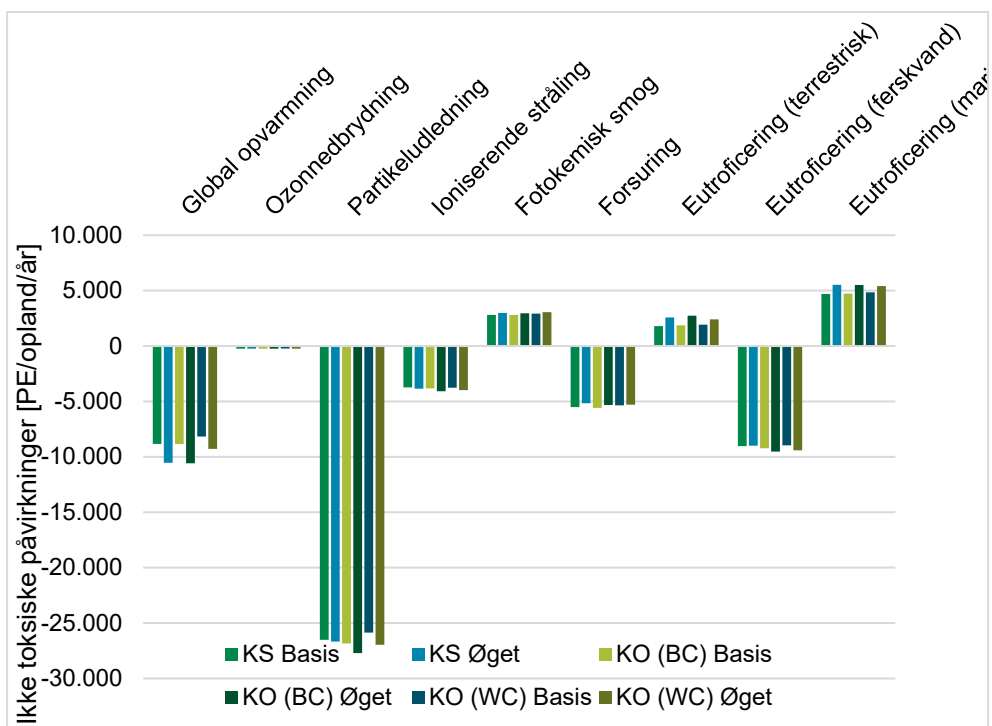
Fraktion	Indsamlingseffektivitet, Hovedscenarier (%)	Indsamlingseffektivitet, Følsomhedsanalyse (%)
Papir	82	86
Pap	56	76
Komposit	50 <sup>1</sup>	76
Beskidt papir og pap	50 <sup>1</sup>	76
Plast	28	71
Metal	56	85
Glas	73	78
Organisk	54	59

Miljøeffekten af øget indsamlingseffektivitet for de tre scenarier sammenlignet med hovedscenarierne fremgår af Figur 17, Figur 18 og Figur 19. De kategorier, hvor der sker en nettobelastning, vil den øgede indsamlingseffektivitet hos husstandene medføre en øget miljøbelastning, da der er større mængder, der skal transporteres, sorteres og oparbejdes (se Figur 17). Modsat vil de miljøkategorier, hvor der sker en nettobesparelse fra affaldssystemet, få en højere besparelse ved at øge indsamlingseffektiviteten.

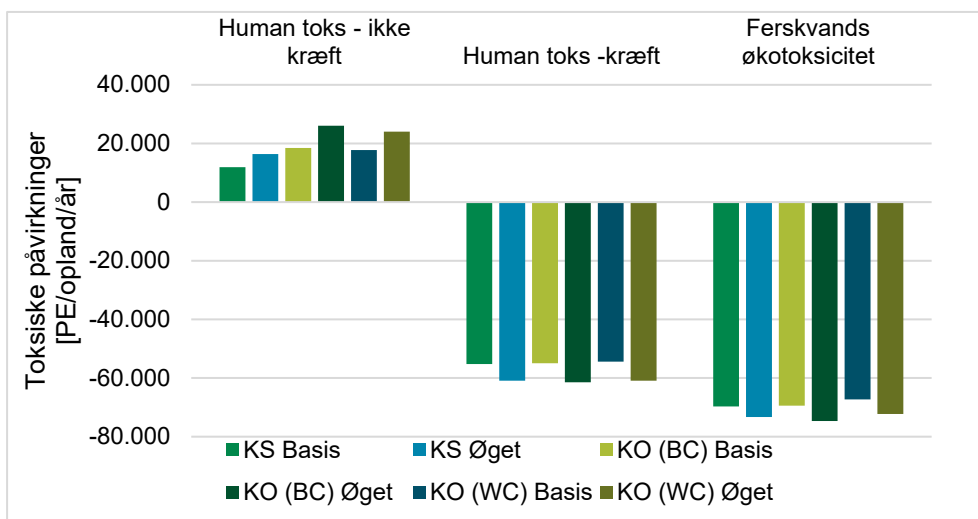
For global opvarmning vil øget indsamlingseffektivitet medføre en øget besparelse på 14 - 19%. For kategorien human toksicitet (ikke kræftfremkaldende) vil den øgede indsamlingseffektivitet medføre en stigning på human-toksiske påvirkninger på 35-41%.

Overordnet set er der tale om relativt små ændringer i de samlede resultater og ændringerne medfører ikke ændring i den miljømæssige rækkefølge af de tre scenarier sammenlignet med hovedscenarierne.

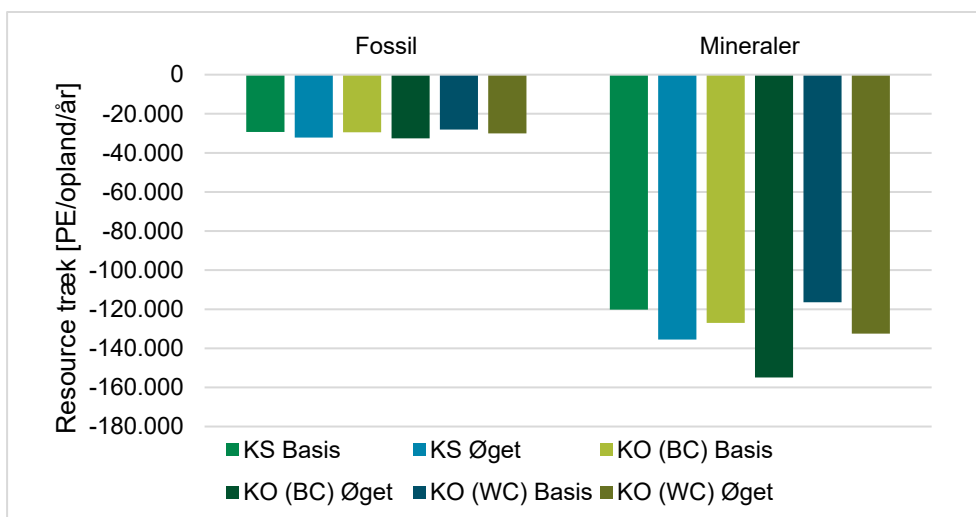




Figur 17 Resultater fra følsomhedsanalysen for øget indsamlingseffektivitet ved husstanden for ikke toksiske påvirkningskategorier givet i personækvivalenter/opland/år.



Figur 18 Resultater fra følsomhedsanalysen for øget indsamlingseffektivitet ved husstanden for toksiske påvirkningskategorier givet i personækvivalenter/opland/år.



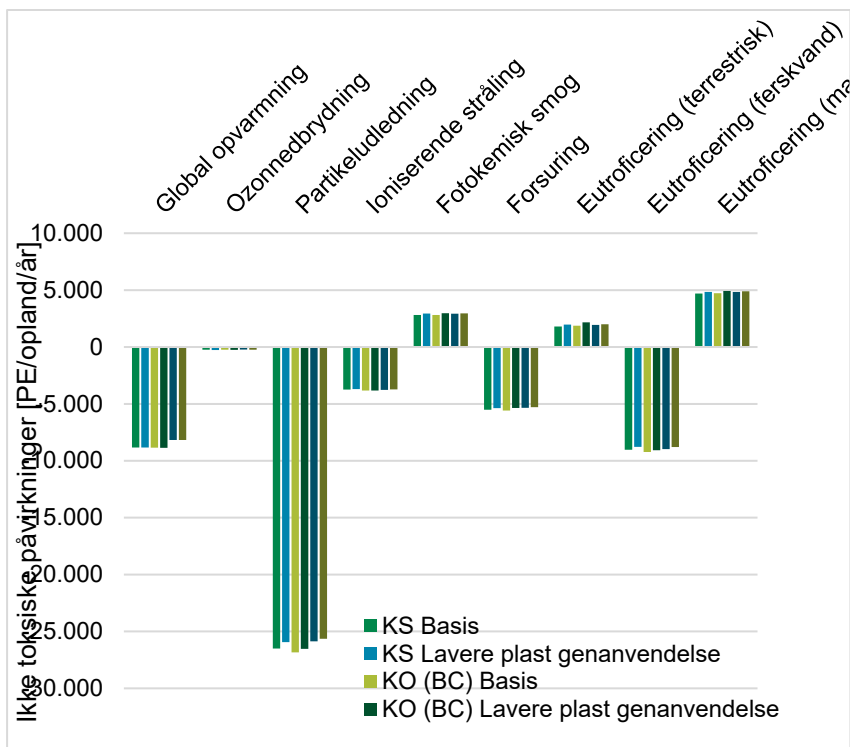
**Figur 19 Resultater fra følsomhedsanalysen for øget indsamlingseffektivitet ved husstanden for ressourcetræks påvirkningskategorier givet i personækvivalenter/opland/år.**

*Anlægsstørrelse for plastgenanvendelse:* Antallet af plastpolymerer, som plastgenanvendelses anlæg kan sortere ud, varierer efter størrelse og udstyr. Hvis man antager, at der ikke etableres store velfungerende anlæg (som antaget i hovedscenarierne), men at det kildeopdelte affald i stedet sorteres på mindre og dårligere anlæg, risikerer man bl.a., at der udsorteres færre polymerer til genanvendelse. De fleste større anlæg udsorterer polymererne PE, HDPE, PP, PET og LDPE, hvor de mindre anlæg muligvis ville vælge ikke at sortere det bløde plast (LDPE) og PET fra.

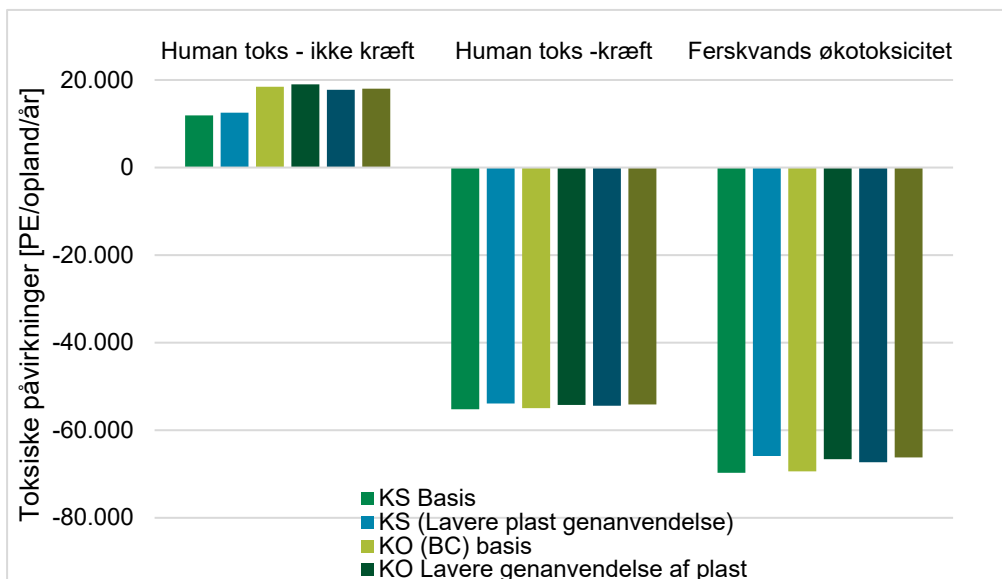
Denne følsomhedsanalyse skal belyse effekten af at blødt plast og PET ikke udsorteres til genanvendelse fra plastfraktionen, men i stedet sendes til forbrænding.

Figur 20, Figur 21 og Figur 22 viser resultaterne af følsomhedsanalysen for hhv. ikke-toksiske miljøeffekter, toksiske miljøeffekter og ressourcetræk. For global opvarmning er forskellen imellem hovedscenarier og følsomhedsanalyse så lille, at den ikke kan ses (under 1%). Forskellen er procentvis størst for eutroficerings (terrestrisk), hvor den øgede forbrænding af plast medfører 3-16% højere emissioner. For de toksiske kategorier og ressourcetræk er forskellen mellem basisresultaterne og resultaterne fra følsomhedsanalysen fra 1-5%.

