

Sammenligning av
kjemisk gjenvinning
og alternative
behandlingsmåter for
husholdningsplast,
Versjon II

Hanne Lerche Raadal,
Cecilia Askham Nyland,
Ole Jørgen Hanssen

OR 12.03
Fredrikstad mars 2003

RAPPORTFORSIDE

Rapportnr: OR 12.03	ISBN nr: 82-7520-483-6 ISSN nr: 0803-6659	Rapporttype: Oppdragsrapport
Rapporttittel: Sammenligning av kjemisk gjenvinning og alternative behandlingsmåter for husholdningsplast, versjon II.		Forfatter(e): Hanne Lerche Raadal, Cecilia Askham Nyland, Ole Jørgen Hanssen
Prosjektnummer: 233370	Prosjekttittel: Kjemisk gjenvinning av husholdningsplast	
Oppdragsgiver(e): Oppdragsgivers referanse:	Plastretur AS Peter Sundt	
Sammendrag: Det er benyttet livsløpsvurderinger for å få frem en overslagsmessig sammenligning av miljønytte ved kjemisk gjenvinning og alternative behandlingsmåter for plastavfall fra husholdninger. Rangeringen mellom de ulike alternativene varierer avhengig av hvilke miljøpåvirkninger som vurderes, bortsett fra forbrenning i avfallsforbrenningsanlegg som gir dårligst miljønytte for alle de vurderte miljøpåvirkningene. Kjemisk gjenvinning gir marginalt bedre miljønytte enn høy grad av mekanisk gjenvinning (49%) når det gjelder drivhuseffekt, men for de andre miljøpåvirkningskategoriene (forsuring, overgjødning og energiforbruk) kommer kjemisk gjenvinning klart dårligere ut enn både høy grad (49%) og lavere grad (21%) av mekanisk gjenvinning. Industriell energigjenvinning som erstatning for kull gir best miljønytte for forsuring og overgjødning. De viktigste forutsetningene ved de ulike behandlingsmetodene er avdekket, men dersom resultatene skal inngå som en viktig del i det strategiske arbeidet for å finne de miljømessig og økonomisk gunstigste metodene for gjenvinning av plast, anbefales at det gjennomføres oppfølgingsstudier som går grundigere inn i problemstillingene og tester ut de mest følsomme parametrene. Dette gjelder spesielt forutsetningen om at industriell energigjenvinning av plast i sementproduksjon erstatter kull, samt kvalitetssikring av data og forutsetninger tilknyttet kjemisk gjenvinning i Tyskland. Med bakgrunn i dette, samt EU's forslag om at kjemisk gjenvinning ikke skal regnes som materialgjenvinning, anbefales at det gjennomføres en mer omfattende studie. Dette kan danne grunnlag for viktige innspill både til strategiske valg for Plastretur og til EU-direktivet.		
Emneord: <ul style="list-style-type: none">• Plastemballasjeavfall• Kjemisk gjenvinning• Mekanisk gjenvinning• Energigjenvinning	Tilgjengelighet: Denne side: Åpen Denne rapport: Åpen	Antall sider inkl. bilag: 20
Godkjent Dato: 5.03.03		
Prosjektleder		Instituttleder
Hanne Lerche Raadal (sign)		Mie Vold (sign)

Innholdsfortegnelse

1	BAKGRUNN OG MÅL FOR STUDIEN	4
2	METODIKK.....	4
3	BESKRIVELSE AV DE ULIKE ALTERNATIVENE	4
4	DATAGRUNNLAG OG FORUTSETNINGER.....	8
4.1	MILJØDATA.....	8
5	NETTO MILJØNYTTE.....	9
5.1	FORBRUK AV PRIMÆRENERGI.....	10
5.2	DRIVHUSEFFEKT	12
5.3	FORSURING	13
5.4	OVERGJØDSLING	15
5.5	OPPSUMMERING MILJØNYTTE.....	17
6	KONKLUSJONER.....	19
7	REFERANSER	20

1 Bakgrunn og mål for studien

Plastretur har en avtale om å sende ca 3000 tonn plastemballasje fra Norge til Tyskland for kjemisk gjenvinning, som en forsøkskjøring. Plasten skal brytes ned til metanol som nytt råstoff. I tillegg blir det produsert elektrisitet fra denne prosessen. Med bakgrunn i dette ønsker Plastretur å vurdere miljønytte for et slikt gjenvinningsystem, og sammenligne det med resultatene fra tidligere gjennomførte analyser av behandling av plastemballasjeavfall. I tillegg skal det gjøres en overslagsmessig sammenligning av kostnadene for Plastretur ved de ulike behandlingsmåtene.

Mål

Gjennomføre en overslagsmessig sammenligning av miljønytte ved kjemisk gjenvinning og alternative behandlingsmåter for plast fra husholdninger.

2 Metodikk

Det er gjennomført livssyklusvurderinger (LCA) for de alternative behandlingsmåtene der utslipp til luft, vann og land tilknyttet de ulike aktiviteter i systemet hentes inn og beregnes. Ut i fra dette beregnes netto miljønytte for systemene.

3 Beskrivelse av de ulike alternativene

Alternativene beskriver ulike avfallshåndteringsløsninger for plast, og 'starter med' at 1 tonn plastavfall genereres i husholdningene. Funksjonell enhet i systemet er:
Avfallshåndtering av 1 tonn plastemballasje som oppstår i husholdningene.

Følgende hovedalternativer for behandling av plastemballasjeavfall er vurdert og sammenlignet:

- **Forbrenning:** Ingen kildesortering, plast samles inn sammen med restavfall og forbrennes i forbrenningsanlegg med energigjenvinning.
- **Mekanisk 21%:** kildesortering med hentesystem, 61% innsamlingsgrad og 21% mekanisk materialgjenvinningsgrad. Den mengde kildesortert plast som ikke gjenvinnes mekanisk (40%), forutsettes å bli energigjenvunnet i sementovner i Aalborg i Danmark. Den mengde plast som ikke kildesorteres (39%), forbrennes sammen med restavfallet.
- **Mekanisk 49%:** kildesortering med hentesystem, 61% innsamlingsgrad og 49% materialgjenvinningsgrad (tilnærmet maksimalt potensiale for mekanisk gjenvinning). Den mengde kildesortert plast som ikke gjenvinnes mekanisk (12%), forutsettes å bli energigjenvunnet i sementovner i Aalborg i Danmark. Den mengde plast som ikke kildesorteres (39%), forbrennes sammen med restavfallet.

- **Kjemisk 61%:** kildesortering med hentesystem, 61% innsamlingsgrad med etterfølgende transport til Tyskland for kjemisk gjenvinning hos SVZ¹. Den mengde plast som ikke kildesorteres (39%), forbrennes sammen med restavfallet.
- **Energi 61%:** kildesortering med hentesystem, 61% innsamlingsgrad med etterfølgende transport til Danmark for energigjenvinning i sementovner i Aalborg i Danmark. Den mengde plast som ikke kildesorteres (39%), forbrennes sammen med restavfallet.

