

Rapport

SUSTAINABLE INNOVATION

Forfattere: Kari-Anne Lyng og Ingunn Saur Modahl**Rapportnr.:** OR.10.11**ISBN:** 978-82-7520-644-0**ISBN:** 82-7520-644-8

Livsløpsanalyse for gjenvinning av plastemballasje Fra norske husholdninger

Rapportnr.: OR.10.11 **ISBN nr.:** 978-82-7520-644-0 **Rapporttype:**
ISBN nr.: 82-7520-644-8 Oppdragsrapport
ISSN nr.: 0803-6659

Rapporttittel:

Livsløpsanalyse for gjenvinning av plastemballasje

Fra norske husholdninger

Forfattere: Kari-Anne Lyng og Ingunn Saur Modahl

Prosjektnummer: 1301 **Prosjekttittel:** Plastemballasje

Oppdragsgivere: **Oppdragsgivers referanse:**

Grønt Punkt Norge Svein Erik Rødvik

Emneord:	Tilgjengelighet:	Antall sider inkl. bilag:
<ul style="list-style-type: none">• Kildesortering• LCA• Plastemballasje• Avfall	Åpen	22

Godkjent:

Dato: 13.09.2011


Prosjektleder
Kari-Anne Lyng


Forskningsleder
Andreas Brekke

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
1 Innledning	2
2 Metodikk	3
2.1 Hensikt	3
2.2 Livsløpsanalyse	3
2.3 Funksjonell enhet	4
2.4 Systembeskrivelse og datagrunnlag	5
2.4.1 Transport av kildesortert plastemballasje til Tyskland	6
2.4.2 Sortering.....	7
2.4.3 Videretransport til materialgjenvinningsanlegg.....	7
2.4.4 Behandling: materialgjenvinning	7
2.4.5 Erstatning av materiale og energi	8
3 Resultater	10
3.1 Klimagassutslipp.....	10
3.2 Total energibruk.....	13
3.3 Sammenligning med tidligere resultater	14
4 Følsomhetsanalyse: svinn i materialgjenvinningsprosessen	16
5 Konklusjoner.....	18
6 Referanser.....	19
Vedlegg 1	20

Sammendrag

Denne rapporten dokumenterer miljøpåvirkninger fra kildesortering av plastemballasje oppstått i norske husholdninger, som sendes til Tyskland for materialgjenvinning. Dette sammenlignes med miljøpåvirkninger dersom plastemballasjen ikke hadde blitt kildesortert, men sendt sammen med restavfallet til energiutnyttelse i Norge.

De gjennomførte analysene viser at materialgjenvinning er det beste alternativet, uavhengig av hva som antas erstattet i forbrenningsalternativet, og dette gjelder både for miljøindikatoren drivhuseffekt og for total energibruk.

- For drivhuseffekt medfører materialgjenvinning en netto klimagevinst på 2,7 kg CO₂-ekvivalenter/kg plastemballasje sammenlignet med energiutnyttelse der det forutsettes at varmemproduksjon basert på norsk fjernvarmemiks erstattes. Alternativt vil materialgjenvinning medføre en netto klimagevinst på 1,9 CO₂-ekvivalenter/kg plastemballasje hvis en forutsetter at produsert energi ved energiutnyttelse erstatter varmemproduksjon basert på 75 % olje og 25 % elektrisitet.
- For total energibruk medfører materialgjenvinning netto spart energi på 12 kWh/kg plastemballasje sammenlignet med energiutnyttelse der det forutsettes at varmemproduksjon basert på fjernvarmemiks erstattes. Dersom en sammenligner materialgjenvinning med energiutnyttelse der varmemproduksjon basert på 75 % olje og 25 % elektrisitet erstattes, gir materialgjenvinning en besparelse på 7 kWh/kg plastemballasje.

Behandlingsfasen (materialgjenvinningsprosessen og forbrenning) og erstatning av energi og/eller materiale er de to viktigste livsløpsfasene. Dette betyr at gjenvinningsgraden (mengde svinn gjennom hele verdikjeden) og selve materialgjenvinningsprosessen har stor påvirkning på resultatene. For miljøpåvirkninger fra kildesortert plastemballasje er det knyttet størst usikkerhet til behandling (sortering og gjenvinning) av plastemballasjen, siden det her er benyttet gjennomsnittlige og ikke spesifikke data.

Transport gir et relativt lite bidrag sammenlignet med de andre livsløpsfasene.

Det er gjennomført en sensitivitetsanalyse av svinn i materialgjenvinningsprosessen, da det er en betydelig usikkerhet knyttet til denne. Analysen viser at for både klimapåvirkning og total energibruk har svinn i materialgjenvinningsprosessen stor innvirkning på resultatene, men materialgjenvinning representerer likevel en bedre løsning selv med mye svinn, enn energiutnyttelse for avfallshåndtering av plastemballasje.

Denne analysen omfatter kun miljøpåvirkninger fra plastemballasjeavfall etter at avfallet har oppstått og ekskluderer miljøbelastninger fra produksjon og bruk.

1 Innledning

Grønt Punkt Norge ønsker å dokumentere miljøpåvirkninger fra kildesortering av plastemballasje oppstått i norske husholdninger, som sendes til Tyskland for materialgjenvinning. Dette skal ses i sammenheng med miljøpåvirkninger dersom plastemballasjen ikke hadde blitt kildesortert, men sendt sammen med restavfallet til energiutnyttelse i Norge.

Østfoldforskning har tidligere gjort en studie på kildesortering og gjenvinning av plastemballasje fra norske husholdninger da dette ble sendt til Sverige (Raadal et al. 2008). Studien i denne rapporten er derfor en oppfølging av den tidligere studien.

Østfoldforskning utviklet i 2009 en *Klimaregnskapsmodell for avfallshåndtering* av mange ulike avfallstyper på oppdrag fra Avfall Norge, der resultater fra tidligere studie på plastemballasje for Grønt Punkt Norge ble implementert (Raadal et al. 2009). Denne studien følger samme metodikk som avfallsmodellen, og de nye resultatene for plastemballasje vil bli brukt til å oppdatere modellen.

I tillegg til intern kvalitetssikring hos Østfoldforskning, er rapporten gjennomgått og kvalitetssikret av Grønt Punkt Norge, Mepex og Avfall Norge.

2 Metodikk

2.1 Hensikt

Hensikten med studien er å dokumentere netto klimapåvirkning og energibruk fra kildesortering og materialgjenvinning av plastemballasje fra norske husholdninger, sammenlignet med å sende plastemballasjen sammen med restavfallet til energiutnyttelse.

2.2 Livsløpsanalyse

Studien er i størst mulig grad gjennomført i henhold til Life Cycle Assessment-metodikk (LCA) som er standardisert gjennom ISO 14044 (International Organization for Standardization (ISO) 2006).

Grønt Punkt Norge og Avfall Norge har vært involvert i kvalitetssikring av rapport og datagrunnlag. I tillegg har Mepex som tredjepart vært involvert i datainnsamling og kvalitetssikring av rapporten.

Miljøpåvirkningskategoriene som analyseres er drivhuseffekt og energibruk.

Tabell 2.1 gir en beskrivelse av ovennevnte miljøpåvirkningskategorier, eksempel på utslipp tilhørende de ulike kategoriene og potensielle miljøeffekter fra disse.

Tabell 2.1 Sammenheng mellom miljøpåvirkningskategori, utslipp og potensielle miljøeffekter

Miljøpåvirknings-kategori	Eksempel på utslipp	Potensielle miljøeffekter
Drivhuseffekt (global klimaendring/ GWP) [CO ₂ -ekvivalenter]	CO ₂ (karbondioksid) N ₂ O (lystgass) CH ₄ (metan)	Temperaturøkning i nedre delen av atmosfæren som kan gi klimaendringer, noe som videre kan føre til alvorlige konsekvenser for hele jorda i form av endret og mer ekstremt klima, økt ørkendanning, hevet vannstand pga isbresmelting, osv.
Total energibruk (cumulative energy demand/CED) [kWh]	Ingen utslipp, men viser totalt forbruk av energibærere	Ingen direkte miljøeffekter, men både et grunnlag for andre miljøpåvirkninger og viktig i seg selv når det gjelder bærekraftig utvikling og tilgang til ressurser for kommende generasjoner.