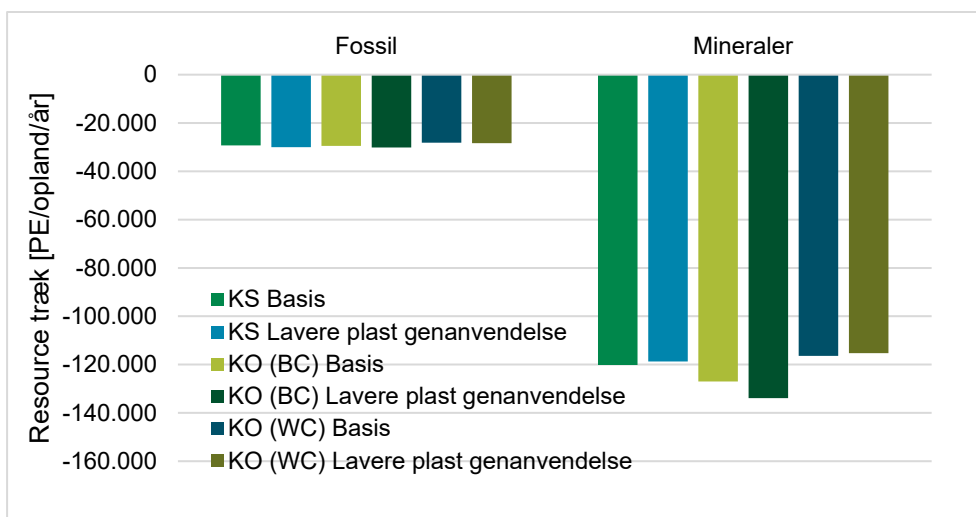
Generelt kan det siges, at det ikke har en stor betydning for de overordnede resultater (hele scenariet) om blødt plast og PET genanvendes eller forbrændes. Dette skyldes, at plastfraktionen vægtemæssigt er en lille del af affaldsfraktionen og der kun rykkes en mindre andel af denne fraktion fra genanvendelse til forbrænding.



Figur 20 Resultater fra følsomhedsanalysen for plastgenanvendelse for ikke toksiske påvirkningskategorier givet i personækvivalenter/opland/år.



Figur 21 Resultater fra følsomhedsanalysen for plastgenanvendelse for toksiske påvirkningskategorier givet i personækvivalenter/opland/år.



**Figur 22 Resultater fra følsomhedsanalysen for plastgenanvendelse for ressourcetræks påvirkningskategorier givet i personækvivalenter/opland/år.**

*Kvalitet i genanvendelse:* I modellering af materialegenanvendelse er det vigtigt, at det materiale, der substitueres, i så høj grad som muligt afspejler virkeligheden. Især for glas og papir kan der substitueres materialer af meget forskellig kvalitet. I dette afsnit oplistes en række forhold, som er væsentlige for kvaliteten i genanvendelse af især glas, papir og pap. Afsnittet er kvalitativt og der er således ikke foretaget egentlige beregninger/følsomhedsanalyser.

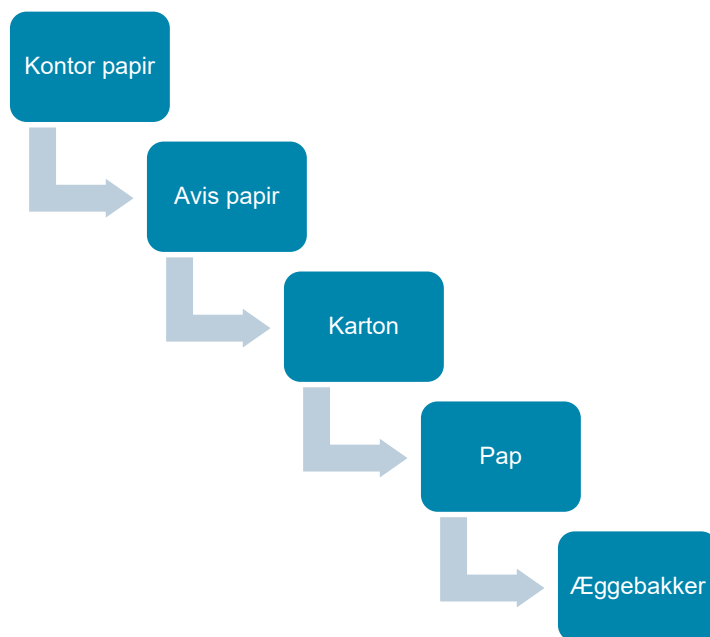
Glas- I modellen er det genanvendte glas substitueret med brunt glas. Hvis anlæggene finsorterer glas fraktionen efter farver, kan den gennemsnitlige glasfraktion substituere andet gennemsnitligt glas, men når gennemsnitligt glas først er blevet farvet pga. blanding med andre farver, er det teknisk set umuligt gøre glasset gennemsnitligt igen og dermed går noget af kvaliteten tabt. Det betyder, at farvet glas ikke kan erstatte gennemsnitligt glas, men at gennemsnitligt glas kan fungere som erstatning for farvet glas, da det blandes op med andet farvet glas.

*Det giver dermed flere anvendelsesmuligheder for glasset, hvis det sorteres i farver frem for blandede skår.*

Papir og pap - Det genanvendte papir i denne LCA substitueres med avispapir. Det er muligt at sortere papir i flere papirkvaliteter, der ville give mere præcise input materialer til oparbejderne af papir og pap. I Danmark findes p.t. ikke et sorteringsanlæg for papir og pap, som mekanisk kan sortere papir (og pap) i mange fraktioner.

Papirfraktionen kan sorteres i tre eller flere forskellige fraktioner som dermed kunne substituere flere varianter af papir (f.eks. kontorpapir, avispapir og pap). Papir med lange fibre, som hvidt kontorpapir, giver mest mulig fleksibilitet til genanvendelse, mens avispapir med kortere fibre normalt er reserveret til at produktion af avispapir og andre lavkvalitetspapirer.

Papir kan genanvendes cirka 7 gange som hvidt papir (Alejandro & Wenzel, 2007). Hvis det hvide papir bliver lavet om til avispapir kan den ikke laves til hvidt papir igen og dermed er en del af kvaliteten gået tabt og der sker en hurtigere downcycling af papiret. Figur 17 viser en forsimplet udgave af kvalitetsforringelsestrin i papirgenanvendelse.



**Figur 23. Forsimpleret illustration af kvalitetsforringelse af papirfibre**

Det giver derfor flere anvendelsesmuligheder for papiret, hvis man sorterer i flere fraktioner, da det giver mulighed for f.eks. at genanvende kontorpapir som kontorpapir og avisrapir til avisrapir, og dermed undgå "downcycling" af de højeste kvaliteter.

Elektricitetssubstitution: I LCA Bilagsrapporten (Miljøstyrelsen, 2019) er der lavet en følsomhedsanalyse på de anvendte elektricitetsmarginaler i modellen. Elektricitetsmarginalen som anvendes er et mix af brændsler, se afsnit 5. Følsomhedsanalysen går ud på at skifte elektricitetsmarginalen til en Ecoinvent proces for dansk marginal elektricitet (market for electricity, high voltage DK).

Forskellen i miljøbelastningen mellem de to processer viste, at for alle kategorier med undtagelse af humantoksicitet og eutroficerung (ferskvand) har Ecoinvent elektricitetsmarginalen højere miljøbelastning og giver dermed lavere besparelser i substitutionen.

Resultaterne af følsomhedsanalysen for scenarierne udarbejdet i Miljøstyrelsen (2019) viste at udskiftning af elektricitetsmarginalen ikke medførte væsentlige ændringer og at scenarierne dermed har en begrænset følsomhed for valg af el marginal.

## Bilag 2.7 References

- Alejandro, V., & Wenzel, H. (2007). Paper waste - recycling, incineration or landfilling? A review of existning life cycle assessments. *Waste Management*, 29-46.
- Brogaard, L. K.-S., & Wenzel, H. (2011). *Fastlæggelse af data for materialegenanvendelse til brug i CO2-opgørelser*.
- Jensen, M., Kromann, M., Lund Neidel, T., Bjørn Jakobsen, J., Jakobsen, B., & Møller, J. (2013). *Miljø og samfundsøkonomisk vurdering af muligheder for øget genanvendelse af papir, pap, plast, metal og organisk affald fra dagrenovation. Miljøprojekt 1458*. København: Miljøministeret.
- Miljøstyrelsen. (2019). *På vej - mod øget genanvendelse af husholdningsaffald (Livcyklusvurdering og samfundsøkonomisk konsekvensvurdering)*. København.



# Bilag 3. Interview referater

## Bilag 3.1 Indledning

Dette notat opsummerer gennemgangen af relevant litteratur omkring ordninger baseret på hhv. kildesortering og kildeopdeling i forhold til sorteringen i husholdningerne. Notatet indeholder en kort opsummering på eventuelle forskelle i forhold til indsamlede mængder og kvaliteten af de indsamlede materialer.

## Bilag 3.2 Indsamlede mængder

Udsorterer borgerne flere eller færre materialer til genanvendelse, afhængig af om der er tale om en ordning baseret på kildesortering eller kildeopdeling?

En sammenligning af tilgængeligt materiale om kildeopdeling og kildesortering viser, at det grundlæggende er meget vanskeligt at påvise en forskel på de indsamlede mængder i de to typer af ordninger. En af hovedårsagerne til dette er, at der er en lang række parametre, der påvirker mængden af udsorterede materialer til genanvendelse, bl.a. boligsammensætning i området, sorteringsvejledninger (hvor meget er tilladt og hvor godt er dette forklaret), kapacitet til den enkelte fraktion, informationsniveau, ordningen alder mv. Ved sammenligning på tværs af kommuner er det derfor vanskeligt at sige, om forskel i mængderne skyldes typen af indsamlingsordning (kildesortering eller kildeopdeling) eller andre faktorer.

Der er udført meget få egentlige forsøg til belysning af forskellen på de indsamlede mængder fra hhv. kildesorterings- og kildeopdelingsordninger. Her inddrages to forsøg gennemført i løbet af de seneste år i Danmark:

- Odense Renovation 2016-2017: "Sorter-Mere-Odense" er et forsøgs- og demonstrationsprojekt, hvor i alt 2.000 husstande er udvalgt repræsentativt ift. boligsammensætning. Disse husstande har i et år afprøvet forskellige sorteringsystemer (Odense Renovation, 2018). Heraf er udvalgt 4 områder med hver ca. 200 boliger hvor affaldet blev udtaget til videre undersøgelse. I ét af de udvalgte områder blev indsamlet blandet plast og metal, imens de tre øvrige områder kildesorterede plast og metal. Dette giver mulighed for at sammenligne kildesortering og kildeopdeling af plast og metal (Rambøll, 2017).
- Frederiksberg Kommune 2015: I alt 24 boliger (12 haveboliger og 12 etageboliger) blev udvalgt til sortering ved enten kildesortering eller kildeopdeling. Der blev sorteret i to gange 7 uger, således at alle prøvede begge typer ordninger. Formålet med projektet var at se, hvor meget der kunne udsorteres (derfor stor grad af vejledning og information) (Miljøstyrelsen, 2015).

Disse to forsøg kunne ikke påvise signifikante forskelle på de indsamlede mængder imellem ordninger med hhv. kildesortering og kildeopdeling.

I tabellen nedenfor refereres en lang række andre danske og udenlandske kilder, der alle kommer frem til samme konklusion. Det har ikke været muligt at identificere forsøg eller kilder, der kunne dokumentere, at det påvirker de indsamlede mængder signifikant, hvorvidt man vælger en ordning baseret på kildesortering eller kildeopdeling.

Dette projekts konklusion om forskelle mellem kildesortering og kildeopdeling i husholdningernes sorteringseffektivitet er derfor at:

- *En gennemgang af den tilgængelige litteratur kan ikke påvise, at husholdningerne udsorter forskellige mængder genanvendelige materialer afhængigt af om der er tale om kildesortering eller kildeopdeling.*

### Udsagn og resultater

**Forsøgsresultater (4 områder á 200 husstande):** "Når man ser på mængderne af sammenblandet metal/plast hhv. ren plast og rent metal fra de forskellige områder, er der ikke en signifikant forskel på den indsamlede mængde blandet metal/plast og den samlede mængde af de 2 enkeltfraktioner. Ligeledes er der ikke signifikant mere metal i restaffaldet i det ene område frem for det andet (hhv. 1,5% og 1,3%)."

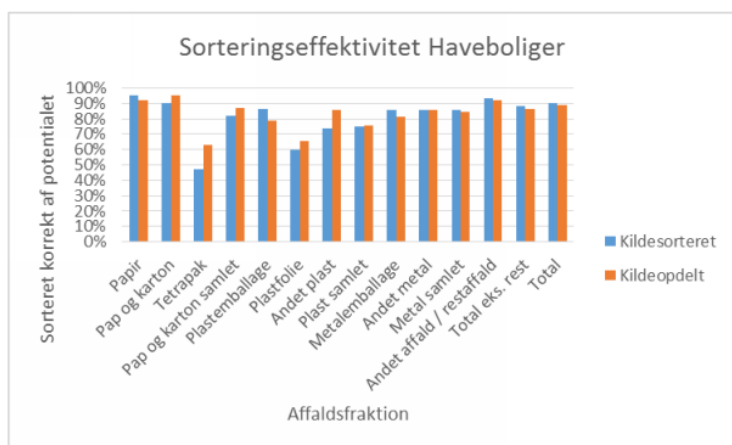
### Kilde

Citat fra Poul Juul Hansen fra Odense Renovation om Odense Renovation (2018)

**Forsøgsresultater (24 boliger):** "Der har samlet set ikke kunnet konstateres forskelligheder i de mængder og sorteringseffektivitet, der er opnået i forsøg 1 og 2" (s. 74).

