



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Automatisk affaldssortering – teknologier og danske udviklings- og produktionskompe- tencer

Miljøprojekt nr. 1559, 2014

Titel:

Automatisk Affaldsortering - teknologier og danske udviklings- og produktionskompetencer

Redaktion:

Jens Bjørn Jakobsen, COWI A/S
Janus Kirkeby, COWI A/S
Bjørn Malmgren-Hansen, TI
Kathe R. Tønning, TI
Nils H. Nilsson, TI

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2014

ISBN nr.

978-87-93178-31-1

Ansvarsfraskrivelse:

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

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	7
Sammenfatning	8
Summary	18
1. Indledning	27
1.1 Formål	27
1.2 Systemafgrænsning.....	27
1.2.1 Nuværende situation uden central sortering	27
1.2.2 Værdikæde og systemafgrænsning.....	29
2. Løsninger på central sortering i Europa	31
2.1 Europæiske systemløsninger - eksempler	31
2.1.1 Indledende bemærkninger om erfaringer omkring teknologi for maskinel sortering	31
2.1.2 Anlægseksempler i Danmark.....	32
2.1.3 Anlægseksempler i Europa	34
2.2 Anvendte teknologier på udvalgte Europæiske automatiske sorteringsanlæg	38
2.2.1 Anlæg til sortering af plastholdige fraktioner	39
2.2.2 Anlæg til sortering af papir.....	42
2.2.3 Anlæg til sortering af metal	44
2.2.4 Anlæg til sortering af glasskår	46
3. State of the Art Teknologier	47
3.1 Nuværende interessante teknologier	47
3.2 Neddeling	49
3.3 Mekanisk forsortering	50
3.3.1 Sortertromler.....	50
3.3.2 Ballistisk separation	51
3.3.3 Vibrationssigter	52
3.3.4 Skivesigte	52
3.3.5 Vindsigter og luftknive	52
3.4 Udsortering af folier med vakuum separation.....	53
3.5 Separation af metaller.....	54
3.5.1 Overbåndsmagnet	54
3.5.2 Tromlemagneter.....	55
3.5.3 Separation ikke-jern metaller med hvirvelstrømsseparation (eddy- current).....	56
3.6 Teknologier til genkendelse baseret på separation med tryklufthyser	56
3.6.1 Indledning	56
3.6.2 NIR	57
3.6.3 Linescanner/farvekamera.....	59
3.6.4 Kombinationsanlæg	60
3.6.5 Metaldetektor	60
3.6.6 Røntgen	60
3.7 Andre teknologier til finsortering	61
3.7.1 Våd massefyldeseperation	61

3.7.2	Triboelektrisk separation.....	63
3.8	Nye lovende teknologier	64
3.8.1	Forbedret for- eller eftersortering med Robotteknologi	64
3.8.2	Separation af sort plast	65
3.8.3	Laserspektroskopi	65
3.8.4	MIR separation	66
3.8.5	Separation af plast med farlige stoffer	66
3.9	Overførsel af udenlandske teknologier til den danske værdikæde	67
3.10	Kvalitet og lav spildprocent i genanvendelsessystemet	72
3.10.1	Jern.....	73
3.10.2	Aluminium og andre ikke-jern metaller.....	73
3.10.3	Plast	74
3.10.4	Papir og pap.....	75
3.10.5	Glas.....	75
4.	Systemoverblik – teknik, arbejdsmiljø og kvalitet	76
4.1	Betragtninger over anlægskoncepter	76
4.1.1	Central sortering – beskrivelse og afgrænsning af avanceret fuldskalaanlæg	76
4.1.2	Behov for sorteringsanlæg	78
4.1.3	Indretning, drift og effektivitet af sorteringsanlæggene.....	80
4.2	Betragtninger over arbejdsmiljø	83
4.2.1	Afgrænsning	83
4.2.2	Mekaniske sorteringsanlæg	83
4.2.3	AT-lovgivning.....	85
4.3	Markedskrav til materialekvalitet i output – værdi af materialer	85
4.3.1	Krav til renhed af fraktioner	85
4.3.2	Afsætningspriser for plast.....	88
4.3.3	Afsætningspriser for papir og pap	88
4.3.4	Afsætningspriser på metaller.....	89
4.3.5	Afsætningspriser for glas	89
4.3.6	Afsætningspriser opnået hos danske affaldsselskaber og kommuner	89
4.4	Sammenhæng mellem sammensætning af tilførte materialer (input) og kvalitet af fraførte materialer (output) til genanvendelse	90
5.	Danske værdier i øget genanvendelse via central sortering	93
5.1	Værdikæde for central sortering og genanvendelse	93
5.2	Identificering af danske virksomheder med spidskompetencer	94
5.2.1	Indledning	94
5.2.2	Virksomheder i Danmark der fremstiller dele til sorteringsanlæg til rene eller blandede tørre genanvendelige fraktioner med indhold af plast, papir/pap, metal eller glas.....	95
5.2.3	Automatiserings -, robot- og genkendelsesteknologier	95
5.2.4	Videninstitutioner	98
5.3	Vurdering af de teknologiske muligheder og udfordringer for værdikæden ved etablering af danske automatiske affaldssorteringsanlæg	99
5.3.1	Økonomi og leveringssikkerhed	99
5.3.2	Markedsvilkår og risici.....	100
5.4	Muligheder og vækstpoterentialer for den danske værdikæde	101
6.	Økonomi i central sortering.....	103
6.1	Systemtilgang ud fra økonomi	103
6.2	Teknisk Koncept 1: Anlæg til at modtage og finsortere blandede kildesorterede og kildeopdelte fraktioner som f.eks. papir, pap/karton, metal, plast og evt. glas (og	

evt. flere slags kildesorterede materialer) fra forskellige kilder – anlægseksempler 1A,1B og 1C	104
6.2.1 Hoved- og variantforudsætninger	104
6.2.2 Prisberegninger hovedforudsætninger (blandede kildesorterede og kildeopdelte genanvendelige materialer - karton, plast og metal fra dagrenovationen) – anlægseksempel 1A.....	106
6.2.3 Prisberegninger – variantforudsætninger (blandede kildesorterede og kildeopdelte genanvendelige materialer - karton, plast og metal fra dagrenovationen og visse erhverv, stort plast fra genbrugspladser) – anlægseksempel 1B og 1C.....	109
6.3 Teknisk Koncept 2 - Anlæg til at modtage og finsortere blandet tørt restaffald - anlægseksempel 2	113
6.4 Teknisk koncept 3 - Anlæg til at modtage og finsortere blandede kildesorterede og kildeopdelte fraktioner som f.eks. papir, pap/karton, metal, plast og evt. glas (og evt. flere slags kildesorterede materialer) samtidig med tørt restaffald fra forskellige kilder – anlægseksempler 3A, 3B og 3C.....	116
6.4.1 Hovedforudsætninger og varianter	116
6.4.2 Prisberegninger hovedforudsætninger - kildesorterede og kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen – anlægseksempel 3A.....	117
6.4.3 Prisberegninger variantforudsætninger - kildesorterede og kildeopdelte materialer (karton, plast, metal og glas) og tørt restaffald fra dagrenovationen og fra visse erhverv samt stort plast og småt og stort brændbart fra GBP – desuden kildesorteret papir fra papirordning og stort pap fra papordning/GBP - anlægseksempler 3B og 3C	119
6.5 Oversigt –økonomi i forskellige tilførsler og anlægsstørrelser	125
6.5.1 Økonomisk hensigtsmæssige anlægsstørrelser	125
6.5.2 Omkostninger ved sortering af forskellige fraktioner	127
7. Samspil med øvrig affaldsbehandling - massestrømsbetragtninger	129
7.1 Opstrøms konsekvenser	129
7.2 Nedstrøms konsekvenser.....	130
7.2.1 System, Flow A: Massestrømme ved sorteringsanlæg der tilføres kildeopdelte materialer fra dagrenovationen – opland ca. 500.000 indbyggere – anlægseksempel 1A.....	131
7.2.2 System Flow B: Massestrøm i opland med centralt sorteringsanlæg til kildeopdelte materialer og til tørt restaffald fra dagrenovationen – opland ca. 500.000 indbyggere – anlægseksempel 3A	133
7.2.3 System Flow C: Massestrøm i opland med centralt sorteringsanlæg til kildeopdelte materialer og til tørt restaffald fra dagrenovationen og til småt og stort brændbart og stort plast og pap fra genbrugspladser – opland ca. 500.000 indbyggere. Anlægseksempel 3B uden erhvervsaffald.....	134
7.3 Oversigt over massestrømme ved forskellige tiltag omkring central sortering	137
8. Perspektivering	139
8.1 Perspektivering ud fra behov for ny infrastruktur til central sortering og opnåelse af øget genanvendelse	139
8.1.1 Generelt	139
8.1.2 Behov for anlæg til sortering af kildeopdelte genanvendelige materialer fra husholdninger og erhverv	140
8.1.3 Behov for anlæg til sortering af kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen og fra erhverv samt stort plast og småt og stort brændbart fra genbrugspladser.....	141
8.1.4 Opnåelse af øget genanvendelse	141

8.2	Perspektivering ud fra kvalitet som funktion af krav til input.....	142
8.3	Perspektivering ud fra danske leverandørvirksomheders muligheder og vækstpotentialer	143
Referencer		144
Bilag 1	Begrebsforklaringer	146
Bilag 2	Deltagere i fokusgruppe	148
Bilag 3	Økonomidata og energiforbrug på beregnede anlægseksempler	149

Forord

Under programmet for grøn teknologi har Miljøstyrelsen, Region Midtjylland og Region Sjælland etableret et partnerskab, som har til formål at undersøge grundlaget for etablering af større centrale automatiske sorteringsanlæg samt eventuelt ved tilskud at medvirke til etableringen heraf. Det er målsætningen, at der skal være tale om et større projekt, som kan demonstrere den næste generation af teknologi, der – hvis den får chancen for at vise sit værd i virkelig drift – kan blive state-of-the-art om få år.

Som et led i undersøgelsen af mulighederne for etableringen af sådanne anlæg har partnerskabet iværksat to videnprojekter, som har til formål at afklare en række forhold samt give affaldsbranchens aktører et bedre grundlag for at beslutte hvilke anlæg, der skal etableres, og hvordan anlæggene skal organiseres. Det ene videnprojekt vedrører de juridiske rammer for organiseringen¹. Mens nærværende videnprojekt vedrører en undersøgelse af teknologi og systemer,

Formålet med dette videnprojekt er at kortlægge de nuværende, velfungerende internationale og danske løsninger til automatisk affaldssortering med fokus på de tørre affaldsfraktioner plast, papir, pap, metal og glas samt at identificere og beskrive danske værdikæder inden for området, herunder danske virksomheder med spidskompetencer inden for sorterings- og genkendelsesteknologier.

Projektets afgrænsning og tilrettelæggelse er bl.a. sket under hensyntagen til, at projektet skulle gennemføres inden for en nærmere bestemt tidsramme fra august til november 2013.

I forbindelse med afrapporteringen er der først afgivet et udkast til rapport til kommentering hos Miljøstyrelsen, og der er blevet afholdt møde om sorteringsteknologier og sorteringssystemer samt modtaget skriftlige bemærkninger, som er indarbejdet i en endelig version, og som efterfølgende er blevet godkendt hos Miljøstyrelsen.

I forbindelse med projektets opstart blev en fokusgruppe tilknyttet nærværende projekt. Som bilag 3 findes en liste over deltagerne i fokusgruppen. Fokusgruppe har ikke haft lejlighed til at kommentere udkast til rapport.

Der er blevet afholdt ét møde med teknologi fokusgruppen, ligesom der har været løbende direkte inddragelse af fokusgruppens medlemmer, hvor dette blev vurderet relevant. I oktober 2013 blev der afholdt en åben workshop med 97 deltagere, hvor navnlig interesseorganisationerne havde anledning til at drøfte projektets aspekter. Foreløbige overvejelser omkring teknologier og systemer er endvidere blevet præsenteret på konference i DAKOFA februar 2014.

I de forskellige ovennævnte sammenhænge er det navnlig blevet fremhævet, at stordriftsfordele (behandling af såvel kommunalt affald som kildesorteret erhvervsaffald til materialenyttiggørelse), samt løbende udvikling af teknologiske løsninger er vigtige forudsætninger for, at et større centralt sorteringsanlæg får optimale rammebetingelser. Disse budskaber er anvendt til at fokusere projektets analyse.

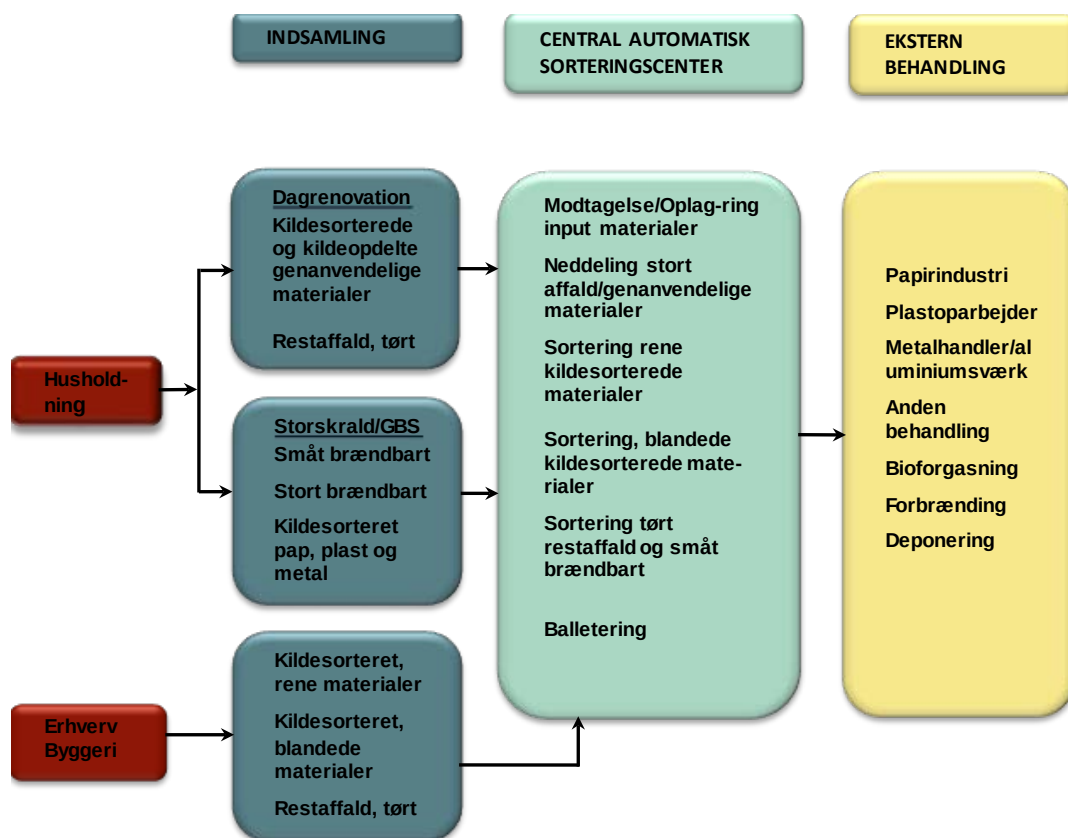
¹ Miljøprojekt "Juridiske rammer for sorteringsanlæg - - gældende juridiske rammebetingelser for udvalgte organisatoriske scenarier for større centrale affaldssorteringsanlæg" (Miljøstyrelsen 2014)

Sammenfatning

Formål og systemafgrænsning

Formålet med videnprojektet er at kortlægge de nuværende, velfungerende internationale og danske løsninger til automatisk affaldssortering med fokus på de tørre affaldsfraktioner plast, papir, pap, metal og glas samt at identificere og beskrive danske værdikæder inden for området, herunder danske virksomheder med spidskompetencer inden for sorterings- og genkendelsesteknologier.

I systemet til genanvendelse af affald fra husholdninger og erhvervsvirksomheder med involvering af central sortering indgår de i figur A nævnte operationer. Affaldet og de genanvendelige materialer produceres i husholdninger og hos erhvervsvirksomheder. Efterfølgende indsamles det via involvering af forskellige parter og leveres til et centralt sorteringsanlæg. Her foretages udsortering af værdifulde genanvendelige materialer som efterfølgende afsættes til genvindingsindustrien. Rejekt fra sortering sende videre til anden behandling.



FIGUR A: OPERATIONER I AFFALDSSYSTEM MED CENTRAL SORTERING (GBS = GENBRUGSSTATION)

Involverede parter i dette system er bl.a.

- Indsamling: Affaldstransportører, indsamlingsvirksomheder, kommuner, beholderfabrikanter, bilfabrikanter, rådgivere
- Central sortering: Affaldsselskaber, affaldsentreprenører, teknologileverandører, rådgivere

Værdikæden i nærværende projekt dækker de operationer, der foregår fra kildesortering i husholdningen (og i et vist omfang fra erhverv) til og med at de indsamlede materialer er klargjort til afsætning til genvindingsindustrien, dvs. de operationer med tilhørende involverede parter, der er nævnt under de blå bokse og den lyserøde boks (indsamling) og den grønne boks (centralt automatisk sorteringscenter).

Løsninger på central sortering i Europa

Anlæg i Danmark

I Danmark findes automatiske sorteringsanlæg ved Dansk Affald i Vojens, NOMI4S i Holstebro og DK Råstoffer i Fredericia samt flere (for dette projekt mindre relevante) andre anlæg der foretager sortering i en eller anden form på forskellige modtagne affaldsfraktioner (f.eks. byggeanlægs-affald).

Anlæg i Europa

I EU findes en lang række centrale sorteringsanlæg hvoraf der er beskrevet eksempler fra Østrig, Spanien, England, Tyskland, Belgien, Holland og Sverige.

Anlæggene har kapaciteter fra ca. 20.000 ton pr år til 300.000 ton pr. år og udsorterer i en række forskellige materialer afhængigt af modtaget affald. Produktfraktionerne omfatter Jern, aluminium, papir/pap, tetrapak, folieplast (LDPE) og emballageplast/andenplast i grundpolymererne HDPE, PET, PP, PS og PVC samt glas. Herudover vil der være en restfraktion til forbrænding.

State of the art teknologier

Nuværende teknologier

Nuværende State of the art teknologier til tørre blandede fraktioner af metal, plast, papir/pap og glas er i dag baseret på en række maskinelle processtrin der udsorterer materialerne efter type fra en affaldsstrøm der ledes til hvert sit processtrin via transportbånd.

Der indgår teknologier til

- Neddeling af store emner
- Forsortering hvor flade emner separeres fra emballage flasker ,dunke mm ved brug af sortertromler, ballistiske separatorer og vindsigter. Dette producerer en papir/pap holdig fraktion samt plastfolie.
- Udsortering af jern med overbåndsmagnet
- Udsortering af ikke-jern metaller som aluminum med eddy current separation eller via identifikation med metaldetektor og separation med luftdyser
- Udsortering af plast i enkelt polymerer baseret på spektroskopisk detektion i det nærinfrarøde område (NIR) og separation via luftdyser
- Oprensning af papir/pap fraktion vha af farvekamera og NIR baseret identifikation og separation med luftdyser
- Oprensning af glas for uønskede materialer som sten, keramik, podelæn og metaller.

Separationsteknologierne har alle visse begrænsninger som f.eks.

- De typisk solgte NIR baserede teknologier til udsortering af plast kan ikke udsortere sort plast (som normalt er farvet med kønrøg/carbon-black) men der er udviklet teknologier på markedet eller som introduceres snarest som vil kunne dette baseret på spektroskopisk analyse af plasten i et andet bølglængdeområde.
- NIR baserede systemer kan kun opnå ca. 90% udbytte og 90% renhed ved én passage af udstyret (her kan sekventiel opstilling af flere NIR anvendes for at opnå højere renheder/udbytter).
-
- Teknologierne kan kun separere plast materialer efter polymertype hvis polymeren er synlig. Er der tale om overfladebehandlet plast (fx malet) vil denne således ikke kunne identificeres ligesom indhold af uønskede stoffer som flammehæmmere ikke registreres. Røntgen baserede

teknologier kan se nogle uønskede stoffer som bromerede flammehæmmer, men disse systemer er pt. for dyre at etablere.

- Ved metalseparation kan en overbåndsmagnet risikere at udseparere kobber/jern emner som transformere og småmotorer der indeholder en jernkerne (fx fra legetøj), hvilket kan forurene den udvundne jernfraktion med kobber fra motor/trafoviklingerne.

Typisk foregår der derfor en hvis manuel kvalitetssikring med negativ sortering på sorteringsanlæg over hele Europa for at opnå en tilstrækkelig høj materialekvalitet.

Nye lovende teknologier

Der sker løbende en udvikling i hvad man kan detektere af materialer med sensorbaserede systemer. Eksempelvis vil nye kombisensorsystemer med f.eks. NIR/metalsensor og farvekamera kunne se indhold af metal i plastemner og samtidig separere emner efter form og farve. Dette giver mulighed for i højere grad at producere højkvalitetsmaterialer til genanvendelse. Der er også nye spektroskopiske systemer under udvikling, som vil kunne identificere flere detaljer i materialesammensætningen.

Hvis sensorteknologierne benyttes sammen med separation med trykluftdyser (JET separation) opnås en høj kapacitet. Jet systemerne har imidlertid den begrænsning at de kun kan udsortere én (ved en række dyser) eller to fraktioner (ved to rækker dyser) fra en materialestrøm ad gangen.

Hvis der tilføres blandede fraktioner med flere typer uønskede materialer kan et menneske mønstergenkende langt flere emner samtidigt, hvilket er noget af grunden til at der stadig indgår manuel sortering i de sensorbaserede anlæg. Den manuelle sortering kan i stigende grad simuleres ved brug af robotteknologi. Således vil en række hurtige robotter med sensorteknologi kunne udføre noget af den manuelle sortering. Der er pt. udviklet sådanne systemer til specielle formål. Pt. arbejdes med udvikling af sådanne systemer i et dansk innovationskonsortie.

Overførsel af teknologier til den danske værdikæde

De fleste af state-of the art teknologierne er allerede i brug i forskellige sammenhænge i Danmark, men et samlet centralt anlæg med brug af alle de førende udenlandske teknologier er endnu ikke etableret.

Ved design og etablering af et nye centrale sorteringsanlæg skal tages stilling til en række problematikker vedr. sortering så der opnås

- en god materialekvalitet af udvundne, plast, papir/pap, metal og glasfraktioner
- en høj ressourcegenvindingsgrad
- et godt arbejdsmiljø med mindst mulig manuel sortering
- en kompleksitet af et anlæg der er justeret efter den affaldsmængde og sammensætning som findes i det pågældende område.

Kvaliteteten af de udvundne materialerne er påvirkelige af indsamlingssystemerne og den renhed borgerne udsorterer med. Hvis der udsorteres materialer fra usorteret tørt restaffald opnås en lavere materialemængde af især plastmaterialer end hvis der udsorteres fra kildeopdelte materialer. Til gengæld forventes at der opnås et samlet højere materialeudbytte ved kombineret sortering på tørt restaffald og på kildeopdelte materialer, fordi ikke alle materialer er med grundet sorteringskriterier.

Et fleksibelt anlæg der kan håndtere flere typer tilført affald separat (henholdsvis kildeopdelt og tørt restaffald) vil være en fordel da man herved kan "fange" en større andel af materialerne og producere materialer med forskellige kvaliteter og afsætningspriser.

Danske værdier

Virksomheder med spidskompetencer

Der er identificeret en række virksomheder med kompetencer indenfor central sortering.

Virksomhederne fordeler sig på

- Virksomheder der fremstiller dele til sorteringsanlæg.

Virksomhederne fremstiller f.eks. neddelingsudstyr, ståledele eller transportbånd.

- Virksomheder med speciale i automatiserings- robot eller genkendelsesteknologier
Disse virksomheder har potentielt kompetencer til at kunne udvikle nye sensor/robotbaserede løsninger
- Anlægsbyggere og rådgivere
Disse virksomheder har i forvejen leveret udstyr og anlægsløsninger til eksisterende sorteringsanlæg og vil kunne udvide deres kompetencer inden for området.
- Videninstitutioner

GTS institutterne og andre rådgivere vil kunne udvide deres kompetencer og serviceydelser indenfor området.

Universiteterne vil kunne øge deres forsknings og uddannelsesmæssige indsats inden for forskning i tekniske metoder/teknologier som kan anvendes til nye sorteringskoncepter for affald samt forskning i miljø og samfundsmæssige konsekvenser (samfundsøkonomi og LCA) af nye affaldsbehandlingsmetoder.

Det er samlet vurderet at de danske virksomheder er konkurrencedygtige indenfor ovennævnte spidskompetencer idet de i forvejen er stærkt eksportorienterede.

Central sortering – input og funktioner generelt

Den centrale behandling af indsamlede materialer til genanvendelse tænkes at foregå i et centralt sorteringscenter, som skal kunne behandle en række forskellige inputs/tilførsler med henblik på at udsortere værdifulde genanvendelige materialer. Disse tilførsler omfatter følgende affaldsfraktioner:

- Fraktion 1: Blandede kildesorterede (dvs. kildeopdelte) materialer (f.eks. papir, pap/karton, blandet plast, blandet metal og glas) fra kommunale indsamlingsordninger (hente/bringe) for dagrenovation samt genanvendelige materialer af samme karakter fra erhvervsvirksomheder
- Fraktion 2: Rene kildesorterede materialer (f.eks. papir, pap/karton, blandet plast, blandet metal) fra kommunale indsamlingsordninger (hente/bringe). Det samme fra genbrugsstationer (især pap og plast) og fra erhvervsvirksomheder
- Fraktion 3: Restaffald fra den kommunale dagrenovationsordning (tør dagrenovation uden bioaffald).
- Fraktion 4: Småt brændbart fra genbrugsstationer eller fra kommunale storskraldsordninger (hente)
- Fraktion 5: Stort træ og andet stort brændbart fra genbrugsstationer eller kommunale ordninger for stort affald (til evt. neddeling før genanvendelse eller forbrænding)
- Fraktion 6: Restaffald fra erhvervsvirksomheder (blandet tørt erhvervsaffald uden bioaffald)

Sorteringscentret modtager alle de nævnte fraktioner til grov- og finsortering ud i genanvendelige materialer, en brændbar restfraktion og evt. en deponeringsfraktion. Centret udsorterer ikke i en organisk fraktion, som antages fra være kildesorteret fra til genanvendelsen, hvis der er organisk affald tilstede i affaldet inden (f.eks. ved sortering den tørre rest fra dagrenovation). Genanvendelige materialer oplagres før afsætning til genvindingsindustrien.

Sorteringscentret vil blive stykket sammen af forskellige funktionelle enheder (udstyr – teknologier, som beskrevet ovenfor) specifikt egnet til at håndtere de nævnte indsamlede fraktioner. Disse funktioner kan omfatte:

- Separat modtagelse og oplagring af indvejet affald/genanvendelige materialer.
- Neddeling af stort affald/visse store genanvendelige materialer.
- Grov- og finsortering af blandede genanvendelige materialer henholdsvis blandet tørt restaffald og småt/stort brændbart fra husholdninger og erhverv.

- Finsortering af kildesorterede materialer (som f.eks. blandet plast, blandet metal og evt. papir/pap) og af stort affald/visse store genanvendelige materialer neddelte på anlægget.
- Balletering af finsorterede materialer.

Central sortering – relevante anlægskoncepter

I Danmark findes allerede jernhandlere og metalfragmenteringsanlæg, som er i stand til at udføre en avanceret sortering af forskellige metaller og efterfølgende afsætte disse til metalværker i Europa. Det samme er tilfældet med papir og pap genvindere, der traditionelt modtager kildesorteret papir og pap i forskellige rene fraktioner, balleterer disse og efterfølgende transporterer disse primært til en papirindustri i udlandet (Sverige eller Tyskland). Glasværker/ glasgenvindere/flaskeskyllerier er endvidere i stand til at modtage blandet knust glas (skår) og flasker, finsortere disse i farver og urenheder med efterfølgende omsmeltning til nyt glas. Anlæg til finsortering af hård plast findes også i Danmark, men kapaciteten er ikke tilstrækkelig til at dække behovet i Danmark.

Der er tilstrækkelig kapacitet i Danmark til at modtage alt affald for så vidt angår visse kildesorterede materialer som metal, papir, pap og glas fra kommunale genanvendelsesordninger og fra erhvervsvirksomheder. Kapacitet til at modtage blandet plast er ikke tilstrækkelig. Kapaciteten i Danmark til at modtage blandinger af disse materialer er meget begrænset og kan ikke dække evt. fremtidigt væsentligt øget behov for sortering af kildeopdelt affald.

For at tilvejebringe et komplet system for forarbejdning af et affaldsmateriale, som genvindingsindustrien vil modtage til videre oparbejdning til en ny råvare mangler således mindst ét af følgende tekniske koncepter:

1. Teknisk koncept 1: Omhandler anlæg til at modtage og finsortere (**blandede kildesorterede og kildeopdelte affaldsfraktioner som f.eks. papir, pap/karton, metal, plast og evt. glas** (og evt. flere slags kildesorterede materialer)).
2. Teknisk koncept 2: Omhandler anlæg til at modtage og finsortere **blandet tørt restaffald** fra dagrenovationen eller/og fra storskraldet.
3. Teknisk koncept 3: Omhandler anlæg som kan modtage **begge ovennævnte fraktioner**

I praksis vil de tre anlægstyper hver for sig være forsynet med stort set samme type udstyr uafhængig af hvilke fraktioner der modtages. Det er alene et spørgsmål om kapacitet af anlæggets modtageområde/ aflæsning/ færdigvarelager og af visse typer udstyr, der afgør, om en eller flere slags fraktioner/affaldstyper kan modtages og sorteres.

Alle tre slags anlæg kan indrettes i stil med de sorteringsanlæg, der er etableret og i drift i flere Europæiske lande. Anlæggene bør indrettes til at kunne modtage og behandle flere forskellige materialestrømme. Dette kan gøre anlæggene fleksible hvad angår selve driftssituationen og produktion af "outputs" (udsorterede materialer).

Drift af sorteringsanlæggene kan ske ud fra følgende tekniske koncept:

1. Kildeopdelt karton/pap, plast og metal aflæsses i modtagehal i bås indrettet for denne materialetype. Herefter læsses det i poseåbner (efter behov) og kører igennem hele anlægget til og med finsortering på de infrarøde sorteringsmaskiner. Finsorteret plast m.m. kontrolleres manuelt for urenheder/fejlsortering. Alt finsorteret output balleteres før transport til genvindingsindustri. Om ønskeligt kan glas frasorteres ved udbygning med særligt udstyr (bl.a. farvekamera) til dette.
2. Kildesorteret (blandet) plast og kildesorteret (blandet) metal håndteres på samme måde som kildeopdelte materialer nævnt under pkt. 2
3. Tørt restaffald fra dagrenovationen og småt brændbart aflæsses i modtagehal i særlig(e) bås(e) indrettet for disse materialetyper. Herefter læsses det i poseåbner eller neddelers efter behov og

kører igennem anlægget som beskrevet under "kildeopdeltematerialer". Om ønskeligt kan glas frasorteres ved udbygning med særligt udstyr til dette.

4. Stort træ og møbler (og andet stort brændbart) fra genbrugspladser aflæsses i modtagehal i bås indrettet for denne materialetype. Herefter læsses det i neddelere (på nogle anlæg kan en grovsortering finde sted på gulv med en hydraulisk maskine). Alt undtagen det rene træ kører igennem anlægget til ballistisk sortering, hvor tunge dele (træ og metal) og lette dele (tekstil, læder, skumgummi o. lign.) frasorteres. Tunge dele sorteres i jern og andre metaller samt i træ. Lette dele sorteres på NIR infrarød maskiner i udvalgte genanvendelige materialer og i restaffald. Jern og aluminium balleteres evt. før transport til jernhandler/aluminiumsværk. Rent træ (eller næsten rent) kan efter behov neddeles og føres igennem magnetseparator for udsortering af metal.
5. Stort plast/havemøbler fra genbrugspladser aflæsses i modtage hal i bås indrettet for denne materialetype. Herefter læsses det i neddelere og kører igennem anlægget til og med finsortering på de nær-infrarøde sorteringsmaskiner. Finsorteret plast kontrolleres manuelt for urenheder/fejlsortering. Alt finsorteret output balleteres før transport til genvindingsindustri.
6. Kildesorteret papir fra hente/bringeordninger og stort pap fra genbrugspladser aflæsses i særligt aflæsningsområde, hvor det efterfølgende kan opballes eller læsses direkte i maxi-containere for transport til papirfabrik. Det samme kan ske med kildesorteret plast af mere eller mindre kendt polymer type modtaget fra handel og kontor.

Central sortering – økonomi ved forskellige anlægskoncepter og størrelser

For at analysere økonomien i central sortering er der gennemført beregninger på de 3 forskellige anlægskoncepter nævnt ovenfor. Der er regnet på forskellige tilførsler af affald og genanvendelige materialer og indenfor hvert af disse også på forskellige størrelser. Herigennem opnås overblik over:

- Hvad det koster at etablere og drive centrale sorteringsanlæg
- Forskelligheder imellem tilførsel af forskellige materialer og affaldstyper fra forskellige kilder
- Betydning for økonomien ved forskellige anlægsstørrelse (mængder tilført)
- I nedenstående Tabel 1 gives en oversigt over vigtige økonomiske data for de prissatte tekniske koncepter med tilhørende anlægseksempler

TABEL 1: OVERSIGT OVER ANLÆGSTYPER BESKREVET OG PRISSAT

Teknisk koncept	Materiale/affaldstype tilført sorteringsanlæg (anlægseksempler)	Beregnete anlægs størrelser (tilførte mængder i tons/år) / tilhørende affaldsopland (indb)	Anlægs investering i mio kr.	Enhedsomkostning i kr./ton	Nødvendigt størrelse og opland for stordrift
1	Kildesorterede og kildeopdelte materialer fra dagrenovationen (karton, plast og metal) Anlægseksempel 1A	5.500/300.000	105	3004	25-30.000 tons/år – 1,3 – 1,6 mio. indb.
		9.200/500.000	109	1893	
		12.900/700.000	113	1416	
		20.300/1.100.000	126	1065	
		40.800/2.200.000	150	670	
1	Kildesorterede og kildeopdelte materialer (karton, plast, metal og glas) fra dagrenovationen og fra visse erhverv, stort plast fra GBP Anlægseksempel 1B	11.700/300.000	120	1605	25-30.000 tons/år – 0,7-0,8 mio. indb.
		19.100/500.000	132	1087	
		26.500/700.000	139	838	
		42.700/1.100.000	155	614	
1	Som 1B - desuden kildesorteret papir fra papirordning og stort pap fra papordning/GBP. (Mængder gælder alene papir og pap. Invest = merinvestering) Anlægseksempel 1C	21.200/300.000	5	58	Samme som 1B
		35.300/500.000	8	49	
		49.300/700.000	13	55	
		77.500/1.100.000	13	42	
2	Tørt restaffald fra dagrenovationen Anlægseksempel 2	43.000/300.000	119	419	100-150.000 tons/år – 0,7 – 1,1 mio. indb.
		71.700/500.000	126	268	
		100.400/700.000	131	203	
		157.800/1.100.000	155	159	
		255/2.200.000	255	153	
3	Kildesorterede og kildeopdelte materialer (karton, plast og metal) og tørt restaffald fra dagrenovationen Anlægseksempel 3A	48.800/300.000	125	416	100-120.000 tons/år – 0,7-0,8 indb.
		80.900/500.000	131	271	
		113.300/700.000	138	208	
		178.100/1.100.000	234	221	
		356.400/2.200.000	346	175	
3	Kildesorterede og kildeopdelte materialer (karton, plast, metal og glas) og tørt restaffald fra dagrenovationen og fra visse erhverv samt stort plast og småt og stort brændbart fra GBP Anlægseksempel 3B	93.300/300.000	141	256	Ca. 150.000 tons/år - ca. 0,5 mio. indb.
		153.700/500.000	181	200	
		214.100/700.000	297	237	
		340.800/1.100.000	344	182	
3	Som 3B - desuden kildesorteret papir fra papirordning og stort pap fra papordning/GBP. (Mængder gælder alene papir og pap. Invest = merinvestering) Anlægseksempel 3C	21.200/300.000	5	58	Samme som 3B
		35.300/500.000	8	49	
		49.300/700.000	13	55	
		77.500/1.100.000	13	42	

Mulighed for stordrift skal sammenholdes med øgede transportudgifter ved et større opland. Dette kan føre til, at hensigtsmæssig oplandsstørrelse opnås ved et færre antal indbyggere (fjerntransport i lastvogntræk over 100 km kan koste 50 - 75 kr/ton). Sådanne overvejelser må gøres i de konkrete tilfælde og under hensyntagen til lokale forhold og ønsker.

Der er gennemført konkrete beregninger for sorteringsomkostninger pr ton modtaget affald for anlægseksemplerne 1C til 3C på basis af såvel anlægsinvesteringer som driftsomkostninger for anlæggene. Enhedsomkostningerne i kr. per ton tilført materiale/affald udtrykker alene den gennemsnitlige omkostning for håndtering af ét ton tilført materiale og skelner ikke mellem den forskelligheder i aktuelle omkostninger forbundet med håndtering af forskellige tilførte fraktioner

(f.eks. kildeopdelte materialer eller tørt restaffald) . Det må derfor forventes, at et konkret anlæg evt. vil anvende prisdifferentiere gebyrer for aflevering for at afspejle de faktiske sorteringsomkostninger. Desuden kan det afleverede affalds konkrete indhold af ønskede/ problematiske samt værdi af de udsorterede materialer til genanvendelse også kan medføre prisdifferentierede gebyrer for behandling af affaldet på sorteringsanlægget.

Massestrømme ved forskellige tiltag omkring central sortering

Der er udført massestrømsberegninger på tre system-flows A, B og C for at anskueliggøre konsekvenser for genanvendelsesgraden af de forskellige kildesorteringsmæssige og central sorteringsmæssige tiltag. I hvert system-flow indgår et af det tidligere nævnte anlægseksempler evt. sammen med andre genanvendelsesordninger. Beregningerne for hvert flow bygger på et et opland med ca. 500.000 indbyggere. Der er alene inddraget dagrenovation og de fraktioner fra genbrugspladserne, der indgår i det betragtede system. Erhvervsaffald er ikke medregnet. En samlet oversigt over den mængde, der går til faktisk genanvendelse (ikke 'indsamlet til genanvendelse') er vist i Tabel 2.

TABEL 2: MÆNGDE FAKTISK GENANVENDT VED FORSKELLIGE SYSTEM-FLOWS MED TILHØRENDE ANLÆGSEKSEMPLER

ANLÆGSEKSEMPLER

Anlægstype	Total mængde i system	Mængde genanvendt											
		Fra dagrenovation						Fra genbrugsplads				Mængde i alt	
		kildesorteret		kildeopdelt		tør rest		kildesorteret		tør rest/rent træ			
	tons		tons	%	tons	%	tons	%	tons	%		%	tons
Affaldsflow A - Kildeopdelt dagrenovation til anlægstype 1A	219.258	39.615	18%	8.123	4%	0	0%	2372	1%	0	0%	50.109	23%
Affaldsflow B - Kildeopdelt og tør rest fra dagrenovation (anlægstype 3A)	219.258	39.615	18%	8.123	4%	7.899	4%	2372	1%	0	0%	58.008	26%
Affaldsflow C - Kildeopdelt og tør rest fra dagrenovation og genbrugsplads (anlægstype 3B ekskl. erhvervsaffald)	219.258	33.173	15%	14.242	6%	7.899	4%	1845	1%	12582	6%	69.741	32%

Af tabellen kan aflæses, hvilke tiltag der bidrager mest til øget genanvendelse af forskellige tørre materialer og tørre fraktioner. Der gøres opmærksom på, at tallene præsenteret i ovenstående tabel ikke indeholder alle de genanvendelige materialer der – set i relation til ressourcestrategiens mål på 50% genanvendelse - kan medtages, når man beregner den samlede procent genanvendte mængde fra husholdningerne. F.eks er ikke medtaget stort metal (kommunejern) afleveret på genbrugspladsen eller organisk dagrenovation i ovenstående tabel. Medregnes disse fraktioner vil den faktiske genanvendelse kunne forøges med 25-27.

Krav til producerede materialer og afregningspris

Der eksisterer i dag et internationalt marked for materialer af plast, papir/pap, metaller og glas med krav til renhed som honoreres i afregningspriser. Jo bedre et materiale er oprenset des højere pris kan typisk opnås. Eksempelvis kræves på det tyske marked en renhed på 94% for polyethylen beholdere, 98% for PET plastbeholdere og 93 % for hvidblik (jern) emballage for at materialerne kan accepteres som en standard vare i Duales System Deutschland. Man kan godt afsætte materialer af lavere renhed men til en lavere pris.

Perspektivering

Generelt

Ressourcestrategien for affaldshåndtering indeholder en målsætning om genanvendelse af 50% af affald fra husholdninger (metode for beregning af de 50% er angivet af Miljøstyrelsen). Det nuværende gennemsnitlige niveau for genanvendelse af affald fra husholdninger er ca. 22%. Det må forventes at kommunerne som ansvarlige for affaldshåndteringen (i samarbejde med de fælleskommunale affaldsselskaber og private affaldsentreprenører) etablerer forskellige slags ordninger for indsamling (og senere behandling) af de genanvendelige materialer. Kommunale ønsker og præferencer er styrende herfor.

Centrale avancerede automatiske sorteringsanlæg kan bidrage til øget genanvendelse af højkvalitets sekundære råmaterialer. Dette kan ske på forskellig vis og med forskellige økonomiske konsekvenser. En række karakteristika kan udledes. Disse er bl.a.:

- de forskellige teknologier til sortering er meget robuste og i stand til at sortere på både enkelt- og multi fraktionsblandinger med gode resultater, forudsat at disse blandinger ikke indeholder organiske materialer i større omfang.
- mængde og kvalitet af outputs fra sorteringsanlæggene afhænger af kvalitet af inputmaterialer og grad af sammenblanding ved levering til sorteringsanlægget. Jo færre uønskede ikke genanvendelige materialer i input, jo højere udsorteringsgrad (og dermed mindre tab i sorteringen). Dette gælder både indhold af uønskede tørre materialer i de kildesorterede og kildeopdelte fraktioner og især af indhold af organiske materialer i restaffaldet. Det antages i rapporten, at husholdningerne normalt vil kildesortere den bedste kvalitet i en forholdsvis ren tilstand af de materialer de bliver bedt om at kildesortere. Dette gør den automatiske sortering af disse materialer effektiv og sikrer en høj kvalitet af de materialer det automatiske sorteringsudstyr udsorterer. Sortering på tørt restaffald som i sagens natur er meget blandet sker med en noget mindre sorteringseffektivitet for højkvalitets materialer
- effektiv udnyttelse af installeret sorteringsudstyr bidrager væsentligt til cost effektiv drift. Bedst økonomi opnås ved maksimal udnyttelse (døgndrift) af én fuldt udbygget sorteringslinje. Ved yderligere tilførsler med tilhørende behov for installering af en parallel sorteringslinje nr. 2 opnås først god økonomi når denne linje er effektivt udnyttet
- effektiv udnyttelse af sorteringsudstyr kan opnås ved at "fylde op" med tilførsler af forskellige slags materialer/fraktioner/affaldstyper fra forskellige kilder som husholdninger (dagrenovation), genbrugspladser og erhvervsvirksomheder.

Ud fra ovennævnte karakteristika og resultater fra de økonomiske beregninger kan der anlægges nogle vurderinger af hvor mange sorteringsanlæg, der er plads til i Danmark, når der tages hensyn til økonomisk effektiv drift og til tilførsler af forskellige slags materialer/fraktioner/affald. Der er i første omgang ikke indregnet den eksisterende kapacitet til finsortering, som findes hos Dansk Affald, DK Råstoffer og NOMI4S.

Behov for anlæg til sortering af kildeopdelte genanvendelige materialer fra husholdninger og erhverv (teknisk koncept nr 1)

Økonomisk effektiv drift opnås ved lidt forskellige anlægskapaciteter afhængig af hvilke kildeopdelte materialer der tilføres og hvorfra disse stammer. Ved tilførsel af kildeopdelte materialer i form af karton, plast og metal fra husholdningerne alene opnås en økonomisk effektiv drift ved en tilførsel på i størrelsesorden 25-30.000 tons/år. Dette svarer til et affaldsopland på 1,3 – 1,6 mio. indbyggere. Tilføres også glas samt samme slags materialer fra genbrugspladser og fra visse erhvervsvirksomheder opnås cost effektiv drift ved en samlet affaldstilførsel fra et affaldsopland på ca 0,7 – 0,8 mio. indbyggere (dog kan skår fra glas evt. medføre nogle tekniske og arbejdsmiljømæssige udfordringer).

Ifald den samlede mængde kildeopdelte materialer i Danmark skulle tilføres sådanne anlæg, under samtidig opnåelse af cost effektiv drift, ville det give anledning til etablering af

- 3 til 4 anlæg for kildesorterede/kildeopdelte materialer i form af karton, plast og metal indsamlet fra husholdninger. Af disse vil det være hensigtsmæssigt at 2 stk blev placeret øst for Storebælt. De resterende etableres Vest for Storebælt. Her er det vigtigt at indregne allerede etableret eller planlagt kapacitet
- 7 til 8 anlæg med flere kildesorterede/kildeopdelte materialer (dvs inklusiv glas og papir) fra husholdninger og andre kilder (genbrugspladser og visse erhvervsvirksomheder). Af disse vil det ligeledes være hensigtsmæssigt at mindst 2 stk. blev placeret øst for Storebælt. De resterende etableres Vest for Storebælt. Her er det igen vigtigt at indregne allerede etableret eller planlagt kapacitet.

Særlige lokale forhold, herunder evt. høje omkostninger pga lang transportvej, ville evt. give anledning til det fordelagtige i at etablere et andet antal anlæg.

Behov for anlæg til sortering af kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen og fra erhverv samt plast og småt og stort brændbart fra genbrugspladser. (teknisk koncept nr 3)

Økonomisk effektiv drift opnås også her ved lidt forskellige anlægskapaciter afhængig af hvilke typer materialer/affald der tilføres. Ved tilførsel af kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen opnås dette ved en tilførsel på i størrelsesorden 100.000-120.000 tons/år. Dette svarer til et affaldsopland på 700.000 – 800.000 indbyggere. Tilføres også tørt affald fra visse erhvervsvirksomheder samt småt og stort brændbart samt plast fra genbrugspladser opnås cost effektiv drift ved en tilførsel på i størrelsesorden 150.000 tons/år. Dette svarer til et affaldsopland på ca 500.000 indbyggere (for anlæg der også modtager fra visse erhvervsvirksomheder er disse i et vist omfang også indeholdt i oplandet).

Ifald den samlede mængde kildeopdelte materialer og tørt restaffald i Danmark skulle tilføres sådanne anlæg, under samtidig opnåelse af cost effektiv drift, ville det give anledning til etablering af

- 7 til 8 anlæg for kildesorterede/kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen. Af disse vil det være hensigtsmæssigt at mindst 2 stk blev placeret øst for Storebælt. De resterende etableres Vest for Storebælt. Her er det vigtigt at indregne allerede etableret eller planlagt kapacitet til sortering af kildeopdelte materialer.
- 10 til 11 anlæg kildesorterede/kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen tørt affald fra visse erhvervsvirksomheder samt småt og stort brændbart samt plast fra genbrugspladser. Af disse vil det være hensigtsmæssigt at mindst 2 stk blev placeret øst for Storebælt. Også her vil det vest for Storebælt være vigtigt at indregne allerede etableret eller planlagt kapacitet til sortering af kildeopdelte materialer.

Særlige lokale forhold, herunder evt. høje omkostninger til lang transportvej, ville evt. give anledning til det fordelagtige i at etablere et andet antal anlæg.

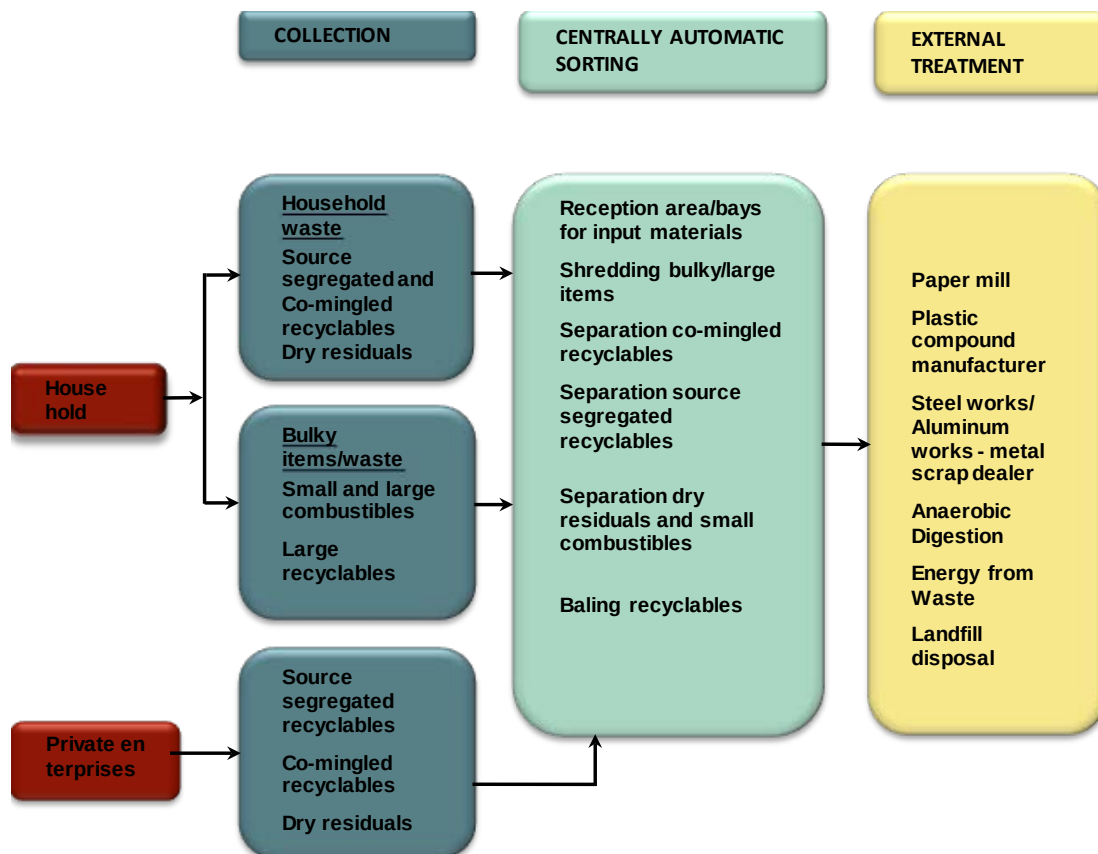
Der er i rapporten ikke taget stilling til evt. servicemæssige fordele/ulemper ved de forskellige løsninger som f.eks. pladsforhold, nemmere sorteringsvejledninger, fælles/individuelle renovationsbeholdere eller incitamentstrukturer. Tilsvarende er muligheder for eksport/import af affald eller evt. lokale kontraktuelle bindinger for affaldshåndteringen ikke med i analyserne. Disse forhold kan sammen med retten til at behandle affaldet og finansieringen af konkrete anlæg (valg af ejerform) have stor betydning for de faktiske investerings- og driftsomkostninger for konkrete anlæg.

Summary

Aim of the project - system boundaries

The main aim of the project is to identify existing and well-functioning international and Danish solutions for automatic waste sorting, focusing on the dry waste fractions in the household waste being plastics, paper, cardboard, metal and glass. It is further the aim to identify and describe Danish value chains in this area, including Danish companies with core competencies in sorting and optical recognition technologies.

The overall system for recycling of waste from households involving centralised automatic sorting includes the operations listed in the below figure.



Major stakeholder involved in this system include:

- Collection : Waste Carriers, local authorities, container manufacturers, collection truck manufacturers, waste management consultants
- Central sorting : waste contractors, technology providers, specialised consultants
- External treatment facilities:

The value chain of this project covers the operations being carried out from source separation at the household through separate collection of the materials until these recyclable materials are pre-

processed and fine sorted and prepared to be upgraded as a secondary raw material at an external recycling industry. The operations involved are listed in the blue and pink boxes (separate collection) and the green box (central automatic sorting).

Central sorting plants in Europe

Plants in Denmark

In Denmark, automatic sorting facilities for household waste are in operation at Dansk Affald in Vojens, at NOMI4S in Holstebro and at DK Resources in Fredericia. These facilities have capacities ranging from approx. 7,000 tonnes per year to 120,000 tonnes per year.

Plants in Europe

In the EU a wide range of different types of central sorting plants are in operation within Austria, Spain, England, Germany, Belgium, the Netherlands and Sweden. These facilities have capacities ranging from approx. 20,000 tonnes per year to 300,000 tonnes per year.

State of the art technologies

Current technologies

Current State of the art technologies for dry mixed fractions of metal, plastic, paper/cardboard and glass are at present based on a variety of mechanical and optical process steps. These steps cover e.g.:

- Shredding of large items
- Pre-sorting using different types of drums/screens, ballistic separators and air classifiers.
- Separation of iron with over band magnet
- Separation of non-ferrous metals such as aluminium with eddy current separation or through identification with metal detectors and separation with air jets
- Separation of plastics in single polymers based on optical detection via near infrared (NIR)
- Fine sorting the cardboard fraction applying colour camera and NIR identification
- Removal of unwanted materials such as stone , ceramics, chinaware and metal from glass via NIR infrared.

All the separation technologies have certain limitations such as:

- The NIR technologies for the sorting of plastic cannot separate black plastic.
- The NIR technologies can only achieve about 90 % sorting efficiency and 90 % purity by a single passage of the plastics.
- NIR technologies can only separate plastics by polymer type if the polymer is visible. In the case of coated plastic the plastic cannot be identified. This also includes hazardous substances applied to the plastic compound. X-ray technologies may recognise some unwanted substances such as brominated flame retardants, but these systems are usually costly to install.
- Metal separation by overband magnets might separate items like transformers and small engines containing an iron core. This might contaminate the iron fraction.

Typically manual quality control with negative sorting is carried out across Europe in order to achieve a sufficiently high material quality.

New promising technologies

A continuous development of sensor -based technologies is taking place. For example, the new combined sensor systems such as NIR/metal sensor and colour camera to recognise metal items in plastic components while separating items by shape and colour. This allows for production of higher quality materials for recycling. New optical detection systems are under development identifying more differences in the material composition.

Sensor technologies used in conjunction with separation of compressed air nozzles (JET separation)

can achieve high capacities. Jet systems, however, are limited in separation one material only having one row of nozzles. In some cases two materials can be separated simultaneously having two rows of nozzles.

When sorting mixed fractions containing several types of unwanted materials, human involvement will be more efficient since human beings are able to recognize and separate several items simultaneously. This is one of the reasons why manual sorting is still included in the sensor-based concepts. The manual sorting may increasingly be simulated using robot technology. Thus, a number of fast robots with sensor technology will substitute some of the manual sorting.

Technologies applied in the Danish value chain

A number of state-of-the-art sorting technologies are already in use in Denmark. A fully automatic central sorting facility however is not yet in operation.

When designing a new central sorting facility a number of issues must be addressed in order to obtain

- a high quality materials recovered (plastics, paper/cardboard, metal and glass fractions)
- a high sorting yield
- an excellent occupational health and safety environment with minimal manual sorting
- a technical concept designed for the waste quantity and composition in a specific catchment area.

The quality of fine sorted materials is affected by the applied collection schemes and the efficiency of the source separation taking place at the household level. Separated materials based solely on mixed dry residual waste normally will result in lower grade material and lower quantity than separated materials from source segregated and co-mingled materials. This counts especially for plastic materials. Involving sorting also of the mixed dry residual waste will however add to the overall recycling yield for a specific catchment area. A flexible facility able to sort multiple types of waste inputs would be advantageous given that this can capture a larger proportion of the recyclable materials from a defined catchment area.

Danish competencies related to automatic sorting

Danish manufactures and other organisations cover the following types of expertise.

- Manufacturing equipment/parts for sorting (e.g. shredders, steel parts and conveyor belts.)
- Specialising in automation robot or recognition technologies via potential skills in developing new sensor/robot solutions
- Concept developers and consultants supplying equipment and construction solutions.
- Universities and other research institutions involved in research and development

The Danish GTS institutions and waste management consultants will be able to expand their skills and service within this field.

Universities will be able to increase their research and educational efforts in technologies that can be applied to new concepts for automatic waste sorting as well as research in environmental and societal impact assessments of new waste treatment technologies and integrated concepts.

Central sorting - inputs and functions

The aim of a central treatment and sorting centre is to sort out the largest possible proportion of the incoming waste/recyclable materials and at the same time ensure high quality recyclable materials as outputs. The centre should be able to treat a variety of inputs/fractions in order to maximise the valuable outputs. Relevant fractions as input are:

Fraction 1: Co-mingled source segregated materials (e.g. paper, cardboard, mixed plastics, mixed

metal and glass) from public collection schemes (kerbside or bring schemes) for recyclable materials or from collection schemes for private enterprises.

Fraction 2: Separate collected source segregated materials (same as above) from same type of collection schemes as for fraction 1.

Fraction 3: Residual waste from households/ municipal waste system (dry fraction without the biodegradable-waste fraction).

Fraction 4: Small combustibles items from bulky waste delivered to household waste recycling centres (HWRC)

Fraction 5: Wood and larger combustible items from bulky waste delivered to household waste recycling centres (HWRC).

Fraction 6: Residual waste from private enterprises (mixed dry commercial waste without bio-fraction)

The sorting facility receives all the fractions mentioned for pre-shredding (if required) and separation of recyclable materials, combustible residual fraction and possibly a fraction for landfilling. The facility does not separate the biodegradable waste. The sorting facility may include the following activities:

- Separate reception and storage of the input waste fractions mentioned above
- Shredding of bulky waste and some large recyclable materials.
- Coarse and fine-sorting of co-mingled materials, mixed dry residual waste and small/large combustible waste from households and private enterprises respectively.
- Fine-sorting of source segregated materials (such as mixed plastics, mixed metal and possibly paper and cardboard and some large recyclable materials shredded at the plant).
- Baling of fine sorted recyclable materials.

Central sorting - relevant technical concepts

In Denmark scrap dealers are already in place for recycling of mixed metal fractions from households. The same counts for paper and cardboard recyclers, which traditionally receive source segregated paper and cardboard in different clean fractions for export to a paper industry abroad (Sweden or Germany). Glass works and bottle washing enterprises are also able to receive mixed broken glass for further fine-sorting with subsequent use in production of new glass items. Facilities for separation of rigid plastic are available in Denmark. However the current capacity is not sufficient to meet the future demand in Denmark.