Analysen starter idet avfallet oppstår og inkluderer ikke miljøpåvirkninger fra produksjon og bruk av plastemballasjen. Metoden som er brukt for beregning av drivhuseffekter er IPPC (2007) (GWP 100a¹) og metoden for beregning av total energibruk er basert på CML (1992) og Cumulative Energy Demand fra Swiss Centre for Life Cycle Inventories (2009).

Det er i denne rapporten kun inkludert to miljøindikatorer, og det er viktig å være oppmerksom på at en kan få andre resultater dersom en ser på andre miljøindikatorer. Likevel; litteraturstudier utført i

¹ Drivhuseffektpotensialet er basert på ein tidshorisont på 100 år. Ulike klimagasser har ulik levetid i atmosfæren og det er derfor utviklet modeller for flere tidshorisonter. 100 år er den mest brukte tidshorisonten.

forbindelse med Klimaregnskapsmodell for Avfall Norge har vist at ved materialgjenvinning av plast vil andre miljøpåvirkningskategorier som toksisitet, avfall, eutrofiering (overgjødning) og fotokjemisk oksidantdannelse følge samme trend som drivhuseffekt og energibruk (Raadal et al. 2009) (Georgeson 2006).

I datagrunnlaget som benyttes skilles det ikke mellom råvarer med energiinnhold som blir brukt til 'feedstock' (materialbruk) og til konsumert energi. Det er mulig å skille disse ved å registrere hva som går ut og inn av 'teknosfæren' i tillegg til hva som går ut og inn av 'naturen', men på grunn av et komplekst materialgjenvinningssystem og at databasene i utgangspunktet ikke skiller mellom material- og energibruk for råvarer med energiinnhold har vi valgt å se bort fra dette. Det betyr at de absolutte resultatene for total energibruk (CED) for scenariene energiutnyttelse og materialgjenvinning ikke nødvendigvis kan sammenlignes med andre analyser, men at det er differansen mellom energiutnyttelse og materialgjenvinning som er det viktigste her (og som kan sammenlignes).

2.3 Funksjonell enhet

Den funksjonelle enheten er definert som avfallshåndtering av 1 kg plastemballasjeavfall oppstått i norske husholdninger. Dette innebærer kartlegging av miljøpåvirkninger fra

- alle transportetapper, samt materialgjenvinningsprosessen og erstattet mengde jomfruelig plast og spart energibruk hvis plastemballasjen kildesorteres
- alle transportetapper, samt forbrenningsprosessen og erstattet mengde energi fra andre energibærere hvis plastemballasjen går med restavfallet til energiutnyttelse

Å inkludere gevinsten ved at avfallshåndtering av plastemballasje erstatter jomfruelig materiale og/eller energi fra annen energibærer og dermed medfører unngåtte utslipp fra produksjon av jomfruelig plast og/eller generering av energi, gjør at det tas hensyn til den ekstra funksjonen avfallet tilfører samfunnet ved avfallshåndtering.

Den definerte funksjonelle enheten er dessuten 1 kg innsamlet plastemballasje (altså kun plast og ikke andre materialer). Det ble likevel gjort simuleringer av inkludering av papir som en del av svinnet, og resultatene viste at inkludering av 50 % papir i svinnet vil føre til en forbedring av resultatet for materialgjenvinning. Dette resultatet er likevel ikke direkte sammenlignbart med materialgjenvinning av 1 kg plast uten papir i svinnet, fordi disse to systemene har ulik funksjonell enhet; 1 kg plast kontra 1 kg (plast + papir). Dette er mer beskrevet i kapittel 2.4.4.

Analysen inkluderer heller ikke miljøpåvirkninger fra skylling av plastemballasjen ved kildesortering hos forbruker. Studier utført i Sverige viser at ved skylling av emballasje i kaldt vann utgjør miljøpåvirkningen (ressurs, drivhuseffekt, forsuring, eutrofiering og fotooksidantdannelse) mindre enn 0,0% av de totale miljøbelastningene gjennom livsløpet til plastproduktet (Ölund & Eriksson 1998). For en plastdunk der det antas at det skylles med varmt vann utgjør skylleprosessen litt mer (1,6% av total klimapåvirkning). Retningslinjer gitt fra Grønt Punkt til norske husholdninger er at emballasjen skal skylles i kaldt vann. Det er derfor valgt å se bort fra skylleprosessen i denne analysen.

Analysen inkluderer ikke eventuelle matrester som måtte medfølge plastemballasjen inn i behandlingen, verken for materialgjenvinningsalternativet eller forbrenningsalternativet.

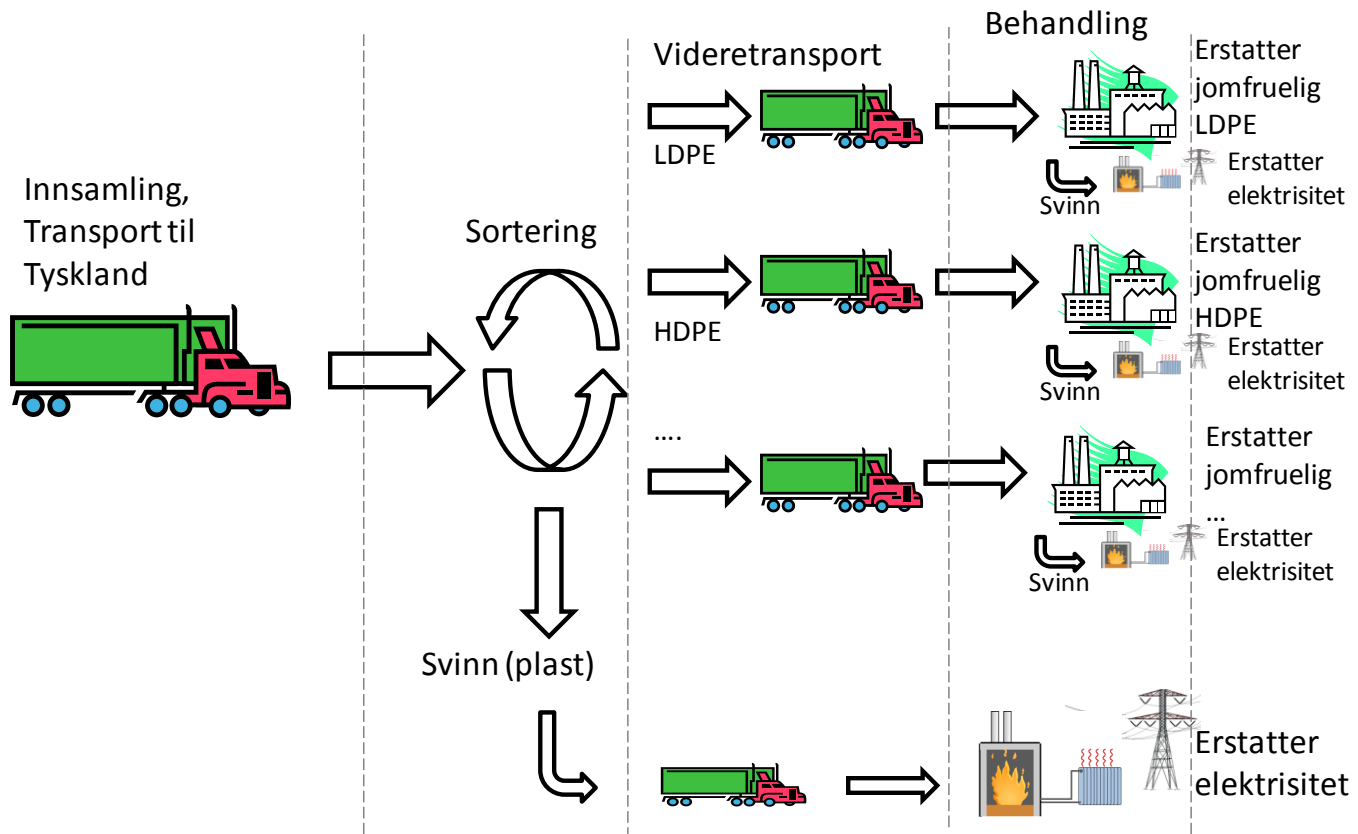
Eventuelle miljøpåvirkninger fra produksjon og distribusjon av søppeldunker er ikke inkludert i analysen, da dette antas å være relativt likt for begge systemer (kildesortering og materialgjenvinning eller energiutnyttelse med restavfallet).

