

Miljøvurdering av  
gjenvinnbare og gjenfyllbare  
PET-flasker brukt som  
drikkevareemballasje i Norge

Hanne Lerche Raadal,  
Cecilia Askham Nyland,  
Ingunn Saur Modahl,  
Ole Jørgen Hanssen

OR 10.03  
Fredrikstad juni 2003  
Stiftelsen Østfoldforskning (STØ)  
[www.sto.no](http://www.sto.no)

**RAPPORTFORSIDE**

<b>Rapportnr:</b> OR 10.03	<b>ISBN nr: 82-7520-480-1</b> <b>ISSN nr: 0803-6659</b>	<b>Rapporttype:</b> Oppdragsrapport
<b>Rapporttittel:</b> Miljøvurdering av gjenvinnbare og gjenfyllbare PET-flasker brukt som drikkevareemballasje i Norge.		<b>Forfatter(e):</b> Hanne Lerche Raadal, Cecilia Askham Nyland, Ingunn Saur Modahl, Ole Jørgen Hanssen
<b>Prosjektnummer:</b> 223530	<b>Prosjekttittel:</b> Miljøvurdering PET-flasker	
<b>Oppdragsgiver(e):</b>	Norsk Resirk AS	
<b>Oppdragsgivers referanse:</b>	Jarle Grytli	
<p><b>Sammendrag:</b></p> <p>Prosjektet vurderer miljøaspekter ved bruk av gjenvinnbare kontra gjenfyllbare flasker under dagens forutsetninger for gjenfyllbare flasker vedrørende volum, flaskestørrelser m.m. Det er benyttet livsløpsvurderinger (LCA) basert på ISO-standardene 14040-43 ved gjennomføring av analysene.</p> <p>Prosjektet har etablert en referansegruppe bestående av aktører gjennom drikkevaresystemenes verdikjede, fra flaskeprodusent til gjenvinningsanlegg. Referansegruppen har deltatt aktivt ved innhenting og kvalitetssikring av data.</p> <p><b>Konklusjoner</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Med gjeldende forutsetninger i hovedanalysen og ut fra generell antagelse om usikkerhet i livsløpsvurderinger på ca +/-30%, er de to systemene miljø- og ressursmessig tilnærmet likeverdige.</li> <li>- Følsomhetsvurderingene viser at systemet med gjenvinnbare flasker vil bli vesentlig (&gt;30%) <u>mindre</u> miljøbelastende enn gjenfyllbare flasker dersom:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gjenvinnbare flasker blir produsert med minst 35% resirkulert materiale (drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk)</li> <li>- Gjenvinningen skjer i Norge (drivhuseffekt)</li> </ul> </li> <li>- Følsomhetsvurderingene viser at systemet med gjenvinnbare flasker vil bli vesentlig (&gt;30%) <u>mer</u> miljøbelastende enn gjenfyllbare flasker dersom :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gjenvinnbare flasker blir produsert kun av jomfruelig PET-materiale (drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk)</li> <li>- Blåsing av gjenvinnbare flasker foregår hos flaskeprodusent (alle kategoriene)</li> <li>- Innsamlingsgrad for gjenvinnbare flasker blir lavere enn 80% (drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk)</li> </ul> </li> <li>- Følsomhetsvurderingene viser at følgende endringer i forutsetningene ikke medfører forskjeller i systemene utover usikkerhetsnivået på 30%:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Innføring av 2-liters flasker for 35% av produksjonsvolumet i systemet med gjenvinnbare flasker</li> <li>- Endring av tripptall for de gjenfyllbare flaskene</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Emneord:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PET-flasker</li> <li>• Miljøvurdering</li> <li>• Gjenvinning</li> <li>• LCA/livsløpsanalyse</li> </ul>	<b>Tilgjengelighet:</b>  <b>Denne side:</b> Åpen <b>Denne rapport:</b> Åpen	<b>Antall sider inkl. bilag:</b> 50
<b>Godkjent dato:</b> 04.06.03		
<b>Prosjektleder</b>	<b>Instituttleder</b>	
<b>Hanne Lerche Raadal</b> (sign)	<b>Mie Vold</b> (sign)	

# Innholdsfortegnelse

<b>ORDLISTE</b> .....	<b>4</b>
<b>1 SAMMENDRAG</b> .....	<b>7</b>
<b>2 BAKGRUNN FOR STUDIEN</b> .....	<b>11</b>
<b>3 MÅL</b> .....	<b>11</b>
<b>4 METODIKK OG ORGANISERING</b> .....	<b>11</b>
4.1 KORT INTRODUKSJON AV LCA - METODIKKEN .....	11
4.2 ORGANISERING .....	13
<b>5 SYSTEMBESKRIVELSE OG FORUTSETNINGER</b> .....	<b>14</b>
5.1 GENERELLE FORUTSETNINGER OG DATAGRUNNLAG .....	14
5.1.1 Forutsetninger for hovedanalysen .....	14
5.1.2 Datagrunnlag.....	17
5.2 SYSTEM FOR GJENFYLLBARE PET-FLASKER .....	18
5.3 SYSTEM FOR GJENVINNBARE PET-FLASKER .....	19
<b>6 RESULTATER MILJØVURDERINGER</b> .....	<b>20</b>
6.1 MATERIALFORBRUK I SYSTEMENE .....	21
6.2 SAMLET VURDERING MILJØPÅVIRKNINGSKATEGORIER .....	22
6.2.1 Forskjeller i systemene .....	23
6.3 RESULTATER FORDELT OVER LIVSLØPET.....	23
6.3.1 Drivhuseffekt (GWP) .....	25
6.3.2 Forsuring.....	26
6.3.3 Overgjødning .....	27
6.3.4 Bakkenær ozondannelse (POCP).....	29
6.3.5 Energiforbruk .....	30
6.4 OPPSUMMERING.....	31
6.4.1 Resultater.....	31
6.4.2 Viktige aktiviteter i systemene.....	31
<b>7 FØLSOMHETSVURDERINGER</b> .....	<b>33</b>
7.1 GJENVINNBARE FLASKER .....	33
7.1.1 Andel resirkulert materiale i gjenvinnbare flasker .....	33
7.1.2 Blåsing av flasker hos flaske- eller drikkevareprodusent .....	36
7.1.3 Gjenvinningsanlegg Norge .....	37
7.1.4 Innføring av 2-liters flasker .....	38
7.1.5 Redusert innsamlingsgrad .....	39
7.2 GJENFYLLBARE FLASKER .....	39
7.2.1 Triptall.....	39
<b>8 KONKLUSJONER</b> .....	<b>41</b>
<b>9 TILLEGGSKOMMENTARER</b> .....	<b>41</b>
<b>10 REFERANSELISTE</b> .....	<b>43</b>
<b>11 VEDLEGG</b> .....	<b>45</b>

## Ordliste

Bakkenær ozondannelse	Ozon i de øvre lag av atmosfæren beskytter jorden mot farlige solstråler. Ozon ved bakken, derimot, er farlig for både mennesker og natur når konsentrasjonene blir for høye, og utgjør et miljøproblem i Norge. Høyt ozonnivå kan føre til helseproblemer, redusert jord- og skogbruksproduksjon og materialskader. Bakkenær ozon dannes fra gassene nitrogenoksider (NO <sub>x</sub> ) og flyktige organiske forbindelser (VOC) i nærvær av ultrafiolett stråling (sollys). Hovedkilden er langtransportert luftforurensning fra andre europeiske land. Utslipp i Norge bidrar også noe til dannelsen av bakkenær ozon. Photochemical ozone creation potentials (POCP) av flyktige forbindelser (VOC) defineres som forholdet mellom endring i ozonkonsentrasjon på grunn av VOC-utslipp og endring i ozonkonsentrasjon på grunn av eten-utslipp, og uttrykkes som gram C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -ekvivalenter (fra Goedkoop, M. 2000).
BROM	Bryggeri- og mineralvannforeningen. Koordinerer pante-/innsamlingsssystemet for gjenfyllbare flasker.
Brutto materialforbruk	Totalt materialforbruk (kg) per enhet som går med for å produsere en materialtype til for eksempel emballasjeformål.
D-emballasje	Detaljist-emballasje
Drivhuseffekt	Se Global klimaendring.
Energiforbruk	Forbruk av energiresurser (for eksempel potensiell energi, sol-, vind-, bølgeenergi og fossil energi). Gir ingen direkte miljøeffekter, men endring i forbruket av de ulike energibærerne kan gi endringer i de andre miljøpåvirkningskategoriene (drivhuseffekt, forsuring, eutrofiering/overgjødning, bakkenær ozondannelse osv). Energiforbruk uttrykkes som MJ.
Eutrofiering/ Overgjødning	Eutrofiering vil si økt planteproduksjon i vann som følge av økt tilførsel av næringsstoffer som nitrogen- og fosforforbindelser. Dette medfører at vannet blir overgjødslet. De viktigste kildene til utslipp av slike næringsstoffer i vann er landbruk, avløpsvann fra befolkning, industri, fiskeoppdrettsanlegg og nitrøse gasser fra luftforurensning. I ferskvann betyr fosfor mest for eutrofieringen mens nitrogen har størst betydning som plantenæringskilde i havvann. Synlige virkninger av eutrofiering er uklart, misfarget vann, overgrodd bunn og strand og rask gjengroing. For stor algeproduksjon i vannet fører til forråtnelse uten tilgang på oksygen. Fiskedød, ødelagte gyteområder, slamlag på bunnen og giftig, svovelholdig bunnvann kan bli resultatet.

	<p>Eutrofiering uttrykkes som gram O<sub>2</sub>-ekvivalenter (fra Lindfors et al. 1995).</p>
Forsuring	<p>Utslipp av forsurende komponenter (SO<sub>2</sub>, HCl, NO<sub>x</sub>) kan gi redusert pH i vann og føre til fiskedød, skogsdød, korrosjonsskader, skader på bygninger og utløsning av tungmetaller med virkning på dyr, vegetasjon og helse. Forsuring uttrykkes som gram SO<sub>2</sub>-ekvivalenter.</p>
Funksjonell enhet	<p>Benyttes i livsløpsvurderinger og skal være et relevant og presist definert mål for den funksjonen et system leverer. Den bør så vidt mulig ikke gi rom for subjektive fortolkninger og bør representere nytteverdien systemet skal ha. Et system kan godt ha flere mulige funksjoner, og den funksjonelle enheten skal da gjenspeile den funksjonen eller de funksjonene en har bestemt seg for å undersøke. Alle inn- og utgangsfaktorer i undersøkelsen skal relateres til den funksjonelle enheten. Eksempel: funksjonell enhet for drikkevareemballasje kan være den mengde emballasje som trengs for å frakte 1000 liter drikke ut til forbruker.</p>
Gjenfyllbare flasker	<p>Flasker som inngår i et ombrukssystem fordi de benyttes om igjen flere ganger som drikkevareemballasje.</p>
Gjenvinnbare flasker	<p>Flasker som inngår i et gjenvinningssystem. De benyttes en gang som drikkevareemballasje før de materialgjenvinnes og benyttes til råstoff for nye produkter.</p>
Global klimaendring/ Drivhuseffekt	<p>Den kjemiske sammensetningen av atmosfæren er en av de viktigste faktorene som styrer klimaet på jorda. Atmosfæren består for det meste av nitrogen og oksygen, men inneholder også såkalte drivhusgasser. Disse gassene slipper gjennom det meste av energien fra sola, som kommer i form av kortbølget stråling, samtidig som de bremser tilbakestrålingen fra jorda i form av infrarød langbølget varmestråling. Økte konsentrasjoner av drivhusgasser fører derfor til en stigning i temperaturen i den nedre delen av atmosfæren, kalt troposfæren. De viktigste naturlige drivhusgassene er vanndamp, karbondioksid (CO<sub>2</sub>) og metan (CH<sub>4</sub>). Disse gassene har sine naturlige kretsløp innen atmosfæren, eller mellom atmosfæren og havet, jordsmonnet eller biosfæren.</p> <p>Menneskeskapt utslipp bidrar til at konsentrasjonen av disse gassene er økende og resultatet er økende global oppvarming. Til sammen utgjør drivhusgassene under 1 prosent av atmosfæren, men uten drivhusgassene ville gjennomsnittstemperaturen på jorda vært -18 °C og verdenshavene ville ha vært dekket av is. Drivhuseffekt eller global klimaendring uttrykkes som gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (Goedkoop, M. 2000).</p>

Innsamlingsgrad	Andel flasker som pantes av total mengde solgt.
LCA	Life Cycle Assessment, Livsløpsvurdering.
Material-Gjenvinning	Reprosessering av et materiale (plast) uten å endre kjemisk struktur i materialet, til samme type råstoff som det opprinnelig har vært (= mekanisk gjenvinning).
Material-Gjenvinningsgrad	Andel plastemballasje som blir materialgjenvunnet i forhold til totalt potensial plastemballasje.
Miljønytte	Summen av totale miljøbelastninger og total miljøgevinst i et definert (gjenvinnings-) system.
Netto materialforbruk	Brutto materialforbruk minus den vektandel som forutsettes å bli materialgjenvunnet etter bruk.
Norsk Resirk AS	Koordinerer pante-/innsamlingssystemet for gjenvinnbare flasker. Eiet av organisasjoner innen handel og produsenter.
Overgjødning	Se eutrofiering.
Tripptall	Gjennomsnittlig antall ganger en gjenfyllbar flaske benyttes som drikkevareemballasje. Avhenger av innsamlingsgrad fra forbruker til handel og teknisk utsorteringsgrad hos drikkevareprodusent.

# 1 Sammendrag

Debatten omkring hvilke systemer for drikkevareemballasje som er de mest miljøeffektive, dukker med ujevne mellomrom opp i media. Med bakgrunn i dette har STØ utformet et prosjektforslag til Norsk Resirk AS for å analysere miljøeffektivitet ved bruk av gjenvinnbare PET-flasker kontra gjenfyllbare PET-flasker brukt som drikkevareemballasje i Norge.

Prosjektet vurderer miljøaspekter ved de to systemene under dagens forutsetninger for gjenfyllbare flasker vedrørende volum, flaskestørrelser m.m. En storskala overgang fra dagens system med gjenfyllbare flasker til et tilsvarende system for gjenvinnbare flasker kan medføre strukturelle endringer i drikkevarenæringen, økt import m.m utover dagens forutsetninger, og det presiseres at endringer i forutsetninger av denne typen ikke er inkludert i analysene.

Målet med prosjektet er å gjennomføre en miljømessig sammenlikning av dagens system for gjenfyllbare PET-flasker og et tilsvarende system basert på gjenvinnbare PET-flasker. Miljøvurderingene av de to systemene skal gjennomføres for likeverdige betingelser under dagens forutsetninger.

Studien er gjennomført med bruk av livsløpsvurderinger (LCA) basert på ISO-standardene 14040-43.

Prosjektet har etablert en referansegruppe som har deltatt aktivt ved innhenting og kvalitetssikring av data. Referansegruppen har bestått av aktører fra hele drikkevaresystemenes verdikjede, fra flaskeprodusent til gjenvinningsanlegg.

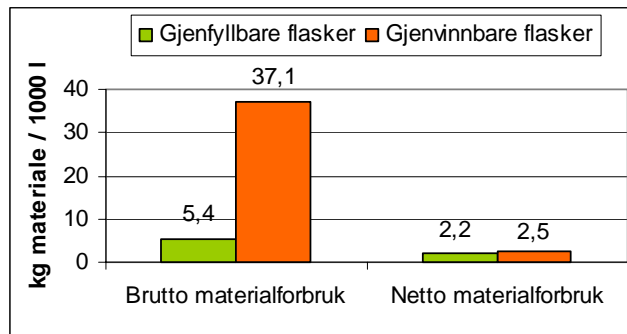
Miljøvurderingene er beregnet i forhold til følgende funksjonelle enhet: *Produksjon og transport av emballasje og håndtering av brukt emballasje (flasker og d-emballasje) som er nødvendig for å distribuere 1000 l drikkevare frem til forbruker i Norge.*

## **Viktige forutsetninger for hovedanalysen:**

- 1000 l drikkevare distribueres 70% på 1,5-liters flasker og 30% på 0,5-liters flasker (volummessig).
- Innsamlingsgrad fra forbruker er den samme i begge systemene (97% som i dagens system for gjenfyllbare flasker)
- Vekten av en gjenvinnbar flaske er ca halvparten av en gjenfyllbar flaske (med samme volum)
- Tripptall for gjenfyllbare flasker er 12,75 og 16,5 for henholdsvis 0,5 liter og 1,5 liter
- Materialet som gjenvinnes blir benyttet til produksjon av ny emballasje (som delvis blir gjenvunnet), stroppebånd og fleece, og erstatter PET-granulat (75% jomfruelig og 25% resirkulert) og resirkulert stål.