In order to establish a complete system in Denmark for the processing of recyclables into new secondary raw materials a number of technical concepts are to be implemented. These are:

- Technical Concept 1: Plants to receive and fine-sort co-mingled or source segregated fractions such as paper, cardboard, metal, plastic and glass (and possibly other kinds of source segregated materials in future).
- Technical Concept 2: Plants to receive and fine-sort mixed dry residual waste
- Technical Concept 3: Plants that can receive both of the above mentioned fractions

In practice, the three types of plants each are equipped with virtually the same type of equipment regardless of which fractions are received. It is merely a question of the capacity of the plants' reception area and installation of certain types of equipment that determines whether one or more kinds of recyclables can be received and sorted.

All three kinds of technical concepts are to be designed based on experience and layouts from the sorting plants established and operating in other European countries. The plants are to be designed to receive and process a variety of recyclables described above. This will make the plants flexible in terms of the operational situation and production of outputs.

Operation of sorting plants can be based on the following procedure:

1. Co-mingled cardboard, plastic and metal is unloaded in the reception hall. The materials are loaded into a bag opener (if necessary) and the materials run through coarse and fine sorting including the NIR infrared separators. Fine sorted plastics are manually checked for impurities/defects sorting. All fine-sorted outputs are baled and stored before transport to the recycling industry. If desired glass can also be sorted at the plant. Extra equipment (including colour camera) is to be installed for this purpose.
2. Source segregated mixed plastic and mixed metal are handled in the same way as the co-mingled materials mentioned above.
3. Dry residual waste from households and small combustible waste from HWRC is unloaded in the reception hall at bays dedicated particular for these types of wastes. The waste is loaded into a bag opener or shredder as required and runs through coarse and fine sorting including the NIR infrared separators. Fine sorted plastics are manually checked for impurities/defects sorting. All fine-sorted outputs are baled and stored before transport to the recycling industry.
4. Large wood and furniture and other large combustible items from HWRC is unloaded in the reception hall at bays dedicated particular for these types of wastes. The large items is loaded into a shredder (at some facilities a first sorting takes place at the floor with a hydraulic machine). All items except clean wood passes through the ballistic separator where heavy components (wood and metal) and light items (textiles, leather , foam rubber or similar) are separated. Heavy items are separated via magnet and eddy current separator into iron and other metals, and wood. Light parts are sorted in NIR infrared separators into selected recyclable materials and residual waste. Iron and aluminium are baled and stored before transport to steel works and aluminium works. Clean wood is shredded and passed through the magnetic separator for the separation of metals.
5. Large plastic from HWRC is unloaded in the reception hall at bays designed for this type of wastes. Hereafter it is loaded into the shredder and runs through coarse and fine sorting including the NIR infrared separators. Fine-sorted plastic is manually checked for impurities/defects sorting. All fine-sorted outputs are baled and stored before transport to the recycling industry.
6. Source segregated paper from separate collection schemes and large cardboard items from HWRC is unloaded at a separate unloading area and is subsequently baled and stored for long distance transport to the paper mill .

Central sorting - Economics at different plant concepts and sizes

The economics of central sorting is analysed via calculations on the 3 different plant concepts mentioned above. Calculations are based on various inputs of waste and recyclables and within each of these also in different sizes. Thereby an overview of CAPEX and OPEX for different kinds and sizes of a central sorting facility are established. The below table include information on:

- Technical concept
- Type of recyclable materials/waste delivered to the plant
- Capacity of plant/quantity of input (tonnes/year) combined with associated catchment area (no. of inhabitants)
- CAPEX in million DKK (information on OPEX is found at chapter 6 of the report)
- Required size of catchment area to obtain economies of scale for the operation of the plant

TABEL 3: OVERVIEW PLANT CONCEPTS, CAPACITY, CAPEX AND SIZE OF CATCHMENT AREA

Technical concept	Type of recyclables /waste delivered to the plant	Capacity of plant (quantity of input in tonnes/yr) / associated catchment area (inhabitants)	CAPEX in million DKK	Unit costs in kr./ton of waste	Required size of catchment area to obtain economies of scale
1	Source segregated and co-mingled fractions from household waste (cardboard, plastic and metal) Plant example 1A	5,500/300,000	105	3004	25-30,000 tpa, 1.3 – 1.6 mill. inh.
		9,200/500,000	109	1893	
		12,900/700,000	113	1416	
		20,300/1,100,000	126	1065	
		40,800/2,200,000	150	670	
1	Source segregated and co-mingled fractions from household waste (cardboard, plastic, metal and glass) and from commercial waste and large plastic items from HWRC Plant example 1B	11,700/300,000	120	1605	25-30,000 tpa, 0.7-0.8 mill. inh.
		19,100/500,000	132	1087	
		26,500/700,000	139	838	
		42,700/1,100,000	155	614	
1	As 1B – in addition source segregated paper and cardboard from separate collection schemer and from HWRC. (Quantity and CAPEX cover the extras). Plant example 1C	21,200/300,000	5	58	Same as 1B
		35,300/500,000	8	49	
		49,300/700,000	13	55	
		77,500/1,100,000	13	42	
2	Dry residuals from household waste. Plant example 2	43,000/300,000	119	419	100-150,000 tpa, 0.7 – 1.1 mill. inh.
		71,700/500,000	126	268	
		100,400/700,000	131	203	
		157,800/1,100,000	155	159	
		315,600/2,200,000	255	153	
3	Source segregated and co-mingled fractions (cardboard, plastic and metal) and dry residuals from household waste . Plant example 3A	48,800/300,000	125	416	100-120,000 tpa, 0.7-0.8 mill. inh.
		80,900/500,000	131	271	
		113,300/700,000	138	208	
		178,100/1,100,000	234	221	
		356,400/2,200,000	346	175	
3	Source segregated and co-mingled fractions (cardboard, plastic and metal) and dry residuals from household waste and from commercial waste and large plastic items from HWRC Plant example 3B	93,300/300,000	141	256	Approx. 150,000 tpa, approx. 0.5 mill. inh.
		153,700/500,000	181	200	
		214,100/700,000	297	237	
		340,800/1,100,000	344	182	
3	As 3B – in addition source segregated paper and cardboard from separate collection schemer and from HWRC. (Quantity and CAPEX cover the extras) Plant example 3C	21,200/300,000	5	58	Same as 3B
		35,300/500,000	8	49	
		49,300/700,000	13	55	
		77,500/1,100,000	13	42	

Establishment of large scale sorting plants will result in high transportation costs. Transport distances of 100 km might imply additional transport cost of 50 – 75 kr/ton og waste. Cost of transportation has to be considered analysing actual projects of this nature.

The cost calculations have presented unit costs in kr./ton of delivered waste/recyclable materials. These unit costs do not necessarily reflect the actual costs for sorting each of the different fractions delivered to the plant. Different tipping fees for delivery of specific fractions might be introduced during operation of the plants.

Mass flow consequences in selected integrated central sorting schemes

Mass flow calculations have been prepared on three selected integrated central sorting schemes A, B and C to illustrate the consequences of the different source separation schemes and centralized sorting of different fractions. A catchment area of approx. 500,000 inhabitants is applied in these calculations. Commercial waste is not included. An overview of the amount that is actually recycled is shown below in Tabel 4. Further details can be found at chapter 7 of the report.

TABEL 4: MASS FLOW FOR SELECTED RECYCLING ACTIONS

Technical concept	Total amount	Amount being recycled											
		From Household waste						From HWRC				Total amount	
		Source segregated		Co-mingled		Dry residuals		Source segregated		Dry residuals			
	tpa	tpa	%	tpa	%	tpa	%	tpa	%	tpa	%	tpa	%
Co-mingled recyclables (plant concept 1A)	219.258	39.615	18%	8.123	4%	0	0%	2372	1%	0	0%	50.109	23%
Co-mingled recyclables and dry residuals from households (plant concept 3A)	219.258	39.615	18%	8.123	4%	7.899	4%	2372	1%	0	0%	58.008	26%
Co-mingled recyclables and dry residuals from households and HWRC (technical concept 3B without commercial waste)	219.258	33.173	15%	14.242	6%	7.899	4%	1845	1%	12582	6%	69.741	32%

The table illustrates/displays the proportion of recyclables (quantity and % of total mass flow) derived from the different recycling schemes and sorting actions analysed. It should be noted that the numbers presented in the above table do not include all the recyclables covered by the Danish Resource Strategy target of 50 % recycling when calculating the total percent recycled by the households. Not included fractions cover large metal items from HWRC as well as source segregated biodegradable waste from the household waste. In case these fractions are included the amount being recycled might be added 25-27%.

Market for recyclable materials'

There is currently an international market for recyclables as plastics, paper/cardboard, metal and glass involving requirements to quality and corresponding market prices. The better quality, the higher price is obtained. As an example the German market requires a purity of 94% for polyethylene containers to be accepted as a standard item in Duales System Deutschland and thereby obtaining highest price. For PET a purity of 98% is required and for tins (iron) packaging materials 93% is required. It is possible to sell materials of lower purity however implying a lower price.

Future perspectives

General

The Danish Resources Strategy for Waste Management includes a target on recycling 50% of waste from households (the method of calculating the 50 % is defined by the Danish Environmental Protection Agency). The current level of recycling of household waste is approx. 22 %. It is expected that municipalities being responsible for waste management will provide different kinds of integrated schemes for the collection and subsequent treatment of recyclables to meet these targets.

Local situation and preferences will govern decisions on future schemes to be established.

Central advanced automated sorting system can contribute to increased recycling of high-quality secondary raw materials. This can be made in different ways and with different cost consequences. A number of characteristics can be pointed out. These include among others:

- the different technologies for sorting are very robust and able to separate both single and multi-fraction mixtures with good results, provided that these mixtures do not contain high amounts of biodegradable waste.
- quantity and quality of outputs from sorting plants depend on the quality and the mix of input materials. The less contaminants and wrongly source segregated materials in the input, the higher sorting efficiency (and thus less loss in output from sorting). This applies to both undesirable dry materials in the source segregated and co-mingled fraction and especially to the biodegradable matter content in the residual waste.
- efficient utilisation of installed sorting equipment contributes significantly to the cost effective operation. The most cost effective operations are obtained by maximising inputs to one fully utilised sorting line. In case of additional inputs a need for installation of a parallel sorting line number 2 will appear. Cost efficient operation of line 2 is achieved only having full utilization of this new line.
- efficient utilisation of sorting equipment can be obtained by " filling up " with inputs of different kinds of materials/fractions/wastes from various sources like households, recycling centres and commercial enterprises.

Based on the above characteristics and results of cost calculations, the number of sorting plants throughout Denmark meeting economies of scale criteria has been estimated, taking into account cost efficient operations and inputs of different kinds. Existing sorting capacity available is not included in this estimation.

Economies of scale plants needed for the separation of source segregated recyclable materials from households and private enterprises (technical concept No. 1)

Cost efficient operation is achieved by slightly different plant capacity depending on type of input materials and on source of waste/recyclables. Having source segregated/co-mingled materials as cardboard, plastic and metal from households solely, economies of scale operation are achieved at an input of minimum 25-30,000 tonnes/year. This corresponds to a catchment area of 1.3 to 1.6 million inhabitants. In case of having also glass as input together with the same kind of materials from HWRCs and from certain private enterprises a catchment area of about 0.7 - 0.8 million inhabitants will suffice to achieve economies of scale in operation.

Applying the above information to a national scale this would imply the establishment of the following number of plants in Denmark

- 3 to 4 plants for co-mingled/source segregated materials as cardboard, plastic and metal collected from households. Among these an appropriate number of 2 would be located east of the Great Belt. The remaining are to be established West of the Great Belt. It is here important to recognise the already established or planned capacity.
- 7 to 8 plants having multiple sources of the same materials as well as additional types of input materials as glass and paper. Among these, it would also be appropriate to establish minimum 2 plants East of the Great Belt. The remaining are to be established West of the Great Belt. It is here again important to recognise already established or planned capacity.

Individual local conditions and the inclusion of long distance transport costs might result in establishment of another number of plants than mentioned above.

Economies of scale plants needed for the separation of source segregated materials and dry residual waste from households and from private enterprises as well as

plastic and small and large combustible waste from recycling centres. (technical concept No. 3)

Cost efficient operation is achieved by slightly different plant capacity depending on type of input materials and on source of waste/recyclables. Having source segregated/co-mingled materials and also the dry residual waste fraction from the households, economies of scale operations is achieved at an input of 100,000-120,000 tonnes/year. This corresponds to a catchment area of 700,000 to 800,000 inhabitants. In case of having also dry residual waste from some private enterprises as well as small and large combustible and plastic from recycling centres, economies of scale operations are achieved at an input of 150,000 tons/year. This corresponds to a catchment area of approximately 500,000 inhabitants.

Applying the above information to a national scale this would imply the establishment of the following number of plants in Denmark

- 7 to 8 plants for co-mingled/source segregated materials and dry residual waste from households. Among these an appropriate number of 2 would be located East of the Great Belt. The remaining are to be established West of the Great Belt. It is here important to recognise the already established or planned capacity.
- 10 to 11 plants for co-mingled/source segregated materials and dry residual waste from households as well as dry waste from private enterprises and also small and large combustible and plastic from recycling centres. Among these, it would also be appropriate to establish minimum 2 plants East of the Great Belt. Also here it is important to recognise the already established or planned capacity West of the Great Belt.

Individual local conditions and the inclusion of long distance transport costs might result in establishment of another number of plants mentioned above.

This report does not include analysis of aspects related to e.g.:

- service to the citizen during source segregation and collection of waste and recyclable materials
- already signed contracts on recycling and waste management

All of such aspects will influence decisions on future schemes for recycling of valuable materials from the household waste

1. Indledning

1.1 Formål

Formålet med dette videnprojekt er at kortlægge de nuværende, velfungerende internationale og danske løsninger til automatisk affaldssortering med fokus på de tørre affaldsfraktioner plast, papir, pap, metal og glas samt at identificere og beskrive danske værdikæder inden for området, herunder danske virksomheder med spidskompetencer inden for sorterings- og genkendelsesteknologier. Sorteringsanlæggene ses som et væsentligt supplement til kildesortering og kildeopdeling hos husstandene og virksomhederne, hvilket betyder, at dagrenovationslignende og kildesorteret genanvendeligt erhvervsaffald, affald fra genbrugsstationer og storskraldsordninger, restaffald samt forbrændingseget affald kan indgå.

1.2 Systemafgrænsning

1.2.1 Nuværende situation uden central sortering

Baseret på informationer fra ISAG 2009 ser den overordnede affaldsstrøm fra husholdninger og erhverv ud som angivet i Tabel 5 nedenfor.

TABEL 5: AFFALDSSTRØM I DANMARK, 2009. KILDE: ISAG 2009

Affaldskilde/type	Mængde genereret (1000 tons)	Mængde genanvendt (1000 tons)	Mængde forbrændt (1000 tons)	Mængde deponeret (1000 tons)
Husholdning				
• Dagrenovation	1659	192	1454	13
• Storskrald/genbrugspladser	600	154	358	88
• Haveaffald	616	612	24	5
Servicesektor	2023	936	930	121
Industri	1446	842	267	336
Byggeri	4959	4754	676	126

ISAG 2009 tal er anvendt idet gruppering af mængder heri passer til behov for data i denne tabel. Mængde genanvendte materialer fra dagrenovation er i Ressourcestrategi for Affaldshåndtering – Oktober 2013 angivet til 22%

Genanvendelse af husholdningsaffald sker primært via

- Genanvendelse af kildesorteret papir og glas/flasker (kommunale genanvendelsesordninger – afsætning af kildesorterede materialer direkte til private genvindingsfirmaer/- industri)
- Kompostering af haveaffald (primært kommunalt organiserede komposteringsanlæg)
- Genanvendelse af visse ”tunge fraktioner” fra genbrugspladserne (dækker mursten, beton, og jord) (afsætning til private genvindingsfirmaer for bygge- og anlægsaffald)
- Genanvendelse af ”kommunejern” afleveret på genbrugspladserne (afsætning til private skrothandlere)
- Genanvendelse af rent træ afleveret på genbrugspladserne (afsætning til NOVOPAN træindustri til spånpladeproduktion)

Flere steder i landet er man begyndt på også at udtage plast og ”dagrenovations metal” til genanvendelse. I de fleste tilfælde afsættes blandet plast og metal til den private genvindingsindustri, der selv må sørge for finsortering og efterfølgende oparbejdning til nye

”sekundære råmaterier”. (Se også kapitel 3.1.2 hvor de primære danske sorteringsanlæg er kort beskrevet).

Som det kan aflæses af Tabel 3 behandles størstedelen af affaldet fra husholdningerne på forbrændingsanlæg. Den relativt store mængde der går til forbrænding kan derfor godt være interessant ud fra et materiale genanvendelses synspunkt. Genanvendelse af affald/materialer fra servicesektoren og fra industrien sker via

- Genanvendelse af papir og pap der indsamles af private affaldsentreprenører/indsamlere og afsættes direkte til genvindingsfirmaer/- industrien
-
- Genanvendelse af metal. Sker primært via salg af genanvendeligt metal direkte til skrothandlere
- Genanvendelse af plast fra plastindustrien. Omfatter rene plasttyper (polymerer) anvendt i plastvare produktion. Afsættes primært til danske plastvarefabrikanter, der kan oparbejde disse kendte plast polymerer til ny ”sekundær plast”.

Flere private affaldsentreprenører råder over anlæg der er i stand til at foretage en vis sortering af visse indsamlede genanvendelige materialer fra servicesektoren og industrien. Bestykning af disse sorteringsanlæg er ikke kendt.

Som det kan aflæses af Tabel 3 genanvendes størstedelen af affaldet fra industrien og byggeriet. Størstedelen af de genanvendte materialer omfatter imidlertid metal og byggeaffald (beton mm). Den relativt store mængde fra denne sektor der går til forbrænding kan derfor godt være interessant ud fra et materiale genanvendelses synspunkt.

Ud over kortlægning af velfungerende tekniske løsninger til automatisk affaldssortering med fokus på de tørre affaldsfraktioner samt identificering af den danske værdikæde inden for området, skal nærværende projekt også vurdere overordnet central automatisk sorterings indplacering og muligheder i det danske affaldssystem. Overordnet betragtet kan etablering af central automatisk sortering af de tørre materialer betyde følgende:

- Øgning af genanvendesgraden ud over hvad kildesortering alene kan bidrage med (via sortering på blandet affald)
- Øgning af kvaliteten og den markedsmæssige værdi af indsamlede genanvendelige materialer (til direkte gavn for affaldsproducenten/borgeren)
- Mulighed for enklere ordninger til indsamling af genanvendelige materialer (færre beholdere, færre tømninger)

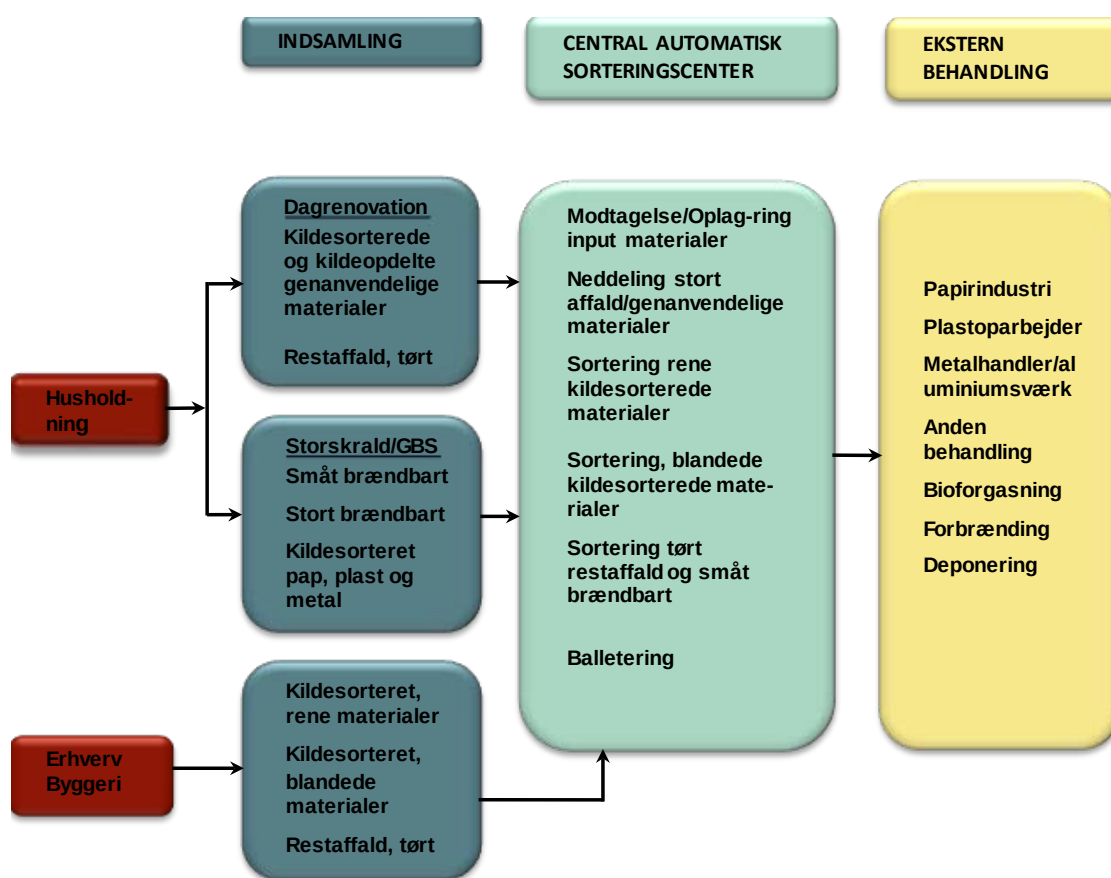
Opnåelse af disse goder kræver imidlertid afsætning af økonomiske midler og installering af avanceret teknologi. Begge dele skal gøres med omtanke og med skyldig hensyntagen til de fordele der måtte være i optimering af det samlede system til indsamling og til central sortering i større anlæg.

1.2.2 Værdikæde og systemafgrænsning

Den samlede værdikæde for håndtering og udnyttelse af ressourcerne i vort affald fra husholdninger og erhverv omfatter overordnet set følgende operationer med tilhørende involverede parter:

Operation	Involverede parter
Kildesortering	Husholdninger, institutioner erhvervsvirksomheder og byggeri
Indsamling af genanvendelige materialer og restaffald	Affaldstransportører, indsamlingsvirksomheder, kommuner, beholderfabrikanter, bilfabrikanter, rådgivere
Central modtagelse og/eller behandling	Affaldsselskaber, affaldsentreprenører, teknologileverandører, rådgivere
Afsætning til genvindingsindustrien	Affaldsmæglere, affaldstransportør, genvindingsindustri

I Figur 1 er vist en oversigt over selve det system, der omhandler de operationer, der er beskrevet ovenfor.



FIGUR 1: OPERATIONER I AFFALDSSYSTEM MED CENTRAL SORTERING

Værdikæden i nærværende projekt dækker de operationer, der foregår fra kildesortering i husholdningen til og med at de indsamlede materialer er klargjort til afsætning til genvindingsindustrien, dvs. de operationer der er nævnt under de blå bokse og den lyserøde boks (indsamling) og den grønne boks (centralt automatisk sorteringscenter). Operationer nævnt under den gule boks (ekstern behandling) beskrives og håndteres således IKKE i nærværende projekt.

Fokus i projektet ligger på den centrale behandling af de tørre genanvendelige materialer, der er nødvendig for at producere en vare (=genanvendelig fraktion/materiale), som

genvindingsindustrien vil modtage til videre oparbejdning til en ny råvare. Disse fraktioner/materialer er tænkt at være følgende:

- **Papir, karton og pap:** Afsættes til papirgenvinder som modtager disse materialer i balleteret eller løs form og videreafsætter til papirindustrien, som producerer nyt papir/pap.
- **Plast:** Afsættes til oparbejder af udsorteret plast som modtager plastemner eller folie sorteret i individuelle polymerer til videre forarbejdning (yderligere finsortering, granulering, vaskning og rensning for uønskede komponenter/forureninger) med henblik på at producere et nyt regenerat af samme type plast klart til salg til plastindustrien.
- **Metal:** Afsættes direkte til stålværk eller aluminiumsværk til omsmeltning og produktion af nyt jern og aluminium. I nogle tilfælde kan afsætning også foregå til metalhandler.
- **Glas:** Afsættes som blandet eller sorteret skår til glasværk som selv eller via entreprenør finsorterer den modtagne glasfraktion.
- **Træ:** udsortering af træ fra forbrændingsegnet affald (fra genbrugspladser/storskrald og erhverv). Indgår i sorteringsanlæg der modtager rest affald og som er forsynet med neddelingsudstyr. Rent træ afsættes til træ industrien.

Dagrenovation er i dette projekt defineret som "det restaffald og de genanvendelige materialer, der ville være endt i restaffaldet, hvis der ikke var etableret hente- og bringeordninger for de genanvendelige materialer fra husholdningernes dagrenovation".

I bilag 1 findes en terminologiliste med korte forklaringer på de vigtigste begreber anvendt i rapporten.

2. Løsninger på central sortering i Europa

2.1 Europæiske systemløsninger - eksempler

Et integreret system, hvor der udsorteres en større mængde affald til genanvendelse fra private boliger (via flere forskellige materialer og via høj sorteringseffektivitet i husholdningerne), som efterfølgende sendes til central finsortering, er kun i drift i Danmark et par enkelte steder. Dansk Affald i Vojens har siden 2002 modtaget blandede kildesorterede materialer (kildeopdelte), som sorteres på et maskinelt sorteringsanlæg (med nogen manuel kontrol/finsortering). Anlægget modtager sådanne materialer fra mere end 500.000 indbyggere i en række Syd-Sønderjyske og Midtjyske kommuner. Endvidere har NOMI4S et sorteringsanlæg i Holstebro, som modtager emballageaffald fra husholdninger i Holstebro, Lemvig og Struer kommuner – i alt 101.000 indbyggere – og udsorterer dette i jern, aluminium og blandet plast. Endelig har DK Råstoffer et sorteringsanlæg for blandet plast i Fredericia. Disse tre anlæg beskrives uddybende senere.

Fra udlandet (f.eks. Østrig, Tyskland, England) haves en lang række erfaringer med systemer, hvor især blandet emballageaffald indsamles og sorteres. Eksistensgrundlaget for disse firmaer/anlæg er at kunne producere genanvendelige materialer af en tilstrækkelig høj kvalitet til, at disse kan afsættes til genvindingsindustrien. I Østrig stilles der f.eks. krav om 98 % renhed af de fint sorterede PET materialer.

2.1.1 Indledende bemærkninger om erfaringer omkring teknologi for maskinel sortering

Indsamling²

I Danmark er der en række erfaringer med indsamling af genanvendelige materialer (og restaffald) i ét- og to-kammerbeholdere med forskellige tømningfrekvenser. Der er ganske få erfaringer i Danmark med indsamling i fire-kammerbeholder (bl.a. Hvidovre og Herlev). Derimod er der rigtig mange erfaringer fra Sverige på denne type beholder. Flere kommuner i Danmark har eller er ved at implementere todelte beholdere til indsamling af kildesorterede materialer. Beholderne er typisk til papir og glas og/eller metal og plast. I flere af disse ordninger indgår afsætning af de indsamlede genanvendelige materialer i kontrakten med indsamlingsvognmanden. I andre ordninger afleveres de indsamlede materialer direkte til et genvindingsfirma (uden forudgående fin-sortering), som herefter afsætter dem til genvindingsindustrien.

Modtagelse og sortering af blandede kildesorterede materialer (kildeopdelt):

Erfaringer med modtagelse og sortering bør deles op på de basale sorteringskoncepter, der anvendes rundt omkring. Mekanisk sortering af flere forskellige slags rene materialer kan foregå enten via sortering af forskelligt farvede poser (OPTIBAG posesortering), eller det kan foregå via sortering af de forskellige rene materialer.

For optisk sortering af forskelligt farvede poser haves en lang række erfaringer fra især Norge og Sverige. Disse erfaringer viser, at teknikken fungerer, og kommuner i disse lande viser stor interesse for konceptet.

² Indsamlingsteknologier er ikke omfattet af dette projekt. Nævnes alligevel fordi central sortering naturligt er knyttet til metoder for indsamling og de materialer forskellige indsamlingsmetoder kan give anledning til.

Mekanisk sortering på blandede kildesorterede emballage materialer har foregået i mange år i Tyskland og Østrig og foregår nu også i Belgien, England, Frankrig og Holland. Det er dog først i de senere år, at teknologien er udviklet så langt, at mekanisk/optisk sortering kan levere en række output materialer, som kan opnå en høj pris hos genvindingsindustrien. Årsagen hertil er inddragelse af sensorbaseret optisk sorteringsudstyr (Nær InfraRød –NIR sensor baseret sortering, samt sortering baseret på farvekamerasensor), som er i stand til at genkende individuelle materialer (f.eks. PE, PP, PET, PS og PVC samt glas og plast i forskellige farver). Højeste kvalitet opnås kun ved at have en manuel kvalitetskontrol af det mekanisk/optisk sorterede materiale. Ved denne kontrol foregår der en negativ udsortering af forurenende komponenter. Relateres de gjorte erfaringer fra udlandet til det systemkoncept, der kunne etableres i Danmark, er der følgende udfordringer:

- **Sorteringskvalitet:** De anlæg der er i drift i Europa modtager primært blandet emballageaffald. I Danmark er der interesse for at inddrage andet end emballageplast og emballagemetal for at sikre størst mulig ressourceeffektivitet. Dette er ikke afprøvet i stor skala på anlæggene i Europa - bortset fra nogle få anlæg der modtager tørt restaffald. I og med at det tekniske udstyr i et sorteringsanlæg er robust over for materialernes art og form, kan et anlæg med det nyeste udviklede udstyr også udsortere en lidt anderledes fraktion med høje renhedsgrader. Det er i dette tilfælde mere et spørgsmål om, hvor stor en andel af de enkelte materialer der udsorteres i en høj kvalitet.
- **Arbejdsmiljø:** Opnåelse af en kvalitet på 95- 98 % renhed af plast kan normalt kun opnås via en kvalitetskontrol, der indebærer manuelt arbejde. Teknisk set kunne en yderligere optisk frasortering for urenheder vælges via installation af ekstra infrarød sorteringsudstyr. Dette har man i mange lande valgt ikke at gøre, men i stedet anvende manuel arbejdskraft til kontrol og finsortering. Man skal her være opmærksom på, at de materialer der sorteres på er kildesorterede (og ikke restaffald). Et evt. problem omkring arbejdsmiljø (og foranstaltninger til sikring af acceptabelt arbejdsmiljø) skal inddrages og vurderes.

Modtagelse og sortering på restaffald

Der findes kun få nyere anlæg i Europa, der sorterer på restaffald med henblik på at udtrække størst mulig mængde genanvendelige materialer. Et af disse er etableret på Cypern. Der findes derimod mange anlæg, der er bygget for at lave en stor fraktion RDF/forædlet affaldsbrændsel (samt en lille fraktion til genanvendelse). Udfordringerne ved de nyere anlæg til udsortering af størst mulig mængde til genanvendelse er de samme som nævnt ovenfor ved anlæg til sortering af blandede rene materialer.

2.1.2 Anlægseksempler i Danmark

Som nævnt ovenfor haves tre egentlige automatiske sorteringsanlæg i drift i Danmark. Disse er Dansk Affald i Vojens, NOMI4S i Holstebro og DK Råstoffer i Fredericia. Derudover findes flere anlæg der i både offentligt og i privat regi foretager en eller anden form for sortering på visse modtagne fraktioner.

Følgende meget oversigtsmæssige oplysninger kan gives for de tre danske automatiske sorteringsanlæg:

Dansk Affald i Vojens:

Modtager kildeopdelte materialer indsamlet primært via DuoFlex konceptet. Materialer leveres i to blandede fraktioner som er sorteret ude i husholdningerne. Disse er:

Fraktion 1: Pap, aviser og plastfolie (lette materialer)

Fraktion 2: Glas, flasker og skår, plastdunke, aluminium og metal/jern (tunge materialer).

Anlægget har en årlig kapacitet på 120.000 tons ved fire skift og 7 dages arbejdsuge. Anlægget er bestykt med følgende udstyr:

- Modtagehal/areal
- Sorteringskabine for lette materialer samt affald og fejlfraktioner (manuel sortering)
- Magnet til frasortering af metaller
- NIR infrarød til finsortering af plastdunke ud i individuelle plastpolymerer
- Div. andre komponenter

Anlægget modtager i øjeblikket de nævnte kildesorterede materialer fra et opland, der er i størrelsesorden 515.000 indbyggere.

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 "papir, pap, plast" til forbrænding: 1,4 % af input
- Rest fra "glas, plast, metal" til forbrænding eller deponi: 4,8 % af input

NOMI4S i Holstebro

Modtager bl.a. kildesorteret emballageaffald fra husholdninger omfattende

- Plastemballage
- Metalemballage

Anlæggets kapacitet afhænger af hvilke materialer der tilføres. Ved plast- og metalemballage er kapaciteten 1.750 tons/år ved et skift, 5 dage om ugen. Tilføres også glasemballage stiger kapaciteten til 7.000 tons/år (samme driftsform). Anlægget er bestykt med følgende udstyr:

- Modtagehal/areal
- Magnet til frasortering af jern/magnetiske materialer
- Skråsigte med vibrator og luft til frasortering af folie, papir og tunge materialer
- Metal separator (eddie current) til frasortering af ikke magnetiske metaller som f.eks. aluminium

Materialeflow i anlægget er typisk følgende (kilde: NOMI4S 2013):

- Jern til genanvendelse: 27,7 % af input
- Aluminium: 23,4 % af input
- Hård plast: 23,4 % af input
- Reject til forbrænding: 25,5 %

NOMI4S vurderer, at effektiviteten på sortering af de ønskede genanvendelige materialer (hård plast og metal) er ca. 95 % af de modtagne mængder af samme art (altså uden indhold af reject til forbrænding).

DK Råstoffer I Fredericia

Modtager hård plast fra kommunal genbrugspladser samt fra andre kommunale eller private indsamlingsordninger for plast. Modtagne plasttyper omfatter PVC, PE, PP, havemøbler, rør og dunke.

På anlægget foregår følgende operationer:

- Neddeling af plastmateriale
- Sigtning i en tromlesigte (størrelsessortering)
- Manuel sortering (af uønskede emner)
- Frasortering af magnetiske metaller via overbåndmagnet
- Optisk sortering på NIR Infrarød separatorer i PE, PP, PVC
- Presning af baller (individuelle plasttyper (polymerer))
- Granulering af visse polymertyper (PE, PP, PVC)

Kapaciteten på anlægget i Fredericia forventes at være ca. 40.000 tons plast pr. år ved 24 timers drift i 7 dages arbejdsuge. Der regnes årligt med 3 uger til vedligehold og en kapacitet på 6 ton i timen samt en udnyttelsesgrad på 85 % af driftstimerne. Pt. arbejder anlægget i 2 skift og forventer at behandle 24.000 ton i 2014, hvilket hovedsageligt består af blandet plast fra genbrugspladser. Materialeflowet i anlægget er ikke kendt. Alle produkter sendes til ekstern genvinding i udlandet.

2.1.3 Anlægseksempler i Europa

En række eksempler på systemer og teknikker er beskrevet nedenfor dækkende Østrig, Spanien, England, Tyskland, Belgien Holland og Sverige. Anlæg til sortering af blandet affald og af kildeopdelte fraktioner findes endvidere på Cypern og i Frankrig og Polen.

Østrig: I Østrig haves producentansvar på emballager - plast, pap, metal, træ m.m. Der er typisk tredelt indsamling fra husholdninger fordelt på emballager (metal og især plast), bio-affald og restaffald. Centrale finsorteringsanlæg samt separate anlæg til oparbejdning af blandet finsorteret returplast er i drift. EU's Deponeringsdirektiv og Emballageaffaldsdirektiv er den primære årsag til opbygning af systemet i Østrig. Her er der producentansvar på emballager, hvor den ansvarlige organisation er privat (ARA). ARA har opbygget et sammenhængende system med inddragelse af kommuner, private affaldsrepræsentanter og oparbejdere af genanvendelige materialer. ARA udbyder kontrakter på indsamling og sortering.

Eksempler fra Østrig er bl.a.:

Saubermacher sorteringsanlæg i Graz

- Input: Kildesorteret emballageaffald (især plast) fra husholdninger (de gule sække)
- Kapacitet: 50.000 ton/år
- Udstyr: Tromlesigte, vindsigte, NIR (infrarød sortering), magnet og eddy-current separator, manuel kontrol og finsortering
- Outputs: HDPE flasker, PET (hvide, lyseblå, grønne), LDPE, PP, papir/karton, jern/aluminium, forbrændingsegnet.
- Overholder kvalitetskrav stillet af det Østrigske producentansvarssystem ARA.

Fotos fra anlægget ses nedenfor.





Kruschitz plastics recycling, Völkermarkt

Anlægget drives af et privat firma. Følgende karakteristika kan gives:

- Input: Finsorteret PET, HDPE, PP og PS fra sorteringsanlæg for emballageaffald (f.eks. fra Saubermacheranlægget nævnt ovenfor).
- Udstyr: ballistisk separator, NIR sortering, neddeling, vaskeanlæg (kold og varm), vakuum reaktor, granulering, ekstrudering.
- Output: Returplast i form af flakes eller granulat af PET, PP og PS til direkte brug i plastindustrien. Producerer også selv plastfolie til direkte afsætning.

Dette anlæg er et eksempel på et af flere anlæg i Østrig, der modtager høj kvalitet separerede plast polymerer udsorteret fra blandet emballageaffald på andre anlæg. Anlægget oparbejder det modtagne til en ny plast råvare (sekundær) via forskellige rengørings- og bearbejdnings processer. Denne type anlæg dækkes ikke af nærværende projekt.

Spanien/Barcelona: I og udenfor Barcelona er der etableret flere centrale "Ecoparcs" med avancerede anlæg for sortering og behandling af blandet og kildeopdelt/ kildesorteret affald. EU's Deponeringsdirektiv og Emballageaffaldsdirektiv er den primære årsag til opbygning af systemet i Spanien. Metropolitan Barcelona har etableret et netværk af forskellige typer affaldsbehandling baseret på kildesortering/opdeling og central sortering og behandling.

Eksempler fra Barcelona er bl.a.:

Ecoparc 4, El Hostales de Pierola

- Input: Blandet dagrenovation (rest og bioaffald)
- Kapacitet: 300.000 ton/år
- Udstyr: Manuel forsortering af store emner, poseåbner, sortertromler, NIR infrarød sortering, magnet og eddy-current separator
- Outputs: papir, tetrapak, aluminium, jern, HDPE, PET flasker, blandet plast, organisk og rest (forbrændingseget). Alle genanvendelige materialer afsættes til genvindingsindustrien til videre oparbejdning til ny råvare. Organisk fraktion bioforgasses på eget biogasanlæg.

Gavà-Viladecans sorteringsanlæg

- Input: Kildeopdelte genanvendelige materialer indsamlet samlet
- Kapacitet: 24.000 ton/år
- Udstyr: Manuel forsortering, ballistisk sortering, NIR infrarød sortering, magnet og eddy-current separator
- Outputs: aluminium, jern, HDPE, LDPE, PET, PP, PS og PVC. Alle afsættes til genvindingsindustrien til videre oparbejdning til ny råvare.

Foto fra anlægget ses nedenfor.



England: Flere sorteringsanlæg er i drift med avanceret udstyr, som modtager kildeopdelte (co-mingled) genanvendelige materialer. Sorteringsanlæggene i England er i overvejende grad ejet og drevet af private operatører via OPP kontrakter. EU's Deponeringsdirektiv og Emballageaffaldsdirektiv er den primære årsag til opbygning af systemet i England. National strategi for genanvendelse m.m. danner basis. DEFRA (Engelske Miljøstyrelse) understøtter via F&U midler teknologiudvikling (under blandt andet WRAP programmet).

Eksempler fra England er beskrevet nedenfor.

Grundon, i London

- Input: Kildeopdelte genanvendelige materialer indsamlet samlet
- Kapacitet: 24.000 ton/år
- Udstyr: Manuel forsortering, ballistisk sortering, skivesigtning, NIR infrarød sortering, magnet og eddy-current separator
- Outputs: aluminium, jern, HDPE, LDPE, PET, PP, PS, PVC og glas

Foto/layout fra anlægget ses nedenfor.



Biffa, Plastics Road, i Redcar

- Input: Blandet plast fra husholdninger (emballage og andet) og fra MRFs (forsorteringsanlæg for blandet affald og co-mingled indsamling)
- Kapacitet: 20.000 ton/år
- Udstyr sortering: Magnet, tromlesigte, vindsigte, NIR infrarød, eddy current, manuel kontrol,
- Udstyr plastoparbejdning: Granulater, vaskeanlæg, centrifugeseparation, NIR infrarød, manuel kvalitetskontrol)
- Outputs: Flakes af PE, PP og PET

Dette anlæg er et eksempel på et af flere anlæg i England, der modtager blandede plast polymerer kildesorteret hos husholdningerne henholdsvis udsorteret fra blandet emballageaffald på andre sorteringsanlæg.

Greenwich Material Recover Facility, i London

- Input: Blandet tørt affald (papir/pap, metal, plast, glas)
- Kapacitet: 75.000 ton/år
- Udstyr: Ballistisk forsortering, folieseparation, maskinel separation af papir og pap i aviser/ugeblade, pap og blandet papir, NIR infrarød sortering af plast, oparbejdning af glas med fjernelse af KSP (porcelæn o.lign) , jern og aluminiumseparation
- Outputs: aviser og ugeblade blandet papir, pap, jern, aluminium, glas og forskellige plastpolymerer
- web: <http://www.veoliaenvironmentalservices.co.uk/Main/Facilities/Recycling-facilities/MRFs/Greenwich-MRF-/>

Tyskland:

Et stort antal sorteringsanlæg er i drift i Tyskland etableret som led i DSD (Duales System Deutschland). Her beskrives et af disse anlæg.

ALBA sorteringsanlæg Braunschweig

- Input: gule sække med emballageaffald, blandet kildesorteret affald fra Norge og plastemballageaffald fra Sverige
- Kapacitet: 140.000 tons/år (20 t/h) ved 3 skift og 5 dage/uge. Lagerkapacitet til 5.000 tons (2 ugers produktion). Har ca. 45 ansatte.
- Udstyr: Magnet, tromlesigte, ballistisk separator, vindsigte, NIR infrarød (22 stk.), eddy current. Har manuel kvalitetskontrol og udsortering af højværdi materialer (folie og Alu)
- Outputs: aluminium (også folie fra emballager), jern, HDPE, LDPE, PET, PP, PS, PVC samt tetra pak emballager
- Økonomi: Investering ca. 26 mio €. Afsætning konserverdåser/drikkevareemballage: 100 – 250 €/t (75 % renhed), Alu folie: 180 €/t (40 % renhed)

Foto fra anlægget ses nedenfor.



Belgien: En privat organisation Fost Plus organiserer effektiv genanvendelse af emballageaffald (plast, metal, karton). Har et indsamlings- og behandlingssystem i drift i hele Belgien. EU's Deponeringsdirektiv og Emballageaffaldsdirektiv er den primære årsag til opbygning af systemet i Belgien. Den private organisation Fost Plus er etableret for at varetage afsætning af genanvendeligt emballageaffald. Fost Plus laver aftaler med kommuner, affaldsselskaber, private affaldsentreprenører og oparbejdere af genanvendelige materialer. Fost plus driver ikke egne sorteringsanlæg.

Holland:

SITA sorteringsanlæg til plast, Rotterdam:

- Input: Kildesorteret plastemballage
- Kapacitet: 25.000 ton/år
- Udstyr: Forsortering, vindsigter, NIR infrarød sortering,
- Outputs: HDPE, LDPE, PET, PP, PS

Sverige:

Sverige har producentansvar for emballageaffald.

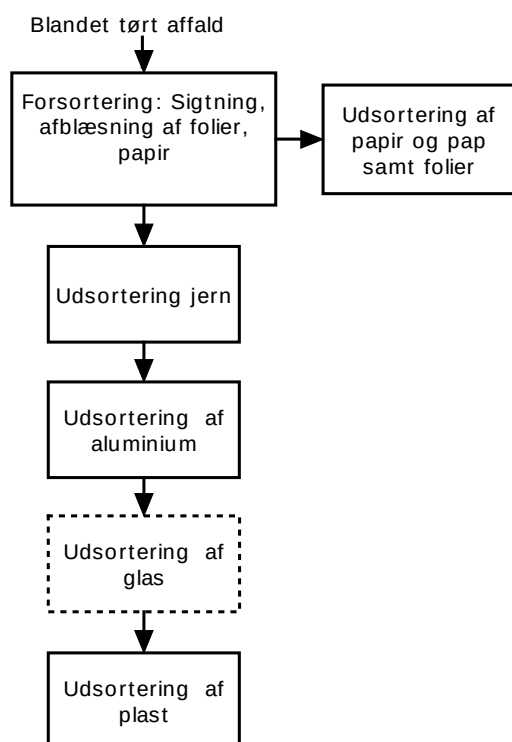
SWEREC sorterings- og oparbejdningsanlæg for blandet plast: Modtager fra Sverige, Norge og Danmark.

- Input: Kildesorteret plastemballage
- Kapacitet: 65.000 ton/år
- Udstyr: Forsortering, folieseparation med vacuumseparator, NIR infrarød sortering, plastgranulering, vask og synkeflydeanlæg
- Outputs: PE, PET, PP (Flakes/granulat)
- web: www.Swecrec.se

Anlægget er mere detaljeret beskrevet i næste kapitel.

2.2 Anvendte teknologier på udvalgte Europæiske automatiske sorteringsanlæg

Der er i en årrække blevet bygget et stort antal anlæg til central sortering af blandet tørt affald i udlandet. Anlæggene benytter en lang række maskinelle metoder til at udsortere materialerne som vist på Figur 2.



FIGUR 2: SORTERING AF BLANDET TØRT AFFALD

Teknologier til forsortering omfatter:

- Sorteringstromler, ballistiske separatorer, vindsigter, luftknive m.m.

- Teknologier til sortering af papir/pap omfatter:
- Luftseparation, sortering med JET separation baseret på NIR/farvekamera m.m.
- Teknologier til sortering af jern er typisk baseret på en overbåndsmagnet m.m.
- Teknologier til separation af aluminium og andre ikke magnetiske metaller er typisk baseret på eddy current separation.
- Teknologier til separation af plast fra emballage er baseret på NIR separation. Plasten kan separeres ud i en lang række polymerer: PE,PP,PET, PS etc.
- Teknologier til separation af glas omfatter fjernelse af KSP (Keramik, sten, porcelæn) samt rester af plast, papir, snavs. mm

Nogle anlæg er specialiserede til hovedsageligt at behandle emballageaffald svarende til DSD systemet i Tyskland (Grüne Punkt) med den gule sæk, ligesom der er anlæg der behandler kildesorterede fraktioner som papir/papsorteringsanlæg, glassorteringsanlæg og metaloparbejdningsanlæg (shredderanlæg).

Anlæggene har typisk kapaciteter på i størrelsesordenen 50.000-100.000 ton/år.

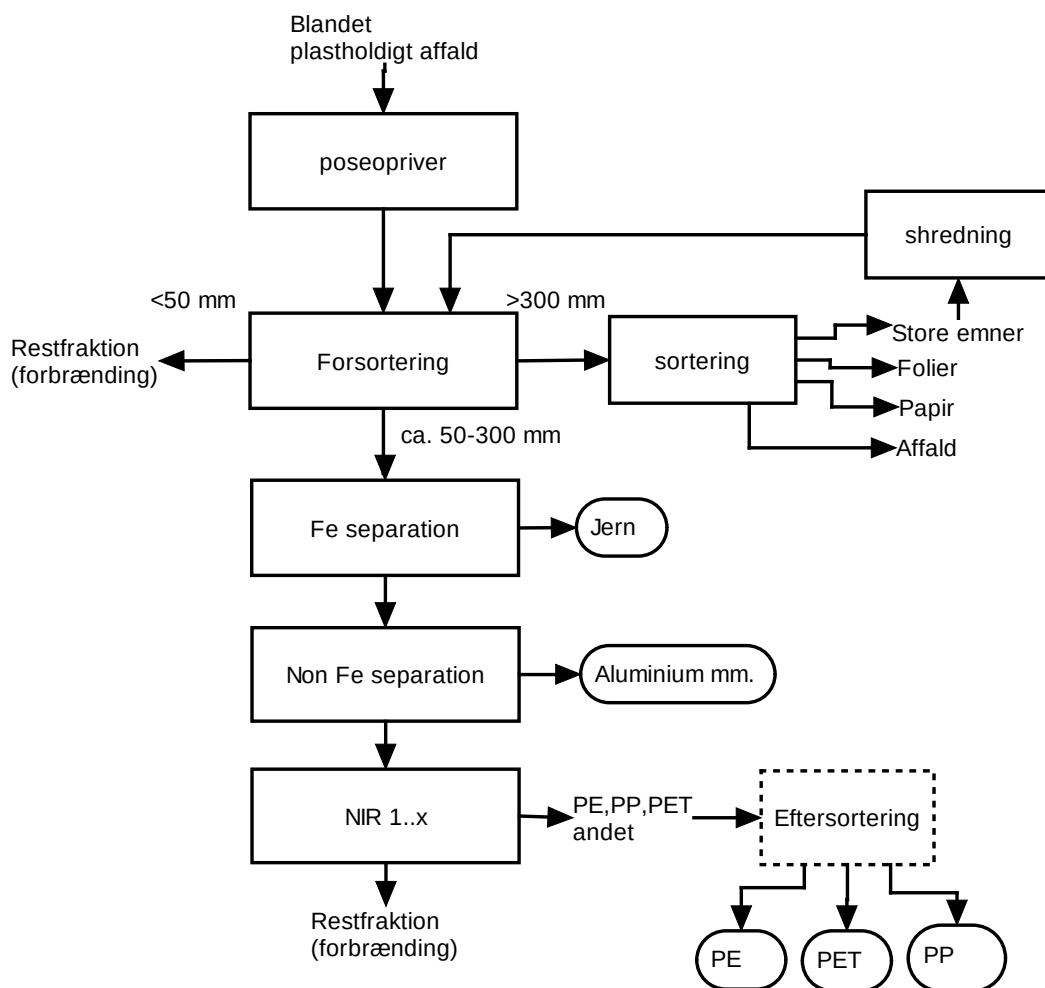
Generelt gælder at en separationsteknologi skal arbejde tæt på fuld designbelastning, for at der opnås en god driftsøkonomi. Hvis et anlæg producerer en mindre fraktion af f.eks. plast eller glas, kan det derfor være mere fordelagtigt at få fraktionen slutoparbejdet på et stort anlæg frem for at investere i teknologi til at gøre det selv. Derfor foregår oparbejdning på sorteringsanlæg til blandede materialer typisk kun til et vist niveau f.eks. udsortering af plastbeholdere i grundpolymerer til viderebearbejdning på et specialiseret anlæg der granulerer plasten, vasker denne og separerer den yderligere til en kvalitet som kan omsmeltes.

I afsnit 3.2 til 3.2.4 er vist eksempler på anlægskoncepter til plast, papir/pap, glas og metal. De indgående teknologier beskrives nærmere i kapitel 3.

2.2.1 Anlæg til sortering af plastholdige fraktioner

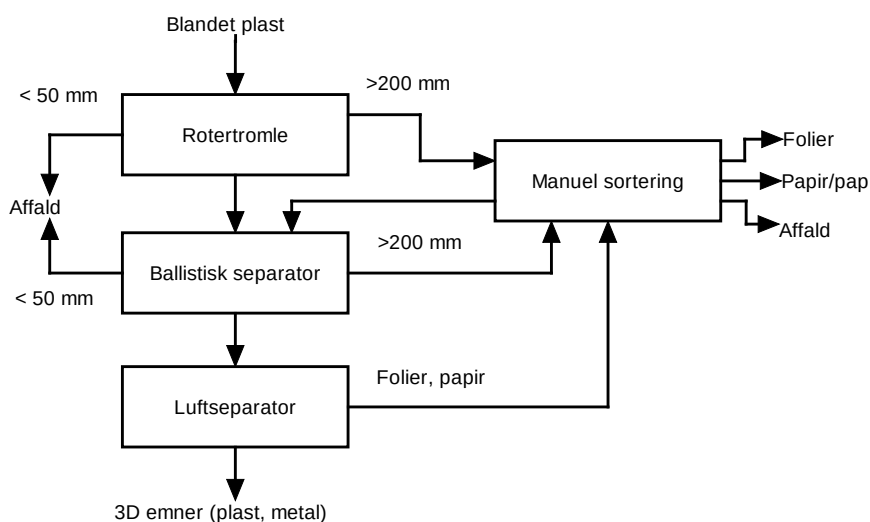
Der findes en lang række europæiske sorteringsanlæg til plastholdige fraktioner. Mange af anlæggene behandler blandede fraktioner med et vist indhold af andre materialer end plast f.eks. metaldåser, papir og pap eller evt. glas.

Et anlæg vil typisk indeholde følgende elementer:



FIGUR 3: EKSEMPEL: AUTOMATISK SORTERINGSANLÆG TIL PLASTHOLDIGT AFFALD

Anlæggene kan være forsynet med forskellige mekaniske løsninger til forsortering, se eksempler i Figur 4.



FIGUR 4: EKSEMPEL: FORSORTERING TIL PLASTHOLDIGT AFFALD MED INDHOLD AF FOLIER, PAPIR, METAL M.M.

Eksemplet viser forsorteringen på et anlæg, som behandler 44.000 tons materialer pr. år bestående af 54 % plast (hovedsageligt PET og PE), 27 % papir og 5 % metal (WRAP Technical Report (2010),

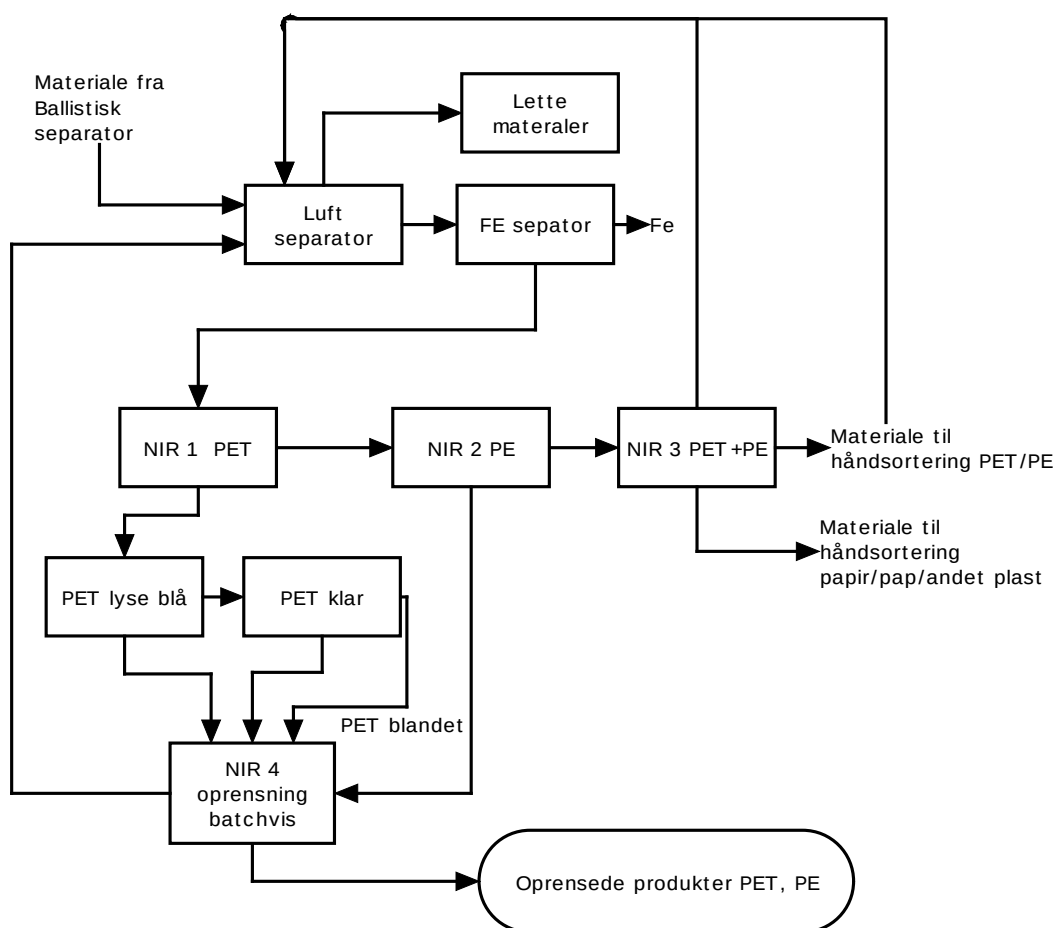
anlæg C). I stedet for ballistiske separatorer findes der også anlæg, som benytter ”disc screens” (skivesigter). Luftseparatorer til fraseparation af lette folier og papir findes i forskellige udformninger som zigzag vindsigter eller luftknive.

I nogle anlæg er noget af den manuelle separation erstattet af mere teknologi, eksempelvis en vacuumseparator, som er bedre til at sortere lette plastfolier fra let emballage. Det er dog meget svært helt at undgå manuel sortering. Ved forsorteringen ses, at partikler mindre end hulstørrelsen (50 mm) mistes via sigtehullerne i rotertromlen og den ballistiske separator. Hvis der benyttes en mindre hulstørrelse, mindskes tabet, til gengæld videreføres en række urenheder, som kan medføre problemer ved efterfølgende sortering.

Hvis det tilførte materiale kun indeholder plastemballage, kan man i forsorteringen nøjes med et simplere koncept f.eks. en rotertromle/sigte med 300 mm masker og en vindsigte til at fraseparere folier fra store plastemner.

Vedrørende NIR-separation af plast findes en række kombinationsmuligheder afhængigt af hvilke polymerer, der findes i affaldet.