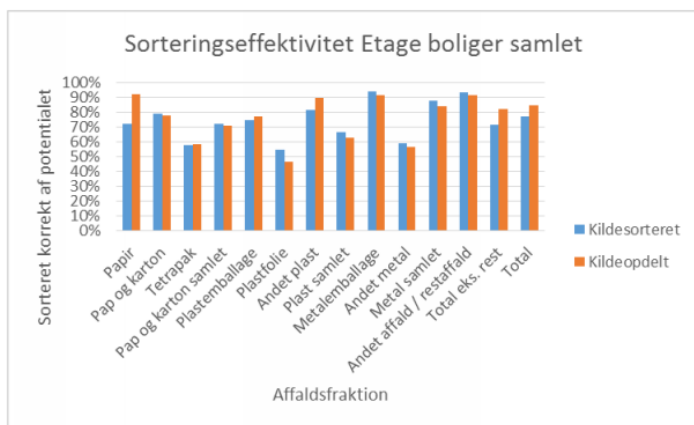
Miljøstyrelsen (2015)

For boliger, der har deltaget i forsøget, har sorteringseffektiviteten for alle genanvendelige materialer samlet set været 84% ved kildesortering og 85% ved kildeopdeling. Der har således samlet set ikke kunnet konstateres forskelligheder i de mængder og sorteringseffektiviteter, der er opnået for de to ordningstyper (men mindre forskelle for de enkelte materialer og husstandstyper).



Figur 3: Alle haveboliger, sorteringseffektiviteten for de to forsøg, præsenteret for de enkelte fraktioner og totalt (kildesortering dækker forsøg 1 og kildeopdeling forsøg 2).





Figur 4: Begge etageboliger, sorteringseffektiviteten for de to forsøg, præsenteret for de enkelte fraktioner og totalt. (kildesortering dækker forsøg 1 og kildeopdeling forsøg 2).

Kortlægning af indsamlede plastmængder over tre år i 31-41 kommuner (ikke alle sammenfaldende): På baggrund af den gennemførte analyse kan der ikke udledes entydige sammenhæng mellem de forskellige parametre, der indgår i analysen, men følgende har især betydning: Inkludering af både hård/blød plast i ordningen, udbredelse af ordningen til alle typer af husstande i kommunen, tømningsfrekvens/kapacitet hos borgeren.

Sweco (2017)

ARC/følgegruppens opsummering af Sweco rapport: Her konkluderes, at "fælles for de kommuner, der klarer sig bedst i forhold til indsamlingsmængder er kommuner med henteordninger baseret på kildesortering", imens "kommuner med henteordninger baseret på kildeopdeling generelt indsamler mindre mængder plast". Der er dog væsentlige undtagelser til begge udsagn og grundlæggende forskelle på de ordninger, de indgår i undersøgelsen.

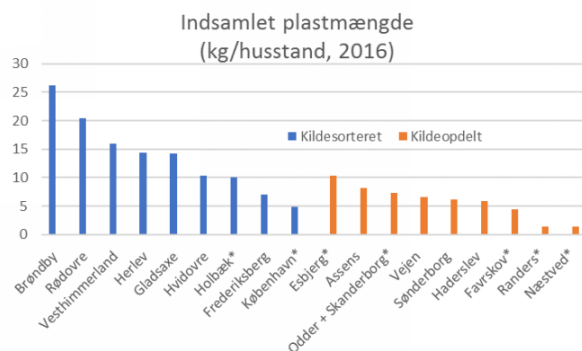
ARC/følgegruppe opsummering af Sweco (2017)

Der er regnet for scenarier for hhv. kildeopdeling og kildesortering af genanvendelige materialer. Scenarierne bygger på konkrete danske ordninger ift. tømningsfrekvenser og indsamlede mængder. Data fra Sweco (2017).

Rambøll (2017)

Konklusion (opsamling s. 19): Kildeopdeling af plast medfører mindre udsortering af plast i det opstillede scenarie. Rapporten vurderer, at dette skyldes mindre beholder-kapacitet end ved kildesortering samt forskelle i sorteringsvejledning (begrænsninger på typer af emballager ved kildeopdeling).

Det har derimod ikke været muligt at påvise nogen indikation af, at der indsamles mere eller mindre i systemer med kildesortering eller kildeopdeling, når det kommer til fraktionerne papir, pap, glas og metal.



Figur 5: Indsamlet plastmængde, kildesorteret eller kildeopdelt indsamling (\* uden blød plast)

Opgørelsen understøtter projektets tidligere påstand om, at kildesorteret indsamling, hvor der stilles større kapacitet til rådighed hos borgerne, til udsortering af plast, resulterer i større mængde indsamlet plast.

Sammenligning af data fra danske kommuner: "En sammenligning af indsamlingseffektiviteten af glasballager i forhold til potentialerne mellem kommuner med kildesorteringssporet og kildeopdelingssporet giver ikke et entydigt billede af, om indsamling af kildesorteret glas er mere effektiv end indsamling af glas i en kildeopdelt fraktion."

Miljøstyrelsen (2017)

Sammenligning af data fra forskellige engelske indsamlingssystemer:

Der indsamles nogenlunde samme mængder til genanvendelse ved ordninger baseret på hhv. kildesortering og kildeopdeling.

WRAP (2009)

Genanvendelsesprocent for systemer med:

Kildesortering: 50-81%

Kildeopdeling, én strøm (alle materialer sammen): 57-72%

Kildeopdeling, twin stream (to materialer sammen): 55-70%.

Sammenligning af data fra indsamlingssystemer i de europæiske hovedstæder: Der indsamles sammenlignelige mængder genanvendelige materialer ved systemer med hhv. kildesortering og kildeopdeling. Nedenstående tabel viser gennemsnitlige mængder indsamlet i de forskellige systemer (gennemsnit af 28 hovedstæders ordninger, -på tværs af alle andre parametre).

EU Kommissionen (2015)

Collection type	Paper	Glass	Plastic	Metal	Bio-waste
<b>Door-to-door (single fraction)</b> 	29 kg/cap Highest: 58	6 kg/cap Highest: 25	9 kg/cap Highest: 32	1 kg/cap Highest: 1	20 kg/cap Highest: 73
<b>Co-mingled plastic + metal</b> 	30 kg/cap Highest: 53	5 kg/cap Highest: 12	6 kg/cap Highest: 12	3 kg/cap Highest: 4	

Om kvalitet af hhv. kildesorterede (det svenske system) og kildeopdelte materialer (efter sortering på MRF, f.eks. i Norge og UK):

Avfall Sverige (2009)

Omfattningen av studien har inte varit tillräcklig för att kunna ge en objektiv bild av det svenska systemet och dess för och nackdelar samt kvalitet och marknader. Det har inte varit möjligt att få fram tillräckliga uppgifter om kvalitet på utgående material från MRF-anläggningar. Detta gör att det i denna studie inte varit möjligt att dra generella slutsatser gällande kvalitet på den återvunna råvaran. Ett resultat av denna studie är därför att det behövs ytterligare kartläggningar vad gäller följande områden:

### Bilag 3.3 Kvaliteten af de indsamlede materialer

Er borgerne dårligere til at sortere (højere indhold af urenheder), hvis der er tale om en ordning baseret på kildeopdeling sammenlignet med kildesortering?

En sammenligning af tilgængeligt materiale om kildeopdeling og kildesortering viser, at det grundlæggende er meget vanskeligt at påvise en forskel på renheden af de materialer, der udsorteres ved de to typer af ordninger. En af hovedårsagerne til dette er, at der er en lang række parametre, der påvirker ordningerne, bl.a. boligsammensætning i området, sorteringsvejledninger, beholder-kapacitet til den enkelte fraktion, informationsniveau, ordningen alder mv. Ved sammenligning på tværs af kommuner er det derfor vanskeligt at sige, om forskel i renhed skyldes typen af indsamlingsordning (kildesortering eller kildeopdeling) eller andre faktorer.

De to egentlige forsøg (Odense Renovation og Frederiksberg Kommune), som det har været muligt at finde frem til i forbindelse med nærværende projekt, kan ikke kvantificere væsentlige forskelle i kvaliteten (indholdet af urenheder) imellem ordninger baseret på hhv. kildesortering og kildeopdeling. Resultaterne fra Odense Renovations forsøg indikerer dog, at der er stor sandsynlighed for at renheden er mindre ved kildeopdeling end ved kildesortering. Et par andre kilder indikerer det samme, men uden at kunne kvantificere dette.

Det konkluderes derfor i projektet at:

- *En gennemgang af den tilgængelige litteratur kan ikke påvise, at de materialer, som husholdningerne udsorterer, har forskellig kvalitet, afhængigt af om der er tale om kildesortering eller kildeopdeling.*

#### Udsagn

Forsøgsresultater (4 områder á 200 husstande): "Resultaterne af forsøget indikerer, at der er stor sandsynlighed for, at renheden er mindre, når man indsamler plast og metal sammen (kildeopdelt) frem for hver for sig (kildesorteret). Pga. tekniske udfordringer er denne konklusion dog behæftet med en væsentlig usikkerhed."

Citat fra rapport:

Renhedsgraden for fraktionerne plast og metal i affaldsanalysen 2017 er højere, når fraktionerne indsamles i hvert sit rum i beholderen frem for, når de er blandet sammen i ét rum. I de forsøgsområder, der sorterer metal og plast i hver sit rum (forsøgsscenario 2 med 3 beholdere) er renhedsgraden for metal ret høj (88-95 %), og for plasten er renhedsgraden omkring 80-90 %<sup>2</sup>. I de forsøgsområder hvor plast og metal indsamles blandet (forsøgsscenario 1 med 2 beholdere), er renhedsgraden derimod lavere (ca. 70 %). Da der kun er analyseret på en lille mængde plast/metal fra ét område (fodnote 1), er det ikke muligt at konkludere om sortering i separate rum giver en bedre kvalitet end ved sammenblanding af to fraktioner.

#### Kilde

Citat fra Poul Juul Hansen fra Odense Renovation om Odense Renovation (2018)

Forsøgsresultater (24 boliger): Mængden af urenheder for pap, plast og metal er stort set ens, uafhængigt af om fraktionerne indsamles kildesorteret eller hver for sig (en lille overvægt til kildeopdeling). Der er dog i begge tilfælde fundet relativt store mængder urenheder hvilket betyder, at materialerne skal afsættes til anlæg, der er i stand til at håndtere disse urenheder.

Miljøstyrelsen (2015)

Om MGP ordning, Aabenraa: "Ca. 28% af den indsamlede mængde betegnes som ikke genanvendeligt (småt brændbart og KSP)". ..... "Det er nærmere en indikation på, at de genanvendelige fraktioner bliver indsamlet sammen med en del urenheder i de kildeopdelte systemer og at man ikke kan forvente ligeså rene fraktioner fra eftersortering til afsætning til endelig genanvendelse som i de kildesorterede systemløsninger."

Rambøll (2018)

Om kvaliteten af materialer indsamlet i systemer baseret på hhv. kildesortering og kildeopdeling (efter mekanisk sortering):

Avfall Sverige (2015)

Several academic and non-academic studies, however, suggest poorer quality in the recovered materials after mechanical sorting. Above all it seems to be glass and paper that are the most sensitive fractions for quality deterioration while the plastic fractions does not seem to be adversely affected. The studies also point out that the quality deficiencies in the recovered material may lead to downcycling, when a recyclable material is recycled only once and not repeatable (e.g. construction materials).

#### Om tidligere studier af mængder og kvalitet fra forskellige indsamlingsordninger:

Avfall Sverige (2017)

Det har også gennemført praktiske forsøg hos hushold i både villor og flerbostadshus i Halmstad avseende insamling av förpackningar och tidningar i en blandad fraktion i sk Gula tunnan fraktioner (IVL U2013:16). Deltagande flerbostadshus hade sedan tidigare FNI med förpackningar och tidningar i separata fraktioner. Återkopplingen från de medverkande hushållen var i stort positiva exempelvis till att hanteringen krävde mindre utrymme i hemmet. Resultaten från försöket visade att renhetsgraden på de utsorterade förpackningarna och tidningarna i flerfamiljshus med gula tunnan ökade jämfört med FNI och kunde jämföras med villor. För flerbostadshus var de insamlade mängderna förpackningsmaterial dock mindre än i tidigare system med FNI och mängden förpackningsmaterial ökade istället i restavfallet. Att projektet inte inkluderade en informationsinsats tros ha påverkat resultatet negativt. Projektet omfattade endast insamlingsledet och det poängterades att det vore värdefullt att också studera den efterföljande hanteringen. Resultatet var bättre för villor än för flerfamiljshus men med anledning av projektets avgränsningar redovisas de inte närmare.

Göteborgs Stad har som ett led i att utreda förutsättningarna för fastighetsnära insamling (FNI) av förpackningar och tidningar genomfört en litteraturstudie kompletterad med intervjuer och studiebesök (Göteborgs Stad 2012). Sex olika insamlingssystem studerades och bedömdes kvalitativt utifrån aspekterna insamlad mängd, kvalitet, miljö, ekonomi, brukaraspekter, arbetsmiljö, robusthet och genomförandefrågor. Bedömningarna gjordes utifrån de förutsättningar som råder i Göteborg. Trots att den litteraturstudien visade på att FTI blandad fraktion gav sämst kvalitet på det utsorterade materialet finns det ändå skäl att studera olika varianter av blandade fraktioner i en kommande systemstudie. Anledningen är att bedöma möjligheterna till ökad materialåtervinning i flerbostadshus som ett komplement till dagens källsorteringssystem pga. låg utsortering via FNI eller återvinningsstation (ÅVS).