Innsamlingsgrad er beregnet som følger:

$$\frac{\text{Mengde innsamlet plastemballasjeavfall per person og år (kg)}}{\text{Total mengde oppstått plastemballasjeavfall per person og år (kg)}} = \text{innsamlingsgrad}$$

Total mengde oppstått plastemballasjeavfall per person og år er oppgitt fra Plastretur og utgjør 13,4 kg per person og år (basis 1998).

For alle alternativene, bortsett fra 'Forbrenning' er mengde innsamlet plastemballasjeavfall per person og år beregnet med bakgrunn i gjennomsnittlige data fra Hamar- og Molde-regionene (8,2 kg/person og år, tilsvarer 61% innsamlingsgrad) i 2002.

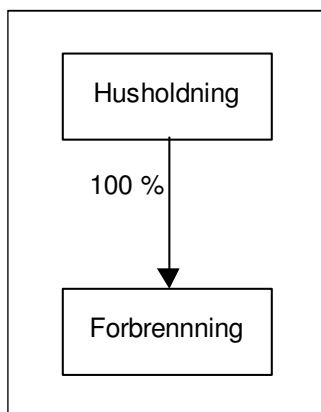
For alternativet 'Mekanisk 21%' er fordeling av innsamlet plast til mekanisk gjenvinning og energigjenvinning beregnet ut i fra målinger som ble utført på sorteringsanlegget (SSR) sommeren 2002 [5].

For alternativet 'Mekanisk 49%' forutsettes at en større andel av innsamlet plast på sorteringsanlegget sorteres ut til mekanisk gjenvinning.

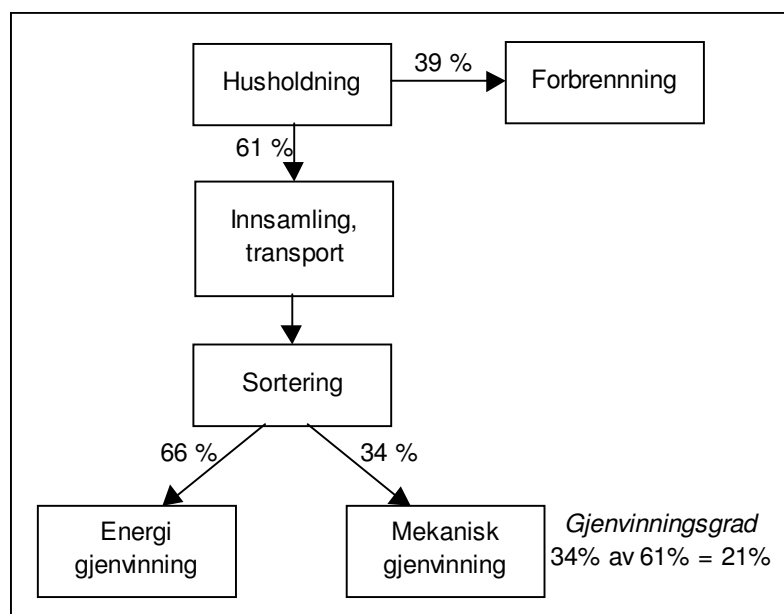
For alternativene 'Kjemisk 61%' og 'Energi 61%' forutsettes ingen sortering av innsamlet plast, men direkte transport til de respektive anleggene for kjemisk gjenvinning i Tyskland og energigjenvinning i Danmark.

I figurene 1-5 er de fem alternativene som er sammenlignet nærmere beskrevet ved hjelp av flytskjema.

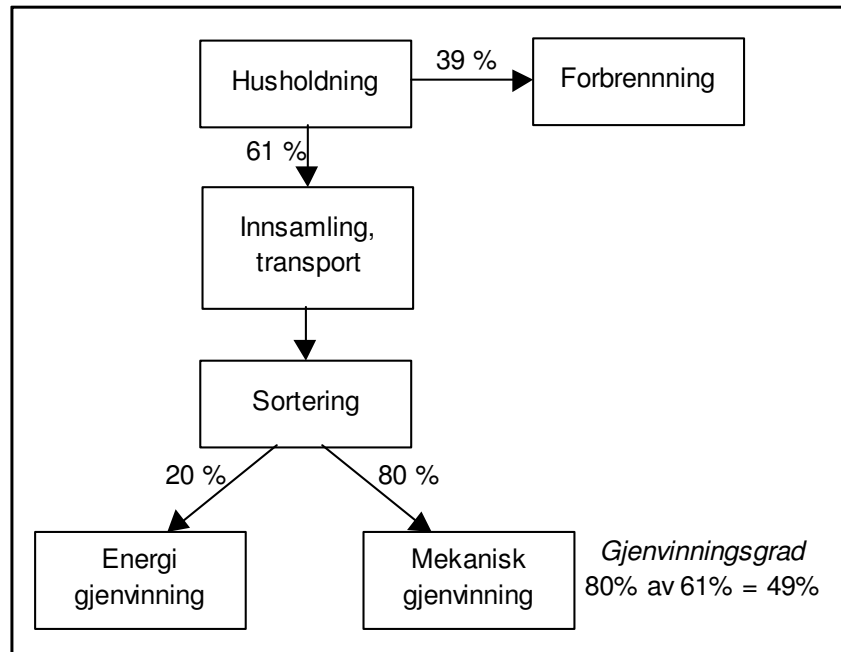
¹ Skundärrohstoff-Verwertungszentrum, Spreetal, Tyskland



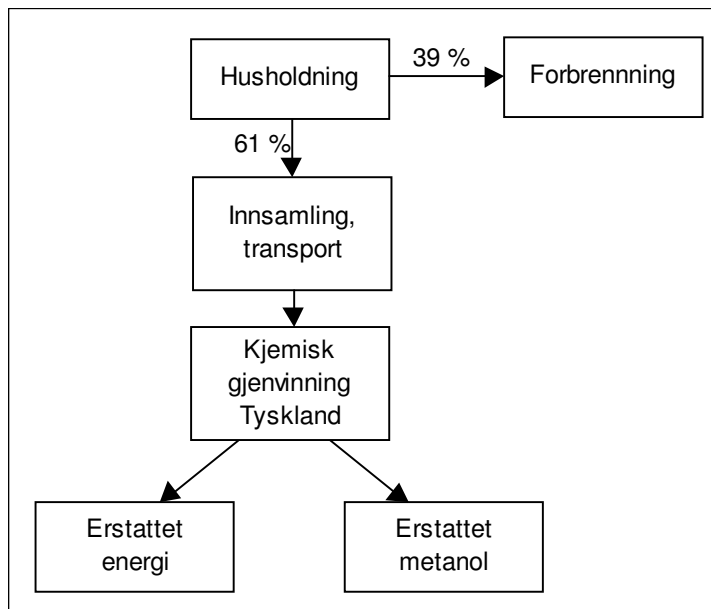
Figur 1: 'Forbrenning': all plast følger restavfallet til forbrenningsanlegg med energiutnyttelse.