Et par eksempler er vist nedenfor:



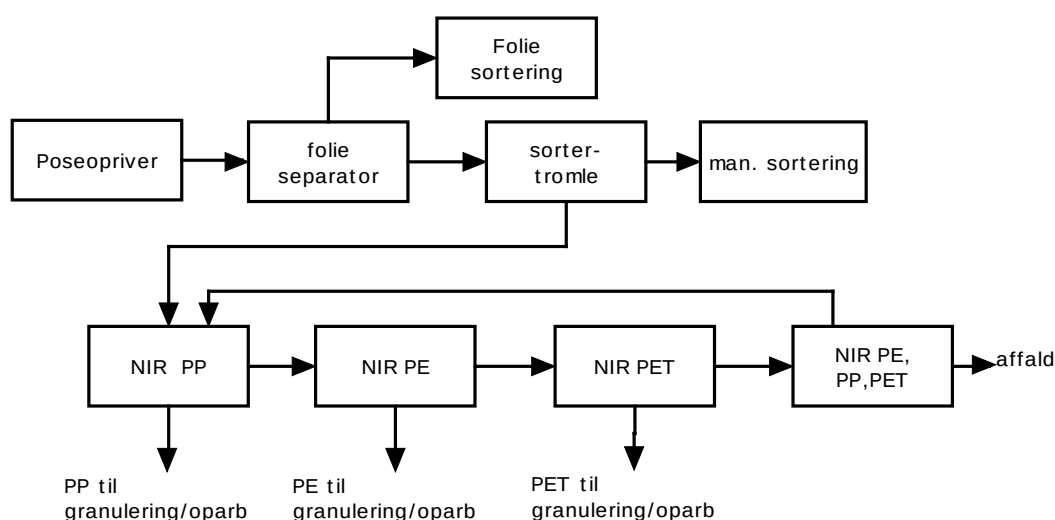
FIGUR 5: ANLÆG MED FARVESORTERING AF PET (ANLÆG C, I WRAP TECHNICAL REPORT (2010))

Af Figur 5 fremgår opbygningen af anlæg C i WRAP Technical Report (2010). Anlægget benytter 4 NIR separatorer samt to farveseparatorer til at producere en PE-fraktion i blandede farver samt PET i transparent klar, transparent blå og blandede farver. NIR nr. 3 øger udbyttet ved at udsortere

det PET og PE, som NIR 1,2 ikke har fanget. Der indgår endvidere manuel håndsortering af rest fra NIR nr. 3, hvorved udbyttet kan øges yderligere. For at opnå en højere renhed end de typiske 90 %, som kan opnås med NIR, er en NIR-maskine (NIR 4) indsat til yderligere oprensning af plastmaterialerne. Denne fjerner det meste af urenhederne fra første passage. Der udføres endvidere manuel eftersortering af de oprensede produkter.

I WRAP Technical Report (2010) er der foretaget en performance test, der viser renheder på 88-93 % for PET-fraktionerne før sluthåndsortering og fine renheder fra 93-99 % efter sluthåndsortering. Imidlertid var det samlede udbytte for PET kun mellem 64 og 69 %. For PE opnåedes 89 % udbytte og en renhed på 92 % før håndsortering og 96 % efter. Udbyttet er formentlig ikke korrigeret for tab af små plastemner (<50 mm) i rotetromle og ballistisk separator.

På Figur 6 er vist en del af Swerecs anlæg, som oparbejder 65.000 ton plast pr. år til folieprodukter samt PE, PP og PET-granulat til genanvendelse.



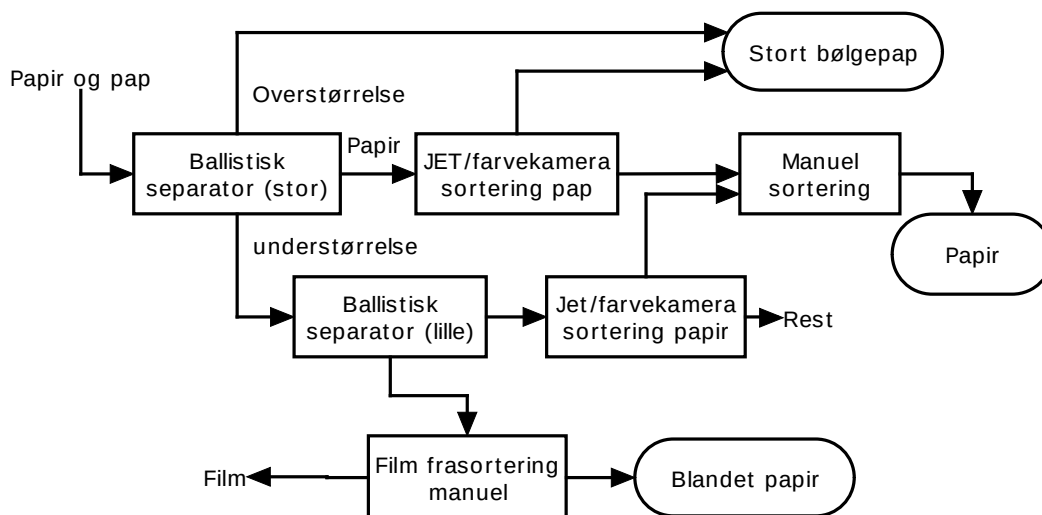
FIGUR 6: NIR-SEPARATION I SWEREC-ANLÆG, SVERIGE

Figuren viser den sekventielle kobling af de 4 NIR-separatorer. Den sidste separator bruges til at øge udbyttet, idet de ca. 10-20 %, som de foranliggende NIR-separatorer ikke fanger, ledes retur til endnu en separation (NIR-separatorer har typisk et udbytte på 80-90 % ved en passage af separatoren). Anlægget har derudover egne granulerings-, vaske- og vægtfyldeseparationsfaciliteter, hvorved der kan produceres et færdigt granulat til omsmelting.

Anlægget angiver, at der opnås et samlet udbytte af tilført plast på ca. 80 %.

2.2.2 Anlæg til sortering af papir

På Figur 7 er vist et papiranlæg fra Stadler (2013), Tyskland). En ballistisk separator separerer stort bølgepap/pap fra papir. Mellemstørrelsesfraktionen af papir renses for bølgepap med en JET/colour sorter og understørrelsesfraktionen renses for papir.



FIGUR 7: PAPIRANLÆG FRA STADLER

Et anlæg for sammensat affald med en kapacitet på 75.000 ton er vist i Figur 8 - se Remade Scotland (2006) og Greenwich (2013)). Anlægget ligger i Greenwich, London, og drives af Veolia Umweltservice. Sortering af papir og pap er baseret på forsortering med rotertrømler og ballistisk separator. En luftkniv (vindsigte) benyttes til at blæse poserester/folier væk, mens endnu en luftkniv bruges til at separere enkelte ark papir fra tungere papir (aviser og ugeblade) og pap. Enkelte ark af papir renses i 2 kaskadetårne (vindsigter i zick-zack-udformning).

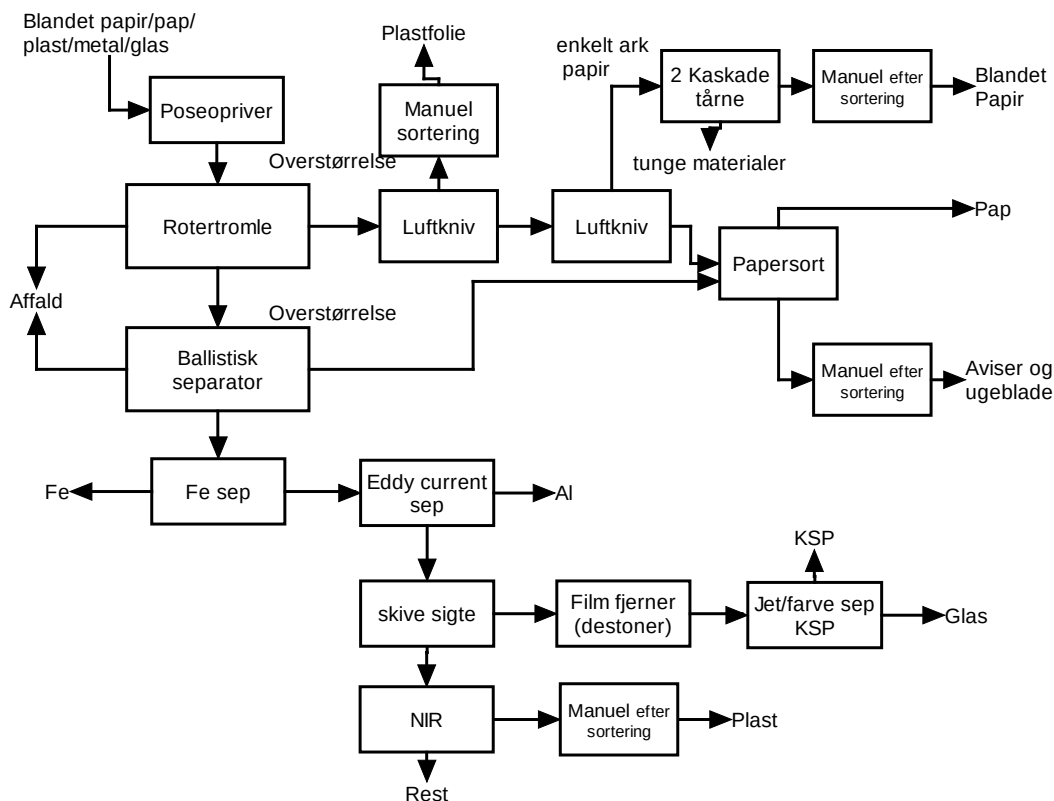
Den tunge fraktion fra luftkniven ledes til en Titech papirsorteringsenhed (Papersort), som fraseparerer pap/karton fra aviser og ugeblade med JET separation. Titech Papersort-enheden er udstyret med NIR og farvekamerasensor.

Selv om der benyttes avanceret teknologi, er det nødvendigt med manuel kvalitetskontrol af både produceret papir og pap for at opnå en høj ensartet kvalitet.

Resten af anlægget omfatter almindelig jernseparation med overbåndsmagnet og separation af aluminium med eddy-current separation.

Glas frasorteres ved brug af en skivesigte, der separerer skår fra plastemballagen. Skårene oprenses for plastfilm og papirrester med en destoner (der ryster, mens lette materialer blæses væk) og der frasepareres KSP (Keramik, sten, porcelæn) med en JET/farve KSP-separator.

Til sidst frasorteres plasten med en NIR-separator, der er stillet til at fraseparere al brugbar plast. Efter manuel eftersortering sendes plastblandingen til yderligere oparbejdning andetsteds. Anlægget angiver, at der kan opnås op mod 95 % materialelegnanvendelse for det samlede anlæg.



FIGUR 8: GREENWICH MATERIAL RECOVER FACILITY, LONDON

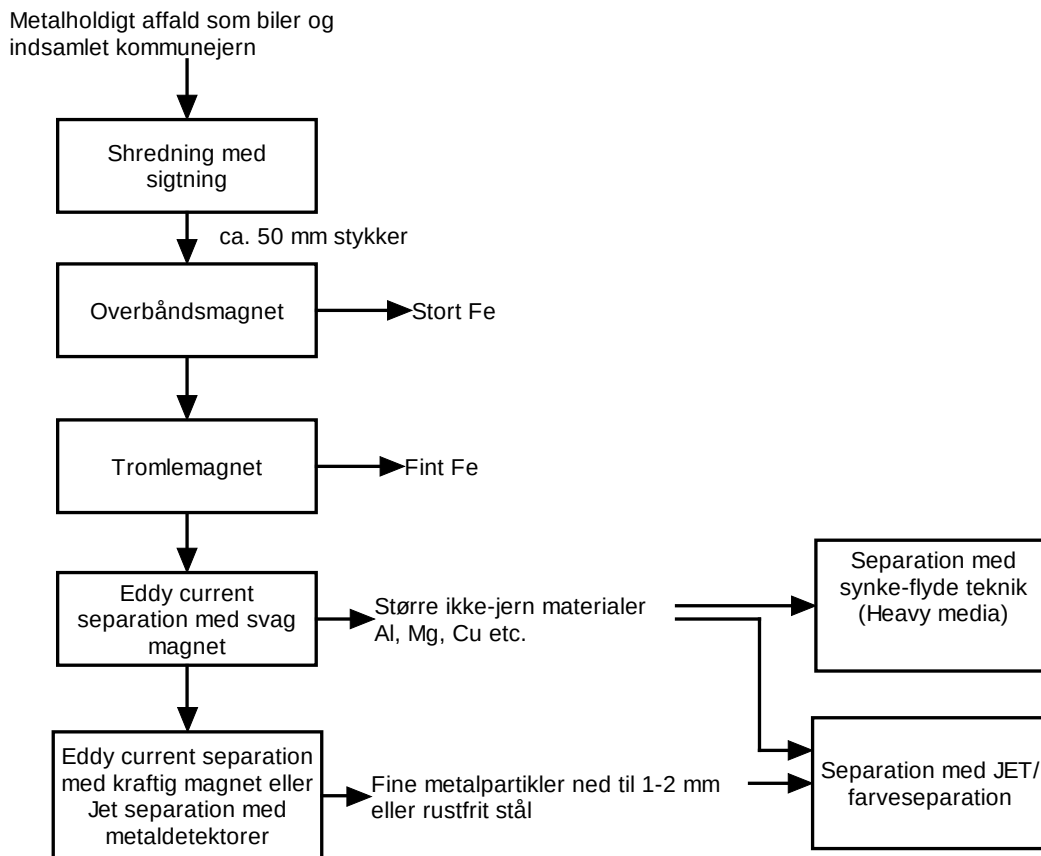
2.2.3 Anlæg til sortering af metal

Metal indsamles i Danmark til genanvendelse fra en række affaldsfraktioner:

- 1: Containere på genbrugspladser med metal (kaldet "kommunejern")
- 2: Indsamling af blandet emballage (eksempelvis DuoFlex systemet ved DanskAffald)
- 3: Bygge- og erhvervsaffald (fx fra armeret beton)
- 4: Metal fra biler udvundet i det store shredder anlæg
- 5: Metal i kølemøbler (en del af det elektriske affald)
- 6: Metal i andre hårde hvidevarer, som ikke er kølemøbler (en del af det elektriske affald)
- 7: Metal i mindre elektronik (fjernsyn, computere etc.)
- 8: Metal i kabler/ledninger
- 9: Metal i forbrændingsslagge.

Metaller fra containere på genbrugspladser og fra hårde hvidevarer oparbejdes sammen med biler i shredder anlæggene, ligesom kølemøbler oparbejdes i shredder anlæg (enten de store eller mindre) efter udtagning af kompressorolie, gasser, elektronik m.m.

De væsentligste teknikker til separation af metaller er vist i Figur 9.



FIGUR 9: SORTERING AF METAL. DIAGRAMMET VISER KUN MULIGE TEKNOLOGIER. METALBEHANDLING – IKKE BEHANDLING AF ORGANISKE RESTFRAKTIONER OR INERT MATERIALE.

Shredning er nødvendigt for at separere metallerne, hvis der er tale om sammensatte produkter som f.eks. en plast-/metalstol, et komfur eller en bil. Afhængigt af sammensætningen af det metalholdige affald kan det være nødvendigt med flere trin for at få alle materialer separeret. Sigtning kan også benyttes til at opnå metaller af interesse.

Jern udsorteres ved alle typer processer altid først med en overbåndsmagnet, da det giver en god renhed, idet man kun fjerner de største stykker jern. Dernæst kan det være nødvendigt med en tromlemagnet, hvis der indgår mange mindre jernpartikler (eksempelvis ved oparbejdning af elektronik).

Eddy-current separation er god til at udseparere aluminiumsemballage, aluminiumsdele i et shredder anlæg eller aluminium fra slagge. Eddy current udstyr kan også udsortere andre ikke-magnetiske metaller som kobber og messing.

Til separation af metaller, som f.eks. magnesium og aluminium, kan benyttes synke-flyde teknik med pulver med høj densitet (jernsilicium el.lign.). Tungere metaller som kobber vil synke til bunds.

De ovenfor nævnte teknikker anvendes p.t. i Danmark, jf. B.Malmgren-Hansen (2013)

Nyere teknikker omfatter JET-separation via metaldetektor og tryklufdyser til at skyde detekterede metalpartikler væk med. Teknikken kan udsortere selv meget små metalpartikler eller rustfrit stål efter fraseparation af jern, aluminium og kobber, og den er i drift i Danmark, jf. B.Malmgren-Hansen (2013)

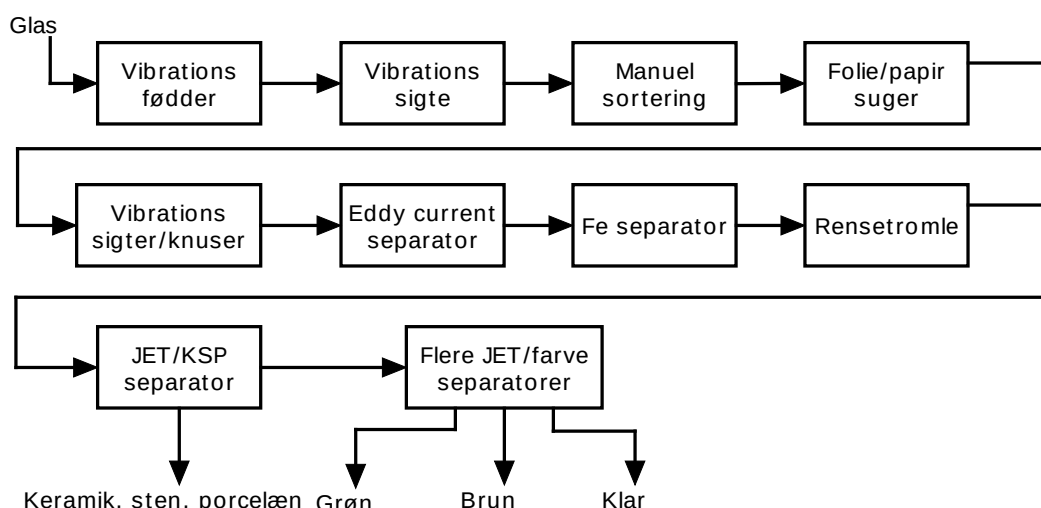
JET-teknikkerne findes også i en variant med røntgendetektor. Med en sådan kan man detektere legeringer m.m., men teknikken er p.t. forholdsvis dyr. Til separation af kobber/messing fra aluminium kan også benyttes JET/farveseparation, som ikke er så dyr, men investering i sådant udstyr skal sammenholdes med udgiften til separation af disse metaller på større specialiserede anlæg i Europa.

2.2.4 Anlæg til sortering af glasskår

Der findes en række europæiske anlæg til oparbejdning af skår, som anvender avanceret sorteringsteknologi. For at kunne genanvende skår kræves ifølge Mogensen GmbH (2012) en renhed for KSP (keramik, sten og porcelæn) på omkring 10 gram/ton (10 ppm). For metal/aluminium fra f.eks. halsen på vinflasker er grænsen 5 ppm.

Et eksempel på opbygning af et glasseparationsanlæg fra Viridor i Sheffield Mogensen GmbH (2012) er vist på Figur 10.

Anlægget har en kapacitet på 150.000 ton pr. år og benytter Mogensen separationsteknologi.



FIGUR 10: OPARBEJDNINGSANLÆG TIL GLAS I SHEFFIELD (SALMON PASTURES, VIRIDOR)

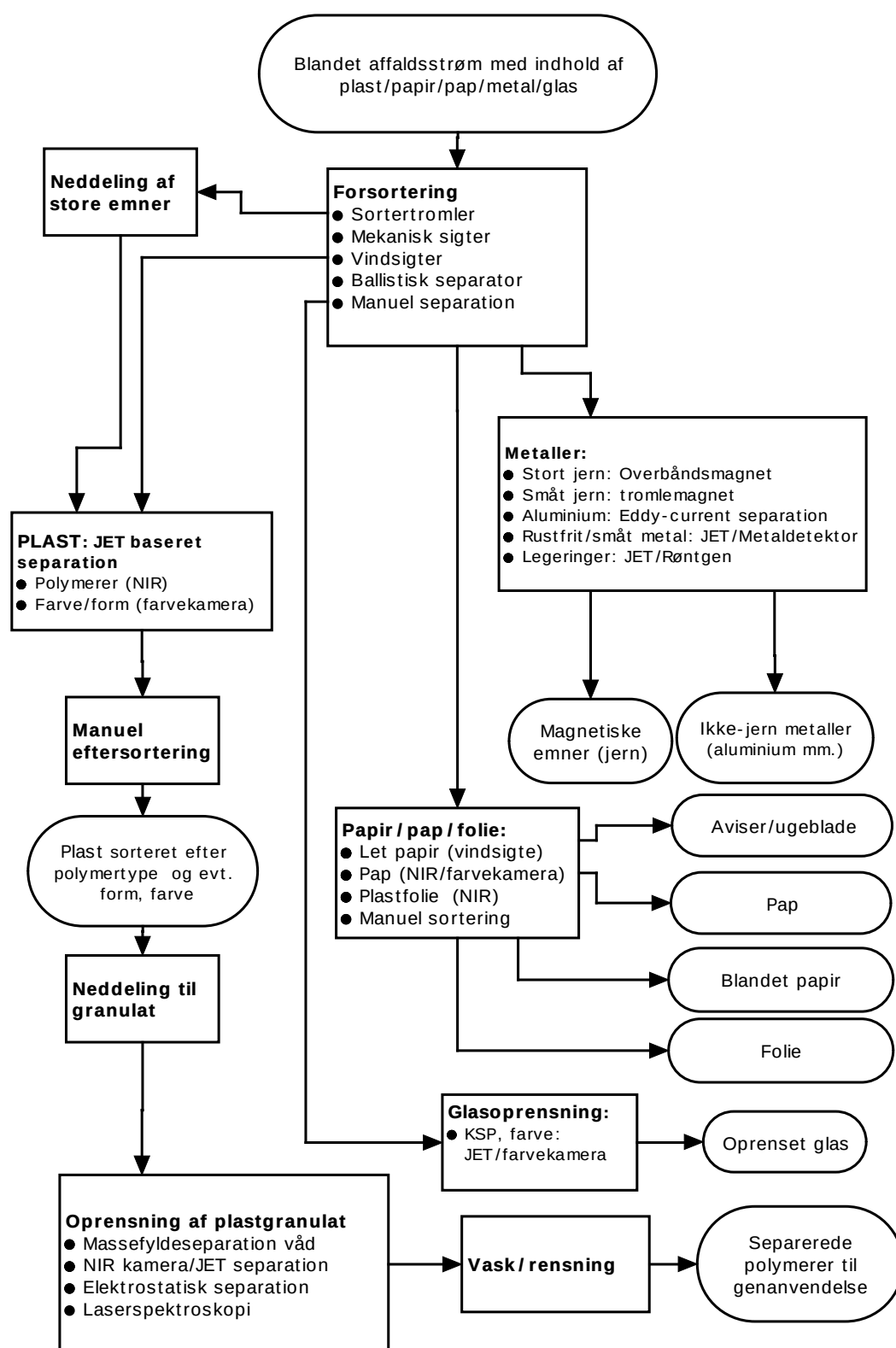
Der findes også anlæg, som er bygget til glassortering sammen med andet affald eksempelvis i Grundon, England og Greenwich, London.

3. State of the Art Teknologier

3.1 Nuværende interessante teknologier

I det følgende beskrives de væsentligste sorterings- og genkendelsesteknologier som findes på markedet eller som forventes at blive udviklet fremover til brug i automatiske sorteringsanlæg til enkeltstrømme af plast, metal, papir/pap og glas eller blandinger af disse.

På Figur 11 er vist en oversigt over kommercielt tilgængelige teknologier.



FIGUR 11: DIAGRAM OVER TEKNOLOGIER TIL OPARBEJDNING AF BLANDEDE TØRRE STRØMME AF PLAST, PAPIR/PAP, METAL OG GLAS

I Tabel 6 er vist typiske anvendelsesmuligheder for state-of-the-art teknologier.

TABEL 6: TYPISKE ANVENDELSESOMRÅDER FOR STATE-OF-THE-ART TEKNOLOGIER

Teknologi/ Fraktion	Plastholdig emballage	Plast slutopar- bejdning	Metal	Papir og Pap	Glas	Blandet affaldsstrøm ekskl. Glas	Blandet affaldsstrøm inkl. glas
Shredning	x	x					
Granulering		x					
Sortertromler	x					x	x
Ballistiske separatorer/ andre sigter	x					x	x
Vindsigter, luftknive etc.						x	x
Skivesigter					x		x
Overbånds- magnet			x	x	x	x	x
Eddy-current separation			x	x	x	x	x
JET/NIR separation	x	x		x		x	x
JET/ Farvekamera	x	x		x	x		
JET /metaldetekto r			x				
JET Røntgen			x				
Vådseparation		x					

3.2 Neddeling

Ved tilførsel af materialer til sorteringsanlæg vil større emner typisk blive sigtet fra, da sorteringsudstyret typisk ikke kan håndtere emner større end ca. 300 mm.

En forshredder kan benyttes til en sådan neddeling af frasorterede emner efter evt. udsortering af lette materialer med vindsigter el. lignende.



FIGUR 12: FORSHREDDER FRA DET DANSKE FIRMA ELDAN RECYCLING UNDER NEDDELING AF Blandet PLAST FRA GENBRUGSPLODSE

Ved udsortering af plastemballage sorteret efter polymertype med JET/NIR er det ved efterfølgende oparbejdning nødvendigt at neddele polymermaterialet til granulat (flager) i en granulator. Ved neddeling til f.eks. 10 mm vil en række plastemner, som består af flere plasttyper, blive adskilt fra hinanden. Eksempelvis vil låget på PET-flasker, som er af PP, blive adskilt fra selve PET-flasken, og PP kan herefter efterfølgende separeres fra PET enten med en NIR-granulatsorteringsenhed eller ved våd massefyldeseperation.

3.3 Mekanisk forsortering

Forsortering er især nødvendig på anlæg, der modtager blandet plastemballage med muligt indhold af 2-dimensionelle materialer (2D) som folier, aviser blandet med 3-dimensionale materialer (3D) som emballageflasker af plast eller metalemballage.

Til frasortering af 2D-emner kan der benyttes en række mekaniske processer såsom sortertromler, ballistiske separatorer, vindsigter, luftknive m.m.

Herudover findes vibrationssigter, som kan benyttes til separation af blandet restaffald med plast.

Den mekaniske forsortering må typisk suppleres med manuel separation i sorteringskabiner, men mængden, der skal sorteres, mindskes ved brug af udstyret.

3.3.1 Sortertromler

En sortertromle er en roterende tromle med en bestemt hulstørrelse som mindre emner kan passere. Fra sortertromler kan opnås 2- 3 størrelsesfraktioner f.eks. <50 mm, 50-300 mm og over 300 mm hvis der er 2 hulstørrelser (50 mm og 300 mm), se Figur 13.

Gennem de små huller <50 mm forsvinder snavs, men også nogle plastpartikler som principielt kunne genanvendes, samt mindre metalemner som fyrfadslus og søm/skruer. Metaller fra denne fraktion kan forholdsvis nemt genvindes med magnetseparatorer, eddycurrent separation eller JET/metal-detektor systemer.. Hovedparten af plastemballage (3D emner) vil ligge i intervallet 50-300 mm og separeres ud gennem disse huller. Store plastemner som 10 liter dunke passerer ud sammen med foliemateriale, papstykker m.m. i en overstørrelsesfraktion.



FIGUR 13: ROTERTROMLE

Kapaciteter

Rotertromler kan leveres med meget store kapaciteter (100-200 m³/h) og vil kunne forsyne en NIR linie med en kapacitet på 50.000 ton emballage per år.

Krav til tilførte materialer

Der er ingen særlige krav til materialer andet end, de bør være forholdsvis tørre og så små, at de kan komme ind i tromlen (f.eks. max 1 m).

Forbrug af ressourcer

Der bruges udelukkende strøm til at rotere tromlen f.eks. op til 15 kW for tromler med kapacitet på 120 m³/h.

Separationseffektivitet

Der vil være nogle folier, som passerer ud sammen med plastemner i mellemstørrelsesfraktionen. Noget plast vil ende i fraktionen <50 mm. Hvis den ikke efterfølgende udsorteres, mistes denne plastmængde.

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

En række Europæiske anlæg benytter rotærtromler i kombination med ballistiske separatore eller separat. Eksempler herpå indenfor plastopbejdning er :Biffa Plastics road Redcar UK, Veolia Hamborg samt PET Recycling og Kruschitz PET Reprocessing i Østrig.

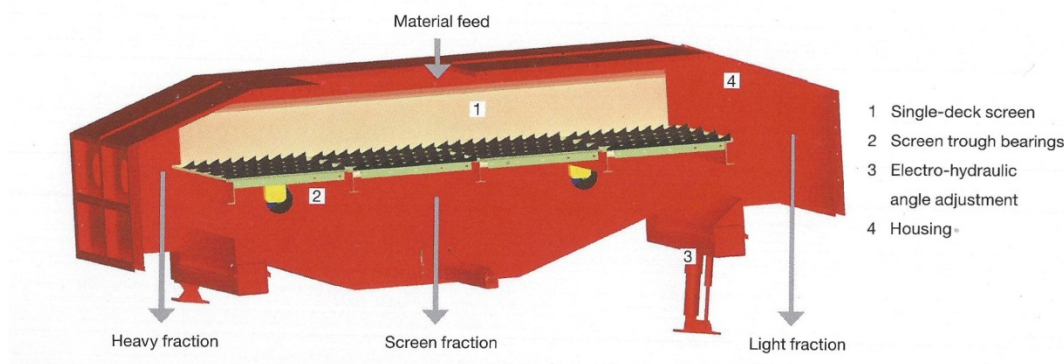
Der findes en række leverandører. Disse er f.eks. Stadler og Komptech.

3.3.2 Ballistisk separation

En ballistisk separator er bygget op af en sigte, som hælder opad og fremad. Ved drift bevæges sigten opad og fremad. Herved kastes lette materialer som folier op og frem på sigten, mens tungere materialer, som PET-flasker, ruller bagud. Småemner passerer sigtehullerne. Hældningsvinklen og rotationshastigheden kan justeres, ligesom separatoren kan bestilles med forskellige hulstørrelser i sigten.

Der produceres således 3 fraktioner:

- Let fraktion (folier, papir)
- Tung fraktion (PET-flasker, metal m.m.)
- Sigtefraktion (afhængigt af hulstørrelse i sigten)



FIGUR 14: BALLISTISK SEPARATOR

Kapacitet

Enheder fra f.eks. IMT (www.imt-separator.at) kan leveres med kapaciteter fra 40 m³/t (1,3 meter bredde) til 120 m³/time (4 meter bredde) med op til 0,5 g/cm³ i densitet.

Krav til tilførte materialer

Der er ingen særlige krav til materialer andet, end de bør være forholdsvis tørre.

Forbrug af ressourcer

Maskinen bruger udelukkende strøm. Den største separator fra IMT (120 m³/t) bruger 18 kW.

Separationseffektivitet

Af anlægsbeskrivelser i WRAP Technical Report (2010) fremgår, at sigtestørrelsen i soldet i typiske separatorer er ca. 50 mm. Plastemner som er under denne størrelse vil mistes, hvis de ikke efterfølgende forsøges udvundet fra finfraktionen.

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

En række Europæiske anlæg benytter ballistiske separatorer eksempelvis Veolia Hamborg. Leverandører er f.eks. IMT og Stadler.

3.3.3 Vibrationssigter

Vibrationssigter benyttes eksempelvis til fra sortering af mindre partikler og til sortering af glas.



FIGUR 15: VIBRATIONSSIGTE

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Plastopbejdning Veolia Hamborg

Glas: Glasseparation Viridor, Sheffield.

3.3.4 Skivesigter

Skivesigter (disc screens) benyttes blandt andet til at frasortere glas fra plast. samt 2D (som pap) materialer fra 3 D materialer (emballage)



FIGUR 16: SKIVESIGTER

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

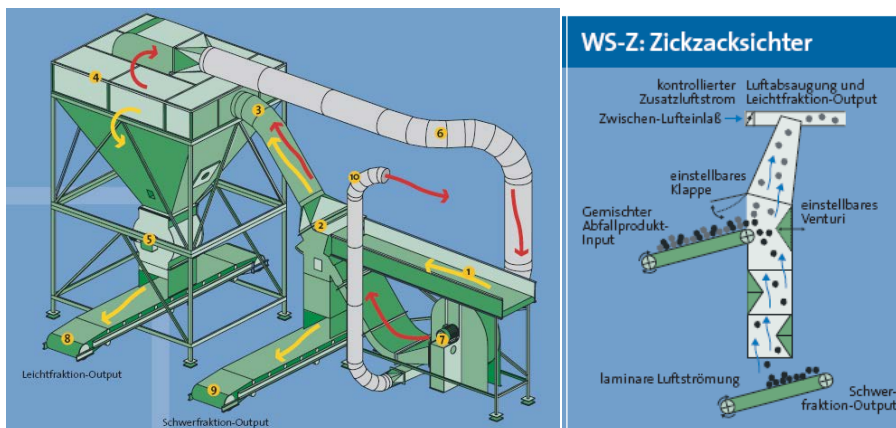
Glas separation fra plast: Greenwich MRF, London

Producenter f.eks. CP Manufacturing USA

3.3.5 Vindsigter og luftknive

Vindsigter og luftknive kan benyttes til at fjerne lette foliematerialer fra tungere plast eller plast fra metalemner. Metoden er implementeret på nogle udenlandske anlæg som forsortering.

En vindsigte (Air classifier i zick-zack udførelse er vist på Figur 17.



FIGUR 17: VINDSIGTE SOM KAN ARBEJDE MED PARTIKELSTØRRELSER FRA 20-400 MM

En luftkniv (airknife) er en tynd kraftig strøm af komprimeret luft som kan benyttes til at fraseparere lette materialer som folier og papir fra tunge materialer som beholdere og metal.

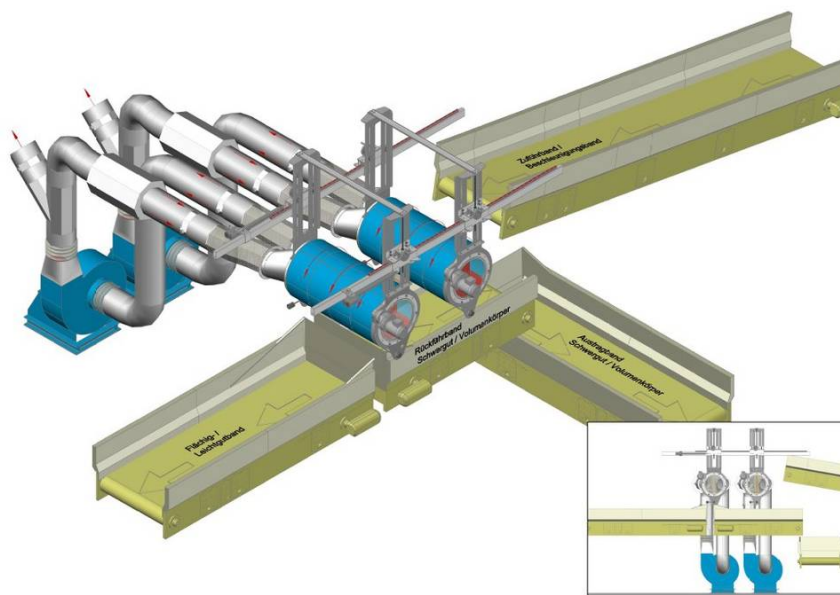
Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Plastoparbejdning Biffa UK

Leverandører er f.eks. Nihot

3.4 Udsortering af folier med vakuum separation

Til separation af folier er fornyligt udviklet og introduceret et vakuumsystem på markedet som vist på Figur 18.



FIGUR 18: VACUUM SYSTEM TIL SEPARATION AF FOLIER FRA EMBALLAGE

I systemet tilføres en blanding af folier (2D) og emballagebeholdere 3D til 2 sorteringstromler med et indre vakuum. Folierne suges fast på tromlerne og afgives på båndet til venstre. 3D emballage passerer tromlerne og ledes væk på båndet til højre. Systemet er i drift på Swerec's anlæg i Sverige.

Kapacitet

Vakuumseparatoren benyttes på et svensk anlæg, der samlet behandler 65.000 tons emballager med indhold af folier.

Krav til tilførte materialer

Folierne, som fx poserester skal være så rene, at de kan folde sig ud og suges fast på tromlerne.

Forbrug af ressourcer

Strøm til rotation og produktion af vakuum.

Separationseffektivitet

Ved besigtigelse af Swerec blev det vurderet at en væsentlig del af foliematerialerne kan udsorteres af processen. Den manuelle separation af folier (2D) fra (3D) emballager mindskes således, hvilket reducerer den arbejdsmiljømæssige belastning.

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Plastoparbejdning Swerec, Sverige

Leverandør er Schulz & Berger

3.5 Separation af metaller

3.5.1 Overbåndsmagnet

Overbåndsmagneter findes på oparbejdningsanlæg til metal og anlæg til bl.a. affaldsstrømme, hvor der kan forekomme metal.



FIGUR 19: OVERBÅNDSMAGNET

Kapacitet

En overbåndsmagnet er nok til et stort anlæg med blandet tilført emballage (50.000-100.000 ton).

Krav til tilførte materialer

Overbåndsmagneter er bedst egnede til fjernelse af større emner f.eks. metaldåser, shredderjern o. lign.

Forbrug af ressourcer

Udstyret bruger kun strøm til at trække transportbåndet, hvis det er baseret på permanente magneter (der findes også systemer baseret på elektromagneter).

Separationseffektivitet

Separationseffektiviteten af jernseparation med overbåndsmagnet er afhængigt af sammensætningen af affaldet. IUT (2012) opgiver følgende data:

TABEL 7: UDBYTTET OG RENHED VED OVERBÅNDSSEPARATION AF JERN (IUT 2012)

Udbytte (% of input)	Renhed ved behandling af tørt rest affald	Renhed ved behandling af sammensat affald til genanvendelse
85-95 %	85-90 %	90-95 %

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

- Anlæg til oparbejdning af plast med risiko for indhold af metal eks. Dansk Affald og DK Råstoffer og alle udenlandske anlæg til blandede ikke forsorterede plastholdige affaldsfraktioner
- Shredderanlæg til kommunejern og biler, anlæg til oparbejdning af elektronik, samt til oparbejdning af kølemøbler
- Anlæg der udvinder metal fra slagge

Leverandører er f.eks. Wagner og Steinert.

3.5.2 Tromlemagneter

Tromlemagneter findes på oparbejdningsanlæg til metal og anlæg til blandede affaldsstrømme, hvor alt magnetisk materiale kræves fjernet.



FIGUR 20: TROMLEMAGNET

Krav til tilførte materialer

Tromlemagneter fjerner alt magnetisk materiale men leverer typisk en dårlig renhed, da spåner indviklet i fibre, plastemner med en skrue mv. også frasepareres.

Forbrug af ressourcer

Udstyret bruger kun strøm til at trække transportbåndet.

Separationseffektivitet

Separationseffektiviteten er afhængig af det tilførte materiale, men normalt fjernes selv små metalemner og partikler. Til gengæld er renheden ringe, da der kan være filtret organiske fibre, tekstiler m.v. ind i metalspånerne.

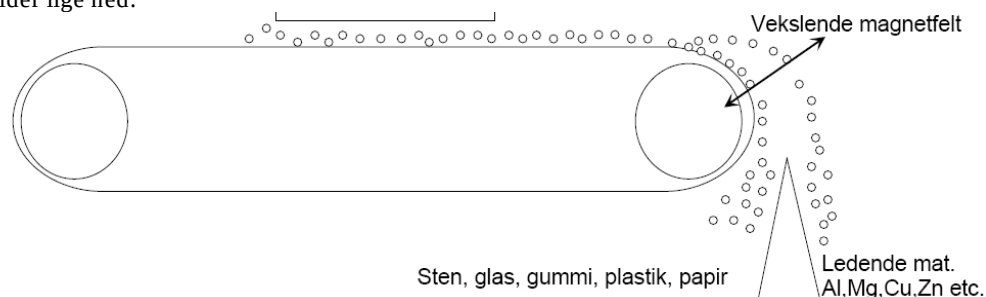
Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Shredderanlæg til kommunejern og biler, anlæg til elektronikoparbejdning, samt anlæg til oparbejdning af kølemøbler

Leverandører er f.eks. Wagner og Steinert.

3.5.3 Separation ikke-jern metaller med hvirvelstrømsseparation (eddy-current)

Ved hvirvelstrømsseparation ledes materialet via et transportbånd henover en rulle med en roterende magnet. Herved dannes et vekslende magnetfelt, som løfter ledende materialer som aluminium væk fra transportbåndet, hvorved de separeres fra ikke ledende plast og glas, der blot falder lige ned.



FIGUR 21: HVIRVELSTRØMSSEPARATION

Kapacitet

Én separator er nok til et stort anlæg med blandet tilført emballage (50.000-100.000 ton). Der fås systemer med op til 1.5 m båndbredde.

Krav til tilførte materialer

Separationen er afhængig af emnernes ledningsevne, densitet, størrelse, form m.m.

Der findes udstyr med særlig kraftige magneter, som kan separere visse rustfrie ståltyper.

Forbrug af ressourcer

Udstyret bruger kun strøm til at trække transportbåndet og magnet motor ca. 8-10 kW for 1 meter båndbredde.

Separationseffektivitet

Separationseffektiviteten ved eddy-current separation er afhængigt af sammensætningen af affaldet. IUT (2012) opgiver følger data

TABEL 8: UDBYTTE OG RENHED VED EDDY-CURRENT SEPARATION (IUT 2012)

Udbytte (% of input)	Renhed ved behandling af tørt rest affald	Renhed ved behandling af sammensat affald til genanvendelse
85-95 %	85-92 %	85-92 %

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

- Separationsanlæg til plast og blandet affald hvor der kan forekomme aluminium eks. Dansk Affald
- Shredderanlæg til kommunejern og biler samt til oparbejdning af kølemøbler
- Anlæg der udvinder aluminium fra slagge

Leverandører er f.eks. Wagner, Steinert, Walker Magnetics.

Et alternativ til eddy-current separation er JET/metaldetektor baseret separation.

3.6 Teknologier til genkendelse baseret på separation med tryklufthyser

3.6.1 Indledning

I dag findes dysebaserede systemer baseret på detektion af:

- Plastpolymerer, cellulose (papir) mm med NIR
- Form/farve med linescanner/kamera

- Indhold af metaller/ledende materialer med metaldetektor
- Indhold af specifikke grundstoffer med røntgendetektor.

Endvidere findes kombisystemer med op til 3 detektorsystemer i samme maskine (NIR, farve, metal). Der findes systemer med et eller 2 sæt dyser hvorved man med 2 sæt dyser kan separere tilført materiale i 3 produktfraktioner i et trin. Systemer med 2 sæt dyser er lidt mindre præcise end systemer med et sæt dyser da partiklers position kan forstyrres af skud med det første sæt dyser, således at der laves fejlskud når det andet dysesæt aktiveres.

De fleste systemer detekterer mens partiklerne passerer på et horisontalt transportbåndet, men der findes også systemer, som detekterer mens partiklerne falder vertikalt f.eks. til glassortering. Sådanne vertikale systemer er ifølge producenter mere præcise end horisontale systemer.

I det følgende gennemgås systemerne ud fra detektionsprincip (NIR, farve, metal, røntgen).

3.6.2 NIR

Kapacitet

NIR baserede systemer har været på markedet i mere end 20 år og er en kernekomponent til separation af plast i polymerer. Der findes også systemer, der kan frasortere papir eller tetrapak. Der findes systemer med båndbredder op til 2,8 meter. Kapaciteten er proportional med båndbredden. Kapacitet af udstyr afhænger af typen af tilført affald.

Leverandøren Steinert opgiver således følgende kapaciteter for plastemballage:

- 60-250 mm emner: 2 - 7 t/h*meter båndbredde (typisk 4 t/h*meter båndbredde)
- 10-60 mm emner: 0,8 - 3 t/h*meter båndbredde

Således vil en NIR-maskine med 2 m båndbredde have en kapacitet på ca. $4 \cdot 2 = 8$ ton/time ved emner af ca. 100 mm størrelse. Dette giver ved drift i 3 skift med 5 dages uge og 2 ugers pause til vedligehold en maksimal kapacitet på $8 \cdot 24 \cdot 5 \cdot 50 = 48.000$ ton plastemballage pr. år for en enkelt separationsenhed.

Krav til tilførte materialer

Afstand mellem emner

Brugen af NIR kræver for at opnå en god separation, at emner tilføres i et monolag. Dette kan opnås ved at frasortere for store emner, folier m.m., som kan lægge sig hen over emner, og tilføre emnerne via en vibrationsfoder fra et langsomtgående transportbånd til et tilførselsbånd med højere hastighed, der justeres, så emnerne ligger godt separeret på tilførselsbåndet.

Emnestørrelse

Materialer skal være mindre end leverandørens specifikationer typisk 20-30 cm svarende til emner større end ca. 5 liter eddikedunk.

Mindste størrelse som kan detekteres og separeres afhænger af afstanden mellem NIR detektorer og dyserne. Der findes separate NIR modeller til emballage med en mindste detektion på ca. 4-5 cm og særlige granulat separatorer, som kan detektere emner ned til 2-3 mm. Den mindste dyseafstand er dog omkring 6 mm.

Farve/overflade af emne

NIR kan ikke detektere sort plast indfarvet med carbon black. Der er udviklet sort farvet plast, som ikke er baseret på carbon black, og som kan genkendes med NIR.

Hvis plastemnet er metalliseret, malet eller omviklet en etiket eller plast af anden polymer kan grundpolymeren heller ikke detekteres med sikkerhed.

Tilsmudsning

Det kræves, at materialet ikke er mere tilsmudset end, at lys kan trænge igennem til overfladen af den polymertype der detekteres på.

Tømning af emner

Hvis emner er halvfylde, kan det give problemer med separation, da emner så ikke nødvendigvis løftes henover separationsspalten.

Farlige stoffer

Plast som skal genanvendes til brug for fødevarer eller lignende må ikke være forurenet med uønskede stoffer. Der kommer løbende flere uønskede REACH stoffer, som ikke må tilbageføres i plast til genanvendelse. NIR sensorer ser generelt ikke additiver.

Ved separation af plast med NIR uden andre sorteringstiltag risikeres, at der tilføres plast til produktstrømmene, som kan indeholde farlige eller uønskede stoffer f.eks. plast fra elektronik med flammehæmmere, PVC med ftalatblødgørere, samt plast med andre additiver.

Forbrug af ressourcer

Generelt gælder for alle JET-systemer, at de bruger en betragtelig mængde trykluft. Selve strømforbruget for systemerne ligger fra 2-8 kWh for 1 m båndbredde for polymer- og farvedetektor-systemer, mens strømforbruget til produktion af trykluft er betragteligt (Miljøprojekt 1020,(2005) og Information fra leverandører af udstyr (2012-2013)). Forbruget vil variere efter, hvor tit dyser skal aktiveres, og strømforbruget til trykluft kan ifølge leverandører være væsentligt højere end maskinens eget strømforbrug til motorer og detektorer (30-40 kW/m/time).

Separationseffektivitet

Udbytte og renhedsgrad er afhængig af tilført materiale. Ved flakes opgiver Steinert, at der typisk opnås > 85 % udbytte og > 90 % renhed ved en passage af sorteringsenheden. Således vil renheden kunne øges ved en yderligere passage, mod at udbyttet falder lidt. Udbytte og renhed vil endvidere falde, hvis man presser maskinerne, idet partikler da ikke alle ligger i et monolag. Titech opgiver ligeledes typiske renhedsgrader fra 90-93 % med 80-90 % udnytte. I ref. 1 (WRAP) er vist og diskuteret en række sorteringsforsøg på europæiske anlæg med opgivne sorteringseffektiviteter.

Forventet prisniveau ved anskaffelse

2012 prisniveauer for NIR-baserede systemer til emballage er i størrelsesordenen 85.000-150.000 euro for maskiner med 1 meter båndbredde ved en forespørgsel af en række mulige leverandører (Titech, Steinert, Redwave, S+S, MSS, Pelenc, Picvisa). Prisen er opgivet som ren salgspris eksklusiv installering af en række leverandører - se Information fra leverandører af udstyr (2012-2013).

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Plast

Alle plastsorteringsanlæg benytter i dag NIR til polymersortering, især af emballage men også i stigende grad til granulat.

Danmark:

- Dansk Affald A/S (emballage fra husholdninger)
- DK råstoffer (især plast fra genbrugspladser)

Udland:

- Veolia, Hamborg
- Swerec, Sverige
- Biffa, UK
- Saubermacher, Graz

3.6.3 Linescanner/farvekamera

Teknologierne findes enkeltvis eller i kombination med andre sensorer.

Skårseparation

Der findes særlige optimerede varianter til separation af glas i farver og frasortering af KSP (Keramik, sten, porcelæn). Det sidste er en nødvendighed for at genanvende glas, da sten, porcelæn og keramik smelter ved en anden temperatur end glas.

Leverandører af glassorteringssystemer er Mogensen GmbH, Redwave, Picvisa etc.

Mogensen GmbH kan levere særlige separationenheder med både farvekamerasensor og metaldetektor som kan fraseparere både KSP og glas med aluminium fra halsen af rødvinsflasker.

Plastseparation

Til plastseparation kan farvekamera/linescanner benyttes til at sortere plast efter farve/transparens, eksempelvis klare og farvede PET flasker eller til at identificere en særlig form som ønskes udsorteret.

Metalseparation

Til separation af blandinger af metal med forskellig farve kan benyttes et farvekamera. Et eksempel er separation af kobber/messingpartikler fra aluminium.

Papirseparation

Der findes systemer til udseparation af uønskede materialer som plastfolier fra papir med brug af kombisensorer af lineskannere og NIR sensorer. Der findes også særlige systemer med CMYK sensorer (Titech) som kan detektere om papir er trykt med CMYK farver svarende til ugeblade, hvorved disse evt. kan frasorteres.

Kapacitet

Kapaciteten afhænger af vægtfylden af materialet, da de basale krav til separation ligesom ved polymermaterialer er, at emnerne skal ligge i et monolag.

Krav til tilførte materialer

Materialerne skal være separeret fra hinanden vha. passende forneddeling. Afhængigt af materialetypen vil der være forskellige krav til indhold af urenheder. Eksempelvis betyder det ikke så meget, om glasskår og metal er lidt forurenet med organisk materiale, da det skal omsmeltes ved 900 -1.600 °C, hvor det organiske stof omdannes.

Forbrug af ressourcer

Som ved NIR sortering af plast går en væsentlig del af strømforbruget til produktion af trykluft. Tunge emner kræver større mængder.

Separationseffektivitet

Forventes sammenlignelig med NIR til flakes dvs. ca. 80 % udbytte og >90 % renhed.

Et forsøg med farveseparation af ca. 50 % hvidt plastgranulat fra 50 % farvet plastgranulat 2-6 mm viste således et udbytte på 78 % og en renhed på 98 % i 2004 (Arbejdsrapport n9, 2004). Et forsøg med separation af 75 % aluminiumspartikler og 25 % kobberpartikler viste et udbytte af aluminium på 82 % med 97 % renhed. I den mindre restmængde af kobber var udbyttet 92 % med 64 % renhed - se Miljøprojekt 1020 (2005).

Forventet prisniveau ved anskaffelse

Prisniveauet er af samme størrelsesorden som ved NIR dvs. ca. 100.000 euro ved 1 m båndbredde.

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Plast

Saubermacher, Graz

3.6.4 Kombinationsanlæg

Ved kombination af NIR og farvekamerasensorer kan opnås en højere produktkvalitet.

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Plast

Hanbury Plastic Recycling Stoke on Trent UK.

I dette anlæg indgår en Redwawe NIR/C 3-vejs kombimaskine med 2 sæt dyser. Den benyttes på skift til at sortere HDPE og PET fraktioner så der opnås følgende fraktioner:

1. HDPE transparent, farvet og hvid PET og restfraktion
2. PET i høj kvalitet (transparent), lavkvalitets PET, restfraktion

Herved opnås materialer som kan genanvendes til materialer af højere kvalitet.

3.6.5 Metaldetektor

Kapacitet

Kapaciteten afhænger af vægtfylden af materialet, da de basale krav til separation ligesom ved polymermaterialer er at emnerne skal ligge i et monolag.

Krav til tilførte materialer

Metaldetektorerne skelner ikke mellem typen af metal, hvorfor der kræves yderligere forbehandling eller efterbehandling, hvis der er tale om en metalblanding.

Forbrug af ressourcer

Som ved NIR sortering af plast går en væsentlig del af strømforbruget til produktion af trykluft. Tunge emner kræver store mængder trykluft.

Separationseffektivitet

Separationseffektiviteten er sammenlignelig med andre JET systemer, men afhængig af partikelstørrelse. Steinert opgiver at der kan opnås udbytter og renheder på over 90 %.

Forventet prisniveau ved anskaffelse

Prisniveauet er sammenligneligt med NIR, dvs. i størrelsesordenen 100.000 euro for 1 m båndbredde.

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Teknologien er set i anvendelse ved metaloparbejdere, eksempelvis til udsortering af mere metal, efter at de traditionelle teknologier har fjernet hovedparten, eller til separation af rustfrit stål som ikke separeres med normal hvirvelstrømsseparation.

3.6.6 Røntgen

Nogle leverandører tilbyder røntgensystemer. Røntgensystemer kan f.eks. benyttes til detektion og frasortering af bromholdig plast, som kan stamme fra plast med bromerede flammehæmmere til oprensning af en aluminiumfraktion for kobber, zink m.m. eller fjernelse af højt smeltende glaskeramik fra glasskår. Der kan separeres partikler ned til ca. 10 mm (12 mm dyseafstand). Enhederne fås op til over 2 m båndbredde.

Der findes både detektorsystemer, som er baseret på røntgen fluorescens (XRF), som kan bestemme indhold af atomer i et passerende emne samt systemer, der er detektorsystemer baseret på røntgen transmission (XRT), som kan se densitetsforskelle i materialer (Tltechs x-tract system kan således leveres med begge systemer).

Kapacitet

Kapaciteten er ca. 3 ton metal/time ved ca. 1 m båndbredde.

Krav til tilførte materialer

Der er ingen særlige krav. Det skal dog bemærkes, at røntgenstråler (XRF) kun trænger et vist stykke ned i materialer, hvorfor et overfladelag af en metallegering kan vise en sammensætning af et metalemne, som er forskellig fra den gennemsnitlige sammensætning. XRF kan kun identificere atomer med en vis atomvægt. Således opgiver de amerikanske leverandører til Redwave og Steinerts røntgen separatorer at separatorerne er egnede til identifikation fra klor (element nr.17) og opefter. Til sammenligning kan XRF state of the art udstyr i laboratorier detektere og kvantificere indhold af atomer sikkert fra natrium (element nr.11) og opefter.

Forbrug af ressourcer

Som ved NIR sortering af plast går en væsentlig del af strømforbruget til produktion af trykluft. Tunge emner kræver større mængder.

Separationseffektivitet

Redwave opgiver, at der kan opnås en renhedsgrad på 98 % af glas ved frasortering af urenheder (keramik etc.).

Forventet prisniveau ved anskaffelse

Systemer baseret på røntgendetektorer er relativt dyre i forhold til de øvrige teknologier med priser på omkring 350.000 euro for en maskine med 1 m båndbredde.

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Teknologien er dyr men er dog solgt i USA til udsortering af kobber omviklet jern fra motorer etc.(Steinert) Den er endvidere solgt som forbehandling til biogasanlæg.

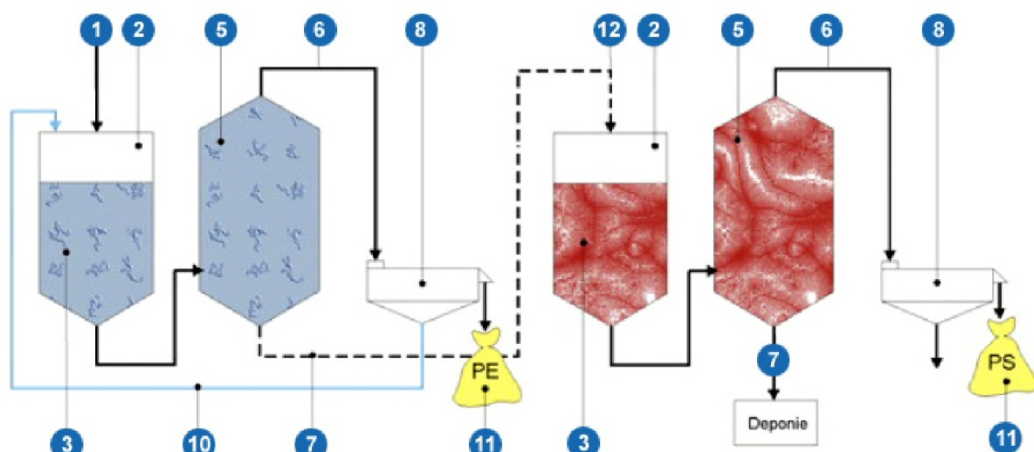
3.7 Andre teknologier til finsortering

3.7.1 Våd massefyldeseparation

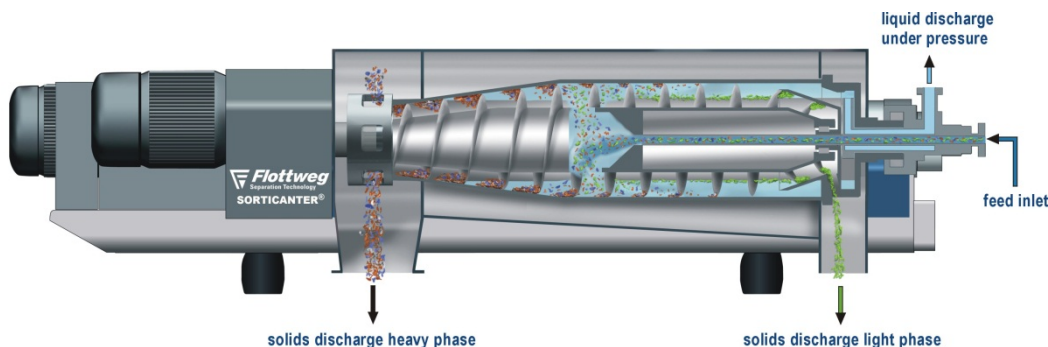
Våd massefyldeseparation er velegnet til separation af plastmaterialer idet disse har en massefylde forholdsvis tæt på vands (1 g/cm^3). Polyolefiner som PE og PP er lettere end vand, mens PS, PET og PVC er tungere end vand. Man kan udføre separationen i en saltopløsning, hvor massefylden kan justeres.

Da metoden er baseret på synke/flydeprincippet, er processerne ikke som sådan afhængig af partikelstørrelse.

For at kunne separere plast efter synke/flydeprincippet kræves, at plasten neddeles til granulat. Herved bliver det nemmere at frigøre bobler, som kan bære tungere plasttyper oppe. De mere avancerede anlæg er designet til at sikre en god befugtning af plastoverfladen på f.eks. foliegranulat, så bobler rives fri. Eksempler på avancerede anlæg med høj separationseffektivitet er anlæg fra TLT Turbo Laminare Technik, som arbejder med lav G-påvirkning, og Flottweg, som er en centrifuge, der arbejder med over 1000 G. I begge anlæg blandes granulat med en separationsvæske med en justeret densitet, som er mellem de to densiteter, som de plasttyper der skal separeres har.