#### Konklusion: Ikke entydigt på tværs af forskellige undersøgelser.

# Bilag 4. Interview referater

Dette bilag indeholder gengivelse af de interviews, som er foretaget i projektet. Alle interviews er foretaget i efteråret 2018. Der er kun angivet firmanavne, men ikke navne på de interviewede medarbejdere. Identiteten af de enkelte medarbejdere er COWI bekendt.

## Bilag 4.1 Dansk affald

Dansk affalds (DA) anlæg modtager kildeopdelt affald fra duoflex-systemet i følgende fraktionsblandinger:

- Papir, pap, blød plast
- Hård plast, metal og glas



Derudover modtager de kildesorterede materialer fra genbrugsstationer, herunder "gængere" i forhold til duoflex-løsningen af rent pap, papir og rene dåser fra genbrugsstationerne samt rent glas fra kuberne. Der modtages fra Århus Kommune, Aabenraa Kommune m.fl., både fra etage- og enfamilieboliger.

## Anlæg til sortering af kildeopdelte materialer

Dansk Affalds anlæg er opdelt i to forskellige linjer – én for hver duoflex-fraktionsblanding:  
Papir, pap, blød plast:

5. Modtagehal/areal, efterfulgt af sorteringskabine for pap, papir og plastfolie samt affald og fejlfractioner (til manuel sortering)
- 6.
7. Hård plast, metal og glas: Lille sorteringskabine for urenheder, Magnet til frasortering af jern (ferrous); Eddy current til frasortering af non-ferrous (specialpresse der presser 35 x 35 x 35 cm blokke); NIR infrarød (kun 1 NIR pt) til finsortering af plastdunke/hård plast ud i individuelle plastpolymerer PET ud og så en PP/PE fraktionen, men i fremtiden vil gerne sortere ud i PE, PP og PET.
- 8.

Fine glaspartikler (op til 12 mm) sorteres fra; Store glasstykker/Hele glas – største mængde 60-65 % vægt af MGP fraktionen, hvor det efterfølgende sorteres i ca. 50 % rent glas og 10 % i en KSP fraktion (Keramik, Sten og Porcelæn - går til betonklodser).

Små plast-emner er det problematiske i glasfraktionen med stigende krav i branchen og en større mængde fra Dansk Affald. Der er dog udført forsøg i Østrig, som ifølge Dansk Affald viser, at plastresterne kan frasorteres fuldt tilfredsstillende med NIR. Indkøb af NIR-maskiner er dog en stor udgift for DA, og der afsøges p.t. finansiering og de mest egnede tekniske anlæg. De kildesorterede fraktioner sorteres ikke.

Anlægget har en årlig kapacitet på 120.000 tons ved fire skift og syv dages arbejdsuge (Kilde: Fyrtårnsprojektet).

### **Output fra kildeopdelte materialer**

Følgende fraktioner afsættes til genindvindingsindustrien: Papir, pap, plastfolie, hård plast (PET og PE/PP blanding), glas, KSP fraktion (glas med keramik, sten og porcelæn), jern, aluminiumsblokke.

Aftagerne til plast er forhandlere i det nordlige Europa, Polen, Holland, Belgien. Aluminium afsættes til Tyskland og Holland. Glas sendes til Reiling. KSP fraktionen anvendes i betonblokke. DA har observeret et dyk i plastpriserne og andre fraktioner, efter Kina lukkede for import.

DA har oplevet stigende krav til renheden af glas.

*Rejekt:* Materialestrømmen/output fra anlægget er typisk følgende – og naturligvis meget afhængig af input (kilde: Dansk Affald 2013):

- Papir til genanvendelse: 58,5 % af input
- Pap/karton til genanvendelse: 6,6 % af input
- Returplast til genanvendelse: 1,2 % plastfolie + 1,9 % plastdunke
- Metal (i form af jern/aluminium) til genanvendelse: 4,4 % af input
- Glas og flasker til genanvendelse: 21,2 % af input
- Rest fra P3 "papir, pap, plast" til forbrænding: 1,4 % af input

Rest fra MGP "glas, plast, metal" til forbrænding eller deponi: 4,8 % af input

Til spørgsmål omkring hvorfor der er forskel mellem mængden af affald i de to blandingsfraktioner, formoder Dansk Affald, at folk ved, hvad papir og pap i P3-fraktionen er, hvor de nye fraktioner af MGP er sværere. Herudover så vejer fugtige materialer mere

Det fejlsorterede bløde plast i MGP-fraktionen sendes til forbrænding pga. urenheder fra andre materialer. DA arbejder imod at kunne sortere dette fra automatisk.

Ved manuel udsortering frasorteres plast med indhold af mad, f.eks. en halvfylt ketchupflaske samt restaffald, der sendes til forbrænding. Herudover sorteres WEEE og gasbeholdere fra i den manuelle udsortering, og det afsættes også til genanvendelse.

*Papir og pap og blød plast:* DA adskiller manuelt papir og pap fra duoflex-ordningen inden afsætning. De får en højere pris ved at adskille det, og i og med at 3P-fraktionen skal igennem manuel sortering, øges omkostningerne ikke væsentligt ved sortering af pap og papir. DA arbejder mod en mere automatisk sortering. Det er for modtagerne af pap og papir et stort problem med plastfolie i fraktionen, hvorfor det sorteres grundigt. Pap fra genbrugsstationen afsættes typisk direkte. Den bløde plast (folien) sorteres ikke ud i polymerer.

Hård plast, metal og glas:

8-10 % er plast af MGP. PET og en blandet PE/PP-fraktion. Det estimeres af DA, at 60-80 % af det udsorterede plastpolymere bliver genanvendt på modtageanlæggene. Det er en meget

lille del af plasten, der frasorteres hos DA. Ved håndsorteringen frasorteres især madforurenede plast.

Angående kildeopdelt glas er DA opmærksomme på, at deres nuværende indhold af urenheder i glas fra kildeopdelt MGP er problematisk for den videre genanvendelse i glassmeltning, og at kravene til renhed af glas er stigende. DA planlægger yderligere tiltag, som vil nedbringe andelen af urenheder til det krævede niveau, heriblandt også på et tidspunkt med NIR/optisk-sortering. Det skal sikres, at glasset fra MGP stadig skal kunne afsættes til glassmeltere.

Metal finsorteres i anlæggets sorteringsmaskiner til jern og aluminium.

Kildesorteret glas fra kuber afsættes direkte til Reiling.

### **Udfordringer og fremtidige planer**

Dansk Affald sigter efter flere NIR-anlæg i fremtiden. Dette skal føre til mere ensartede fraktioner, sådan at for eksempel PP og PE kan sorteres for sig, og glasfraktionen kan leveres rene. Det skyldes, at kunderne (kommunerne) ønsker højere kvalitet og derfor går efter de udbydere, som kan levere dette, og at aftagerne af materialerne også stiller stadig højere krav til renheden. Det overvejes også, at plasten skal kunne vaskes.

## **Bilag 4.2 Fiskeby**

### **What are the input materials to Fiskeby's process?**

Half of raw material (180,000 ton/year) is household collected packaging material, of which 10-15% is TetraPak and other drinking cartons and 10% is other beverage cardboard containers (i.e. coated with thin plastic foil). Other inputs are other cardboard and various sources of paper. There is no input of virgin wood/biomass whatsoever.

Fiskeby tries to limit the amount of newspapers, as oil-based ink contains mineral oils.

Fiskeby finds that the Swedish model – where cardboard is source sorted – is optimal for their production process.

However, Fiskeby is still certainly able to use co-mingled cardboard and paper with reasonably wide ranges in the mix of paper and cardboard, as they typically can mix various input materials to get the right qualities of their pulp.

The advantage to Fiskeby of households' source sorted cardboard is the low variation of mix of different paper qualities. Low variation in the raw material results in low variation in the finished product.

### **The production processes**

Fiskeby's cleaning process for the pulp consists of screens and vortex cleaners that separates impurities from the pulp. The input material is mixed with 47 °C water and the mix is stirred.

This leads the fibres to loosen from the plastic and other impurities. It is a mechanical process that does not need addition of chemicals.

Plastic and any other impurities (reject) are collected using mechanical screens and vortex cleaners. The reject is incinerated, thereby producing steam and electricity for use in Fiskeby's

various processes. Fiskeby is looking into recycling of the plastic, but a suitable process has not yet been found.<sup>17</sup>

The amount of reject is approximately 45 000 t/year of reject. 50% is water, 25 – 30% is plastic and 20 – 25% is fibers. When you recycle paper, you will always have to sacrifice a certain amount of fibers and yes; more impurities demand higher fiber loss.

The total amount of rejects is approximately 45,000 t/year, equivalent to 25% of the input material. Of this 50% is water, 25-30% is plastic and 20-25% is fibers. Hence the combined losses of fibers and plastic is approx. 12.5%. The loss of fibers increases with the amount of impurities, but it is not affected by the mixing of cardboard and paper as such.

If the share of plastic in the input material grows too large, plastic and other impurities cannot be separated sufficiently well from the pulp and will slip into the cardboard process. This will lead to deterioration of yield and other quality problems that are not acceptable to Fiskeby. In most cases, this issue is easily addressed by mixing the various input material fractions in adequate proportions.

Fiskeby has no dedicated de-inking process. Fiskeby uses typically PE-coated bleached fibres with the printing on the PE-coating for the top layer. The PE is then separated in the process.

Fiskeby does not consider minor food contaminations (such as greasy pizza boxes, or small amounts of food waste) as significant problem for the production process. When drying the board on the paper machine it is heated to 140 °C. We do frequently test the finished product for biological growth to ensure that our product is approved for our end users.

Fiskeby's production is in accordance with the requirements for quality, hygiene, product safety and environmental safety e.g. from the German BfR XXXVI regulation and the SS-EN 643 – Paper and board – European list of standard qualities of recovered paper. The present amount of food contamination does not pose a problem with regards to meeting these requirements.

Fiskeby can accept a limited amount of foreign material provided that our process can separate it. High moisture and high amount of foreign materials reduces the yield and we sometimes demand compensation for that. Of course, dirt and moist can be a problem depending on how much moist and dirt there is but in small amount it's not a big problem.

When it comes to post-consumer recycled paper we want the lead time from collecting to delivery to be as short as possible and this is something we point out to our supplier. We do not accept any recycled paper that is sorted out from household waste and we prefer that it hasn't been comingled with other materials such as metals, glass or plastics.

With regards to input material quality, longer fibre lengths are important when making strong material, which is important for packaging cardboard's outer layers. The inner bulky part of the cardboard does not necessarily need to be as strong as the outer layers.

---

<sup>17</sup> Tetra Pak carton is 74% paper, 22% polyethylene and 4% aluminum. See <http://www.tetrapakrecycling.co.uk/faqs.asp>



## **Outputs produced**

Fiskeby produces one cardboard variant called "Multiboard". This type of cardboard is primarily used for food packaging and accounts for app. 60 % of the European market for cardboard. Food producers are the primary customers for this, and many of these put a value on the fact that Fiskeby's cardboard is based on recycled materials.

## **Bilag 4.3 IUT**

### **Sorting of paper/cardboard fraction**

Paper/cardboard fraction refers to paper and cardboard mixed by consumers/citizens and separately collected.

### **Examples of sorting plants receiving such a stream**

Michael mentioned several European plants that accept mixed paper/cardboard:

- Ehgartner Entsorgung, Graz/Austria
- Zimmermann Gahnal AG, Hall in Tirol/Austria
- Rauch Recycling GmbH & Co KG Linz/Austria
- Papyrus altpapier service, Villach/Austria
- ROHPROG GmbH, München/Deutschland
- Gesellschaft für Rohstoffhandel, Wertstoffrecycling, Entsorgung mbH, Nürnberg/Deutschland
- Altpapier Sortierung Dachau GmbH, Dachau/Deutschland
- ALBA Nordbaden GmbH, Karlsruhe/Deutschland (paper/mixed waste)
- Paperinkeräys Oy, Helsinki/Finland

Such plants will in general have a total capacity of 12-15 ton/hour. Depending on the number of shifts per day they can thus sort up to app. 25-30.000 ton/shift/year.