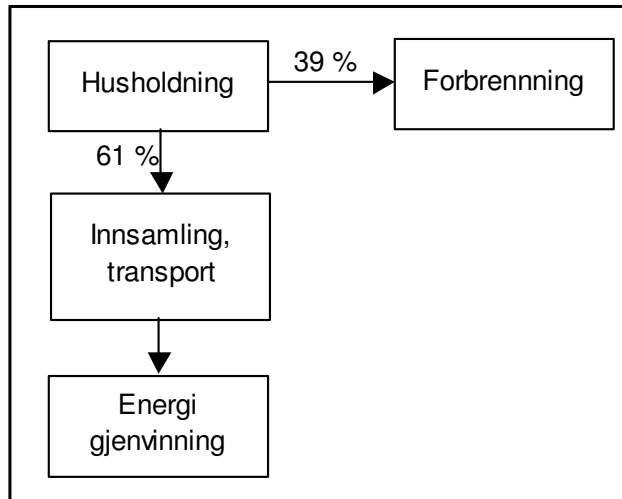
Figur 2: 'Mekanisk 21%': kildesortering med 61% innsamlingsgrad og 21% materialgjenvinningsgrad.



Figur 3: 'Mekanisk 49%': kildesortering med 61% innsamlingsgrad og 49% materialgjenvinningsgrad.



Figur 4: 'Kjemisk 61%': kildesortering med 61% innsamlingsgrad og kjemisk gjenvinning i Tyskland.



Figur 5: Energi 61%': kildesortering med 61% innsamlingsgrad og energigjenvinning i Danmark.

4 Datagrunnlag og forutsetninger

4.1 Miljødata

For datagrunnlaget til miljøanalysen vedrørende mekanisk gjenvinning vises til tidligere gjennomførte studier [2] og [3]. For kjemisk gjenvinning gjelder spesifikke data for SVZs anlegg fra Fraunhofer Institut, 2000 [1].

For mekanisk gjenvinning forutsettes at plasten presses lokalt og transporteres til sorteringsanlegg. For kjemisk gjenvinning og energigjenvinning forutsettes at det ikke er nødvendig å sortere kildesortert plast, men at plasten presses og transporteres med bil direkte til henholdsvis Spreetal i Tyskland og Aalborg i Danmark.

Forbrenning med energigjenvinning:

I analysene forutsettes at den mengde plast som ikke kildesorteres, forbrennes i avfallsforbrenningsanlegg med en energiutnyttelsesgrad på 75% (gjennomsnitt for norske anlegg). Videre antas at 75% av utnyttet energi erstatter olje og at 25% erstatter elektrisitet.

Mekanisk og kjemisk gjenvinning:

Ved mekanisk gjenvinning forutsettes regranulatet å erstatte jomfruelig produsert plastgranulat. For kjemisk gjenvinning forutsettes at metanol og strøm, som produseres i prosessen, erstatter tyskprodusert metanol og strøm.

I beregningene er det ikke tatt høyde for ekstra nytte ved at plast kan gjenvinnes mekanisk eller kjemisk flere ganger for til slutt å bli energigjenvunnet [4].

Energigjenvinning av sortert plast ('energiplast')

Ikke all plastemballasje egner seg til mekanisk gjenvinning med dagens teknologi. Det kan være er ulike årsaker til dette, blant annet kan nevnes: at plastemballasjen består av laminaer og/eller at det er ulike plasttyper i samme produkt, at den er tilgriset av matrester, at det er store kostnader med høyere utsorteringsgrad ved bruk av dagens manuelle sorteringsteknologi m.m. Med bakgrunn i dette, sorteres i dag en større andel av innsamlet plast ut for å bli benyttet som brensel til ulike industriformål (energigjenvinning). Forbrenning av den sorterte plasten forutsettes å foregå i industrielle prosesser (sementproduksjon) som har kontinuerlig behov for energi, noe som medfører høy energiutnyttelsesgrad (~100%). Dessuten forutsettes plasten å erstatte kull [5], og totalt sett medfører slike forhold for energigjenvinning betydelig større miljøgevinst enn energiutnyttelse i et avfallsforbrenningsanlegg.

I prosjektets slutfase ble det avklart at Plastretur i 2003 skal sende 'energiplasten' til Aalborg Portland AS i Danmark som produseres sement. Etter å ha tatt direkte kontakt med Aalborg Portland AS [8], viser det seg at riktig forutsetning for energigjenvinning i dette anlegget er at plasten erstatter petroleumskoks (petcoke). Sannsynligvis vil dette medføre større miljønytte for dette scenariet enn ved erstatning av kull fordi det antas at 'petcoke' er en 'mer skitten' energibærer en kull. Dette bør imidlertid sjekkes ut nærmere.

5 Netto miljønytte

Netto miljønytte presenteres for følgende miljøpåvirkninger:

- Forbruk av primærenergi
- Drivhuseffekt
- Forsuring
- Overgjødning (eutrofiering)

Tabell 2 under viser eksempler på hvilke utslipp som bidrar til de ulike miljøpåvirkningene og de potensielle miljøeffekter disse kan gi.

Miljøpåvirknings-kategori	Eksempel på utslipp	Potensielle miljøeffekter dette kan føre til:
Global klimaendring/ drivhuseffekt	CO ₂ N ₂ O CH ₄ CF ₄ /C ₂ F ₆	Temperaturøkning i nedre delen av atmosfæren (drivhuseffekt og klimaendring). Dette vil sannsynligvis føre til alvorlige konsekvenser for hele jorda, i form av endret/mer ekstremt klima, økt ørkendannelse, hevet vannstand pga isbresmelting, osv.
Forsuring	SO ₂ HCl NO _x	Fiskedød, skogsdød, korrosjonsskader, skader på bygninger, utløsning av tungmetaller med virkning på dyr, vegetasjon og helse.
Overgjødning (eutrofiering)	Tot N, vann Tot P, vann	Økt algevekst som følge av tilførsel av næringsstoffer kan medføre oksygenmangel og dermed lokale gjengroingseffekter i innsjøer og hav.