FIGUR 22: TLT-PRINCIP FOR OPBEJDRING AF 2 FRAKTIONER 1: TILFØRSEL; 2: OPBLANDINGSBEHOLDER; 3: VÆSKE/FLAGEBLANDING; 5: SEPARATIONSBEHOLDER; 6: LET FRAKTION (PE); 7: TUNG FRAKTION; 8: VASK I SIGTE; 11: OUTPUTS; 12: I OPBLANDINGSBEHOLDER NR. 2 KAN DENSITET JUSTERES, SÅ DER I DETTE TILFÆLDE OPNÅS SEPARATION AF PS (VED BRUG AF FX SALTBLANDING).



FIGUR 23: FLOTTWEG SORTICENTER

Kapaciteter

TLT(Turbo Laminare Teknik)

Typiske kapaciteter af en TLT-separationsenhed (se Figur 22) er ca. 1 ton/time ved størrelse af folieflager < 20 mm for TLT-anlæg. For granulat er det afhængigt af granulattykkelsen og størrelsen af flager, hvorfor kapaciteten kan variere mellem 0,3 og 4 ton/time.

I Tyskland og Østrig er ifølge TLT (2012) installeret 9 linjer med TLT-teknologi til opbejdning af blandede folier med en kapacitet på 60.000 t/år. Endvidere benyttes TLT-teknologien ifølge TLT ved de fleste tyske anlæg til opbejdning af PET, hvor der stilles store krav til renhed ved genanvendelse til fødevarer/drikkeemballager.

Flottweg

Kapacitet af Flottweg-anlæg (Figur 23) til film er mellem 200-440 kg/time ved folier afhængigt af modeltype og fra 800-1600 kg/time ved granulat. Restfugtindhold er < 15 % ved folie og < 3 % ved granulat. Der findes ifølge Flottweg (2012) anlæg til DSD-plast og folier i Tyskland, Japan m.m.

Separationseffektivitet

TLT opgiver følgende data for separation af blandede polymerer af plastflager med dimension < 20 mm: Ved densitetsforskelle > 0,032 g/cm³ kan opnås 99,9 % renhed.

Dette gælder også foliegranulat, idet processen er designet til at opnå en høj befugtningsgrad af overfladen.

Flottweg arbejder ved høje G-kræfter på op til 1.600 G og kan sortere efter endnu mindre forskelle i densitet.

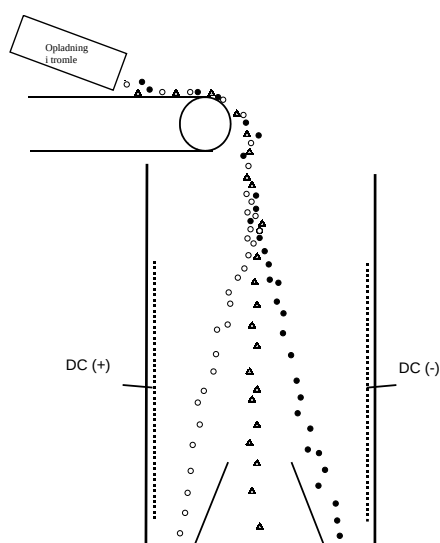
De 2 typer anlæg kan således separere nogle blandinger af PE- og PP-flager/folier, forudsat at der ikke er større mængder tungt fyldstof i, som øger densiteten af en plasttype.

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

- Biffa UK benytter en flottweg separator.
- Andre typer synke flydeanlæg findes f.eks. hos Dansk Affald A/S og Swerec i Sverige.

3.7.2 Triboelektrisk separation

Triboelektrisk separation baserer sig på opladning af ikke-ledende plastpartikler i en tromle med efterfølgende separation af positive, negative og uladede plastpartikler ved frit fald i en kanal med elektroder, hvor der er påtrykt et spændingsfelt.



FIGUR 24: PRINCIP FOR TRIBOELEKTRISK SEPARATION

Kapacitet

Kapaciteten er noget mindre end NIR-systemer med ca. 0,5-1 ton pr. time.

Krav til tilførte materialer

Systemet er bedst til simple blandinger med partikelstørrelse 2-12 mm, som er tørre –helst kun 2 polymertyper. Metoden er upåvirket af farvede partikler og kan således separere sort plast, som ikke lader sig separere med NIR.

Forbrug af ressourcer

Energiforbruget til strøm er primært stammende fra motor til transportbånd, da den elektriske opladning ikke kræver meget strøm.

Separationseffektivitet

Udbytte og renhedsgrad vil være afhængig af blanding. Baseret på tidligere erfaringer i Miljøprojekt 1020, 2005 vurderes, at der kræves forholds ens materialer – gerne blandinger af kun 2 polymerer, som også Hamos anbefaler.

Forventet prisniveau ved anskaffelse

Priser er i størrelsen 150.000 euro for et anlæg til 0,5 ton pr. time. Dette virker forholdsvis dyrt i forhold til de øvrige teknologier, når kapaciteten tages i betragtning.

Eksempler på anlæg der anvender teknologierne

Metoden er så vidt vides primært anvendt inden for affald fra elektronik m.m. F.eks. kan metoden separere sort kabinet plast af ABS fra PS, som ikke kan detekteres med NIR og som har næsten samme vægtfylde.

Leverandører er f.eks. Hamos http://www.hamos.com/cms/front_content.php.

3.8 Nye lovende teknologier

Der sker løbende forbedringer af en række teknologier inden for automatisk affaldssortering. Udviklingen har de sidste 20 år været drevet af stadigt mere avancerede JET baserede systemer, hvor sensorers følsomhed er blevet forbedret, samt antallet af sensorer som kan påmonteres samtidigt. Mængden af data som skal behandles for spektroskopiske teknikker er kolossal, når man samtidig skal tage i betragtning, at emner passerer på transportbånd med 4-6 m/s. Således kan de nyeste NIR sorteringsmaskiner foretage ca. 30 millioner NIR identifikationer per sekund, hvor hver identifikation består af opmåling af et spekter ved et antal bølgelængder og sammenligning med en database.

Det er et ønske at kunne måle på de tilførte emner med endnu større nøjagtighed, f.eks. at kunne detektere:

- Sort plast
- indhold af farlige stoffer i plast som kan ødelægge produktkvaliteten
- indhold af additiver i plast som kan forringe materialekvaliteten
- en mere detaljeret bestemmelse af polymerkvalitet idet PE og PP har mange forskellige underkvaliteter afhængigt af hvor lange polymerkæderne er og hvor forgrænedte de er.

Hvis dette kan lade sig gøre kan man opnå materiale af højere kvalitet, som kan genanvendes til materialer af samme kvalitet som det originale affaldsprodukt og ikke blot må downcycles til urtepotter, sættekasser og lignende.

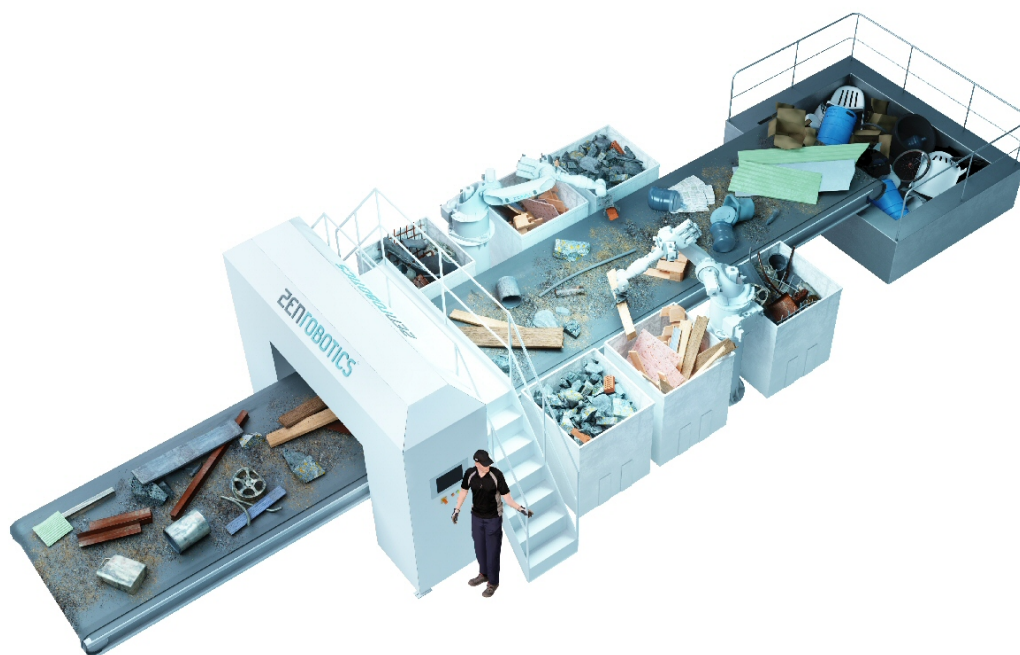
Som vist tidligere i rapporten er det pt. nødvendigt med en del manuel eftersortering (eller forsortering) for at opnå plastmaterialer med tilstrækkelig høj renhed. Nyudvikling af udstyr som kan hjælpe med den manuelle sortering eller delvis erstatte denne vil kunnemindske den arbejdsmiljømæssige belastning.

3.8.1 Forbedret for- eller eftersortering med Robotteknologi

Der er i dag udviklet systemer til sortering af særlige affaldsfraktioner baseret på robotteknologi. Systemerne kan udstyres med en række sensorer som visionkameraer, NIR kamerarer m.m. til at udsortere emner. Den finske producent Zenrobotics har således udviklet udstyr, som sælges til sortering af byggeaffald. Systemerne er pt. ikke udviklet til sortering på så komplekse affaldsstrømme som blandet plastaffald, men det virker som en lovende teknologi, som kan forbedre driftsøkonomi og være med til at reducere arbejdsmiljøbelastende, manuelt sorteringsarbejde.

Andre robotaktører som Torc Robotics Group som også i gang med udvikling af robotbaserede systemer til affald, og der arbejdes i et dansk innovationskonsortium INNOSORT <http://innosort.teknologisk.dk> med udvikling af robotbaseret udsorteringsteknologi med fokus på genkendelse af problematiske emner i plaststrømme.

Bollegraaf (Bollegraaf /2012-2013)) har endvidere for nyligt præsenteret et robotbaseret system til eftersortering af fraktioner, som er i testfase. Systemet har pt. 4 robotarme, som kan foretage 4*60 =240 separationer pr. minut. Eksempelvis kan fjernes fejlsorterede plasttyper m.m.



FIGUR 25: ZENROBOTICS ANLÆG TIL BYGGEAFFALD

Producenter med udviklingsaktiviteter: Zenrobotics, Torc Robotics Group, Bollegraaf.

3.8.2 Separation af sort plast

Sort plast kan i dag separeres med 3 principper

- Våd massefyldeseperation
- Triboelektrisk separation
- Spektroskopisk separation

Triboelektrisk separation er beskrevet i afsnit 3.7.2.

Våd massefyldeseperation kan kun til en vis grad separere sort plast f.eks. polyolefinerne PE og PP fra PET og evt. PS, hvis der benyttes saltblandinger til at justere vægtfylden. Hvis der kun er en lille mængde fyldstof i PE/PP, kan disse også separeres med våd vægtfyldeseperation af typerne beskrevet i afsnit 3.7.1. Dette kræver benyttelse af f.eks. opløsninger af sprit/vand til at justere vægtfylden.

3.8.3 Laserspektroskopi

Der er kommet et enkelt system på markedet (Unisensor Powersort 200), som kan separere sort plast ved brug af højhastigheds laserspektroskopi. Samtidig vil systemet kunne identificere en række uønskede organiske additiver i f.eks. sort plast til elektronik.

Molekyler i overfladen belyses med en høj energilaser, og lyset herfra analyseres med fluorescens og ramanspektroskopi i hele bølgeområdet fra ultraviolet til infrarød. Herved kan detekteres mange flere komponenter end med den traditionelle nær-infrarøde spektroskopi. Dette kræver selvsagt mere datakraft, som nu er til stede i Unisensor Powersort 200 med en analysekapacitet på op til 1 mio. spektre pr. sekund.



FIGUR 26: UNISENSOR POWERSORT 200

Kapacitet

Systemet er beregnet til flager med størrelser fra 1 mm² til 200 mm² (4,5 cm flager). Systemet har en kapacitet på ca. 3 ton pr time og benyttes p.t. bl.a. til oprensning af PET-flager til fødevarekvalitet.

Krav til tilførte materialer

Systemet er beregnet til neddelt materiale og fungerer således ikke på flasker m.m. Hvis man neddeler den plast, der passerer NIR separatorerne vil systemet principielt kunne genanvendes til separation af sort plast.

Forbrug af ressourcer

Da systemet er baseret på luftdyser, gælder nogenlunde samme forhold som ved NIR separation, dvs. at der på påregnes en væsentlig udgift til produktion af trykluft.

Forventet separationseffektivitet

Unisensor angiver, at der kan opnås 98 % renhedsgrad af flakes med et højt udbytte, f.eks. ved frarensning af silikonerester.

Forventet prisniveau ved anskaffelse

Priser for Unisensors laserspektroskopibaserede Powersort 200 er på omkring 500.000 euro.

Eksempler på anlæg der anvender teknologien

Da prisen er ca. 5 gange prisen for NIR separatore, er der så vidt vides ikke investeret i udstyret til sort plast fra husholdninger og industri. Derimod anvendes udstyret inden for oprensning af PET.

3.8.4 MIR separation

De traditionelle JET separationsteknologier til polymeremner (f.eks. emballage) som pt er baseret på nær infra rød spektroskopi (NIR) kan snarest (2014) leveres med Mid Infra Red (MIR) baserede sensor systemer som kan separere sort plast. (systemerne er pt. i test - ref. Steinert (2013)).

3.8.5 Separation af plast med farlige stoffer

Plast kan indeholde en række farlige stoffer som f.eks.

- Plast med flammehæmmere
- Plast med blødgørere
- Plast med andre uønskede organiske additiver som opdages når stoffer evalueres i REACH systemet.

REACH lovgivningen og den almindelige evaluering af farlige stoffer finder løbende nye additiver, som vurderes at være farlige for sundhed og miljø. Det vil derfor være nødvendigt løbende at frasortere plastmaterialer med sådanne stoffer.

Velkendte eksempler er ftalater (DEHP) i blød PVC og bromerede flammehæmmere, men der findes også mange andre stoffer i plastprodukter, som kan være uønskede, hvis plasten skal genanvendes til høj kvalitetsprodukter, som kan komme i kontakt med mennesker.

For at kunne detektere sådanne materialer med automatisk udstyr, kræves mere avancerede spektroskopiske systemer som eksempelvis den dyre Powersort 200 beskrevet i afsnit 4.8.3.

Røntgenteknik kan bruges til detektion af uønskede organiske stoffer som brom i plast med bromerede flammehæmmere ³, eller andre flammehæmmere hvis de indeholder større mængder uorganiske atomer, men er så vidt vides ikke taget i brug i centrale sorteringsanlæg.

En anden teknik som er under udvikling er:

LIBS (Laser-induced breakdown spectroscopy)

Princippet i LIBS er at en laserstråle fokuseres på det objekt, der ønskes identificeret. Herved opstår der en plasma fra det punkt af objektet, der rammes af strålen, og der sker en analyse af det emissions spektrum, der udsendes fra plasmaen. Genkendelsesteknikken er hurtig, idet plasmaen dannes inden for nanosekunder efter laserbestrålingen. LIBS kan anvendes til at detektere plasttypen i kønrøgsindfarvet sort plast, da indholdet af kønrøg (carbon black) ikke har nogen indflydelse på det emitterede spektrum.

Ud over at detektere plasttype kan LIBS i princippet bruges til at bestemme additiver i plasten. Da det er en overfladeanalyse, er teknikken følsom over for urenheder på overfladen af plasten f.eks. coatings og etiketter. Se End of Life Plastics (2013).

LIBS findes i øjeblikket kun som håndholdt udstyr og er relativt kostbart, men der er principielt ingen hindring for at der kan udvikles sorteringsudstyr baseret på jetdyser, der bruger LIBS detektion (emerging technology). Teknologien kan principielt detektere emner på meget lang afstand. Således har det amerikanske forsvar testet udstyr, som kan detektere sprængstoffer på 20 meters afstand.

Fotoakustisk spektroskopi

Ved denne detektionsmetode måles den akustiske emission efter laser bestråling. Laser strålen pulserer ved en hørbar frekvens og resulterer i en lyd proportional med intensiteten af strålens absorption. Den er blevet testet for WEEE affald. Metodens selektivitet er ikke kendt, og det vides ikke, om responstiden ved metoden er hurtig nok til affaldssortering af plastemballager - se WRAP Final report (2011).

3.9 Overførsel af udenlandske teknologier til den danske værdikæde

Baseret på erfaringerne fra udenlandske anlæg og tilgængelige teknikker er i det følgende opstillet og diskuteret en række problematikker, som bør overvejes nøjere inden etablering af teknologierne i Danmark.

Der er nedenfor indsat en tabel med de teknologier som er vurderet mest relevante i forbindelse med etablering af centrale sorteringsanlæg i Danmark.

³ Bromerede flammehæmmere indgår i høje koncentrationer (10-20%) i flammehæmmet plast

TABEL 9: OVERSICHT OVER MEST RELEVANTE TEKNOLOGIER TIL UDSORTERING AF PLAST,METAL, PAPIR/PAP OG GLAS FRA BLANDEDE TØRRE AFFALDSSTRØMME TILFØRT FREMTIDIGE CENTRALE SORTERINGSANLÆG I DANMARK

Teknologi/ Fraktion	Forsorterings- trin	Udsortering af plast	Udsortering af Metal	Udsortering af Papir og Pap	Udsortering af Glas
Shredning	X				
Sortertromler	X				
Ballistiske separatorer/ andre sigter	X				
Vindsigter, luftknive etc.	X	x		x	
Skivesigter					x
Overbånds- magnet			x		
Eddy-current separation			x		
JET/NIR separation		x		x	
JET/ Farvekamera		x		x	x
JET /metaldetektor			x		
JET/Røntgen			x		

Kommende teknologier til for og eftersortering omfatter robotbaseret sortering.

Problematikker vedr. forsortering:

- › Tab med sigtefraktioner

En række udenlandske anlæg til behandling af blandede tørre rene materialer af papir/pap, plast, metal, glas er baseret på forbehandling med roteretromle og ballistisk separator med frasortering af partikelstørrelser < ca. 50 mm. Frasorteringen vil fjerne skår, mindre stykker brændbart, organisk snavs m.m.

Ved frasorteringen tabes endvidere en del mindre plastemner som låg, mindre metalstykker m.m.

Kommentarer

Det vides ikke, hvor meget sigtefraktionen < 50 mm udgør for danske affaldsstrømme og det nøjagtige tab bør bestemmes ud fra sorteringsforsøg med relevant affald, inden man projekterer anlæg.

Ved en reduceret hulstørrelse mindskes tabet men flere urenheder føres videre til efterfølgende sortering.

IUT oktober 2013 har oplyst, at man i Østrig og Tyskland typisk frasorterer materialer i roteretromle/ballistisk separator med hulstørrelse mellem 60 og 80 mm dog nogen steder ned til 40 mm. Kvaliteten af plastmaterialer, papir og glas under hulstørrelsens dimensionen er ifølge IUT af ringe kvalitet, mens det er rentabelt at udsortere metaller fra fraktionen med en tilbagebetalingstid på op til 3 år ved at etablere udsortering af jern og ikke jernmetaller fra fraktionen under de nævnte hulstørrelser. I Danmark vil man således kunne udsortere fyrfadslus, rester af alufolie, søm og skruer o. lign. til genanvendelse ved at etablere metalsortering på sigtefraktionen.

Problematikker vedr. plastsortering:

- › sort plast

Sort plast kan ikke frasorteres med de nuværende NIR separatorer.

Der findes en teknologi som kan gøre dette på flakes men endnu ikke til brug for større emner. Teknologien er pt. 5 gange dyrere end NIR- se afsnit 4.8.2.

Et alternativ til udsortering er substituering af carbon black med andre farvestoffer, hvilket er teknisk muligt men ikke taget i brug, da alternative farvestoffer er lidt dyrere.

Kommentarer

Det bør overvejes om man skal forberede anlæg på kommende forbedrede teknologier til sortering af sort plast. Mængden af sort plast i danske plastfraktioner bør undersøges nærmere. Der bør ses på mulighederne for at substituere carbon black i emballage.

- › forurennet/fugtig plast

Plasten må godt være en anelse fugtig men kun i begrænset omfang, da det ellers sviner anlæggene til, og der herved kan opstå arbejdsmiljømæssige problemer samt forøgede udgifter til rengøring af anlæg. Det kan være et problem hvis der forekommer delvis fyldte beholdere, som lækker under behandlingen og forurener andre materialer og transportbånd. Meget snavsede emballager med især olieholdige rester (margarine/olie/mayonnaise) kan forurene slutprodukter og fordyre/vanskeliggøre efterbehandling via vaskeprocesser.

Kommentarer

Det er vigtigt at begrænse mængden af emballage med fyld (væske og andet), der tilføres et anlæg. Dette kan gøres via sorteringsvejledninger og instruktion af borgere. Man kan også overveje, om der kan udvikles teknologi til at detektere fyldte beholdere og tømme disse. Hvis man vælger at acceptere indsamling af meget oliefyldt emballage, vil udgifter til oparbejdning i efterfølgende vasketrin øges. Man risikerer også, at den samlede plastmængde i PE/PP fraktionen har ringere kvalitet, fordi olien er trængt ind i plasten og derfor ikke kan fjernes helt ved vask. Rester af olie kan således være harsk og give en ubehagelig lugt i færdigprodukter baseret på denne fraktion. Ovennævnte bemærkninger må ses i sammenhæng med et ønske om maksimering af udtrækket af plast til genanvendelse.

- › kompositmaterialer (f.eks. flerlags folier)

Kompositmaterialer kan ikke genkendes da NIR kun ser overfladen af et emne (øverste lag i f.eks. et laminat f.eks. PE). Man kan sandsynligvis udvikle ekspertsystemer baseret på vision og flere sensortyper i avancerede NIR sorterere til at fjerne sådanne emner. (Normalt foregår en manuel eftersortering).

Kommentarer

Det overvejes om man skal forberede anlæg på kommende forbedrede teknologier til genkendelse af laminater. Inden dette bør indholdet af laminater i plastfraktioner tilført anlægget undersøges.

Tab af småpartikler af plast ved forsartering

- › Reducere størrelse af materialer/partikler som kan frasorteres via luft dyser

Størrelsen af materialer som kan sorteres med NIR er blevet reduceret fra 20-30 mm for 10 år siden til 2-3 mm i dag. Dette betyder at man kan sortere med dedikerede NIR separatorer på granulat og hermed fjerne urenheder og herved forbedre materialekvaliteten.

Kommentarer

Det bør overvejes om der kan udsorteres materialer af værdi af frasigtede småfraktioner fra forsortering f.eks. ved brug af NIR granulat detektorer.

Ifølge IUT oktober 2013 bør man normalt ikke gå meget under 10 mm i sorteringsprocessen ved brug af NIR separatorer.

Problematikker vedr. metalsortering:

- › Det vurderes, at hovedparten af metal tilført centrale sorteringsanlæg kan udsepareres ved forsigtning og efterfølgende separation med overbåndsmagnet og eddy-current separation.
- › Metal i understørrelses sigtefraktion
Ved sortering på restaffald vil der forekomme småemner af metal i sigtefraktion fra rotertromle/ballistisk separator. (små jernskruer og beslag). Sådanne emner kan udsorteres via tromlemagnet eller JET/metaldetektor baserede systemer, inden restfraktionen ledes til forbrænding.

Kommentarer

Det bør overvejes /undersøges hvor mange materialer, der kan udvindes af understørrelses sigtefraktioner fra forsortering ved en påbygning af tromlemagneter eller JET/metaldetektorer.

Problematikker vedr. papir- og papsortering

- › Manuel sortering
Ved sortering af papir benyttes pt. manuelle sorteringsmetoder i Danmark.
Ved investering i JET/NIR/farvekamera baserede metoder o. lign. kan sorteringen delvist automatiseres.

Kommentarer

Det anbefales at undersøge fordelene ved at etablere de nye sorteringsmetoder for papir og pap/karton i Danmark.

- › Risiko for forurening ved indsamling af blandede fraktioner (kildeopdelte/tør rest) til central sortering
Ved brug af central sortering hvor papir indsamles med andre tørre fraktioner som plast, metal og evt. glas risikeres at materialet bliver fugtigt undervejs - eksempelvis hos forbrugeren - hvis det hele indsamles i en beholder og der løber væske fra emballage over i papirfraktionerne. Herved kan opstå svampevækst som kan give arbejdsmiljømæssige problemer i manuelle for- eller eftersorteringstrin på et centralt sorteringsanlæg.

Kommentarer

Ved design af indsamlingssystemer skal der tages højde for ovenstående problematik.

Problematikker vedr. glassortering

- › Udsortering af keramisk, stentøj og porcelæn (KSP) og andre urenheder
Ved frasortering af glas fra blandede fraktioner vil rester af KSP findes sammen med glasfraktionen. KSP kan fjernes med eksisterende separationsudstyr.
- › Risiko for forurening af andre fraktioner
Ved sortering af blandede fraktioner med indhold af skår kan man risikere kontaminering af andre fraktioner med skår, f.eks. hvis et glasskår ender inde i en åben plastflaske. Der kan imidlertid accepteres en mindre andel glas i forbindelse med udsorteret plast i henhold til DSD produktspecifikationer. Glas kan også sætte sig i pap og papir men skønnes ikke at udgøre et problem i papirpulpere.

Kommentarer

Generelt bør rester af glas kunne fjernes ved efterfølgende forgranulering til 10 mm flakes og vask af plastemner. Herefter ekstruderes plasten typisk med brug af et smeltefilter, som vil fange mindre rester af metal og glas, keramik, sten, træ og andet som ikke kan smelte ved procestemperaturen. Ved øgede mængder af metal, glas, sten etc. øges udgifterne til rensning af filtre.

Der foregår en diskussion både i ind- og udland af om det giver mening at indsamle glas sammen med andre blandede fraktioner. Erfaringer fra Danmark viser, at der på sorteringsanlægget hos Dansk Affald kan produceres tilfredsstillende kvaliteter af deres blandede glas/plast/metal fraktion. I udlandet (bl.a. England) opererer anlæg som producerer tilfredsstillende kvaliteter ud fra blandinger af aviser, plast, metal og glas. I Østrig er det almindeligt, at glas/flasker indsamles separat via hente- eller bringeordninger.

Udviklings trends (generelle)

- › Bedre sensorer og databehandlingsudstyr
Der udvikles løbende bedre udstyr med mere følsomme detektorer og sorteringsalgoritmer.
Udviklingen følger den generelle udvikling inden for elektronik med hurtigere CPU'er og højere databehandlingskapacitet.

Opsummering af erfaringer fra brug af eksisterende teknologier anvendt i centrale sorteringsanlæg i ind- og udland

- › Kvalitet og renhed begynder hos affaldsproducenten
- › Indsamlingssystemerne skal være så brugervenlige, at sorteringskriterierne følges af det store flertal
- › Sorteringskriterierne skal være så logiske, at det er let for borgerne at efterleve dem
- › Ved øget ressourceudnyttelse af affaldet vokser risikoen for, at der sker tilsmudsning af materialerne eksempelvis når man medtager tilsmudsede emner og emner med indhold (ikke tørt).
- › Sorteringsanlægget/-anlæggene skal være så robuste, at de kan håndtere fejlsorteringer

Supplerende og mere uddybende kan man påpege følgende:

1. Materialer – hvad skal borgeren sortere ved kilden

- a. Traditionelt indsamlede materialer til genanvendelse (kildesorterede)
papir/aviser/ugeblade/reklamer og glas/flasker:
Erfaringer fra udlandet viser at der er taget en række nye teknologier i brug på sorteringsanlæg hvorved mængden af manuelle arbejdsmiljøbelastende arbejdsstrin mindskes. Eksempelvis findes teknologier til automatisk separation af papir og papfraktioner og oprensning af skår. Ved separat indsamling af materialer opnås et høj kvalitetsprodukt, som kan afsættes til genanvendelse.
- b. Kildeopdelte materialer:
En lang række materialer som f.eks. emballagekarton/pap, Tetra Pak emballage, emballageplast, tekstil, emballagemetal og andet småt metal kan indsamles kildeopdelt hos husstandene.

I udlandet har i mere end 20 år været indsamlet emballageplast i form af hule emner, metal og glas til sortering på centrale sorteringsanlæg. I dag findes mange Europæiske anlæg, som alle er baseret på NIR separation til at udsortere rene fraktioner af polymer materialer eller TetraPak. Herudover findes teknologier til separation af metaller og glas.

2. Kvalitet – hvor kontamineret må materialer være ved kildesorteringen

a. Grad af kontaminering

Det er vigtigt at holde papir-, karton- og papmaterialer tørre i hele værdikæden.

Mængden af materialer med indhold af væsker og madrester bør generelt minimeres af hensyn til videre oparbejdning af fraktionerne samt af hensyn til arbejdsmiljø.

I forbindelse med større centrale sorteringsanlæg hvor der evt. indgår neddeling af emner er der risiko for, at indhold fra ikke rengjorte materialer spredes til rene og tørre materialer samt til transportbånd og komponenter i anlæg.

Hvis plastemballage indeholder olieholdige væsker, kan disse trænge ind i plasten og være umulige at rengøre fuldstændigt i en vaskeproces. Herved risikeres at emballagen må downcycles til produkter af ringere kvalitet eksempelvis sorte spande.

b. Kompositmateriale

Kompositmaterialer (laminatkonstruktioner som tandpastatuber) eller sammensatte produkter som legetøj er generelt problematiske at medtage i en affaldsstrøm, hvis der ønskes produceret høj kvalitetsmaterialer til genanvendelse. For laminater skyldes problemet, at sorteringsanlæggene anvender NIR, som er en overfladeanalyse til sortering, hvorved laminatlag under overfladeplastlaget ikke ses. For legetøj kan problemet være, at der indgår flere forskellige materialer. Hvis der f.eks. er PE på overfladen af en legetøjsbil (med metal og gummi i hjul), vil den blive frasorteret i en NIR separator, som om den var ren PE.

Generelle krav til renhed af udvundne fraktioner er listet i afsnit 5.3. Det er ikke muligt at angive præcise krav til genanvendelse af materialer til nye produkter med en specifik funktion da dette vil afhænge af produktets kravspecifikation.

Ud fra et ressource effektivitets synspunkt skal man i så stor udstrækning som muligt ikke på forhånd, og via skrappe sorteringsvejledninger til borgerne, fraskrive sig muligheden for også at trække lettere kontaminerede materialer ud til genanvendelse. Kvaliteten af den materialestrøm der går til genanvendelse, markedets ønsker om samme – herunder oparbejdnings-/ genvindingsanlæggenes tekniske muligheder - skal være bestemmende for om et kontamineret materiale skal tillades kildesorteret. Afhængig af disse forhold skal systemet til indsamling og central automatisk sortering (bestående af oplagring i beholder/evt. emballering af kildesorterede fraktioner og efterfølgende indsamlingsteknologi og sorteringsteknologi) detailplanlægges via en integreret tilgang.

3.10 Kvalitet og lav spildprocent i genanvendelsessystemet

Generelt opnås en højere renhed og kvalitet af materialer, jo mere der kildesorteres ved borgeren. Til gengæld vil man opnå et mindre udbytte, idet nogle materialer mistes via brændbart restaffald. Tabel 10 illustrerer relative forskelle mellem forventede mængder, som indsamles i forhold til den renhed der forventes opnået i de indsamlede fraktioner.

TABEL 10: INDSAMLING AF GENANVENDELIGE MATERIALER

Genanvendelige materialer indsamling via	1 Kildesorteret husstand, henteordning	2 kildesorteret, kuber/ genbrugsplads, bringeordning	3 Kildeopdelt (blandet metal, plast, papir etc.) husstandsindsamlet, hente	4 Tørt Restaffald
Mængde indsamlet	++++	++	++++	+++++
Kvalitet (renhed)	+++	+++	+++	+

Ved 1,2,3 er antaget at resten af affaldet fra husstanden leveres til restaffald til forbrænding, mens det i 4 antages, at der er mulighed for at aflevere organisk og tørt restaffald separat.

Centrale sorteringsanlæg kan benyttes til at opnå en brugbar renhed af sammensatte fraktioner som kildeopdelt (3) eller tørt restaffald (4). Samtidig kan opnås et højere samlet udbytte end ved kildesorteret indsamling (1,2), idet nogle af de brugbare mængder der ellers tilføres brændbart restaffald herved kan udnyttes.

Ved øget kompleksitet af genanvendelsessystemet vurderes generelt, at der opstår en øget risiko for kontaminering af produktfraktioner med uønskede materialer. Øget kompleksitet kan også bidrage til tab af materialer fordi sorteringsvejledningen kan være vanskelig at forstå eller følge.

I det følgende er materialefraktionerne metal, plast, papir/pap og glas gennemgået vedr. mulighederne for at opnå en høj renhed som funktion af genanvendelsessystemets kompleksitet.

3.10.1 Jern

I restaffaldet til forbrænding ender i dag en del jernbaseret metalemballage (hvidblik), som delvist oxideres til ikke brugbare jernoxider i forbrændingsprocessen.

Hvis metallerne i stedet udvindes fra kildeopdelt indsamlet emballage eller fra tørt restaffald via en overbåndsmagnet i et centralt sorteringsanlæg, undgås oxidationen og metallerne kan genanvendes fuldt ud. Opnåelse af et højt udbytte vil kræve at der udsorteres fra både overstørrelses- og understørrelsesfraktioner, hvis der foretages en indledende sigtning i tromlesigte/ballistisk separator.

Risiko for kontaminering

For jern vurderes risikoen for kontaminering begrænset da jernet typisk fjernes fra en produktstrøm med en overbåndsmagnet. Der kan dog være en risiko for, at mindre elektriske og elektroniske emner (transformatorer, legetøj med elemotorer elpærer etc.) med indhold af jern fjernes sammen med andre jernemner. Ligeledes vil der kunne være indhold af uønskede emner, som hænger fast i jernfraktionerne som suges med op i overbåndsmagneten.

Begrænsning af kontaminering

- Det bør overvejes hvordan man kan minimere mængden af fejlsorteringer i fraktionen stammende fra elektronikaffald og sammensatte produkter gennem information af borgerne og gennem særlige ordninger for indsamling af sådanne fraktioner
- Der bør udføres en løbende manuel kvalitetskontrol på det centrale sorteringsanlæg af den producerede jernfraktion til genanvendelse.

3.10.2 Aluminium og andre ikke-jern metaller

I restaffaldet til forbrænding findes i dag en del aluminiumsemballage eller aluminiumsemner. Tynde aluminiumsemner vil enten oxideres eller smelte i forbrændingsanlæg. Der udvindes en del aluminium fra slagge via eddy-current separation, men mængden som kan udvindes bør principielt

være større, hvis aluminiumsemnerne tilføres fra kildeopdelt eller restaffald til et centralt sorteringsanlæg, da der ikke er noget tab af tynde emner som følge af forbrænding - se også Miljøprojekt 1260 (2008). Opnåelse af et højt udbytte vil kræve, at der udsorteres fra både overstørrelses og understørrelsesfraktioner, hvis der foretages en indledende sigtning i tromlesigte /ballistisk separator.

Risiko for kontaminering

Ikke-jern metaller vil typisk blive frasepareret med en eddy-current separator.

Ved behandling af en emballagefraktion fra kildeopdelt indsamling vil fraktionen, der udsorteres, typisk bestå af aluminiumsemballage i form af sodavandsdåser eller emballage til fødevarer. Der vil kunne være mindre mængder elektriske eller elektroniske emner, som fejlagtigt er medindsamlet og som bør fjernes ved manuel kvalitetskontrol før eller efter separation.

Ved en kompleks affaldsstrøm som restaffald vurderes, at der vil være en større risiko for, at mindre elektriske og elektroniske emner (transformatorer, legetøj med elemotorer elpærer etc.) som ikke har indeholdt nok jern til at blive fjernet med overbåndsmagnet fjernes med eddy-current separatoren. Ligeledes kan større messingbeslag og lignende ende i denne blandede metalfraktion. Efterfølgende må derfor påregnes at fraktionen skal yderligere finsorteres ved ekstern oparbejder før den kan bruges.

Begrænsning af kontaminering

- Det bør overvejes hvordan man kan minimere mængden af fejlsorteringer i fraktionen stammende fra elektronikaffald og sammensatte produkter gennem information af borgerne
- Der bør udføres en løbende manuel kvalitetskontrol på det centrale sorteringsanlæg af den producerede metalfraktion til genanvendelse.

3.10.3 Plast

I restaffaldet til forbrænding ender i dag en stor mængde plastemballage som kan udsorteres til genanvendelse i et centralt sorteringsanlæg sammen med kildeopdelt indsamlet plast. Imidlertid indeholder restaffaldet typisk også en række sammensatte emner som kasseret legetøj med indhold af plast, metal og evt. elektronik, plastemner fra kasseret elektronik, meget tilsmudset plast som f.eks. afløbsslanger fra vaskemaskiner, fiberarmerede haveslanger m.m. Disse fraktioner kan også optræde i kildeopdelt indsamlet plast. Problemet med disse fraktioner er at de kan indeholde flammehæmmere og andre uønskede stoffer som ikke bør overføres til plast til genanvendelse.

Risiko for kontaminering

Plast udsorteres på centrale sorteringsanlæg med NIR separatorene i hovedpolymererne PE,PET,PP og PS samt evt. PVC. NIR separatorene kan pt. ikke se om plastemnerne indeholder uønskede flammehæmmere eller et lille printkort i f.eks. en plastlegetøjsbil, hvorfor problematiske emner vil blive frasorteret sammen med emballageplast af højere kvalitet.

Begrænsning af kontaminering

- Man bør overveje hvordan man kan minimere mængden af fejlsorteringer i fraktionen stammende fra elektronikaffald og sammensatte produkter gennem information af borgerne
- Der bør udføres en løbende manuel kvalitetskontrol på det centrale sorteringsanlæg af den producerede plastblanding til genanvendelse.
- Det bør overvejes om der kan tages ny teknologi i brug til at mindske manuel eftersortering eksempelvis robotbaseret eftersortering eller brug af kombinationssensorer i JET baserede systemer f.eks. samtidig detektion af indhold af metal (metalsensor) og polymertype (NIRsensor), hvorved et plastemne med et printkort bør kunne detekteres.

3.10.4 Papir og pap

I restaffaldet til forbrænding ender i dag en del kasseret papir (mindre stykker sammenkrøllet papir, boner, personfølsomme oplysninger, pizzabakker og forurenede papir).

Risiko for kontaminering

Ved sammenblanding af papir og/eller pap med restaffald og emballagebeholdere med eventuelle rester af væsker risikeres en delvis forurening af papir eller papfraktionen. Dette kan medføre arbejdsmiljømæssige gener, hvis papir/pap har været fugtigt i længere tid, så der er opstået svampevækst.

Begrænsning af kontaminering

Man bør overveje, hvordan man kan begrænse arbejdsmiljømæssige gener via gennemtænkt indretning/design af den samlede kæde af operationer fra opsamling i husholdningen/køkkenet, placering og indsamling i affaldsbeholdere til forbehandlings på det centrale sorteringsanlæg.

3.10.5 Glas

I restaffaldet til forbrænding ender i dag en vis mængde forurenede glasemballage, som kan udsorteres til genanvendelse i et centralt sorteringsanlæg sammen med evt. kildeopdelt indsamlet glas.

Risiko for kontaminering

For at glasskår kan genanvendes, skal de være befriet for KSP, metaller. Glasskår vil kunne udsorteres fra centrale sorteringsanlæg, som beskrevet i kapitel 3 ved brug af særlige JET baserede systemer, der oprenser skår for KSP

4. Systemoverblik – teknik, arbejdsmiljø og kvalitet

4.1 Betragtninger over anlægskoncepter

I kapitel 1 er den samlede værdikæde af operationer og involverede parter beskrevet. Kapitel 2 gennemgår en række udvalgte Europæiske tekniske løsninger, som med indbyggede erfaringer og tanker om teknisk koncept kan inspirere til løsninger under danske forudsætninger med tilhørende tankegang. I kapitel 3 er givet meget detaljerede beskrivelser af individuelle teknologier til at udsortere tørre genanvendelige materialer af høj kvalitet.

Under indtryk af informationer fra de foregående kapitler er nedenfor beskrevet hvordan et centralt sorteringscenter kan stykkes sammen, idet der er tænkt ind:

- Hvilke fraktioner et anlæg kan/skal kunne modtage
- Hvilke funktioner et anlæg kan/skal kunne udføre

Beskrivelsen har som udgangspunkt haft som forudsætning, at beskrive et anlæg i sin maksimale udbygning hvad angår modtagne fraktioner og operative funktioner.

4.1.1 Central sortering – beskrivelse og afgrænsning af avanceret fuldskalaanlæg

Den centrale behandling af indsamlede materialer til genanvendelse foregår i et centralt sorteringscenter. I sin maksimale udbygning skal dette kunne modtage og behandle følgende fraktioner til behandling/sortering:

- **Fraktion 1:** Blandede kildesorterede (kildeopdelte) materialer (f.eks. papir, pap/karton, blandet plast, blandet metal og glas) fra kommunale indsamlingsordninger (hente/bringe) for dagrenovation samt genanvendelige materialer af samme karakter fra erhvervsvirksomheder
- **Fraktion 2:** Rene kildesorterede materialer (f.eks. papir, pap/karton, blandet plast, blandet metal og glas) fra kommunale indsamlingsordninger (hente/bringe). Det samme fra genbrugsstationer (især pap og plast) og fra erhvervsvirksomheder.
- **Fraktion 3:** Restaffald fra den kommunale dagrenovationsordning (tør dagrenovation uden bioaffald).
- **Fraktion 4:** Småt brændbart fra genbrugsstationer eller fra kommunale storskraldsordninger (hente)
- **Fraktion 5:** Stort træ og andet stort brændbart fra genbrugsstationer eller kommunale ordninger for stort affald (til evt. neddeling før genanvendelse eller forbrænding)
- **Fraktion 6:** Restaffald fra erhvervsvirksomheder (blandet tørt erhvervsaffald uden bioaffald)

Sorteringscentret modtager alle de nævnte fraktioner til grov- og finsortering ud i genanvendelige materialer, en brændbar restfraktion og evt. en deponeringsfraktion. Centret udsorterer ikke i en organisk fraktion.

Sorteringscentret forventes ikke at modtage store tunge genanvendelige emner som f. eks. stort jern fra genbrugspladser. Dette forventes afleveret direkte til skrothandlere.

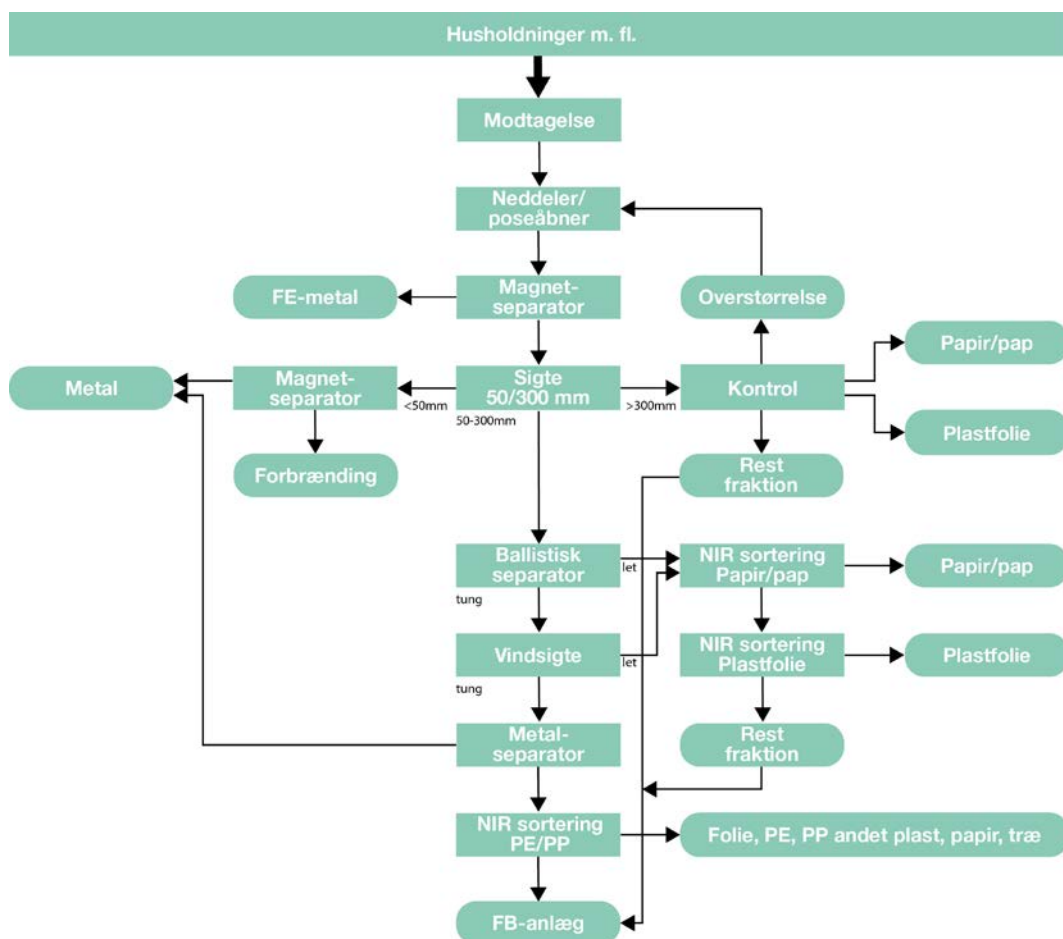
Genanvendelige materialer oplagres før afsætning til genvindingsindustrien. Brændbart rejekt fra sorteringscentret tilføres direkte forbrændingsanlæg. Deponeringsfraktion tilføres affaldsdeponi.

Sorteringscentret vil blive stykket sammen af forskellige funktionelle enheder (udstyr) specifikt egnet til at håndtere de nævnte indsamlede fraktioner. Disse funktioner kan i sin maksimale udbygning omfatte:

- **Funktion 1:** Separat modtagelse og oplagring af indvejet affald/genanvendelige materialer. Modtageområdet opdeles i zoner til oplagring af de 6 ovenfor beskrevne fraktioner.
- **Funktion 2:** Neddeling af stort affald/visse store genanvendelige materialer (f.eks. stort plast, vinduer, døre, møbler og andet stort brændbart) fra genbrugspladser før sortering foretages
- **Funktion 3:** Grov- og finsortering af blandede genanvendelige materialer henholdsvis blandet tørt restaffald og småt/stort brændbart fra husholdninger og erhverv. Finsorteres i papir, karton/pap, metal (jern og aluminium) samt plast (LDPE folie, HDPE, PET, PP og PS m.fl.) og i glas (knust). Andre materialer (som f.eks. tetra pak og tekstiler) kan også tænkes udsorteret i fremtiden.
- **Funktion 4:** Finsortering af kildesorterede materialer (som f.eks. blandet plast, blandet metal og evt. papir/pap) og af stort affald/visse store genanvendelige materialer neddelt på anlægget
- **Funktion 5:** Balletering af finsorterede materialer fra funktion 3 og 4 samt af kildesorterede materialer leveret direkte til denne funktion (uden behov for finsortering) med behov for presning før videre transport

I funktion 3 foretages både en grov- og en finsortering af de blandede genanvendelige materialer (kildesorteret eller kildeopdelt). Ved tilførsel af flere forskellige sammenblandede genanvendelige materialer kunne man evt. forestille sig at undlade en finsortering af metal og plast – som i stedet kunne finsorteres på andre sorteringsanlæg dedikeret til metal henholdsvis plast finsortering. Et sådan "grovsorteringsanlæg" ville således skulle kunne udsortere effektivt materialefraktionerne karton, plast og metal. Udstyr nødvendigt for at kunne udføre denne sortering effektivt uden alt for meget tab af materialer (som ender i den forkerte fraktion) omfatter imidlertid i stor udstrækning det sorteringsudstyr, som benyttes til selve finsorteringen. Metal frasorteres således i en ren fraktion via både en magnet (til jern) og en eddy current separator (til ikke jern/aluminium). Plast separeres fra karton via NIR separatorer. Alle de nævnte typer udstyr benyttes også ved finsorteringen. Det er derfor ikke aktuelt at tænke sig etablering alene af et grovsorteringsanlæg uden også at lade finsortering foregå på samme anlæg.

Eksempel på del-funktioner i et udbygget anlæg hvor der er fokus på sortering af papir, pap/karton, plast og metal er vist på nedenstående diagram. (Diagrammet tjener alene til at give et overordnet overblik over væsentlige funktioner/udstyr i et centralt automatisk sorteringsanlæg. Kapitel 2 indeholder mere specifikke forklaringer på tekniske koncepter for sortering på de enkelte typer materialer)



FIGUR 27: DELFUNKTIONER I ET UDBYGGET ANLÆG (EKSEMPEL PÅ ANLÆG TIL KILDEOPDELTE MATERIALER)

Fra funktion 2 fås et groft neddelt materiale bestående af træ (rent henholdsvis malet), metal, hård plast (fra f.eks. havemøbler) samt en brændselsfraktion. Imprægneret træ forudsættes kildesortet hos affaldsproducenten og ikke indgå. Rent træ (evt. med lak eller lim men ikke maling) transporteres til trægenvinding (typisk i spånplade-produktion), metal og plast finsorteres på magnet og eddy- current separator henholdsvis på NIR infrarød separator i funktion 3.

Fra funktion 3 og 4 fås et output bestående af finsorterede genanvendelige materialer (papir, pap, plast, metal og glas). Disse materialer leveres videre til funktion 5 – balletering eller til anden form for oplagring før videre transport. Desuden fås en brændselsfraktion med høj brændværdi.

Fra funktion 5 fås et output bestående af baller af forskellige materialer. Disse oplagres på anlægget i en periode (indtil bedst mulig markedspris kan opnås) før transport til genvindingsindustrien.

4.1.2 Behov for sorteringsanlæg

Et konkret anlæg vil blive sammenstykket efter de identificerede behov og muligheder. Som beskrevet ovenfor er der en række materialefraktioner med tilhørende behandlingsfunktioner, som basalt set udgør byggestenene i et centralt sorteringsanlæg. Disse byggesten skal naturligvis omsættes til en konkret virkelighed, som bl.a. inddrager fakta om parallelle aktører og anlæg, der udfylder de samme slags funktioner. Her tænkes f.eks. på:

- **Jernhandlere og metalfragmenteringsanlæg** som er i stand til at udføre en avanceret sortering af forskellige metaller og efterfølgende afsætte disse til metalværker i Europa eller andre steder. Kapaciteten i Danmark er stor nok til at dække eget behov.

- **Papir og pap genvindere**, der traditionelt modtager kildesorteret papir og pap i forskellige rene fraktioner, balleterer disse og efterfølgende transporterer disse primært til en papirindustri i udlandet (Sverige eller Tyskland), idet kapaciteten på dansk papirindustri er blevet reduceret over en årrække. Noget kapacitet til modtagelse af returpapir og oparbejdning af nyt papir findes dog stadig i Danmark.
- **Glasværker/glasgenvindere** der er i stand til at modtage blandet knust glas (skår) og flasker, finsortere disse i farver og urenheder med efterfølgende omsmeltning til nyt glas. Kapacitet til automatisk glassortering findes i Danmark (Reiling i Holmegård). Desuden findes en række flaskeskyllerier, som modtager blandet glas (i form af flasker og skår)
- **Plastsorteringsanlæg**, som er i stand til at modtage en blandet fraktion plast og finsortere denne ud i individuelle plast polymerer (f.eks. PE, PP, PET, PS). Anlæg til finsortering af hård plast findes i Danmark (DK Råstoffer i Fredericia og Dansk Affald i Vojens). Kapaciteten på anlægget i Fredericia forventes at være maksimalt 40.000 tons plast pr. år. Hvis alene plast ønskes finsorteret – og ikke andre blandede materialer – dækker de to eksisterende sorteringsanlæg en del af det mulige danske behov for finsortering af plast på et dedikeret plast-sorteringsanlæg. Dog dækker de to anlæg p.t. ikke finsortering af plastfolie

Som det kan aflæses ovenfor haves tilstrækkelig kapacitet i Danmark til at modtage kildesorteret metal, papir, pap og glas fra kommunale genanvendelsesordninger og fra erhvervsvirksomheder. Der er – bortset fra Dansk Affald og NOMI4S - ikke kapacitet til at modtage blandinger af disse materialer. Flere af de anlæg og fabrikker, der ligger til grund for denne kapacitet vil – ud over at være i stand til at modtage rene kildesorterede materialer – også være i stand til at modtage finsorterede materialer fra et centralt sorteringsanlæg. Dog er der i Danmark p.t. ikke en dedikeret virksomhed, der modtager finsorterede plastpolymerer fra husholdninger til oparbejdning til et nyt plast (regenerat). Flere danske plastvarevirksomheder modtager dog rent returplast fra industrien til oparbejdning til nyt regenerat.

For at tilvejebringe et komplet system for forarbejdning af et affaldsmateriale, som genvindingsindustrien vil modtage til videre oparbejdning til en ny råvare, mangler således mindst ét af følgende typer tekniske koncepter med tilhørende anlæg henholdsvis ny kapacitet til samme:

Anlægstyper

- *Anlæg til at modtage og finsortere (**blandede**) kildesorterede og kildeopdelte fraktioner som f.eks. papir, pap, metal, plast og glas (og evt. flere slags materialer, dog ikke organiske materialer). Modtagelse kan ske fra både husholdninger og erhverv..*
- *Anlæg til at modtage (blandet) kildesorteret plast samt (blandet) kildesorteret småt metal fra husholdninger, genbrugspladser og erhverv*
- *Anlæg til at modtage og finsortere **blandet tørt restaffald (uden eller med begrænset organisk indhold)**. Modtagelse kan ske fra både husholdninger og erhverv. Tørt restaffald kan stamme fra dagrenovationsindsamlingen (af restaffald), fra genbrugspladsernes fraktioner for stort og småt brændbart (eller alternativt fra kommunale henteordninger for storskrald) eller fra erhverv (service som kontorer og supermarkeder).*
- *Anlæg som kan modtage **alle ovennævnte fraktioner***

Som det fremgår ovenfor kan anlæggene udbygges til at modtage forskellige fraktioner som måtte findes relevant i den pågældende situation. I praksis vil de fire anlægstyper hver for sig være forsynet med stort set samme type udstyr uafhængig af hvilke fraktioner der modtages. Det er alene et spørgsmål om kapacitet af anlæggets modtageområde, aflæsningsforhold, færdigvarelager og

visse typer udstyr, der afgør om en eller flere slags fraktioner/affaldstyper kan modtages og sorteres.

Det anses ikke for relevant at etablere anlæg og kapacitet til fragmentering og finsortering af "stort metal" fra genbrugspladser, som i dag finder sted hos skrothandlerne. Endvidere kan det være tvivlsomt, om det er hensigtsmæssigt at etablere anlægskapacitet til finsortering af glas og finsortering af papir, idet der allerede findes velfungerende indsamlinssystemer med høj effektivitet.

4.1.3 Indretning, drift og effektivitet af sorteringsanlæggene

Indretning og effektivitet af sorteringsanlæg

Anlæg af alle fire typer kan opbygges, så de kan klare sortering af papir/pap og glas. Det skal dog i hvert enkelt tilfælde overvejes nøje, om kapacitetsomkostninger for disse fraktioner kan modsvares af indtægter ved salg af finsorteret glas og papir.

Alle fire slags anlæg kan indrettes i stil med de sorteringsanlæg, der er etableret og i drift i flere Europæiske lande. Anlæggene skal indrettes til at kunne modtage og behandle flere forskellige materialestrømme. Dette skal gøre anlægget fleksibelt, hvad angår selve driftssituationen og produktion af "outputs" (udsorterede materialer). Sådanne anlæg indeholder normalt følgende typer udstyr/funktioner (også vist på Figur 27):

- Indvejning/vægt
- Modtage/aflæsnings areal (materialer aflæsses på gulv i båse for de forskellige fraktioner, restaffald i store mængder aflæsses i silo)
- Poseåbner (bruges især til tørt restaffald, men der kan også være behov herfor til det kildeopdelte materiale)
- Neddelere til restaffald og store emner (træ, møbler, stort plast fra stort brændbart). Gælder alene anlæg af type 2 og 3.
- Transportbånd, som føder sorteringsudstyr
- Tromle til størrelsessortering (<50 mm, 50-300mm, >300 mm)
- Ballistisk separator til sortering af mellemstørrelsen i en tung og en let fraktion samt en "partikel" fraktion < 20 mm
- Magnet til frasoortering af magnetisk metal (jern) fra tung fraktion
- Eddy- Current separator til frasoortering af ikke-magnetisk metal (aluminium) fra tung fraktion.
- Vindsigte til fraseparering af lette 2D emner (f.eks. plastfolie)
- NIR infrarød til fin-sortering af karton og 2D plastfolier fra let fraktion
- NIR infrarød til sortering af individuelle 3D plasttyper (f.eks. plastdunke i LDPE, HDPE, PP, PS, PET) fra tung fraktion
- Sorterkabine til manuel kontrol af kvalitet af finsorterede materialer (karton, plast, metal)
- Ballepresser.
- Lagerareal/container for restaffald/rejekt.
- Lagerareal for balleterede genanvendelige materialer

Som nævnt ovenfor kan anlægget indeholde en sorter kabine til primært kvalitetskontrol af de maskinelte finsorterede rene materialer. Denne kabine kan også anvendes til manuel sortering af overstørrelsesfraktionen, som bl.a. vil bestå af store plastfolier og store stykker pap. En sådan positiv manuel sortering må overvejes i hver enkelt situation under hensyntagen til arbejdsmiljø, det valgte tekniske koncept og krav til kvalitet af afsatte genanvendelige materialer.

Output/materialeflow i anlæg for kildeopdelte/kildesorterede materialer og for tørt restaffald er typisk følgende (se tabel Tabel 11) – og naturligvis meget afhængig af input.