### Resultater fra hovedanalysen

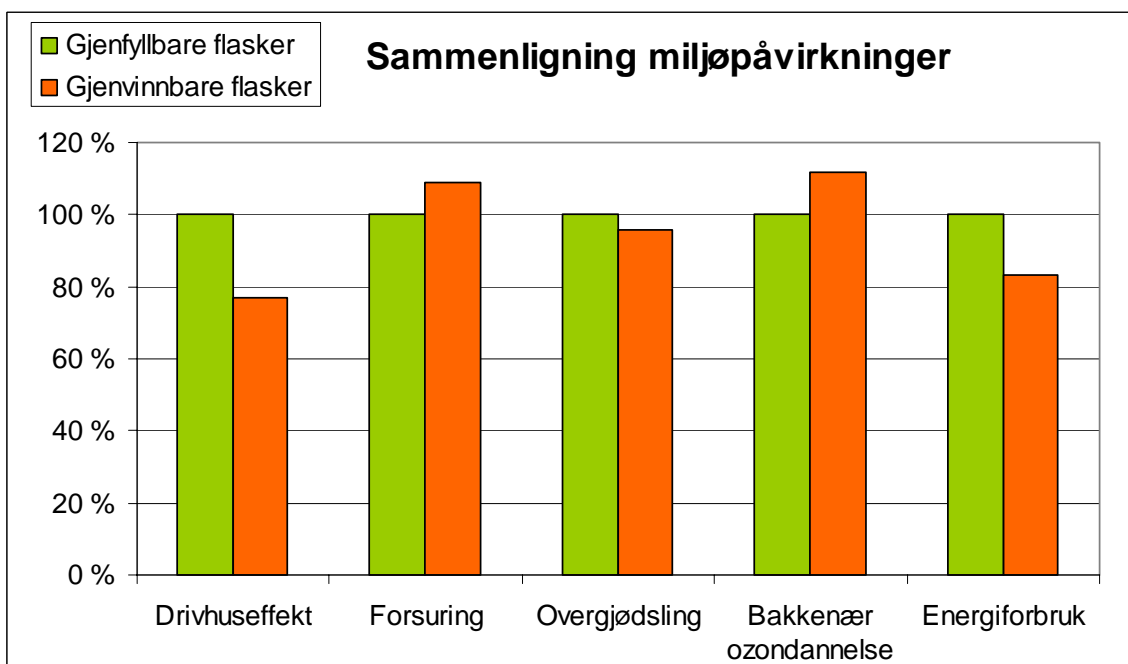
Brutto og netto materialforbruk for gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker er vist under.



Brutto materialforbruk er henholdsvis 5,4 kg og 37,1 kg per 1000 l drikke for gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker. Årsaken til den store forskjellen i de to systemene er at flaskene brukes bare en gang før de sendes til gjenvinning i systemet med gjenvinnbare flasker, mens de gjenfyllbare flaskene blir brukt flere ganger (tripp).

Netto materialforbruk er henholdsvis 2,2 kg og 2,5 kg per 1000 liter drikke for gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker. Høy innsamlings- og høy gjenvinningsgrad av gjenvinnbare flasker er årsaken til at den store endringen fra brutto til netto materialforbruk for gjenvinnbare flasker.

En sammenstilling av de vurderte miljøpåvirkningskategoriene for gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker er vist i figuren under. Systemet med gjenfyllbare flasker benyttes som referansesystem og settes til 100% for alle miljøpåvirkningskategoriene, og forskjellene i systemene presenteres som prosentpoeng i forhold til referansesystemet (gjenfyllbare flasker).





Resultatene viser at rangeringen mellom systemene med gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker varierer avhengig av hvilken miljøpåvirkningskategori som vurderes.

- For miljøpåvirkningskategoriene drivhuseffekt, overgjødning og energiforbruk kommer systemet med gjenvinnbare flasker henholdsvis 23%-poeng, 4%-poeng og 17%-poeng bedre ut enn systemet med gjenfyllbare flasker.
- For miljøpåvirkningskategoriene forsuring og bakkenær ozondannelse kommer systemet med gjenvinnbare flasker henholdsvis 9%-poeng og 12%-poeng dårligere ut enn systemet med gjenfyllbare flasker.

Forskjellene i systemene er alle innenfor en generell usikkerhetsgrense for livsløpsvurderinger på +/- 30% (Hanssen et al., 1996).

### ***Følsomhetsvurderinger***

Det er gjennomført følsomhetsvurderinger for de antatt viktigste og mest følsomme parametre, herunder:

Gjenvinnbare flasker	Produksjon av flasker: <ul style="list-style-type: none"><li>- Andel regranulat i flaskene</li><li>- Blåsing hos flaskeprodusent kontra blåsing in-house</li></ul>
	Gjenvinningsanlegg i Norge
	Innføring av 2-liters flasker for 35% av totalt produksjonsvolum
	Redusert innsamlingsgrad
Gjenfyllbare flasker	Tripptall

### ***Konklusjoner***

Med bakgrunn i resultatene fra hovedanalysen og følsomhetsvurderingene, kan følgende konklusjoner trekkes:

- Med gjeldende forutsetninger i hovedanalysen og ut fra generell antagelse om usikkerhet i livsløpsvurderinger på ca +/-30%, er de to systemene miljø- og ressursmessig tilnærmet likeverdige.
- Følsomhetsvurderingene viser at systemet med gjenvinnbare flasker vil bli vesentlig (>30%) mindre miljøbelastende enn gjenfyllbare flasker dersom:
  - Gjenvinnbare flasker blir produsert med minst 35% resirkulert materiale (drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk)
  - Gjenvinningen skjer i Norge (drivhuseffekt)
- Følsomhetsvurderingene viser at systemet med gjenvinnbare flasker vil bli vesentlig (>30%) mer miljøbelastende enn gjenfyllbare flasker dersom :
  - Gjenvinnbare flasker blir produsert kun av jomfruelig PET-materiale (drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk)

- Blåsing av gjenvinnbare flasker foregår hos flaskeprodusent (alle kategoriene)
- Innsamlingsgrad for gjenvinnbare flasker blir lavere enn 80% (drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk)
  
- Følsomhetsvurderingene viser at følgende endringer i forutsetningene ikke medfører forskjeller i systemene utover usikkerhetsnivået på 30%:
  - Innføring av 2-liters flasker for 35% av produksjonsvolumet i systemet med gjenvinnbare flasker
  - Endring av tripptall for de gjenfyllbare flaskene.

## 2 Bakgrunn for studien

Debatten omkring hvilke systemer for drikkevareemballasje som er de mest miljøeffektive, dukker med ujevne mellomrom opp i media, og usikkerheten omkring de miljømessige aspektene ved de ulike systemene er stor. Det har derfor vært etterlyst dokumentasjon av miljø- og ressursaspektene i ulike systemer for drikkevareemballasje.

Med bakgrunn i dette har STØ utformet et prosjektforslag til Norsk Resirk AS for å analysere miljøeffektivitet ved bruk av gjenvinnbare PET-flasker kontra gjenfyllbare PET-flasker brukt som drikkevareemballasje i Norge.

Det presiseres at prosjektet kun vurderer miljøaspekter ved denne endringen under dagens forutsetninger. En storskala overgang fra dagens system med gjenfyllbare flasker til et tilsvarende system for gjenvinnbare flasker kan medføre endringer i forutsetninger som avviker fra dagens system. Dette kan være strukturelle endringer i drikkevarenæringen, økt import m.m. Endringer i forutsetninger av denne typen er ikke inkludert i analysene.

## 3 Mål

Gjennomføre en miljømessig sammenlikning av dagens system for gjenfyllbar PET og et system for gjenvinnbar PET brukt som drikkevareemballasje for mineralvann, saft og vann.

Miljøvurderingene av de to systemene skal gjennomføres for likeverdige betingelser under dagens forutsetninger. Det medfører at miljøvurderingene for begge systemene gjennomføres for det volum/sammensetning av drikkevarer som det per i dag er i systemet for gjenfyllbare flasker.

## 4 Metodikk og organisering

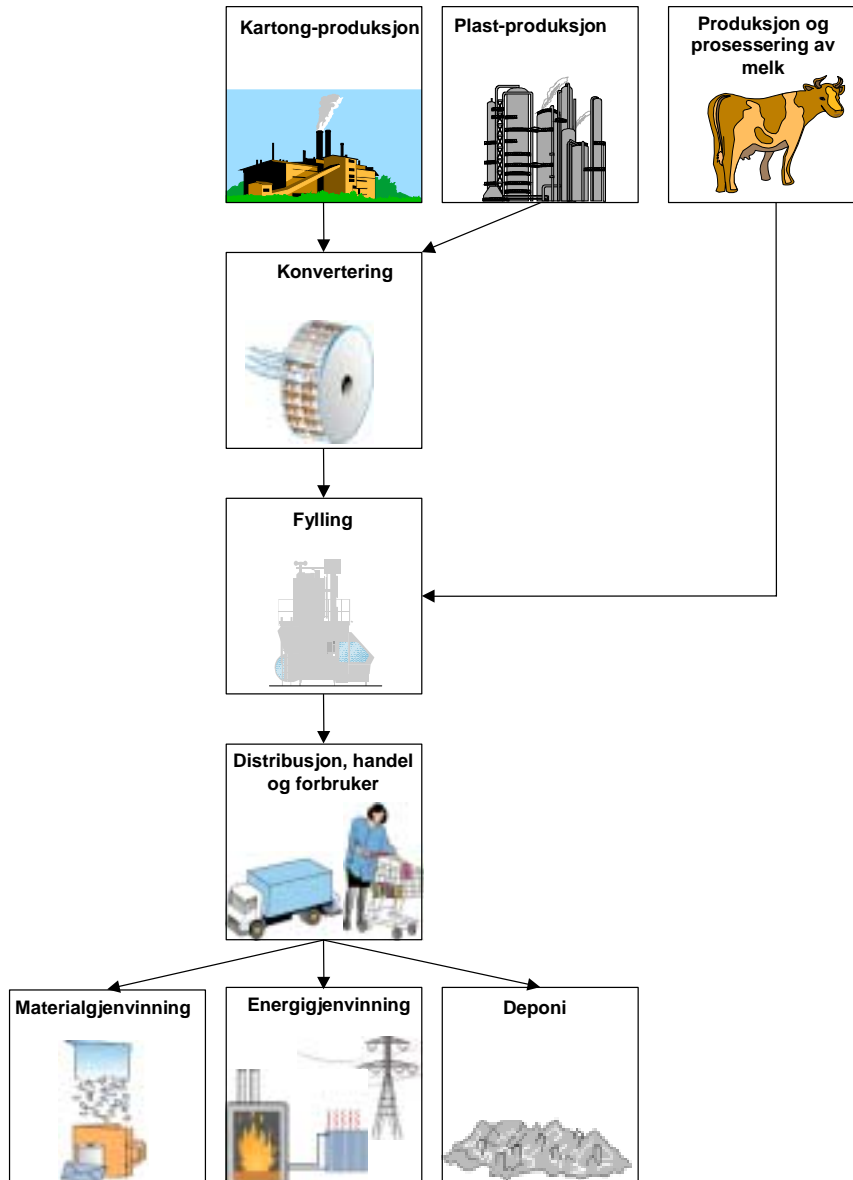
Studien er gjennomført med bruk av livsløpsvurderinger (LCA) basert på ISO-standardene 14040-43. I vedlegg 1 beskrives metodikken nærmere.

### 4.1 Kort introduksjon av LCA - metodikken

En livsløpsvurdering av et produkt er definert som en systematisk kartlegging og vurdering av miljø- og ressurspåvirkninger gjennom hele livsløpet til produktet, fra 'vugge til grav'. Den tar utgangspunkt i et *produktssystem*, og vurderer miljø- og ressursmessige forhold ved dette systemet i forhold til en definert *funksjonell enhet*, som er den enhet som angir et produkts ytelse i forhold til en bestemt brukers krav.

Livsløpsvurderingen skal omfatte alle de prosesser og aktiviteter som inngår i et produksystem, som til sammen bidrar til å oppfylle funksjonen eller funksjonene som produksystemet skal oppfylle.

Et eksempel på en livsløpsmodell for et produksystem er vist i figuren under.



**Figur 4.1:** Eksempel på en livsløpsmodell for et produksystem for melk (inkl. emballasje).

En livsløpsvurdering har følgende tre sentrale poeng:

- man ser på hele det tekniske systemet som skal til for å frembringe, bruke og avhende produktet (systemanalyse) og ikke bare på produktet som sådan
- man ser på hele materialsyklusen langs produktets verdikjede og ikke bare på en enkel operasjon eller bearbeidingsprosess for et produkt (f.eks. råstoffraffinering).
- man ser på et antall relevante miljø- og helsepåvirkninger for hele systemet og ikke bare på en enkelt miljøfaktor (f.eks. utslipp av løsemidler eller støv).

Dette gir en mer helhetlig tilnærming til helse-, miljø- og ressursproblemene enn det vi ofte har vært vitne til tidligere, der enkeltfaktorer eller enkeltstående prosesser har vært fokusert.

Simuleringsprogrammet SimaPro 5.1 er benyttet for gjennomføring av analysene.

## **4.2 Organisering**

Prosjektet har etablert en referansegruppe som har deltatt aktivt ved innhenting og kvalitetssikring av data. Referansegruppen har bestått av følgende aktører fra ulike ledd i drikkevaresystemenes verdikjede:

Rexam Petainer AB	Nisse Nyqvist
Ringnes	Håkon Langen og Halfdan Kverneland Olafsson
Coca-Cola Drikker	Adrian Stray
Lerum Fabrikker	Jan Audun Larsen
Brønne Mineralvann	Martin Brønne
Telemark Kildevann	Bjørn Bunæs
Stabburet	Bjarne Dahl
Hansa Borg Bryggerier	Alf-Inge Johannessen
Tomra Systems	Bernt Saugen
Hakon Distribusjon	Roar Getz
BROM/Norsk Returbrett	Morten Sundell og Helge Hasselgård
Expladan Recycling	Steen Birkdal
Grønn hverdag	Kristen Ulstein
Norsk Resirk	Jarle Grytli og Rune Skou
STØ	Ole Jørgen Hanssen og Hanne Lerche Raadal

Referansegruppens viktigste oppgave har vært å kvalitetssikre forutsetninger, datagrunnlag og resultater. Referansegruppen har hatt tre møter i løpet av prosjektperioden.

## 5 Systembeskrivelse og forutsetninger

Det er gjennomført livsløpsvurderinger for beregning av miljøbelastningene som oppstår ved de to systemene. Miljøbelastningene er beregnet i forhold til følgende funksjonelle enhet:

**Funksjonell enhet:**

Produksjon og transport av emballasje og håndtering av brukt emballasje (flasker og d-emballasje) som er nødvendig for å distribuere 1000 l drikkevare frem til forbruker (i Norge).

**System-forutsetning:**

1000 l drikkevare distribuert 70% på 1,5-liters flasker og 30% på 0,5-liters flasker (volummessig). Dette tilsvarer 467 1,5-liters flasker og 600 0,5-liters flasker. Drikkevaresammensetningen forutsettes å bestå av 79% mineralvann, 14% emballert vann og 7% konsentrert saft og leskedrikk (Hanssen et al., 2003).

Kapittel 5.1 gir en oversikt over generelle forutsetninger og datagrunnlag, mens kapittel 5.2 og 5.3 gir en mer detaljert beskrivelse av forutsetninger for de to vurderte systemene.

### 5.1 Generelle forutsetninger og datagrunnlag

I det følgende beskrives forutsetninger og datagrunnlag av generell karakter som ligger til grunn for hovedanalysen. For forhold som er viktige for konklusjonene, er det gjennomført følsomhetsvurderinger med endrede forutsetninger. Dette er presentert i kapittel 7.