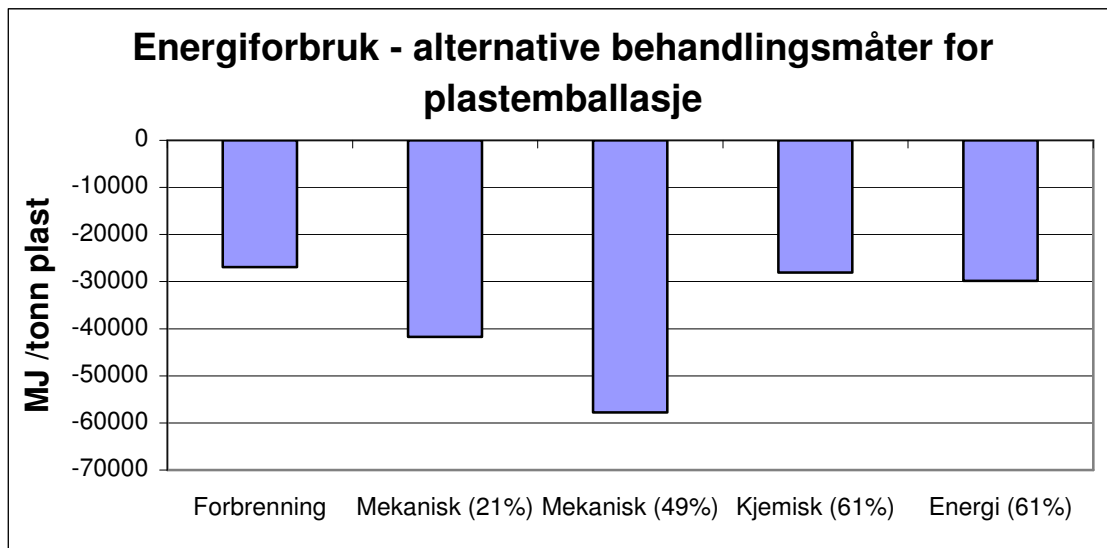
Tabell 2: Sammenheng mellom miljøpåvirkningskategori, utslipp og potensielle miljøeffekter.

I det følgende vises miljønytte for de ulike scenarier for behandling av plastemballasjeavfall som er vurdert.

5.1 Forbruk av primærenergi

I 'Energiforbruk' inngår forbruk av energi som er bundet i materialet, energi som går med for å utvinne energibærere, energi for å drive de ulike prosesser, samt energi til transport.

Figur 6 viser primær energi i MJ per tonn plast for de ulike alternativene.



Figur 6: Forbruk av primær energi i MJ per tonn plast for de ulike alternativene.

Figuren viser at alle de presenterte behandlingsgjenvinningsalternativene medfører spart energi, vist ved at de har et negativt energiforbruk.

Mekanisk gjenvinning (49%) medfører den største energibesparelsen på ca 60 000 MJ eller 16 500 kWh per tonn plast som gjenvinnes. Dette tilsvarer ca 70% av årlig elektrisitetsforbruk for en gjennomsnittsbolig i Norge [6].

Høyest grad av mekanisk gjenvinning kommer best ut fordi det å gjenvinne plast mekanisk som erstatning for jomfruelig plast, medfører størst besparelse i energiforbruk fordi produksjon av jomfruelig plast er en ressurskrevende prosess (jfr. '2 kg olje for å produsere 1 kg plast').

Videre sees at mekanisk gjenvinning med hentesystem slik det er i Hamar- og Molderegionen (61% innsamlingsgrad, 21% gjenvinningsgrad) gir nest best resultat vedrørende energiforbruk, mens kjemisk gjenvinning og energigjenvinning (61%

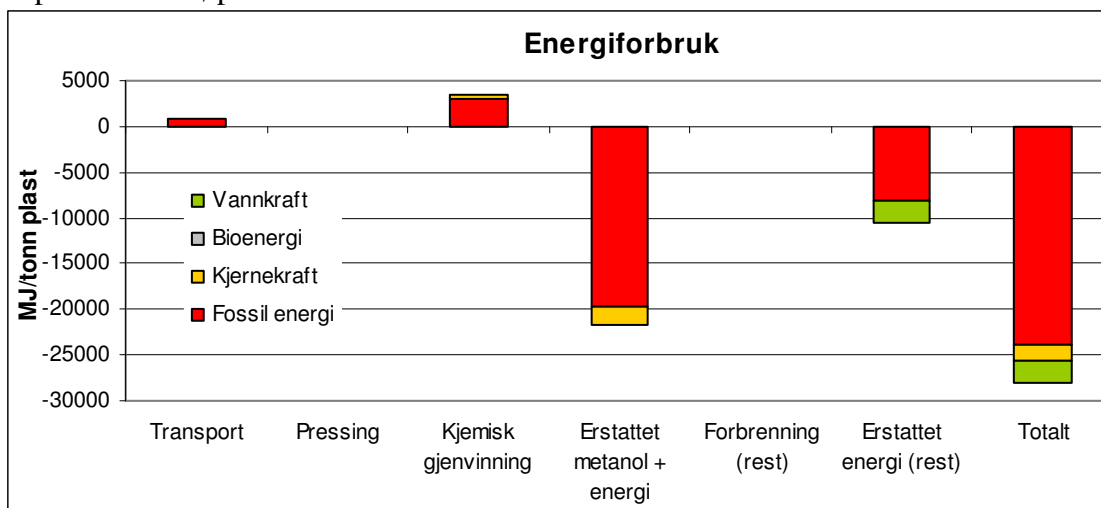
innsamlingsgrad), samt forbrenning med 75% energiutnyttelse kommer tilnærmet likt ut med spart energi på ca 30 000 MJ per tonn plast.

For å vurdere miljønytte ved kjemisk gjenvinning nærmere, er livsløpsregnskapet for dette alternativet vist mer i detalj i det følgende. Tabell 3 gir en beskrivelse av de ulike livsløpstrinn.

Livsløpstrinn	Beskrivelse
Transport	Alt transportarbeid som utføres for å forflytte plasten (både kildesortert og plast i restavfall).
Pressing	Miljøbelastninger ved pressing av kildesortert plast.
Kjemisk gjenvinning	Miljøbelastninger ved kjemisk gjenvinning av plastemballasjeavfall til metanol og elektrisitet ved anlegget til SVZ i Tyskland.
Erstattet metanol + energi	Kreditering av miljøbelastninger tilknyttet utvinning og produksjon av metanol og tysk elektrisitet, som forutsettes å bli erstattet ved kjemisk gjenvinning.
Forbrenning (rest)	Miljøbelastninger fra forbrenning av den andel plastemballasjeavfall som ikke blir kildesortert.
Erstattet energi (rest)	Kreditering av miljøbelastninger tilknyttet utvinning og bruk av den mengde og type energibærer som erstattes av energi fra forbrenningsanlegget (forutsetter 75% energiutnyttelse og 75% olje/25% elektrisitet erstattet).
Total	Total netto miljøbelastning/nytte for kjemisk gjenvinning

Tabell 3: Beskrivelse av de ulike livsløpstrinn for analysen av kjemisk gjenvinning.