Systemgrensene til denne analysen inkluderer bare miljøpåvirkning fra avfallshåndtering av plastemballasjen, fordi hensikten med denne studien er å sammenligne håndteringsløsninger for avfallet. Det er viktig å være oppmerksom på at dersom klimabelastninger fra produksjon og bruk av plastemballasje også hadde vært inkludert, ville man sannsynligvis ikke fått en netto gevinst. (Det vil alltid være større klimabelastning fra produksjon og bruk av plastemballasje, enn gevinsten en får ved å gjenvinne.)

2.4 Systembeskrivelse og datagrunnlag

Etter kildesortering hos husholdningene blir plastemballasjen samlet inn og transportert til lokalt omlastingssted valgt av kommunen. Deretter sendes den videre til Tyskland. Plastemballasjen sorteres på to ulike sorteringsanlegg i Tyskland (ALBA og GAR), før den transporteres videre til forskjellige materialgjenvinningsanlegg i Tyskland eller fjerne Østen (Kina). I sorteringsprosessen er det noe plastemballasje som ikke kan sendes til materialgjenvinning, og som derfor ender opp som svinn. Dette transporteres til energiutnyttelse i forbrenningsanlegg eller til brensel i sementovn. I tillegg er det på hvert materialgjenvinningsanlegg tatt høyde for en prosentandel svinn, og at dette sendes til energiutnyttelse. Det som ikke er svinn blir til nytt produkt og erstatter jomfruelig plast.

Figuren nedenfor viser system for materialgjenvinning av plastemballasje slik det foregår i 2011. De stiplede linjene viser skillene mellom de definerte livsløpsfasene.



Figur 2.1 System for materialgjenvinning av kildesortert plastemballasje fra husholdningene.

Beregningene er foretatt for 1 kg gjennomsnittlig plastemballasje som mottas i de to sorteringsanleggene, og miljøbelastningene for 1 kg plastemballasje fra Norge er deretter vektet i forhold til hvor stor mengde hvert anlegg mottok i 2010 oppgitt av Grønt Punkt (2011a).

Materialgjenvinning av brukt plastemballasje blir sammenlignet med energiutnytting av brukt plastemballasje. Plastemballasje som energiutnyttes forutsettes å gå sammen med restavfallet til energiutnyttelse i Norge. Det vises i resultatkapittelet til ulike scenarier for erstatning av energibærere. For nærmere beskrivelse av forutsetninger for energiutnyttelse av plastemballasje vises det til Raadal et al. (2009). Utslippene fra forbrenning er basert på sammensetningen av plasttyper som blir samlet inn i Norge i 2010 og forbrenningsscenariet er derfor analysert på nytt sammenlignet med analysene i Raadal et al. (2009).

Nedenfor gis en mer detaljert beskrivelse av forutsetningene som inngår i beregningene for hver livsløpsfase for systemet med materialgjenvinning av plastemballasje.

2.4.1 Transport av kildesortert plastemballasje til Tyskland

For innsamling og videretransport av plastemballasje er det benyttet gjennomsnittlige data for transportavstander samlet inn i en benchmarkingstudie (Avfall Norge 2007). For transport til Tyskland er det brukt spesifikke data fra Bring når det gjelder transport til de to tyske anleggene (transporttype og

avstand) (Grønt Punkt 2011b). Avstandene er vektet ved at de er satt i sammenheng med totale mengder samlet inn, basert på beregning av gjennomsnittlig antall lass og mengde på hvert lass fra hvert hentested (Grønt Punkt 2011a). Basert på dette er gjennomsnittlig avstand og transportmåte for 1 kg plastemballasje beregnet.

Basert på beregninger beskrevet ovenfor er det i analysen forutsatt at 1 kg plastemballasje i gjennomsnitt blir transportert 676 km med tog, 69 km med båt og 508 km med trailer fra omlastingssted til sorteringsanlegg i Tyskland.

For trailere er det som hovedregel benyttet utslippsklasse EURO 4. For miljøindikatorer global oppvarming og total energibruk har valget av utslippsklasse liten betydning fordi utslippsklassene handler mest om lokal forurensning, som ikke er fokus i denne analysen.

Utslippsdata fra transportmidler er hentet fra (Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2010). For togtransport er det benyttet data for europeiske gjennomsnittstog, det vil si en europeisk gjennomsnittsmiks av godstog som går på elektrisitet og diesel.

2.4.2 Sortering

Etter mottak og kontroll, sorteres den norske husholdningsplasten batchvis ved hjelp av NIR-teknologi (infrarøde lesere) i 6 ulike plasttyper. Det er mottatt informasjon om energibruk i form av elektrisitet og dieselbruk fra ett av de aktuelle sorteringsanleggene (Grønt Punkt 2010). Dette beskrives i vedlegg 1. Det er antatt at det andre sorteringsanlegget har en tilsvarende energibruk.

Begge anlegg har oppgitt data på mengde plastemballasje mottatt og andel av hver plasttype, samt mengde svinn.

Infrastruktur (det vil si bygningsmasse og drift av bygninger) er ikke inkludert for sortering da det ville være for tidkrevende å samle inn tilstrekkelig informasjon om dette innenfor de økonomiske rammene av prosjektet. Det antas uansett at infrastruktur har liten påvirkning på sorteringsprosessen sammenlignet med direkte energibruk. For lignende sorteringsprosesser for papir utgjør infrastruktur omtrent 2,5% (Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2010).

2.4.3 Videretransport til materialgjenvinningsanlegg

Anleggene har oppgitt typisk transportavstand fra sorteringsanlegg til materialgjenvinningsanlegg for hver plasttype. Det benyttes trailer til gjenvinnere i Europa, og en kombinasjon trailer/båt til Østen. Der det ikke er oppgitt informasjon om avstand er det antatt at avstanden er tilsvarende som for den samme plasttypen for det andre anlegget.

2.4.4 Behandling: materialgjenvinning

Siden plastemballasjen blir sendt til to ulike tyske anlegg der den sorteres og deretter sendes videre til 5-10 anlegg, ville datainnsamlingsprosessen vært veldig omfattende hvis det skulle hentes inn spesifikke

data fra alle materialgjenvinningsanleggene. Basert på tidligere erfaringer på hva som gir størst miljøpåvirkning, ble det i datainnsamlingen fokusert på mengde av hver plasttype, hvilke produkter den gjenvunne platen blir til, samt svinnmengde i hele verdikjeden. Dette medfører at det er benyttet databasedata for materialgjenvinningsprosessene og produksjon av nye plastprodukter (Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2010). Dataene representerer et europeisk gjennomsnitt.

Det er for materialgjenvinningsprosessen benyttet UCTE elektrisitetsmiks (Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2010), som er elmiksen for det kontinental-europeiske elektrisitetsnettet, for materialgjenvinning foretatt i Tyskland og kinesisk elektrisitetsmiks for materialgjenvinning foretatt i fjerne Østen (Østfoldforskning 2009a).

Grønt Punkt og Mepex har gjennom kommunikasjon med tyske anlegg anslått 20 % svinn i gjennomsnitt i materialgjenvinningsprosessene og at dette sendes til forbrenning. Belastningen fra forbrenning av svinn er lagt under behandlingsfasen (materialgjenvinningsprosessen).