#### 5.1.1 Forutsetninger for hovedanalysen

##### Valg av miljøparametre

Følgende fem miljøpåvirkningskategorier er valgt, med basis i generelle erfaringer fra livsløpsvurderinger av emballasjesystemer (Hanssen et al. 1998):

- Drivhuseffekt (GWP, Global Warming Potential)
- Forsuring
- Overgjødning (eutrofiering)
- Bakkenær ozondannelse
- Forbruk av energi

##### Innsamlingsgrad = andel flasker som pantes

Innsamlingsgrad av flasker tilbake til handel forutsettes å være den samme i begge systemene. Bakgrunnen for denne forutsetningene er at forbrukerne antas å forholde

seg likt til begge systemene så lenge det er like betingelser (lik panteordning og -størrelse). Innsamlingsgrad for dagens ombrukssystem på 97% (Sundell 2003) er derfor benyttet i analysene.

#### Vekt for flasker og funksjonell enhet

Med bakgrunn i data fremkomet fra referansegruppen, benyttes følgende vekt på flaskene:

Type flaske	Gjenfyllbare flasker [g]	Gjenvinnbare flasker [g]
0,5 l	52	26
1,5 l	106	46
Total vekt for å emballere 1000 l drikkevare (funksjonell enhet)	80 700	37 100

#### Tripptall

Tripptall (gjennomsnittlig antall ganger hver flaske benyttes) er en viktig forutsetning i systemet med gjenfyllbare flasker. Gjenvinnbare flasker, derimot, har kun en tripp (flaskene benyttes en gang før de sendes til gjenvinning).

Gjenfyllbare flasker benyttes flere ganger, og tripptallet avhenger av innsamlingsgrad (returprosent til handel) og teknisk utsorteringsgrad (hos drikkevareprodusentene). Dette kan beskrives med formelen:

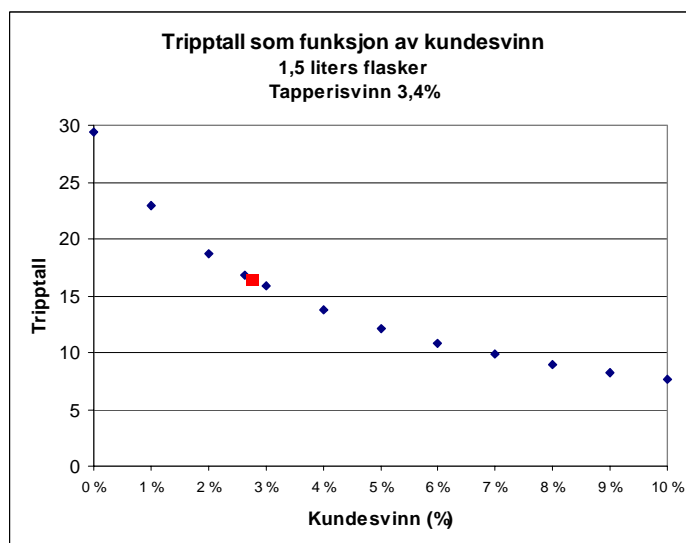
$$\frac{1}{x + y(1 - x)} = \text{tripptall}$$

der

x = kundesvinn (andel som ikke returneres til handel), og

y = andel som er teknisk utsortert hos drikkevareprodusent

Med bakgrunn i formelen over, vises i figur 5.1 hvordan tripptall for 1,5-liters flasker (med teknisk utsorteringsgrad på 3,4%) varierer som funksjon av kundesvinn.



**Figur 5.1:** Tripptall som funksjon av kundesvinn (tripptall som er benyttet i analysen er avmerket med rødt).

Figuren viser at dersom kundevinnet økes til 10% (det vil si at innsamlingsgraden reduseres til 90%), blir tripptallet for 1,5 liters flasker tilnærmet 8. Det er grunn til å anta at teknisk utsorteringsgrad hos drikkevareprodusent reduseres når kundevinnet øker fordi det medfører flere nye flasker i omløp. I så fall vil eksempelet i figuren over gi litt for lave verdier for tripptall.

Med bakgrunn i data innhentet fra drikkevareprodusentene i referansegruppen og BROM, er gjennomsnittlig tripptall beregnet til 12,75 og 16,5 og teknisk utsorteringsgrad beregnet til 5,35% og 3,40% for henholdsvis 0,5-liters flasker og 1,5-liters flasker. Med basis i disse tallene og ovenstående formel er kundevinnet beregnet til 2,64% og 2,75% for henholdsvis 0,5 og 1,5 liter. Dette medfører en innsamlingsgrad på 97,36% (0,5 liter) og 97,25% (1,5 liter) og samsvarer således bra med tall fra BROM (ca 97%, kan ikke skille mellom ulike flasketyper og –størrelser for innsamlingsgrad, men erfaringer og innspill fra referansegruppen tilsier at 0,5-liters flasker generelt har lavere innsamlingsgrad enn 1,5-liters flasker).

### Vasking av flasker

Energiforbruk for vasking av gjenfyllbare flasker i tapperi og vasking av gjenvinnbare flasker i gjenvinningsanlegg er inkludert i analysene.

Fremstilling av vaskemidler og utslipp til vann fra vaskeaktiviteten er derimot utelatt fra analysene. Dette er gjort av følgende årsaker:

- *Fremstilling og utslipp av vaskemidler* er utelatt fordi det benyttes tilnærmet samme type og mengde vaskemidler i tapperiene (gjenfyllbare flasker) som i gjenvinningsanlegget (gjenvinnbare flasker). Vaskeprosessen skjer for hver tripp i begge prosessene, og dette ekskluderes derfor fra analysene.
- *Utslipp til vann* fra vaskeprosessen er utelatt både fordi vaskeprosessen forutsettes å bruke samme mengde og type vaskemidler, samt fordi det forutsettes at størstedelen av utslipp til vann kommer fra produktrester i flaskene. Dette må antas å være likt uansett hvilken flasketype som benyttes, men utslippene vil oppstå ulike steder. For gjenfyllbare flasker vil utslippet oppstå i tapperiene i forbindelse med vaskeprosessen, mens det for gjenvinnbare flasker vil oppstå når flaskene komprimeres i butikken. Det forutsettes at utslippene i begge systemene samles opp via kommunalt avløpsnett og går til kommunalt renseanlegg.

### Returtransport (eksklusiv returtransport av tomme flasker/kasser i systemet med gjenfyllbare flasker)

Generelt forutsettes 62% utnyttelse av alle returtransporter i systemet, bortsett fra de som er nærmere spesifiserte av aktørene selv. 62% utgjør gjennomsnitt for total transportutnyttelse (SSB) i Norge. Dette er gjort fordi det i stor grad benyttes transportfirma i systemene, noe som medfører at de ulike aktører ikke har detaljkunnskap om utnyttelse av returtransportene. Med spesifikk tur-transport på tilnærmet 100%, vil en returtransportutnyttelse på 62% totalt sett gi bedre utnyttelse enn norsk gjennomsnitt. Dette antas å være riktig for de beregnede systemer, da det er stor fokus på transporteffektivitet i distribusjonssystemene for drikkevareemballasje.

### Blåsing av gjenvinnbare flasker

I hovedanalysen forutsettes at gjenvinnbare flasker i all hovedsak (98% av volummengden som er vurdert) blåses in-house hos drikkevareprodusentene. Dette medfører at flaskene kan transporteres som preforms fra flaskeprodusent til



drikkevareprodusent, noe som betyr at transporten foregår betydelig mer effektivt enn transportert av ferdig blåste flasker.

#### Farge på flaskene

I systemet for gjenvinnbare flasker forutsettes at hovedandelen av flasker fortsetter å være blanke, slik de er i dagens system for gjenfyllbare flasker. Dette er en viktig forutsetning for bruk/verdi av gjenvunnet materiale.

### 5.1.2 Datagrunnlag

#### Energibærer elektrisitet

Det er benyttet spesifikk energimiks for energibærere i ulike land (IEA Statistics, 2002) og data for produksjon av elektrisitet (SimaPro) for ulike land relatert til hvor de forskjellige aktivitetene i analysene foregår.

#### Data for fremstilling av PET-granulat

Det er benyttet europeisk litteraturdata for fremstilling PET-granulat (APME, 2000).

#### Data for gjenvinningsprosessen

Det er benyttet spesifikke data for energiforbruk i gjenvinningsprosessen for PET fra Expladan i Danmark. Dette er case i prosjektet fordi dagens gjenvinnbare flasker leveres til dette anlegget p.t. I tillegg er dataene kvalitetssikret opp mot to andre gjenvinningsanlegg for PET i Europa: Cleanaway i Tyskland (Ebel, 2003) og Amcor in Beaune i Frankrike (Vincent, 2003).

#### Erstattet materiale ved gjenvinning av PET-flasker

Det forutsettes at 85% av gjenvunnet materiale benyttes til produksjon av ny emballasje eller fiberprodukter. Dette forutsettes å erstatte en blanding av 75% jomfruelig PET og 25% resirkulert PET, uansett om flaskene i utgangspunktet er produsert med en viss andel gjenvunnet PET. 75/25-blandingen reflekterer gjennomsnittlig sammensetning av jomfruelig og resirkulert PET i det totale markedet for PET i Europa i 2002 (Petcore, 2003). Videre forutsettes at av den andel materiale som forutsettes å erstatte jomfruelig PET (75%), blir ca. 30% benyttet til produksjon av produkter som også blir materialgjenvunnet. Ved innsamling og gjenvinning kan utgangsmaterialet dermed erstatte jomfruelig PET flere ganger (men i stadig mindre grad siden en andel også erstatter resirkulert PET og en andel går til produksjon av produkter som ikke blir gjenvunnet, i hver syklus). Dette vil ut i fra en aritmetisk rekkeberegning tilsvare en erstatning av jomfruelig PET på 85% (Nyland et al., 2003).

Den resterende mengden på 15% forutsettes å benyttes til produksjon av stroppebånd og forutsettes å erstatte resirkulert stål (Birkdal, 2003).

#### Innsamling og sammenstilling av data

Alle de ulike aktørene i referansegruppen har i vesentlig grad bidratt med innsamling av data i prosjektet. For å systematisere og gruppere innsamlede data, har det vært hensiktsmessig å konstruere følgende to case for hvert emballasjesystem, med basis i type distribusjon hos drikkevareprodusentene:

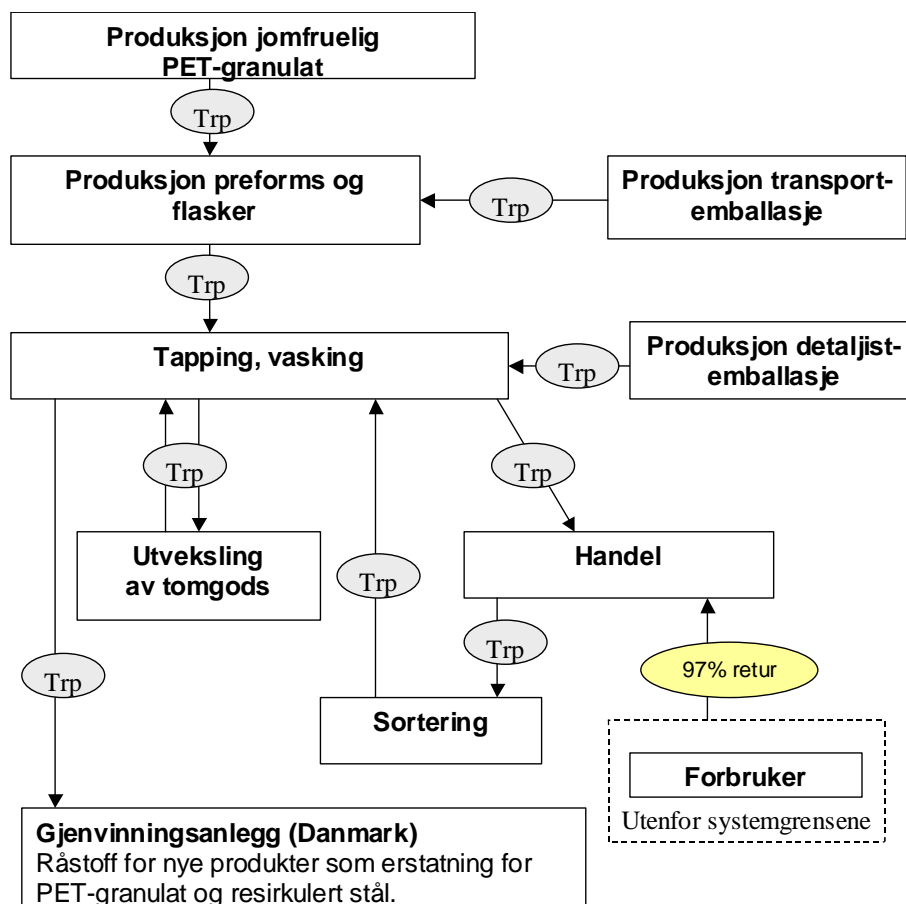
- Ett basert på drikkevareprodusenter som per i dag har egen distribusjon (Coca Cola og Ringnes), og

- Ett basert på drikkevareprodusenter som per i dag benytter grossistdistribusjon (Lerum Fabrikker, Telemark Kildevann og Stabburet).

Ved presentasjon av resultatene er de to casene slått sammen til ett felles system, basert på et vektet gjennomsnitt i forhold til produksjonsvolum (86% med egen distribusjon og 14% med grossistdistribusjon).

## 5.2 System for gjenfyllbare PET-flasker

Figur 5.2 viser flytskjema for gjenfyllbare PET-flasker slik det er analysert.



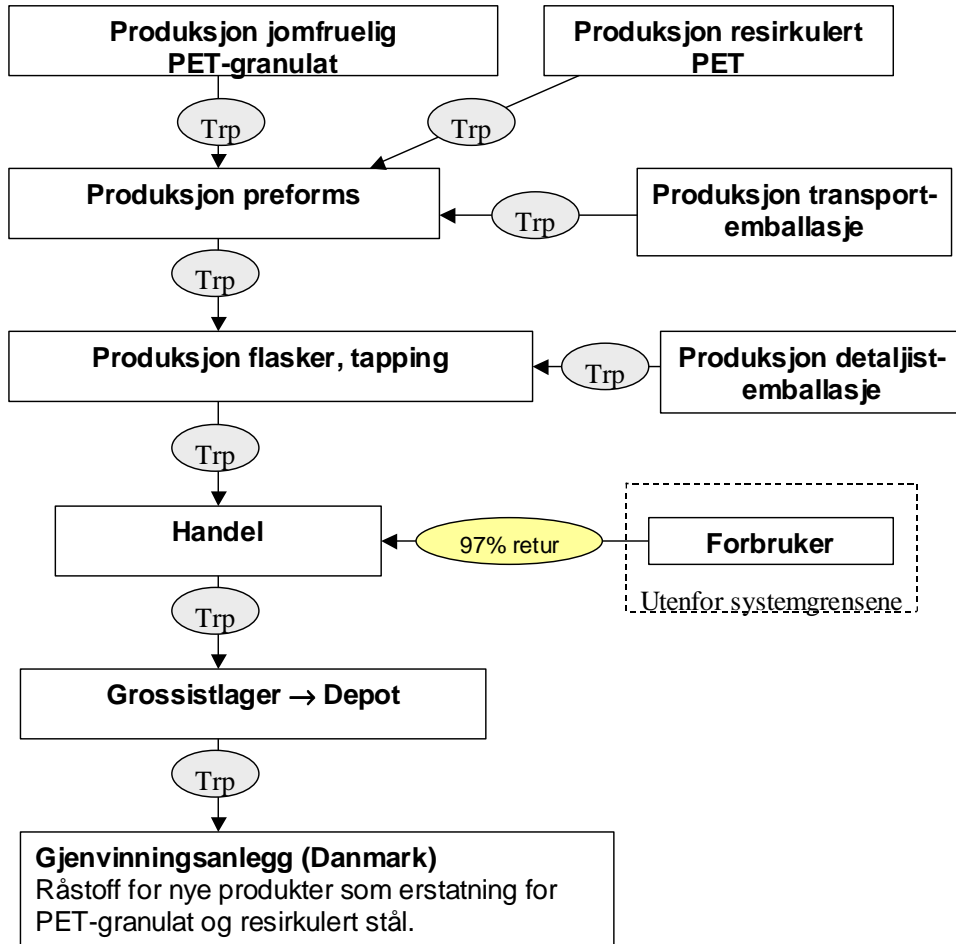
Figur 5.2: Flytskjema for livsløpsmodell for gjenfyllbare flasker.