I figuren under presenteres energiforbruket for de ovenfor beskrevne aktiviteter i plastens livsløp.



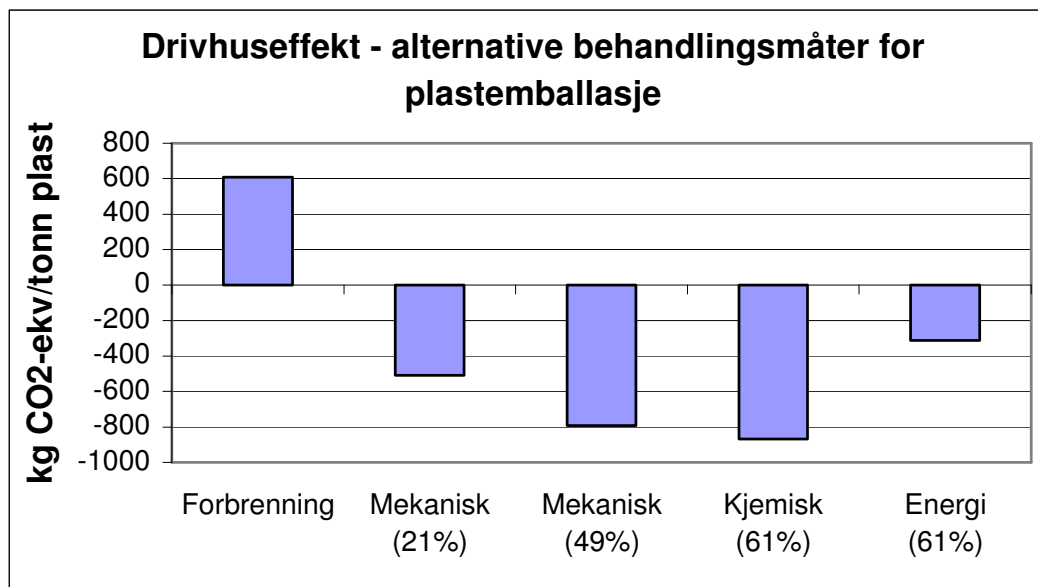
Figur 7: Energiforbruk ved kjemisk gjenvinning fordelt på de ulike aktiviteter.

Figuren viser at kjemisk gjenvinning gir en netto energibesparelse fordi produktene fra prosessen erstatter metanol og tysk strøm. Netto nytte av kjemisk gjenvinning er ca 18 000 MJ per tonn plast (ved 61% gjenvinningsgrad). I tillegg ses at den andel plast som ikke blir kildesortert, men følger restavfallet også medfører energibesparelse fordi dette blir energigjenvunnet. Netto nytte ved denne aktiviteten er ca 10 000 MJ per tonn plast.

Totalt sett gir systemet en energibesparelse på i underkant av 30 000 MJ per tonn plast som oppstår i husholdningene. Figur 7 viser i tillegg at energiforbruket i hovedsak utgjøres av fossil energi.

5.2 Drivhuseffekt

Figur 8 viser bidrag til drivhuseffekt i kg CO₂-ekvivalenter per tonn plast for de ulike behandlingsalternativene.



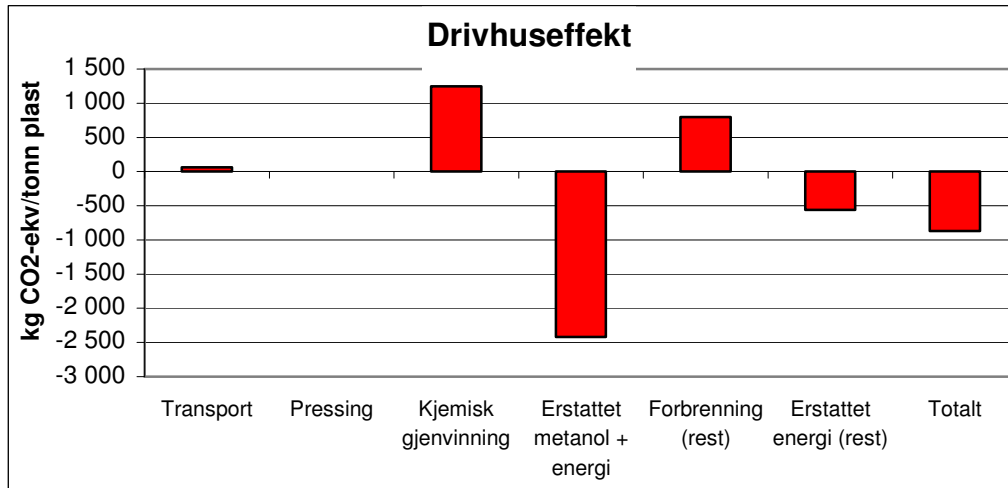
Figur 8: Bidrag til drivhuseffekt for de ulike behandlingsalternativene.

Figuren viser at kjemisk gjenvinning og mekanisk gjenvinning (49%) kommer klart best ut når det gjelder bidrag til drivhuseffekt, begge med en besparelse på rundt 800 kg CO₂ per tonn plast som oppstår i husholdningene. Dette tilsvarer ca 80% av årlig CO₂-utslipp fra personbiltrafikk fra en 'gjennomsnittsnordmann' [7]. Kjemisk gjenvinning gir marginalt bedre miljønytte enn mekanisk gjenvinning (49%), men forskjellen mellom de to alternativene ligger innefor usikkerhetsnivået i beregningene.

Mekanisk gjenvinning med hentesystem slik det er i Hamar- og Moldere regionen i dag (61% innsamlingsgrad, 21% gjenvinningsgrad) kommer ut som nummer tre, og energiutnyttelse av kildesortert plast i sementovner som nummer fire. Disse alternativene medfører netto besparelse av CO₂-utslipp på henholdsvis ca 500 kg ('Mekanisk 21%') og 300 kg CO₂ ('Energi 61%') per tonn plast. Dette tilsvarer henholdsvis ca 50% og 30% av årlig CO₂-utslipp fra personbiltrafikk fra en 'gjennomsnittsnordmann' [7].

Forbrenning i avfallsforbrenningsanlegg gir klart dårligst resultat med en netto tilførsel av drivhusgasser på ca 600 kg CO₂ per tonn plast. Dette kommer av at utslippene av CO₂ ved forbrenning av plast er høyere enn sparte CO₂-utslipp fra forbrenning av olje (ved 75% energiutnyttelsesgrad).

Tilsvarende som for energiforbruk, presenteres livsløpsregnskapet for kjemisk gjenvinning mer i detalj i figur 9 under. For nærmere beskrivelse av de ulike livsløpstrinnene vises til tabell 3 over.