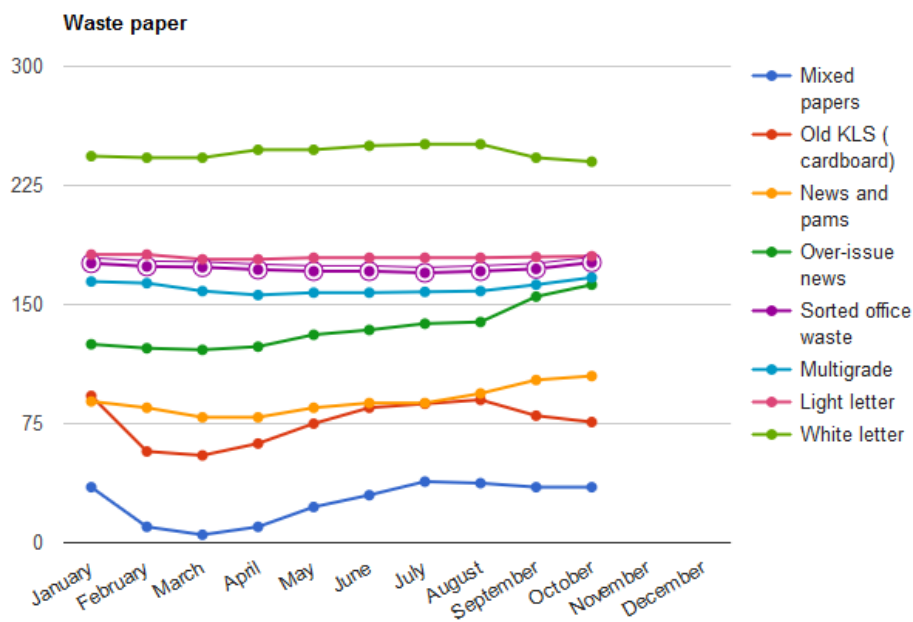
These plants are capable of sorting mixed paper and cardboard in a number of different qualities (which is not possible/practical when separating at source), e.g. cardboard by colour and coating, or separating magazines and newspapers and office paper. In the text box below, a hypothetical example made by COWI illustrates likely ranges of prices and value added from sorting.

Plants with the most updated technology are also able to separate cardboard boxes of different shapes, colour and contamination (as pizza boxes).

The value added from the finer paper qualities are in themselves usually enough to economically justify the investment and operational expenses of such plants, especially if the volumes are sufficient (e.g. 10 ton/hour or more). If the household mixed cardboard/paper stream contains – say 10% cardboard, 20% magazines, 60% newspapers and 10 % "others", the value added can be illustrated using the price differentials for the different recycling paper qualities.

Content	Valuated as (see figure below)	Price (£/ton)
100% mixed stream	"Mixed paper"	40
10% cardboard	"Old KLS"	75
20% magazines	"Mixed papers"	40
60% newspapers	Average of "News and pams" and "Over-is-sue news"	100
10% others	Newspapers (see above)	100
Weighted average		86

In this example, the sorting facility thus increases the input value from 40£/ton to 86£/ton, leaving a margin of 46£/ton to pay for the sorting plant's investments and operations.



From: <https://www.letsrecycle.com/prices/waste-paper/> at 7 Nov 2018.

Dedicated paper/card sorting plants are in the most updated version equipped with different screens (to separate small impurities), disc screens to separate some cardboard materials, NIR-machines to separate different paper and card qualities as well as VIS machines to separate different shapes and colours.

### Sorting of the Light Weight Packaging (LWP) stream

By LWP we refer to metals, plastics and cardboard, but explicitly not glass. Note that Danish plastic waste contains fewer plastic bottles and beer/soda cans, as most of these are subject to collection via a deposit return scheme.

In Austria normally you will have only plastic packaging materials in the so called ARA-material. Only in some regions in Lower-Austria (Neunkirchen) you will have a mixed recycable material collecting system so called „Grüne Tonne“ and also in Tirol you have one district, where the packaging waste collection systems includes metals too. In German you can find sometimes the so called „recycable collection“ with metals, paper and plastic. This is very similar to systems in France.

IUT was aware of one European examples on plastic/metal streams that also included cardboard items, namely the Grundon plant in London. Technically, however, new plastic/metal sorting plants can easily also sort cardboard packaging and cardboard composites as well. In IUT's opinion, cardboard can be co-mingled together with plastic and metals. In the Danish case, wetting of the cardboard might likely be negligible, since most bottles and cans for liquids are handled by the deposit return scheme.

IUT was aware of a number of European examples on sorting of dry residual waste (excluding the bio-fraction and glass). The newest example on such plant is constructed in Finland by EKOKEM/Fortune involving a line with advanced sorting of the dry residual waste fraction and an advanced sorting line for separately collected mixed plastics (and plastics separated from the dry residual fraction) followed by a plastic regenerating line.

As discussed in the section on paper/cardboard, clean dry cardboard might as well go with the paper fraction, if a paper sorting plant is available, in which case problems with wet/dirty contamination is avoided completely. The composite cardboard fraction is arguably most suitable with the plastic/metal stream because of the slightly dirty/wet nature of composite cardboard packaging material. However, technically it could also be included in the paper/cardboard fraction if this is sorted in a plant with optical sorting equipment.

#### **Bilag 4.4 Nomi**

##### **Input affald:**

Nomis sorteringsanlæg håndterer hård plast og jern/metal blandet, p.t. intet glas.

Affaldet kommer fra Nomi 4 ejerkommuner (Holstebro, Lemvig, Skive og Struer), plus en forsøgsvis fra Silkeborg Kommune. Affaldet kommer fra alle typer husstande, dvs. både enfamilie- og etageboliger.

Der modtages cirka 1.600 ton/år.

##### **Proces**

Anlæggets første halvdel består af en rysterende, som skiller emnerne i store og mindre dele, og som kan fraskille fejlsorteret glas. Herefter udtages jern o.l. emner med magnet, mens aluminium udtages med en eddy current. Denne del af anlægget kan modtage cirka fem ton/time.

Anlæggets anden halvdel sorterer første halvdelens restfraktion, som primært består af blandet hård plast. Sorteringen foregår med en NIR-skanner, som guider seks robotarme med bløde sugeskopper til at udtage de ønskede genanvendelige emner. NIR-skanneren kan skelne mellem op til 20 forskellige slags polymerer. P.t. sorterer robotterne til to forskellige typer af polymerer. Kapaciteten for denne del af anlægget er ca. 1,5-2 ton/time. Anlægget kører i et holdskift fire dage om ugen.

Anlæggets væsentligste driftsmæssige udfordring er folier (Nomis sorteringsvejledning beder om kun hård plast samt jern/metal). Folie sætter sig fast i forskellige dele af processen og forårsager driftsstop, og har også en tendens til fejlagtigt at kunne blive sorteret ud i de enkelte

polymertyper. Nomi kigger p.t. på at indarbejde en ballistisk separator i anlægget. På baggrund af forsøg, hvor andre anlæg har frasortet folier fra Nomis affald, som herefter er sorteret i Nomis anlæg, vurderer Nomi, at antallet af driftsstop ville formindskes betydeligt, og at kvaliteten af de udsorterede polymerer ville forbedres markant.

En effektiv maskinel udsortering af folier ville medføre, at anlægget ville kunne sættes til at køre affaldet i "cykler", sådan at udsorteringsgrad og kvalitet ville kunne forbedres – efter Nomis udsagn med et betydeligt potentiale.

Nomi har fået undersøgt restaffaldet, og det er vurderet, der er op til ca. 3.500 ton hård og blød plast i restaffaldet. Heraf er cirka halvdelen blød plast, og den anden halvdel (hård) plast.

En del emner af plast er vanskelige at gribe med robotternes sugeskopper, for eksempel fordi de er for små, krøllede, hullede osv. Nomi kigger derfor på, om traditionel NIR-teknologi med trykluft i sammenhæng med robotsortering vil medføre bedre og mere udsortering.

### **Outputs**

Nomis vigtigste output er magnetisk metal, aluminium, PE (dunke), PET (flasker) og PP. Plast sælges og gennemgår en yderlig sortering i Tyskland. Metalfraktionerne balles og sælges på spotmarkedet til bedste pris. Kvalitet og renhed varierer for de enkelte produkter:

- PE-dunke-fraktionen opnår en 80-85 % renhed. Den primære forurening er folier, men også dunkenes låg, som kan være af andre polymerer end PE. Denne fraktion er ret nem at afsætte.
- PET-flasker opnår ca. 90 % renhed.
- PP opnår en renhed på 60-70 %. Urenheden er især folie, som sensoren kan have svært ved at skelne fra den hårde PP.
- De udsorterede metaltyper er så rene, at de er nemme at afsætte på spotmarkedet.

Folieplast, som hænger fast i øvrige emner, er det største problem. Udsortering af folie med en ballistisk separator i starten af plastranlægget ville bidrage med en bedre sortering og reduktion af forurening.

Rejektet består primært af papir, pap og det plast, som ikke er frasortet. Som nævnt kan Nomis scanner identificere alle plastemnerne, men sugeskop-robotterne kan have svært ved at gribe dem. Derfor kigger Nomi på, om traditionel NIR-teknologi med trykluft i sammenhæng med robotsortering vil medføre bedre og mere udsortering.

Ifølge Nomi gør det ingen forskel for effektiviteten af sorteringen, om plast og metal er sammenblandet.

### **Øvrige betragtninger**

Hvis glas blev inkluderet i sorteringen, ville Nomis anlæg have svært ved at levere en emballageglasfraktion, som er ren nok til videre finsortering.

## **Bilag 4.5 Reiling**

### **Input affald**

Reiling Glasrecycling Danmark ApS håndterer en meget stor andel af det danske marked (dvs. de fleste danske kommuner og alle typer husholdninger) for finsortering af glas til videre forarbejdning hos glassmeltere. Inputs er:

- Kildesorteret glas
- Glas udsorteret fra kildeopdelt MGP
- Kildeopdelt letmetal/glas
- MGP fra forsøg i Næstved

Derudover sorterer anlægget en række andre former for glas, samlet set 200.000 tons/år.

Det kildesorterede glas fra husholdningerne indeholder typisk urenheder såsom etiketter, klistermærker og plastik- og metallåg. Dertil kommer fejlsorteringer såsom keramik, sten og porcelæn (KSP), plastikflasker og -poser, metal. Glasset kommer både i hele flasker og skår.

Glas udsorteret fra MGP (metal, glas, plast) indeholder væsentligt flere elementer af urenheder, særligt små plastikemner, som hos de lokale oparbejdere ikke har været muligt at udsortere. Glasset er primært i skår. "Letmetal" dækker over mindre metalemner såsom dåser, men ikke større emner. Fraktionen kan dog indeholde fejlsorteringer af større metalemner såsom hønsenet og længere solide metalstykker. Disse kan give anledning til produktionsstop, som igen forårsager kvalitetsproblemer i finsorteringen af skår. Glasset er blandet skår og flasker.

MGP-fraktionen fra en forsøgsordning med AffaldPlus dækker over metal, glas og hård plast, typisk plastikflasker og dunke, men også fejlsorteret blød plast og folie. Glasset er en blanding af flasker og skår. De første erfaringer viser, at anlægget hos Reiling ikke er egnet til effektiv oparbejdning af denne fraktion. En effektiv sortering vil fordrer tilkøb af sorteringsudstyr, og dette er under overvejelse.

Adspurgt siger Reiling, at de ingen planer har om også at modtage kildesorteret metal til yderligere finsortering. Deres anlæg er ikke egnet hertil, og de har rigeligt at gøre med glas.

### **Proces**

Reiling råder over to dedikerede glassorteringsanlæg, som er designet til at frasortere de forskellige urenheder fra kildesorteret glas og lignende.

Glasset renses/oparbejdes via diverse magneter, forskellige størrelsesseparatorer og optisk udstyr, der med luft frasorterer keramik, sten og porcelæn og sug, som fjerner støv, etiketter papir og pap. Under processen farvesorteres der også.

Både kildesorteret, kildeopdelt, glas/letmetal og MGP køres gennem præcis samme anlæg. Anlægget kan også gensortere/reprocessere de frasorterede urenheder. Herved sikres, at udsorteringen af glas bliver så høj som muligt.

Anlæggets kapacitet er stærkt afhængig af kvaliteten af det modtagne glas. Fugtigheden kan også påvirke hastigheden. Der produceres i døgndrift samt på lørdage.

### **Outputs**

Det primære output fra anlægget er glasskår sorteret i farver og glastyper. Glas fra husholdninger (emballageglas) genanvendes via omsmelting til ny glasemballage hos glassmelteren ARDAGH (tidligere Holmegårds Glasværk) ved Næstved. Reiling behandler en række øvrige glastyper, som dog ikke er relevant for nærværende undersøgelse. Renhedskravet til genanvendelse af emballageglas er strengt, nemlig maksimum 20 gram urenheder/ton. For at sikre renheden af output foretager Reiling laboratoriekontrol på prøver udtaget hvert 20. minut.

Derudover frasorteres anlægget magnetisk metal, ikke-magnetisk og blandet metal. Dette afsættes til forskellige metalforhandlere til markedspriser, og der er ingen problemer med renhed/kvalitet heraf.

KSP-fraktionen sendes til genanvendelse i DK og Finland, organiske og brændbare urenheder afsættes til forbrænding = nyttiggørelse.

Det udsorterede blandede plast fra AffaldPlus' MGP-fraktion leveres tilbage til AffaldPlus, som selv står for afsætningen heraf.

Store plastemner (flasker og dunke) er som nævnt uproblematisk at udsortere på Reilings anlæg. MGP-fraktionen indeholder dog – foruden et generelt højere niveau af urenheder – også en mængde mindre plastemner. Særligt de små plastemner er vanskelige at udsortere på Reilings anlæg. Dette er særligt problematisk, da Reiling udsorterer "negativt", dvs. at urenheder sorteres fra. En ufuldstændig udsortering af disse små emner omsætter sig derfor direkte til urenheder i reststrømmen af glas, som går til genanvendelse.