Det forutsettes at gjenfyllbare flasker produseres av jomfruelig PET (Nyqvist, 2003). Årsaken til dette er kvalitetskrav til materialet for gjenfyllbare flasker, som blant annet medfører at regranulat fra gjenvinnbare flasker ikke kan benyttes som materiale inn i gjenfyllbare flasker.

Spesifikke data og forutsetninger for systemet for gjenfyllbare flasker foreligger hos Norsk Resirk som lukkede vedlegg grunnet konfidensialitet.

### 5.3 System for gjenvinnbare PET-flasker

Figur 5.3 viser flytskjema for gjenvinnbare PET-flasker slik det er analysert.



**Figur 5.3:** Flytskjema for livsløpsmodell for gjenvinnbare flasker

Det forutsettes at gjenvinnbare flasker kan produseres delvis av regranulat og delvis av jomfruelig granulat (Nyqvist, 2003). I hovedanalysen forutsettes at alle flasker som ikke benyttes til vann (totalt 86%), produseres med en innblanding av 25% regranulat. Dette medfører en innblanding av regranulat på 22% per 1000 l drikkevare (funksjonell enhet).

Spesifikke data og forutsetninger for systemet for gjenvinnbare flasker foreligger hos Norsk Resirk som lukkede vedlegg grunnet konfidensialitet.

## 6 Resultater miljøvurderinger

Følgende miljøpåvirkningskategorier omfattes av analysene:

- Drivhuseffekt (GWP, Global Warming Potential)
- Forsuring
- Overgjødning (eutrofiering)
- Bakkenær ozondannelse
- Forbruk av energi

Tabell 6.1 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 <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O CH <sub>4</sub> CF <sub>4</sub> /C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	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 <sub>2</sub> HCl NO <sub>x</sub>	Fiskedød, skogsdød, korrosjonsskader, skader på bygninger, utløsning av tungmetaller med virkning på dyr, vegetasjon og helse.
Overgjødning (eutrofiering)	Tot N, vann Tot P, vann NO <sub>x</sub>	Økt algevekst som følge av tilførsel av næringsstoffer kan medføre oksygenmangel og dermed lokale gjengroingseffekter i innsjøer og hav.
Bakkenær ozondannelse (POCP)	VOC CO NO <sub>x</sub> CH <sub>4</sub>	Akutt toksisk effekt, negativ effekt på fotosyntese.
Energiforbruk (forbruk av ressurser)	Ingen utslipp, men forbruk av energiresurser i form av potensiell energi, sol-, vind-, bølgeenergi og fossil energi.	Ingen direkte miljøeffekter, men endring i forbruket av de ulike energibærerne kan gi endringer i de andre miljøpåvirkningskategoriene.

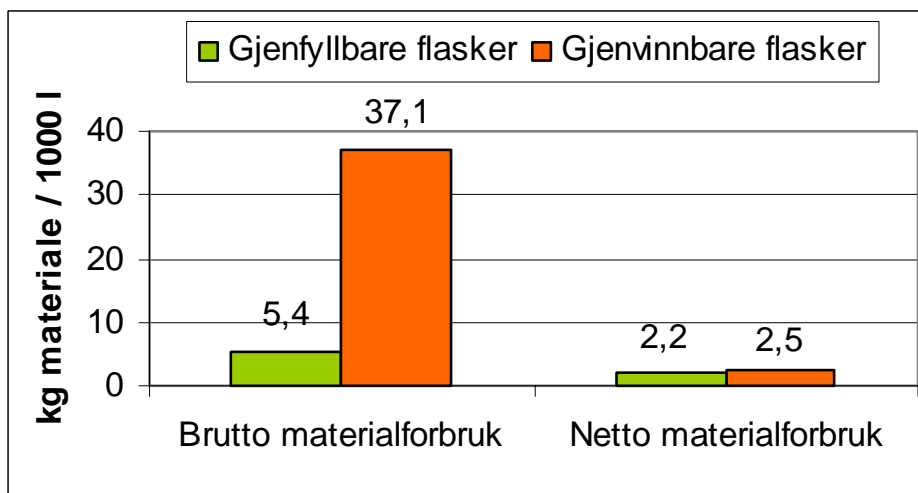
**Tabell 6.1:** Sammenheng mellom miljøpåvirkningskategori, utslipp og potensielle miljøeffekter.

## 6.1 Materialforbruk i systemene

Brutto og netto materialforbruk for gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker er presentert i figur 6.1.

Brutto materialforbruk beregnes som totalt materialforbruk (kg) for emballasjen (flasker) som benyttes for å emballere 1000 l drikkevare (eksklusiv detaljistemballasje). For gjenfyllbare flasker blir totalt materialforbruk for produksjon av flasker dividert på antall ganger flaskene blir benyttet til drikkevarer (tripper).

Netto materialforbruk beregnes ved å trekke andel som blir materialgjenvunnet fra brutto materialforbruk.



Figur 6.1: Brutto og netto materialforbruk for gjenvinnbare og gjenfyllbare flasker.

Figuren viser at gjenfyllbare flasker har klart lavest brutto materialforbruk med 5,4 kg per 1000 l drikke. Gjenvinnbare flasker har et brutto materialforbruk på 37,1 kg, nesten 6 ganger høyere enn gjenfyllbare flasker. Årsaken til den store forskjellen i brutto materialforbruk for de to systemene er at gjenvinnbare flasker benyttes kun en gang, mens gjenfyllbare flasker brukes flere ganger (tripper). Totalt materialforbruk for gjenfyllbare flasker kan derfor divideres på antall ganger flaskene benyttes (tripper).

Netto materialforbruk for de to flasketyperne er 2,2 kg og 2,5 kg per 1000 liter drikke for henholdsvis gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker. Det betyr at gjenvinnbare flasker har 14 %-poeng (eller 1,14 ganger) høyere netto materialforbruk enn gjenfyllbare flasker.

Høy innsamlingsgrad er årsaken til at gjenfyllbare flasker har lavt brutto materialforbruk fordi dette medfører at flaskene blir brukt mange ganger. Forskjellen i brutto og netto materialforbruk kommer av at de utrangerte flaskene fra drikkevareprodusentene sendes til gjenvinning.

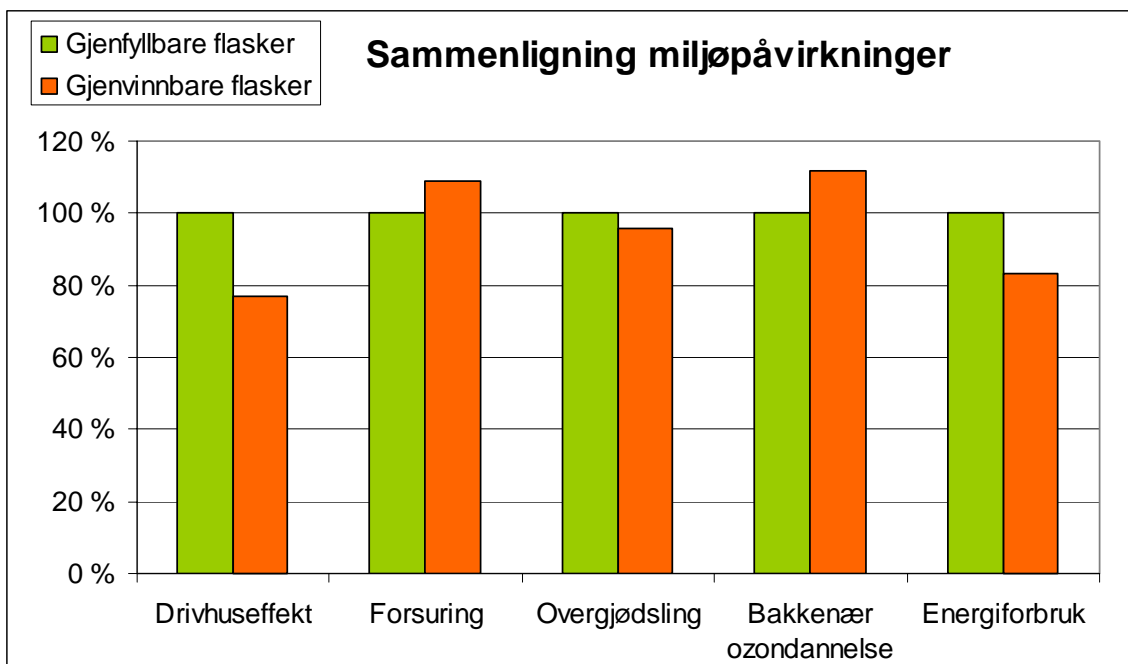
Høy innsamlings- og høy gjenvinningsgrad av gjenvinnbare flasker er årsaken til den store endringen fra brutto til netto materialforbruk for gjenvinnbare flasker fordi den andel som returneres og gjenvinnes kan trekkes fra brutto materialforbruk.

## 6.2 Samlet vurdering miljøpåvirkningskategorier

Figur 6.2 viser en sammenstilling av de vurderte miljøpåvirkningskategoriene for gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker.

Systemet med gjenfyllbare flasker benyttes som referansesystem og settes til 100% for alle miljøpåvirkningskategoriene, og forskjellene i systemene presenteres som prosentpoeng i forhold til referansesystemet (gjenfyllbare flasker).

Totalbelastningen er beregnet som et vektet gjennomsnitt av resultatene fra casene med egen distribusjon (86%) og grossistdistribusjon (14%). For nærmere beskrivelse av dette, vises til kapittel 5.1.2.



**Figur 6.2:** Sammenstilling av de vurderte miljøpåvirkningskategoriene.

Resultatene viser at rangeringen mellom systemene med gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker varierer avhengig av hvilken miljøpåvirkningskategori som vurderes.

- For miljøpåvirkningskategoriene drivhuseffekt, overgjødning og energiforbruk kommer systemet med gjenvinnbare flasker henholdsvis 23%-poeng, 4%-poeng og 17%-poeng bedre ut enn systemet med gjenfyllbare flasker.
- For miljøpåvirkningskategoriene forsuring og bakkenær ozondannelse kommer systemet med gjenvinnbare flasker henholdsvis 9%-poeng og 12%-poeng dårligere ut enn systemet med gjenfyllbare flasker.

Forskjellene i systemene er alle innenfor en generell usikkerhetsgrense for livsløpsvurderinger på +/- 30% (Hanssen et al., 1996).

### 6.2.1 Forskjeller i systemene

I det følgende beskrives forskjellene i systemene med bakgrunn i at gjenfyllbare flasker i hovedsak representerer et ombrukssystem, mens gjenvinnbare flasker representerer et gjenvinningssystem.

#### Produksjon og gjenvinning av flasker – forskjeller i systemene

For gjenfyllbare flasker fordeles miljøbelastningene ved produksjon av flasker over antall ganger flaskene benyttes (tripp), det vil si at det produseres færre flasker per funksjonell enhet enn det som er tilfellet for gjenvinnbare flasker. Det medfører at gjenfyllbare flasker har vesentlig lavere miljøbelastning for produksjon av flasker per funksjonell enhet (FE) enn gjenvinnbare flasker (vist ved 25,2 kontra 112,9 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per funksjonell enhet i figur 6.3).

Det samme forholdet gjelder for gevinsten ved gjenvinning av flaskene: i systemet med gjenfyllbare flasker er færre flasker produsert og dermed kan tilsvarende færre flasker gjenvinnes etter bruk (utsortert hos drikkevareprodusentene). Dermed blir størrelsesorden på miljøgevinsten ved gjenvinning av flasker vesentlig større for gjenvinnbare flasker enn for gjenfyllbare flasker (vist ved -8,5 kontra -96,1 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per funksjonell enhet i figur 6.3).

#### Transportarbeid – forskjeller i systemene

Systemet med gjenfyllbare flasker er et mer transportkrevende system enn systemet med gjenvinnbare flasker. Det kommer av at brukte flasker må transporteres hele tilbake til riktig drikkevareprodusent (avhengig av flasketype). Transport av hele, tomme flasker utgjør en svært lite effektiv transport som følge av at bilene fylles med tomme flasker og således transporterer mye luft og lite tonnasje.

I systemet med gjenvinnbare flasker må flaskene transporteres fra handel og frem til gjenvinningsanlegget, men disse flaskene kan komprimeres straks etter bruk, noe som medfører at transporteffektiviteten øker betraktelig (mye tonnasjer per bil).

Dette betyr at når miljøeffektiviteten for systemene med gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker skal vurderes i forhold til hverandre, er det hovedsakelig en vurdering av hvor stor miljøbelastningen fra økt transport i systemet med gjenfyllbare flasker er i forhold til merbelastningen ved produksjon og gjenvinning (ny flaske hver tripp) av flasker i systemet med gjenvinnbare flasker. Dette blir presentert i kapittel 6.3.

## **6.3 Resultater fordelt over livsløpet**

For å synliggjøre hvordan de ulike aktiviteter (livsløpstrinn) i de to systemene bidrar til de totale miljøbelastningene, presenteres miljøbelastningene fordelt over livsløpet i hvert system.

I det følgende presenteres dette for hver av de vurderte miljøpåvirkningskategorier.

For systemet for gjenfyllbare flasker er følgende livsløpstrinn presentert i figurene:

<b>Livsløpstrinn (aktivitet)</b>	<b>Beskrivelse – gjenfyllbare flasker</b>
Totalt	Summen av alle livsløpstrinnene (aktivitetene) i systemet.
Prod./gjenv. d-emb.	Produksjon, transport og avfallsbehandling av de ulike typer d-emballasje i systemet
Prod. flasker	Produksjon og transport av flasker og transportemballasje frem til tapperi (fordelt over tripptallet).
Trp til handel	Transport av flasker og d-emballasje til handel og behandling i butikk (pante-automat).
Returtrp tomme flasker	Returtransport av tomme flasker, kasser og Brett tilbake til tapperi.
Tomgodsutveksling	Transport for utveksling av tomgods mellom tapperiene og for tilførsel av ekstra Brett, kasser til handel.
Sortering	Energiforbruk for sortering, inkludert truck-kjøring og oppvarming av nødvendige arealer.
Vasking	Energiforbruk for vasking av flasker i tapperier.
Gjenvinning flasker	Transport til gjenvinningsanlegg og gjenvinning av utrangerte flasker fra tapperiene, inkl. erstatning av materialer.