TABEL 11: SORTERINGSEFFEKTIVITETER PÅ CENTRALE AUTOMATISKE SORTERINGSANLÆG

Output fraktion	Anlæg for Kildeopdelt/ kildesorteret input – Udsorteret som % af input	Anlæg Tørt restaffald – Udsorteret som % af input
Opballet returplast af kvalitet 98/2- farvesorteret (gælder for PET – er lavere for PE, PP)	• 70-85 % af plast input	• 25-40 % af plast input
Opballet karton/småt pap	• 70-85 % af pap input	• 40-50 % af pap input
Opballet metal eller i løs vægt afhængig af destination (i form af jern/aluminium)	• 90-95 % af metal input	• 70-80 % af metal input
Glas (skår)	• 70-85 % af glas input	• 30-40 % af glas input
Rent træ (evt. med lak eller lim)	Kendes ikke	Kendes ikke
Opballet eller papir i løs v,ægt afhængig af destination for det genanvendelige papir	• 100% af papir input 1)	• 20-25% af papirinput
Rest plast til forbrænding	• 15 – 30 % af plast input	60 – 75 % af plast input
Rest pap til forbrænding	• 15 – 30 % af plast input	• 50 – 60 % af pap input
Rest metal (som sandsynligvis tilføres forbrænding sammen med andre restprodukter)	• 5 – 10 % af metal input	• 20 – 30 % af metal input
Neddelt træ (kontamineret/malet) til forbrænding	Kendes ikke	• Kendes ikke
Andet forbrændingseget (består af fejlsorteringer i husholdninger og erhverv samt andre sorteringsrester)	• Mængde afhænger af input kvalitet	• Mængde afhænger af input kvalitet
Til deponering	• Mængde afhænger af input kvalitet	• Mængde afhænger af input kvalitet

1). Papir sorteres ikke men bliver modtaget direkte fra en kildesorteringsordning for papir. Balleteres evt. på anlæg og køres efterfølgende direkte til papirfabrik

De i tabellen angivne sorteringseffektiviteter bygger på generelle erfaringer fra Europæiske sorteringsanlæg etableret igennem en årrække og på erfaringer opbygget hos rådgivere indenfor automatisk sortering og leverandører af sorteringsudstyr. Der er ikke så vidt vides gennemført en stor mængde velkontrollerede og dokumenterede målinger på egentlige automatiske sorteringsanlæg i fuld skala drift. Driftsbetingelserne og forretningskoncepterne er meget forskellige ligesom de tilførte materialer varierer fra anlæg til anlæg.

De angivne sorteringseffektiviteter for anlægget, der modtager **kildesorterede/ kildeopdelte materialer** forudsætter en forudgående kildesortering ude i husholdningerne af de nævnte materialer samlet eller hver for sig. Der er indregnet samme indsamlingseffektiviteter som i Miljøprojekt 1458, 2013 (forstået som den effektivitet husholdningen udsorterer de forskellige fraktioner i). For plast haves en forholdsvis lav skønnet indsamlingseffektivitet. I praksis betyder dette at husholdningen normalt vil kildesortere den bedste materialekvalitet i en forholdsvis ren tilstand. Dette gør den automatiske sortering effektiv og sikrer en høj kvalitet af de materialer det automatiske sorteringsudstyr udsorterer. Ved de økonomiske beregninger er indregnet tilstrækkelig sorteringsudstyr og manuel efterkontrol til at de tilførte kildesorterede/kildeopdelte materialer kan finsorteres efter én passage af den samlede "sorteringslinje" og opnå en høj kvalitet der kan genanvendes.

Når det gælder et anlæg der modtager **tørt restaffald** vil denne fraktion indeholde:

- dels de genanvendelige materialer papir, pap/karton, plast metal og glas der ikke blev placeret i genanvendelsesbeholderen og
- dels ikke genvendelige tørre fraktioner der er mere egnet til forbrænding – sammen med en vis mængde organiske materialer, som ikke er placeret i beholderen til bioaffald

Dette affald er meget blandet og indeholder genanvendelige materialer, der i gennemsnit er af lavere kvalitet end de kildesorterede/kildeopdelte materialer. Den automatiske sortering udsorterer derfor en mindre mængde kvalitetsmaterialer (afspejlet i anlæggets mindre sorteringseffektivitet for tørt restaffald), men den mindre mængde udsorteret vil kunne opnå samme høje kvalitet og genanvendes på samme måde, som efter sortering på kildesorterede/kildeopdelte materialer. Såfremt større mængder udsorteres vurderes det, at disse ekstra mængder ikke vil kunne opnå den høje kvalitet, der er forudsat i mængde- og økonomiberegningerne. Der indregnes derfor ikke i økonomiberegningerne mængder ud over hvad den angivne sorteringseffektivitet resulterer i. Der indgår her samme forudsætning som under sortering af kildeopdelte materialer – nemlig at finsortering ske via én passage af den samlede "sorteringslinje".

Drift af sorteringsanlæg af alle typer:

For hver hovedstrøm af materialer kan følgende beskrivelse af håndtering gives:

1. Kildesorteret papir fra hente/bringeordninger og stort pap fra genbrugspladser aflæsses i særligt aflæsningsområde, hvor det efterfølgende kan opballes eller læsses direkte i maxi-containere for transport til papirfabrik. Det samme kan ske med kildesorteret plast af kendt polymer type modtaget fra handel og kontor.
2. Kildeopdelt karton/pap, plast og metal aflæsses i modtagehal i bås indrettet for denne materialetype. Herefter læsses det i poseåbner (efter behov) og kører igennem anlægget til og med finsortering på de infrarøde sorteringsmaskiner. Finsorteret plast m.m. kontrolleres manuelt for urenheder/fejlsortering. Alt finsorteret output balleteres før transport til genvindingsindustri. Ikke genanvendelige materialer frasorteret på de enkelte sorteringsmaskiner føres til output lager (er normalt brændbart). Om ønskeligt kan glas frasorteres ved udbygning med særligt udstyr (bl.a. farvekamera) til dette.
3. Kildesorteret blandet plast og kildesorteret blandet metal håndteres på samme måde som kildeopdelte materialer nævnt under pkt. 2
4. Tørt restaffald og småt brændbart aflæsses i modtagehal i særlig(e) bås(e) indrettet for disse materialetyper. Herefter læsses det i poseåbner eller neddelers efter behov og kører igennem anlægget som beskrevet under "kildeopdelte materialer". Om ønskeligt kan glas frasorteres ved udbygning med særligt udstyr til dette.
5. Stort træ og møbler fra genbrugspladser aflæsses i modtagehal i bås indrettet for denne materialetype. Herefter læsses det i neddelers (på nogle anlæg kan en grovsortering finde sted på gulv med en hydraulisk maskine). Alt undtagen det rene træ kører igennem anlægget til ballistisk sortering hvor tunge dele (træ og metal) og lette dele (tekstil, læder, skumgummi o. lign.) frasorteres. Tunge dele sorteres i jern og andre metaller samt i træ. Lette dele sorteres på NIR infrarød maskiner i udvalgte genanvendelige materialer og i restaffald. Jern og aluminium balleteres evt. før transport til jernhandler/aluminiumsværk. Ikke genanvendelige materialer frasorteret på de enkelte sorteringsmaskiner føres til output lager. Rent træ (eller næsten rent) kan efter behov neddeles og evt føres igennem magnetseparator for udsortering af metal.
6. Stort plast/havemøbler fra genbrugspladser aflæsses i modtagehal i bås indrettet for denne materialetype. Herefter læsses det i neddelers og køres igennem anlægget til og med finsortering på de nær-infrarøde sorteringsmaskiner. Finsorteret plast kontrolleres manuelt for urenheder/fejlsortering. Alt finsorteret output balleteres før transport til genvindingsindustri. Ikke genanvendelige materialer frasorteret på de enkelte sorteringsmaskiner føres til output lager.

4.2 Betragtninger over arbejdsmiljø

4.2.1 Afgrænsning

I det følgende er alene arbejdsmiljøforhold i forbindelse med behandling/oparbejdning af tørre fraktioner på sorteringsanlæg medtaget. Dvs. at arbejdsmiljøforhold i forbindelse med indsamling og transport til behandlingsanlæg af det tørre affald fra husholdninger, erhverv og institutioner ikke er medtaget (renovatørernes arbejdsmiljøforhold). Heller ikke arbejdsmiljøet i forbindelse med håndtering af affald og genanvendelige fraktioner internt på virksomheder og institutioner eller arbejdsmiljøet for de ejendomsfunktionærer der håndterer fraktionerne ved etageejendomme og lignende bebyggelser er inddraget. Det psykiske arbejdsmiljø er heller ikke behandlet i nedenstående.

4.2.2 Mekaniske sorteringsanlæg

I forbindelse med mekaniske sorteringsanlæg for blandede tørre fraktioner f.eks. kildeopdelte fraktioner (metal, plast, papir og glas) og tørt restaffald kan der opstå arbejdsmiljømæssige problemstillinger ved forskellige arbejdspladser/arbejdsstationer ved behandlingen på anlæggene.

I forbindelse med sorteringsanlæg for behandling af blandede fraktioner/tørt restaffald vil der typisk være tale om følgende situationer, hvor personale kan være involveret:

- Transport internt på sorteringsanlæg fra aflæsning af indsamlede materialer til stationer på anlægget(f.eks. forsortering, kvalitetskontrol, neddelers, ballepresse).
- Automatisk sortering og betjening af maskinanlæg
- Manuel sortering i forbindelse med forsortering/eftersortering/ kvalitetskontrol/inspektion
- Drift og vedligehold, herunder rengøring.

4.2.2.1 Arbejdsmiljømæssige problematikker og afhjælpende foranstaltninger

Generelt bør der ved etablering af mekaniske sorteringsanlæg medtænkes forebyggende foranstaltninger for nedenstående problematikker.

Transport internt på sorteringsanlæg

Her vil typisk være tale om kørsel med truck og andre større mobile enheder. Arbejdsmiljømæssige risici vil hermed primært være forbundet med ulykker med det mobile materiel samt indånding af luft med indhold af organisk og uorganisk støv.

Forebyggende og afhjælpende foranstaltninger kan her f.eks. være eldrevne køretøjer, trykkabiner i køretøjer, design af infrastrukturer på anlægget til adskillelse af gående og kørende trafik og udsugning i det omfang det er muligt i modtagelsesområde.

Automatisk sortering

En af de store arbejdsmiljøbelastende faktorer ved mekaniske sorteringsanlæg er støj og støv.

Forebyggende og afhjælpende foranstaltninger kan her være forsøg på at reducere støjniveauet af teknisk eller organisatorisk vej. Såfremt dette ikke er muligt i tilstrækkelig grad, skal personlige værnemidler anvendes når personale befinder sig i området.

Desuden kan der være risiko for arbejdsulykker i forbindelse med f.eks. ballepressere, spændebånd og transportbånd, ligesom der kan være en risiko for stik- og skæreskader i forbindelse med håndtering af f.eks. metal og glas.

Manuel sortering i forbindelse med forsortering/eftersortering/ kvalitetskontrol/inspektion

I forbindelse med mekaniske sorteringsanlæg kan der være tale om forsortering inden indføddning/behandling i det mekaniske anlæg, ligesom der også kan være tale om en afsluttende kvalitetskontrol af de udsorterede fraktioner. Disse funktioner vil være bemandet med personale der udfører en manuel sortering eller inspektion.

Ved en manuel forsortering vil der være tale om at fjerne en række emner, inden fraktionen føres ind i sorteringsanlægget. Der kan f.eks. være tale om:

- Oversize emner, dvs. emner der er for store til at passere sorteringsenhederne i anlægget (f.eks. af NIR-separatorer)
- Plastfolier
- Fejlsorterede emner f.eks. forurenede (ikke tømte) fødevareemballager
- Fejlsorterede emner i form af farligt affald f.eks. faremærkede beholdere og lignende
- Fejlsorterede emner i form af poser med blandet dagrenovation.

Manuel sortering på et sorteringsanlæg, hvad enten det drejer sig om forsortering, eftersortering og kvalitetskontrol kan have arbejdsmiljømæssige konsekvenser i form af fastlåste arbejdsstillinger, ensidigt gentaget arbejde, monotont arbejde under høj koncentration. Derudover er der typisk tale om påvirkninger fra organisk og uorganisk støv samt mikroorganismer, ligesom der kan være risiko for mindre arbejdsulykker forårsaget af fremmedlegemer i affaldet.

Derudover kan der være tale om løft over skulderhøjde, skæve vrid, tunge -uhensigtsmæssige løft, ligesom der kan være tale om bakterievækst f.eks. i forbindelse med fødevarerester i emballager eller ved papir og pap der har været vådt, afdampning af opløsningsmidler (f.eks. toluen), kontaminering af personalet ved berøring med forurenede emner og lignende.

Det er arbejdsmiljømæssigt attraktivt, såfremt disse manuelle sorteringsarbejdspladser helt eller delvist kan erstattes af teknologiske løsninger i form af diverse genkendelsesudstyr robotter etc. som en forebyggende foranstaltning. Såfremt dette ikke er muligt, må afhjælpende foranstaltninger anvendes.

Der kan f.eks. være tale om brug af:

- Udsugning (overtryksskabine, punktudsugning)
- Arbejdspladsrotation
- Brug af personlige værnemidler i form af f.eks. handsker (f.eks. stik- og skærefaste), filtrerende åndedrætsværn (masker med filtre), friskluftsforsynet åndedrætsværn, høreværn, sikkerhedsfodtøj og hjelme, sikkerhedsbriller etc.

Drift og vedligehold, herunder rengøring

Der skal her, som ved alle andre arbejdsmiljømæssigt problematiske forhold, tænkes i forebyggende foranstaltninger ved design af anlægget. Såfremt forebyggende foranstaltninger ikke kan eliminere et uhensigtsmæssigt arbejdsmiljø, må forebyggende foranstaltninger i form af personlige værnemidler anvendes. I forbindelse med drift og vedligehold, herunder rengøring kan det ikke undgås, at personale vil være involveret.

4.2.2.2 Generelle betragtninger

Det fysiske, biologiske og kemiske arbejdsmiljø på sorteringsanlæggene er afhængigt af, hvor effektiv sorteringen har været hos affaldsproducenten (husholdninger, erhverv og institutioner). Jo bedre sortering (i forhold til de aktuelle sorteringskriterier) jo mindre manuel sortering er påkrævet, og jo mindre fysisk kontakt har de ansatte med de indsamlede fraktioner.

Ved meget snævre sorteringskriterier (f.eks. for emballager) indsamles en mindre del af det totale indsamlingspotentiale. Sandsynligheden for fejlsorteringer er samtidig mindre end ved bredere/udvidede sorteringskriterier.

Udvidede sorteringskriterier vil sandsynligvis medføre en potentiel risiko for øget kontaminering af det indsamlede materiale, hvilket vil have en afledt effekt i negativ retning på arbejdsmiljøet (flere forurenede emner der skal fjernes hvilket medfører flere manuelle operationer).

4.2.3 AT-lovgivning

En lang række AT-vejledninger, AT-bekendtgørelser og AT-anvisninger gælder for området f.eks. Bekendtgørelse om "Arbejdets udførelse", At-vejledning om "Faste arbejdssteders indretning", og At-vejledning om "Åndedrætsværn". Endvidere foreligger også informationsmaterialer fra Arbejdstilsynet fx "Ulykker ved manuel håndtering".

4.3 Markedskrav til materialekvalitet i output – værdi af materialer

I dag indsamles i Danmark en række genanvendelige fraktioner via kommunale kildesorteringsordninger. Eksempler herpå er de traditionelle bringe og henteordninger for papir og glas.

De fraktioner der fremover vil indsamles ved kilden er - ud over papir og glas - plastflasker og – dunke samt metalemballager. I en del danske kommuner foregår indsamling af plast og metal i øjeblikket via aflevering på genbrugspladser.

Udover "rene" kildeindsamlinger, hvor hver afsættelig fraktion indsamles separat, er der i Danmark etableret en række indsamlingssystemer, hvor en række tørre fraktioner indsamles samlet. Der er f.eks. tale om indsamlingssystemer, hvor en række fraktioner indsamles i en dobbeltbeholder f.eks. DuoFlex®⁴ og "Mission mulig"⁵ samt indsamlingssystemer, hvor der anvendes en opsamlingsbeholder inddelt i fire rum, f.eks. "Madam Skrald"⁶, hvor der indsamles forskellige kombinationer af materialer i flerdelte eller enkeltrums beholdere.

Ved indsamling i ovennævnte systemer fremkommer en række genanvendelige fraktioner. Der er tale om:

- Blandede plastemballager indeholdende f.eks. polymertyperne PET, HDPE, LDPE, PP etc.
- PET
- HDPE
- LDPE
- PP
- PVC
- PS
- Aluminium
- Jern
- Bølgepap
- Aviser/ugeblade/reklamer
- Blandet papir
- Skrive-tryk papir
- Glasflasker
- Glasskår

4.3.1 Krav til renhed af fraktioner

Nedenstående kvalitetskrav er oplyst af DanBørs A/S og DanFiber A/S⁷:

- Plast (dels på en blandet emballageplast og på udsorterede plasttyper f.eks. PET, HDPE, LDPE (folier) evt. PE samlet, PP, PVC, PS)
 - o type 1: blandet emballageplast, folier, kvalitetskrav:
 - En renhedsgrad på 97 %, dvs. uønskede materialer som pap, hård plast etc. på max. 3 %
 - o type 2: blandet emballageplast fra husholdning (hård plast), kvalitetskrav:
 - Min 90 % hård plast, heraf min 60 % i mixed PE & PP.

⁴ Fx Haderslev og Tønder kommune

⁵ Skanderborg og Odder Kommune

⁶ Fx Herlev Kommune

⁷ Krav oplyst oktober 2013 Danbørs A/S og Danfiber A/S

- Varen må ikke indeholde uønskede materialer, herunder også plastfraktioner som PVC, folie, siliconetuber, og havemøbler.
 - o type 3: Som blandet emballageplast fra husholdning (hård plast og folier) kvalitetskrav:
 - At varen ikke indeholder uønskede materialer, herunder PVC og ikkeplastmaterialer.
 - Der er ikke nogen beskrivelse af mængdeindhold da afregning sker for sortering, og baseres på det aktuelle indhold af de forskellige plasttyper. Dog forventes det at ca. 30 % af en sådan plastfraktion indeholder plast, der ikke kan genanvendes direkte, og derfor anvendes som RDF brændsel
 - o type 4: Rene plasttyper som PET, HDPE, LDPE (folier) evt. PE samlet, PP, PVC, PS
 - Renhedsgraden skal være meget høj, for at varen kan bruges direkte i ekstrudere, ellers sætter urenheder sig i filter, og der er også for stort spild.
- Aluminium (primært i form af dåser; men også gerne andre alu-fraktioner)
 - o Aluminium Dåser
 - Alu dåser, uden uvedkommende materialer som ståldåser og andet der ikke er alu.
 - Presset i pakker af ca. 40X40 cm, kan presses i større baller, men bliver senere lavet til pakker for at passe til smeltningen.
- Jern
 - o Som indsamlet fra kommuner
 - o uacceptable materialer: bildæk, træ, sten, væsker, kemikalier, gasflasker, trykflasker, asbestholdigt materialer, eksplosiver, radioaktive emner, effekter hvor hovedbestanddelen ikke er jern eller metal, samt materialer der hører under WEEE direktivet.
- Flasker
 - o Indsamlingen skal sikre at flaskerne er så lidt knust som muligt, da det er hele flasker man er interesseret i, men da man kun afregnes i forhold til hele flasker ligger incitamentet hos leverandøren.
 - o Må ikke indeholde for meget KSP (Keramik, sten og porcelæn)
 - o Krystalglas og varmebestandigt glas må ikke være i indsamlingen.
- Glasskår
 - o Må ikke indeholde for meget KSP (Keramik, sten og porcelæn)
 - o Krystalglas og varmebestandigt glas må ikke være i indsamlingen
 - o Skår må ikke være for knust, det vanskeliggør efterfølgende sortering
 - o Kvaliteten vurderes ofte på stedet i forhold til gennemløbstid i anlæg og prisfastsættes efter det.
- Aviser og pap
 - Bølgepap
 - o Mindst 80 % bølgepap, resten kan være massiv pap, karton m.m.
 - o 0 % uacceptable materialer
 - o max 2 % uønskede materialer
 - Brugte aviser
 - o Mindst 60 % aviser
 - o max 1,5 % uacceptable materialer
 - o max 3 % uønskede materialer inkl. pap og karton
 - Blandet papir
 - o Mindst 40 % aviser og ugeblade
 - o max 0 % uacceptable materialer
 - o max 1 % uønskede materialer inkl. pap og karton

Uacceptable materialer: f.eks. metaller, snore, reb, tekstiler, træ, sand, bygningsmaterialer, folier mm som kan forårsage følgevirkninger ved varens senere anvendelse

Uønskede materialer: f.eks. papir behandlet med paraffin, tjære, olie, karbon, eller plastbelagte, pergamentpapir, telefonbøger, uopløselig lim på konvolutter.

I forbindelse med tyske DSD⁸ system findes en række standardkategorier med krav til renhed af de enkelte emballagefraktioner af polymerer og metaller. Renhedskravene fremgår af nedenstående tabeller.

TABEL 12: PRODUKTSPECIFIKATIONER FOR UDSORTEREDE PLASTMATERIALER FRA DSD EMBALLAGE8 TIL GENANVENDELSE

Polymer	Type	DKR ⁹ fraktions- nummer	Renheds krav %	Krav til max indhold af andre polymerer	Krav til farver	krav til indhold af andre reststoffer
PE	Beholdere < 5 l	329	94	< 3 % PP	Ingen	<3 %
PP	Beholdere < 5 l	324	94	< 1 % PP	Ingen	<3 %
PET transparent	Beholdere < 5 l	325	98	< 0,5 % EPS, < 0,1 % PVC	<2 % farvet PET	<2 %
PET blandede farver 70/30	Beholdere < 5 l	328-2	98	< 0,5 % EPS, < 0,1 % PVC	>70 % klar	<2 %
PS	Beholdere < 5 l	331	94	< 1 % EPS, < 4 % anden plast		<2 %
Blandede polymerer	Beholdere < 5 l	320	94		Ingen	<3 %
Blandede polymerer	Folier	310	92		Ingen	<4 %

For alle fraktioner gælder følgende krav for indhold af reststoffer: < 0,5 % metal

Der må ikke være enkeltmetalstykker eller mineralsk forurening med enkelt vægt >100 g
Andre reststoffer kan være glas, papir, pap, karton, pap, kunststofblandinger,
aluminiumpådampetplast, gummi, sten, træ, tekstiler, organiske affald.

Materialerne skal leveres tørre og opballede til videre oparbejdning i DSD systemet
ifølge Produktspecifikationer fra DKR (2013)

TABEL 13: PRODUKTSPECIFIKATIONER FOR UDSORTEREDE METALEMBALLAGER FRA DSD TIL GENANVENDELSE

Metal	Type	DKR- fraktionsnummer	Renhedskrav %	Krav til metalindhold	Krav til max indhold af organisk materiale	Krav til indhold af andre reststoffer
Aluminium	Beholdere, alufolie	420	90	< 3 % Fe	< 3 % papir, pap, plast	<5 % reststoffer ¹⁰
Hvidblik	Drikkeemballage og konservesdåser	410	93			Intet indhold af elektronik, kobberkabler, batterier, eksplosiver etc.

⁸ Dual System Deutschland

⁹ Deutsche Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft und rohstoffe mbh

¹⁰ For aluminium gælder Der må ikke være enkeltmetalstykker som ikke er af aluminium eller mineralsk forurening med enkelt vægt >100 g

4.3.2 Afsætningspriser for plast

TABEL 14: DANSKE PRISER FOR PLASTBLANDINGER (OPLYST OKTOBER 2013 DANBØRS A/S)

Type	Prisinterval kr./ton
Blandet PE emballageplast, folier 97 % renhed –se type 1	400-3300 afhængigt af indhold af klar plast
Blandet emballageplast, hårde emner >90 % hård plast- se type 2	0
Blandet emballageplast, hårde emner og folier –se type 3	-800 til -1500 kr./ton
Rene polymerer –type 4	se priser fra Euwid nedenfor

For de rene polymerer fremgår nogle priser af nedenstående tabel Tabel 15. Tabellen illustrerer, hvor meget værdien kan øges i forhold til plast, der ikke er sorteret ud i plast polymerer og farve. Tabellen viser, at PE flakes fra neddelte beholdere afregnes til ca. 3 gange prisen for udsorterede PE beholdere. Det ses endvidere, at der er en merværdi på ca. 2-3 gange ved at sortere ud i klar (PET, folie). Bemærk at merværdien fra aflevering af en blandet plastfraktion (indeholdende flere forskellige slags polymerer) til aflevering af en finsorteret høj polymer kvalitet er endnu større jf. priser indeholdt i Tabel 15 nedenfor.

TABEL 15: PRISER PÅ UDSORTEREDE POLYMERMATERIALER

Polymer	Type	Mindste pris i kr./ton	Højeste pris i kr./ton	Middelværdi i kr./ton
HDPE blandede farver	beholdere	975	2.025	1.500
HDPE blandede farver	Neddelt (flager)	4.125	4.500	4.313
HDPE farvesepareret	Neddelt (flager)	4.875	6.150	5.513
LDPE krympefolie farvet	folie	1.725	2.400	2.063
LDPE krympefolie klar	folie	3.450	4.200	3.825
PE film transparent farvet <70 µm	folie	300	1.200	750
PE film transparent klar < 70 µm	folie	3.000	3.263	3.131
PET farvet	beholdere	1.200	1.425	1.313
PET klar	beholdere	2.625	2.850	2.738

Kilde: Euwid nr. 16, 2013 priser for juli 2013

4.3.3 Afsætningspriser for papir og pap

TABEL 16: PRISER FRA DANFIBER A/S OKTOBER 2013

Type	Prisinterval kr./ton
Pap	850-900
Blandet papir	ca.450
Papir fra kontorindsamling	ca. 1000

TABEL 17: PRISER FRA EUWIDFEJLI BOGMÆRKE ER IKKE DEFINERET.

Type	Mindste pris i kr./ton	Højeste pris i kr./ton	Middelværdi i kr./ton
Blandet papir og pap	150	263	207
Bølgepap	450	640	545
Aviser	525	675	600

4.3.4 Afsætningspriser på metaller

TABEL 18: PRISER FRA DANBØRS A/S OKTOBER 2013

Type	Prisinterval kr./ton
Aluminiumsdåser opballet	4000-7000
Jern	1000-1200

4.3.5 Afsætningspriser for glas

TABEL 19: PRISER FRA DANBØRS A/S OKTOBER 2013

Type	Prisinterval kr./ton *
Skår	-80 til -250
Flasker (25% hele flasker og 75% skår)	-250

*) negativ pris betyder at der skal betales for afhændelse af materialerne

4.3.6 Afsætningspriser opnået hos danske affaldsselskaber og kommuner

Udover ovenstående aktuelle priser fra Danbørs A/S, Danfiber A/S og Euwid er også indhentet priser fra diverse andre aktører i affaldssektoren. Priser for afsætning af diverse typer genanvendelige materialer fra genanvendelses ordninger etableret i danske kommuner og danske affaldsselskaber er indsamlet for at skabe et overblik over den nuværende situation. Disse kan sammenlignes med de priser, der er angivet ovenfor, og som udtrykker den gældende markedssituation. Tabellen indeholder dels de priser for genanvendelige materialer, som blev anvendt i Miljøprojekt 1458, 2013 om Miljø- og samfundsøkonomisk vurdering af muligheder for øget genanvendelse af papir, pap plast, metal og organisk affald fra dagrenovation. Disse priser stammede fra oplysninger giver af bl.a. STENA Miljø og udvalgte danske affaldsselskaber og dækker prisniveau medio 2012. Priserne gælder an. genvindingsindustri, dvs. leveret på f.eks. papirfabrik, plastoparbejder og jern/aluminiumsværk. Endvidere stammer priserne fra nyere oplysninger indsamlet for nærværende projekt efterår 2013.

TABEL 20: PRISER FOR AFSÆTNING AF DIVERSE TYPER GENANVENDELIGE MATERIALER FRA BL.A. GENANVENDELSESORDNINGER ETABLERET I DANSKE KOMMUNER OG DANSKE AFFALDSSELSKABER

Materiale priser (kr./ton) (negativ pris = udgift)							
	MST 1458 2012	Danbørs oktober 2013	Euwid 2013	Affaldsselsk 1 feb. 2013	Affaldsselsk 2 august 2013	Affaldsselsk 3 august 2013	Anvendeligt gennemsnit - analyser
Papir / aviser / ugeblade	800			700	825		775
Blandet papir og pap		450		400			425
Blandet kontorpapir		1000					
Pap	750	850 til 900		725	770		750
Plast - LDPE	2.800	400 til 3300					2800
Plast - HDPE	1.800	afhængig af					1700
Plast - PP	2.000	indhold af					1500
Plast - PS	1.700	klar plast -					1200
PET	2.000	97% renhed					2000
PE-folie farvet			750	1.000			
PE-folie 80/20				1.775			
PE-folie 98/2 (klar)			3130	2.600			
HDPE blandede farver			1500				
PET beholdere-klar			3738				
PET beholdere-farvet			1313				
Hård plast (PE, PP, PET)				575			
Blandet plast (hård og folie)	200	800 til '1500			250-1200		
Blandet hård plast						0	0
Glas		-50 til '-250		-70			-70
Flasker		-250					
Aluminium	8.000					7000	7000
Alu dåser		4000 til 7000					7000
Fe-Metal	1.400	1000 til 1200				1500	1300
Kommune jern	1.700			1.700	1500 til 2200		1800

Afsætningspris for blandet plast er meget afhængig af den form den blandede plast ligger på (sammenblanding hård/hård eller hård/blød etc) og hvilke typer plast sammenblandingen indeholder. I tillæg er prisen også afhængig af hvilken separation der er nødvendig for at kunne bringe den blandede plast på polymerform. Afregningsprisen er som oftest negativ (der skal betales for at afhænde dem) hvilket skyldes at der kræves en merudgift til at separere materialerne inden genanvendelse fx ved brug af en ballistisk separator og af NIR-infrarød udstyr. Blandede plast emner (hårde som bløde) kræver separation i enkeltpolymerer hvorfor prisen for disse fraktioner er lavere end for plast der allerede på et eller andet niveau er separeret ud i polymerer.

4.4 Sammenhæng mellem sammensætning af tilførte materialer (input) og kvalitet af fraførte materialer (output) til genanvendelse

Et centralt sorteringsanlæg skal som udgangspunkt være designet, så det kan udsortere og levere materialer i den renhed, som kræves af markedet (f.eks. 92 % renhed af PE polymerer eller jern med et lavt kobberindhold). Hvis input ændrer sig, så de tilførte materialer bliver af en ringere kvalitet, kan man risikere, at anlægget ikke leverer produkterne i den krævede renhed. I så fald kan man:

- afsætte produkterne men til en lavere pris, da de så må oprenses yderligere ved en ekstern oparbejder.
- forbedre den manuelle for eller eftersortering
- forsyne anlægget med yderligere oprensningstrin
- om muligt opfordre affaldsproducenterne (kommuner/husholdninger/erhverv) til at levere en bedre kvalitet

Et sorteringsanlæg skal også være i stand til løbende at levere produkter, der passer til markedets krav. Således kan der opstå behov for nye kvaliteter på markedet, eksempelvis hvis der etableres ny mere rentabel oparbejdningsteknologi ved eksterne oparbejdere og producenter af regranulat, eller hvis der sker prisændringer på markedet.

Kvalitet af Jernprodukt

Kvaliteten af udvundet jern forventes ikke umiddelbart at blive meget påvirket af indsamlingsformen (kildeopdelt eller tørt restaffald). Dette skyldes, at jernet fjernes med overbåndsmagnet. Se dog bemærkninger under afsnit 4.10 vedr. risiko for forurening. Der vil være en række krav til jernfraktionen, som skal overholdes, for at den kan afsættes herunder til indhold af legeringsmetaller som kobber (grænsen er ca. 0,2-0,3 %), hvorfor et større indhold af f.eks. motorer og transformere med kobber- og jernindhold ikke er acceptabelt.

Hvis indholdet af sådanne urenheder stiger, kræves øget manuel frasortering, eller alternativt må oprensningen foretages ved en metaloparbejder mod en reduceret afregningspris.

Kvalitet af ikke-jern metaller

Kvaliteten af ikke-jernmetaller vil afhænge meget af sammensætningen af de tilførte materialer. Hvis der hovedsageligt modtages kildesorterede/kildeopdelte materialer vil produktet nok overvejende bestå af aluminiumsemballage. Vil dog afhænge af den sorteringsvejledning kommunen udsteder til borgeren. Hvis der også modtages tørt restaffald vil evt. være et mere blandet metal, idet der her også kan være messingbeslag, rester af ledninger (med kobber) m.m.

Kvalitet af plast udsorteret i polymertyper

Et centralt sorteringsanlæg kan producere plast udsorteret i en række polymertyper. Disse polymerer forventes at blive sendt til yderligere oparbejdning ved en ekstern oparbejder, som foretager yderligere finsortering, vask og granulering af plasten.

Mulighederne for anvendelse af de oprensede granulerede polymererne afhænger af kvalitet og renhed af udsorteret plast. Eksempelvis findes PE og PP i en række kvaliteter med forskellige smelteindeks (flydeegenskaber), som er af betydning for om polymeren kan genanvendes til samme brug (bottle to bottle), eller om der må foretages en downcycling til et produkt med færre krav til plastmaterialets egenskaber.

Som nævnt i afsnit 4.10 må plasten herudover ikke indeholde sundheds- og miljøskadelige stoffer som flammehæmmere, visse blødgørere m.m. hvis den skal anvendes til fødevarekontakt.

Kvalitetsniveauer for genanvendelse af f.eks. en PE fødevareemballage kan således være:

- genanvendelse til samme type produkt (bottle to bottle)
- genanvendelse til anden emballageder ikke skal overholde krav til fødevare kontakt (eksempelvis indpakkingsmateriale)
- genanvendelse til klodskasser, vasketøjskurve, plader til staldinventar etc.

Eksempler på anvendelse af genanvendt plast er PET flasker, der i dag oparbejdes til en kvalitet, så der kan produceres ny PET i emballagekvalitet (bottle to bottle).

Et andet eksempel er oparbejdning af HDPE til emballagekvalitet. Således er der i England udviklet ogetableret en oparbejdning metode til behandling af HDPE mælkebeholdere. Metoden kræver imidlertid vask med 90° C varmt vand med tilsatte vaskemidler, yderligere granulat sortering for farve og en 2 trins Vacurema vakuum proces ved 120° C før produktion af regranulat i en kvalitet, der er tilfredsstillende (WRAP (2006)). Firmate Biffa,UK har et sådan Vacurema system installeret.

Et eksempel på downcycling er plast fra Swerec i Sverige, som afsætter deres HDPE og LDPE til Danrec, Karup, der producerer plastplader (køreplader, staldinventar mm) af polymererne, mens PP materialer bruges bl.a. til produktion af regranulat til produktion af urtepotter, produkter til automobilindustrien m.m.

Hvis man skal se på en langtidsløsning bør der over tid være et begrænset marked for downcycled materialer, da markedet på et tidspunkt kan blive mættet f.eks. hvis der er tale om staldinventar m.m., mens genanvendelse til samme type produkter f.eks. fødevareemballage vil kunne blive ved.

Det er derfor vigtigt at tænke fremtidig afsætning af de producerede plastmaterialer ind i anlægsdesign.

Robusthed af anlæg over for ændringer i input og efterspørgsel

Ud fra ovenstående bør anlæg være designet, så de er robuste over for markedsændringer og vil kunne producere de kvaliteter som efterspørges fremover. Hvis der således opstår en større efterspørgsel på plast der kan oparbejdes til emballagekvalitet bør dette tages med i anlægsdesignet.

En måde at højne kvaliteten af producerede materialer kan være at køre indsamlede kildesorterede eller kildeopdelte plastmaterialer batchvist eller på en separat linje, så disse ikke forurenes med plastmaterialer af ringere kvalitet fra f.eks. tørt restaffald. Herudover bør overvejes, om anlægget er forberedt til at kunne udbygges med kommende forbedret sorteringsteknologi.

Mængder af affald til forbrænding

Hvis mængden af tørt restaffald øges i forhold til mængden af kildesorteret/kildeopdelt affald, vil mængden af materialer (rejekt), som sendes retur til forbrænding øges (se forudgående beregninger).

Mængderne der ender som rejekt til forbrænding vil være afhængige af anlægsdesign, men som udgangspunkt tilbageføres det affald, der passerer sigtehullerne i rotersigten på nær udvundet metal til forbrændingsanlæggene samt andet affald, der ikke er rentabelt at genanvende i de efterfølgende sorteringstrin.

5. Danske værdier i øget genanvendelse via central sortering

5.1 Værdikæde for central sortering og genanvendelse

Som nævnt i kapitel 2 omfatter den samlede værdikæde for håndtering og udnyttelse af ressourcerne i vort affald fra husholdninger og erhverv overordnet set parter, som er involveret i en række operationer startende med at affald og genanvendelige materialer er opsamlet hos affaldsproducenten, indtil disse materialer er gjort klar til genanvendelse efter central sortering. I nedenstående table kan aflæses de forskellige parter og type af involvering i værdikæden.

TABEL 21: FORSKELLIGE PARTER OG TYPE AF INVOLVERING I VÆRDIKÆDEN

Operation	Involveret part	Type af involvering
Kildesortering	- Husholdninger og erhvervsvirksomheder plus institutioner - Producenter af poser og beholdere	- Affaldsproduktion - Intern affaldshåndtering - Oplagring - Produktion af poser og "køkkenbeholdere"
Indsamling af genanvendelige materialer og restaffald	- Affaldstransportører/ - Indsamlingsvirksomheder - Kommuner, - Beholderfabrikanter, - Rådgivere	- Indsamling - Transport - Kommunikation borgere - Produktion beholdere - Produktion skraldebiler. - Rådgivning af alle parter
Central modtagelse og/eller behandling	- Affaldsselskaber, - Affaldsentreprenører, - Teknologileverandører, - Rådgivere	- Etablering og drift af anlæg - Produktion, levering og installering af udstyr - Planlægning, design og udbud af anlæg
Afsætning til genvindingsindustrien	- Affaldsmæglere, - Genvindingsindustri - Transportører	- Afhændelse af genanvendelige materialer - Oparbejdning af ny råvare(sekundær)

Værdikæden i nærværende projekt dækker de operationer, der foregår fra kildesortering i husholdningen og erhverv til og med at de indsamlede materialer er klargjort til afsætning til genvindingsindustrien. Fokus i projektet ligger på den centrale behandling, der er nødvendig for at producere en vare (=genanvendelig fraktion/materiale), som genvindingsindustrien vil modtage til videre oparbejdning til en ny råvare.

5.2 Identificering af danske virksomheder med spidskompetencer

5.2.1 Indledning

Ser man på værdikæden inden for affaldsbehandling, vurderes det, at der ikke hos affaldsproducenterne og ej heller i selve indsamlingsledet er et særligt potentiale for at udvikle spidskompetencer, der kan udnyttes i forbindelse med fremtidige danske og udenlandske automatiserede affaldssorteringsanlæg. Indsamling foregår i lønarbejde, og der er i dag udbredt metodefrihed til, hvordan de enkelte kommuner eller private indsamlere organiserer indsamlingen.

Det, at der ikke kan peges på salgbare spidskompetencer inden for indsamling af affald, er ikke ensbetydende med at man ikke kan forbedre de nuværende indsamlingsordninger i relation til behandling af affaldet på centrale automatiserede affaldsanlæg, idet det er væsentligt for outputkvaliteten, at de tilførte affaldsfraktioner holdes så rene som muligt inden sortering, og at den tilførte "råvare" er så ensartet som mulig.

I den forbindelse skal det dog påpeges at der burde være muligheder for danske virksomheder eller konsulentfirmaer at udvikle spidskompetencer inden for ECOdesign¹¹, som burde kunne være knowhow, der kunne sælges som ydelser internationalt og i øvrigt lette mulighederne for en bedre ressourceudnyttelse af affaldet. Dansk design er således førende globalt på en række områder indenfor produkter, der har høj praktisk funktionalitet og lang levetid som følge af et fornuftigt design og materialevalg.

Med hensyn til projektering og bygning af affaldssorteringsanlæg er det typisk rådgivende ingeniørvirksomheder, der påtager sig denne rolle. Det kan omfatte alle former for affaldsbehandling lige fra simple anlæg til forsortering og neddeling til store systemløsninger i form af centrale affaldssorteringsanlæg. Samme firmaer kan også involveres i kommunikation, regulativudarbejdelse og andet nødvendigt arbejde for etablering af indsamlingsordninger der understøtter den centrale affaldssortering.

I de centrale sorteringsanlæg bruges dels en række forholdsvis simple teknologier (sigtning, neddeling, luftknive, magneter, sedimentation, evt. vask) dels en række meget avancerede sensorbaserede teknikker (luftdyse separation med brug af NIR-, røntgen- eller anden spektroskopisk genkendelse (se kapitel 2 og 3)). Disse sidstnævnte luftdyse baserede sorteringsudstyr fremstilles ikke i Danmark men i flere Europæiske lande og USA.

Danmark har imidlertid udviklet spidskompetencer inden for automatiserings-, robot- og sensortechnologi.

Spidskompetencerne inden for disse teknologier er dog ikke specielt rettet mod affaldsbranchen men har typisk haft fokus på løsninger, der kan udbydes til den øvrige industrielle sektor.

I dag finder anvendelse af teknologierne sted inden for en række fremstillingsindustrier m.m., eksempelvis levnedsmiddel- og foderindustri, fiskeindustri samt medico – og lægemiddelsektoren, ligesom de bruges af laboratorier og sygehuse og nu også finder stigende anvendelse inden for ældreplejen.

¹¹ ECOdesign er et genanvendelsesvenligt design der gør det let at genanvende komponenter/materialer fra et sammensat produkt

Det må forudses, at disse virksomheder vil have gode muligheder for udvikling af miljøteknologier eksempelvis til automatisk affaldsbehandlingsanlæg til fremme af bedre ressourceudnyttelse.

Det er konstateret ved besøg på en række affaldssorteringsanlæg, at der er behov for robotløsninger både ved fødnings af anlæggene med affaldsråvarer og ved kvalitetssikring af output. Dette udføres i dag på alle anlæg ved manuel sortering. En automatisering af disse manuelle sorteringsprocesser vurderes at være til gavn både for kvalitetssikring og arbejdsmiljøet, hvor Danmark har tradition for høj fokus på begge aspekter.

Det skal i den forbindelse gøres opmærksom på, at der netop er startet et mindre projekt den 1. oktober 2013 støttet af innovationsnetværket RoboCluster www.robocluster.dk med det formål at identificere relevante underleverandører til affaldsindustrien inden for robot/automatiseringsprocesser.

Nedenfor er kort beskrevet virksomheder og videninstitutioner, der umiddelbart er interessante som teknologileverandører til affaldssektoren, herunder selvfølgelig også til centrale affaldssorteringsanlæg.

5.2.2 Virksomheder i Danmark der fremstiller dele til sorteringsanlæg til rene eller blandede tørre genanvendelige fraktioner med indhold af plast, papir/pap, metal eller glas

Med hensyn til virksomheder i Danmark, der har spidskompetencer inden for produktion af udstyr, er der to virksomheder, der umiddelbart skal nævnes:

- Eldan Recycling A/S i Faaborg, der fremstiller sorteringsanlæg især til dæk, kabler og WEEE, men hvor neddelings teknologien vurderes at være velegnet til neddeling af større emner af plast, eksempelvis fra genbrugsstationer.
- Metso Danmark, Horsens (tidligere Møller & Jokumsen) producerer forskellige neddelere (shreddere) til forsoring og finsoring.

Derudover findes der en række maskinfabriker, som vil kunne levere udstyr til branchen f.eks.

- CP Entreprise (Nykøbing Falster) : www.cp-entreprise.dk
- (Fremstilling af ståldele til affaldssorteringsanlæg)
- ABC industrigummi (Ringsted) www.abc-industrigummi.dk
- (Fremstilling af transportsystemer –transportbånd og ståldele)

Informationen er baseret på Teknologisk Instituts kontaktnetværk herunder interview med driftschefer af eksisterende sorteringsanlæg.

5.2.3 Automatiserings -, robot- og genkendelsesteknologier

Den danske automatiserings- og robotindustri er kendetegnet ved at bestå af mange små og innovative udviklere af robotløsninger, der leverer unikke kundetilpassede løsninger.

Typisk arbejder robotvirksomhederne (fagligt korrekt kaldet integratørvirksomheder) nært sammen med sensorvirksomhederne omkring løsning af konkrete automationsproblemer.

Der forefindes i Danmark også en række specialiserede leverandører, der udbyder avancerede målesystemer baseret på f.eks. laser eller kameraløsninger, som implementeres i automatiseringsløsninger.

Følgende virksomheder er baseret på branchekendskabet hos Teknologisk Instituts afdeling for Robotteknologi i Odense samt data fra brancheforeningen Dira (Dansk Robot Netværk).

Aplica ApS

Aplica (Roskilde) har mange års erfaring med at implementere robotter i produktionsceller og har som særligt speciale lim og væskeapplikerings-robotter

Ref. www.aplica.dk

Bila A/S

Bila (Nykøbing Mors) leverer robotløsninger og har ekspertise og knowhow med løsninger baseret på førende robotleverandører. Der udvikles både standard- og special-anlæg. Virksomheden har især knowhow inden for fødevareproduktion, men også industriel produktion generelt.

ref. www.bila.dk

DanRobotics A/S

DanRobotics A/S (Fyn) har siden 2002 udviklet, produceret og markedsført robotbaserede automatiseringsløsninger til alle dele af dansk industri samt til eksportmarkedet.

Ref. www.danrobotics.dk

Gibotech A/S

Gibotech A/S (Odense) leverer, installerer og servicerer industrielle løsninger. Produktprogrammet består af højteknologiske anlæg, CNC-bearbejdningscentre, generel automatisering med og uden robotter samt pladeopskrøringsanlæg, oftest som en del af større komplicerede produktionslinjer eller som enkeltstående profitcentre.

Gibotech har knowhow inden for industrisektoren generelt og har som nogle af de få integratorer i Danmark storviden og reference anlæg inden for hospitalssektoren – Gentofte sygehus sterilcentral (et komplekst og avanceret anlæg).

Ref. www.gibotech.dk

Grabow Systems A/S

Grabow Systems (Horsens) udvikler, producerer og markedsfører kundetilpassede maskinløsninger inden for bl.a. specialmaskiner, bånd og baner, produktåndtering og robotinstallationer af enhver art til danske såvel som internationale industrikunder. Grabow Systems blev grundlagt i 1988 og leverer totalløsninger – fra behovsanalyser til selve installationen og indkøringen af maskinsystemet.

Ref. www.grabow.dk

Hartech ApS

Hartech (Hillerød) som er grundlagt 2003 er totalleverandør inden for automation til den producerende industri og leverer maskinstyringer, robotceller og servosystemer. Firmaet benytter KUBA og ABB robotter.

Ref. www.hartech.dk

Innospexion ApS

Innospexion (Hvalsø) InnospeXion har speciale i udvikling og fremstilling af røntgenbaserede inspektionssystemer. Der benyttes den nyeste røntgenteknologi for at gøre det muligt at implementere de mest passende og omkostningseffektive løsninger til specifikke inspektions- eller opmålingsopgaver.

Ref. www.innospexion.dk

Intelligent systems A/S. Firmaet er grundlagt i Hadsund i 2006. Virksomheden arbejder i krydsfeltet mellem robot og automatiseringsteknologi, informations- og kommunikationsteknologi og logistik, materialehåndtering og ressourceoptimering. Software udviklet af Intelligent Systems udgør den intelligens, der binder større systemer sammen.

Ref. www.intelligentsystems.dk

Kilde A/S

KILDE A/S (Skive) er grundlagt i 1970 og udvikler og producerer kundespecificerede specialmaskiner, automatiseringsudstyr og produktionslinjer til dansk og udenlandsk industri.

Firmaet implementerer robotløsninger og optimerer bestående anlæg. Leverer løsninger til medicoindustrien.

Ref. www.kilde-as.com

Poul Johansen Maskiner A/S

[Poul Johansen Maskiner \(Fårevejle\)](http://www.pjm.dk) udvikler, konstruerer, fremstiller og idriftsætter fuldautomatiske montageanlæg og produktionslinier til førende industrivirksomheder. Firmaet har egen el- og automatikafdeling til fremstilling af maskinstyringer.

Ref. www.pjm.dk

Proinvent A/S

[Proinvent \(Hørsholm\)](http://www.proinvent.dk) leverer teknologiudvikling, produktionsmaskiner, robotteknologi og industriel automatisering til industrivirksomheder

ref.www.proinvent.dk

Puls Design A/S (Hvidovre) er et ingeniørfirma grundlagt i 1989 med speciale inden for software, elektronik, automation og robotteknologi inden for alle industrier.

Hovedforretningsområdet er målende systemer, hvor Puls Design benytter sig af laserscannere, laservision og traditionel vision, f.eks. til dimensionering, måling af position, måling af produkttegenskaber, produktgenkendelse, kvalitetssikring af proces og produkt, trafikklassifikation, bygnings- og områdesikring samt relaterede måleopgaver. Herudover har Puls Design agenturet på metaldetektorer fra den tyske producent S+S Separation and Sorting Technology GmbH, der er en af de førende europæiske producenter af metaldetektorer og separatorer baseret på separation med tryklufthyser aktiveret af sensordetektion med metal, plast og farvegenkendelsessensorer til brug inden for f.eks. fødevarer, tekstilindustri samt affaldssortering.

Ref. <http://www.puls-design.eu>

RoboTool A/S

Virksomheden RoboTool A/S (Vejen) har siden 1997 beskæftiget sig med udvikling og fremstilling af robot-baserede løsninger til processer inden for alle mulige former for industriproduktion og på det seneste også inden for fødevarer og Pharma industri.

Ref. www.robotool.com

Scape Technologies

Scape Technologies (Odense) er grundlagt i 2004 og er specialist automatiserings og robotløsninger herunder især griabeløsninger.

Ref. <http://www.scapetechnologies.com/>

Trivision

Trivision (Odense) udspringer af de tidligere aktiviteter omkring visionsteknologi fra Udvikling Lindøværftet.

TriVision har udviklet og installeret en række forskellige visionløsninger til en bred vifte af forskellige industrier.

TriVision er i stand til at løse forskellige visionopgaver som:

- Kvalitetskontrol af alle typer masseproducerede genstande
- Generel farvekontrol og farveseparation
- Kontrol og kalibrering af robotter
- Overfladescanning af større og mindre områder
- Præcisionsmåling af form og størrelse
- Detektion af urenheder

Ref. <http://www.trivision.dk/>

Universal Robots A/S

Universal Robots (Odense) er en robotvirksomhed, der udvikler og sælger robotarme, der let og enkelt kan automatisere og effektivisere kedelige, monotone og opslidende processer i industrien. Man kan ikke købe robotterne direkte fra virksomheden, da alt salg sker gennem integratørvirksomheder, systemhuse eller grosister.

Ref. www.universalrobots.dk

Herudover beskæftiger rådgivere og anlægsbyggere sig generelt sig med forskellige aspekter af affaldssortering samt projektering af anlæg. Anlægsbyggere med specialer og/eller agenturer indenfor relevante teknologier til centrale sorteringsanlæg omfatter bl.a.:

- Arp-Scandinavia (Brovst): www.arp-scandinavia.dk
(Anlægsbygning, forhandler af delkomponenter)
- Retec (Haderslev) : www.retec.dk
(Anlægsbygning, forhandler af delkomponenter)
- Wamatech (Odense): www.wamatech.dk
(Anlægsbygning, forhandler af delkomponenter)
- Viggo Bendz (Høng) : www.viggobendz.dk
(Forhandling af udstyr til neddeling og sortering af affald)
- Skanroll (Kjellerup): www.skanroll.dk
(anlægsbygning, transportsystemer, specialmaskiner)
- Aksel Benzin (Gentofte og Ulstrup): www.akselbenzin.dk
- (neddelere og sorterer især til byggeanlægsaffald og lign.)

Informationen er baseret på Teknologisk Instituts kontaktnetværk herunder interview med driftschefer af eksisterende sorteringsanlæg.

Rådgivere : Bl.a. COWI , Grontmij, Niras, Rambøll.

5.2.4 Videninstitutioner

Følgende videninstitutioner beskæftiger sig med forskellige aspekter af affaldssortering i Danmark:

Teknologisk Institut

Instituttet har +30 års erfaring inden for teknologier til indsamling og behandling af affald. Pt. leder Teknologisk Institut innovationskonsortiet INNOSORT, som arbejder med nye teknologier til udnyttelse af ressourcer i affald herunder robot og automatiseringsløsninger.

Force Technology

Instituttet har mange års erfaring inden for affaldsteknologier herunder især affaldsforbrænding. Force Technology har udviklet et system til genkendelse af batterier, klorholdigt affald mm. baseret på en særligt analysemetode kaldet PGNA (Prompt Gamma Neutron Activation Analysis) Systemet er baseret på en radioaktiv neutronkilde som skyder neutroner gennem emnet hvor grundstofferne udsender specifikke gammaspektra der kan registreres via en gammastrålingsdetektor.

Universiteter

De danske universiteter beskæftiger sig generelt med forskellige forskningsmæssige og systemmæssige aspekter af affaldssortering eller teknologier, som kan anvendes til nye sorteringskoncepter til affald. Derudover arbejder de med modeller til analyse af livscyklusperspektiver.

Eksempler på udviklingsmiljøer på universiteter er

DTU Miljø

DTU Miljø har igennem mange år været aktiv i undervisning og udviklingsprojekter om affaldshåndtering og genanvendelse. De har været redaktør og medforfatter på undervisningsbøger

i affald og genanvendelse. De har endvidere stået bag udviklingen af LCA værktøjet EASEWASTE og dets efterfølger EASETECH som kan bruges til analyse af integrerede affaldssystemer og teknologier. De har endvidere været involveret i en række projekter om LCA på affaldssystemer og også på forskellige løsninger for kilde- og centralsortering.

DTU Informatik

DTU Informatik repræsenterer en kombination af discipliner indenfor matematisk modellering og klassisk computer science. CogSys (Cognitive Systems) er sektionen ved DTU Informatik hvis forskning omfatter machine learning, signalbehandling og kognitiv modellering med anvendelser indenfor de digitale medier, bio-medicin samt industrien. DTU, informatik arbejder med sensorfusionsystemer til brug for sortering af affaldsmaterialer i innovationskonsortiet INNOSORT.

Syddansk Universitet, Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi (KBM)

KBM arbejder med forskning, innovation og uddannelse inden for miljøteknologi med stor fokus på affaldshåndtering og ressourcegenvinding fra affald. KBM har udført en række nationale og internationale projekter inden for affaldshåndtering, herunder genvinding af metaller, genvinding af energi og ressourcer i shredderaffald, materiale-genvinding af tekstilaffald, materialeflow analyser, brug af RFID i ressourcegenvinding, klimaregnskaber for affaldshåndtering, håndtering af farligt affald. KBM er endvidere deltager i udvikling af TOPWASTE, et LCA værktøj til integrerede analyse af affalds- og energisystemer.

Aalborg Universitet

AUC har igennem mange år været aktiv omkring undervisning i affaldshåndtering. AUC medvirker i udvikling af TOPWASTE.

DTU, IPU

IPU er en privat virksomhed, som er bosiddende på DTU og som samarbejder tæt med DTU om at omsætte forskningsresultater herfra til virkelighed. IPU arbejder bredt på en lang række områder herunder produktudvikling og bæredygtigt design, som forebygger affaldsdannelsen, ved at materialerne i højere grad kan genbruges. IPU har bl.a. også arbejdet med mulighederne for at udvinde de begrænsede ressourcer i elektronikaffald ved at identificere hvilke komponenter, som der bør være særlig fokus på.

Københavns Universitet, Institut for Fødevarervidenskab (IFV) forsker og tilbyder universitetsuddannelser inden for fødevarer. Faggruppen Kvalitet og Teknologi leverer forskning i international topklasse indenfor kemometri og multivariat dataanalyse som indenfor spektroskopisk analyse hvilket benyttes i forbindelse af udvikling af multispektrale sensorer i innovationskonsortiet INNOSORT.

5.3 Vurdering af de teknologiske muligheder og udfordringer for værdikæden ved etablering af danske automatiske affaldssorteringsanlæg

5.3.1 Økonomi og leveringssikkerhed

Organisering og finansiering af centrale automatiske sorteringsanlæg behandles detaljeret i Miljøprojektet "Juridiske rammer for sorteringsanlæg - - gældende juridiske rammebetingelser for udvalgte organisatoriske scenarier for større centrale affaldssorteringsanlæg". En væsentlig udfordring omkring finansiering er opnåelse af sikkerhed for levering af de fraktioner som anlægget er designet for. Der henvises til nævnte projekt for yderligere analyse af dette forhold. I tilknytning til nærværende teknologi projekt skal det nævnes, at teknologier for sortering er inde i en rivende udvikling i disse år. Der må derfor forventes behov for jævnlige opdateringer af byggede anlægs tekniske koncept med deraf følgende installering/opgradering af det sensorbaserede udstyr. Evt. også installering af nyt teknisk udstyr, der er i stand til sortere mere effektivt eller til at udsortere nye eller kontaminerende materialer.

Forestiller man sig at involvere eksterne parter til etablering og/eller til drift er det vigtigt, at have sådanne aspekter vurderet før en evt. kontrakt indgås.

5.3.2 Markedsvilkår og risici

I Tyskland er en række sorteringsanlæg til behandling af DSD emballageaffald lukkede pga. af dårlig økonomi. Baggrunden er, at der er overskudskapacitet på anlæggene til sortering af plast og lave afsætningspriser. Dette skyldes til dels at de tyske forbrændingsanlæg p.t. har en høj overkapacitet og efterspørger plast til forbrænding i stor stil. (Ref. Professor Thomas Pretz (2013)). Incitamentet for at sende plast til genanvendelse, er endvidere lavt idet der er et forholdsvis lavt krav til mængden som skal genanvendes (42%)

På andre markeder som f.eks. det engelske og svenske opererer anlæg, som ser ud til at have en højere genanvendelsesgrad, f.eks. Swerac i Sverige som ligger på omkring 80 %.

På grund af den tyske markedssituation ligger nyudvikling af sorteringsteknologi derfor på vågeblus.

Endnu en årsag til det manglende incitament til nyudvikling på det tyske marked er, at man er nede på kontraktperioder for levering af affald/materialer under et år (2 – 9 måneder), hvilket gør marked og økonomi usikkert. (Oplyst af Professor Thomas Pretz (2013)).

En udfordring ved etablering af central sortering i Danmark er, at affald og især genanvendelige materialer forholdsvis nemt kan eksporteres til oparbejdning i udlandet, hvis dette resulterer i en lavere samlet behandlingsomkostning. Det er derfor vigtigt via aftaler/kontrakter at sikre leverancer til et dansk anlæg til central sortering.