En del av svinnet kan være vann som kommer inn ulike steder i livsløpet, for eksempel ved lagring eller transport (regnvann). Vannmengden varierer, og det er vanskelig å vite hvor i livsløpet den oppstår, og siden dette heller ikke er inkludert for energiutnyttelsesalternativet, er det ikke tatt hensyn til at svinn kan bestå av vann.

Noe av svinnet er papir i form av etiketter på emballasjen og matrester som ikke er blitt skylt bort hos forbruker. Det er besluttet å se bort fra papir, matrester og andre materialer i svinnet, da analysene av energiutnyttelse i Norge heller ikke tar hensyn til at svinn inneholder noe annet enn plast.

Svinn i sorteringsprosessen og i materialgjenvinningsprosessen kan altså bestå av andre materialer i tillegg til plast. I denne analysen er det likevel valgt å anta at svinnet fra plastemballasjen utelukkende består av plast ut fra argumentene over (konservativ vurdering).

For mer detaljert oversikt over andel av hver plasttype, mengde svinn i verdikjeden og transportavstander vises til Vedlegg 1.

2.4.5 Erstatning av materiale og energi

For materialgjenvinning av plastemballasje forutsettes det at platen i det nye, produserte produktet erstatter produksjon av jomfruelig plast.

Svinn fra sorteringsanlegget ALBA sendes hovedsakelig til sementanlegg og brukes som brensel med antatt virkningsgrad 85% og 100% utnyttelsesgrad. En mindre andel av svinnet sendes til forbrenningsanlegget Eon Energy. Som konservativt anslag er det antatt at alt svinnet går til forbrenningsanlegget. Spesifikke data fra Eon Energy er oppgitt av Mellen (2010) og vises i vedlegg 1. Leveringsgraden på anlegget er 79 % årlig mengde solgt energi i forhold til generert mengde energi og 100 % av dette selges som elektrisitet. Det er antatt en virkningsgrad i anlegget på 28 %. Denne virkningsgraden er basert på informasjon om innfyrt brenselmengde og produsert elektrisitet for et EON-anlegg i Hamburg (Eon Energy 2010), og den ligger mellom de verdiene andre forbrenningsanlegg oppgir

som også produserer elektrisitet (20 – 35 %), her er den høyeste virkningsgraden for gassfiseringsanlegg, noe som ikke er tilfellet i denne studien).

Svinn fra sorteringsanlegget GAR sendes til et sementanlegg og brukes som brensel. Her antas det en virkningsgrad på 85 %, en utnyttelsesgrad på 100 % og at den produserte varmen erstatter kull som brensel.

For svinn fra gjenvinningsanleggene i Europa er det antatt at de energiutnyttes i anlegg tilsvarende Eon Energy og at transportavstanden fra gjenvinningsanlegg til forbrenningsanlegg er neglisjerbar. Der materialgjenvinningsprosessen foregår i fjerne Østen, er det antatt at svinn i materialgjenvinningsprosessen som sendes til forbrenning erstatter kinesisk elektrisitetsmik (Østfoldforskning 2009a).

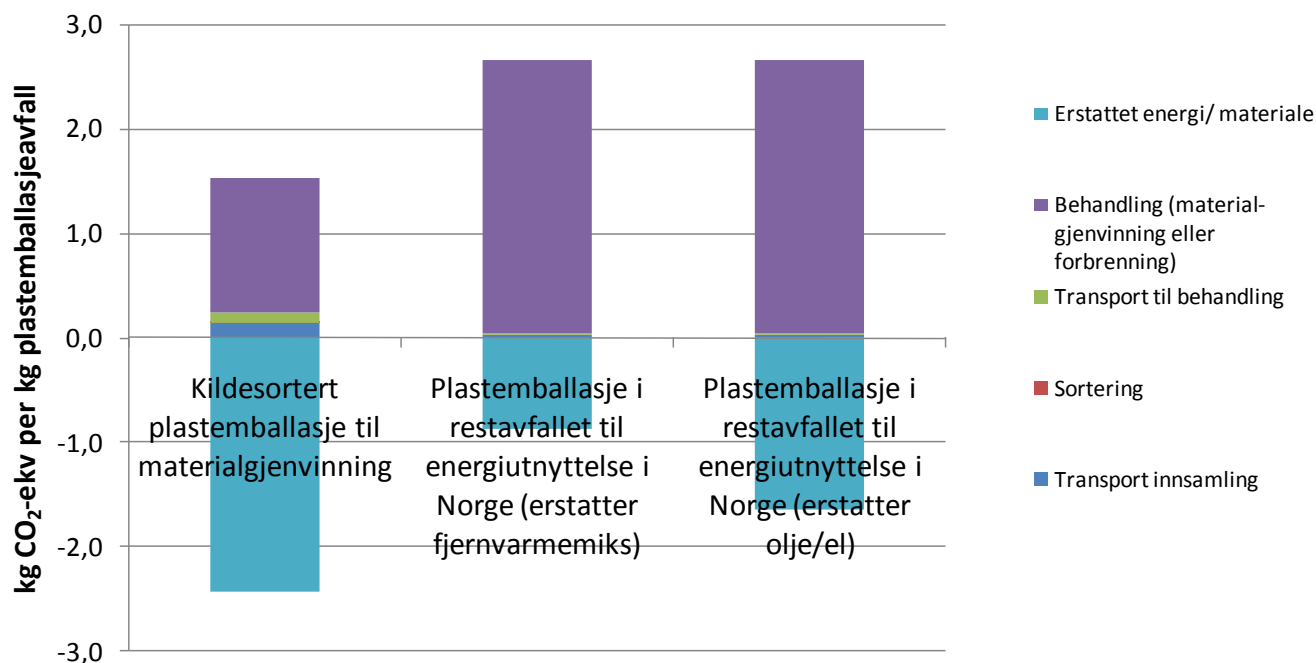
For energiutnyttelse vises to ulike scenarier, et basisscenario der den produserte energien erstatter norsk fjernvarmemiks (Norsk Fjernvarme 2011), og et scenario der den produserte energien erstatter varmeproduksjon basert på 75 % oljefyring (Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2010) og 25 % elektrisitet basert på NordEI (elektrisitetsmiksen til de nordiske landene) (Østfoldforskning 2009b).

For mer informasjon om mengde svinn og hva som antas erstattet vises til vedlegg 1.

3 Resultater

3.1 Klimagassutslipp

Figur 3.1 viser klimagassutslipp fordelt på de ulike livsløpsfasene i kg CO₂-ekvivalenter per kg plastemballasje.



Figur 3.1 Klimagassutslipp per kg plastemballasje, fordelt på hver livsløpsfase

Figuren viser at energiutnyttelse av plastemballasje sammen med restavfallet gir en lavere gevinst enn materialgjenvinning. Dette er fordi det er gunstigere å erstatte jomfruelig plast enn å erstatte norsk fjernvarmemiks eller olje og elektrisitet. Utslipp fra forbrenning er høyere enn fra materialgjenvinning, siden det under brenning av plastemballasjen avgis klimagasser (hovedsakelig CO₂).

Sortering av plastemballasjen på de to tyske anleggene medfører en neglisjerbar påvirkning sammenlignet med de andre livsløpsfasene. Transport av plastemballasjen fra Norge til Tyskland og videre til materialgjenvinningsanlegg etter sortering gir også en relativt liten belastning.