For systemet for gjenvinnbare flasker er følgende livsløpstrinn presentert i figurene:

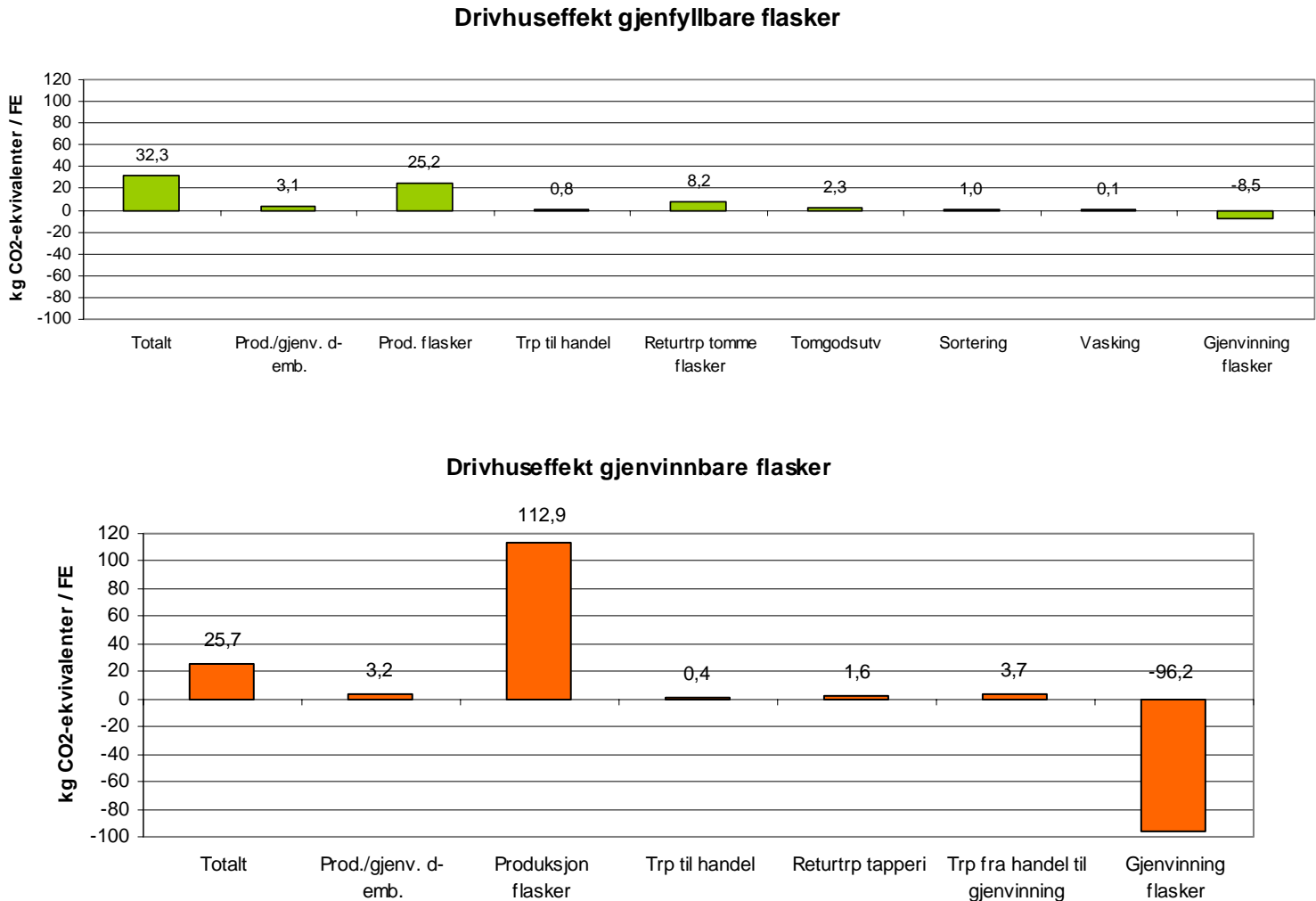
<b>Livsløpstrinn (aktivitet)</b>	<b>Beskrivelse – gjenvinnbare flasker</b>
Totalt	Summen av alle livsløpstrinnene (aktivitetene) i systemet
Prod./gjenv. d-emb.	Produksjon, transport og avfallsbehandling av de ulike typer d-emballasje i systemet
Produksjon. Flasker	Produksjon og transport av flasker og transportemballasje frem til tapperi.
Trp til handel	Transport av flasker og d-emballasje til handel og behandling i butikk (pante-automat).
Returtrp tapperi	Ikke utnyttet returtransport (tomtransport tilbake til tapperiene, 38% = norsk gjennomsnitt)
Trp fra handel til gjenvinning	Transport av flasker fra handel til gjenvinningsanlegg, inkl pressing i Resirks depoter.
Gjenvinning flasker	Gjenvinning av flaskene, inkludert erstatning av materialer.

Det presiseres at resultatene som presenteres i kapittel 6.3.1 til 6.3.5 gjelder for alternativet med egen distribusjon (86% av volumet, se nærmere beskrivelse i kap. 5.1.2). Dette medfører at det er noe avvik mellom totalresultatene vist i figur 6.2 og figurene 6.3-6.6. Fordi fordelingen av miljøbelastningene over livsløpet vil vise samme trend uavhengig av distribusjonssystem, vil dette ikke ha betydning for tolkning av resultatene i de påfølgende kapitler.



### 6.3.1 Drivhuseffekt (GWP)

Figur 6.3 viser bidrag til drivhuseffekt (GWP) per funksjonell enhet (FE) for de to systemene, vist for alternativet med egen distribusjon.



**Figur 6.3:** Bidrag til drivhuseffekt i de to systemene.

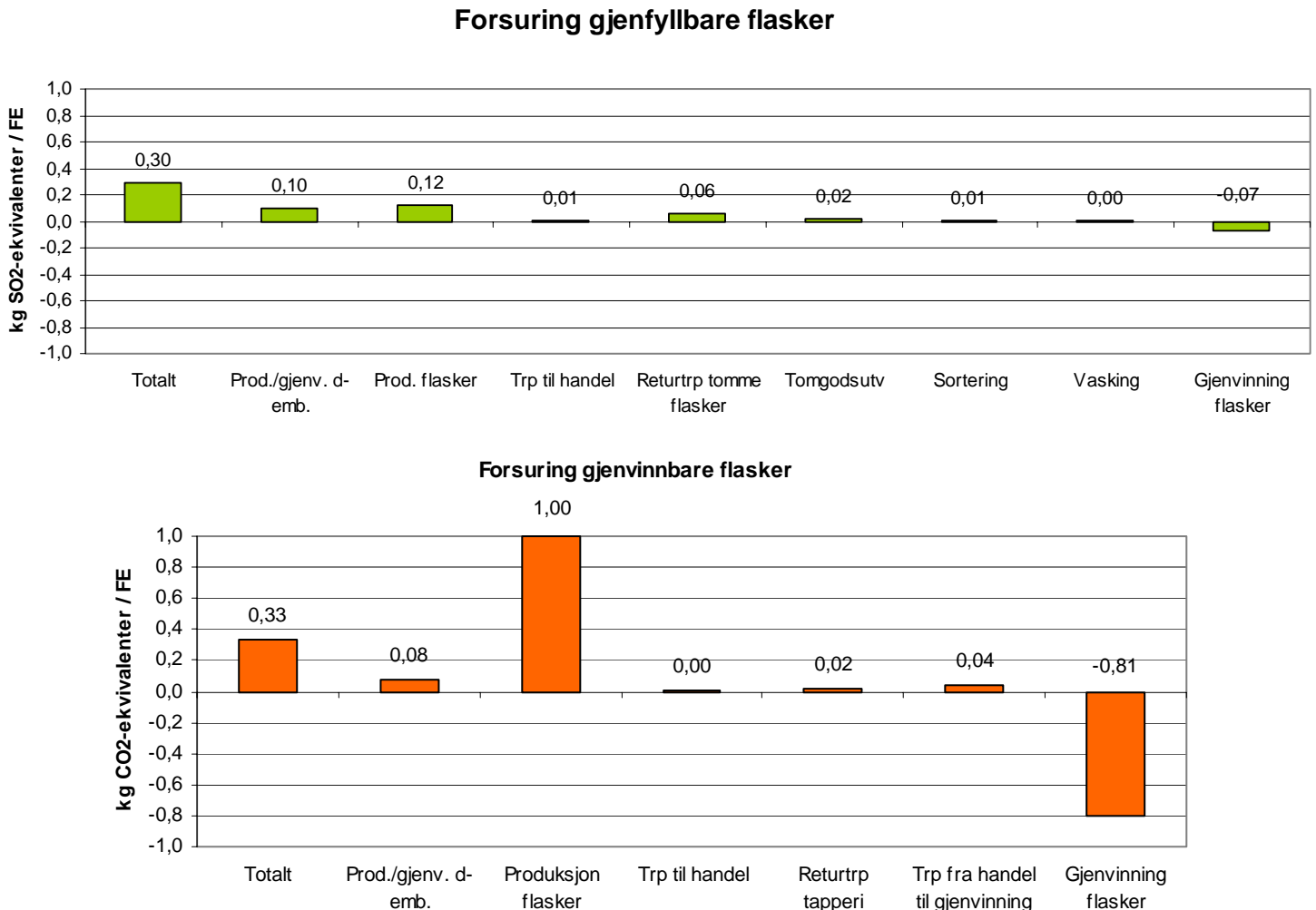
Figuren viser at gjenvinnbare flasker kommer best ut ved vurdering av drivhuseffekt. Dette kommer hovedsakelig av at merbelastningen fra produksjon og gjenvinning (hver tripp i systemet) av gjenvinnbare flasker er mindre enn miljøbelastningene fra økt transport i systemet med gjenfyllbare flasker.

For gjenfyllbare flasker utgjør produksjon av flasker det største enkeltbidraget i systemet med 78% av totalbidraget, mens returtransport av tomme flasker utgjør det nest største enkeltbidraget med 25%. Systemet får en miljøgevinst på -26% av totalbidraget som følge av gjenvinning av utrangerte flasker fordi produksjon av andre materialer (hovedsakelig jomfruelig PET) erstattes av gjenvunnet PET.

For gjenvinnbare flasker utgjør produksjon av flasker det største enkeltbidraget i systemet med 440% av det totale utslippet av drivhusgasser. Systemet får en betydelig miljøgevinst på -375% av totalbidraget som følge av gjenvinning av flaskene.

### 6.3.2 Forsuring

Figur 6.4 viser bidrag til forsuring for de to systemene, vist for vist for alternativet med egen distribusjon.



**Figur 6.4:** Bidrag til forsuring i de to systemene.

Figuren viser at gjenfyllbare flasker kommer best ut ved vurdering av forsuring. Dette kommer hovedsaklig av at merbelastningen fra produksjon og gjenvinning (hver tripp i systemet) av gjenvinnbare flasker er større enn miljøbelastningene fra økt transport i systemet med gjenfyllbare flasker.

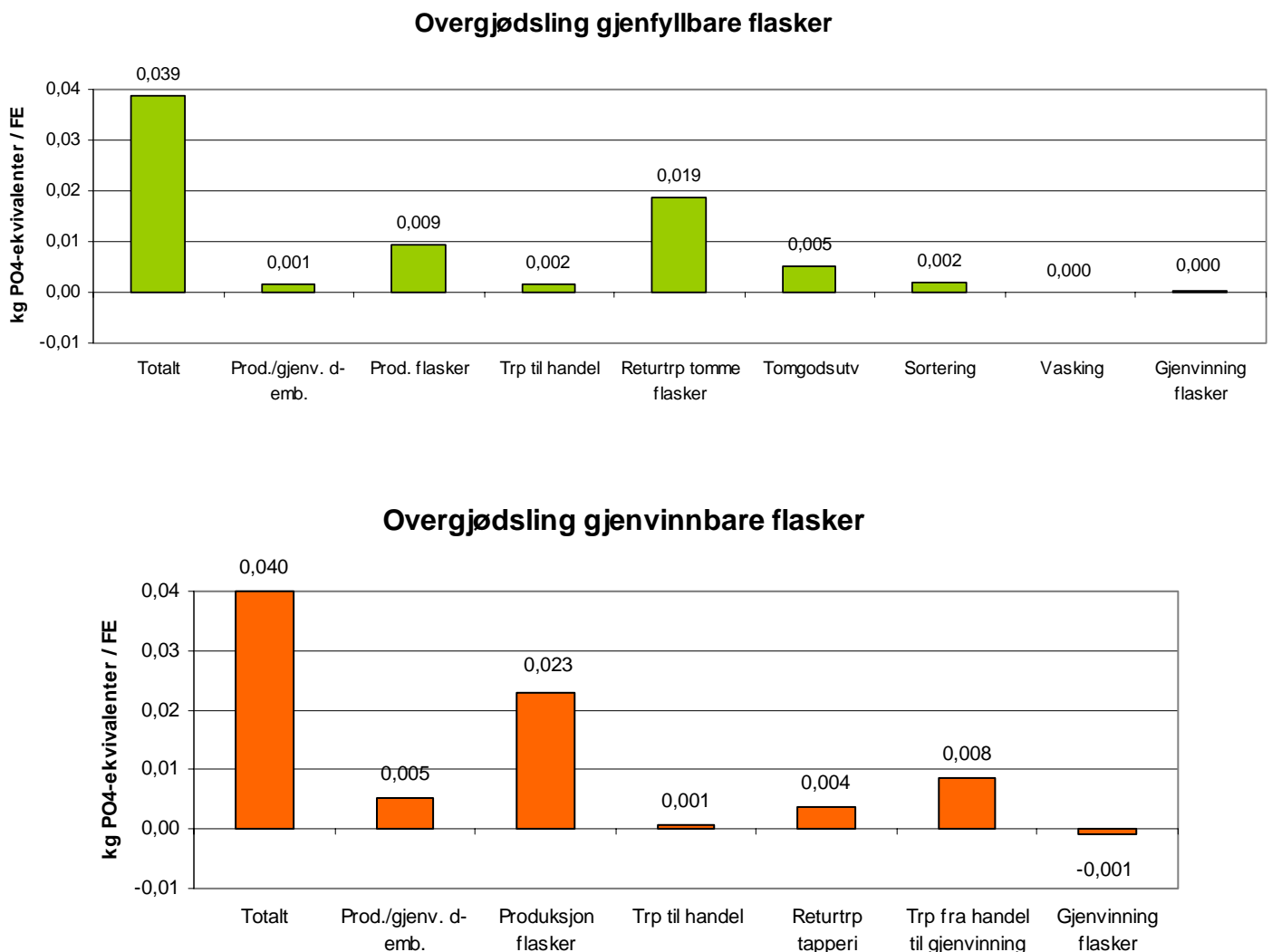
I systemet med gjenfyllbare flasker gir produksjon av flasker og produksjon av d-emballasje de største bidragene i systemet med henholdsvis 40% og 35% av det totale bidraget til forsuring. Returtransport og tomgodsutveksling bidrar med til sammen

27% av totalbidraget. Systemet får en miljøgevinst ved gjenvinning av utrangerte flasker på –24% av totalbidraget.

I systemet med gjenvinnbare flasker gir produksjon av flasker hovedbidraget i systemet med 300% av totalbidraget, mens gjenvinning av flaskene gir en tilsvarende miljøgevinst på –241%.

### 6.3.3 Overgjødning

Figur 6.5 viser bidrag til overgjødning (eutrofiering) for de to systemene, vist for alternativet med egen distribusjon.



**Figur 6.5:** Bidrag til overgjødning i de to systemene.

Figuren viser at systemene kommer tilnærmet likt ut ved vurdering av overgjødning. Dette kommer hovedsaklig av at merbelastningen fra produksjon og gjenvinning (hver

tripp i systemet) av gjenvinnbare flasker er mindre enn miljøbelastningene fra økt transport i systemet med gjenfyllbare flasker, men utover dette bidrar belastningene fra produksjon av d-emballasje og transport til gjenvinningsanlegg i systemet med gjenvinnbare flasker til at systemene total sett kommer tilnærmet likt ut.