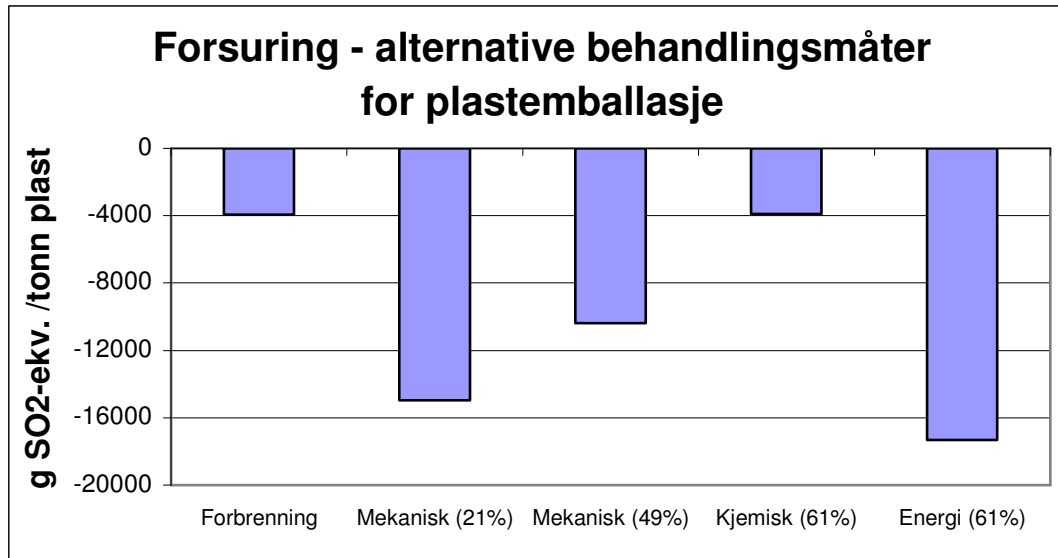
Figur 9: Bidrag til drivhuseffekt ved kjemisk gjenvinning fordelt på de ulike aktiviteter.

Figuren viser at kjemisk gjenvinning gir en netto besparelse av CO₂-utslipp fordi produktene fra prosessen erstatter metanol og tyskproduisert strøm. Netto miljønytte ved kjemisk gjenvinning er ca 1170 kg CO₂ per tonn plast som oppstår i husholdningene (ved 61% gjenvinning). I tillegg ses at den andel plast som ikke blir kildesortert, men følger restavfallet medfører en netto miljøbelastning på ca 240 kg CO₂ som oppstår i husholdningene.

Totalt sett gir behandlingsalternativet en netto miljønytte på ca 900 kg CO₂ per tonn plast som oppstår i husholdningene.

5.3 Forsuring

Figur 10 viser bidrag til forsuring i g SO₂-ekvivalenter per tonn plast for de ulike behandlingsalternativene.



Figur 10: Bidrag til forsuring for de ulike alternativene.

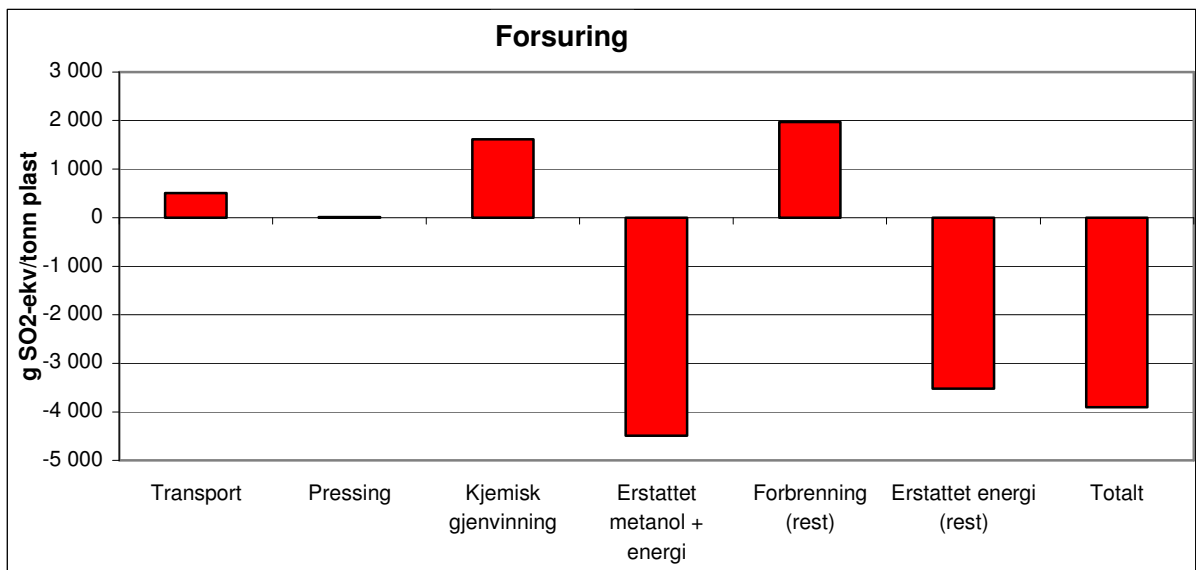
Figuren viser at industriell energigjenvinning (Energi 61%) medfører størst miljønytte med en besparelse på ca 17 kg SO₂ per tonn plast som oppstår i husholdningene. Mekanisk gjenvinning med innsamlings- og gjenvinningsgrad slik det er i Hamar- og Molderegionen i dag (Mekanisk 21%) er det nest beste alternativet med netto besparelse av SO₂-utslipp på ca 15 kg per tonn plast. Deretter kommer 'Mekanisk 49%' som nummer tre med sparte SO₂-utslipp på ca 10 kg.

Kjemisk gjenvinning og forbrenning på forbrenningsanlegg kommer dårligst og tilnærmet likt ut når det gjelder bidrag til forsuring, begge med en besparelse på ca 4 kg SO₂ per tonn plast.

Årsaken til at industriell energigjenvinning av kildesortert plast (sementovner i Danmark) gir størst miljønytte er høy energiutnyttelse (100%) og erstatning av kull. Kull er en relativt 'skitten' energibærer i forhold til svovel-innhold og sparte utslipp fra denne energibæreren medfører derfor stor miljønytte.

Alternativet 'Mekanisk 21%' har en høyere andel kildesortert plast som energigjenvinnes i Danmark enn 'Mekanisk 49%' (henholdsvis 40% og 12%). Dette betyr at når det gjelder bidrag til forsuring, gir energigjenvinning med høy energiutnyttelse og erstatning av kull bedre miljønytte enn mekanisk gjenvinning.

Tilsvarende som for energiforbruk og drivhuseffekt, presenteres livsløpsregnskapet for kjemisk gjenvinning mer i detalj i figur 11 under. For nærmere beskrivelse av de ulike aktivitetene, vises til tabell 3 over.