5.3.2.1 Tilgængelige teknologier

De teknologier der er tilgængelige i dag dækker en stor del af det behov, der vil være for udsortering af affald på et centralt sorteringsanlæg.

Imidlertid er der en række områder inden for central sortering, som teknologier ikke er udviklet til, eller hvor teknologierne er meget dyre at etablere. Disse omfatter især teknologier til forsortering, sort plast sortering og eftersortering.

Forsortering

Der er en række emner, som pt. må frasorteres med manuel arbejdskraft på udenlandske og danske anlæg for at opnå materialer med tilstrækkelig høj kvalitet. Eksempler omfatter:

- Sammensatte produkter
- komposit/laminatprodukter
- Produkter med indhold af farlige stoffer
- Produkter med indhold af stoffer der kan ødelægge produktkvaliteten af udsorterede plastmaterialer eksempelvis fugemassesprøjter med silikone.

Pt. findes ikke teknologier, der kan håndtere alle sådanne former for produkter, men det vurderes at en del af disse teknologier kan udvikles herunder også med deltagelse af danske teknologivirksomheder.

Sort plast

Det er almen kendt, at sort plast er et uløst problem som følge af, at de sædvanlige NIR sorteringsanlæg ikke kan genkende plasttypen (fordi der ikke reflekteres tilstrækkeligt NIR lys til detektorerne, da den sorte farve absorberer lyset). Der findes som nævnt i kapitel 4 udstyr, som kan genkende sort plast, men prisen vurderes at være alt for høj i forhold til standard NIR udstyr (en faktor 5) og i øvrigt kan den kun bruges på granulat/flakes. Ved brug af LIBS skulle det også være

muligt at udsortere sort plast efter type, men udstyret forefindes indtil nu kun som håndholdt. Ifølge WRAP final report. (2011) udgør mængden af sort plast i England ca. 30.000-60.000 ton pr år, hvilket med et indbyggertal på 63 millioner svarer til 500-1.000 ton pr. million indbyggere. For Danmark vil den tilsvarende mængde således udgøre ca. 3000-6.000 ton sort plast pr. år uden at korrigere for forskelligheder i emballagesammensætningen.

Eftersortering

På en del udenlandske anlæg må pt. foretages en del eftersortering for at opnå materialer af tilstrækkelig høj kvalitet. Der kan således være et marked for udvikling af teknologier til eftersortering.

5.3.2.2 Danske virksomheders konkurrenceevne

Det vurderes, at Danmark er konkurrencedygtig inden for de ovennævnte spidskompetencer. De i kapitlet nævnte leverandører af udstyrsele og anlæg er stærkt eksportorienterede og har leveret udstyr til det udenlandske marked i konkurrence med internationale aktører i mange år. Ligeledes leverer en del automatiserings-, robot- og sensorbaserede virksomheder industriløsninger på det udenlandske marked i konkurrence med andre udenlandske virksomheder. Danske virksomheder er i høj grad på forkant med automatiseringsløsninger pga det høje løn og uddannelsesniveau i Danmark

5.4 Muligheder og vækstpotentialer for den danske værdikæde

Ved de beskrevne tekniske koncepter for anlæg til sortering af kildeopdelte materialer og til tørt restaffald benyttes ved en første version af anlæggene primært udenlandsk allerede udviklet teknologi eller delkomponenter. Nogle typer af udstyr som f.eks. neddelere vil kunne leveres af danske producenter. Det vurderes, at nogle danske virksomheder vil kunne øge deres vækstpotentiale på eksportmarkedet som følge af etableringen af anlægget, såfremt de indgår som underleverandører til et dansk anlæg. Fremtidige danske anlægsejere skal dog være opmærksomme på dette aspekt før det kan lykkes at understøtte de danske leverandører og andre danske interessenter i realisering af et fremtidigt vækstpotentiale.

Ved design og opførelsen af anlægget vil således kunne indgå danske rådgivere og entreprenører. Danske rådgivere vil herved opnå ekspertise til at projektere anlæg på andre markeder.

I anlægget forventes at indgå en række manuelle sorteringsstationer for at opnå tilstrækkelig renhed i de producerede materialer. På sigt forventes det, at der udvikles teknologier til at minimere den manuelle sortering. Her har danske automatiserings- og robotvirksomheder en spidskompetence som beskrevet i afsnit 5.2.

Etablering af nye anlæg understøtter danske virksomheders muligheder for at teste og afprøve dansk udviklet sorteringsteknologi på nærmarkedet før eksport til resten af verdensmarkedet.

Således kan anlæggene være en platform for videreudbygning med dansk produceret robotbaseret sorteringsteknologi til erstatning af manuelle sorteringsstrin inden teknologien eksporteres til andre europæiske anlæg for at modernisere disse.

Udover arbejdspladser til designopførelse af anlæg, samt drift og salg af ny sorteringsteknologi, vil etablering af centrale sorteringsanlæg kunne øge mængden af arbejdspladser i industrier, der aftager materialerne.

Danske virksomheder indenfor automatisering er typisk SMEer, som er kendetegnet ved stor omstillingsparathed, og der vurderes et vækstpotentiale på op til 50% eller mere.

I relation til beskæftigelse ved danske udviklere af sorteringsteknologi er det yderst vanskeligt at sætte tal på dette. Dette ville forudsætte, at der kan udvikles nye teknologier til f.eks. robotbaseret sortering hvilket pt. kun er i støbeskeen. Hvis en sådan udvikling lykkes er der imidlertid et stort internationalt marked for teknologierne.

I relation til etablering og drift af centrale sorteringsanlæg vil dette give anledning til beskæftigelse i både planlægning, bygnings- og driftsfasen. Den samlede beskæftigelsen i driftsfasen vil naturligvis afhænge antal og art af anlæg der bygges. Den vil også være afhængig af den driftsfilosofi der anlægges i relation til manuel kvalitetskontrol med tilhørende negativ sortering. Det skønnes, at den manuelle indsats på anlæg i drift i Danmark vil være mindre end anlæg andre steder i Europa.

Ud fra erfaringer fra drift af sorteringsanlæg kan følgende grove skøn gives vedr. beskæftigelseseffekt i driftsfasen for sådanne anlæg:

- Anlæg for kildeopdelte materialer og en mængde 20-30.000 tons/ år vil beskæftige i størrelsesorden 10 – 12 personer. Ved fuld udnyttelse af kapaciteten - hvilket sker ved ca. 40.000 tons/ år - vil anlægget beskæftige i størrelsesorden 18 – 20 personer.
- Anlæg for kildeopdelte materialer og tørt restaffald og en mængde på 150.000 tons/år vil beskæftige i størrelsesorden 12 – 14 personer. Ved fuld udnyttelse af samme anlægs kapacitet – hvilket sker ved ca. 300.000 tons/år – vil anlægget beskæftige i størrelsesorden 40 personer.

Antages bygget 4-6 anlæg i Danmark med god udnyttelse af den installerede kapacitet vil dette kunne give beskæftigelse til i størrelsesorden 100 – 150 personer ved drift af disse anlæg. Dertil kommer beskæftigelsen ved planlægning og bygning af anlæggene.

6. Økonomi i central sortering

6.1 Systemtilgang ud fra økonomi

I kapitel 5 er opstillet de typer sorteringsanlæg, man kan forestille sig relevante at etablere i Danmark. Disse omfatter:

1. Teknisk Koncept 1: Anlæg til at modtage og finsortere **blandede kildesorterede og kildeopdelte fraktioner** som f.eks. papir, pap/karton, metal, plast og evt. glas (og evt. flere slags kildesorterede materialer).
2. Teknisk Koncept 2: Anlæg til at modtage og finsortere **blandet tørt restaffald**.
3. Teknisk Koncept 3: Anlæg der kan modtage **begge fraktioner**

I det følgende gennemgås de nævnte anlægstyper. For hver type beskrives kort forskellige varianter hvad angår fraktioner der kan modtages og de tekniske og økonomiske konsekvenser heraf. Følgende koncepttyper og anlægsvarianter er beskrevet og prissat – se Tabel 22.

TABEL 22: OVERSIGT OVER KONCEPTTYPER OG ANLÆGSEKSEMPLER PRISSET

Teknisk Koncept	Tilførsel til sorteringsanlæg	Materiale/affaldstype tilført sorteringsanlæg		
		Hoved forudsætning	Variant 1	Variant 2
1	Kildesorterede og kildeopdelte materialer	Kildesorterede og kildeopdelte materialer fra dagrenovationen (karton, plast og metal). (Anlægseksempel 1A)	Kildesorterede og kildeopdelte materialer (karton, plast, metal og glas) fra dagrenovationen og fra visse erhverv, stort plast fra GBP (Anlægseksempel 1B)	<i>Desuden kildesorteret papir fra papirordning og stort pap fra papordning/GBP</i> (Anlægseksempel 1C)
2	Tørt restaffald	Tørt restaffald fra dagrenovationen (Anlægseksempel 2)	--	--
3	Kildesorterede og kildeopdelte materialer og tørt restaffald	Kildesorterede og kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen (Anlægseksempel 3A)	Kildesorterede og kildeopdelte materialer (karton, plast, metal og glas) og tørt restaffald fra dagrenovationen og fra visse erhverv samt stort plast og småt og stort brændbart fra GBP. (Anlægseksempel 3B)	<i>Desuden kildesorteret papir fra papirordning og stort pap fra papordning/GBP</i> (Anlægseksempel 3C)

6.2 Teknisk Koncept 1: Anlæg til at modtage og finsortere blandede kildesorterede og kildeopdelte fraktioner som f.eks. papir, pap/karton, metal, plast og evt. glas (og evt. flere slags kildesorterede materialer) fra forskellige kilder – anlægseksempler 1A,1B og 1C

6.2.1 Hoved- og variantforudsætninger

Et sådan anlæg skal i princippet dimensioneres til at kunne modtage fraktioner som papir, pap, metal, plast og glas. Det tekniske koncept for anlægget afhænger af, hvordan borgeren sorterer ved kilden, og på hvilken måde indsamlingen af genanvendelige materialer foregår. Der er i de danske kommuner stor variation over indsamlingsordninger og sorteringsvejledninger for genanvendelige materialer. Nogle kommuner indsamler genanvendelige materialer via kildesortering alene, dvs. indsamling af ét materiale ad gangen i hver sin særskilte beholder. En række andre kommuner indsamler kildesorterede genanvendelige materialer i en 2-rums- eller 4-rums beholder. I begge tilfælde er der behov for finsortering af et eller flere materialer, før genanvendelse kan finde sted. Dette begrundes i følgende.

Kildesorteringsordninger:

Ved kildesortering af **plast** fra dagrenovationen indgår en række plasttyper i affaldet. Genanvendelse af denne blandede plast kan først finde sted, når den indsamlede plast er sorteret ud i individuelle plasttyper (polymerer) – og når urenheder/fejlsorteringer er sorteret fra. Denne sortering kan finde sted på et centralt automatisk sorteringsanlæg omhandlet af dette projekt eller den kan finde sted hos et dedikeret plastsorteringsanlæg (som DK råstoffer i Fredericia), ved Dansk Affalds sorteringsanlæg i Vojens eller hos en "plastoparbejder" som er i stand til at finsortere ud i individuelle polymerer.

Ved kildesortering af **metal** fra dagrenovationen indgår en række metaltyper i affaldet. Genanvendelse af denne blandede metal kan først finde sted, når det indsamlede metal er sorteret ud i individuelle typer metal (f.eks. jern og aluminium). Denne sortering kan finde sted på et centralt automatisk sorteringsanlæg omhandlet af dette projekt, eller den kan finde sted hos en jernhandler/metalgenvinder.

Ved kildesortering af **glas** fra dagrenovationen indgår forskellige farver af glas i affaldet. Genanvendelse af glas kan først finde sted, når det indsamlede glas er sorteret ud i individuelle farver (f.eks. klart, grønt og brunt glas) og når urenheder/fejlsorteringer er sorteret fra. Denne sortering kan finde sted på et centralt automatisk sorteringsanlæg omhandlet af dette projekt, eller den kan finde sted på et dedikeret glassorteringsanlæg eller et glasværk forsynet med sorteringsudstyr.

Kildeopdelingsordninger:

Kildeopdeling kan praktiseres på flere forskellige måder, alt efter hvilke materialer der ønskes indsamlet til genanvendelse, og hvilket udstyr modtageanlægget (det centrale automatiske sorteringsanlæg) har installeret.

Hos kommuner tilknyttet Dansk Affalds anlæg i Vojens praktiseres DuoFlex ordningen med følgende sammenblandinger af genanvendelige materialer i "genbrugsbeholderen" (en 240 liters 2-rums beholder).

Rum 1: Pap, aviser og plastfolie (lette materialer)

Rum 2: Plastdunke, metal og glas/flasker (tunge materialer)

Hos en af NOMI4S4S's ejerkommuner (Holstebro) indsamles emballagemetal og –plast (kun hård plast) i samme separate beholder. Metal sorteres i jern og aluminium på NOMI4S's anlæg via en magnet og en eddie current separator. Plast udsorteres via vibrationssigte og vindsigte.

I flere europæiske lande (f.eks. Belgien, England, Frankrig, Spanien, Tyskland og Østrig) indsamles plast, metal, karton og glas emballage i samme beholder. Der kan varieres over temaet emballage med én eller flere af de nævnte materialer placeret i samme rum/sæk/holder. Typisk indsamles papir/aviser ikke sammen med de nævnte materialer. Det er heller ikke unormalt, at glas opsamles separat via f.eks. kubeordninger.

Et centralt automatiseret sorteringsanlæg kan dimensioneres til at modtage og sortere på alle de nævnte materialer alt efter behov og lokale omstændigheder. Det er vigtigt i hvert enkelt tilfælde at analysere sig frem til et samlet system for indsamling og central behandling, der fungerer cost-effektivt og servicevenligt.

Hovedforudsætninger

I nærværende projekt skal det tekniske koncept indeholde et minimum af manuel sortering, og denne skal primært være negativ sortering for at sikre høj kvalitet af de materialer, der sendes til genanvendelse. Samtidig opnås også det bedste arbejdsmiljø. Det er derfor valgt som hovedforudsætning at prissætte et centralt automatisk sorteringsanlæg for kildesorterede og kildeopdelte materialer, der kan modtage enten en blanding af nedennævnte fraktioner eller også hver af disse fraktioner indsamlet individuelt men stadig som en fraktion af blandede materialer (f.eks. blandede plast polymerer eller blandet metal):

- emballagekarton/pap fra dagrenovationen,
- småt plast fra dagrenovationen (hård emballage plast, plastfolie samt andet genanvendelig plast)
- småt metal fra dagrenovationen (jern og aluminium)

Indsamlingen af genanvendelige materialer til dette anlæg kan foregå på flere forskellige måder. Det vil ofte være cost-effektivt at samle flere slags genanvendelige materialer ind på samme tid og i samme beholder. Dette kunne ske f.eks. via indsamling fra enfamilieboliger i en to-kammerbeholder, hvor papir placeres i det ene rum og karton, plast og metal placeres i det andet rum. Indsamling af glas foregår så via kuber. Indsamling kunne også foregå via en fire-kammerbeholder eller 2 stk. to-rumsbeholdere, hvor papir, metal, plast og karton placeres i hver sit rum. Glas kunne evt. også placeres i et af de 4 rum på bekostning af f.eks. pap, som kunne placeres sammen med papir. Der er flere variationsmuligheder over beholdervalg og placering af de enkelte materialer i mere eller mindre blandet form. Det beskrevne gælder især for enfamilieboliger, men der er stigende ønske om at kunne anvende kildeopdeling i etagebolig-områder bl.a. for at lette sorteringen i de ofte små køkkener og for at opretholde incitamentet til at sortere også hvis naboen ikke sorterer korrekt (med andre ord, at borgerne ved, at der sker en videre kvalitetssortering af udsorterede genanvendelige affald). Det er her valgt som forudsætning for kildeopdeling at det er karton, plast og metal der tilføres i blandet form til det centrale sorteringsanlæg.

Som nævnt er det som hovedforudsætning valgt ikke at lade anlægget modtage papir/aviser/ugeblade til fin-sortering (men kun evt. modtage det til balletering), idet denne fraktion normalt er rimelig ren og af god kvalitet. Samtidig er papirmængden mange gange større end mængden af pap, plast og metal, hvilket ville gøre sorteringsanlægget noget dyrere i både investering og i drift, uden at der ville være en tilstrækkelig gevinst ved papirsorteringen. Ledig opbalkningskapacitet kan dog med fordel benyttes efter behov – evt. kan ekstra modtage- og balleteringskapacitet installeres til at dække oplandets behov.

Det er som hovedforudsætning også valgt, at anlægget ikke som udgangspunkt skal modtage glas. Anlægget vil dog teknisk være i stand til at modtage denne fraktion, men er ikke – undtagen i den variantforudsætning hvor glas modtages til sortering - udbygget med teknologi til oprensning af glasfraktionen. Oprensning af glasfraktionen kræver fjernelse af KSP (porcelæn o. lign) og metalrester samt evt. udstyr til farvesortering, hvilket kræver en merinvestering i særligt udstyr til dette.

Det er endelig som hovedforudsætning valgt at anlægget ikke som udgangspunkt modtager en blandet fraktion stor plast fra genbrugspladser (GBP) (f.eks. store opbevaringsbeholdere, vasketøjskurve o. lign.). Såfremt det vælges alligevel at modtage denne fraktion kræves installering af neddelingsudstyr.

Prisberegninger for hovedforudsætninger er beskrevet i afsnit 6.2.2 nedenfor.

Variantforudsætninger

Som nævnt ovenfor er det omtalte anlæg i stand til at modtage genanvendelige materialer fra andre kilder og dermed øge den tilførte mængde indenfor samme opland. Anlægget kan således følgende

1. Modtage kildesorteret glas leveret sammen med karton, plast og metal til finsortering ud i individuelle materialer. Kræver i praksis installering af ekstra glas sorteringsudstyr
2. Modtage stort plast fra genbrugspladser. Kræver installering af neddelers samt etablering af særlig aflæsningsareal
3. Modtage kildeopdelte genanvendelige materialer fra andre kilder (erhverv og byggeri). Kræver i praksis ingen ændringer i udstyr
4. Modtage papir til opbalning (op til kapacitetsgrænse for installeret balleteringsudstyr. Hvis større mængder ønskes leveret kan større balletingskapacitet installeres samtidig med at modtage- og lagerarealer udvides.

Den samtidige indsamling af glas placeret sammen med karton, plast og metal imødekommer de kommuner der gerne vil tilbyde henteordning også for glasfraktionen.

Et hvert af de nævnte tiltag vil have økonomiske implikationer i form af enten højere investeringer og/eller højere driftsomkostninger. Til gengæld opnås mulighed for salg af større mængder genanvendelige materialer. Samtidig udnyttes den investerede kapital i både bygninger, udenomsanlæg og maskineri bedre med en lavere omkostning per ton leveret til følge.

For at analysere konsekvenser af disse variantforudsætninger for tilførsel er prisberegninger udført og beskrevet i afsnit 6.2.3.

6.2.2 Prisberegninger hovedforudsætninger (blandede kildesorterede og kildeopdelte genanvendelige materialer - karton, plast og metal fra dagrenovationen) – anlægseksempel 1A.

5 forskellige kapaciteter for leverede mængder materiale til anlægget er prissat svarende til oplande på fra ca. 300.000 indbyggere op til ca. 2.200.000 indbyggere.

Modtagne materialer og mængder

Anlægget modtager alene emballagekarton/pap fra dagrenovationen, småt plast fra dagrenovationen (hård emballage plast, plastfolie samt andet genanvendelig plast) samt småt metal fra dagrenovationen (jern og aluminium). Modtagne mængder af disse materialer er angivet i Tabel 23 nedenfor. Data for affaldsmængder og sammensætning er hentet fra MST Miljøprojekt 1458, 2013. Heri regnes med et affaldsopland på 250.000 boliger. Et sådan opkand har i størrelsesorden og afrundet ca. 500.000 indbyggere og i nogle tilfælde flere. Da antal beboere pr.bolig varierer over landet er det valgt at benytte et afrundet indbyggerantal på 500.000 for nemmere at relatere

mængdeberegningerne til anlægseksempler med forskellig oplandsstørrelse præsenteret i dette kapitel.

TABEL 23: MODTAGNE MÆNGDER KILDEOPDELTE MATERIALER PÅ ANLÆGSEKSEMPEL 1A

Opland (indbyggere)	300.000	500.000	700.000	1.100.000	2.200.000
Fra dagrenovation - Tilført finsorteringslinje - tons/år					
Kildeopdelt					
pap/karton	2.200	3.600	5.100	8.000	16.000
plast	1.900	3.200	4.500	7.000	14.100
metal	1.500	2.400	3.400	5.300	10.700
Kildeopdelt i alt	5.500	9.200	12.900	20.300	40.800

Kilde: MST Miljøprojekt 1458, 2013 – kapitel 3 og bilag 4.

Økonomi og drift for anlægseksempel 1A

Omkostninger til etablering og drift af anlæg er estimeret ud fra erfaringstal vedr.:

- indkøb og installering af udstyr,
- konstruktion af bygninger og udenomsanlæg samt
- projektering mv.
- drift i form af vedligehold, løn, energi o. lign

Der er regnet i prisniveau 2013.

Der er ikke indregnet omkostninger til byggerenter, afkast til ejere, risikodækning og lignende. Alle priser er ekskl. moms. Ved beregning af forrentning og afskrivning er anvendt en kalkulationsrente på 5 % samt afskrivningsperioder på 25 år for bygninger, 10 år på maskiner og 7 år på mobilt udstyr. Der indgår ikke beregning af indtægter fra salg af genanvendelige materialer. **Disse grundlæggende forudsætninger omkring prisberegninger gælder for alle anlægseksempler.**

Nødvendige investeringer og omkostninger til drift for anlægseksempel 1A er vist i Tabel 24 for prissatte anlægsstørrelser, der alle modtager kildeopdelt pap/karton, plast og metal.

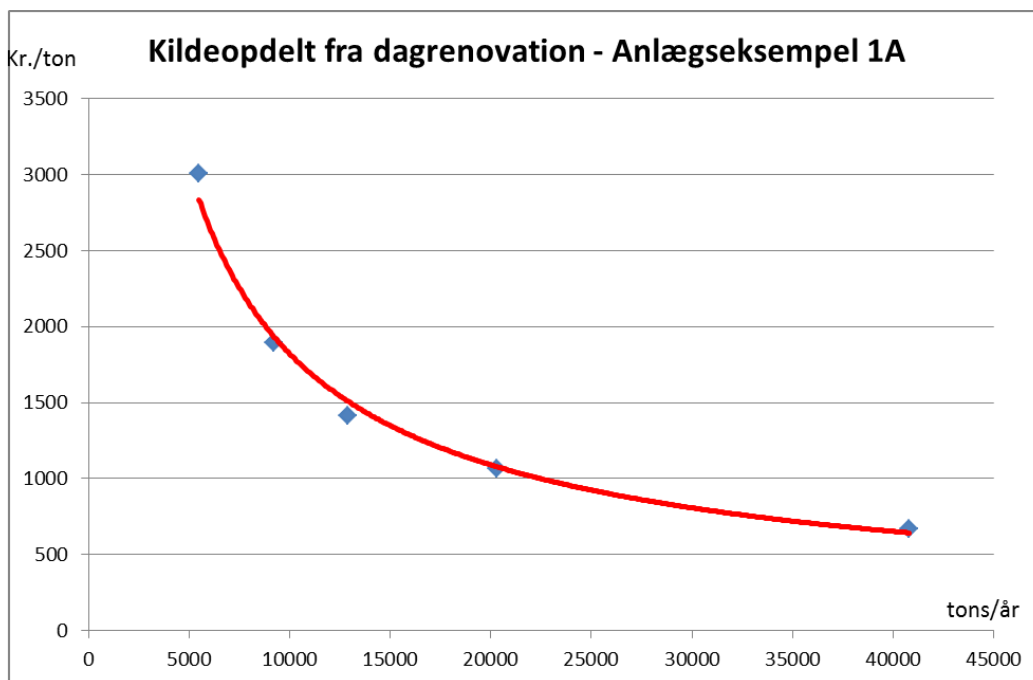
TABEL 24: TEKNISK KONCEPT 1: ØKONOMI FOR ANLÆGSEKSEMPEL 1A TIL SORTERING AF KILDEOPDELTE FRAKTIONER (KARTON, PLAST OG METAL). KILDE: IUT, ØSTRIG OG COWI (EGNE BEREGNINGER)

Opland – antal indbyggere	Leveret mængde kildeopdelt i tons/år	Investering i alt, mio. kr. 1)	Forrentning og afskrivning omk., mio. kr. pr år	Drifts omk. i alt, mio. kr. pr år	Enhedsomkostninger i kr./ton
300.000	5.500	104,5	10,8	5,7	3004
500.000	9.200	109,2	11,2	6,2	1893
700.000	12.900	113,4	11,5	6,8	1416
1.100.000	20.300	126,0	12,4	9,3	1065
2.200.000	40.800	150,2	14,3	13,0	670

1): DE BESKREVNE OG PRISSETTE ANLÆG ER BESTYKKET MED SAMME MASKINEL UAFHÆNGIG AF TILFØRT MÆNGDE OP TIL DE I TABELLEN NÆVNTE 40.800 TONS. DETTE SKYLDES AT DER ER INSTALLERET Udstyr med minimumskapacitet for de enkelte maskinkomponenter. Dette er en generel antagelse som der ved detailprojektering af et konkret godt kan ændres ved.

I bilag 3 haves yderligere oplysninger om investeringer og driftsomkostninger. Forbrug af el og diesel er endvidere angivet.

De i tabellen angivne enhedsomkostninger dækkende afskrivning og forrentning samt drift ved central sortering af de kildeopdelte materialer karton, plast og metal er vist i nedenstående Figur 28. En trendkurve for enhedsomkostningerne er lagt ind i figuren.



FIGUR 28: BRUTTO OMKOSTNINGER PER TON AFFALD TIL SORTERING AF KILDEOPDELT GENANVENDELIGE MATERIALER I ANLÆGSEKSEMPEL 1A (EVT. INDTÆGTER FRA SALG AF MATERIALER INDGÅR IKKE).

Af figuren kan aflæses, at storskala effekt først rigtigt indtræder ved en årlig mængde på 25.000 – 30.000 tons per år, svarende til et opland på tæt på 1.300.000 – 1.600.000 indbyggere. Dette hænger samme med, at udnyttelsen af det installerede udstyr ved mængder mellem 25.000 og 30.000 er relativt godt udnyttet via 2 og 3-skift drift på én sorteringslinje, 5 dage om ugen. Ved yderligere tilførsler vil det være nødvendigt at installere en ekstra linje.

Anlægget er i stand til at køre i tre skift med et samlet antal driftstimer på ca. 4.800 per år (svarende til ca. 1.600 timer per skift ved 5 dages arbejdsuge). Flere driftstimer per uge er mulig ved 6 eller 7 dages drift, men er ikke indregnet her. Kapaciteten per skift afhænger af, hvilken fraktion der skal sorteres. Minimumskapaciteten på væsentligt sorteringsudstyr ligger på 5-10 tons per time. Bemærk at de i anlægget installerede maskinkomponenter dimensioneres primært efter affaldsvolumen (og ikke affaldets vægt). Med denne minimumskapacitet vil årskapaciteten for et anlæg til de nævnte kildeopdelte materialer per hele skift være ca. 12-14.000 tons/år.

Et anlæg for 300.000 indbyggere vil forventes at modtage i alt ca. 5.500 tons/år kildeopdelt karton (2200 tons), plast (1900 tons) og metal (1500 tons). Én sorteringslinje vil kunne klare det kildeopdelte på ca. 800 timer, hvilket svarer til ca. 0,5 skift med 5 dages uge.

Tilsvarende vil anlæg for 500.000 op til 2.200.000 indbyggere modtage fra 9.200 tons til 40.800 kildeopdelt karton, plast og metal. Med én sorteringslinje vil anlægget kunne klare det kildeopdelte på fra ca. 1300 til ca. 4.800 timer. Dette svarer til fra ca. 0,8 skift til ca. 3-holdsskift med 5 dages uge.

Som det fremgår af de nævnte kapacitetsbemærkninger vil udbygning af det beskrevne sorteringsanlægs kapacitet også i dette tilfælde primært ske via regulering af arbejdstiden/driftstiden for de installerede komponenter. Hver enkelt maskinkomponent kan bygges med større timekapacitet, såfremt mængden af tilførte materialer tilsiger dette. Alternativt kan én eller flere vigtige komponenter dubleres. Når anlægget først er bygget, kan ændring (udbygning) af kapacitet foretages via ændring i driftstid eller ved dublering af visse komponenter, forudsat at anlæggets planløsning på forhånd har taget højde for en sådan situation. Ved NIR udstyr kan kapacitetsudvidelser i visse tilfælde ske ved at etablere større båndbredde. Når det gælder

modtage hal og "output hal" er disse per definition ufleksible overfor kapacitetsudvidelser og må ved nye yderligere mængder ud over kapacitetsgrænsen bygges større.

6.2.3 Prisberegninger – variantforudsætninger (blandede kildesorterede og kildeopdelte genanvendelige materialer - karton, plast og metal fra dagrenovationen og visse erhverv, stort plast fra genbrugspladser) – anlægseksempel 1B og 1C

Modtagne materialer og mængder

Anlægget modtager - ud over emballagekarton/pap fra dagrenovationen, småt plast fra dagrenovationen (hård emballage plast, plastfolie samt andet genanvendelig plast) samt småt metal fra dagrenovationen (jern og aluminium) - følgende.

- glas indsamlet sammen med øvrige nævnte genanvendelige materialer
- stort plast fra genbrugspladser til neddeling og sortering
- en mindre mængde kildeopdelt genanvendeligt pap/karton/plast og metal fra erhvervsvirksomheder
- eventuelt papir/aviser/ugeblade og pap til opbalning

Modtagne mængder af disse materialer er angivet i Tabel 25.

TABEL 25: MODTAGNE MÆNGDER KILDEOPDELTE OG KILDESORTEREDE MATERIALER PÅ ANLÆGSEKSEMPEL 1B OG 1C

Opland (indbyggere)		300.000	500.000	700.000	1.100.000	2.200.000
Anlægseksempel 1B	Fra dagrenovation - Tilført finsorteringslinje - tons/år					
	Kildeopdelt pap/karton/plast/metal	5.500	9.200	12.900	20.300	40.800
	Glas	3.900	6.400	9.000	14.200	28.300
	I alt kildeopdelt/ sorteret	9.400	15.600	21.900	34.500	69.100
	Fra GBP/storskraldsordninger - Tilført neddelings- /finsorteringslinje - tons/år					
	Stort plast/havemøbler	300	500	700	1.200	2.300
	I alt fra storskrald	300	500	700	1.200	2.300
	I alt husholdninger	9.700	16.100	22.600	35.700	71.400
	Fra erhverv - Tilført finsorteringslinje - tons/år					
	Kildeopdelt pap/karton/plast/metal	2.000	3.000	4.000	7.000	14.000
	I alt erhverv	2.000	3.000	4.000	7.000	14.000
	Total husholdninger og erhverv til sorteringslinje	11.700	19.100	26.600	42.700	85.400
Tillæg anlægs eksempel 1C	Fra dagrenovation - Tilført papirlinje - tons/år					
	Kildesorteret papir/aviser/ugeblade	19.900	33.200	46.400	72.900	146.000
	Kildesorteret stort pap	1.300	2.100	2.900	4.600	9.200
	I alt papirlinje	21.200	35.300	49.300	77.500	155.200
	I alt tilført anlæg	32.900	54.400	75.900	120.200	240.600

Kilde til mængde stort plast/havemøbler: Affald Plus

Det er yderst vanskeligt at forudsige hvor stor en mængde fra erhverv der vil blive tilført denne anlægstype. Mængden af kildeopdelt erhvervsaffald er derfor skønsmæssigt ansat til ca. 1/3 af mængden af kildeopdelt pap/karton/metal fra husholdninger.

Af tabellen fremgår at sorteringslinjen på anlægget modtager i intervallet 11.700 – 85.400 tons blandede genanvendelige materialer pr år. I tillæg modtager papirlinjen med balletering i intervallet 21.200 – 155.200 tons kildesorteret papir og pap pr år. Et anlæg til modtagelse af 85.400 tons blandede genanvendelige materialer samt 155.200 tons kildesorteret papir og pap – i alt således 240.100 tons/år - anses ikke for realistisk at opføre (meget stort opland og behov for to sorteringslinjer og flere ballepresser). Det er derfor valgt at prissætte de 4 laveste kapaciteter for/leverede mængder materiale til anlægget, svarende til oplande på fra ca. 300.000 indbyggere op til ca. 1.100.000 indbyggere.

Økonomi og drift for anlægseksempel 1B

Nedenfor redegøres for prissætning og drift anlæg der modtager blandede kildeopdelte fraktioner (karton, småt plast metal, glas og stort plast). Anlægget modtager ikke kildesorteret papir. Omkostninger til etablering og drift af anlæg er estimeret ud fra samme erfaringstal som tidligere. Der er heller ikke her indregnet omkostninger til byggerenter, afkast til ejere, risikodækning og lignende. Alle priser er ekskl. moms.

Nødvendige investeringer og omkostninger til drift er vist i Tabel 26 for det prissatte anlæg. Ved beregning af forrentning og afskrivning er anvendt samme forudsætninger som ovenfor. Der indgår ikke beregning af indtægter fra salg af genanvendelige materialer.

Anlægget er prissat med én sorteringslinje til de blandede kildeopdelte genanvendelige materialer.

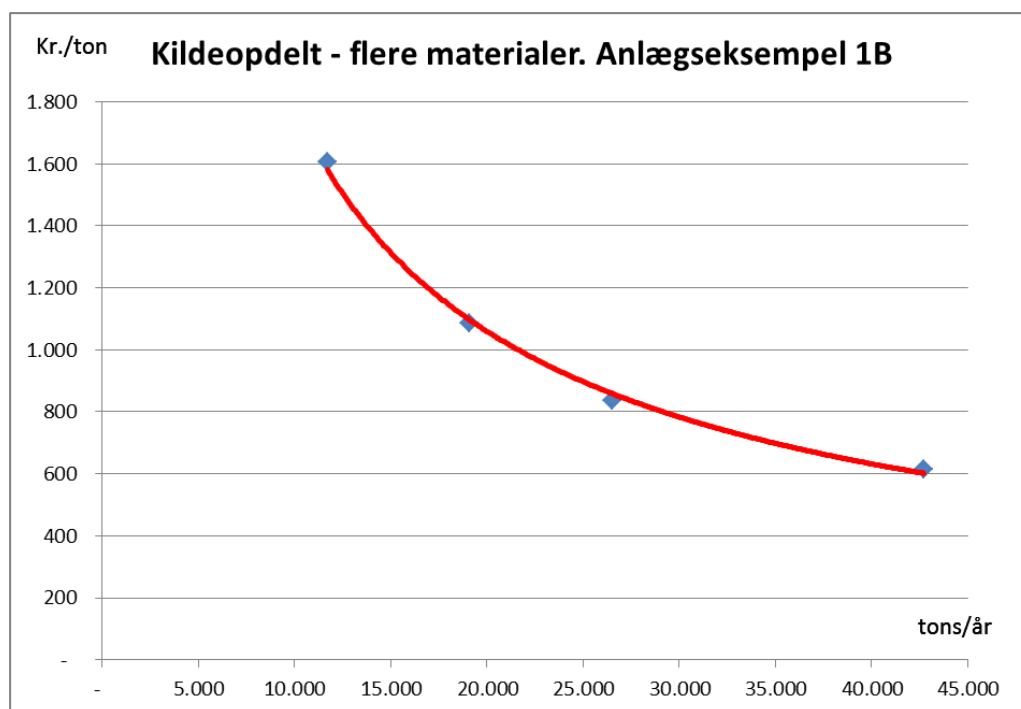
TABEL 26: ØKONOMI FOR ANLÆGSEKSEMPEL 1B TIL SORTERING AF BLANDEDE KILDEOPDELTE GENANVENDELIGE MATERIALER FRA FORSKELLIGE KILDER KILDE: IUT, ØSTRIG OG COWI (EGNE BEREKNINGER)

Opland – antal indbyggere	Leveret mængde kildeopdelt i tons/år	Investering i alt, mio. kr. 1)	Forrentning og afskrivning omk., mio. kr. pr år	Drifts omk., mio. kr. pr år	Enhedsomkostninger i kr./ton
300.000	11.700	119,8	12,0	6,3	1605
500.000	19.100	132,3	12,7	7,4	1087
700.000	26.500	138,9	13,4	8,5	838
1.100.000	42.700	154,7	14,8	11,1	614

1): DE BESKREVNE OG PRISSETTE ANLÆG ER BESTYKKET MED SAMME MASKINEL UAFHÆNGIG AF TILFØRT MÆNGDE OP TIL DE I TABELLEN NÆVNTE 40.800 TONS. DETTE SKYLDES AT DER ER INSTALLERET UDSTYR MED MINIMUMSKAPACITET FOR DE ENKELTE MASKINKOMPONENTER. DETTE ER EN GENEREL ANTAGELSE SOM DER VED DETAILPROJEKTERING AF ET KONKRET GODT KAN ÆNDRES VED.

I bilag 3 haves yderligere oplysninger om investeringer og driftsomkostninger. Forbrug af el og diesel er endvidere angivet.

De i tabellen angivne enhedsomkostninger dækkende afskrivning og forrentning samt drift ved central sortering af kildeopdelte materialer karton, plast og metal samt glas, stort plast fra GBP til neddeling og sortering og en mindre mængde kildeopdelt genanvendeligt pap/karton/plast og metal fra erhvervsvirksomheder er vist i nedenstående Figur 29. En trendkurve for enhedsomkostningerne er lagt ind i figuren.



FIGUR 29: BRUTTO OMKOSTNINGER PER TON AFFALD TIL SORTERING AF KILDEOPDELT GENANVENDELIGE MATERIALER (KARTON, PLAST, METAL, GLAS, STORT PLAST FRA HUSHOLDNINGER OG ERHVERV) I ANLÆGSEKSEMPEL 1B. EVT. INDTÆGTER FRA SALG AF MATERIALER INDGÅR IKKE.

Af figuren kan aflæses, at storskala effekt først rigtigt indtræder ved en årlig mængde på 25-30.000 tons per år, svarende til et opland med mellem 700.000 – 800.000 indbyggere. Dette hænger samme med, at udnyttelsen af det installerede udstyr ved mængder mellem 25.000 og 30.000 tons/år er relativt godt udnyttet via 2 og 3-skift drift på én sorteringslinje, 5 dage om ugen. Ved yderligere tilførsler vil det være nødvendigt at installere en ekstra linje.

Anlægget til sortering er som nævnt tidligere i stand til at køre i tre skift med et samlet antal driftstimer på ca. 4.800 per år (svarende til ca. 1.600 timer per skift ved 5 dages arbejdsuge). Kapaciteten per skift afhænger af, hvilken fraktion der skal sorteres. Minimumskapaciteten på væsentligt sorteringsudstyr ligger på 5 -10 tons per time. Med denne minimumskapacitet vil årskapaciteten for et anlæg til de nævnte kildeopdelte materialer per hele skift være ca. 12-14.000 tons/år.

Anlægget til balletering af papir har en grundkapacitet på 30-40.000 tons/år. Mængder ud over dette interval kræver installering af ekstra kapacitet.

Et anlæg for 300.000 indbyggere vil forventes at modtage ca. 11.700 tons/år kildeopdelt karton (5.500 tons karton/plast/ metal og 3.900 tons glas fra husholdninger og ca. 2.000 tons kildeopdelt fra erhverv). Én sorteringslinje vil kunne klare disse mængder på ca. 1.600 timer svarende ca. 1,0 skift med 5 dages uge.

Tilsvarende vil anlæg for 500.000 op til 2.200.000 indbyggere modtage fra 19.100 tons til 42.700 tons af samme slags materialer. Med én sorteringslinje vil anlægget kunne klare disse mængder på ca. 2.500 henholdsvis ca. 4.800 timer. Dette svarer til fra ca. 1,6 skift til ca. 3-holdsskift med 5 dages uge.

Som det fremgår af de nævnte kapacitetsbemærkninger vil udbygning af det beskrevne sorteringsanlægs kapacitet også i dette tilfælde primært ske via regulering af arbejdstiden/driftstiden for de installerede komponenter. Hver enkelt maskinkomponent kan bygges med større timekapacitet, såfremt mængden af tilførte materialer tilsiger dette. Alternativt

kan én eller flere vigtige komponenter dubleres. Når anlægget først er bygget, kan ændring (udbygning) af kapacitet foretages via ændring i driftstid eller ved dublering af visse komponenter, forudsat at anlæggets planløsning på forhånd har taget højde for en sådan situation. Ved NIR udstyr kan kapacitetsudvidelser i visse tilfælde ske ved at etablere større båndbredde. Når det gælder modtage hal og "output hal" er disse per definition ufleksible overfor kapacitetsudvidelser og må ved nye yderligere mængder ud over kapacitetsgrænsen bygges større.

Økonomi og drift for anlægseksempel 1C

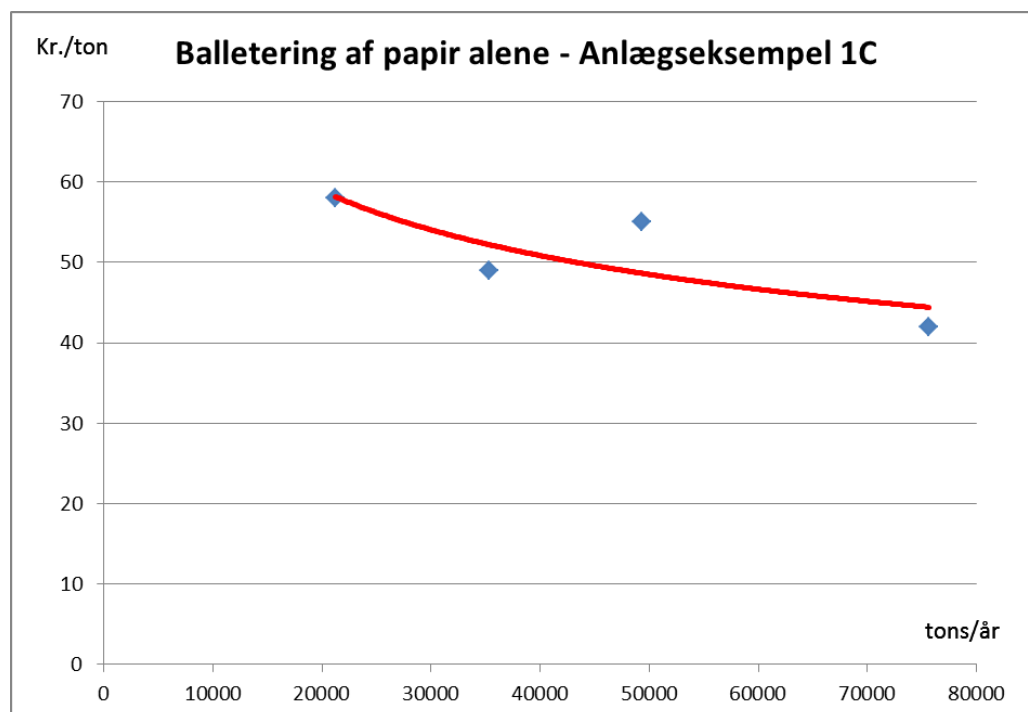
Nedenfor i Tabel 27 redegøres for prissætning og drift af anlæg der modtager kildesorteret papir og pap til opbalning. Prissætning gøres ved at tillægge de ekstra omkostninger der påføres ved at skulle balletere ekstra mængder kildesorteret papir og pap. De ekstra omkostninger, som skal tillægges anlægget beskrevet ovenfor, er vist i Figur 30.

TABEL 27: ØKONOMI FOR ANLÆG 1C TIL BALLETERING AF PAPIR/PAP SOM EKSTRA OMKOSTNINGER

Opland – antal indbyggere	Leveret mængde papir til balletering i tons/år ¹⁾	Mer investering i alt, mio. kr.	Forrentning og afskrivning omk., mio. kr. pr år	Mer drifts omk., mio. kr. pr år	Ekstra Enhedsomkostning for balletering i kr./ton
300.000	21.200	3,8	0,4	0,8	58
500.000	35.300	6,6	0,6	1,1	49
700.000	49.300	12,5	1,2	1,5	55
1.100.000	77.500	13,0	1,6	1,6	42

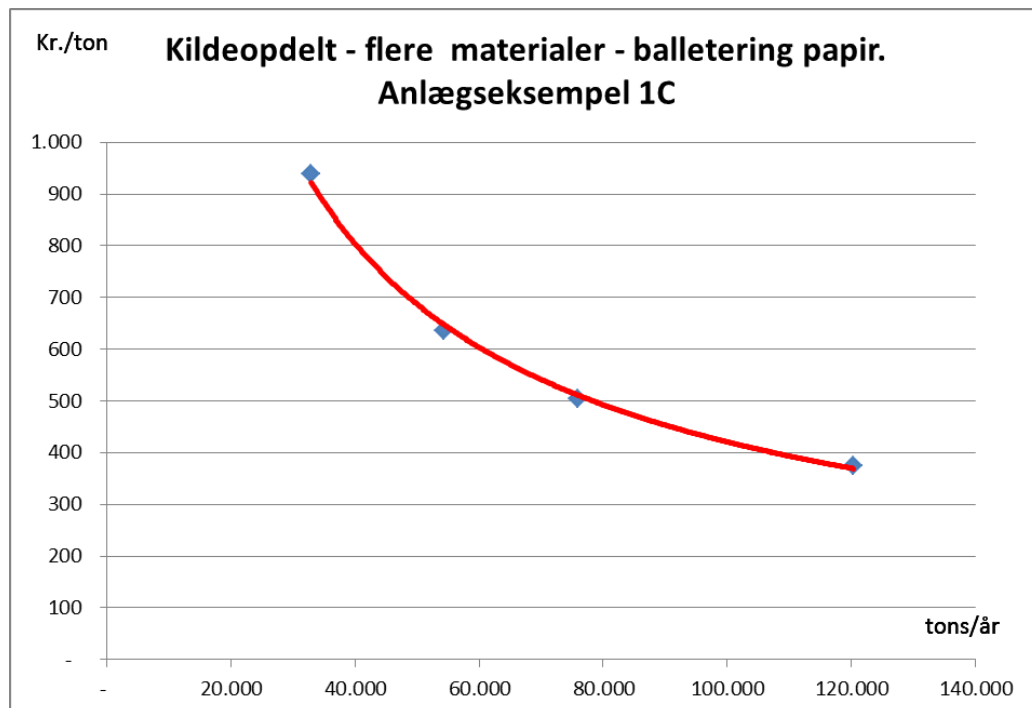
1) Ved de to laveste kapaciteter/oplande er der ikke behov for installering af ekstra balleteringsudstyr.

De i tabellen angivne enhedsomkostninger dækkende afskrivning og forrentning samt drift ved balletering af papir på centralt sorteringsanlæg er vist i nedenstående Figur 28. En trendkurve for enhedsomkostningerne er lagt ind i figuren.



FIGUR 30: EKSTRA OMKOSTNINGER PER TON PAPIR OG PAP TIL BALLETERING I 1C. EVT. INDTÆGTER FRA SALG AF MATERIALER INDGÅR IKKE

Ved addering af ekstra balletering af kildesorteret papir og pap til et i forvejen planlagt centralt sorteringsanlæg opnås synergier via udnyttelse af eksisterende vej- og bygningsanlæg samt balleteringskapacitet. Endvidere kan mobilt udstyr også udnyttes mere effektivt. De samlede omkostninger omregnet til enhedsomkostninger ved ekstra at tilføre papir og pap til balletering i anlægseksempel 1C er vist i Figur 31. De samlede tilførte mængder til anlæggene er benyttet ved beregning af enhedsomkostningerne.



FIGUR 31: BRUTTO OMKOSTNINGER PER TON AFFALD TIL SORTERING AF KILDEOPDELT GENANVENDELIGE MATERIALER (KARTON, PLAST, METAL, GLAS, STORT PLAST FRA HUSHOLDNINGER OG ERHVERV) TILLAGT BALLETERING AF PAPIR OG PAP (ANLÆGSEKSEMPEL 1C). EVT. INDTÆGTER FRA SALG AF MATERIALER INDGÅR IKKE.

Af figuren kan aflæses, at enhedsomkostningerne følger stort set samme forløb som anlægseksempel 1B beskrevet ovenfor - som ikke får tilført kildesorteret papir. Dog er enhedsomkostninger lavere hvilket bl.a skyldes at enhedsomkostningerne ved balleteringen er lavere end sorteringsomkostningerne. Det må formodes at et sådan anlæg vil prisdifferentiere gebyr for aflevering som afspejler de faktiske balleteringsomkostninger for papir og lader omkostninger til sortering blive dækket af de fraktioner der kræver sortering. De egentlige sorteringsomkostninger for de materialer der afleveres til sortering forventes her at ligge tæt på de omkostninger der er angivet under anlægseksempel 1B.

6.3 Teknisk Koncept 2 - Anlæg til at modtage og finsortere blandet tørt restaffald - anlægseksempel 2

Til sammenligning er også udført beregninger på et anlæg, som alene modtager tørt restaffald. Dette er gjort for at muliggøre bedst mulig vurdering af de alternative måder, et samlet system indeholdende et centralt automatisk sorteringsanlæg kan udbygges. Det er endvidere gjort for at kunne vurdere den andel restaffaldsbehandlingen udgør af de samlede omkostninger ved behandling af både kildeopdelte materialer og den tørre restaffalds fraktion. Et sådan anlæg vil også kunne modtage småt brændbart og blandet erhvervsaffald.

Modtagne materialer og mængder

Anlægget modtager alene tørt restaffald fra husholdninger. Modtagne mængder for anlægseksempel 2 er angivet i Tabel 28.

TABEL 28: MODTAGNE MÆNGDER TØRT RESTAFFALD MODTAGET PÅ ANLÆGSEKSEMPEL 2

Opland (indbyggere)	300.000	500.000	700.000	1.100.000	2.200.000
Fra dagrenovation - Tilført finsorteringslinje - tons/år					
Tørt restaffald	43.000	71.700	100.400	157.800	315.600
I alt husholdninger	43.000	71.700	100.400	157.800	315.600

Økonomi og drift for anlægseksempel 2

Der er også her prissat anlæg for i alt 5 forskellige kapaciteter svarende til oplande på fra ca. 300.000 indbyggere op til ca. 2.200.000 indbyggere.

Omkostninger til etablering og drift af anlæg er estimeret ud fra samme erfaringstal som tidligere. Der er heller ikke her indregnet omkostninger til byggerenter, afkast til ejere, risikodækning og lignende. Alle priser er ekskl. moms. Der indgår ikke beregning af indtægter fra salg af genanvendelige materialer.

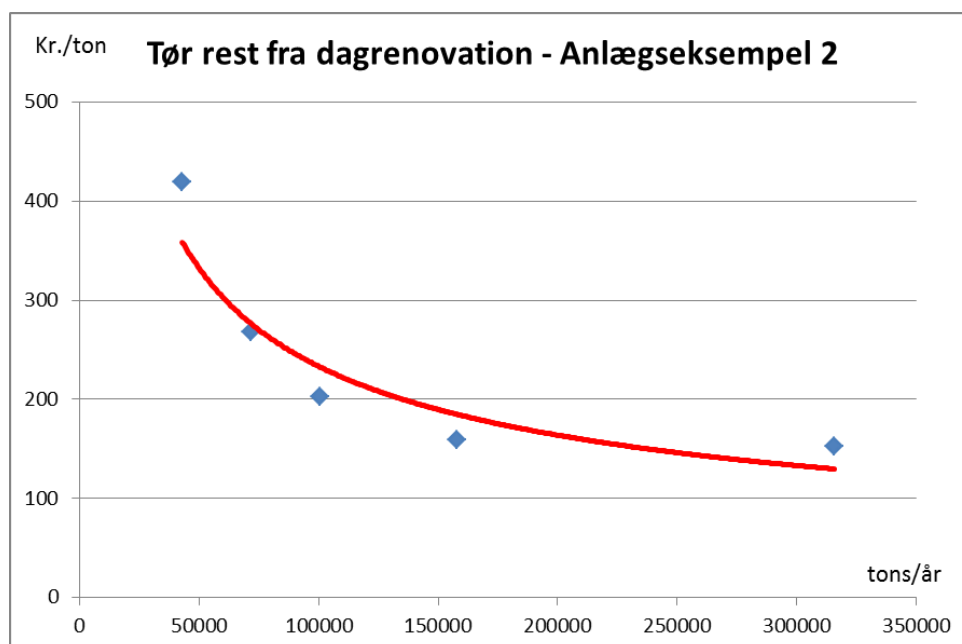
Nødvendige investeringer og omkostninger til drift er vist i nedenstående Tabel 29 for de 5 prissatte anlæg, der alene modtager tørt restaffald.

TABEL 29: ØKONOMI FOR ANLÆG 2 TIL SORTERING AF TØRT RESTAFFALD. KILDE: IUT, ØSTRIG OG COWI (EGNE BEREKNINGER)

Opland – antal indbyggere /antal husstande	Leveret mængde i tons/år		Investering i alt, mio. kr.	Forrentning og afskrivning omk., mio. kr. pr år	Drifts omk., mio. kr. pr år	Enhedsomkostninger i kr/ton
	Kildeop- delt	Tør rest ¹⁾				
300.000	0	43.000	118,6	12,0	6,0	419
500.000	0	71.700	125,7	12,5	6,7	268
700.000	0	100.400	131,2	12,9	7,4	203
1.100.000	0	157.800	154,6	14,9	10,1	159
2.200.000	0	315.600	255	24,9	23,5	153

¹⁾ TØRT RESTAFFALD BESTÅR AF 43 % IKKE GENANVENDELIGE FRAKTIONER, 30 % ORGANISK FRAKTION OG 27 % POTENTIELT GENANVENDELIGT PAPIR, PAP, PLAST METAL OG GLAS SOM HUSHOLDNINGEN HAR PLACERET I RESTAFFALDSBEHOLDER I STEDET FOR GENANVENDELSESBEHOLDER.,

De i tabellen angivne enhedsomkostninger dækkende afskrivning og forrentning samt drift ved central sortering af det tørre restaffald er vist i nedenstående Figur 32. En trendkurve for enhedsomkostningerne er lagt ind i figuren.



FIGUR 32: BRUTTO OMKOSTNINGER PER TON AFFALD TIL SORTERING AF TØRT RESTAFFALD I ANLÆGSEKSEMPEL 2. EVT. INDTÆGTER FRA SALG AF MATERIALER INDGÅR IKKE.

Af figuren kan aflæses, at storskala effekt først rigtigt indtræder ved en årlig mængde på 100 - 150.000 tons per år, svarende til et opland med mellem 0,7 – 1,1 mio. indbyggere. Dette hænger nøje samme med, at udnyttelsen af det installerede udstyr er så godt som fuldt udnyttet via 2 og 3-skift drift på én sorteringslinje, 5 dage om ugen. Ved yderligere tilførsler vil det være nødvendigt at installere en ekstra linje. En sådan ekstra linje vil først være fuldt udnyttet ved tilførsler på ekstra 100-150.000 tons restaffald. Mindre ekstra tilførsler ville kunne klares ved længere ugentlig driftstid.

Et anlæg for 300.000 indbyggere forventes at modtage ca. 43.000 tons/år tørt restaffald. Én sorteringslinje vil kunne klare dette på ca. 800 timer, hvilket svarer til ca. 0,5 skift med 5 dages uge.

Tilsvarende vil anlæg for 500.000 op til 2.200.000 indbyggere modtage fra 71.700 tons/år til 315.600 tons/år kildeopdelt karton, plast og metal og tørt restaffald. Med 500.000 indbyggere og med én sorteringslinje vil anlægget kunne klare den tørre rest på ca. 1400 timer, hvilket svarer til ca. 0,9 skift med 5 dages uge. Med 700.000 indbyggere (svarende til 100.400 tons/år) vil anlægget skulle bruge ca. 1,2 skift (5 dages arbejdsuge). Ved et opland på 2,2 mio. indbyggere og en total mængde på 315.600 tons/år må anlægget opbygges med to linjer. Disse udnyttes fuldt ud, dvs. 3 skift per linje..

Som det fremgår af de nævnte kapacitetsbemærkninger vil udbygning af det beskrevne sorteringsanlægs kapacitet også i dette tilfælde primært ske via regulering af arbejdstiden/driftstiden for de installerede komponenter. Hver enkelt maskinkomponent kan bygges med større timekapacitet, såfremt mængden af tilførte materialer tilsiger dette. Alternativt kan én eller flere vigtige komponenter dubleres. Når anlægget først er bygget, kan ændring (udbygning) af kapacitet foretages via ændring i driftstid eller ved dublering af visse komponenter, forudsat at anlæggets planløsning på forhånd har taget højde for en sådan situation. Ved NIR udstyr kan kapacitetsudvidelser i visse tilfælde ske ved at etablere større båndbredde. Når det gælder modtage hal og "output hal" er disse per definition ufleksible overfor kapacitetsudvidelser og må ved nye yderligere mængder ud over kapacitetsgrænsen bygges større.

6.4 Teknisk koncept 3 - Anlæg til at modtage og finsortere blandede kildesorterede og kildeopdelte fraktioner som f.eks. papir, pap/karton, metal, plast og evt. glas (og evt. flere slags kildesorterede materialer) samtidig med tørt restaffald fra forskellige kilder – anlægseksempler 3A, 3B og 3C

6.4.1 Hovedforudsætninger og varianter

Et anlæg til sortering af både kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra forskellige kilder skal i princippet dimensioneres til at kunne modtage de samme kildeopdelte fraktioner (blandet pap, metal, plast og glas) og endvidere tørt restaffald fra dagrenovationen bestående af alle de materialer/fraktioner, som en husholdning måtte placere i en restaffaldsbeholder (eller rum til samme). I tillæg også tørt affald i form af f.eks. småt og stort brændbart fra genbrugspladser samt også tørt restaffald fra erhvervsvirksomheder. Bemærk at organisk affald (madaffald) er forudsat frasorteret ved kilden – ellers kan fraktionen ikke kaldes tørt restaffald. Ud over en lang række ikke genanvendelige fraktioner indeholder det tørre restaffald en mængde rest papir, rest plast, rest metal, rest pap samt rest glas, som husholdningerne ikke har placeret i beholderen til de genanvendelige materialer.

Parallelt til et anlæg der modtager kildeopdelte materialer er det for dette anlæg også valgt at arbejde med hovedforudsætninger og variantforudsætninger. Dette for at styrke forståeligheden af økonomiske konsekvenser ved forskellige leverancer/inputs og forskellige anlægsstørrelser. Der er anlagt samme tankegang omkring hoved- og variantforudsætninger som ved anlægget til kildeopdelte materialer.