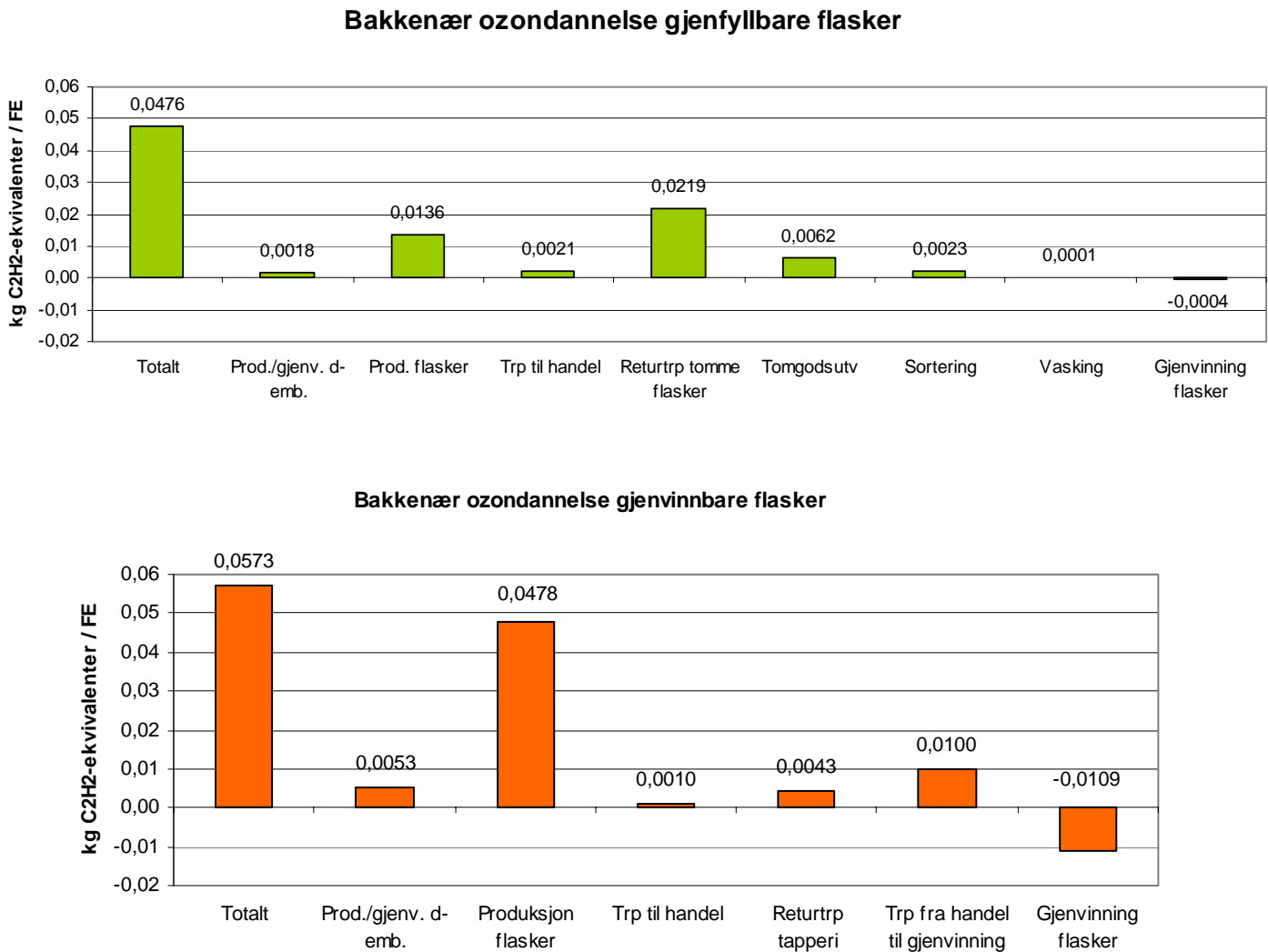
Dette avviker noe fra figur 6.2 som viser at gjenvinnbare flasker kommer 4%-poeng bedre ut enn gjenfyllbare flasker. Årsaken til avviket er at alternativet med grossistdistribusjon har høyere miljøbelastning fra transport enn alternativet med egen distribusjon for gjenfyllbare flasker, slik at det vektete gjennomsnittet derfor blir noe høyere for de gjenfyllbare flasker enn det som er vist i figur 6.5

I systemet med gjenfyllbare flasker gir returtransport av tomme flasker det største enkeltbidraget i systemet med 48% av det totale bidraget til overgjødsling. Produksjon av flasker bidrar med 24%, mens utveksling av tomgods utgjør 14%. Gjenvinning av flasker utgjør for overgjødsling et netto bidrag (ikke miljøgevinst) på 1%. Dette kommer av at miljøbelastningene fra transport til gjenvinningsanlegg og produksjon/bruk av energi ved gjenvinning er større enn gevinsten ved gjenvinning (erstatning av materialer) når det gjelder overgjødsling.

I systemet med gjenvinnbare flasker gir produksjon av flasker det største enkeltbidraget (57%), mens transport av komprimerte flasker fra handel til gjenvinningsanlegg medfører det nest største enkeltbidraget i systemet (21%).

### 6.3.4 Bakkenær ozondannelse (POCP)

Figur 6.5 viser bidrag til bakkenær ozondannelse (POCP) for de to systemene, vist for alternativet med egen distribusjon.



**Figur6.5:** Bidrag til bakkenær ozondannelse i de to systemene.

Figuren viser at gjenfyllbare flasker kommer best ut ved vurdering av bakkenær ozondannelse. Det kommer hovedsaklig av at merbelastningen fra produksjon og gjenvinning (hver tripp i systemet) av gjenvinnbare flasker er større enn miljøbelastningene fra økt transport i systemet med gjenfyllbare flasker.

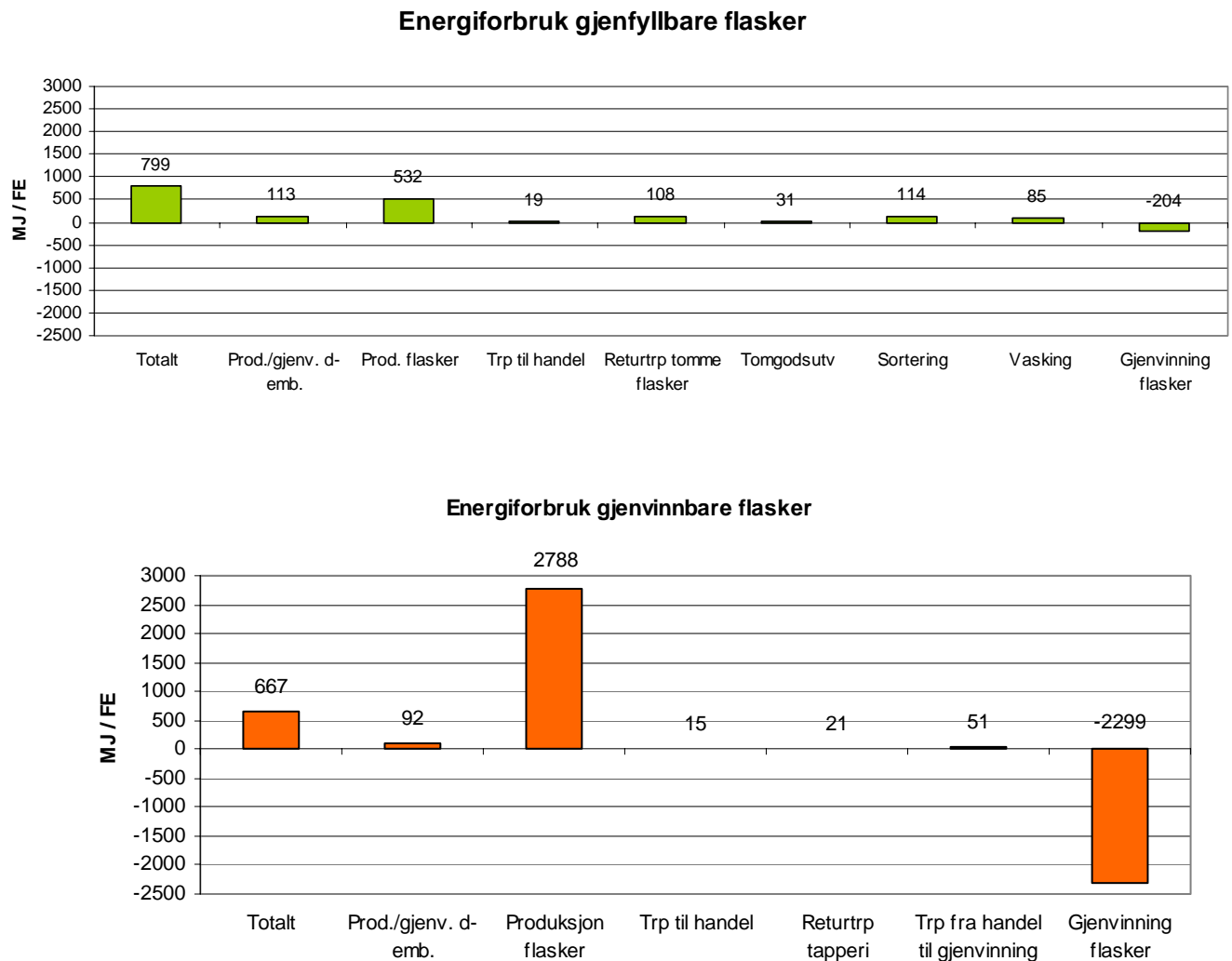
I systemet for gjenfyllbare flasker medfører returtransport av tomme flasker det største enkeltbidraget i systemet (46%), mens produksjon av flasker utgjør 28 % av totalbelastningen.

I systemet for gjenvinnbare flasker gir produksjon av flasker størst enkeltbidrag (83%), mens transport fra handel til gjenvinningsanlegg utgjør 17% av

totalbelastningen. Miljøgevinsten fra gjenvinning av flaskene utgjør et negativt bidrag på -19% av totalbelastningen.

### 6.3.5 Energiforbruk

Figur 6.6 viser energiforbruk i de to systemene, vist for alternativet med egen distribusjon.



**Figur 6.6:** Totalt energiforbruk i de to systemene.

Figuren viser at gjenvinnbare flasker kommer best ut ved vurdering av energiforbruk. Det kommer hovedsaklig av at merbelastningen fra produksjon og gjenvinning (hver tripp i systemet) av gjenvinnbare flasker er mindre enn miljøbelastningene fra økt transport i systemet med gjenfyllbare flasker.

I systemet med gjenfyllbare flasker medfører produksjon av flasker det største energiforbruket i systemet med 67% av totalt energiforbruk. Produksjon/gjenvinning

av d-emballasje, sortering og returtransport av tomme flasker utgjør hver ca 14% av det totale energiforbruket.

I systemet med gjenvinnbare flasker medfører produksjon av flasker det desidert største energiforbruket i systemet (418%), mens produksjon og gjenvinning av d-emballasje utgjør 14%. Gjenvinning av flaskene medfører et spart energiforbruk på -344% av det totale energiforbruket i systemet.

## 6.4 Oppsummering

### 6.4.1 Resultater

Brutto materialforbruk for de to flasketyperne er henholdsvis 5,4 kg og 37,1 kg per 1000 l drikke for gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker. Årsaken til den store forskjellen i brutto materialforbruk for de to systemene er at flaskene brukes bare en gang før de sendes til gjenvinning i systemet med gjenvinnbare flasker, mens de gjenfyllbare flaskene blir brukt flere ganger (tripp).

Netto materialforbruk for de to flasketyperne er henholdsvis 2,2 kg og 2,5 kg per 1000 liter drikke for gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker. Det betyr at gjenvinnbare flasker har 14 % (eller 1,14 ganger) høyere netto materialforbruk enn gjenfyllbare flasker. Høy innsamlings- og høy gjenvinningsgrad av gjenvinnbare flasker er årsaken til at den store endringen fra brutto til netto materialforbruk for gjenvinnbare flasker.

Rangeringen mellom systemene med gjenfyllbare og gjenvinnbare flasker varierer avhengig av hvilke miljøpåvirkningskategori som vurderes.

- For miljøpåvirkningskategoriene drivhuseffekt, overgjødning og energiforbruk kommer systemet med gjenvinnbare flasker henholdsvis 23%-, 4%- og 17 %-poeng bedre ut enn systemet med gjenfyllbare flasker.
- For miljøpåvirkningskategoriene forsuring og bakkenær ozondannelse kommer systemet med gjenvinnbare flasker henholdsvis 9%- og 12%-poeng dårligere ut enn systemet med gjenfyllbare flasker.

Forskjellene i systemene er alle innenfor en generell usikkerhetsgrense for livsløpsvurderinger på +/- 30% (Hanssen et al., 1996).

#### *Konklusjon hovedanalysen*

Med gjeldende forutsetninger i hovedanalysen og ut fra generell antagelse om usikkerhet i livsløpsvurderinger på ca +/-30%, er de to systemene miljø- og ressursmessig tilnærmet likeverdige.

### 6.4.2 Viktige aktiviteter i systemene

I det følgende beskrives de viktigste aktivitetene for de to systemene, vurdert i forhold til totalt bidrag til miljøbelastning og miljøgevinst gjennom systemenes livsløp.

#### Gjenfyllbare flasker

De viktigste aktivitetene for gjenfyllbare flasker er som følger (prioritert rekkefølge):

- Produksjon av flasker (og derav tripptall)
- Returtransport av tomme flasker, kasser og brett og gjenvinning av utrangerte flasker (gevinsten ved erstatning av PET og resirkulert stål)
- Tomgodsutveksling og produksjon av d-emballasje

#### Gjenvinnbare flasker

De viktigste aktivitetene for gjenvinnbare flasker er som følger (prioritert rekkefølge):

- Produksjon av flasker
- Gjenvinning av flasker (gevinsten ved erstatning av PET og resirkulert stål)
- Transport til gjenvinningsanlegg og produksjon av d-emballasje



## 7 Følsomhetsvurderinger

For å vurdere resultatenes robusthet, er det gjennomført følsomhetsvurderinger for de antatt viktigste og mest følsomme parametere. Dette innebærer følgende:

### For gjenvinnbare flasker

- Produksjon av flasker:
  - Andel regranulat i flaskene
  - Blåsing hos flaskeprodusent kontra blåsing in-house
- Gjenvinningsanlegg i Norge
- Innføring av 2-liters flasker for 35% av totalt produksjonsvolum
- Redusert innsamlingsgrad

### For gjenfyllbare flasker

- Tripptall

Resultatene fra følsomhetsvurderingene er presentert i det følgende.

### **7.1 Gjenvinnbare flasker**

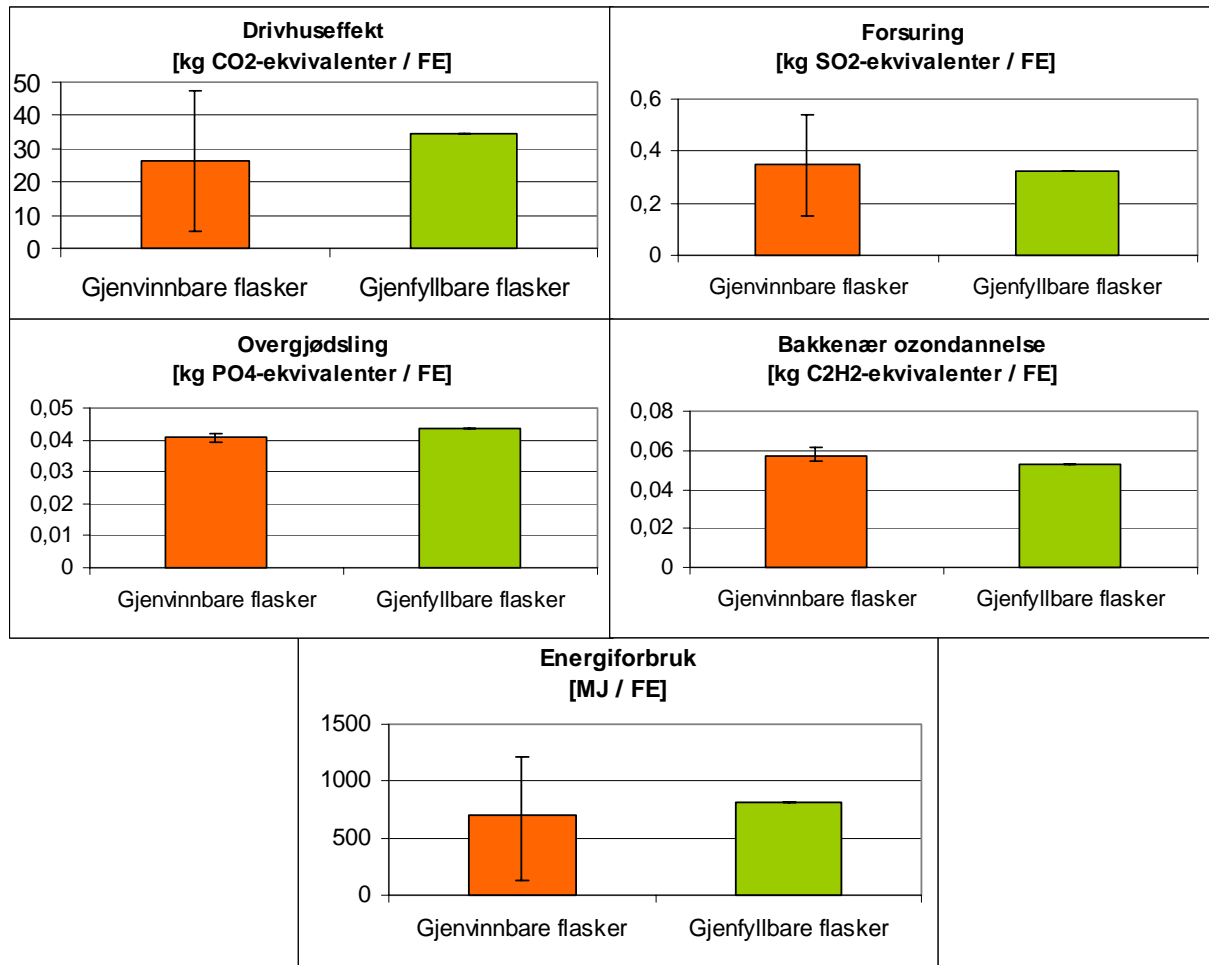
#### 7.1.1 Andel resirkulert materiale i gjenvinnbare flasker

Det er knyttet usikkerhet til hva som vil være en realistisk andel resirkulert materiale som vil bli benyttet i produksjon av gjenvinnbare flasker. For å vurdere betydningen av denne forutsetningen, er det gjennomført analyser av følgende to scenarier for innblanding av resirkulert materiale i flaskene:

- 0% innblanding av resirkulert materiale (kun jomfruelig granulat benyttes)
- 50% innblanding av resirkulert materiale (i flasker som ikke benyttes til vann)

Det forutsettes i analysene at innblanding av resirkulert materiale kun gjelder for den andel av flaskene som ikke benyttes til vann (86%, ref. kap. 5.3). Det betyr at en innblanding på 50% i alle flasker som ikke benyttes til vann, tilsvarer en andel på 43% per 1000 liter drikkevare (funksjonell enhet).