Jo større mængde urenheder, der kommer ind i glasstrømmen, desto større andel urenheder vil det færdigsorterede glas også indeholde. Mængden af små plast- og øvrige emner fra lokale MGP-oparbejdere glas er så stor, at Reiling med deres anlæg ikke er i stand til at overholde renhedskravet for glas fra ARDAGH, når disse fraktioner sorteres alene. Såfremt hele Reilings input af glas havde samme niveau af urenheder, skulle ADAGH iblande betydelige mængder af virgint materiale (sand, silikat og feltspalt) for at kunne genanvende glasset. Reiling vurderer, at ARDAGH ikke ville acceptere dette.

Reiling vurderer, at for at have en chance for at komme i nærheden af en fornuftig renhedsgrad for oparbejdet glas skulle MGP-fraktionen køres gennem anlægget 3-4 gange, hvilket der slet ikke er økonomi i. Derudover ville en sådan fremgangsmåde føre til betydelige tab af glas.

### **Generelle kommentarer**

Pga. problematikkerne omkring tab, urenheder og generelle vanskeligheder med at bearbejde andre fraktioner end glas på et dedikeret glassorteringsanlæg (se nedenfor), foretrækker Reiling klart kun at modtage kildesorteret glas, da dette giver den bedste miljømæssige profil med minimum tab af både glas og andre materialer. Særligt MGP-løsningen tager efter Reilings overbevisning alt for lidt hensyn til kvaliteten af output og de videre muligheder for genanvendelse. Letmetaller og glas sammenblandet lader sig næsten problemfrit oparbejde. Men nogle borgere tolker fraktionen letmetaller som bestående af hønsetråd, havemøbler og lange stænger, og det medfører naturligvis udfordringer og produktionsstop.

Reiling forsøger i projektet med AffaldPlus at få udsortering af plast og metal til at fungere. Reiling er kommet til den konklusion, at plast ikke kan holdes frit for glas, og at det ikke kan lade sig gøre med de nuværende teknologier inden for optisk genkendelse mv. Udsorterede metaller vil også altid indeholde noget glas, fordi metallerne kan klemme sig fast om glasset.

### **Kommentarer fra Reiling modtaget efterfølgende (e-mail 10/01/2019)**

Vi ser det som det ideelle for forarbejdning af glas, at det indsamles som en selvstændig fraktion - uden at være blandet med andre materialer. På denne måde vil glasset være nemt at sortere og forberede til genanvendelse i industriel glasfremstilling, som er en tung proces, der kræver rene materialer, og risikoen for forurening er på et håndterbart niveau.

Det er en væsentlig fordyrelse af vores sorteringsproces, hvis man indsamler MGP som blandet fraktion. Vi har modtaget i forskellige kvaliteter fra forskellige aktører for også at gøre os nogle erfaringer på området. Vi ser, at MGP-mix medfører både en kraftig forsinkelse af vores procestid og volumen på anlægget, og yderligere oplever vi en kvalitetsforringelse af det glas, som afsættes til glasværket. Vi kan fortsat håndtere det, idet vores proces er robust nok og kan fjerne urenheder på et vist niveau, men det har væsentlig betydning for prisen og vi vil slet ikke kunne modtage mængden på det danske marked, hvis alt skulle processes som en blandet kvalitet.

Foruden en reduceret procestid på vores anlæg siger vores erfaringer fra de senere års test med indsamling af MGP, at der foruden de ekstra omkostninger til sortering på vores anlæg fortsat vil være en rest af plast, som giver udfordringer for den industrielle forarbejdning hos glasværkerne. Konsekvensen bliver derfor, at den mængde skår, som kan tilsættes i processen, reduceres betydeligt - skønsmæssigt fra 80-90 % til 30-40 %. Det er en væsentlig kvalitetsforringelse og har store konsekvenser for råvareforbruget hos glasværkerne og en enorm forøgelse af energiforbrug mv.

Der kan naturligvis laves mere præcise opgørelser af de miljømæssige og økonomiske konsekvenser, men fra vores synspunkt er det ikke nødvendigt for at understrege, at en blandet MGP-fraktion på nuværende tidspunkt ikke kan anbefales. Der vil naturligvis kunne ske en teknologisk udvikling på længere sigt, som kan gøre nye vurderinger relevante, men vores holdning er i dag, at glas bør indsamles separat.

## **Bilag 4.6 RenoNord**

### **Input affald**

RenoNord er ejet af de tre nordjyske kommuner; Jammerbugt, Mariagerfjord og Aalborg og får desuden affald fra flg. kommuner Rebild samt Brønderslev og Hjørring kommuner (AVV Hjørring). De observerer stigende mængder: I 2017 fik de 3.000 tons plast og metal sammenblandet, og i 2018 forventes 3.700-3.800 tons. Affaldet kommer både fra etage- og enfamilieboliger. Herudover modtager RenoNord pap og papir sammenblandet, som afsættes direkte efter omlastning. RenoNords sorteringsanlæg modtager ikke kildesorterede fraktioner.

### **Processer**

Metal og plast skilles fra hinanden i grovsortering vha. overbåndsmagnet og eddy current. Herefter finsortering af plastfraktioner – fire polymerer – PE, PP, LDPE, PET = 85-90 % (med to NIR-skannere, positiv/positiv sortering). Metaller finsorteres i tre fraktioner; Aluminium, jernåser og skillemetal (gryder, save, plast og metal sammen). Restfraktion sendes til forbrænding – i teorien kan flere plasttyper udsorteres (det er primært PS, PVC, ABS og de sorte plastbakter). Pap/papir omlastes kun og sendes til Ragn Sells.

Anlæggets kapacitet er 5.000 tons/år, svarende til hele Nordjylland. Det er uafklaret, hvorvidt denne mængde kan håndteres i et skift. I dag er anlægget i drift i et skift. RenoNord har tilladelse til at køre toholdsskift og vil dermed evt. kunne øge kapaciteten yderligere.

### **Outputs**

Outputs fra sorteringen er:

- WEEE (udsorteres manuelt i starten)
- HDPE
- LDPE – folier
- PP
- PET

- Aluminium
- Jerndåser
- Andet jern

I dag går 45 % af plasten til genanvendelse, som består udelukkende af det hårde plast. Hvis der findes en aftager til folierne, som det forventes snarligt, så vil 70-80 % af plasten blive genanvendt.

Aftagerne af materialerne er:

- HDPE og PP – Dansk mægler, der afsætter dem typisk til Tyskland og Polen.
- PET – Solum (mægler)
- LDPE folie – stilstand i afsætningen lige nu, snakker med flere anlæg om afsætning. Snakker med Ouantafuel pyrolyse anlæg i Skive, Makeen (pyrolyseanlæg) og et firma i Tyskland. Der er kørt flere testlæs afsted til flere parter.
- Alle metaller – Uniskrap, Stena

RenoNord mener, de generelt har gode muligheder for afsætning af alle materialer, især for metaller, men også plasten. De har et samlet mål om 65/35 – hvor 65 % ud af det samlede input går til genanvendelse og 35 % går til energiudnyttelse. Der stilles krav til afsætningsanlæg om god genanvendelsesprocent, og der spørges om flow, setup, at besøge anlæg, og hvor alle fraktioner sendes til.

*Plast:* Mængden er afgørende for de store aftageranlæg, da de gerne vil have en stabil mængde. Fraktionerne (de udsorterede) skal principielt være så rene som muligt. RenoNord baller og modtageanlægget vasker det (sæber, organisk affald osv. tages ud her.)

Etiketter og propper har været diskuteret med Aage Vestergaard Larsen (AVL). Det er interessant at se på, hvor i værdikæden problemstillingerne opstår. Hvis det holdes lokalt, kan man snakke sammen i værdikæden og få feedback.

RenoNord ser ingen kvalitetsforskel i forhold til, om plasten indsamles med f.eks. glas eller metal. I forhold til tab så er de små folier det største problem, da de er svære at håndtere på anlægget og f.eks. sætter sig fast i metallerne.

RenoNord får et lille nedslag i prisen i forhold til kildesorterede materialer, men det kommer meget an på modtageanlægget. Der er over 1.000 plastoparbejdere i EU, som har forskellig opsætning. Dette gælder både plast og metaller. Plastfraktionen giver dog de største problemer.

Det er relativt nye ordninger, og derfor ser de en stor mængde f.eks. WEEE i plaststrømmen. Erfaringerne siger, at dette bliver bedre over tid. P.t. frasorterer de WEEE ved det manuelle bånd og sender det til genanvendelse.

Der er typisk 5-10 % tab af polymeren hos RenoNord ved grov- og finsorteringen. RenoNord har positiv – positiv sortering, og de store fraktioner skydes på først.

*Metal:* RenoNord finsorterer metallerne ud i aluminium, jerndåser og andet jern. Det kan være et problem, at folierne kan sætte sig fast i metallet. RenoNord er ved at igangsætte et forsøg med renere metalfraktioner. Dette kræver en ekstra fuldtidsmedarbejder, som ved manuel sortering udsorterer problematiske emner, der kan give kvalitetstab.



Tabet af metaller er meget minimalt. F.eks. tabes dåser, når de sætter sig sammen med plast, sandsynligvis pga. lav vægt. Dette kører igennem hele anlægget uden at blive sorteret fra. Typisk er der tale om et par dåser og nogle søm.

*Rejekt:* RenoNord har et 35 % tab til energiudnyttelse af den totale input mængde (alle materialer og urenheder). I forhold til ikke-target-materialer var andelen af fejlsorteringer 30 % i starten, men dette er faldet til omkring 20 % nu, da folk er blevet bedre til at sortere. Derfor består rejekt af fejlsorteringer og blandet plast (dvs. plastpolymerer, der ikke kan håndteres). Derudover sker der manuel udsortering af WEEE (sendes til genanvendelse) samt af f.eks. papir, tekstil, pap og dagrenovation.

### **Generelle kommentarer**

RenoNord har modtaget udsorteret plast/metal-fraktion fra Dansk Affald (hvor glas blev sorteret fra), og det var der ingen problemer i.

Der kan potentielt ved indsamling af yderligere fraktioner i samme spand være et mindre kvalitetsnedslag.

Aalborg Kommune snakker om optisk posesortering som en mulighed, som ikke er med i nærværende projekt.

### **Bilag 4.7 RoAf**

RoAF betjener omlag 200 000 innbyggere, fordelt på ca. 90 000 husstander. Hver husstand (enfamilie/etagebolig) har følgende beholdere

- Beholder for mat- og restavfall inkl. plast.
- Heri mat i grønne poser og blandet tør rest
- Beholder papp, papir og kartong
- Cirka 200 returpunkter for glas og metal.

Vi tar ikke imot papir fra egen beholder til vårt anlegg. Det kjøres direkte til et eksternt pappersorteringsanlegg. Glass og metallemballasje leveres til våre 200 returpunkter. Vi har ingen egen løsning for metaller der er ingen sortering av metal. Outputs fra anlegget er følgende:

1. Matavfall (i de grønne poser)
2. Plastfolie av LDPE (bæreposer, mindre folie)
3. Hardplast av HDPE (til eksempel flasker for vaskemidler)
4. Hardplast av PP (polypropylen, flasker og skåler/brett for matvarer)
5. Hardplast av PET-flasker og skåler (brett for mat). Polyetylentereftalat (et plastprodukt i polyesterfamilien), mineralvannsflasker. Vi har gjort tiltak med våre NIR maskiner slik at vi har en mix med ca. 80% flasker og 20 % brett.
6. Blandet hardplast (blanding av de typer nevnt ovenfor samt PS (polystyren, (yoghurt). I vår mix plast er alle de plast typer vi ikke ønsker sammen med de overstående, også mye laminater ol.
7. Blandet papir/papp, annen kartong, sammenblandet med drikkekartong/TetraPak
8. Magnetisk metall (skilt ut med magnet)
9. Ikke-magnetisk metall (aluminium, kobber, sink etc. skilt ut i EC maskinen)
10. Rest til forbrenning 60-320mm, rester av plast, papir/papp, tekstiler etc. og finstoff <60mm, mat, sand etc.

Vi har som mål og sortere ut 40% til material gjenvinning. I dag ligger vi på ca. 30%.

Der er stor forskjell mellom kildesorterte papir/papp og papir/papp usortert fra restavfallet. Papir/papp fra sorteringsanlegget er tilsmusset og vått, og kan til tider være utfordrende og avsette.

Vi avsetter alle plasttypene som nevnt over, unntatt blandet plast, denne energi gjenvinnes. LDPE er farget, mens alle hardplastene ligger på en renhet på over 95%. Ingen problemer er opplevd med glass/metall i hardplastfraksjonene. Det samme gjelder plastfolie, ingen klager på dette fra våre mottakere. Ei heller for metallfraksjonene.

Vi har ikke gode tall på hvor meget vi får utsorterte i % av hver output fraksjon vurdert i forhold til potensialet for den samme fraksjon)?

Det er en utfordring at det er mye mat som IKKE er lagt i grønn pose, som da forurenses de andre varene, da vi ser at innbyggerne ikke "tror" på systemet, og derfor dropper å bruke grønn pose til mat. Skulle vi starte fra ny, ville vi nok vurdert og ha en egen beholder for matavfall.

#### **Bilag 4.8 SDU**

##### **Paper and cardboard sorting plants**

###### *Quality of outputs*

A comingled cardboard and paper stream do not suffer quality degradation in the sorting process as compared to single stream which is also sorted.

- Simple (semi-automatic) separation of comingled paper and cardboard results in the same quality as source sourced paper and cardboard.
- With more advanced separation (with optical sensors) the output quality is not affected by whether the input is two mono streams or one comingled paper-cardboard stream. The outputs are finer qualities of both paper and cardboard

When cardboard is comingled together with plastic/metal, the resulting quality is mixed paper, potentially with limited/some contamination from wet drinking containers in case such are included in the plastic fraction.