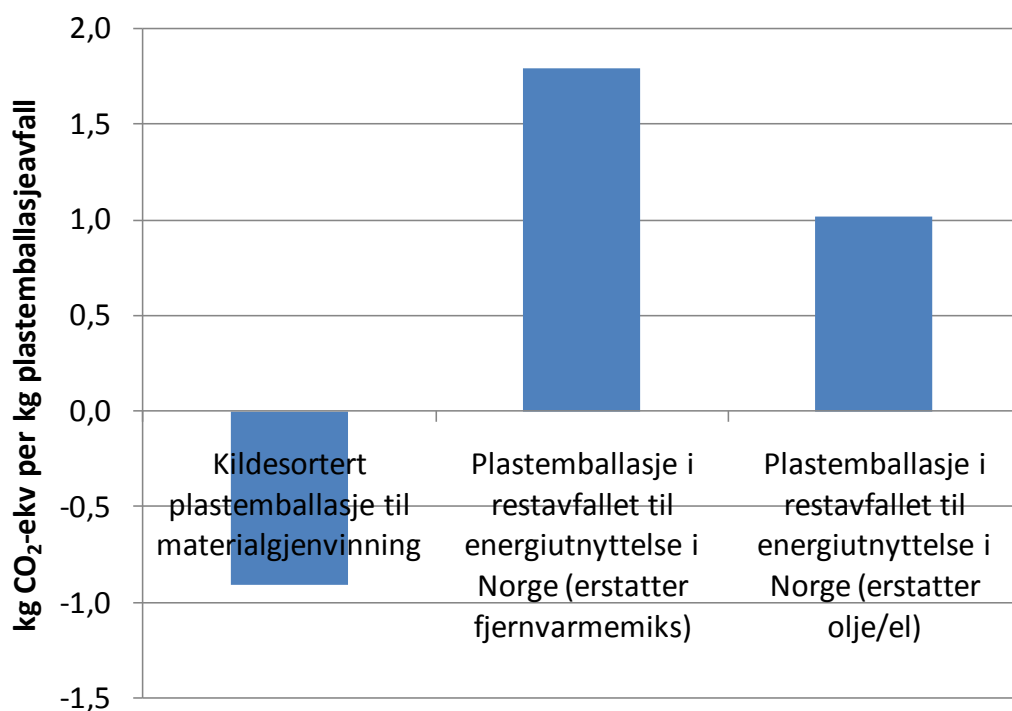
Klimabelastningen fra materialgjenvinningsprosessen er ikke ubetydelig. Det benyttes her generelle data for energibruk for materialgjenvinning, og i realiteten kunne utslippene her vært både lavere og høyere dersom en hadde benyttet spesifikke data. Klimapåvirkning fra materialgjenvinningsprosessen inkluderer også utslipp fra brenning av svinn både fra sorteringsanleggene og fra materialgjenvinningsanleggene.

Nedenfor presenteres de samme resultatene i tabellform.

Tabell 3.1 Klimagassutslipp per kg plastemballasje i kg CO₂-ekvivalenter, fordelt på hver livsløpsfase

	Transport innsamling	Sortering	Transport til behandling	Behandling (materialgjenvinning eller forbrenning)	Erstattet energi/materiale	SUM
Kildesortert plastemballasje til materialgjenvinning	0,1	0,0	0,1	1,3	-2,4	-0,9
Plastemballasje i restavfallet til energiutnyttelse i Norge (erstattet fjernvarmemiks)	0,0	0,0	0,0	2,6	-0,9	1,8
Plastemballasje i restavfallet til energiutnyttelse i Norge (erstattet olje/el)	0,0	0,0	0,0	2,6	-1,6	1,0

Figur 3.2 viser de samme klimagassutslippene der belastningen fra transport og behandling er summert med gevinsten ved at energi og/eller materiale erstattes.



Figur 3.2 Netto klimagassutslipp per kg plastemballasje

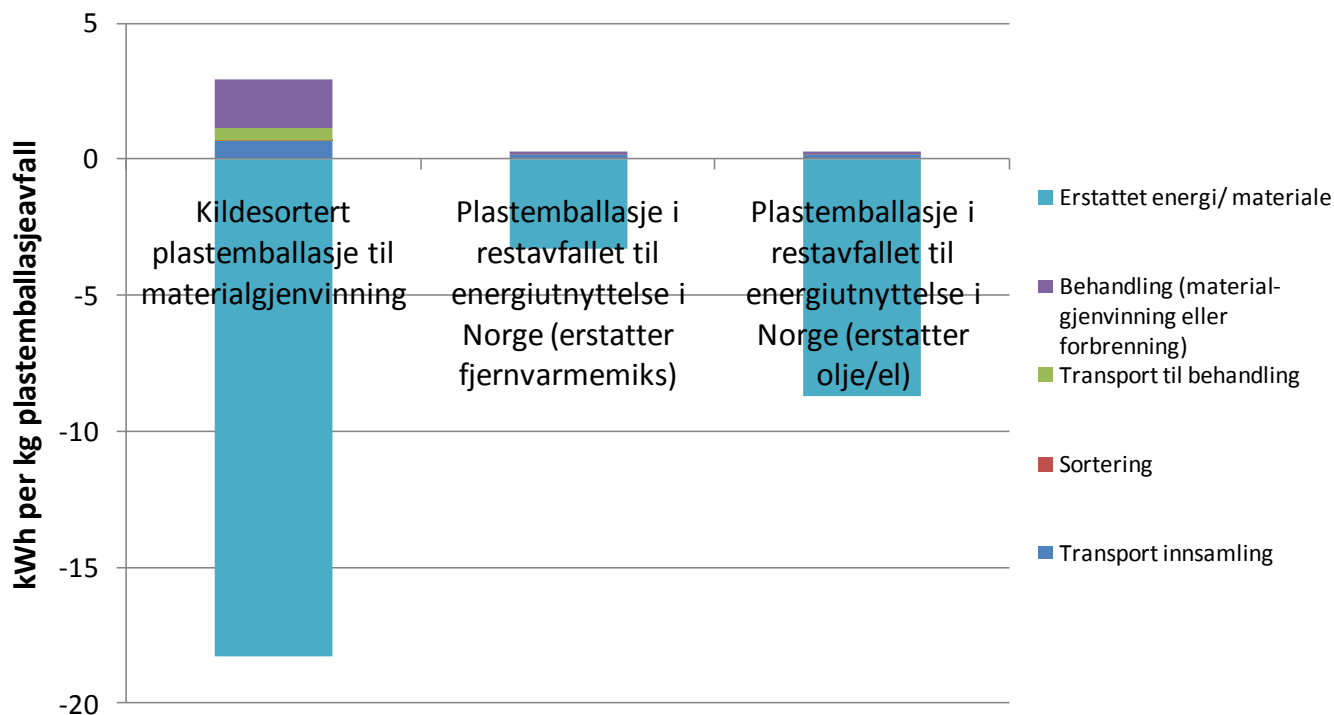
Resultatene viser at materialgjenvinning av 1 kg plastemballasje gir en netto klimagevinst på 0,9 kg CO₂-ekvivalenter. Energiutnyttelse gir netto klimagassutslipp på 1,8 kg CO₂-ekvivalenter per kg plastemballasje hvis en antar at varmereproduksjon basert på norsk fjernvarmemiks erstattes. Dersom en antar at energiutnyttelse av plastemballasje erstatter varmereproduksjon basert på 75 % olje og 25% elektrisitet, gir energiutnyttelse et netto klimagassutslipp på 1,0 kg CO₂-ekvivalenter/kg plastemballasje. Materialgjenvinning er dermed det gunstigste alternativet for avfallshåndtering av plastemballasje med tanke på global oppvarming, selv om materialgjenvinningen skjer både i Tyskland og i Østen.

Sammenlignet med energiutnyttelse gir dermed materialgjenvinning en netto klimagevinst på 2,7 kg CO₂-ekvivalenter/kg plastemballasje hvis en antar at varmereproduksjon basert på norsk fjernvarmemiks erstattes ved energiutnyttelse av ikke kildesortert plastemballasje i Norge. Alternativt vil

materialgjenvinning medføre en netto klimagevinst på 1,9 CO₂-ekvivalenter/kg plastemballasje sammenlignet med energiutnyttelse dersom det forutsettes at produsert energi erstatter varmeproduksjon basert på 75 % olje og 25 % elektrisitet.

3.2 Total energibruk

Figur 3.3 viser energibruk i kWh for materialgjenvinning og energiutnyttelse av 1 kg plastemballasje fordelt på de ulike livsløpsfasene.