I figur 7.1 presenteres resultatene fra følsomhetsvurderingen sammen med resultatene fra hovedanalysen (kap. 6). De to alternativene for bruk av resirkulert materiale vises sammen med stolpen for gjenvinnbare flasker. Høyeste nivå representerer 0% innblanding (kun jomfruelig) og laveste nivå representerer 50% innblanding av resirkulert materiale.



**Figur 7.1:** Følsomhetsvurdering for andel resirkulert materiale i gjenvinnbare flasker

Figur 7.1 viser at andel resirkulert materiale som benyttes i produksjon av gjenvinnbare flasker er en svært betydningsfull forutsetning for miljøpåvirkningskategoriene drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk. For overgjødning og for bakkenær ozondannelse er denne forutsetningen derimot av liten betydning.

I tabellen under presenteres resultatene for gjenvinnbare flasker slik det er analysert i hovedanalysen (kap. 6), sammenlignet med resultatene fra følsomhetsvurderingen. Resultatene vises som prosentpoeng i forhold til resultatet for gjenfyllbare flasker.

Miljøpåvirknings-kategori	Resultat for gjenvinnbare flasker vist som %-poeng i forhold til gjenfyllbare flasker slik det er analysert i:		
	Hovedanalysen (kap. 6)	Følsomhet med jomfruelig granulert	Følsomhet med 50% resirkulert materiale
Drivhuseffekt	-23	+40	-84
Forsuring	+9	+72	-53
Energiforbruk	-17	+49	-85

**Tabell 7.1:** Følsomhetsvurdering av andel resirkulert materiale i gjenvinnbare flasker

Tabell 7.1 viser at dersom gjenvinnbare flasker produseres med kun jomfruelig granulat, endres resultatene som følger:

Drivhuseffekt:	fra å være 23%-poeng bedre til å bli 40%-poeng dårligere enn gjenfyllbare flasker
Forsuring:	fra å være 9%-poeng dårligere til å bli 72%-poeng dårligere enn gjenfyllbare flasker
Energiforbruk:	fra å være 14%-poeng bedre til å bli 49%-poeng dårligere enn gjenfyllbare flasker

Produksjon av gjenvinnbare flasker med kun jomfruelig granulat medfører at systemet med gjenvinnbare flasker kommer vesentlig dårligere ut (> 40%-poeng) enn gjenfyllbare flasker for miljøpåvirkningskategoriene drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk.

Dersom gjenvinnbare flasker produseres med 50% resirkulert materiale, endres resultatene som følger:

Drivhuseffekt:	fra å være 23%-poeng bedre til å bli 84%-poeng bedre enn gjenfyllbare flasker
Forsuring:	fra å være 9%-poeng dårligere til å bli 53%-poeng bedre enn gjenfyllbare flasker
Energiforbruk:	fra å være 17%-poeng bedre til å bli 85%-poeng bedre enn gjenfyllbare flasker

Produksjon av gjenvinnbare flasker med 50% resirkulert materiale medfører at systemet med gjenvinnbare flasker kommer vesentlig bedre ut (> 53%-poeng) enn gjenfyllbare flasker for miljøpåvirkningskategoriene drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk.

Det presiseres at beregningene med så stor andel som 50% resirkulert materiale i flaskene er hypotetisk fordi det forutsetter at en langt større andel enn dagens mengde av resirkulert PET benyttes til produksjon av nye flasker.

### Oppsummering

Følsomhetsvurderingen om andel resirkulert materiale i gjenvinnbare flasker viser at dette har vesentlig betydning for miljøpåvirkningskategoriene drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk.

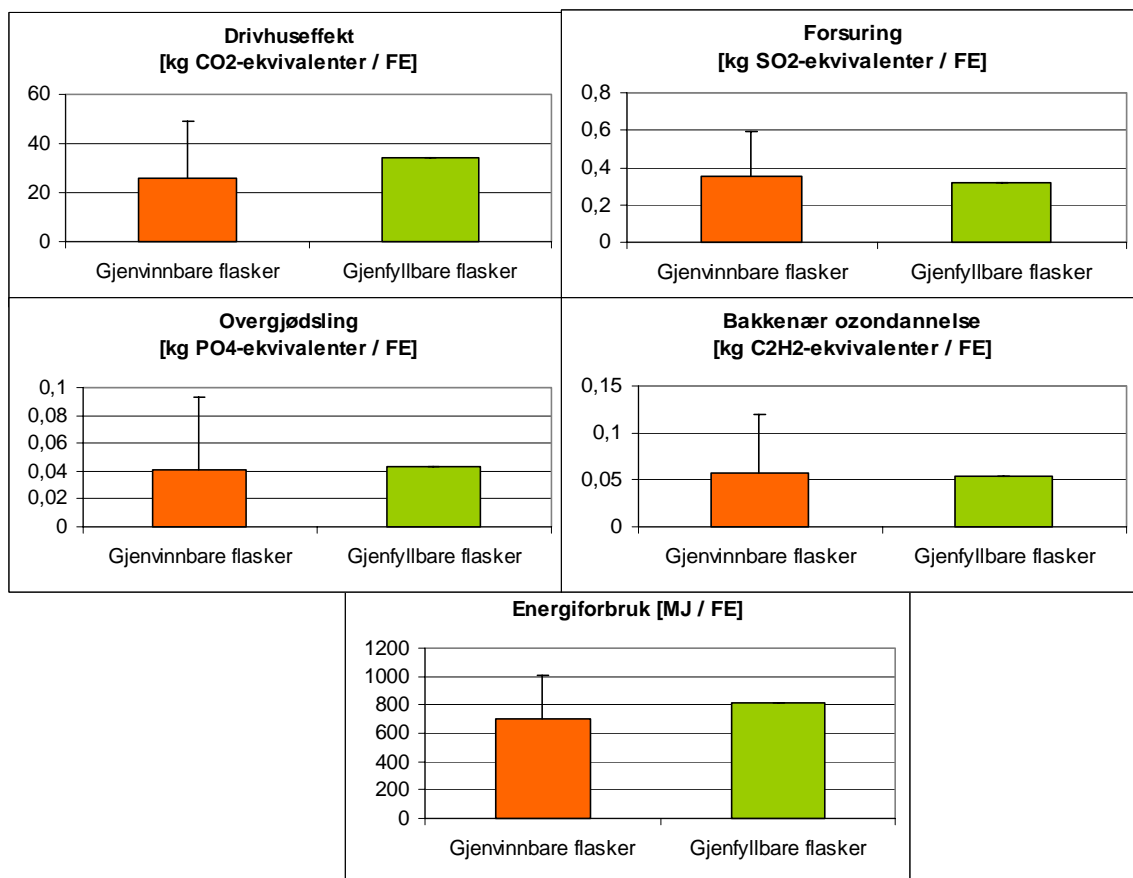
For disse kategoriene vil systemet med gjenvinnbare flasker bli vesentlig mer (>30%) miljøbelastende enn systemet med gjenfyllbare flasker dersom flaskene blir produsert kun av jomfruelig PET-materiale. Tilsvarende vil det bli vesentlig (>30%) mindre miljøbelastende enn systemet med gjenfyllbare flasker dersom flaskene blir produsert av minst 36% resirkulert materiale.

### 7.1.2 Blåsing av flasker hos flaske- eller drikkevareprodusent

I hovedanalysen er det forutsatt at tilnærmet 100% av flaskevolumet blåses in-house. Dette representerer et 'best case' vedrørende transporteffektivitet fordi det medfører at flaskene kan transporteres som preforms fra flaskeprodusent til drikkevareprodusent, noe som gir betydelig bedre transporteffektivitet enn transport av ferdig blåste flasker.

Det er imidlertid knyttet usikkerhet til hvor stor andel flasker som i en fremtidig situasjon vil blåses in-house kontra hos flaskeprodusenter. Med bakgrunn i dette, er det gjennomført en følsomhetsvurdering av miljøeffekten ved at hele flaskevolumet blåses hos flaskeprodusent, noe som kan vurderes som et 'worst case'.

I figur 7.2 presenteres resultatene fra følsomhetsvurderingen sammen med resultatene fra hovedanalysen (kap. 6). Blåsing av flasker hos flaskeprodusent vises sammen med stolpen for gjenvinnbare flasker slik den er beregnet i hovedanalysen (in-house blåsing).



**Figur 7.2:** Følsomhetsvurdering for blåsing av flasker in-house kontra hos flaskeprodusent.

Figuren viser at in-house blåsing har vesentlig betydning for alle de vurderte miljøpåvirkningskategoriene. Med andre ord: transport av preforms medfører så stor forbedring i transporteffektiviteten i forhold til transport av flasker, at dette gir utslag på analysens totalresultatet.

I tabellen under presenteres resultatene for gjenvinnbare flasker slik det er analysert i hovedanalysen (kap. 6), sammenlignet med resultatene fra følsomhetsvurderingen. Resultatene vises som prosentpoeng i forhold til resultatet for gjenfyllbare flasker.

Miljøpåvirknings-kategori	Resultat for gjenvinnbare flasker vist som %-poeng i forhold til gjenfyllbare flasker slik det er analysert i:	
	Hovedanalysen (kap. 6)	Blåsing hos flaskeprodusent
Drivhuseffekt	-23	+45
Forsuring	+9	+85
Overgjødsling	-4	+118
Bakkenær ozondannelse	+12	+129
Energiforbruk	-17	+23

*Tabell 7.2: Endring i resultatene som følge av blåsing av flasker hos flaskeprodusent.*

Tabellen viser at dersom gjenvinnbare flasker blåses hos flaskeprodusent, endres resultatene som følger:

- Drivhuseffekt: fra å være 23%-poeng bedre til å bli 45%-poeng dårligere enn gjenfyllbare flasker
- Forsuring: fra å være 9%-poeng dårligere til å bli 85%-poeng dårligere enn gjenfyllbare flasker
- Overgjødsling: fra å være 4%-poeng bedre til å bli 118%-poeng dårligere enn gjenfyllbare flasker
- Bakkenær ozon: fra å være 12%-poeng dårligere til å bli 129%-poeng dårligere enn gjenfyllbare flasker
- Energiforbruk: fra å være 17%-poeng bedre til å bli 23%-poeng dårligere enn gjenfyllbare flasker

#### Oppsummering

Dersom alle gjenvinnbare flasker blåses hos flaskeprodusent, vil transportbelastningene fra systemet bli så stor at systemet med gjenvinnbare flasker vil bli vesentlig (>30%) dårligere enn gjenfyllbare flasker for alle de vurderte miljøpåvirkningskategoriene bortsett fra energiforbruk (23%-poeng dårligere).

### 7.1.3 Gjenvinningsanlegg Norge

Med bakgrunn i opplysninger fra Resirk, er det mulig at en eventuell storskala innføring av gjenvinnbare flasker på det norske markedet medfører at det blir etablert et gjenvinningsanlegg i Norge.

Endring i denne forutsetningen vil medføre endring av energimix for elektrisitet som benyttes i gjenvinningsprosessen (fra dansk til norsk energimix). Det vil også endre transportbildet noe, men det forutsettes at gjenvunnet materiale må transporteres til

det europeiske markedet og dermed tilsvarende avstand som i dagens situasjon (til Danmark).

Resultatene viser at miljøpåvirkningskategoriene drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk påvirkes av denne endrede forutsetningen (de andre kategoriene påvirkes kun i ubetydelig grad).

I tabellen under presenteres resultatene for gjenvinnbare flasker slik det er analysert i hovedanalysen (kap. 6), sammenlignet med følsomhetsvurderingen. Resultatene vises som prosentpoeng i forhold til resultatet for gjenfyllbare flasker.

Miljøpåvirknings-kategori	Resultat for gjenvinnbare flasker vist som %-poeng i forhold til gjenfyllbare flasker slik de er analysert i:	
	Hovedanalysen	Gjenvinningsanlegg i Norge
Drivhuseffekt	-23	-45
Forsuring	+9	-6
Energiforbruk	-17	-26

**Tabell 7.3:** Endring i resultatene som følge av gjenvinningsanlegg i Norge.

Tabell 7.3 viser at dersom gjenvinningsanlegget ligger i Norge, vil det gi forbedring for systemet for gjenvinnbare flasker med i størrelsesorden mellom 6%-poeng og 22%-poeng i forhold til systemet med gjenfyllbare flasker, avhengig av hvilken miljøpåvirkningskategori som vurderes.

#### Oppsummering

Dersom gjenvinningsanlegget lokaliseres i Norge, vil systemet med gjenvinnbare flasker bli vesentlig (>30%) bedre enn gjenfyllbare flasker for drivhuseffekt. For de andre miljøpåvirkningskategoriene vil endring av denne forutsetningen ikke medføre vesentlige forskjeller mellom systemene.

#### 7.1.4 Innføring av 2-liters flasker

Det er sannsynlig at storskala innføring av gjenvinnbare flasker vil medføre en overgang til 2-liters flasker for en viss andel av produksjonsvolumet (Bunæs, Stray m.fl). Dette er ikke vurdert for gjenfyllbare flasker fordi dette anses som urealistisk i dette systemet (referansegruppen). .

Miljøeffekten ved innføring av 2-liters gjenvinnbare flasker er vurdert med basis i forutsetningen om at andel 2-liters flasker vil utgjøre ca 50% av 1,5l-volumet (tilsvarer 35% av totalt produksjonsvolum), noe som medfører redusert emballasjeforbruk per funksjonell enhet.

I tabellen under presenteres resultatene for gjenvinnbare flasker slik det er analysert i hovedanalysen (kap. 6), sammenlignet med følsomhetsvurderingen. Resultatene vises som prosentpoeng i forhold til resultatet for gjenfyllbare flasker.

Miljøpåvirknings-kategori	Resultat for gjenvinnbare flasker vist som %-poeng i forhold til gjenfyllbare flasker slik de er analysert i:	
	Hovedanalysen (kap. 6)	Innføring av 2-liters flasker
Drivhuseffekt	-23	-26
Forsuring	+9	+4
Overgjødsling	-4	-9
Bakkenær ozondannelse	+12	+7
Energiforbruk	-17	-21

**Tabell 7.4:** Endring i resultatene som følge av innføring av 2-liters flasker.

Resultatene viser at en overgang til 2-liters flasker medfører en forbedring av systemet med gjenvinnbare flasker på mellom 3-5%-poeng i forhold til systemet med gjenfyllbare flasker og gjelder alle de vurderte miljøpåvirkningskategoriene.

#### Oppsummering

Innføring av 2-liters flasker medfører en forbedring for systemet med gjenvinnbare flasker, men forbedringen er ikke stor nok til at det blir vesentlige (>30%) forskjeller mellom systemene.

### 7.1.5 Redusert innsamlingsgrad

Med bakgrunn i erfaringer som tilsier at gjenvinnbare flasker vil kunne ha lavere innsamlingsgrad enn gjenfyllbare (Ulstein m.fl.), er det gjennomført en følsomhetsvurdering for å finne skjæringspunktet mellom gjenvinnbare og gjenfyllbare flasker ved redusert innsamlingsgrad for gjenvinnbare flasker.