###### *Sorting losses*

The sorting losses from paper sorting plants are quite low and consists mainly of other fractions than paper and cardboard.

###### *Plants in Europe*

Germany has several quite large paper sorting facilities. The value creation from the finer paper qualities makes paper sorting economically feasible, of course depending on plant scale.

Odense is separating several grades of paper in their sorting of paper and cardboard. The sorting is manual.

##### **Metal and plastic sorting plants**

###### *Quality of outputs*

It does not matter for the quality of the outputs, whether the plastic and metal are co-mingled or mono stream, if glass is not a part of the stream.

###### *Sorting losses*

Whenever you add an additional sorting step, there might also be an additional small loss.

- Eddy currents and magnets might select some plastic and other items that are stuck together with metal items, leading to a minor loss
- The yield for the NIR sorters (sorting plastic items of any kind) may or may not be affected:
- Adding more (co-mingled or mono-stream) materials to the flow will affect the NIR yield slightly negatively, as the NIRs has an upper limit to their capacity. A larger quantity or larger mix of materials might deplete the selection capacity
- However, if the plant's capacity is adequately increased, or if the reject stream is re-processed through an additional NIR (called a scavenger NIR), then the yield should be unaffected. Installing a scavenger might increase the yield additionally.
- The purity of the NIR selection process is unaffected by comingling of plastic and metal. The composition of impurities might change though.

Asides from the losses of target material, there will typically also be a loss of "fines" (small objects), as these are filtered out in the pre-sorting process via ballistic, disc or drum screens. Small metal objects may be recovered with magnets and eddy currents, if such machines are separately installed for the fines. Fines are typically not considered part of the target material. Because of their small size, they constitute a limited share of the input.

It does not make a difference to the fines loss whether the waste is mono or co-mingled stream.

**Conclusion:** If the plant is well designed, the yield and purity will be the same for mono and comingled stream, except for the small plastic loss from the eddy current and magnet when metal is in the comingled stream.

### **Light weight packaging sorting plants**

Light weight packaging (LWP) is actually pretty broad, if we talk about Germany it is all types of plastics (2D and 3D), metals, tetra and other laminated packaging. 2D is always part of LWP.

PMD (Plastic, Metal, Drinking cartons) could be restricted to plastics 3D, metals and tetra only. PMD is present in Belgium, Netherlands, France, Spain, Portugal and more. 2D plastics are sometimes included, for example in the Netherlands.

Cardboard packaging form in principle part of the LWP stream, however the quantities delivered have in general been small. Germany might be an exception due to looser sorting instructions towards the citizens.

### *Quality*

There is typically no loss of quality by comingling plastic packaging (bottles and other items), metals, and drinking cartons, as some of these are all typically somewhat wet and dirty.

Small cardboard packaging (not drinking cartons) comingled with metal/plastic risks becoming wet and ends up as "mixed paper" which has only small commercial value. Additionally, the quantities of cardboard in this stream typically does not warrant finer sorting equipment that would add value to the cardboard stream. An example where small cardboard packaging ends in LWP is Germany, but it is not really by design, this fraction should end into the mixed paper-

cardboard, but people make mistakes. LWP plants are not really interested or designed for paper/small cardboard input.

If there is access to a paper sorting facility, it makes more sense to mix dry clean cardboard packaging into the paper stream

The quality could be linked to how well is the 2D plastics fraction sorted, which must be done at the beginning of the process. If not done well, lots of foil could impair the efficiency downstream for other materials (effectively hiding materials by covering them or contaminating other outputs like metals).

#### *Sorting losses*

The sorting losses could be linked to how well is the 2D plastics fraction sorted, which must be done at the beginning of the process. If not done well, lots of foil could impair the efficiency downstream for other materials (effectively hiding materials by covering them or contaminating other outputs like metals).

#### *Plants in Europe*

See earlier section.

### **Household performance**

The experience for US and UK is that co-mingling typically increases the amounts of materials recycled. This is realized in several ways:

- Enhanced participation, as the simpler system is more encouraging to households not used to sorting
- Increased scope, as co-mingling and sorting plants can accept a broader range of targets (e.g. drinking cartons, dirty/wet paper and cardboard)
- Increased source sorting efficiency as the sorting instruction might be easier to understand

In the UK and US experience, the amount of impurities and contamination also tends to increase when co-mingling is used instead of mono-streams. The sorting plants must be equipped to handle this, which will add somewhat to the costs.

## **Bilag 4.9 Skjern Papirfabrik**

### **Input affald**

Skjern papirfabrik modtager udelukkende genbrugspapir og genbrugspap. Det modtagne genbrugspapir og -pap klassificeres og modtages ud fra papirvarestandarden EN643. Klassificeringen sker ud fra papirets kvalitet og er i princippet ikke afhængig af, om materialerne har været kildeopdelte eller kildesorterede. Skjern Papirfabrik modtager følgende grupper af genbrugspapir:

- Avispapir
- Karton (anvendes stort set ikke)
- Bølgepap
- Afskær (klippings)
- Blandet papir.

Snavset papir, såsom køkkenrulle, hygiejnepapir og papir, som har været i kontakt med klinisk risikoaffald mv., modtages ikke. Ej heller papir og pap, som har været sammenblandet med

husholdningernes restaffald, og som derfor kan være kontamineret eller fugtigt. Papir og pap, der indeholder rester af husholdningsaffald inkl. organisk/fødevarer, accepteres ikke. Skjern Papirfabrik modtager husholdningernes papir- og papaffald direkte fra indsamlingsvirksomheder og mellemhandlere såsom DanFiber. Mængderne fra husholdningerne må formodes at komme både fra enfamilie- og etageboliger. Der modtages 75.000 ton/år.

### **Anlæg**

- Papir- og papmaterialet på Skjern Papirfabrik blandes i en pulper, hvor fibrene løsnes fra urenheder såsom rester af plast, metal mv., der efterfølgende fanges i en hvirvel. Urenheder samt de fibre, der fanges, filtreres mekanisk for at fjerne urenhederne og genanvende så meget af fibrene som muligt. Den samlede kapacitet af pulper og papirmaskine er 65.000 ton/år.
- Pulperen kan på grund af dens tekniske indretning – og i modsætning til Fiskebys pulper – ikke opløse fibre fra kompositter såsom TetraPak o.l., og disse ender i stedet i den brændbare restfraktion og vil dermed være en økonomisk belastning. Endvidere ville en væsentlig øget tilstedeværelse af kompositter mindske kapaciteten i pulperen, hvilket udgør et driftsøkonomisk problem. De uønskede kompositter vil dog – så længe andelen ikke er for stor – blive frasorteret i pulperen og ikke ende i de færdige produkter. Enkelte urenheder, f.eks. med paraffinbelægning, giver pletter i det færdige produkt, ligesom uopløselige fibre kan give f.eks. hvide pletter, hvis det ikke lykkes at frasortere helt.
- Rester af madvarer og andet organisk affald er uønskede, da pulpen slet ikke opvarmes, hvorved uønskede hygiejniske problemer ikke kan neutraliseres. Desuden risikeres for eksempel tiltrækning af skadedyr til papirråvarerne. Fordelen ved den begrænsede opvarming er et mindre energiforbrug. Grunden til, vi ikke opvarmer, er, at det ikke er en del af vores produktionsmetode, fordi anlægget er ikke bygget, så det kan opvarme pulpen.
- Det er helt den samme produktionslinje og procesflow, der bruges til de forskellige grupper af genbrugspapirskvaliteter. Produktionslinjen benytter sig af forskellige "recepter", som sammenknytter de forskellige typer genbrugsmaterialer med det ønskede slutprodukt, som produceres i batches.

### **Outputs**

Skjern Papirfabrik producerer fire produkter tilpasset efter de forskellige kunders behov:

- Hylsepap (Coreboard), dvs. pap til vikling af ruller til for eksempel toilet- og gavepapir. Hylsepap har store krav til styrke, bl.a. på grund af konverteringsmaskinens store hastighed. Der anvendes primært pap til produktionen. Visse segmenter er et direkte højkvalitetsprodukt.
- "Greyliner", et tykt papprodukt, som kan anvendes til f.eks. ringbind, æsker og puslespil. Dette produkt kan produceres fra genbrugsmaterialer med forholdsvis korte fiberlængder såsom aviser. Bl.a. papir kan kun anvendes i meget begrænset mængde, da de nedsætter bulken (tykkelse/m<sup>2</sup>).
- Papirark, typisk papir til beskyttelse af andre produkter i form af mellemlægsark. Dette produkt produceres af mange forskellige råvaretyper afhængigt af anvendelsen.
- Pap i store ruller benyttes til laminerede produkter, æsker mm. Dette produkt produceres fortrinsvist af pap

Det er fire store produktgrupper. Ark er mindst væsentlig.

De forskellige produkter produceres efter "recepter", som primært angiver blandingen af de modtagne genbrugspapirskvaliteter. Det er derfor vigtigt for Skjern Papirfabrik, at genbrugsmaterialerne er velsorterede. Så længe de er det, er det mindre vigtigt, om sorteringen sker ved affaldskilden eller på et sorteringsanlæg, blot det ikke har været blandet sammen med husholdningsaffald.

Skjern Papirfabrik har ikke faciliteter til at fjerne tryksværte (de-inking) eller blegning, så alle produkter kommer som udgangspunkt i forskellige nuancer af grå og brun. Papirmaskinen er særligt indrettet til tykkere kvaliteter af papir og pap og kan alene af denne grund ikke producere f.eks. kontor- eller avispapir.

De anvendte materialer kommer blandt andet fra husholdningerne, og der er derfor risiko for kontaminering af forskellige urenheder, som kan gøre produkterne uegnede til kontakt med fødevarer.

Produkterne anvendes til fødevareemballager mm., men ikke som det lag, der har direkte fødevarekontakt. Derfor kræver kunderne alligevel, at vi følger FKM-krav.<sup>18</sup> Det er ikke temperaturen alene, men ligeså meget indholdsstoffer fra f.eks. tryksværte/genbrugspapir, der gør, at produkterne ikke anvendes til direkte fødevarekontakt.

Fordi pulpen som nævnt ikke opvarmes og på grund af tryksværten er det derfor er ikke umiddelbart muligt at godkende produkterne til fødevarebrug. Fabrikens kunder anvender typisk ikke produkterne til fødevarer, men kan alligevel have ønsker om alligevel at modtage et så rent produkt som muligt.

Desuden vil der være risiko for skadedyr, hvis der findes madrester mm. i råvarerne, dvs. et hygiejne- og arbejdsmiljømæssigt problem. Derfor er Skjern Papirfabrik meget påpasselige med, at mængden af fødevarerester og andre urenheder holdes på et absolut minimum. Hertil er særligt husholdningernes adfærd vigtig.

Det vigtigste for Skjern Papirfabrik er, at de modtagne materialer så vidt muligt er sorteret efter type. Dette er nødvendigt for at kontrollere produktionsprocesserne og kvaliteten af produkterne.

Mængden af rejkt er 5,5 % af produceret papirmængde. Den består af både brændbart (større plastik- og stofrester, mælkekartoner) samt komposteret (papirfibre). I rejktet indgår også papirklips, ståltråd, glasskår, småsten mv., som med det nuværende niveau af urenheder kan sorteres ud med centrifuger uden nævneværdige problemer. Den øvrige forskel i mængder af input på 75.000 ton/år og output på 65.000 ton/år udgøres af forskelle i fugtindhold.

### **Øvrige**

Skjern Papirfabrik overvejer altid muligheder for optimering og udvikling. Det vil kræve en ny produktionslinje i pulper-afdelingen at modtage f.eks. indhold med drikkekartoner, da temperatur ikke er eneste faktor; også opholdstid og separationsanlæg er nødvendige. Lige p.t. er der ikke planlagt investering af et sådan anlæg. Dette vil koste et tocifret millionbeløb.

---

<sup>18</sup> COWIs note: FKM er forkortelse for "Fødevarekontaktmaterialer".

## **Bilag 4.10 Stena Recycling**

### **Input affald**

Stena Recycling modtager en række forskelligt genanvendeligt materialeaffald fra både erhverv og husholdninger over hele landet. Fra husholdningerne modtages:

- Kildesorteret papir
- Kildesorteret pap
- Blandet papir/pap
- Kildesorteret metal.

Stena Recycling modtager ikke blandet plast fra husholdninger, da dette ikke er en del af kernemarkedet.

### **Processer**

Kildesorterede materialer: Kildesorteret papir og kildesorteret pap sælges og transporteres direkte videre til passende aftagere efter en simpel manuel frasortering af de værste urenheder. Frasorteringen sker på transportbåndet på vej til ballepresseren.

Kildeopdelt papir/pap: Stena har et semiautomatisk sorteringsanlæg, hvor pap udtages automatisk i et første trin, hvorefter der sker en manuel efterkontrol. Her frasorteres urenheder tilsvarende de, som findes i kildesorterede materialer.

Glittet papir mv. kan ikke sorteres fra; det er et spørgsmål om mængder. 50 % skal være aviser. Stena blander erhvervsaffald i for at fortynde, hvis det er et problem.