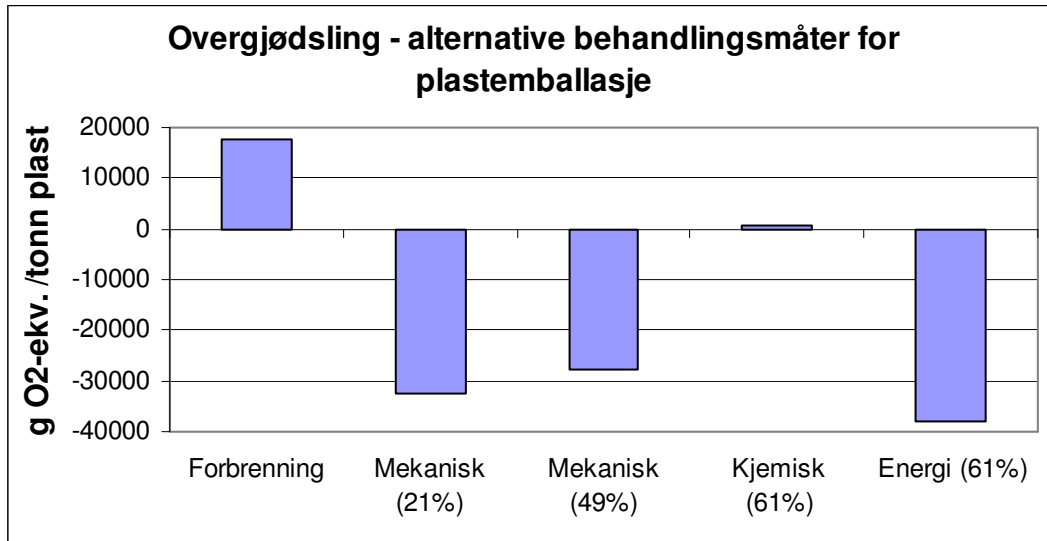
Figur 11: Bidrag til forsuring ved kjemisk gjenvinning fordelt på de ulike aktiviteter.

Figuren viser at kjemisk gjenvinning gir en netto besparelse av SO₂-utslipp fordi produktene fra prosessen erstatter metanol og tyskproduisert strøm. Netto miljønytte ved kjemisk gjenvinning er ca 2,9 kg SO₂ per tonn plast som oppstår i husholdningene (ved 61% gjenvinning). I tillegg ses at den andel plast som ikke blir kildesortert, men følger restavfallet medfører en netto miljønytte på ca 1,6 kg SO₂ per tonn plast.

Totalt sett gir behandlingsalternativet en netto miljønytte på ca 3,9 kg SO₂ per kg plast som oppstår i husholdningene.

5.4 Overgjødning

Figur 12 viser bidrag til overgjødning (eutrofiering) i g O₂-ekvivalenter per tonn plast for de ulike behandlingsalternativene.



Figur 12: Bidrag til overgjødning for de ulike alternativene.

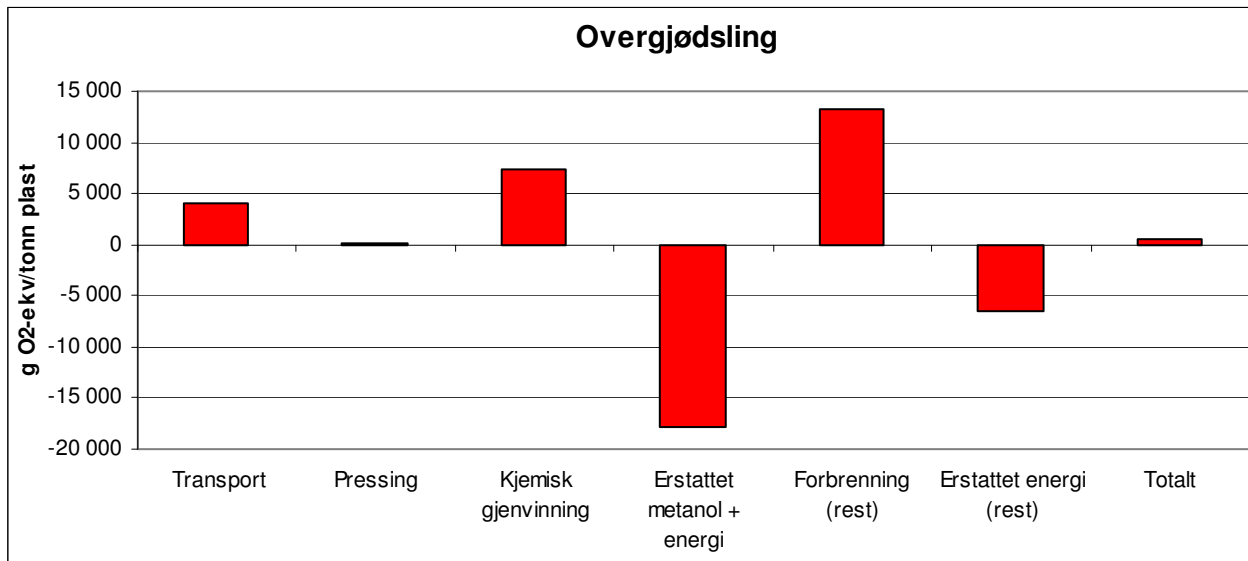
Figuren viser at industriell energigjenvinning (Energi 61%) og mekanisk gjenvinning (både 21% og 49%) alle gir netto miljønytte i forhold til overgjødning.

Energi 61% medfører størst miljønytte, mekanisk gjenvinning med innsamlings- og gjenvinningsgrad slik det er i Hamar- og Molderegionen i dag (Mekanisk 21%) er det nest beste alternativet, mens mekanisk gjenvinning med gjenvinningsgrad på 49% kommer ut som nummer tre.

Dette betyr at også når det gjelder overgjødning, gir energigjenvinning med høy energiutnyttelse og erstatning av kull bedre miljønytte enn høy grad av mekanisk gjenvinning. Begrunnelsen er den samme som for miljøpåvirkningen forsurening: Uttak og forbrenning av kull medfører høye NO_x-utslipp (som er største bidragsyter til overgjødning). Det betyr at sparte utslipp fra denne energibæreren medfører stor miljønytte.

Forbrenning på avfallsforbrenningsanlegg kommer desidert dårligst ut med en miljøbelastning på 18000 g O₂-ekvivalenter per tonn plast.

Livsløpsregnskapet for kjemisk gjenvinning presenteres mer i detalj i figur 13 under. For nærmere beskrivelse av de ulike livsløpstrinnene, vises til tabell 3 over.



Figur 13: Bidrag til overgjødning ved kjemisk gjenvinning fordelt på de ulike livsløpstrinn.

Figuren viser at når det gjelder overgjødning, gir kjemisk gjenvinning av kildesortert plast en netto miljøgevinst (ca 10,5 kg O₂-ekvivalenter), mens forbrenning av platen i restavfallet gir en miljøbelastning (ca 6,7 kg O₂-ekvivalenter).