Hovedforudsætninger

Som hovedforudsætning haves et centralt automatisk sorteringsanlæg for kildesorterede og kildeopdelte materialer, der kan modtage enten en blanding af nedennævnte fraktioner eller også hver af disse fraktioner indsamlet individuelt men stadig som en fraktion af blandede materialer (f.eks. blandede plast polymerer eller blandet metal):

- emballagekarton/pap fra dagrenovationen,
- småt plast fra dagrenovationen (hård emballage plast, plastfolie samt andet genanvendelig plast)
- småt metal fra dagrenovationen (jern og aluminium)

I tillæg modtager det også den tørre restaffaldsfraktion fra dagrenovationen og andre kilder, der som nævnt ovenfor også indeholder de mængder papir, karton, plast, metal og glas, som ikke blev placeret i beholder indsamlet til genanvendelse.

Prisberegninger for hovedforudsætninger er beskrevet i afsnit 6.4.2 nedenfor.

Variantforudsætninger

Det omtalte anlæg er også i stand til at modtage genanvendelige materialer og tørt restaffald fra andre kilder end dagrenovationen og dermed øge den tilførte mængde indenfor samme opland. Anlægget kan således følgende

1. Modtage kildesorteret glas leveret sammen med karton, plast og metal til finsortering ud i individuelle materialer. Kræver i praksis installering af ekstra glas sorteringsudstyr
2. Modtage stort plast fra genbrugspladser. Kræver installering af neddelere samt etablering af særlig aflæsningsareal
3. Modtage tørt restaffald fra husholdninger
4. Modtage kildeopdelte genanvendelige materialer fra andre kilder (erhverv og byggeri). Kræver i praksis ingen ændringer i udstyr
5. Modtage tørt affald fra erhverv

- Modtage småt brændbart fra genbrugspladser. Kræver bl.a. ekstra aflæsseareal
- Modtage stort brændbart/træ fra genbrugspladser. Kræver bl.a. installering af neddelers samt etablering af ekstra aflæsseareal.
- Modtage papir til opbalning (op til kapacitetsgrænse for installeret balleteringsudstyr. Hvis større mængder ønskes leveret kan større balleteringskapacitet installeres samtidig med at modtage- og lagerarealer udvides.

Prisberegninger for variantforudsætninger er beskrevet i afsnit 6.4.3 nedenfor.

6.4.2 Prisberegninger hovedforudsætninger - kildesorterede og kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen – anlægseksempel 3A.

Som hovedforudsætning haves et centralt automatisk sorteringsanlæg der modtager kildesorterede og kildeopdelte materialer i form af en blanding af

- emballagekarton/pap fra dagrenovationen,
- småt plast fra dagrenovationen (hård emballage plast, plastfolie samt andet genanvendelig plast)
- småt metal fra dagrenovationen (jern og aluminium)

I tillæg modtager det også den tørre restaffaldsfraktion fra dagrenovationen

Modtage materialer og mængder

Modtagne mængder af ovennævnte materialer er angivet i Tabel 30 nedenfor.

TABEL 30: MODTAGNE MÆNGDER KILDEOPDELTE MATERIALER OG TØRT RESTAFFALD PÅ ANLÆG

Opland (indbyggere)	300.000	500.000	700.000	1.100.000	2.200.000
Fra dagrenovation - Tilført finsorteringslinje - tons/år					
Kildeopdelt					
pap/karton	2.200	3.600	5.100	8.000	16.000
plast	1.900	3.200	4.500	7.000	14.100
metal	1.500	2.400	3.400	5.300	10.700
Kildeopdelt i alt	5.500	9.200	12.900	20.300	40.800
Tørt restaffald	43.000	71.700	100.400	157.800	315.600
I alt husholdninger	48.500	80.900	113.300	178.100	356.400

Økonomi og drift

Omkostninger til etablering og drift af anlæg er estimeret ud fra samme erfaringstal som tidligere. Der er heller ikke her indregnet omkostninger til byggerenter, afkast til ejere, risikodækning og lignende. Alle priser er ekskl. moms. Ved beregning af forrentning og afskrivning er anvendt samme forudsætninger som ved øvrige anlægseksempler. Der indgår ikke beregning af indtægter fra salg af genanvendelige materialer.

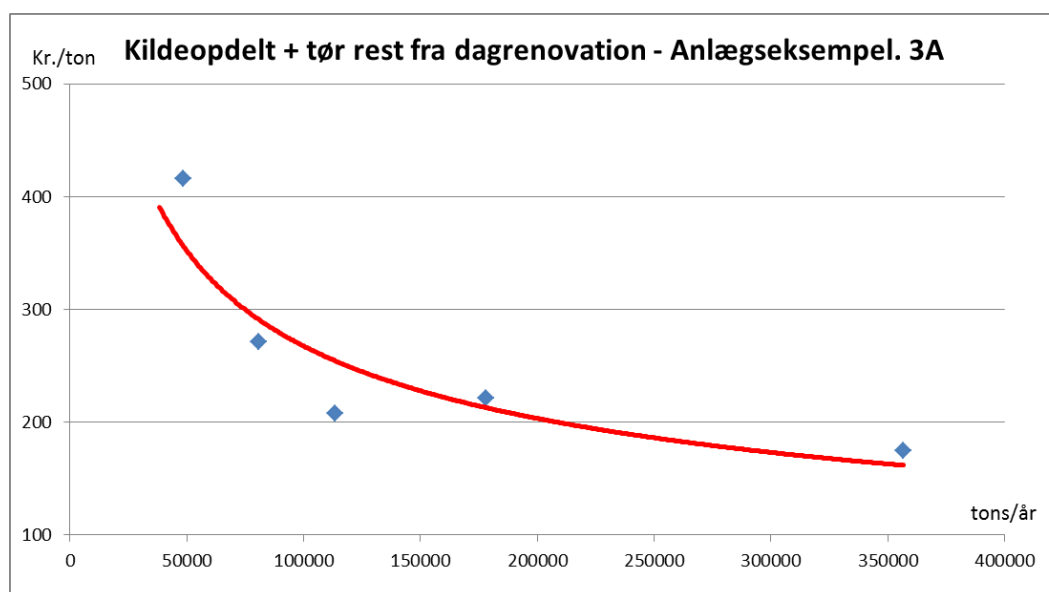
Nødvendige investeringer og omkostninger til drift er vist i nedenstående Tabel 31 for de prissatte anlæg nævnt ovenfor.

TABEL 31: ØKONOMI FOR ANLÆG 3A TIL SORTERING AF KILDEOPDELTE FRAKTIONER (KARTON, PLAST OG METAL) OG TØRT RESTAFFALD. KILDE: IUT, ØSTRIG OG COWI (EGNE BEREKNINGER)

Opland – antal indbyggere	Leveret mængde i tons/år		Investerin g i alt, mio. kr.	Forrentning og afskrivning omk., mio. kr. pr år	Drifts omk., mio. kr. pr år	Enhedsomkostninger i kr./ton
	Kilde- opdelt	Tør rest ¹⁾				
300.000	5.500	43.000	124,5	12,4	7,8	416
500.000	9.200	71.700	131,3	12,9	9,0	271
700.000	12.900	100.400	138,1	13,4	10,2	208
1.100.000	20.300	157.800	233,6	23,6	15,8	221
2.200.000	40.800	315.600	345,9	34,3	28,0	175

¹⁾ TØRT RESTAFFALD BESTÅR AF 43 % IKKE GENANVENDELIGE FRAKTIONER, 30 % ORGANISK FRAKTION OG 27 % POTENTIelt GENANVENDELIGT PAPIR, PAP, PLAST METAL OG GLAS SOM HUSHOLDNINGEN HAR PLACERET I RESTAFFALDSBEHOLDER I STEDET FOR GENANVENDELSESBEHOLDER.

De i tabellen angivne enhedsomkostninger dækkende afskrivning og forrentning samt drift ved central sortering af de kildeopdelte fraktioner (karton, plast og metal) og tørt restaffald er vist i nedenstående Figur 33. En trendkurve for enhedsomkostningerne er lagt ind i figuren.



FIGUR 33: BRUTTO OMKOSTNINGER PER TON AFFALD TIL SORTERING AF KILDEOPDELT GENANVENDELIGT AFFALD SAMT TØRT RESTAFFALD FRA DAGRENOVATION (ANLÆGSEKSEMPEL 3A) . EVT SALG AF MATERIALER INDGÅR IKKE.

Det må forventes, at et konkret anlæg evt. vil anvende prisdifferentiere gebyrer for aflevering for at afspejle de faktiske sorteringsomkostninger ved f.eks. kildeopdelte materialer henholdsvis tørt restaffald. Desuden kan det afleverede affalds konkrete indhold af ønskede/problematiske samt værdi af de udsorterede materialer til genanvendelse også kan medføre prisdifferentierede gebyrer for behandling af affaldet på sorteringsanlægget.

Af figuren kan aflæses, at storskala effekt først rigtigt indtræder ved en årlig mængde på 100 - 120.000 tons per år, svarende til et opland med mellem 0,7 – 0,8 mio. indbyggere. Dette hænger nøje sammen med, at udnyttelsen af det installerede udstyr er så godt som fuldt udnyttet via 2 og 3-skift drift på én sorteringslinje, 5 dage om ugen. Ved yderligere tilførsler vil det være nødvendigt at installere en ekstra linje. En sådan ekstra linje vil først være fuldt udnyttet ved tilførsler på ekstra 100-150.000 tons restaffald. Mindre ekstra tilførsler ville kunne klares ved længere ugentlig driftstid.

Anlægget er i stand til at køre i tre skift med et samlet antal driftstimer på ca. 4.800 per år (svarende til ca. 1.600 timer per skift ved 5 dages arbejdsuge). Kapaciteten per skift afhænger af hvilken fraktion, der skal sorteres. Følgende grove kapacitetsdata kan gives, idet det skal oplyses at de i anlægget installerede maskinkomponenter dimensioneres primært efter affaldsvolumen (og ikke affaldets vægt):

- Kildeopdelte materialer: Kapacitet per skift er ca. 12-14.000 tons/år
- Tørt restaffald: Kapacitet per skift er ca. 70-75.000 tons/år

Denne forskel i kapacitet skyldes, at de i anlægget installerede maskinkomponenter dimensioneres primært efter affaldsvolumen (og ikke affaldets vægt). Materialer med lav rumvægt i indsamlet form som f.eks. plast vil således give lav kapacitet af installeret udstyr. Blandede fraktioner som tørt restaffald har en noget højere rumvægt ved indsamling, hvilket udløser en højere kapacitet. Der er naturligvis stor usikkerhed omkring sådanne generelle kapacitetsangivelser idet det installerede udstyr dimensioneres individuelt i forhold til det affald der forventes modtaget.

Et anlæg for 300.000 indbyggere forventes at modtage ca. 5.500 tons/år kildeopdelt og 43.000 tons tørt restaffald per år. Én sorteringslinje vil kunne klare det kildeopdelte på ca. 800 timer og tilsvarende det tørre restaffald på ca. samme tid. Dette svarer til i alt ca. 1 skift med 5 dages uge.

Tilsvarende vil anlæg for 500.000 op til 2.200.000 indbyggere modtage fra 80.900 tons/år til 356.400 tons/år kildeopdelt karton, plast og metal og tørt restaffald. Med 500.000 indbyggere og med én sorteringslinje vil anlægget kunne klare det kildeopdelte og den tørre rest på ca. 3.100 – 3.200 timer, hvilket svarer til ca. 2 skift med 5 dages uge. Med 700.000 indbyggere (svarende til 113.300 tons/år) vil anlægget skulle bruge ca. 2,7 skift, 5 dages arbejdsuge (eller 2,3 skift med en 6 dages arbejdsuge.)

Ved et opland på 1,1 mio. indbyggere og en total mængde på 178.000 tons/år må anlægget opbygges med to linjer. Disse to linjer udnyttes fuldt ud ved et opland på 2.2 mio. indbyggere.

Som det fremgår af de nævnte kapacitetsbemærkninger vil udbygning af det beskrevne sorteringsanlægs kapacitet også i dette tilfælde primært ske via regulering af arbejdstiden/driftstiden for de installerede komponenter. Hver enkelt maskinkomponent kan bygges med større timekapacitet, såfremt mængden af tilførte materialer tilsiger dette. Alternativt kan én eller flere vigtige komponenter dubleres. Når anlægget først er bygget, kan ændring (udbygning) af kapacitet foretages via ændring i driftstid eller ved dublering af visse komponenter, forudsat at anlæggets planløsning på forhånd har taget højde for en sådan situation. Ved NIR udstyr kan kapacitetsudvidelser i visse tilfælde ske ved at etablere større båndbredde. Når det gælder modtage hal og "output hal" er disse per definition ufleksible overfor kapacitetsudvidelser og må ved nye yderligere mængder ud over kapacitetsgrænsen bygges større..

6.4.3 Prisberegninger variantforudsætninger - kildesorterede og kildeopdelte materialer (karton, plast, metal og glas) og tørt restaffald fra dagrenovationen og fra visse erhverv samt stort plast og småt og stort brændbart fra GBP – desuden kildesorteret papir fra papirordning og stort pap fra papordning/GBP - anlægseksempler 3B og 3C

Anlæg 3B kan følgende:

1. Modtage kildesorteret glas leveret sammen med karton, plast og metal til finsortering i individuelle materialer. Kræver i praksis installering af ekstra glas sorteringsudstyr
2. Modtage stort plast fra genbrugspladser. Kræver installering af neddelers samt etablering af særlig aflæsningsareal
3. Modtage tørt restaffald fra husholdninger

4. Modtage kildeopdelte genanvendelige materialer fra andre kilder (erhverv og byggeri). Kræver i praksis ingen ændringer i udstyr
5. Modtage tørt affald fra erhverv
6. Modtage småt brændbart fra genbrugspladser. Kræver bl.a. ekstra aflæsseareal
7. Modtage stort brændbart affald/storskrald/træ fra genbrugspladser. Kræver bl.a. installering af neddelers samt etablering af ekstra aflæsseareal.

Anlæg 3C kan derudover:

modtage papir til opbalning (op til kapacitetsgrænse for installeret balleteringsudstyr. Hvis større mængder ønskes leveret kan større balleteringskapacitet installeres samtidig med at modtage- og lagerarealer udvides.

Modtagne materialer og mængder

Modtagne mængder af disse materialer er angivet i Tabel 32.

TABEL 32: MODTAGNE MÆNGDER KILDEOPDELTE MATERIALER, OG TØRT RESTAFFALD OG KILDESORTEREDE MATERIALER PÅ ANLÆG 3 B OG 3C

Opland (indbyggere)		300.000	500.000	700.000	1.100.000	2.200.000
Anlægseksempel 3B	Fra dagrenovation - Tilført finsorteringslinje - tons/år					
	Kildeopdelt pap/karton/plast/metal	5.500	9.200	12.900	20.300	40.800
	Glas	3.900	6.400	9.000	14.200	28.300
	Tørt restaffald	43.000	71.700	100.400	157.800	315.600
	I alt kildeopdelt/ sorteret	52.400	87.300	122.300	192.300	384.700
	Fra GBP/storskraldsordninger - Tilført neddelings- /finsorteringslinje - tons/år					
	Stort plast/havemøbler	300	500	700	1.200	2.300
	Små BB	13.900	23.200	32.500	51.000	102.000
	Stort BB	14.800	24.700	34.600	54.300	108.600
	I alt fra storskrald	29.000	48.400	67.800	106.500	212.900
	I alt husholdninger	81.400	135.700	190.100	298.800	597.600
	Fra erhverv - Tilført finsorteringslinje - tons/år					
	Tørt erhvervaffald	10000	15000	20000	35000	70000
	Kildeopdelt pap/karton/plast/metal	2000	3000	4000	7000	14000
	I alt erhverv	12000	18000	24000	42000	84000
Tillæg anlægs eksempl 3C	Total husholdninger og erhverv	93.400	153.700	214.100	340.800	681.600
	Heraf kildeopdelt	11.700	19.100	26.600	42.700	85.400
	Heraf tørt restaffald	81.700	134.600	187.500	298.100	596.200
	Fra dagrenovation - Tilført papirlinje - tons/år					
	Kildesorteret papir/aviser	19.900	33.200	46.400	72.900	146.000
	Kildesorteret stort pap	1.300	2.100	2.900	4.600	9.200
	I alt papirlinje	21.200	35.300	49.300	77.500	155.200
	I alt tilført anlæg	114.600	189.000	263.400	418.300	836.800

Kilde til mængde stort plast/havemøbler, småt BB og stort BB: Affald Plus

Det er yderst vanskeligt, at forudsige hvor stor en mængde fra erhverv der vil blive tilført denne anlægstype. Det må formodes, at langt størstedelen af kildesorteret genanvendeligt erhvervsaffald afleveres direkte til genvindingsfirmaer – evt. via indsamlere. Tilbage er et evt. uudnyttet potentiale fra f.eks handels- og kontorvirksomheder og offentlige institutioner. Mængden af kildeopdelt erhvervsaffald er derfor skønsmæssigt ansat til ca. 1/3 af mængden af kildeopdelt karton, plast og metal fra husholdninger. Hvad angår tørt restaffald fra erhvervsvirksomheder må det formodes, at størstedelen af dette på nuværende tidspunkt afleveres til forbrænding. En stor del af dette må antages at være meget blandet og ikke være sammenligneligt med tørt restaffald fra husholdningerne. Mængden af tørt erhvervsaffald er derfor skønsmæssigt forsigtigt ansat til 20-25% (afrundet) af mængden af tørt restaffald fra husholdninger.

Økonomi og drift for anlægseksempel 3B.

Nedenfor redegøres for prissætning og drift af anlæg der modtager blandede kildeopdelte fraktioner (karton, småt plast metal, glas og stort plast) samtidig med tørt restaffald (tør rest fra dagrenovation, småt brændbart og stort brændbart) fra forskellige kilder (husholdninger og erhverv). Anlægget modtager ikke kildesorteret papir.

Af Tabel 32 fremgår at sorteringslinjen på anlægget modtager i intervallet 93.400 – 681.600 tons blandede genanvendelige materialer pr år. I tillæg modtager papirlinjen med balletering i intervallet 21.200 – 155.200 tons kildesorteret papir og pap pr år. Et anlæg til modtagelse af mere end 800.000 tons materialer/papir - anses ikke for realistisk at opføre (meget stort opland og behov for tresorteringslinjer og flere ballepresser). Det er derfor valgt at prissætte de 4 laveste kapaciteter for/leverede mængder materiale til anlægget. Dette svarer til oplande på fra ca. 300.000 indbyggere op til ca. 1.100.000 indbyggere.

Der er prissat et anlæg, der indeholder en sorteringslinje til de blandede kildeopdelte genanvendelige materialer og til tørt restaffald. I tillæg er prissat en linje for balletering af papir. Denne er prissat som de ekstra omkostninger der påføres ved øget modtageareal, balleteringskapacitet og lagerareal.

Omkostninger til etablering og drift af anlæg er estimeret ud fra samme erfaringstal som tidligere. Der er heller ikke her indregnet omkostninger til byggerenter, afkast til ejere, risikodækning og lignende. Alle priser er ekskl. moms.

Nødvendige investeringer og omkostninger til drift er vist i Tabel 33. Ved beregning af forrentning og afskrivning er anvendt samme forudsætninger som tidligere nævnt. Der indgår ikke beregning af indtægter fra salg af genanvendelige materialer.

TABEL 33: ØKONOMI FOR ANLÆG 3B TIL SORTERING AF BLANDEDE KILDEOPDELTE GENANVENDELIGE MATERIALER SAMMEN MED TØRT RESTAFFALD FRA FORSKELLIGE KILDER. KILDE: IUT, ØSTRIG OG COWI (EGNE BEREKNINGER)

Opland – antal indbyggere	Leveret mængde i tons/år		Investering i alt, mio. kr.	Forrentning og afskrivning omk., mio. kr. pr år	Drifts omk., mio. kr. pr år	Enhedsomkostninger i kr./ton
	Kilde- opdelt	Tør rest ¹⁾				
300.000	11.600	81.700	140,7	13,7	10,2	256
500.000	19.100	134.600	181,3	16,8	14,0	200
700.000	26.600	187.500	297,4	29,8	20,9	237
1.100.000	42.700	298.100	343,9	34,0	27,9	182

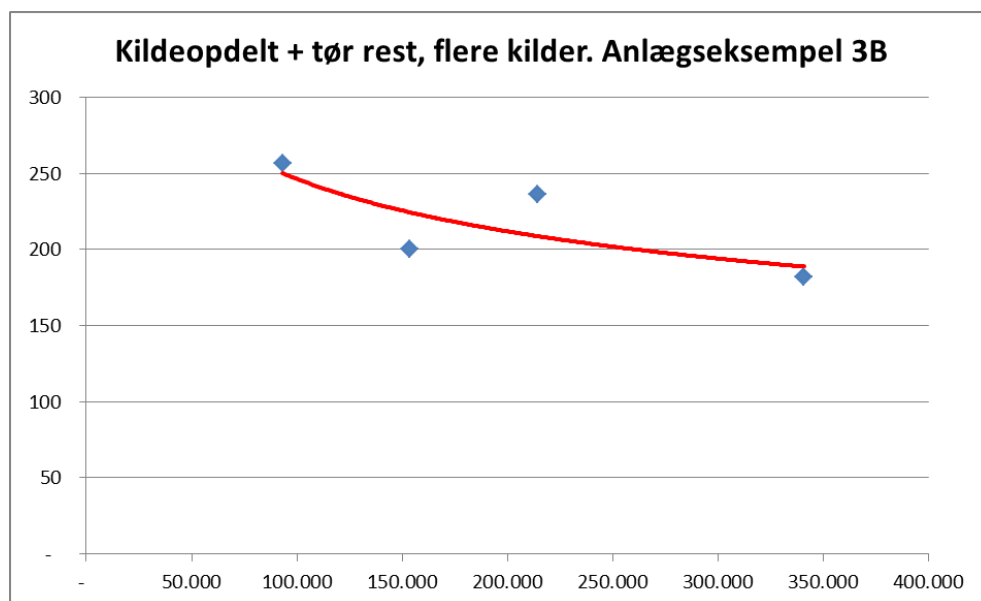
1) TØRT RESTAFFALD BESTÅR AF 43 % IKKE GENANVENDELIGE FRAKTIONER, 30 % ORGANISK FRAKTION OG 27 % POTENTIelt GENANVENDELIGT PAPIR, PAP, PLAST METAL OG GLAS SOM HUSHOLDNINGEN HAR PLACERET I RESTAFFALDSBEHOLDER I STEDET FOR GENANVENDELSESBEHOLDER

De i tabellen angivne enhedsomkostninger dækkende afskrivning og forrentning samt drift ved central sortering af

- kildeopdelte materialer karton, plast og metal samt glas,
- tørt restaffald fra dagrenovationen
- stort plast fra GBP til neddeling og sortering og
- en mindre mængde kildeopdelt genanvendeligt pap/karton/plast og metal fra erhvervsvirksomheder

De i tabellen angivne enhedsomkostninger dækkende afskrivning og forrentning samt drift ved central sortering af de kildeopdelte fraktioner (karton, plast, metal og glas) og tørt restaffald fra

flere kilder er vist i nedenstående Figur 34. En trendkurve for enhedsomkostningerne er lagt ind i figuren.



FIGUR 34: BRUTTO OMKOSTNINGER PER TON AFFALD TIL SORTERING AF KILDEOPDELT GENANVENDELIGT AFFALD FRA FLERE KILDER SAMT TØRT RESTAFFALD FRA DAGRENOVATION (ANLÆGSEKSEMPEL 3B). EVT SALG AF MATERIALER INDGÅR IKKE.

Af Figur 34 kan aflæses, at storskala effekt indtræder ved en årlig mængde på 150.000 tons per år, svarende til et opland på 0,5 mio. indbyggere. Dette hænger nøje samme med, at udnyttelsen af det installerede udstyr er så godt som fuldt udnyttet via 2 og 3-skift drift på én sorteringslinje, 5 dage om ugen. Ved yderligere tilførsler vil det være nødvendigt at installere en ekstra linje. Derfor stiger enhedsomkostningerne når man går fra én til to linjer samtidig med at udstyret ikke er fuldt udnyttet. En sådan ekstra linje vil først være fuldt udnyttet ved tilførsler på ekstra 100-150.000 tons restaffald. Mindre ekstra tilførsler ville evt. kunne klares ved længere ugentlig driftstid. Tilførsler noget over 150.000 tons/år til sorteringslinjen vil udløse installering af en ekstra linje. Det vil, evt. være muligt at installere udvalgt ekstra udstyr uden at installere en hel ny linje. Lokale forhold må afgøre det mest optimale tekniske koncept tilpasset mixet af de virkelige tilførsler.

Dette anlæg er ligesom de tidligere beskrevne i stand til at køre i tre skift med et samlet antal driftstimer på ca. 4.800 per år (svarende til ca. 1.600 timer per skift ved 5 dages arbejdsuge). Kapaciteten per skift afhænger af hvilken fraktion, der skal sorteres. Følgende grove kapacitetsdata kan gives for sortering af forskellige fraktioner:

- Kildeopdelte materialer: Kapacitet per skift er ca. 12-14.000 tons/år
- Tørt restaffald (incl. småt brændbart): Kapacitet per skift er ca. 70-75.000 tons/år

Denne forskel i kapacitet skyldes at de i anlægget installerede maskinkomponenter dimensioneres primært efter affaldsvolumen (og ikke affaldets vægt). Materialer med lav rumvægt i indsamlet form som f.eks. plast vil således give lav kapacitet af installeret udstyr. Blandede fraktioner som tørt restaffald har en noget højere rumvægt ved indsamling hvilket udløser en højere kapacitet. Der er naturligvis stor usikkerhed omkring sådanne generelle kapacitetsangivelser idet det installerede udstyr dimensioneres individuelt i forhold til det affald der forventes modtaget.

Et anlæg for 300.000 indbyggere forventes at modtage ca. 11.600 tons/år kildeopdelt og 81.700 tons tørt restaffald per år. Én sorteringslinje vil kunne klare det kildeopdelte på ca. 1600 timer og tilsvarende det tørre restaffald på ca. samme tid. Dette svarer til i alt ca. 2 skift med 5 dages uge.

Tilsvarende vil anlæg for 500.000 og 700.000 indbyggere modtage i alt 153.700 henholdsvis 214.100 tons/år kildeopdelt og tørt restaffald. Med 500.000 indbyggere vil sorteringslinjen skulle køre ca. 5.300 timer. Dette kan med en 5-dages uge ikke klares med én linje. I stedet vil man udvide den ugentlige driftstid til at omfatte en 6 dages uge for at spare investeringerne i en ny linje. Med 700.000 indbyggere vil sorteringslinjen skulle køre ca. 7.300 timer. Dette kan kun klares ved installering af en ekstra linje der så vil køre ca 1,6 skift per linje. Med 1.100.000 indbyggere skal anlægget køre med 3 skift per linje og er dermed fuldt udnyttet.

Som det fremgår af de nævnte kapacitetsbemærkninger vil udbygning af det beskrevne sorteringsanlægs kapacitet også i dette tilfælde primært ske via regulering af arbejdstiden/driftstiden for de installerede komponenter. Hver enkelt maskinkomponent kan bygges med større timekapacitet, såfremt mængden af tilførte materialer tilsiger dette. Alternativt kan én eller flere vigtige komponenter dubleres. Når anlægget først er bygget, kan ændring (udbygning) af kapacitet foretages via ændring i driftstid eller ved dublering af visse komponenter, forudsat at anlæggets planløsning på forhånd har taget højde for en sådan situation. Ved NIR udstyr kan kapacitetsudvidelser i visse tilfælde ske ved at etablere større båndbredde. Når det gælder modtage hal og "output hal" er disse per definition ufleksible overfor kapacitetsudvidelser og må ved nye yderligere mængder ud over kapacitetsgrænsen bygges større..

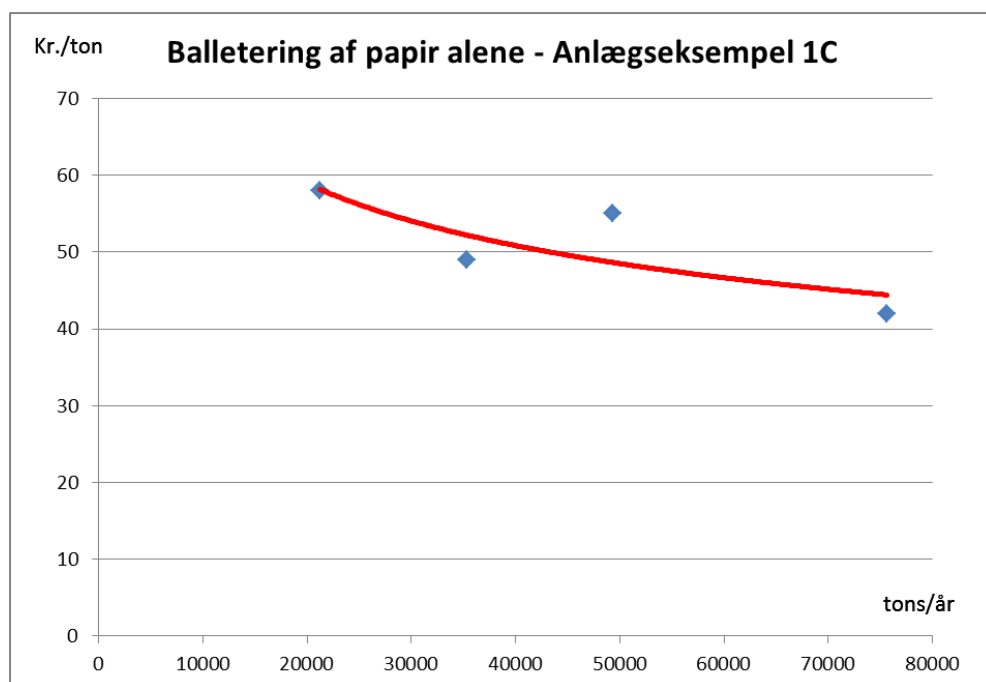
Økonomi for anlæg til opbalning af kildesorteret papir – anlægseksempel 3C

Nedenfor redegøres for prissætning og drift anlæg der modtager kildesorteret papir og pap til opbalning. Prissætning gøres ved at tillægge de ekstra omkostninger der påføres ved at skulle balletere ekstra mængder kildesorteret papir og pap. De ekstra omkostninger, som skal tillægges anlægget beskrevet ovenfor, er vist i nedenstående Tabel 34

TABEL 34: ØKONOMI FOR ANLÆG 3C TIL BALLETERING AF PAPIR/PAP SOM EKSTRA OMKOSTNINGER

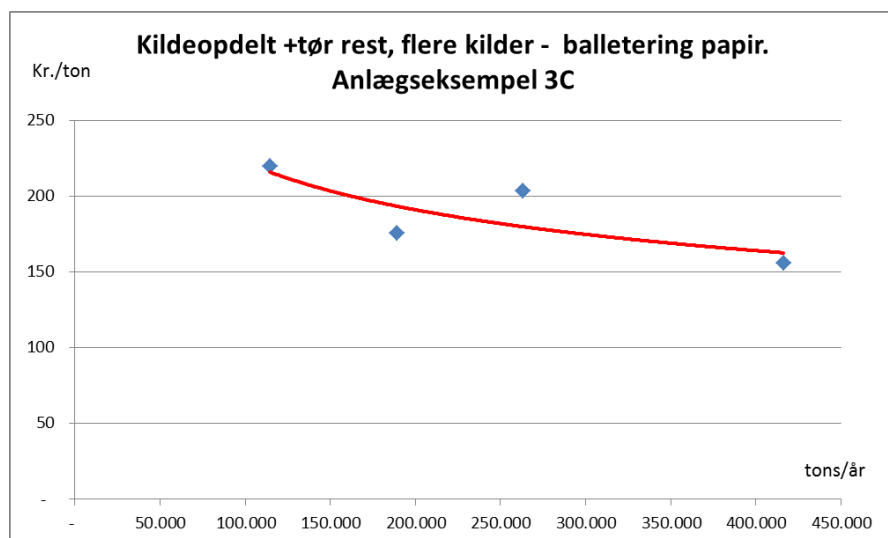
Opland – antal indbyggere	Leveret mængde papir til balletering i tons/år ¹⁾	Merinvestering i alt, mio. kr.	Forrentning og afskrivning omk., mio. kr. pr år	Mer drifts omk., mio. kr. pr år	Ekstra enhedsomkostninger for balletering i kr./ton
300.000	21.200	3,8	0,4	0,8	58
500.000	35.300	9,7	0,6	1,1	49
700.000	49.300	12,5	1,2	1,5	55
1.100.000	75.600	17,5	1,6	1,6	42

De i tabellen angivne enhedsomkostninger dækkende afskrivning og forrentning samt drift ved balletering af papir på centralt sorteringsanlæg er vist i nedenstående Figur 35. En trendkurve for enhedsomkostningerne er lagt ind i figuren.



FIGUR 35 EKSTRA OMKOSTNINGER PER TON PAPIR OG PAP TIL BALLETERING I 1C. EVT. INDTÆGTER FRA SALG AF MATERIALER INDGÅR IKKE

Ved addering af ekstra balletering af kildesorteret papir og pap til et i forvejen planlagt centralt sorteringsanlæg opnås synergier via udnyttelse af eksisterende vej- og bygningsanlæg samt balleteringskapacitet. Endvidere kan mobilt udstyr også udnyttes mere effektivt. De samlede omkostninger omregnet til enhedsomkostninger ved ekstra at tilføre papir og pap til balletering i anlægseksempel 3C er vist i Figur 36. De samlede tilførte mængder til anlæggene er benyttet ved beregning af enhedsomkostningerne.



FIGUR 36: BRUTTO OMKOSTNINGER PER TON AFFALD TIL SORTERING AF KILDEOPDELT GENANVENDELIGT AFFALD FRA FLERE KILDER, TØRT RESTAFFALD FRA DAGRENOVATION SAMT BALLETERING AF PAPIR. EVT SALG AF MATERIALER INDGÅR IKKE

Af figuren kan aflæses, at enhedsomkostningerne følger stort set samme forløb som anlægseksempel 3B som ikke får tilført kildesorteret papir. Dog er enhedsomkostninger ca. 30kr/ton lavere. Enhedsomkostningerne ved balleteringen er således lavere end sorteringsomkostningerne, bl.a. begrundet i en bedre udnyttelse af ballepresse og bygninger m.m.

Det må formodes at et sådan anlæg vil prisdifferentiere gebyr for aflevering som afspejler de faktiske balleteringsomkostninger for papir og lader omkostninger til sortering blive dækket af de fraktioner der kræver sortering. De egentlige sorteringsomkostninger for de materialer der afleveres til sortering forventes her at ligge tæt på de omkostninger der er angivet under anlægseksempel 3B.

6.5 Oversigt –økonomi i forskellige tilførsler og anlægsstørrelser

6.5.1 Økonomisk hensigtsmæssige anlægsstørrelser

Ovenfor er en lang række kombinationer af genanvendelige materialer og affaldstyper tilført et centralt sorteringsanlæg beskrevet og prissat. Formålet har været at skabe en basis for vurdering af:

- hensigtsmæssige fleksible tekniske koncepter til modtagelse og sortering af forskellige genanvendelige materialer og affaldstyper
- hensigtsmæssige og cost effektive anlægsstørrelser med tilhørende oplande

I nedenstående Tabel 35 er resumeret overordnede resultater fra denne analyse, idet der er taget udgangspunkt i:

- materialer/affaldstyper leveret til anlæg
- teknisk koncept – funktioner på anlæg
- hvornår opnås stordrift økonomisk set
- relateret affaldsopland til økonomisk hensigtsmæssige anlægsstørrelser

Vurderinger omkring opnået stordrift bygger bruttoomkostningerne forbundet med etablering og drift af anlæggene. Værdi af afsatte genanvendelige materialer indgår ikke i dette regnestykke. Prissætning mm er udført for udvalgte kombinationer der tilsammen sikrer en bredde både hvad angår mængder og hvad angår materiale/affaldstyper tilført. Ud fra disse kombinationer vil det være muligt at foretage egne skøn og vurderinger omkring kombinationer af tilførte materialer, mængder og stordriftsovervejelser.

TABEL 35: HENSIGTSMÆSSIGE MINIMUMSSTØRRELSE FOR UNDERSØGTE ANLÆGSKONCEPTER

Anlægs eksempel	Materiale/affaldstype tilført sorteringsanlæg	Teknisk koncept	Nødvendig mængde for stordrift	Nødvendigt opland for stordrift ¹⁾
1A	Kildesorterede og kildeopdelte materialer fra dagrenovationen (karton, plast og metal).	Grovsortering og avanceret automatisk finsortering	Opnås ved 25-30.000 tons/år	Ca. 1.300.000 – 1.600.000 indbyggere
1B	Kildesorterede og kildeopdelte materialer (karton, plast, metal og glas) fra dagrenovationen og fra visse erhverv, stort plast fra GBP	Grovsortering og avanceret automatisk finsortering	Opnås ved 25-30.000 tons/år	700.000-800.000 indbyggere
1C	Som 1B - desuden kildesorteret papir fra papirordning og stort pap fra papordning/GBP	Grovsortering og avanceret automatisk finsortering. Balletering af ekstra papir/pap	Opnås ved 25-30.000 tons/år	700.000-800.000 indbyggere
2	Tørt restaffald fra dagrenovationen	Neddeling, grovsortering og avanceret automatisk finsortering	Opnås ved 100-150.000 tons/år	700.000-1.100.000 indbyggere
3A	Kildesorterede og kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen	Neddeling, grovsortering og avanceret automatisk	Opnås ved 100-120.000 tons/år	700.000-800.000 indbyggere

Anlægs eksempel	Materiale/affaldstype tilført sorteringsanlæg	Teknisk koncept	Nødvendig mængde for stordrift	Nødvendigt opland for stordrift ¹⁾
		finsortering		
3B	Kildesorterede og kildeopdelte materialer (karton, plast, metal og glas) og tørt restaffald fra dagrenovationen og fra visse erhverv samt stort plast og småt og stort brændbart fra GBP.	Neddeling, grovsortering og avanceret automatisk finsortering	Opnås ved 150.000 tons/år	Ca. 500.000 indbyggere
3C	Som 3B - desuden kildesorteret papir fra papirordning og stort pap fra papordning/GBP	Neddeling, grovsortering og avanceret automatisk finsortering. Balletering af ekstra papir/pap	Opnås ved 150.000 tons/år	Ca. 500.000 indbyggere

1) Opland omfatter også erhvervsvirksomheder i de eksempler hvor erhvervsaffald tilføres anlæggene

Følgende kan aflæses:

- Etablering af anlæg alene for kildeopdelte genanvendelige materialer som karton, plast og metal (anlægseksempel 1A) kræver relativt store oplande for at opnå den mest cost effektive drift. Årsagen hertil er, at disse genanvendelige materialer skal "skræbes sammen" fra en stor mængde kilder (husholdninger). Udvides materialefraktionen med glas samt andre kilder (GBP og erhverv) kan oplandet reduceres i størrelse og samtidig opnå stordrift – (anlægseksempel 1B og 1C).
- Ved tilførsel af ikke kildesorterede fraktioner som tørt restaffald fra dagrenovationen (anlægseksempel 2) opnås lidt hurtigere stordrift hvad angår oplandsstørrelse. Tilførslerne bliver større og sorteringsanlæggenes installationer udnyttes mere effektivt. Bruttoenhedsomkostningen for finsortering af kildeopdelte materialer vil være større end for finsortering af tørt restaffald. Dette vil i en konkret situation evt. blive inddraget ved beregning af en modtagepris for de forskellige fraktioner således at denne pris afspejler den egentlige omkostning knyttet til sortering af fraktionen. Dette ændrer dog ikke på at en mere effektiv udnyttelse af installeret udstyr vil billiggøre sorteringen.
- Tilførsel af både tørt restaffald fra husholdninger og småt/stort brændbart – gerne sammen med en vis mængde tørt affald fra erhverv giver anledning til at stordrift opnås ved det mindste opland. (anlægseksempel 3B). Mængderne af småt/stort brændbart og erhvervsaffald indenfor samme opland er dog ikke så store som tørt restaffald fra dagrenovationen fra samme størrelse opland.
- Tilførsel af papir og pap til balletering (anlægseksempler 1C og 3C) ændrer ikke mærkbart på hensigtsmæssig oplandsstørrelse, men giver generelt anledning til lavere gennemsnitlig enhedsomkostning for de to forskellige tilførsler. Altså under alle omstændigheder en fornuftig ekstra aktivitet på sorteringsanlægget (med mindre balletering kan udføres lige så billigt andet sted). Selve omkostningen til sortering ændres dog ikke mærkbart og man må regne med at differentierede modtagepriser for de forskellige ydelser (sortering og/eller balletering) vil blive anvendt på sådanne sorteringsanlæg.

Bemærk, at aspekter omkring transport ikke er indregnet. Dette kan føre til at hensigtsmæssig oplandsstørrelse opnås ved et færre antal indbyggere. Fjerntransport af affald i store lastvogntræk over f.eks 100 km kan meget vel koste i størrelsesorden 50 - 75 kr/ton. Hvis fjerntransport foretages i indsamlingsskøretøj vil fjerntransportomkostningen være væsentlig højere, måske ca. 150 kr/ton

ved en afstand på 50 km. En mindre transportudgift kan således opveje ekstra omkostninger ved etablering af et mindre sorteringsanlæg. Sådanne overvejelser må gøres i de konkrete tilfælde og under hensyntagen til lokale forhold og ønsker.

6.5.2 Omkostninger ved sortering af forskellige fraktioner

Bruttoomkostninger pr ton tilført materiale for finsortering af kildeopdelte materialer er meget forskellig fra f.eks. finsortering af tørt restffald. Årsagen hertil er at de i anlægget installerede maskinkomponenter dimensioneres primært efter affaldsvolumen (og ikke affaldets vægt). Materialer med lav rumvægt i indsamlet form som f.eks. plast vil således give lav kapacitet af installeret udstyr og dermed høj enhedsomkostning per behandlet ton materialer (men også høj indtægt pr ton input fra videresalg af udsorterede materialer til genanvendelse, hvilket kan medføre lavere gatefee). Blandede fraktioner som tørt restaffald har en noget højere rumvægt ved indsamling hvilket udløser en højere kapacitet og dermed en lavere enhedsomkostning. Der er naturligvis stor usikkerhed omkring sådanne generelle kapacitetsangivelser idet det installerede udstyr dimensioneres individuelt i forhold til det affald der forventes modtaget. Der henvises til anlægseksempel 3A hvor forskelle i kapaciteter er angivet.

Forskelle i omkostninger ved sortering på lette genanvendelige materialer som f.eks. blandet plast i forhold til sortering på tungere restaffald kan aflæses i bruttoøkonomien i anlægs eksempel 1A og anlægseksempel 2. I tillæg kan anlægseksempel 3A bidrage med konsekvenser af at sortere på begge fraktioner. I nedenstående Tabel 36 er fremdraget enhedsomkostningerne ved sortering på forskellige mængder af:

- Kildeopdelt karton, plast og metal (anlægseksempel 1A)
- Tørt restaffald (anlægseksempel 2)
- Begge dele (anlægseksempel 3A)

I tabellen er endvidere anført omkostningen pr. ton output materiale (gennemsnit for det samlede output til genanvendelse bestående af karton, plast og metal).

Sammenligningen kan laves fordi de to anlæg ved de i tabellen angivne mængder konceptuelt teknisk ligner hinanden meget. Dog er der forskelle på noget udstyr (neddelere og glassortering ekstra i anlægseksempel 2) og på bygningsvolumen i modtagelse og i afsætning. Forskellen i tallene afspejler dog den generelle forskel på sortering af meget lette materialer og på noget tungere restaffald – med de usikkerheder der naturligvis må være når fuldskalaanlæg for disse fraktioner ikke er bygget i Danmark.

TABEL 36: ENHEDSOMKOSTNINGER I BEREGNED E ANLÆGSEKSEMPLER VED INPUT MÆNGDER OG VED OUTPUT MÆNGDER (FAKTISK GENANVENDTE MÆNGDE)

Opland – antal indbyggere	Anlægseksempel 1A – Kildeopdelt karton, plast og meta				Anlægseksempel 2 – Tørt Restaffald				Anlægseksempel 3A – Kildeopdelt karton, plast og metal samt tørt restaffald			
	Leveret mængde kildeopdelt i tons/år	Enhedsomk ostninger for input mængde i kr/ton	Output mængde til genanvende lse i tons/år	Enhedsomk ostninger for output mængde i kr/ton	Leveret mængde kildeopdelt i tons/år	Enhedsomk ostninger for input i kr/ton	Output mængde til genanvende lse i tons/år	Enhedsomk ostninger for output mængde i kr/ton	Leveret mængde kildeopdelt i tons/år	Enhedsomk ostninger for input mængde i kr/ton	Output mængde til genanvende lse i tons/år	Enhedsomk ostninger for output mængde i kr/ton
300.000	5.500	3.004	4.842	3.412	43.000	419	2.999	6.008	48.500	416	7.841	2.573
500.000	9.200	1.893	8.100	2.150	71.700	268	5.000	3.843	80.900	271	13.100	1.674
700.000	12.900	1.416	11.358	1.608	100.400	203	7.001	2.911	113.300	208	18.359	1.284
1.100.000	20.300	1.065	17.873	1.210	157.800	159	11.004	2.280	178.100	221	28.877	1.363
2.200.000	40.800	670	35.922	761	315.600	153	22.008	2.194	356.400	175	57.930	1.077

Af tabellen kan aflæses bl.a. følgende:

- Enhedsomkostninger ved input er 4-7 gange lavere for sortering af tørt restaffald i forhold til sortering af kildeopdelt karton, plast og metal
- Enhedsomkostninger ved output er 2-3 gange højere for sortering af restaffald i forhold til sortering af kildeopdelt karton, plast og metal.
- Udfører man begge funktioner på sorteringsanlægget vil enhedsomkostninger ved både input og også output være forholdsmæssigt meget lavere ved de mindre oplande (300.000 -700.000 indb.) i forhold til et simpelt gennemsnit af de to typer anlæg opført separat. Ved større oplande haves en mindre fordel på i størrelsesorden 30% ved samdrift.

Ændringer i forudsætninger omkring især sorteringseffektivitet på sorteringsanlæg til tør rest vil reducere enhedsomkostningen for output fra dette anlæg og dermed gøre det mere attraktivt også at sortere på denne fraktion.

Det er ikke muligt på det foreliggende grundlag at beregne individuelle sorteringsomkostninger for de enkelte genanvendelige materialer. Som nævnt tidligere i kapitlet under anlægseksempel 1C, 3A og 3C er omkostningerne ved sortering på f.eks. kildeopdelte materialer og tørt restaffald forskellige på grund af forskelligheden i affaldets rumvægt og sammensætning. Det samme gælder for de enkelte genanvendelige materialefraktioner. Det må forventes at man ved drift af konkrete anlæg vil anlægge en prisdifferentiering for sortering på forskellige affalds- og materialefraktioner hvori indgår faktorer som rumvægt, sammensætning, mængde, og kvalitet herunder konkret indhold af genanvendelige materialer og af urenheder, samt af opnåelige salgspris for de udsorterede materialer til genanvendelse.

7. Samspil med øvrig affaldsbehandling - massestrømsbetragtninger

I foregående kapitel er alene medtaget overvejelser omkring brutto økonomien i selve det centrale sorteringsanlæg, der skal modtage forskellige udvalgte fraktioner fra husholdninger m.fl. Indsamling og anden form for behandling er ikke analyseret, idet dette ligger uden for dette projekts rammer. Øget genanvendelse via central sortering øver naturligvis indflydelse på hvordan resten af behandlingssystemet kan og skal indrettes for at nå fastsatte mål. Central sortering af forskellige materiale/affaldsstrømme kan have forskellige konsekvenser "nedstrøms" systemet samtidig med at det kan stille visse krav "opstrøms" i systemet. For at anskueliggøre sorteringsanlæggets samspil med det samlede affaldssystem, er nedenfor beskrevet overordnet "opstrøms" og "nedstrøms" konsekvenser af udvalgte komplette systemer, hvori indgår forskellige system flow/massestrømme der knytter sig til udvalgte anlægseksempler

Systemflow og anlægseksempler

- Et system-flow-A, hvor der indgår et sorteringsanlæg for **kildeopdelte materialer** fra dagrenovationen (svarende til anlægseksempel 1A)
- Et system-flow B, hvor der indgår et sorteringsanlæg for **kildeopdelte materialer samt for tørt restaffald fra dagrenovationen** (svarende til anlægseksempel 3A)
- Et system-flow C, hvor der indgår et sorteringsanlæg som i tillæg til kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen også modtager **udvalgte fraktioner fra genbrugspladser** (svarende til anlægseksempel 3B uden erhvervsaffald).

Der tages udgangspunkt i mål fastlagt i Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018 (Miljøstyrelsen, november 2013, høringsudgaven), som uddyber Ressourcestrategien "Danmark uden affald. Genanvend mere – forbrænd mindre" (Regeringen, oktober 2013). I dette ligger at der skal iværksættes aktiviteter, der sikrer øget genanvendelse af både de tørre genanvendelige materialer og den organiske fraktion fra husholdningerne for at nå det opstillede genanvendelsesmål for 2022 vedr. visse materialer fra husholdningsaffaldet. Ressourceplanen indeholder også mål for andre affaldsstrømme. Disse er dog ikke behandlet i nærværende projekt.

7.1 Opstrøms konsekvenser

Opstrøms konsekvenser omfatter primært aspekter knyttet til indsamling af genanvendelige materialer og affald i øvrigt samt behandlingen af dette affald på sorteringsanlægget.

Sorteringsanlæg for kildeopdelte materialer

De sorteringsanlæg der er medtaget i nærværende analyse og prissat, er i stand til at modtage flere forskellige strømme af genanvendelige materialer kildesorteret i husholdningerne og indsamlet

individuelt (separat) eller samlet (blandet med andre kildesorterede materialer). Følgende samspil haves mellem indsamling af disse materialer og sorteringsanlæggets funktion:

- Ved sortering på **kildesorteret (blandet) plast** fra dagrenovationen vil sorteringsanlægget primært skulle udnytte det sensorbaserede NIR infrarød separator og farvekamera til finsortering ud i individuelle plast polymerer (som PE, PP, PET m.fl.) og i forskellige farver. Der er dog brug for at anvende særlige sigteudstyr (ballistisk separator og vindsgigte) til at separere plastfolie (2D plast) fra den øvrige plast (3D plast). Der er også brug for at bruge sorteringsudstyr som tromlesigte, ballistisk separator, magnet og eddy current separator til at frasortere urenheder/fejlsorteringer før finsortering sker på NIR separatorerne/farvekameraet.
- Ved sortering på f.eks. **kildeopdelt blandet karton/plast/metal** fra dagrenovationen (primært emballager men også andre emner kan også være indeholdt) vil sorteringsanlægget skulle kunne åbne poser indeholdende disse materialer. Det vil endvidere udnytte alt det udstyr som er beskrevet under sortering på blandet plast. Afhængig af sorteringsvejledningen givet til borgerne kan vil det også kunne være nødvendigt at kunne åbne poser hvori f.eks. kildesorteret plastfolie er placeret.
- **Medtages glas** i de ovenfor nævnte blandede materialer vil sorteringsanlægget i tillæg have brug for ekstra udstyr til frasorteringen af glas. Dette ekstra udstyr vil bl.a. indeholde et farvekamera og vindsigte.

Sorteringsanlæg for tørt restaffald fra dagrenovationen (og erhverv)

Følgende samspil haves mellem indsamling af disse materialer og sorteringsanlæggets funktion:

- Der må ikke være organisk affald/materialer blandet sammen med det tørre restaffald. Mindre mængder i form af fejlsorteringer kan accepteres af udstyret i anlægget. Af arbejdsmiljøhensyn skal disse mængder begrænses mest muligt
- Ved sortering på en blandet fraktion bestående af tørt restaffald fra dagrenovationen vil sorteringsanlægget skulle kunne åbne poser indeholdende denne fraktion. Det vil også være nødvendigt at større emner i fraktionen neddeles inden sorteringen udføres. Installering af poseåbner og særlig neddeler er derfor nødvendig

Sorteringsanlæg for småt/stort brændbart og stort plast fra genbrugspladser.

Følgende samspil haves mellem indsamling af disse materialer og sorteringsanlæggets funktion:

- Ved sortering på stort plast fra genbrugspladser er det nødvendigt at installere en neddeler før sorteringen kan foregå med især udnyttelse af NIR infrarød separatorer til sortering ud i individuelle plastpolymerer.
- Der må ikke være organisk affald/materialer blandet sammen med småt brændbart. Mindre mængder i form af fejlsorteringer kan accepteres af udstyret i anlægget. Af arbejdsmiljøhensyn skal disse mængder begrænses mest muligt
- Ved sortering på småt brændbart som en meget blandet fraktion bestående af tørre materialer husholdningen (minder meget om tørt restaffald fra dagrenovationen) vil sorteringsanlægget skulle kunne neddele større emner i affaldet. Installering af neddeler er derfor nødvendig. Alle øvrige installationer i den øvrige del af anlægget vil bringes i anvendelse for at sikre størst mulig udsortering af de genanvendelige materialer fra småt brændbart.
- Ved sortering på stort brændbart, som indeholder meget træ, vinduer, døre og møbler vil det være helt nødvendigt at indlede behandlingen på sorteringsanlægget med en kraftig neddeling. Efter neddeling vil øvrigt udstyr, og her især magnet og eddy current separator, medvirke til udsortering af metal.

7.2 Nedstrøms konsekvenser

Nedstrøms konsekvenser vil især hænge sammen med ændrede massestrømme i det samlede system med øgede mængder til genanvendelse og mindre mængder til forbrænding. Affaldet til f.eks. forbrænding kan dog også ændre karakter.

Ved sortering på tørt restaffald samt småt og stort brændbart vil ikke genvendelige materialer være neddelt og homogeniseret og fremtræder som en "Forædlet Affalds Brændsel" fraktion med en mindre mængde plast, papir, pap og glas end den rå restaffalds fraktion. Dette kan øve indflydelse på brændværdi af det affald der tilføres forbrænding.

For at anskueliggøre de mængdemæssige konsekvenser er der nedenfor lavet en beregning af massestrømmene på et "eksempel opland" med ca. 500.000 indbyggere. (Oplandet svarer i praksis til oplandet for de 250.000 boliger der er benyttet i Miljøprojekt 1458, 2013) Det er valgt at anskueliggøre massestrømme på tre anlægseksempler beskrevet i kapitel 7. Anlægseksemplerne dækker 1A og 3A samt den del af 3B der omhandler tilførsler fra genbrugspladser. Erhvervsaffald er ikke medtaget idet massestrømsberegningen fokuserer på den målsætning der er stillet op i ressourcestrategien om 50% genanvendelse af affaldet fra husholdningerne.

Beregningerne benytter mængdedata og andre data om sorteringseffektiviteter hentet dels fra Miljøprojekt nr. 1458, "Miljø- og samfundsøkonomisk vurdering af muligheder for øget genanvendelse af papir, pap, plast, metal og organisk affald fra dagrenovationen", og dels fra Affald Plus.

7.2.1 System, Flow A: Massestrømme ved sorteringsanlæg der tilføres kildeopdelte materialer fra dagrenovationen – opland ca. 500.000 indbyggere – anlægseksempel 1A

Der betragtes et opland med 150.000 enfamilieboliger og 100.000 etageboliger, i alt 250.000 boliger og et indbyggerantal på ca. 500.000. I det opland¹² genereres følgende mængde dagrenovation fordelt på udvalgte materialefraktioner:

TABEL 37: MÆNGDE DAGRENOVATION (INCL. GENANVENDELIGE MATERIALER FRA DAGRENOVATIONEN) TONS/ÅR - OPLAND 250.000 BOLIGER

	Enfamiliehuse	Etageboliger	I alt
	ton/år	ton/år	ton/år
Papir	24.320	16.122	40.442
Pap og karton	3.783	2.751	6.534
Plastemballage	4.860	2.756	7.616
Andet plast	824	550	1.374
Glasemballage	5.638	3.308	8.946
Metalemballage	2.346	1.135	3.481
Andet metal	550	427	977
Organisk	45.373	21.807	67.180
Restaffald	20.234	12.244	32.478
I alt	107.928	61.100	169.028

Kilde: MST Miljøprojekt 1458, 2013.

I dette opland foregår indsamling og behandling af dagrenovationen efter følgende retningslinjer, idet det er forudsat, at organisk affald også indsamles ved kilden og behandles via bioforgasning.

¹² Et opland med 250.000 boliger har ofte lidt flere end 500.000 indbyggere. Da antal beboere pr.bolig varierer over landet er det valgt at benytte et indbyggerantal på 500.000 for nemmere at relatere mængdeberegningerne til anlægseksemplerne præsenteret i kapitel 7.