Kildesorteret metal: Stena Recycling har et anlæg i Sverige til finsortering af blandet metal. Dette anlæg kan sortere i seks forskellige metaller, nemlig aluminium, jern, rustfrit stål, kobber, zink og messing.

Kildeopdelt metal/plast: I princippet ville Stena muligvis godt kunne separere metallet fra plast, men Stena har p.t. ikke ønske om at gå ind på markedet for blandet plast.

### **Outputs**

#### *Papir- og papkvaliteter*

Stena Recycling søger at adskille papir og pap før afsætning. Det er et markedsvilkår, at kundernes kvalitetskrav bliver højere og højere. Jo finere sortering af papir og pap, der kan leveres, desto højere priser kan der indhentes for papir- og papmaterialer. Udbuddet af papir og pap til papirfabrikkerne er steget de seneste år, og de kan vælge og vrage mellem leverandører og fravælger typisk de blandede kvaliteter, da disse er vanskeligst at opnå en kontrolleret papirproduktionsproces med. Stena sigter efter – og lykkes for det meste med – at levere en ensartet kvalitet papir ("rent papir til de-inking"), uanset om papiret kommer fra en kildesorteret eller kildeopdelt ordning. De fleste pap- og papirfabrikker accepterer ikke organisk kontaminering. De skal kunne dokumentere en ren færdigvare.

#### *Urenheder og rejekt*

Den mest problematiske forurening er organisk materiale såsom fødevarerester. Disse kan give problemer med arbejdsmiljøet og vil i yderste konsekvens forårsage, at Stena Recycling ville skulle efterleve ferskvedirektivet, hvilket ville være besværligt og omkostningstungt.

Sammensætning af rejekt fra metalsortering (som også inkluderer andet end kildesorteret metal fra husholdninger) er cirka 16-20 %. Der er tale om metaller, som hænger fast i f.eks. bilsæder, fejlsorteret plast, stof, træ, plast, elektronikaffald mv.

Rejekt fra papir/pap fra husholdninger består primært af plastposer, magasiner, affald, glas og metal, som ikke er udtaget af plastindpakningen, mindre mængder træ og andre fejlsorteringer. Der er næsten ikke noget papir/pap i rejektet, da der er tale om en manuel frasortering.

Kildesorteret papir er stadigvæk flot rent – der er næsten ingen rejekt. Kildeopdelt har den synergi, at når man begynder at blande f.eks. avis med pap og karton, får det flere følgeprodukter som affald, plast, glas og metal og dermed mere rejekt.

Stenas erfaring er således, at kildeopdelt papir/pap indeholder væsentlig flere urenheder end kildesorteret papir og pap. Men Stenas sortering fjerner urenhederne, og de kildeopdelte sorterede materialer afsættes i samme kvaliteter og til samme priser som de kildesorterede.

#### *Øvrige betragtninger*

Med de mængder Stena Recycling har i dag, er deres semiautomatiske sorteringsanlæg til kildeopdelt papir/pap en passende teknologi. Mere avanceret teknik, som f.eks. kan inkludere optiske scannere, er rigtig dyr.

En forsigtig vurdering fra Stena Recycling er, at hvis alle danske husholdninger kildeopdelte papir og pap, kunne man etablere omkring fire store sorteringsanlæg hertil. Disse anlæg ville være store nok til at inkludere optiske scannere, hvorved papiret ville kunne udsorteres i finere underfraktioner end det kildesorterede papir. Et sådan anlæg ville for eksempel kunne frasortere ugeblade i husholdningernes papir-/papaffald fra aviserne, som herved ville stige betragteligt i værdi.

## **Bilag 4.11 SUEZ**

### **Systems (collection and sorting/refining)**

In the UK: Typically, either mono/twin stream or co-mingled collection schemes apply.

Twin: **Metal/glass**: Good separation, good quality. The minimum loss in the MRF is 5% for the glass (fines) and close to 0% for the metals. No technical and marketing problems.

Twin: **Metal/plastic** (only bottles): Minimum loss less than 5% for plastics and close to 0% for the metals. (Magnet and eddie current applied for separation and metals. Tubs and trays as well as flexible plastics (film) are not part of the plastics collected, where they are, losses will be higher than for bottles. Plastic bottles are further separated into polymers at same or external plants.

More **co-mingled streams** (cardboard, paper, plastic, metal, glass). UK is moving towards co-mingled without glass, since glass pieces in paper reduces the paper (and card) quality. Current proposal for expansion of EPR may move collection back towards more twin or target mix streams rather than a fully mixed stream.

Glass mixed with plastic bottles does not create a problem for the plastic quality since any glass pieces in the plastic is removed in the washing of plastic taking place in the refining process where plastic granulate/flakes are produced.



In UK only few collection schemes include flexible plastic film mixed with paper/card, since it is difficult to separate plastic film from the paper fraction. This mix results in contamination from wet flexibles to the paper.

Actual experience on glass contamination in the flexible plastic film is very limited. Suez provisionally assess that the contamination problem (glass pieces in the plastic) is lower than for the paper but higher than for the plastic bottles.

Twin stream separation is normally easy since you separate one stream from the other. Only few types of sorting equipment are necessary. However involving flexible plastic and polymer sorting becomes more complicated and e.g. NIR equipment with specific setups is required plus additional equipment.

Change from max comingled to mono or twin streams: EPR system, funding. 10-15% of collection funded by producers (EPR). Will move to 90%+ of the cost of collection.

Flexibles (plastic film):

- Wet flexibles (has held wet products) should be collected every week (risk of smell and contaminate other materials).
- Dry flexibles can be collected with higher intervals, comingled, but not with paper. System of collection is linked to the form of sorting and separation in the target plant.

Large structural cardboard (corrugated cardboard) is often separately collected. Where collected in a co-mingled manner it can lead to processing difficulties in some plants due to its size and structure.

#### **Loss of target materials:**

General losses in mono or twin schemes: Sorting and/or refining stages: up to 10-15%. This include losses both at pre/fine sorting at MRF as well as further fine sorting/removal of labels etc/washing during the refining process. Splitting losses into fraction and type of operation is difficult as we don't have enough sample data sets for different collection methods and common treatment to provide certainty.

The loss of metals and of plastics (bottles and tubs/trays) are nearly the same as having a twin or tri-stream scheme. Information on flexible plastics is not available. Further the value of the separated materials is the same, meaning same quality of materials send to the recycling industry. The value may be diminished by flow through contamination in the final product which is more likely in a DMR collection and sorting form when compared to mono or twin stream.

Losses in Comingled schemes (paper/card, plastic, metal and glass): Sorting at MRF up to 20-30%. Including contamination, pre-refining up to 10% more, total 30-35%

The more you process glass, the more fines are produced (= loss). For a Twin stream scheme one process only is required. For a Comingled stream more processes are required. The loss of glass is 5% or more for each process.

In a mono stream the glass is collected, but not processed/sorted. The loss in the handling (collection and transport) is assumed to be 2-3% at the best.

#### **Quality:**

The value of metals and of plastics (bottles and tubs/trays) are the same having a mono or twin stream scheme, if the twin stream is carefully matched.

Information on flexible plastics is not available in the UK nor the rest of Europe.

Metal, no difference if single stream or comingled.

Co-mingled schemes: Quality of paper is lower due to contamination from liquids and glass. Volume also lower due to difficult separation (meaning higher losses). This is difficult to measure and therefore any answer is subjective at this point.

## **Bilag 4.12 Swerec**

### **Input affald**

Swerec modtager følgende fraktioner:

- Kildesorteret plast: hård/blød, enkeltfraktioner mv. presset i baller. 40-50 % folier. Det modtagne plast er sammenligneligt med Vestforbrændings ordning.
- Plastemballager fra husholdninger Sverige og Island med nogen iblanding af erhverv/ industri-plast.

Swerec har ikke modtaget fra danske kommuner i 2018, men i stedet kun svenske kommuner. I 2016/2017 har de modtaget affald fra København og Vestforbrænding, men det var fyldt op og søgte derfor ikke, da det blev udbudt igen.

Swerec modtager fra både enfamilie- og etageboliger. Førhen modtoges især fra nærgenbrugsstationer (ved større boligkomplekser). Der er sket en nylig ændring i Sverige (ved lov) for husstandsindsamling, som skal bredes mere ud. Det er kun lige ved at blive sat i system, og de kan derfor ikke se forskel endnu for de to ordninger (forhåbningen er færre fejlsorteringer).

### **Processer**

På anlægget behandles der 45-50.000 tons årligt. Emner, som har været ballepressede, kan være svære at adskille. Anlægget sorterer kun kildesorteret plast; der er ingen kildeopdelte materialer.

### **Outputs**

Outputtet fra sorteringen er PE, PET, PP og folier. PET afsættes fuldt, men ikke alt genanvendes.

Folien er en blanding af polymerer. 20 % af folien går videre som et rent produkt af blandet farvet folie. Herudover afsættes klare folier. Det genanvendte plast anvendes bl.a. til paller. Farvede folier af 80 % renhed bliver anvendt til energi. Det er p.t. tre gange dyrere at genanvende 2D mono/ laminat-mix til slutprodukter i forhold til forbrænding. Hvis en højere andel skal genanvendes til produkt, er det nødvendigt ud fra dagens markedspriser at øge Swerecs "gate-fee".

De forskellige fraktioner afsættes som følger:

- PET såsom gensorteringer, blisterpakker etc. G-PET ikke genanvendt p.t. A-PET kan anvendes flasker til kemiteknik. De næste par måneder forventes det, at der findes en løsning for blister o.a. A+G-PET
- PE går til ekstrudering – kværn og vask ved Swerec og afsættes derefter til compounder. Plasten bliver modificeret, inden den laves til pellets og anvendes til f.eks. rør til drænrør, spildevand, kabler og fiberkabler.
- PP – afsættes til f.eks. faskine-kasser, rør og fittings, blomsterkasser, -krukker og potter. Kan også afsættes til bilelementer.

Swerec har stor fokus primært på foliefraktion og sekundært på mix-plasticfraktionen. Meget herfra kan genanvendes til udmærkede produkter med lang levetid. Begrænsningen i dette er økonomi, altså "gate-fee". Det er kendetegnende, at hverken "producenter" eller "offentlige instanser" hidtil har udvist interesse i en variabel "gate-fee"-prisstruktur. Dette er ifølge vor overbevisning en nødvendighed, hvis de overordnede mål mht. genanvendelse til produkter skal opnås.

Det skyldes, at både markedspriserne og inputmaterialet varierer. Det er svært at sætte en fast pris på affaldet. Swerec anbefaler en kombination af afregning. Sortering har en fast pris, og produkter fra sortering afregnes ud fra periodeaktuelle markedsproduktværdier samt leverandørens valg af mængder, som ønskes anvendt til nye plastprodukter.

I forhold til kildeopdeling/kildesortering formoder Swerec et større tab i sorteringen ved kildeopdeling, da det er sværere at sortere.

For anlæggets samlede affaldsmængde (der er forskel ift. DK-affald) er rejktet sammensat af følgende:

- 3D PE 7 %
- 3D PP 10 %
- 3D PET 7 %
- 2D mix-folie (laminat+mono) 30 %
- 2D+3D mix-plast 35 %
- affald 6 %
- metal+ikke-plastemballage 5 %

I forhold til kvaliteten af inputs er der tydelig forskel mellem læs, som afhænger af entreprenører og sted (særligt etageboliger). Der laves altid visuel inspektion ved ankomst.

Tabene i anlægget opstår to steder:

- Emner større end fem liter på manuelt sorteringsbånd – positiv sortering af de store emner (folier sorteret fra før), overflow her er affald.
- Emner mindre end fem liter – disse går igennem tre stk. NIR. som sorterer hver sin polymerer, fjerde NIR "scavangeren" skyder på alle polymerer (nok ca. 3-5 %), og resten er mixed plastic, der sendes til energiudnyttelse.

#### **Øvrige betragtninger**

I forhold til fremtiden: Folien udgør 40-50 %, og Swerec vil gerne udnytte det bedre og vil gerne skille laminater fra monofilm.

I forhold til de af COWI undersøgte kildeopdelte blandinger ser Swerec ingen fremtid i papir/pap/blød plast samt papir/pap/komposit. Metal/plast (både hård og blød) er mulig, men ikke ideelt. Manglende udsortering af blød plast giver et stort tab, da den bløde plast udgør cirka halvdelen.

### **Analyse af miljø og økonomi ved kildesortering og kildeopdeling**

Miljøstyrelsen har fået udarbejdet en analyse, der skulle undersøge hvorvidt der kan påvises en miljømæssig eller kvalitetsmæssig forskel på hhv. kildesortering og kildeopdeling.

Analysen viser at der er ikke væsentlige forskelle mellem de scenarier, der bidrager til genanvendelse i tråd med EU's mål om genanvendelse, hverken samfundsøkonomisk eller miljømæssigt. Både kildesortering og kildeopdeling er begge reelle alternativer uden større økonomiske forskelle. Dog er teknologien omkring kildeopdeling og efterfølgende finsortering under fortsat udvikling.

Der er en række af forskellige løsninger inden for affaldsindsamling og – behandling, der kan være med til at opfylde EU's nye genanvendelsesmål og bidrage til arbejdet med en standardisering af indsamling af husholdningsaffald, jf. aftalen om Cirkulær Økonomi.



Miljøstyrelsen  
Haraldsgade 53  
2100 København Ø

[www.mst.dk](http://www.mst.dk)