Totalt sett gir behandlingsalternativet en netto miljøbelastning på ca 0,4 kg O₂ per kg plast som oppstår i husholdningene.

5.5 Oppsummering miljønytte

Studien viser at rangeringen mellom de ulike alternativene varierer avhengig av hvilke miljøpåvirkninger som vurderes, men at forbrenning i avfallsforbrenningsanlegg gir dårligst miljønytte for alle de vurderte miljøpåvirkningskategoriene.

I tabell 4 oppsummeres resultatene for de ulike miljøpåvirkningskategoriene.

Miljøpåvirkningskategori	Forbrenning	Mekanisk 21%	Mekanisk 49%	Kjemisk 61%	Energi 61%
Energiforbruk	5	2	1	4	3
Drivhuseffekt	5	3	2	1	4
Forsuring	5	2	3	4	1
Overgjødning	5	2	3	4	1

Tabell 4: Resultatene for de ulike miljøpåvirkningskategoriene

Tabellen viser at høyest grad av mekanisk gjenvinning gir best resultat for energiforbruk, kjemisk gjenvinning gir best resultat for drivhuseffekt, mens industriell energigjenvinning av kildesortert plast gir best resultat for forsuring og overgjødning.

Energiforbruk

Mekanisk gjenvinning av plastemballasje medfører klart best miljønytte, og jo høyere gjenvinningsgrad, jo større miljønytte. Kjemisk gjenvinning og industriell energigjenvinning som erstatning for kull gir tilnærmet lik miljønytte, noe bedre enn forbrenning i avfallsforbrenningsanlegg.

Drivhuseffekt

Kjemisk gjenvinning gir best miljønytte, marginalt bedre enn høyest grad av mekanisk gjenvinning (49%). 'Mekanisk 21%' er tredje best, mens industriell energigjenvinning som erstatning for kull kommer ut som fjerde beste alternativ. Forbrenning kommer klart dårligst ut.

Forsuring

Industriell energigjenvinning som erstatning for kull gir best miljønytte, deretter kommer 'Mekanisk 21%' og 'Mekanisk 49%'. Jo lavere grad av mekanisk gjenvinning, på bekostning av økt industriell energigjenvinning, jo bedre blir altså miljønyttene, noe som er motsatt enn for drivhuseffekt og energiforbruk. Dette kommer av at kull, som har høye NOx- og SO₂- utslipp ved produksjon og bruk, forutsettes å bli erstattet.

Kjemisk gjenvinning og forbrenning kommer tilnærmet likt og dårligst ut.

Overgjødsling

Industriell energigjenvinning som erstatning for kull gir størst miljønytte, noe bedre enn 'Mekanisk 21%' og 'Mekanisk 49%'. Også for overgjødsling gjelder at jo lavere grad av mekanisk gjenvinning, på bekostning av økt industriell energigjenvinning, jo bedre blir miljønyttene (tilsvarende som for forsuring). Forskjellene er ikke like store som for forsuring, men forutsetningen om at kull erstattes ved energigjenvinning slår ut som en svært følsom parameter også her.

Kjemisk gjenvinning kommer ut som nummer fire, mens forbrenning kommer desidert dårligst ut.

6 Konklusjoner

Rangeringen mellom de ulike alternativene varierer avhengig av hvilke miljøpåvirkninger som vurderes, bortsett fra forbrenning i avfallsforbrenningsanlegg som gir dårligst miljønytte for alle de vurderte miljøpåvirkningene.

Kjemisk gjenvinning gir marginalt bedre miljønytte enn mekanisk gjenvinning når det gjelder drivhuseffekt, men for de andre miljøpåvirkningskategoriene kommer kjemisk gjenvinning klart dårligere ut enn både høy grad (49%) og lavere (21%) grad av mekanisk gjenvinning.

Industriell energigjenvinning som erstatning for kull gir best miljønytte for forsuring og overgjødning.

Det presiseres at studien er gjennomført ved å utføre grovanalyser av miljønytte ved ulike behandlingsmetoder for plast. Dette har medført at de viktigste forutsetningene ved de ulike behandlingsmetodene er avdekket. Dersom resultatene skal inngå som en viktig del i det strategiske arbeidet for å finne de miljømessig og økonomisk gunstigste metodene for gjenvinning av plast, anbefales at det gjennomføres oppfølgingsstudier som går grundigere inn i problemstillingene og tester ut de mest følsomme parametrene. Dette gjelder spesielt forutsetningen om at industriell energigjenvinning av plast i sementproduksjon erstatter kull, samt kvalitetssikring av data og forutsetninger tilknyttet kjemisk gjenvinning i Tyskland.

Med bakgrunn i dette, samt EU's forslag om at kjemisk gjenvinning ikke skal regnes som materialgjenvinning, anbefales at det gjennomføres en mer omfattende studie. Dette kan danne grunnlag for viktige innspill både til strategiske valg for Plastretur og til EU-direktivet.

7 Referanser

[1]Bez, J., Kremer, M. (Mars 2000): *Verwertung von Kunststoffabfällen aus Sammlungen des Dualen Systems im Verfahren des Dualen Systems im Verfahren des Sekundärrohstoff-Verwertungszentrums Schwarze Pumpe, Ökologische Analyse nach dem LCA-Prinzip*, Fraunhofer Institut, Freising, Tyskland.

[2] Raadal, H. L., von Krogh, L., Nyland, C. A., Hanssen, O. J. (2001): *Miljø- og samfunnsøkonomisk vurdering av håndtering av plastemballasjeavfall fra husholdninger i Hamar- og Drammensregionen*, Stiftelsen Østfoldforskning, OR.24.01

[3] Raadal, H. L., Hanssen, O. J., og Rymoene, E. (1999): *Gjenvinning av plast i Drammensregionen. Vurdering av miljø- og ressurseffektivitet i innsamling og gjenvinning av plastemballasjeavfall*, Stiftelsen Østfoldforskning, OR 17.99.

[4] Nyland, C. A., Raadal, H. L., Hanssen, O. J., og Modahl, I. S.: "How LCA is Used for Assessment of Waste Management Systems, Including a Modell Allowing for Recycling of Material Several Times", vitenskapelig artikkel under utarbeidelse, nov.01.

[5] Schefte, Geir: Mail 12.11.02

[6] Bøeng, A. C., Nesbakken, R., 1999: Energiforbruk til stasjonære og mobile formål per husholdning 1993, 1994, 1995. Gjennomsnittstall basert på forbruksundersøkelse. SSB-rapport 99/22.

[7] SSB, 2002: Årlig statistikk veitrafikk, personbiler.
Statistikk befolkning i Norge.

[8] Mogensen, O. (Aalborg Portland A/S): Mail av 27.01.03