TABEL 38: HÅNDTERING AF DAGRENOVATIONEN I OPLANDET

Fraktion	Indsamling:	Behandling:
Pap/karton, plast og metal	Kildeopdeles og indsamles i blandet form via en henteordning	Sorteres på centralt anlæg i individuelle materialer/polymerer. Rejekt fra sortering tilføres forbrændingsanlæg
Organisk fraktion	kildesorteres og indsamles via en henteordning	Bioforgasses.
Glas og papir	kildesorteres og indsamles via en bringeordning (kuber)	Glas afleveres direkte på glassorteringsanlæg/glasværk Papir afleveres til papirgenvinder
Tørt restaffald	indsamles via en henteordning	Forbrændes

Ved indsamling og ved central sortering høves sorteringseffektiviteter, som vist i Tabel 39

TABEL 39: EFFEKTIVITETER I INDSAMLING OG CENTRAL SORTERING AF KILDEOPDELT OG AF TØRT RESTAFFALD

Fraktion	Indsamlingseffektivitet		Sorteringseffektivitet anlæg for kildeopdelt		Sorteringseffektivitet anlæg for tørt restaffald	
	Enfamilie bolig	Etagebolig	Enfamilie bolig	Etagebolig	Enfamilie bolig	Etagebolig
Papir	90 %	70 %	-	-	35 %	35 %
Karton og pap	60 %	50 %	85 %	85 %	50 %	50 %
Plastemballage	45 %	25 %	85 %	85 %	40 %	40 %
Andet af plast	30 %	15 %	85 %	85 %	40 %	40 %
Glas	72 %	72 %	95 %	95 %	40 %	40 %
Metalemballage	60 %	50 %	95 %	95 %	75 %	75 %
Andet af metal	50 %	40 %	95 %	95 %	75 %	75 %
Organisk	75 %	50 %	-	-	0 %	0 %
Rest	0 %	0 %	-	-	0 %	0 %

Kilde: Miljøprojekt 1458, 2013. Miljøstyrelsen

Med disse effektiviteter fås massestrøm i oplandet med ca. 500.000 indbyggere som vist i nedenstående Tabel 40 hvor man kan aflæse detaljeret følgende:

- Mængde genereret i husholdningen
- Mængde indsamlet til materialegenanvendelse, biobehandling (organisk fraktion + urenheder) og restmængde
- Mængde tilført central sortering, mængde genanvendt og mængde rejekt
- Mængdepapir tilført direkte til balletering/genanvendelse
- Mængde glas indsamlet og afhændet til glassortering/glasværk
- Restmængde tilført forbrænding, inkl. rejktmængder fra sortering og bioforbehandling

TABEL 40: MASSESTRØM VED CENTRAL SORTERING AF KILDEOPDELT FRA DAGRENOVATIONEN – OPLAND 500.000 INDBYGGERE – ANLÆGSEKSEMPEL 1A

Tons/år	Genereret dagreno	Indsamlet til GA	Indsamlet til bio beh.	Indsamlet til rest beh.	Central sortering input	Central sortering til GA	Central sortering reject	Balletering til GA	Afsat direkte til GA	Biobehandling	Forbrænding
Papir	40.442	33.173	1.415	5.853	0	0	0	33.173	0	1.415	5.853
Pap	6.534	3.645	229	2.660	3.645	3.099	547	0	0	229	3.207
Plast	8.990	3.206	267	5.518	3.206	2.725	481	0	0	267	5.999
Metal	4.458	2.421	122	1.915	2.421	2.300	121	0	0	122	2.036
Glas	8.946	6.441	313	2.192	0	0	0	0	6.441	313	2.192
Organisk	67.180	0	44.933	22.247	0	0	0	0	0	44.933	22.247
Rest	32.478	0	1.137	31.341	0	0	0	0	0	1.137	31.341
I alt	169.028	48.886	48.416	71.726	9.272	8.123	1.149	33.173	6.441	48.416	72.875

Note: svarer til scenarie 6 i Miljøprojekt 1458 (Miljøstyrelsen, 2013)

I Tabel 40 som alene dækker dagrenovation kan aflæses, at:

- Ud af 9.272 tons kildeopdelte materialer tilført det centrale sorteringsanlæg sendes 8.123 tons til genanvendelse (ud fra de givne forudsætninger om sorteringseffektivitet på det centrale sorteringsanlæg (svarende til 88% af det tilførte og ca. 5 % af den genererede mængde dagrenovation))
- Kildesorteret papir til genanvendelse udgør 33.173 tons (svarende til ca. 20 % af den genererede mængde dagrenovation)
- Kildesorteret glas til genanvendelse udgør 6.441 tons (svarende til ca. 4 % af den genererede mængde dagrenovation)
- Forbrændingseget affald til forbrænding udgør i alt 72.875 tons (svarende til ca. 38 % af den genererede mængde dagrenovation)
- Mængde tørre materialer tilført genanvendelse udgør i alt 47.738 tons (svarende til ca. 28 % af den genererede mængde dagrenovation). Dertil kommer genanvendelse af den organiske fraktion som giver ekstra ca. 29% genanvendelse. I alt således ca. 57 % tilført til genanvendelse.

Ved andre størrelser oplande kan tilsvarende mængder udregnes ud fra de ovenfor angivne procentvis fordelinger.

7.2.2 System Flow B: Massestrøm i opland med centralt sorteringsanlæg til kildeopdelte materialer og til tørt restaffald fra dagrenovationen – opland ca. 500.000 indbyggere – anlægseksempel 3A

I dette opland foregår indsamling og behandling af dagrenovationen efter følgende retningslinjer, idet det er forudsat, at organisk affald også indsamles ved kilden og behandles via bioforgasning.

TABEL 41: HÅNDTERING AF DAGRENOVATIONEN I OPLANDET

Fraktion	Indsamling:	Behandling:
Pap/karton, plast og metal	kildeopdeles og indsamles i blandet form via en henteordning	Sorteres på centralt anlæg i individuelle materialer/polymerer. Rejekt fra sortering tilføres forbrændingsanlæg
Organisk fraktion	kildesorteres og indsamles via en henteordning	Bioforgasses.
Glas og papir	kildesorteres og indsamles via en bringeordning (kuber)	Glas afleveres direkte på glassorteringsanlæg/glasværk Papir afleveres til papirgenvinder
Tørt restaffald	indsamles via en henteordning	Sorteres på centralt anlæg i individuelle materialer/polymerer. Rejekt fra sortering tilføres forbrændingsanlæg

Ved indsamling og ved central sortering antages samme sorteringseffektiviteter som i Tabel 39.

Med disse effektiviteter fås massestrøm i oplandet med ca. 500.000 indbyggere som vist i nedenstående tabel hvor man kan aflæse samme tal som nævnt ovenfor for Tabel 42

TABEL 42: MASSESTRØM VED CENTRAL SORTERING AF KILDEOPDELT PLUS TØRT RESTAFFALD FRA DAGRENOVATIONEN. OPLAND 500.000 INDBYGGERE

Tons/år	Genereret dagreno	Indsamlet til GA	Indsamlet til bio beh.	Indsamlet til rest beh.	Central sortering tør rest, input	Central sortering tør rest til GA	Central sortering tør rest, reject	Central sortering kildeopdelt input	Central sortering kildeopdelt til GA	Central sortering kildeopdelt reject	Balletering til GA	Direkte afsat til GA	Biobehandling	Forbrænding
Papir	40.442	33.173	1.415	5.853	5.853	2.049	3.805	0	0	0	33.173	0	1.415	3.805
Pap	6.534	3.645	229	2.660	2.660	1.330	1.330	3.645	3.099	547	0	0	229	1.877
Plast	8.990	3.206	267	5.518	5.518	2.207	3.311	3.206	2.725	481	0	0	267	3.791
Metal	4.458	2.421	122	1.915	1.915	1.436	479	2.421	2.300	121	0	0	122	600
Glas	8.946	6.441	313	2.192	2.192	877	1.315	0	0	0	0	6.441	313	1.315
Organisk	67.180	0	44.933	22.247	22.247	0	22.247	0	0	0	0	0	44.933	22.247
Rest	32.478	0	1.137	31.341	31.341	0	31.341	0	0	0	0	0	1.137	31.341
I alt	169.028	48.886	48.416	71.726	71.726	7.899	63.827	9.272	8.123	1.149	33.173	6.441	48.416	64.976

Note: svarer til scenarie 5A i Miljøprojekt 1458 (Miljøstyrelsen, 2013)

I Tabel 42 som alene dækker dagrenovation kan aflæses at:

- Ud af 71.726 tons tørt restaffald tilført det centrale sorteringsanlæg sendes 7.899 tons til genanvendelse (ud fra de givne forudsætninger om sorteringseffektivitet på det centrale sorteringsanlæg (svarer til 11% af det tilførte og 5 % af den genererede mængde dagrenovation))
- Ud af 9.272 tons kildeopdelte materialer tilført det centrale sorteringsanlæg sendes 8.123 tons til genanvendelse (ud fra de givne forudsætninger om sorteringseffektivitet på det centrale sorteringsanlæg (svarer til 88% af det tilførte og 5 % af den genererede mængde dagrenovation))
- Kildesorteret papir til genanvendelse udgør 33.173 tons (svarer til 20 % af den genererede mængde dagrenovation)
- Kildesorteret glas til genanvendelse udgør 6.441 tons (svarer til 4 % af den genererede mængde dagrenovation)
- Forbrændingsegnet affald til forbrænding udgør i alt 64.976 tons (svarer til 38 % af den genererede mængde dagrenovation)
- Mængde tørre materialer tilført genanvendelse udgør i alt 55.637 tons (svarer til 33 % af den genererede mængde dagrenovation). Dertil kommer genanvendelse af den organiske fraktion som giver ekstra 29 % genanvendelse. I alt således ca. 61% tilført til genanvendelse ud af dagrenovationsmængden.

Ved andre størrelser oplande kan tilsvarende mængder udregnes ud fra de ovenfor angivne procentvis fordelinger.

7.2.3 System Flow C: Massestrøm i opland med centralt sorteringsanlæg til kildeopdelte materialer og til tørt restaffald fra dagrenovationen og til småt og stort brændbart og stort plast og pap fra genbrugspladser – opland ca. 500.000 indbyggere. Anlægseksempel 3B uden erhvervsaffald.

I dette opland foregår indsamling og behandling af dagrenovationen og visse fraktioner fra genbrugspladsen efter følgende retningslinjer, idet det er forudsat, at organisk affald også indsamles ved kilden og behandles ved bioforgasning.

TABEL 43: HÅNDTERING AF DAGRENOVATIONEN I OPLANDET 1)

Fraktion	Indsamling:	Behandling:
Pap/karton, plast/metal og glas	kildesorteres og indsamles i blandet form via en henteordning	Sorteres på centralt anlæg i individuelle materialer/polymerer. Rejekt fra sortering tilføres forbrændingsanlæg
Organisk fraktion	kildesorteres og indsamles via en henteordning	Bioforgasses.
Tørt restaffald	indsamles via en henteordning	Sorteres på centralt anlæg i individuelle materialer/polymerer. Rejekt fra sortering tilføres forbrændingsanlæg

1)Er identisk med håndtering af dagrenovationen beskrevet i afsnit 7.2.2 bortset fra, at glas nu indsamles sammen med karton/plast og metal via en henteordning

TABEL 44: HÅNDTERING AF SMÅRT/STORT BRÆNDBART OG STORT PLAST/PAP FRA GENBRUGSPLADSER I OPLANDET

Fraktion	Indsamling:	Behandling:
Småt brændbart	Afleveres på genbrugsplads	Sorteres på centralt anlæg i individuelle materialer/polymerer. Rejekt fra sortering tilføres forbrændingsanlæg
Stort brændbart	Afleveres på genbrugsplads	Neddeles og sorteres på centralt anlæg (især træ, metal og andet). Rejekt fra sortering tilføres forbrændingsanlæg
Stort plast	Afleveres på genbrugsplads	Sorteres på centralt anlæg i individuelle plast polymerer.
Stort pap	Afleveres på genbrugsplads	Balleteres direkte

Materiale flow på affald og materialer frq GBP/storskraldsordninger.

Af hensyn til overskueligheden er her i Tabel 45 angivet separate massestrømsdata for materialer fra GBP/storskraldsordninger. I tabellen kan aflæses:

- Mængde afleveret på genbrugspladsen fra husholdninger af småt brændbart, stort brændbart, stort plast og stort pap.
- Mængde tilført central sortering og mængde udsorteret til genanvendelse
- Mængde pap tilført direkte til balletering/genanvendelse
- I alt mængde til genanvendelse
- Restmængde tilført forbrænding, inkl. rejktmængder fra sortering

Beregning af mængder genanvendelige materialer udsorteret fra de anførte fraktioner og mængder bygger på samme antagelser om sorteringseffektiviteter på det centrale sorteringsanlæg som gjort ovenfor i system flow A og B. Mængder er opskaleret fra ca. tal modtaget fra Affald Plus havende et opland på tæt på 300.000 indbyggere. Mængderne i den viste tabel er ikke afrundede på grund af denne opskalering.

TABEL 45: MASSESTRØM VED CENTRAL SORTERING AF STORT AFFALD FRA GBP OG STORSKRALDSORDNINGER OPLAND 500.000 INDBYGGERE

Fraktion	Fra genbrugspladser/storskraldsordninger				Tilført central sortering	Central sortering til afsætning	Til direkte afsætning	I alt afsætning	Til forbrænding
	Småt BB	Stort BB	Stort Plast	Stort pap					
	Ton/år	Ton/år	Ton/år	Ton/år	Ton/år	Ton/år	Ton/år	Ton/år	Ton/år
Papir	1.909	-	-	-	1.909	668	-	668	1.241
Pap	1.044	-	-	1.845	1.044	522	1.845	2.367	522
Plast (stort-småt)	1.120	-	312	-	1.432	682	-	682	750
Havemøbler	-	-	215	-	215	161	-	161	54
Glas	-	493	-	-	493	197	-	197	296
Metal	153	493	-	-	646	485	-	485	162
Organisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Træ, rent	1.976	9.867	-	-	11.842	9.867	-	9.867	1.976
Træ, malet	2.963	12.333	-	-	15.297	-	-	-	15.297
Restaffald	14.027	1.480	-	-	15.507	-	-	-	15.507
I alt	23.192	24.667	527	1.845	48.385	12.582	1.845	14.427	35.804

Kilde: Data fra Affald Plus opskaleret til opland på 500.000 indbyggere

I Tabel 45 som alene dækker udvalgte dele af GBP affald og storskrald kan aflæses at:

- Ud af 50.230 tons fra genbrugspladsen tilføres 29% til genanvendelse.
- Der tilføres det centrale sorteringsanlæg 48.385 tons til sortering. Af denne mængde udsorteres ca. 12.600 tons til genanvendelse (ud fra de givne forudsætninger om sorteringseffektivitet på det centrale sorteringsanlæg) svarende til 26% af mængden tilført sorteringsanlægget. Mængde træ genanvendt udgør ca 2/3 af den genanvendte mængde.
- I tillæg genanvendes 1.845 tons pap svarende til 4% af tilført mængde
- Mængde affald/materialer tilført forbrænding udgør 71% af mængde leveret på genbrugspladsen for de nævnte fraktioner.

Det skal noteres at en stor del af de ovenfor nævnte materialer, der afsættes til genanvendelse allerede i dag bliver genanvendt. Det drejer sig her om stort plast, stort pap og en stor del af det rene træ. På genbrugspladserne udsorteres affaldsfraktionen Jern & metal (kommunejern) allerede af borgerne til genanvendelse, og hvis dette indregnes, kan mængden tilført til genanvendelse blive (3 til 5 procentpoint) højere.

Ved andre størrelser oplande kan tilsvarende mængder udregnes ud fra de ovenfor angive procentvise fordelinger.

Materialeflow på alle tilførte fraktioner under System Flow C

Ved indsamling og ved central sortering haves i dette tilfælde de samme effektiviteter som nævnt i Tabel 39. Med disse effektiviteter fås massestrøm i oplandet med ca. 500.000 indbyggere som vist i nedenstående tabel hvor man kan aflæse detaljeret følgende:

- Mængde dagrenovation genereret i husholdningen
- Mængde afleveret på genbrugspladsen fra husholdninger af småt brændbart, stort brændbart, stort plast og stort pap.
- Mængde kildeopdelt fra dagrenovationen (karton(plast/metal/glas) tilført central sortering,
- Mængde tør rest fra dagrenovationen og mængde småt/stort brændbart tilført central sortering (træ fra GBP indgår heri)
- Mængde genanvendelige materialer udsorteret på central sortering
- Mængde indsamlet til materialegenanvendelse, biobehandling (organisk fraktion + urenheder) og restmængde fra dagrenovationen
- Mængde papirog pap tilført direkte til balletering/genanvendelse
- Samlet mængde tørre materialer genanvendt
- Mængde organisk mm tilført biobehandling

- Restmængde tilført forbrænding, inkl. rejktmængder fra sortering

TABEL 46: MASSESTRØM VED CENTRAL SORTERING AF KILDEOPDELT PLUS TØRT RESTAFFALD FRA DAGRENOVATION OG GENBRUGSPADS - OPLAND 500.000 INDB.

Fraktion	Genereret			I alt	I alt sortering kildeopdelt	I alt sortering restaffald	I alt sorteringsanlæg	I alt GA fra sorteringsanlæg	Balleter ring til GA	I alt genanvendt	Biobehandling	Forbrænding
Papir	40.442	1.909		42.351	-	7.762	7.762	2.717	33.173	35.890		5.046
Pap	6.534	2.889		9.423	3.645	3.704	7.349	4.950	1.845	6.795		2.399
Plast	8.990	1.647		10.637	3.732	6.638	10.370	5.775		5.775		4.595
Metal	4.458	646		5.104	2.421	2.561	4.982	4.221		4.221		761
Glas	8.946	493		9.439	6.441	2.685	9.126	7.193		7.193		1.933
Organisk	67.180	-		67.180	-	22.247	22.247	-		-	48.416	22.247
Rest	32.478	15.507		47.985	-	46.849	46.849			-		46.849
Træ	-	27.139		27.139		27.139	27.139	9.867		9.867		17.272
I alt	169.028	50.230		219.258	16.240	119.585	135.824	34.723	35.018	69.741	48.416	101.102

I Tabel 46 som dækker alle omhandlede strømme under System Flow C kan aflæses at:

- Ud af i alt 219.258 tons affald (dagrenovation og småt/stort brændbart fra genbrugspladser) tilføres det centrale sorteringsanlæg 135.824. Af denne mængde udsorteres 34.723 tons til genanvendelse svarende til 26% af mængde tilført sorteringsanlægget og til 16% af den genererede mængde dagrenovation og den tilførte mængde til genbrugspladser.
- Af de i alt 34.723 tons udsorteret til genanvendelse stammer 20.481 tons fra tør rest sortering (hvoraf de 9.867 tons udgøres af træ fra genbrugspladser).
- Kildesorteret papir og pap til genanvendelse udgør 35.018 tons (svarer til 16 % af den genererede mængde dagrenovation og tørre genbrugspladsaffald)
- Forbrændingseget affald til forbrænding udgør i alt 102.390 tons (svarer til 47 % af den genererede mængde dagrenovation og tørre genbrugspladsaffald). Mængde tørre materialer tilført genanvendelse udgør i alt 69.741 tons (svarer til 32 % af den genererede mængde dagrenovation og tørt genbrugspladsaffald). Dertil kommer genanvendelse af den organiske fraktion som giver ekstra 22% genanvendelse. I alt således ca. 54% tilført til genanvendelse ud af den samlede mængde dagrenovation og tørt genbrugspladsaffald.

7.3 Oversigt over massestrømme ved forskellige tiltag omkring central sortering

Baseret på massestrømsberegninger på de tre eksempler på anlæg beskrevet ovenfor er udformet en oversigt der anskueliggør konsekvenserne af de forskellige kildesorteringsmæssige og central sorteringsmæssige tiltag i eksemplerne. Der er taget udgangspunkt i et samlet håndteringssystem for dagrenovation og de fraktioner fra genbrugspladserne der indgår i det betragtede system (småt og stort brændbart, stort pap og stort plast). I forhold til beregning af opnået genanvendelsesgrad (jfr. beregningsmetoden i Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018, bilag 5, Miljøstyrelsen, november 2013, høringsudgaven) er følgende fraktioner ikke medtaget i oversigten:

- Organisk fraktion
- Stort metal fra genbrugsplads (dvs. Kommunejernet)

Den samlede mængde genereret i et opland på 500.000 indbyggerer er i størrelsesorden 219.000 tons/år. Af denne mængde udgør dagrenovationen ca. 169.000 tons/år og genbrugspladsaffaldet udgør ca. 50.000 tons/år. Baseret på de ovenfor beskrevne forudsætninger og resultater fra massestrømsberegningerne kan en samlet oversigt over den mængde der går til reel genanvendelse (ikke indsamlet til genanvendelse) se ud som vist i nedenstående Tabel 47.

TABEL 47: MÆNGDE FAKTISK GENANVENDELTE MATERIALER VED FORSKELLIGE SYSTEM-FLOW OG TILHØRENDE ANLÆGSEKSEMPLER - DOG MEDREGNES GENANVENDELSE AF GENBRUGSPLADSENS AFFALDSFRAKTION 'JERN OG METAL' (KOMMUNEJERN) IKKE. ENDVIDERE INDGÅR IKKE GENANVENDELSE AF ORGANISK AFFALD.

Anlægstype	Total mængde i system	Mængde genanvendt											
		Fra dagrenovation						Fra genbrugsplads				Mængde i alt	
		kildesorteret		kildeopdelt		tør rest		kildesorteret		tør rest/rent træ			
	tons	tons	%	tons	%	tons	%	tons	%		%	tons	%
Affaldsflow A - Kildeopdelt dagrenovation til anlægstype 1A	219.258	39.615	18%	8.123	4%	0	0%	2372	1%	0	0%	50.109	23%
Affaldsflow B - Kildeopdelt og tør rest fra dagrenovation (anlægstype 3A)	219.258	39.615	18%	8.123	4%	7.899	4%	2372	1%	0	0%	58.008	26%
Affaldsflow C - Kildeopdelt og tør rest fra dagrenovation og genbrugsplads (anlægstype 3B ekskl. erhvervsaffald)	219.258	33.173	15%	14.242	6%	7.899	4%	1845	1%	12582	6%	69.741	32%

Note: medregnes også genanvendelse af organisk affald fra dagrenovation og genbrugspladsens Jern og metal kan den opnåede faktiske genanvendelse blive 25-27 procentpoint højere i de tre system-flows.

Tallene i tabellen anskueliggør overordnet set konsekvenserne ved forskellige tiltag i relation til genanvendelse af tørre materialer. Tallene er naturligvis behæftet med en vis usikkerhed og kan alene give et indtryk af hvilken størrelsesorden de enkelte tiltag kan bidrag med. Af tabellen kan aflæses – med de usikkerheder der er indbygget omkring både mængder og sorteringseffektiviteter i indsamlingen og i den centrale sortering – hvilke tiltag der bidrager mest til øget genanvendelse af forskellige materialer og fraktioner. Det understeges, at tallene præsenteret i Tabel 45 ikke indeholder alle de genanvendelige materialer der – set i relation til ressourcestrategiens mål på 50% genanvendelse - kan medtages når man beregner den samlede procent genanvendte mængde fra husholdningerne. Bidraget fra genanvendelse af den organiske fraktion kan eksempelvis blive i størrelsesorden 15-25%. I dette regnestykke udgør den organiske fraktion 22%. Bidrag fra stort metal afleveret på genbrugspladsen kan derudover bidrage med i størrelsesorden 3-5%.

8. Perspektivering

8.1 Perspektivering ud fra behov for ny infrastruktur til central sortering og opnåelse af øget genanvendelse

8.1.1 Generelt

Ressourcestrategien for affaldshåndtering indeholder en målsætning om genanvendelse af mindst 50% af følgende affaldsfraktioner fra husholdningers affald – organisk affald, papir, pap, glas, plast, metal og træaffald – indsamlet til genanvendelse. Metode for beregning af de 50% er angivet af Miljøstyrelsen i bilag 5 til Ressourceplan for affaldshåndtering 2013 – 2018 – høringsudkast november 2013). Det nuværende gennemsnitlige niveau for genanvendelse af affald fra husholdninger er ca. 22%. Flere analyser viser at dette mål alene kan nås ved en forøget indsats omkring genanvendelse af både tørre materialer og den organiske fraktion. En øget indsats for genanvendelse af tørre materialer kan foregå enten via

- udprægede kildesorteringsordninger hvor de kildesorterede materialer fra dagrenovationen efterfølgende afsættes direkte til private genvindingsfirmaer, eller via
- kildeopdelingsordninger hvor flere kildesorterede materialer fra dagrenovationen indsamles sammen med efterfølgende finsortering af de enkelte materialetyper på et avanceret automatisk sorteringsanlæg
- Endelig kan restaffald i tør form fra dagrenovationen og fra genbrugspladsernes småt og stort brændbar fraktioner tilføres et avanceret automatisk sorteringsanlæg til udsortering af genanvendelige fraktioner.

Det må forventes at kommunerne som ansvarlige for affaldshåndteringen (i samarbejde med de fælleskommunale affaldsselskaber) etablerer forskellige slags ordninger for indsamling (og senere behandling) af de genanvendelige materialer. Kommunale ønsker og præferencer er styrende herfor. I Miljøprojekt 1458, 2013 beskrives forskellige kombinationer af løsninger med kildesortering/kildeopdeling/restaffaldssortering – med eller uden genanvendelse af den organiske fraktion. Der henvises til dette projekt vedr. økonomi og genanvendelsesgrader i de forskellige samlede løsninger, hvori også indsamling indgår.

Centrale avancerede automatiske sorteringsanlæg kan som beskrevet i de tidligere kapitler bidrage til øget genanvendelse af højkvalitets sekundære råmaterialer. Dette kan ske på forskellig vis og med forskellige økonomiske konsekvenser. En række karakteristika kan udledes fra data fremlagt i tidligere kapitler. Disse er bl.a.:

- de forskellige teknologier til sortering er meget robuste og i stand til at sortere på både enkelt og multi fraktionsblandinger med gode resultater, forudsat at disse blandinger ikke indeholder organiske materialer i større omfang.
- mængde og kvalitet af outputs fra sorteringsanlæggene afhænger af kvalitet af inputmaterialer og grad af sammenblanding ved levering til sorteringsanlægget. Jo færre uønskede ikke genanvendelige materialer i input, jo højere udsorteringsgrad (og dermed mindre tab i sorteringen). Dette gælder både indhold af uønskede tørre materialer i den kildesorterede og kildeopdelte fraktion og især af indhold af organiske materialer i restaffaldet.
- effektiv udnyttelse af installeret sorteringsudstyr bidrager væsentligt til cost effektiv drift. Bedst økonomi opnås maksimal udnyttelse af én fuldt udbygget sorteringslinje. Ved yderligere tilførsler med tilhørende behov for installering af en parallel sorteringslinje nr. 2 opnås først god økonomi når denne linje er effektivt udnyttet

- effektiv udnyttelse af sorteringsudstyr kan opnås ved at "fylde op" med tilførsler af forskellige slags materialer/fraktioner/affaldstyper fra forskellige kilder som husholdninger (dagrenovation), genbrugspladser og erhvervsvirksomheder.

Ud fra ovennævnte karakteristika og resultater fra de økonomiske beregninger præsenteret i kapitel 6 kan der anlægges nogle vurderinger af hvor mange sorteringsanlæg, der er plads til i Danmark, når der tages hensyn til cost effektiv drift og til tilførsler af forskellige slags materialer/fraktioner/affald.

Der er i første omgang ikke indregnet den eksisterende kapacitet til finsortering, som findes hos Dansk Affald, DK Råstoffer og NOMI4S.

8.1.2 Behov for anlæg til sortering af kildeopdelte genanvendelige materialer fra husholdninger og erhverv

Sådanne anlæg er prissat ud fra modtagelse alene af kildesorterede/kildeopdelte materialer dels fra husholdninger og dels fra visse erhvervsvirksomheder. De prissatte anlæg dækker anlægseksemplerne 1A, 1B og 1C beskrevet i kapitel 6.2.

Resultater fra økonomiberegninger viser at cost effektiv drift opnås ved lidt forskellige anlægskapaciteter afhængig af, hvilke kildeopdelte materialer der tilføres og hvorfra disse stammer. Ved tilførsel af kildeopdelte materialer i form af karton, plast og metal fra husholdningerne alene opnås dette ved en tilførsel på i størrelsesorden 25-30.000 tons/år. Dette svarer til et affaldsopland på 1.300.000 – 1.600.000 indbyggere. Tilføres også glas samt samme slags materialer fra genbrugspladser og fra visse erhvervsvirksomheder opnås cost effektiv drift ved en tilførsel fra et affaldsopland på ca 700.000 - 800.000 indbyggere inkl. erhvervsvirksomhederne i dette opland.

Ifald den samlede mængde kildeopdelte materialer i Danmark skulle tilføres sådanne anlæg, under samtidig opnåelse af cost effektiv drift, ville det give anledning til etablering af

- 3 til 4 anlæg for kildesorterede/kildeopdelte materialer i form af karton, plast og metal indsamlet fra husholdninger
- 7 til 8 anlæg med flere kildesorterede/kildeopdelte materialer (glas og papir) fra flere kilder (indsamlet fra husholdninger, fra genbrugspladser og fra visse erhvervsvirksomheder)

Særlige lokale forhold og medtagelse af omkostninger til transport ville evt. give anledning til det fordelagtige i at etablere færre eller flere anlæg.

F.eks. skønnes det hensigtsmæssigt at der etableres maksimalt 2 anlæg øst for Storebælt. Det gælder for begge typer anlæg. Dette kunne være ét anlæg placeret indenfor Region Hovedstaden og ét anlæg placeret indenfor Region Sjælland, dækkende til sammen i alt 2,6 mio indbyggere.

Vest for Storebælt vil der være behov for mellem 2 til 5 anlæg for at dække de mulige tilførsler fra dette område. Antal afhænger naturligvis af typen af anlæg. Der gøres her opmærksom på at der allerede nu findes en vis kapacitet til netop at sortere på de kildeopdelte genanvendelige materialer. Denne kapacitet findes hos Dansk Affald i Vojens. Der findes ligeledes en kapacitet hos DK Råstoffer i Fredericia, som dog alene er etableret for at modtage blandet hård plast. NOMI4S i Holstebro har endvidere kapacitet til at sortere småt metal sammen med plast. Endelig er der planlagt kapacitet til sortering i Vejle. De nøjagtige fremtidige kapaciteter for disse anlæg er ikke kendt, hvorfor det ikke er muligt at skønne hvor stor en andel af sorteringsbehovet der kan dækkes af disse eksisterende og planlagte anlæg. Et groft skøn tilsiger dog behov for at etablere endnu nogle sorteringsanlæg (1 til 3 stk af nævnte typer) vest for Storebælt for at sikre en geografisk hensigtsmæssig spredning af kapaciteten og dermed sikre lavest mulige transportomkostninger.

8.1.3 Behov for anlæg til sortering af kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen og fra erhverv samt stort plast og småt og stort brændbart fra genbrugspladser.

Sådanne anlæg er prissat ud fra modtagelse af kildesorterede/kildeopdelte materialer dels fra husholdninger og dels fra visse erhvervsvirksomheder samt tørt restaffald fra dagrenovationen og erhverv og småt/stort brændbart og plast fra genbrugsstationer

De prissatte anlæg dækker anlægseksemplerne 3A, 3B og 3C beskrevet i kapitel 6.4.

Resultater fra økonomiberegninger viser, at cost effektiv drift opnås ved lidt forskellige anlægskapaciteter afhængig af hvilke typer materialer/affald, der tilføres. Ved tilførsel af kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen opnås dette ved en tilførsel på i størrelsesorden 100.000-120.000 tons/år. Dette svarer til et affaldsopland på 700.000 – 800.000 indbyggere. Tilføres også tørt affald fra visse erhvervsvirksomheder samt småt og stort brændbart samt stort plast fra genbrugspladser opnås cost effektiv drift ved en tilførsel på i størrelsesorden 150.000 tons/år. Dette svarer til et affaldsopland på ca 500.000 indbyggere (for anlæg der også modtager fra visse erhvervsvirksomheder er disse i et vist omfang også indeholdt i oplandet).

Ifald den samlede mængde kildeopdelte materialer og tørt restaffald i Danmark skulle tilføres sådanne anlæg, under samtidig opnåelse af cost effektiv drift, ville det give anledning til etablering af:

- 7 til 8 anlæg for kildesorterede/kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen og
- 10 til 11 anlæg kildesorterede/kildeopdelte materialer og tørt restaffald fra dagrenovationen og tørt affald fra visse erhvervsvirksomheder samt småt og stort brændbart samt plast fra genbrugspladser

Særlige lokale forhold og medtagelse af omkostninger til transport ville evt. give anledning til det fordelagtige i at etablere færre eller flere anlæg.

F.eks. kan koncentrationen af befolkning og virksomheder i Hovedstadsregionen tilsige etablering af færre men større anlæg. Man skal her dog tage hensyn til at optimere anlæggstørrelse ud fra opfyldning af én eller to sorteringslinjer og ikke bygge et anlæg, som kun udnytter det installerede udstyr delvist. Det anses for hensigtsmæssigt ud fra et stordriftssynspunkt at etablere minimum to sorteringsanlæg for disse materialer/affaldstyper øst for Storebælt.

Vest for Storebælt vil der være behov for 4 til 6 anlæg for at dække de mulige tilførsler fra dette område. Der gøres også her opmærksom på at der allerede nu findes en vis kapacitet til at sortere på de kildeopdelte genanvendelige materialer. Men der er ingen eksisterende kapacitet til at sortere på restaffald o.lign. De nøjagtige fremtidige muligheder og kapaciteter for disse anlæg er ikke kendt, hvorfor det ikke er muligt at skønne hvor stor en andel af sorteringsbehovet der kan dækkes af disse eksisterende og planlagte anlæg. Et groft skøn tilsiger dog behov for at etablere endnu 4 til 5 sorteringsanlæg vest for Storebælt. Nærmere placering er vanskelig at angive og vil kræve nærmere analyser af planer om eksisterende/planlagte anlæg, ønsker om tekniske og organisatoriske løsninger inddragende også omkostninger forbundet med transport.

Der gøres opmærksom på at økonomiberegninger præsenteret i nærværende rapport alene indeholder omkostninger forbundet med etablering og daglig drift af de prissatte anlæg. Beregningerne indeholder ikke diverse omkostninger til f.eks. byggerenter, afkast til ejere, risikodækning og lignende. Ligeledes er ikke indholdt værdien af de finsorterede materialer ved salg til genvindingsindustrien.

8.1.4 Opnåelse af øget genanvendelse

Øget genanvendelse af tørre materialer kan opnås via højere indsamlingseffektiviteter på materialer, der allerede indsamles. Det kan også ske ved at udsortere flere nye materialer til genanvendelse (f.eks. småt plast og småt metal fra dagrenovationen). Det kan endeligt også ske ved

at sortere på den tørre restfraktion fra dagrenovationen og fra genbrugspladserne der i øjeblikket tilføres forbrændingsanlæg. Alle disse tiltag kan bidrage til at opnå en øget genanvendelse og nå det fastsatte mål. I forhold til en effektiv papir og glas genanvendelse bidrager central sortering af følgende materialer/fraktioner med mindre, men vigtige bidrag til en øget genanvendelse:

- Kildesorteret/kildeopdelt karton, plast og metal fra dagrenovationen – bidrager med ca. 4%
- tør rest fra dagrenovation – bidrager med ca. 4%
- småt/stort brændbart incl. rent træ og stort plast – bidrager med ca. 6%

Lægges alle disse bidrag sammen fås i alt 14% ekstra genanvendelse. Bidraget fra sortering af småt og stort brændbart er størst. Indeholder dog et stort bidrag fra genanvendelse af rent træ som i nogen udstrækning kan finde sted uden etablering af et centralt sorteringsanlæg. Perspektivet i central sortering er dog under alle omstændigheder at et sådan anlæg kan trække de evt. yderlige mængder af genanvendelige materialer (f.eks. metal og plast fra borde, stole, madrasser mv i stort brændbart osv) ud for derved at opfylde det fastsatte genanvendelsesmål. Erfaringer fra flere kommuner siger også at etablering af indsamlingsordninger for nye materialer kan anspore borgerne til at øge indsamlingseffektiviteten for alle genanvendelige materialer.

8.2 Perspektivering ud fra kvalitet som funktion af krav til input

De materialekvaliteter, et mekanisk sorteringsanlæg kan producere, afhænger i en vis grad/høj grad af kvaliteten af de tilførte materialer/affaldsfraktioner. Forurenede materialer risikerer at forurene i øvrigt rene materialer ved behandlingen i sorteringsanlægget. Endvidere har kvaliteten af de tilførte materialer indflydelse på det arbejdsmiljø, der opstår på sorteringsanlægget.

Kvaliteten af de tilførte materialer til sorteringsanlæggene kan påvirkes på flere måder. Følgende faktorer har indflydelse på kvaliteten:

1. Affaldsproducenternes sortering ved kilden
2. Udformning af sorteringskriterier
3. Udformning af op- og indsamlingssystemer
4. Informationsmateriale

Ad 1 - Affaldsproducenternes sortering ved kilden

Kvaliteten af det tilførte materiale bestemmes først og fremmest af husholdningerne og erhverv/institutioners evne og vilje til at efterleve de sorteringskriterier, der knytter sig til de aktuelle materialefraktioner. Ved indførelse af indsamlingssystemer hos husholdninger skal det overvejes, om det samme indsamlingssystem/samme opdeling af materialer skal/kan indføres hos samtlige husstande i en kommune. F.eks. kan husholdninger i tæt storbybebyggelse muligvis ikke opdele i lige så mange fraktioner som husstande lokaliseret i parcelhusområder. Dette kan øve indflydelse på valg af et samlet system for indsamling og efterfølgende behandling/sortering.

Ad 2 – Udformning af sorteringskriterier

Udformningen af sorteringskriterierne kan have stor indflydelse på renheden af de indsamlede fraktioner. Entydige, logiske sorteringskriterier giver anledning til færre fejlsorteringer end mere komplicerede sorteringskriterier. Store begrænsninger i hvilke materialer der må kildesorteres øver indflydelse på den samlede ressourceeffektivitet af systemet (andel til genanvendelse).

Ad 3 - Udformning af op- og indsamlingssystemer

Udformningen af op- og indsamlingssystemerne og det dertil knyttede materiel kan have betydning for kvaliteten af de indsamlede materialer. Tilstrækkelig opsamlingskapacitet tilpasset de enkelte husstandstyper har betydning for den indsamlede kvalitet. Korrekt sortering i løbet af et indsamlingsinterval kan ødelægges af manglende kapacitet, når tømningstiden for beholdermateriale nærmer sig. Ligeledes har indsamlingsmateriellet indflydelse på kvaliteten. Indsamlingsmateriellet skal være driftssikkert på tømning af f.eks. flerkammerbeholdere, således at forurening/sammenblanding af udsorterede fraktioner undgås.

Ad 4 – Informationsmateriale

Udformning af informationsmateriale og informationsmedier skal tilpasses de enkelte grupper af affaldsproducenter. Budskabet i informationsmaterialet skal være enkelt udformet og uden for mange ”undtagelser”. Piktogrammer, øvrige grafiske afbildninger, flere sprog etc. skal overvejes ved udformning af informationsmateriale. Informationsmedier skal overvejes udvidet i forhold til tidligere anvendte traditionelle medier som husstandsomdelt materiale og hjemmesider. Her kan inddrages f.eks. sociale medier og apps.

8.3 Perspektivering ud fra danske leverandørvirksomheders muligheder og vækstpotentialer

Det vurderes at der ved etablering af en første version af et sorteringsanlæg i Danmark primært vil blive benyttet udenlandsk allerede udviklet teknologi eller delkomponenter. Nogle typer af udstyr som f.eks. neddelere vil kunne leveres af danske producenter. Nogle danske virksomheder vil kunne øge deres vækstpotentiale på eksportmarkedet som følge af etableringen af anlægget, såfremt de indgår som underleverandører til et dansk anlæg. Ved design og opførelsen af anlægget vil således kunne indgå danske rådgivere og entreprenører. Danske rådgivere vil herved opnå ekspertise til at projektere anlæg på andre markeder.

På sigt forventes det, at der udvikles teknologier til at minimere den manuelle sortering. Her har danske automatiserings- og robotvirksomheder en spidskompetence som beskrevet i afsnit 6.2.

Etablering af nye anlæg understøtter danske virksomheders muligheder for at teste og afprøve dansk udviklet sorteringsteknologi på nærmarkedet før eksport til resten af verdensmarkedet. Således kan anlæggene være en platform for videreudbygning med dansk produceret robotbaseret sorteringsteknologi til erstatning af manuelle sorteringstrin inden teknologien eksporteres til andre europæiske anlæg for at modernisere disse.

Udover arbejdspladser til designopførelse af anlæg, samt drift og salg af ny sorteringsteknologi, vil etablering af centrale sorteringsanlæg kunne øge mængden af arbejdspladser i industrier, der aftager materialerne.

I relation til beskæftigelse ved danske udviklere af sorteringsteknologi er det yderst vanskeligt at sætte tal på dette. Dette ville forudsætte, at der kan udvikles nye teknologier til f.eks. robotbaseret sortering hvilket pt. kun er i støbeskeen. Hvis en sådan udvikling lykkes er der imidlertid et stort internationalt marked for teknologierne. Danske virksomheder indenfor automatisering er typisk SMEer, som er kendetegnet ved stor omstillingsparathed, og der vurderes et vækstpotentiale på op til 50% eller mere.

I relation til etablering og drift af centrale sorteringsanlæg vil dette give anledning til beskæftigelse i både planlægning, bygnings- og driftsfasen. Den samlede beskæftigelsen i driftsfasen vil naturligvis afhænge antal og art af anlæg der bygges. Den vil også være afhængig af den driftsfilosofi der anlægges i relation til manuel kvalitetskontrol med tilhørende negativ sortering. Det skønnes, at den manuelle indsats på anlæg i drift i Danmark vil være mindre end anlæg andre steder i Europa. Antages bygget 4-6 anlæg i Danmark med god udnyttelse af den installerede kapacitet vil dette kunne give beskæftigelse til i størrelsesorden 100 – 150 personer ved drift af disse anlæg. Dertil kommer beskæftigelsen ved planlægning og bygning af anlæggene.

Referencer

- Affald Plus, april 2013. Central Sortering af dagrenovation og genanvendelige materialer – omkostningsanalyse.
- Arbejdsrapport nr.9 (2004) Nilsson,N.H., Malmgren-Hansen,B., Optimering af materialegenvinding af procesmaterialer af plast, Miljøstyrelsen
- B.Malmgren-Hansen (2013). Teknikker som er besigtiget ved kundeopgaver ved Teknologisk Institut 1996-2013.
- Danbørs A/S (2013) Personlig kommunikation
- Danfiber A/S (2013) Personlig kommunikationProduktspecifikationer fra DKR (2013) for Duales System Deutschland
- Dansk Affald, oktober 2013.
- DKR(2013) Deutsche Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft und Rohstoffe mbH
<http://www.dkr.de/en/downloads/specifications.html>
- Euwid (2013):Euwid Recycling and Waste Management volume 16, 2013
- End of Life Plastics (2013), "Sorting technologies for plastic waste", J. Beigbeder, Mining School of Ales, Frankrig
- Christian Fischer et.al (2011) ETC/SCP working paper on Green Economy and Recycling in Europe
- Greenwich MRF (2013) Beskrivelse af Greenwich Material Recovery Facility
<http://www.veoliaenvironmentalservices.co.uk/Documents/Publications/London/greenwich/veolia.html>
- Information fra leverandører af udstyr (2012-2013) i form af brochurer, info på hjemmesider samt personlig kommunikation:
- Stadler <http://www.stadler-engineering.com/>
 - Komptech www.komptech.com
 - IMT www.imt-separator.at
 - Nihot www.nihot.co.uk
 - Wagner Magnete <http://www.wagner-magnete.de/en/>
 - Steinert <http://www.steinertglobal.com/home/>
 - Walker Magnetics <http://www.walkermagnet.com/>
 - Eldan Recycling <http://www.eldan-recycling.com/>
 - Titech <http://tomra.com/en/solutions-and-products/sorting-solutions/recycling/sorting-equipment>
 - Redwave www.redwave.at
 - S+S <http://www.sesotec.com/en/home/>
 - MSS www.magsep.com
 - Pelenc <http://www.pellencst.com/en>
 - Picvisa <http://www.picvisa.com/>
 - Flottweg <http://www.flottweg.de/global/product-line/sorticanter/plastic-recycling.html>
 - TLT <http://www.tlt-recycling.de/>
 - Hamos www.hamos.com
 - Zenrobotics www.zenrobotics.com
 - Bollegraaf <http://www.bollegraaf.com/>
 - Unisensor <http://www.unisensor.de>
- IUT (2012) Information fra IngenieurGemeinschaft Innovative Umwelttechnik GmbH (IUT)
- IUT (2013) Information fra IngenieurGemeinschaft Innovative Umwelttechnik GmbH (IUT)
- Miljøprojekt 1020 (2005), Malmgren-Hansen,B. Nilsson,N.H. et al, Øget genanvendelseseffektivitet af kølemøbler, Miljøstyrelsen
- Miljøprojekt 731 (2002), Malmgren-Hansen,B. et al Genanvendelseseffektivitet af hvidblik- og stålemballer, Miljøstyrelsen
- Miljøprojekt 1260 (2008) Hansen, J., Møller Nielsen, E., Oparbejdning af metaller fra affaldsforbrændingsslagge, Miljøstyrelsen

Miljøprojekt 1458, 2013. Miljø- og samfundsøkonomisk vurdering af muligheder for øget genanvendelse af papir, pap plast, metal og organisk affald fra dagrenovation
Mogensen GmbH (2012) New glass processing plant in Sheffield
NOMI4S, oktober 2013
Nyhedsbrev oktober (2013) "Platypus springbræt til robotteknologi i affaldssektoren" RoboCluster
Professor Thomas Pretz (2013), Aachen Universitet, personlig kommunikation.
Remade Scotland (2006), Initial Business case for utilization of Automated Optical Paper Sorting Technology
Steinert (2013). Personlig kommunikation med Steinert/ Viggo Bendz
WRAP (2006), WRAP food grade HDPE Recycling Process: Commercial Feasibility Study
WRAP Technical report. (2010) NIR Infrared sorting of Household Plastic Packaging, October 2010.
WRAP final report. (2011) Development of NIR Detectable Black Plastic Packaging, September 2011.

Bilag 1 Begrebsforklaringer

Nedenstående tabel forklarer vigtige begreber, anvendt i rapporten

ABS	Akrylonitril-butadien-styren
Central sortering	Sortering af affald mm fra et affaldsopland (mindre eller større) på central lokalitet indenfor oplandet
Eddy current separation	Hvirvelstrømsseparation
Finsortering	Normalt sidste trin i sorteringen hvor grovsorterede fraktioner og blandede materialer finsorteres ud i individuelle materiale (f.eks. jern, aluminium og forskellige plast polymerer.
Genvindingsindustri	Industri der oparbejder finsorterede materialer til en ny råvare
GBP	Genbrugsplads
Grovsortering	Normalt første trin i sorteringen hvor der foregår en størrelsessortering og anden form for sortering efter f.eks. vægt og form
HDPE	High density polyethylen
JET/farvekamera	Sortering med trykluftdrevet dyse baseret på identifikation med farvesensor
JET/NIRseparation	Sortering med trykluftdrevet dyse baseret på identifikation med NIRsensor
JET/metaldetektor	Sortering med trykluftdrevet dyse baseret på identifikation med metaldetektor
JET/røntgen	Sortering med trykluftdrevet dyse baseret på identifikation med røntgensensor
Kildesortering	Adskillelse af affald i individuelle materialer (f.eks. papir, plast, metal) på produktionsstedet
Kildeopdeling	Adskillelse af affald i individuelle materialer (f.eks. papir, plast, metal) på produktionsstedet og placering af flere af disse i samme beholderrum før indsamling
KSP	Keramik, sten, porcelæn
LDPE	Low density polyethylen
MIR	Mid infrared
MRF	Material recover facility
Negativ sortering	Frasortering af uønskede komponenter
NIR	Near Infrared (Nærinfrarød)
Non Fe separation	Separation af metaller som ikke er ferromagnetiske
Oparbejdning	Forædling af finsorterede materialer til en sekundær råvare som industrien kan bruge som erstatning for en jomfruelig råvare (eller blande sammen med en sådan)
Overstørrelsesfraktion	Størrelse af emner større end hulstørrelsen i en sigte
PET	Polyethylenterephthalate
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylklorid
RDF	Refuse Derived Fuel = Forædlet affaldsbrændsel
Renhed	Renheden af materiale i fraført produktstrøm

Tørt restaffald	Affald fra husholdninger og erhverv hvor der ikke er iblandet organisk affald. Der kan dog være organiske fejlsorteringer og rester af væsker i emballager
Udbytte	andelen af tilført materiale der genvindes i fraført produktstrøm
Understørrelsesfraktion	Størrelse af emner mindre end hulstørrelsen i en sigte
WEEE	Affald af elektrisk og elektronisk udstyr
2D	to dimensionelle materialer som pap og folie
3D	tre dimensionelle materialer som emballageflasker og dåser

Bilag 2 Deltagere i fokusgruppe

Fokusgruppe for teknologi

Susanne Lindeneg, Københavns kommune

Birger Strandby Ernst, Herning kommune

Nils Olsen, AffaldPlus

Bjørn Stender, Dansk Affald

Henrik Wenzel, Syddansk Universitet

Mogens H. Jakobsen, DTU-nanoteknik

René Bergmann, DTU

Jan Hoberg, DK Råstoffer, Frederica

Poul Steffensen, Wamatech

Jan Kjær, Eldan

Claus Petersen, Econet

Henning Jørgensen, Affaldskontoret

Kim Lykke, Reiling

Kenny Hansen, Ardagh glass

Gert Wernblad, Stena Recycling A/S

Rosa Klitgaard Andersen, CCC/Inno-MT

Carsten Zaar Hansen, NOMI4S

Bilag 3 Økonomidata og energiforbrug på beregnede anlægseksempler

Nedenfor er for hvert anlægseksempel angivet de overordnede økonomiske oplysninger knyttet til alle anlægseksempler beregnet. I de nedensående tabeller kan aflæses følgende grunddata:

- Leveret mængde materialer/affald til sorteringsanlæg (input til anlæg)
- Investeringer i 2013 prisniveau opdelt på
 - o Bygninger (incl. projektering og tilsyn)
 - o Maskiner
 - o Mobilt udstyr
- Årlig udgift til forrentning og afskrivning af den investerede kapital ud fra de forudsatte afskrivningsperioder for de nævnte investeringer. Rentefod 5% pa.
- Driftsomkostninger opdelt på
 - o Faste driftsomkostninger (dækker vedligehold og 25% af lønudgift)
 - o Variable driftsomkostninger (dækker energiforbrug, diverse afgifter samt 75% af lønudgift)
- Omkostning pr ton leveret til anlæg over året.

I tillæg til informationer om økonomi er for hvert anlæg angivet det skønnede forventede forbrug af diesel og elektricitet til drift af alle installationer og mobilt udstyr på anlægget.

Teknisk Koncept 1 - Anlæg til at modtage og finsortere blandede kildesorterede og kildeopdelte fraktioner som f.eks. papir, pap/karton, metal, plast og evt. glas (og evt. flere slags kildesorterede materialer) fra forskellige kilder – anlægseksempler 1A,1B og 1C

Anlægseksempel 1A

Økonomidata

Opland – antal indbyggere	Leveret mængde kildeopdelt i tons/år	Investering, mio kr				Forrentning og afskrivning, mio. kr. pr år	Drifts omk. mio. kr. pr år			Omkostning er pr ton input, kr/ton
		Bygning	Maskiner 1)	Mobilt udstyr	I alt		Faste	Variable	I alt	
300.000	5.500	48,1	53,6	2,8	104,5	10,8	3,0	2,7	5,7	3004
500.000	9.200	52,8	53,6	2,8	109,2	11,2	3,1	3,1	6,2	1893
700.000	12.900	57,0	53,6	2,8	113,4	11,5	3,3	3,5	6,8	1416
1.100.000	20.300	69,5	53,6	2,9	126,0	12,4	4,0	5,3	9,3	1065
2.200.000	40.800	91,8	53,6	4,8	150,2	14,3	5,0	8,0	13,0	670

1): De beskrevne og prissatte anlæg er bestykket med samme maskinel uafhængig af tilført mængde op til de i tabellen nævnte 40.800 tons nævnt i tabel. Dette skyldes at der er installeret udstyr med minimumskapacitet for de enkelte maskinkomponenter. Dette er en generel antagelse som der ved detailprojektering af et konkret godt kan ændres ved.

Energiforbrug

Opland	Diesel (liter/år)	Elektricitet (kwh/år)
300.000	10.000	500.000
500.000	13.000	700.000
700.000	16.000	900.000
1.100.000	22.000	1.300.000
2.200.000	45.000	2.550.000

Anlægseksempel 1B

Økonomidata

Opland – antal indbyg- gere	Leveret mængde kildeop- delt i tons/år	Investering, mio kr				Forrentning og afskrivning, mio. kr. pr år	Drifts omk. mio. kr. pr år			Omkostning er pr ton input, kr./ton
		Byg- ning	Ma- skiner 1)	Mobilt udstyr	I alt		Faste	Varia- ble	I alt	
300.000	11.700	57,2	59,8	2,8	119,8	12,0	3,3	3,0	6,3	1605
500.000	19.100	69,6	59,8	2,9	132,3	12,7	3,7	3,8	7,5	1087
700.000	26.500	76,2	59,7	2,9	138,9	13,4	3,9	4,6	8,5	838
1.100.000	42.700	92,0	59,7	3,0	154,7	14,8	4,8	6,3	11,1	614

Energiforbrug

Opland	Diesel (liter/år)	Elektricitet (kwh/år)
300.000	20.000	1.000.000
500.000	32.000	1.600.000
700.000	44.000	2.200.000
1.100.000	68.000	3.400.000
2.200.000	136.000	6.800.000

Anlægseksempel 1C

Økonomidata - dækker alene omkostninger forbundet med at udføre balletering af papir (og pap)
når bygninger, maskiner og drift adderes til et allerede etableret sorteringsanlæg.

Opland – antal indbyg- gere	Leveret mængde kildeop- delt i tons/år	Investering, mio kr				Forrentning og afskrivning, mio. kr. pr år	Mer drifts omk. mio. kr. pr år			Omkostning er pr ton input, kr/ton
		Byg- ning	Ma- skiner	Mobilt udstyr	I alt		Faste	Varia- ble	I alt	
300.000	21.200	3,8	0	1,0	4,8	0,4	0,2	0,6	0,8	58
500.000	35.300	6,6	0	1,0	7,6	0,6	0,3	0,8	1,1	49
700.000	49.300	9,4	3,1	0	12,5	1,2	0,5	1,0	1,5	55
1.100.000	77.500	9,4	3,6	0	13,0	1,6	0,6	1,0	1,6	42

Energiforbrug (alene for balleteringsfunktion)

Opland	Diesel (liter/år)	Elektricitet (kwh/år)
300.000	25.000	200.000
500.000	42.000	300.000
700.000	60.000	400.000
1.100.000	90.000	600.000

Teknisk Koncept 2 - Anlæg til at modtage og finsortere blandet tørt restaffald - anlægseksempel 2

Økonomidata

Opland – antal indbyggere	Leveret mængde i tons/år		Investering, mio kr				Forrentning og afskrivning, mio. kr. pr år	Drifts omk. mio. kr. pr år			Omkostninger pr ton input, kr/ton
	Kilde opdelt	Tør rest	Bygning	Maskiner	Mobilt udstyr	I alt		Faste	Variable	I alt	
300.000	0	43.000	59,2	56,6	2,8	118,6	12,0	3,2	2,8	6,0	419
500.000	0	71.700	66,3	56,6	2,8	125,7	12,5	3,4	3,3	6,7	268
700.000	0	100.400	71,7	56,6	2,9	131,2	12,9	3,6	3,8	7,4	203
1.100.000	0	157.800	88,3	63,4	2,9	154,6	14,9	4,4	5,7	10,1	159
2.200.000	0	315.600	142,4	107,8	4,8	255	24,9	8,9	14,6	23,5	153

Energiforbrug

Opland	Diesel (liter/år)	Elektricitet (kwh/år)
300.000	12.000	600.000
500.000	19.000	900.000
700.000	25.000	1.300.000
1.100.000	37.000	2.000.000
2.200.000	75.000	4.000.000

Teknisk koncept 3 - Anlæg til at modtage og finsortere blandede kildesorterede og kildeopdelte fraktioner som f.eks. papir, pap/karton, metal, plast og evt. glas (og evt. flere slags kildesorterede materialer) samtidig med tørt restaffald fra forskellige kilder – anlægseksempler 3A, 3B og 3C

Anlægseksempel 3A

Økonomidata

Opland – antal indbyggere	Leveret mængde i tons/år		Investering, mio kr				Forrentning og afskrivning, mio. kr. pr. år	Drifts omk. mio. kr. pr år			Omkostninger pr. ton input, kr./ton
	Kildeopdelt	Tør rest	Bygning	Maskiner	Mobilt udstyr	I alt		Faste	Variable	I alt	
300.000	5.500	43.000	65,3	56,6	2,8	124,6	12,4	3,7	4,1	7,8	416
500.000	9.200	71.700	71,9	56,6	2,8	131,3	12,9	3,9	5,1	9,0	271
700.000	12.900	100.400	78,6	56,6	2,9	138,1	13,4	4,2	6,0	10,2	208
1.100.000	20.300	157.800	116,8	113,9	2,9	233,6	23,6	6,9	8,9	15,8	221
2.200.000	40.800	315.600	182,9	158,2	4,8	345,9	34,3	11,0	17,0	28,0	175

Energiforbrug

Opland	Diesel (liter/år)	Elektricitet (kwh/år)
300.000	16.000	900.000
500.000	22.000	1.300.000
700.000	28.000	1.700.000
1.100.000	37.000	2.000.000
2.200.000	75.000	4.000.000

Anlægseksempel 3B

Opland – antal indbyg- gere	Leveret mængde i tons/år		Investering, mio kr				Forrent- ning og afskriv- ning, mio. kr. pr. år	Drifts omk. mio. kr. pr. år			Omkost- ninger pr. ton input, kr./ton
	Kilde- opdelt	Tør rest	Byg- ning	Ma- skiner	Mobilt udstyr	I alt		Faste	Varia- ble	I alt	
300.000	11.600	81.700	78,7	59,1	2,9	140,7	13,7	4,3	5,9	10,2	256
500.000	19.100	134.600	115,6	62,8	2,9	181,3	16,8	5,4	8,6	14,0	200
700.000	26.600	187.500	151,3	143,2	2,9	297,4	29,8	9,0	11,9	20,9	237
1.100.000	42.700	298.100	182,8	153,3	4,8	343,9	34,0	10,9	17,0	27,9	182

Energiforbrug

Opland	Diesel (liter/år)	Elektricitet (kwh/år)
300.000	42.000	2.000.000
500.000	65.000	3.000.000
700.000	88.000	4.400.000
1.100.000	130.000	6.800.000

Anlægseksempel 3C

Er identisk med anlægseksempel 1C

Investeringer i nærværende projekt afviger lidt fra de i MST projekt angivne oplysninger. Dette skyldes primært at der her regnes i prisniveau 2013 (og ikke i 2012) samt at der er indlagt en højere diverse post.

Automatisk affaldssortering – teknologier og danske udviklings- og produktionskompetencer

Rapporten beskriver teknologiske løsninger til automatisk sortering af affaldsfraktionerne plast, metal, papir, pap og glas. Danske virksomheder inden for automatiserings-, robot- og sensorteknologi er også identificeret. Der vises beregninger for anlægskoncepter, som kan håndtere kildesorteret, kildeopdelt og evt. blandet tørt affald fra husholdninger, genbrugspladser og erhverv.

Investerings- og driftsomkostninger, materialeflow i anlægget og outputkvalitet fremgår. Stordriftsfordele forventes opnået ved opland med 0,5 – 1,6 mio. indbyggere afhængigt af anlægskoncept.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
DK - 1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

[www. mst.dk](http://www.mst.dk)