Figur 3.3 Total energibruk for håndtering av 1 kg plastemballasje, fordelt på hver livsløpsfase.

I likhet med miljøindikatoren klimagassutslipp gir det en større gevinst å kildesortere og materialgjenvinne plastemballasjen enn å sende den sammen med restavfall til forbrenning når en ser på total energibruk. Dette er fordi man sparer mer energi ved å unngå å produsere den jomfruelige plasten som erstattes enn man sparer ved å unngå å produsere fjernvarme eller olje/el. Materialgjenvinning medfører høyere energibruk i behandlingsfasen (materialgjenvinningsprosessen) og til transport enn ved energiutnyttelse.

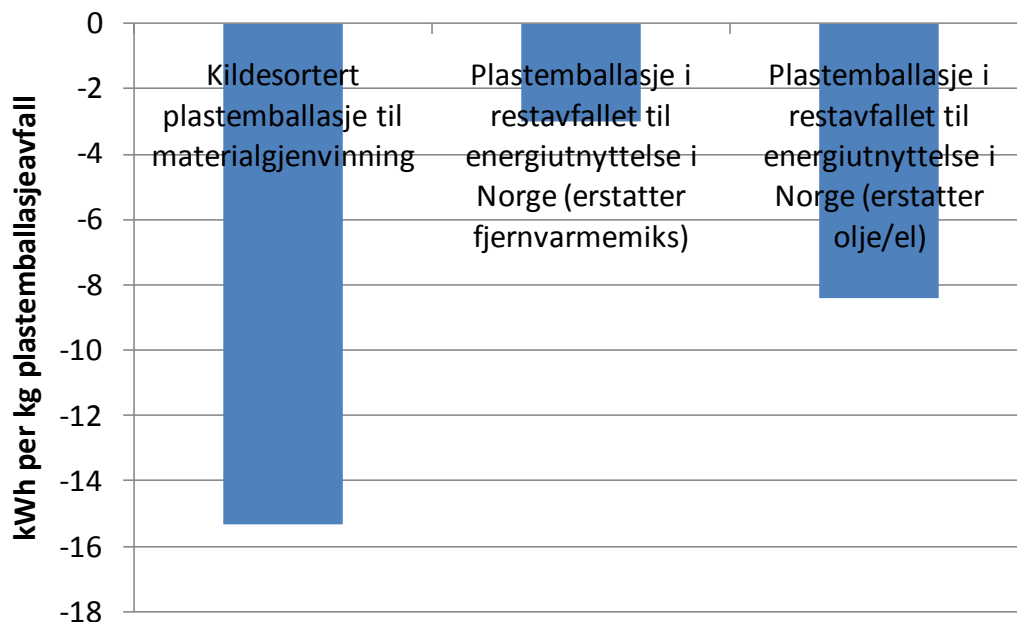
Transport av plastemballasjen og sortering på anleggene i Tyskland medfører lite energibruk sammenlignet med de andre livsløpsfasene.

Nedenfor presenteres de samme resultatene i tabellform.

Tabell 3.2 Total energibruk for avfallshåndtering av 1 kg plastemballasje i kWh, fordelt på hver livsløpsfase

	Transport innsamling	Sortering	Transport til behandling	Behandling (materialgjenvinning eller forbrenning)	Erstattet energi/ materiale	SUM
Kildesortert plastemballasje til materialgjenvinning	0,7	0,0	0,4	1,8	-18,3	-15,3
Plastemballasje i restavfallet til energiutnyttelse i Norge (erstatte fjernvarmemiks)	0,2	0,0	0,0	0,1	-3,3	-3,0
Plastemballasje i restavfallet til energiutnyttelse i Norge (erstatte olje/el)	0,2	0,0	0,0	0,1	-8,7	-8,4

Figur 3.4 viser netto energibruk der energibruk fra transport, sortering og behandling er slått sammen med spart energi ved erstatning av energi/materiale.



Figur 3.4 Netto energibruk for håndtering av plastemballasje fra norske husholdninger

Både materialgjenvinning og energiutnyttelse medfører en større mengde spart enn konsumert energi. Energiutnyttelse medfører spart energi på henholdsvis 3 kWh/kg og 8 kWh/kg plastemballasje, avhengig av hvilken energibærer som forutsettes erstattet. Materialgjenvinning representerer det beste alternativet med spart energi på 15 kWh/kg plastemballasje.

Materialgjenvinning gir sammenlignet med energiutnyttelse netto spart energi på 12 kWh/kg plastemballasje dersom det forutsettes at varmemproduksjon basert på fjernvarmemiks erstattes ved forbrenning i Norge. Dersom det antas at varmemproduksjon basert på olje og elektrisitet erstattes ved energiutnyttelse, gir materialgjenvinning en besparelse på 7 kWh/kg plastemballasje.

3.3 Sammenligning med tidligere resultater

Sammenligning med tidligere studier utført da plastemballasjen ble sendt til materialgjenvinning i Sverige viser at

- Økt utsortering av plastemballasje i sorteringsanlegget (mindre svinn) fører til at en større andel plast materialgjøvinnnes, noe som gir økt gevinst ved at mer jomfruelig materiale erstattes per kg plast. Dette fører til at de sparte utslippene øker.
- Svinn som oppstår under sortering og materialgjenvinning erstatter en annen energibærer enn tidligere fordi energiutnyttelse skjer i Tyskland i stedet for i Sverige.

- For behandling av plastemballasjen i Tyskland (materialgjenvinningsprosessen) er det ikke benyttet spesifikke data, i motsetning til tidligere. Dette gir en høyere miljøbelastning enn den tidligere studien.
- Transportbelastningene har økt som følge av at plastemballasjen transporteres til Tyskland til sortering, og etter sortering videre til materialgjenvinningsanlegg i Tyskland og fjerne Østen. Likevel utgjør dette en liten endring sammenlignet med belastningen for behandling og gevinsten ved erstattet materiale/energi.

Til sammen medfører dette at både utslipp og gevinst har økt og at netto klimagassutslipp er i samme størrelsesorden som tidligere studier.

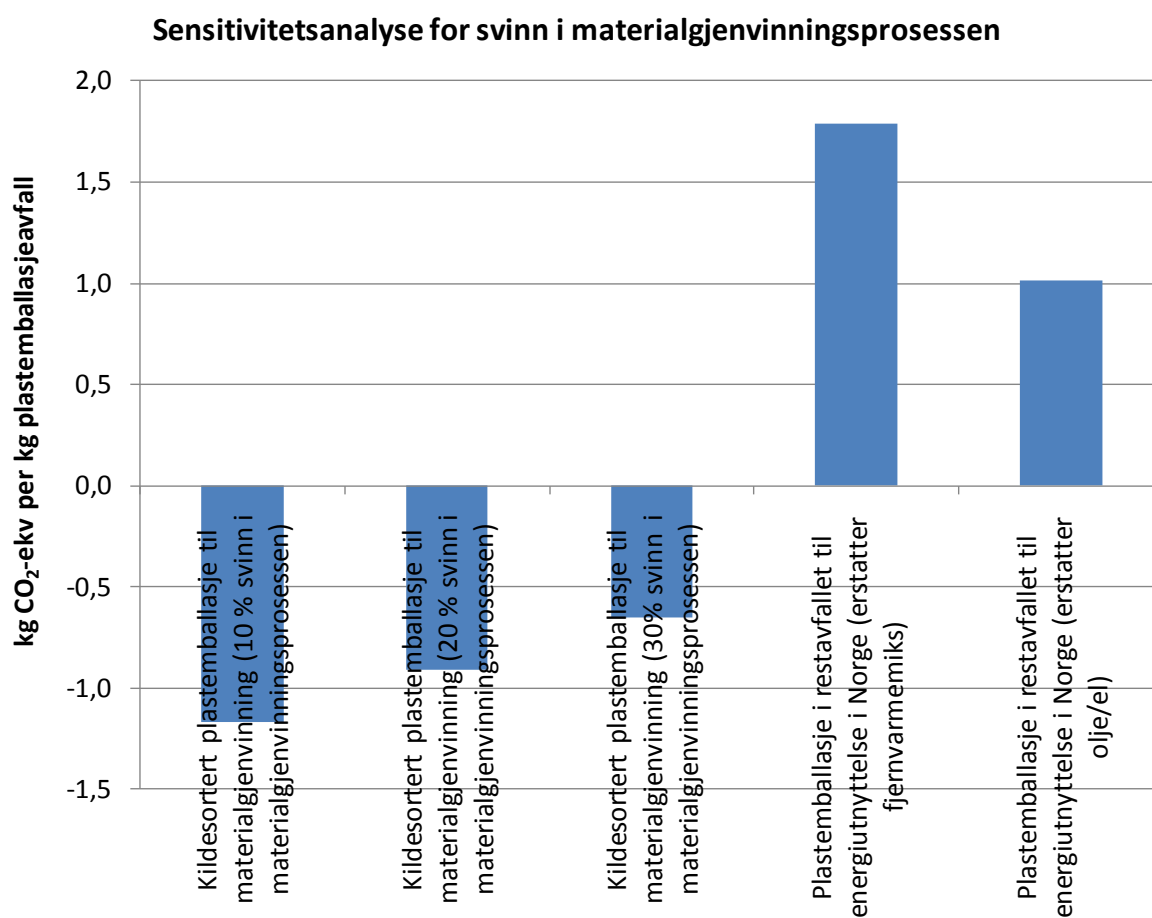
Den største usikkerheten i studien er knyttet til miljøbelastninger i materialgjenvinningsprosessen. Dette kommer av at det ikke er samlet inn spesifikke data for de aktuelle behandlingsanleggene.

Det er også knyttet usikkerheter til svinn i materialgjenvinningsprosessen for de ulike anleggene. Det er derfor foretatt en sensitivitetsanalyse i kapittelet nedenfor.

4 Følsomhetsanalyse: svinn i materialgjenvinningsprosessen

En følsomhetsanalyse er gjennomført for mengden svinn i materialgjenvinningsprosessen for å undersøke robustheten i konklusjonene til analysen.

Figuren nedenfor viser netto klimapåvirkning for materialgjenvinning med ulik prosentandel svinn i materialgjenvinningsprosessen. 10 %, 20 % (basisscenario) og 30% svinn i materialgjenvinningsprosessen er analysert. Mengden utsortert plast som sendes direkte fra sorteringsanlegg til energiutnyttelse (svinnet i sorteringsprosessen) er holdt konstant.

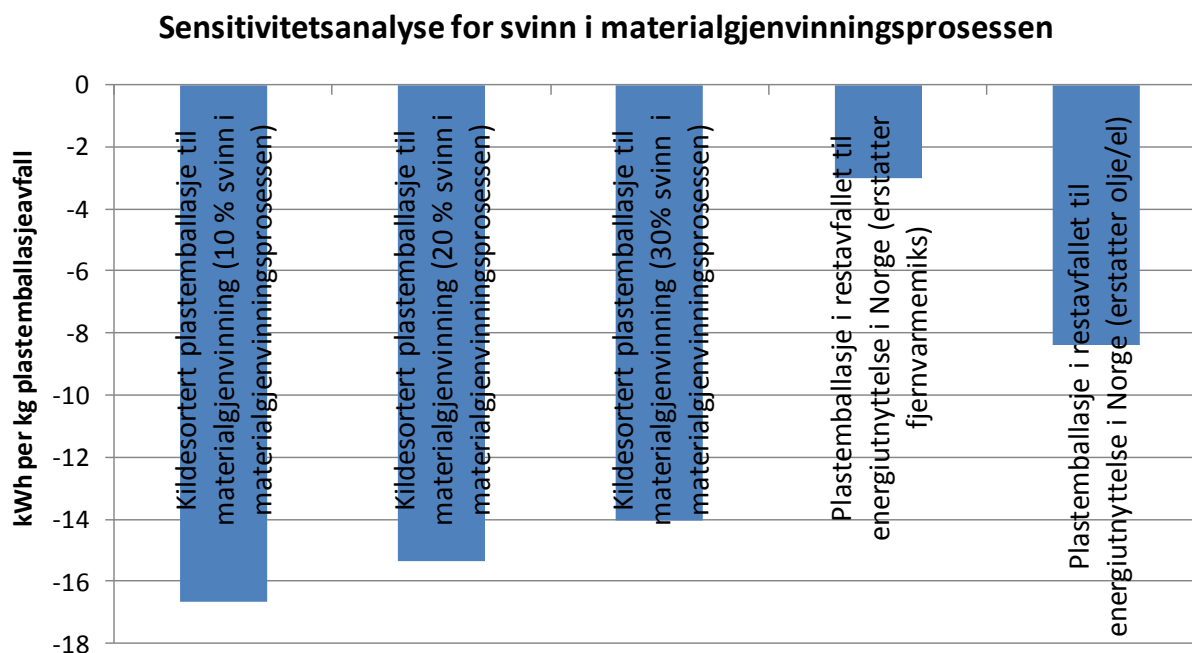


Figur 4.1 Klimapåvirkning: sensitivitetsanalyse med ulike prosentandeler svinn i materialgjenvinningsprosessen

Kildesortering av plastemballasje og materialgjenvinningsprosess med 10 % svinn medfører netto sparte klimagassutslipp på 1,2 kg CO₂-ekvivalenter/kg plastemballasjeavfall. Med 30% svinn medfører materialgjenvinning netto sparte klimagassutslipp på 0,7 kg CO₂-ekvivalenter/kg. Til sammenligning gir forbrenningsalternativene klimagassutslipp på 1,0 og 1,8 kg CO₂-ekv./kg plastemballasje avhengig av om det er fjernvarmemiks eller olje/el som erstattes.

Dette viser at svinn i materialgjenvinningsprosessen har stor innvirkning på klimagevinsten ved kildesortering og materialgjenvinning, men at materialgjenvinning uansett er en gunstigere løsning enn energiutnyttelse med tanke på klimagassutslipp.

Figuren nedenfor viser den samme sensitivitetsanalysen vist for total energibruk.



Figur 4.2 Totalt energibruk: sensitivitetsanalyse med ulike prosentandeler svinn i materialgjenvinningsprosessen

For totalt energibruk medfører materialgjenvinning der det er 10 % svinn spart energi på 17 kWh/kg plastemballasjeavfall, mens 30 % svinn medfører spart energi på 14 kWh/kg plastemballasjeavfall. Til sammenligning gir forbrenningsalternativene spart energibruk på 3,0 og 8,4 kWh/kg plastemballasje avhengig av om det er fjernvarmemiks eller olje/el som erstattes.

I likhet med resultatene for klimagassutslipp viser dette at svinn i materialgjenvinningsprosessen har stor innvirkning på resultatene, men at materialgjenvinning likevel representerer en bedre løsning enn energiutnyttelse med tanke på total energibruk for avfallsbehandling plastemballasje.

5 Konklusjoner

Resultatene viser at materialgjenvinning er det beste alternativet, uavhengig av hva som antas erstattet i forbrenningsalternativet, og dette gjelder både for miljøindikatoren drivhuseffekt og for total energibruk.

Oppsummering:

- For drivhuseffekt medfører materialgjenvinning en netto klimagevinst på 2,7 kg CO₂-ekvivalenter/kg plastemballasje sammenlignet med energiutnyttelse der det forutsettes at varmeproduksjon basert på norsk fjernvarmemiks erstattes.
 - Alternativt vil materialgjenvinning medføre en netto klimagevinst på 1,9 CO₂-ekvivalenter/kg plastemballasje hvis en forutsetter at produsert energi ved energiutnyttelse erstatter varmeproduksjon basert på 75 % olje og 25 % elektrisitet.
- For energibruk medfører materialgjenvinning netto spart energi på 12 kWh/kg plastemballasje sammenlignet med energiutnyttelse der det forutsettes at varmeproduksjon basert på fjernvarmemiks erstattes.
 - Dersom en sammenligner materialgjenvinning med energiutnyttelse der varmeproduksjon basert på 75% olje og 25% elektrisitet erstattes, gir materialgjenvinning en besparelse på 7 kWh/kg plastemballasje.

Av livsløpsfasene er det behandlingsfasen (materialgjenvinningsprosessen og forbrenning) og erstatning av energi og/eller materiale som er de viktigste. Dette betyr at gjenvinningsgraden (mengde svinn gjennom hele verdikjeden) og selve materialgjenvinningsprosessen har stor påvirkning på resultatene. For miljøpåvirkninger fra kildesortert plastemballasje er det knyttet størst usikkerhet til materialgjenvinningsprosessen, siden det her er benyttet gjennomsnittlige og ikke spesifikke data.

Transport gir et relativt lite bidrag sammenlignet med de andre livsløpsfasene.

Det er gjennomført en sensitivitetsanalyse av svinn i materialgjenvinningsprosessen, da det er en betydelig usikkerhet knyttet til denne. Analysen viser at for både klimapåvirkning og total energibruk har svinn i materialgjenvinningsprosessen stor innvirkning på resultatene, men materialgjenvinning representerer likevel en bedre løsning enn energiutnyttelse for avfallshåndtering av plastemballasje.

Denne analysen omfatter kun miljøpåvirkninger fra plastemballasjeavfall etter at avfallet har oppstått og ekskluderer miljøbelastninger fra produksjon og bruk.

6 Referanser

- Avfall Norge, 2007. Benchmarkingsstudie gjennomført for 15 kommuner/avfallsselskaper med data for 2005, data oversendt fra NGIR v/Erlend Kleiveland 25.03.2008, Avfall Norge.
- CML, 1992. CML 1992 v2.06 LCIA Characterisation Factors, Leiden, the Netherlands: Center of Environmental Science (CML) of Leiden University.
- Eon Energy, 2010. Technical Report for the MVB (MSW & Biomass) Waste to Energy Plants and the AVG Hazardous WTE Plant in Hamburg, Germany
<http://www.wtert.eu/default.asp?Menu=31&ShowNews=33>.
- Georgeson, R., 2006. Environmental benefits for recycling. An international review of life cycle comparisons for key materials in the UK recycling sector.
- Grønt Punkt, 2010. Data fra sorteringsanlegget ALBA og forbrenningsanlegget Eon Energy oppgitt av Dirk Mellen samlet inn ved hjelp av datainnsamlingskjemaer via Grønt Punkt Norge.
- Grønt Punkt, 2011a. Mengder innsamlet plastemballasje i Norge fra hvert hentested oppgitt av Grønt Punkt Norge mottatt på e-post fra Svein Erik Rødviik.
- Grønt Punkt, 2011b. Transportavstander og transportmiddel for hvert hentested til de to anleggene i Tyskland. Oppgitt av Bring via Grønt Punkt Norge.
- International Organization for Standardization (ISO), 2006. EN ISO 14044 Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines, Geneva, Switzerland.
- IPCC, 2007. Metode for beregning av drivhuseffekt i CO2-ekvivalenter, GWP 100a, versjon 1.02
- Norsk Fjernvarme, 2011. Norsk fjernvarmemiks for 2008. Hentet fra
<http://www.fjernvarme.no/index.php?sideID=68&ledd2=56&ledd1=21>.
- Raadal, H.L., Brekke, A. & Modahl, I.S., 2008. Miljøanalyse av ulike behandlingsformer for plastemballasje fra husholdninger. Østfoldforskning AS. OR 04.08. Available at: e.
- Raadal, H.L., Modahl, I.S. & Lyng, K.-A., 2009. Klimaregnskap for Avfallshåndtering, Fase I og II. Østfoldforskning AS. OR.18.09. Available at:
<http://www.ostfoldforskning.no/publikasjon/klimaregnskap-for-avfallshandtering-fase-i-og-ii-576.aspx>.
- Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2010. Ecolnvent database v. 2.2, Switzerland.
- Ölund, G. & Eriksson, E., 1998. Resthanteringsalternativ för plastförpackningar -en miljöpåverkansbedömning.
- Østfoldforskning, 2009a. Miljøpåvirkninger fra kinesisk elmiks hentet fra Østfoldforskningens database, basert på data fra IEA (International Energy Agency) og Ecolnvent data.
- Østfoldforskning, 2009b. Miljøpåvirkninger fra NorEl hentet fra Østfoldforskningens database. Elmiks basert på Ecolnvent data, men der vannkraftdataene byttes ut med spesifikke data.

Vedlegg 1

Forutsetninger for sorteringsanlegget ALBA

ALBA					
Mengde	11 000 tonn norsk avfall av totalt 91 000 tonn i 2010				
Energibruk sortering	300 000	kWh UCTE elmiks			
	100 000	liter diesel			
Fraksjoner	Andel	Transport	Behandling	Svinn	Erstatter
Reject: RDF/fine waste	4,50 %	50 km trailer	Energiutnyttelse. Virkningsgrad: 28% Leveringsgrad: 79%	0 %	UCTE elmiks
Reject: RDF inkl papir	18,90 %	50 km trailer	Energiutnyttelse. Virkningsgrad: 85% Leveringsgrad: 79%	0 %	UCTE elmiks
Mixed PE-film til Tyskland	21,66 %	225 km trailer	Ekstrudering (film) (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	LDPE
Mixed PE-film til Kina	14,44 %	10605 nautiske mil med båt 200 km trailer	Ekstrudering (film) (EcoInvent 2.2 med kinesisk elmiks)	20 %	LDPE
Mixed plastics	22,20 %	250 km trailer	Ekstrudering (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	PE
HDPE	3,30 %	300 km trailer	Ekstrudering (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	HDPE
PP	6,10 %	300 km trailer	Ekstrudering (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	PP
PET til Tyskland	2,80 %	250 km trailer	Fleeceproduksjon (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	PET
PET til Kina	4,20 %	10605 nautiske mil med båt 200 km trailer	Fleeceproduksjon (EcoInvent 2.2 med kinesisk elmiks)	20 %	PET
PS	1,90 %	300 km trailer	Ekstrudering (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	PS
SUM	100,00 %				

Forutsetninger for sorteringsanlegget GAR

GAR					
Mengde	10 000 tonn norsk avfall av totalt 48 000 tonn i 2010				
Energibruk sortering	Antas likt som ALBA				
Fraksjoner	Andel	Transport	Behandling	Svinn	Erstatter
Reject: RDF/mixed plastic	14,40 %	180 km trailer	Brensel i sementovn 85% virkningsgrad 100% utnyttelsesgrad	0 %	Kull som brensel
Mixed PE-film til Tyskland	9,50 %	225 km trailer (antas likt som ALBA)	Ekstrudering (film) (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	LDPE
Mixed PE-film til Kina	38,00 %	10605 nautiske mil med båt, 200 km trailer, 80 km med trailer	Ekstrudering (film) (EcoInvent 2.2 med kinesisk elmiks)	20 %	LDPE
Mixed plastics	30,80 %	220 km trailer	Ekstrudering (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	PE
HDPE	0,30 %	300 km trailer	Ekstrudering (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	HDPE
Hollow containers (HDPE)	0,60 %	32 km trailer	Ekstrudering (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	HDPE
PP	2,50 %	147 km trailer	Ekstrudering (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	PP
PE	2,30 %	200 km trailer	Ekstrudering (film) (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	LDPE
PET	1,60 %	80 + 200 km trailer	Fleeceproduksjon (EcoInvent 2.2 med UCTE elmiks)	20 %	PET
SUM	100,00 %				

Data fra Eon Energy

Annual amount of energy produced and annual amount of energy sold:

-produced: 504 GWh

-energy sold: 396 GWh

Amount of energy sold:

- as electricity: 100 %

- as heat: 0 %



Rapporter kan bestilles ved henvendelse,
samt lastes ned fra vår hjemmeside: www.ostfoldforskning.no