Fordi resultatene for de ulike miljøpåvirkningskategoriene varierer, presiseres at følsomhetsvurderingen legger vekt på drivhuseffekt og energiforbruk da disse kategoriene representerer de største forskjellene i hovedanalysen.

Resultatene viser at systemet med gjenvinnbare flasker må ned i en innsamlingsgrad på 80% for at resultatene for drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk skal bli vesentlig (>30%) dårligere enn systemet med gjenfyllbare flasker.

## 7.2 Gjenfyllbare flasker

### 7.2.1 Tripptall

Det er gjennomført følsomhetsvurderinger for fastsettelse av tripptall ved å beregne hvor mye tripptallet må endres for at resultatene for de ulike miljøpåvirkningskategoriene skal bli like for de to systemene.

Som vist i kapittel 5.1.1 avhenger tripptallet både av utsorteringsgrad hos drikkevareprodusent og innsamlingsgrad fra forbruker. Følsomhetsvurderingen forutsetter at det kun er teknisk utsortering på tapperiene som medfører endring i tripptall fordi endring i innsamlingsgrad også medfører endring i forutsetningen om at innsamlingsgraden i de to systemene skal være den samme.

Resultatene fra følsomhetsvurderingen er oppsummert i tabellen under.

Miljøpåvirknings-kategori	0,5 liters flaske, tripptall		1,5 liters flaske, tripptall	
	Hovedanalyse	Scenario	Hovedanalyse	Scenario
Drivhuseffekt	12,75	25	16,5	32
Forsuring		10		14
Overgjødsling		21		27
Bakkenær ozondannelse		9		12
Energiforbruk		19		25

**Tabell 7.6:** Endring i tripptall for at resultatene fra hovedanalysen i systemene skal bli like.

Resultatene viser at for miljøpåvirkningskategoriene drivhuseffekt, overgjødsling og energiforbruk må tripptall for gjenfyllbare flasker være 19 eller mer, noe som er usannsynlig. Det betyr at endring av tripptall ikke alene kan medføre at systemene gir like resultater.



## 8 Konklusjoner

Med bakgrunn i resultatene fra hovedanalysen og følsomhetsvurderingene, kan følgende konklusjoner trekkes:

- Med gjeldende forutsetninger i hovedanalysen og ut fra generell antagelse om usikkerhet i livsløpsvurderinger på ca +/-30%, er de to systemene miljø- og ressursmessig tilnærmet likeverdige.
  
- Følsomhetsvurderingene viser at systemet med gjenvinnbare flasker vil bli vesentlig (>30%) mindre miljøbelastende enn gjenfyllbare flasker dersom:
  - Gjenvinnbare flasker blir produsert med minst 35% resirkulert materiale (drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk)
  - Gjenvinningen skjer i Norge (drivhuseffekt)
  
- Følsomhetsvurderingene viser at systemet med gjenvinnbare flasker vil bli vesentlig (>30%) mer miljøbelastende enn gjenfyllbare flasker dersom :
  - Gjenvinnbare flasker blir produsert kun av jomfruelig PET-materiale (drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk)
  - Blåsing av gjenvinnbare flasker foregår hos flaskeprodusent (alle kategoriene)
  - Innsamlingsgrad for gjenvinnbare flasker blir lavere enn 80% (drivhuseffekt, forsuring og energiforbruk)
  
- Følsomhetsvurderingene viser at følgende endringer i forutsetningene ikke medfører forskjeller i systemene utover usikkerhetsnivået på 30%:
  - Innføring av 2-liters flasker for 35% av produksjonsvolumet i systemet med gjenvinnbare flasker
  - Endring av tripptall for de gjenfyllbare flaskene.

## 9 Tilleggs kommentarer

Vannforbruk inngår ikke som ressurs i studien. Coca-Cola (Stray, 2003) har dokumentasjon som viser at vannforbruket i et system med gjenvinnbare flasker er ca. 25% mindre enn for gjenfyllbare flasker.

Det er ikke tatt høyde for eventuelle strukturendringer som følge av en eventuell overgang fra gjenfyllbare til gjenvinnbare flasker. Tendensen er i dag (uavhengig av type system) en overgang til mer sentralisering, noe som vil medføre økte transportavstander i begge systemene. Med bakgrunn i resultatene presentert i kapittel 6 vil økte transportavstander (forutsatt in-house blåsing av gjenvinnbare flasker) gi størst miljømessig utslag på systemet for gjenfyllbare flasker. Strukturendringer generelt (mulig økt sentralisering, økt import m.m) ved en eventuell overgang til gjenvinnbare flasker kan vurderes som en eventuell videreføring av prosjektet.

En overgang til gjenvinnbare flasker vil medføre økte muligheter for design og kan virke inn på hygiene/matsikkerhet. Dette er ikke vurdert i studien.

Det har vært diskusjon i referansegruppen om hva som er riktig flaskevekt. En nærmere vurdering av dette kan gjøres som en eventuell videreføring av prosjektet.

Det har også vært diskusjon i referansegruppen vedrørende forutsetningen om at gjenfyllbare flasker forutsettes produsert med kun jomfruelig PET (ingen andel regranulat). Med bakgrunn i at dette slår ut som en vesentlig forutsetning for gjenvinnbare flasker, foreslås at en nærmere vurdering av dette kan gjøres som en eventuell videreføring av prosjektet.

Lukkede sløyfer for gjenvinnbare flasker. En vurdering/optimalisering av et mer lukket system (flaske-til-flaske) kan gjøres som en eventuell videreføring av prosjektet.

## 10 Referanseliste

Ebel, Achim (Cleanaway): E-mail av 06.05.03.

APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe), 2000: Data fra 2000 hentet fra web-sider <http://www.apme.org> (PET bottle grade og PET amorhp)

Birkdal, Steen (Expladan) mars 2003: Informasjon innhentet i forbindelse med innhenting av data i prosjektet.

Bunæs, Bjørn (Telemark Kildevann), april 2003: Innspill på møtet i referansegruppen 25.04.03.

Goedkoop, M. 2000: Eco-indicator 1999, Pré consultants, The Netherlands, April 2000.

Hanssen, O.J & Asbjørnsen, O.A. 1996. Statistical properties of emission data in life cycle assessments. J. Cleaner Prod. 4, 149-157.

Hanssen, O.J, Økstad, E., Askham, C., Ruback, S. 1998: Rapporterings – og indikatorsystem for avfallsminimering og miljøoptimalisering i emballasjesektoren. STØ, OR. 47.98

Hanssen, O.J, von Krog, L., Rønning, A, Støren Wigum, K.: Miljø- og ressurseffektive drikkevarer i et Faktor 10-perspektiv, STØ, rapportutkast mai –2002.

IEA Statistics, 2002: Electricity Information 2002 with 2001 data. International Energy Agency.

Lindfors, L.G., Christiansen, K., Hoffman, L., Virtanen, Y., Juntilla, V., Hanssen, O.J., Rønning, A., Ekvall, T., Finnveden, G. (1995): *Nordic Guidelines on Life Cycle Assessment*, Nordisk Ministerråd, Nord 1995:20

Nyland, C.A, Raadal, H.L, Hanssen, O.J and Modahl, I.S.: How LCA is used for Assessment of Waste Management Systems, Including a Model Allowing for Recycling of materials Several Times. Submitted for peer review, International Journal Of LCA, 2003.

Nyqvist, Nisse, Rexam Petainer, mars 2003: Informasjon innhentet i forbindelse med innhenting av data for prosjektet.

Petcore (Pet Container Recycling Europe) 2003: Data fra web-side: [http://www.petcore.org/envir\\_recprod\\_01.html](http://www.petcore.org/envir_recprod_01.html)

Referansegruppen i prosjektet. Har deltatt aktivt ved innhenting av data under hele prosessen. For deltakere se rapportens kapittel 4.2 Organisering.

Sundell, Morten (BROM) mars 2003: Informasjon innhentet i forbindelse med innhenting av data for prosjektet.

Statistisk Sentralbyrå (SSB): Lastebilundersøkelsen, fra web-side:  
<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/lbuint/tab-2003-03-21-01.html>

Stray, Adrian (Coca Cola Driker), april 2003: Innspill på møtet i referansegruppen 25.04.03.

SimaPro, versjon 5.1: Database for produksjon av elektrisitet i spesifikke land

Ulstein, Kristen (Grønn Hverdag), mai 2003: Innspill på møtet i referansegruppen 28.05.03.

Vincent, Bruno (Amcor in Beaune): E-mail av 05.05.03

# 11 Vedlegg

## Vedlegg 1: Livsløpsvurdering (LCA) – metodikk

### 1. Hva er LCA?

En livsløpsvurdering (LCA) er en prosess som evaluerer miljøbelastningene tilhørende et produktsystem eller en aktivitet. Dette gjøres ved å identifisere og beskrive forbruk av energi og materialer, samt utslipp til miljøet. En LCA inkluderer hele livsløpet til produktsystemet, fra utvinning av råmaterialer, produksjon, forbruk, transport og til slutt avhending ("fra vugge til grav"). I en LCA vurderes miljøpåvirkningene av systemet innen områdene økologiske effekter, helseeffekter og ressursforbruk. Økonomiske og sosiale effekter vurderes ikke.

### 2. Hvorfor gjennomføre en LCA?

Livsløpsvurderinger gir en helhetlig tilnærming til miljøaspektene ved produkter, og kan gi både myndigheter, produsenter og forbrukere god forståelse av hvilke miljøproblemer som er knyttet til et produkt og hvor i livsløpet de viktigste miljøbelastningene oppstår. Dette er svært nyttig informasjon i f.eks. produktutviklings- og ulike strategiprosesser.

I det følgende gis en oversikt over de viktigste bruksområdene for LCA:

#### Utvikling av kunnskap

- Hva er de viktigste miljøproblemene, og hvor i livsløpet oppstår de?
- Hva skjer med miljøprofilen dersom det gjøres endringer i produksjonen?

#### Beslutningsstøtte

- Hvor bør det brukes ressurser (personell, teknologi, utdanning) for å få maksimal effekt?
- Hva slags produkt-/markedsprofil ønskes?
- Hvilke materialer og leverandører bør brukes?

#### Informasjonsutveksling og kommunikasjon

- Informasjon for ansatte, utdanning, samt grunnlag for rapportering av viktige miljødata (indikatorer/EPI'er) og miljøvaredeklarasjoner (MVD'er)
- Kommunikasjon av effektene av en bedrifts miljøforbedrende tiltak til myndigheter, naboer, finansinstitusjoner og eksterne interessenter (EPI'er).

### 3. Fasene i en LCA

I følge ISO 14040-standarden skal livsløpsvurderinger inneholde følgende faser:

1. Fastsettelse av hensikt og omfang
2. Livsløpsregnskap
3. Effektvurdering
4. Tolkning

### 3.1 Hensikt og omfang

#### *Hensikt*

Her skal man spesifisere anvendelse, grunnen til at studien utføres, samt forventet målgruppe for studiet (hvem resultatene skal kommuniseres til).

#### *Omfang*

Når man definerer omfanget av en LCA-studie, skal følgende punkter vurderes og klart beskrives:

- Funksjonene til produktsystemet (-systemene, hvis sammenligningsstudie)
- Funksjonell enhet
- Produktsystemet som studeres
- Produktets systemgrenser
- Prosedyrer for allokering
- Påvirkningstyper, metode for effektvurderinger og påfølgende tolkning som skal anvendes
- Krav til data
- Forutsetninger
- Begrensninger
- Type kritisk gjennomgåelse, om noen
- Type og format for sluttrapportering fra studien.

#### *Funksjonell enhet*

Den funksjonelle enhet angir et produkts ytelse i forhold til en bestemt brukers krav, og skal gjenspeile funksjonen til produktet.

I det følgende gis et eksempel på funksjonelle enheter for bruk av sement og betong:



**1 km vei, vedlikeholdt og brukt over en periode på 50 år**

Det er viktig at ”brukt” inkluderes, fordi en da får med vedlikehold og andre viktige aspekter i veiens livsløp (belysning, støydemping, veimerking etc).

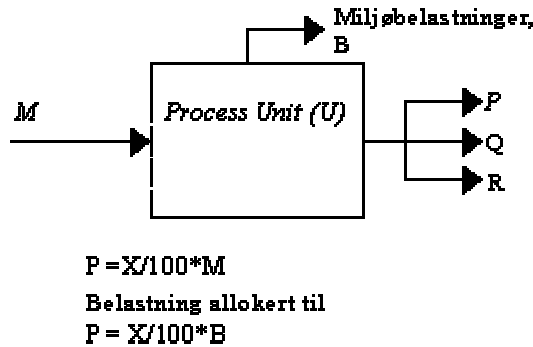
I en LCA normaliseres alle masse- og energistrømmer i henhold til den funksjonelle enheten. Derfor brukes vanligvis denne enheten som utgangspunkt når man presenteres resultater.

#### *Prosedyrer for allokering*

Med allokering menes fordeling av inngangsfaktorer til eller utgangsfaktorer fra en enhetsprosess til produktsystemet som undersøkes. Allokering er nødvendig når en enhetsprosess i et produkts livsløp har mer enn ett produkt eller råmateriale, og som inngår i ulike livsløp. Da vil det ikke være riktig å allokere alle miljøbelastninger fra enhetsprosessen til kun ett av produktene.

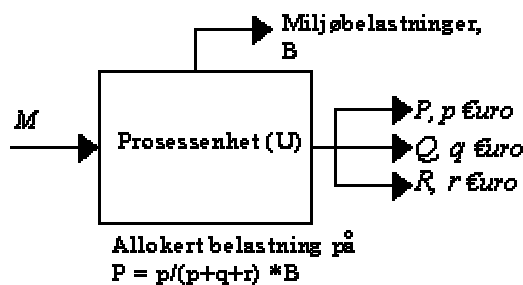
Det er flere forskjellige metoder å allokere på, men de to vanligste er allokering basert på masse eller økonomi, men også volum og energi kan brukes til å allokere.

### Masseallokering



Masseallokering er basert på massestrømmen gjennom enhetsprosessen, og illustreres i diagrammet over. Prosentandelen (X) av en gitt strøm (M) som bidrar til et gitt produkt (P), gjennom en gitt enhet (U) har blitt kalkulert. Denne prosentandelen (X) blir så andelen av miljøbelastningene (E) som allokeres til produktet (P). Det betyr at om et produkt bruker 37% av massestrømmen, så får det også allokert 37% av miljøbelastningene.

### Økonomisk allokering



Økonomisk allokering er basert på utsalgsprisen for de produserte produktene, og illustreres i diagrammet. Produktene P, Q og R produseres av enhetsprosessen (U). Deres respektive utsalgspriser er p, q og r. Produktet P allokeres derfor forholdet  $p/(p+q+r)$  av miljøbelastningene (E) fra prosessenheten. Det betyr at om utsalgsprisen til produktet Q er 40% av den totale utsalgsprisen, får det allokert 40% av miljøbelastningene.

### Forutsetninger

For tolkning og bruk av en LCA er det viktig at alle forutsetninger er klart beskrevet. Forutsetningene og systemgrensene har innvirkning på hva resultatene kan brukes til. De forutsetningene som er bestemt, kan testes for å se om endringer innenfor rimelige grenser påvirker konklusjonene fra studiet. Dette kalles en følsomhetsanalyse, og gir den/de som jobber med livsløpsvurderingen en forståelse av hvor robuste konklusjonene er.

### Begrensninger

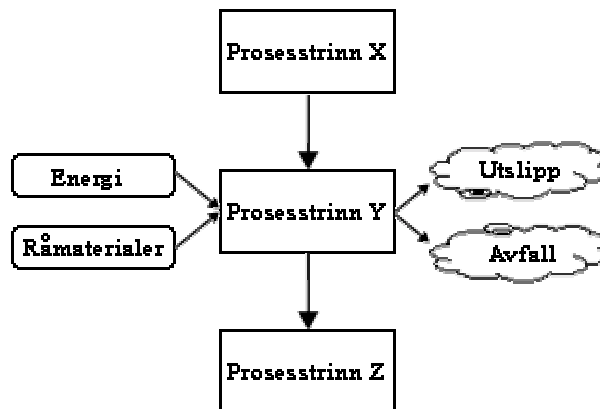
I en LCA-studie undersøkes et bestemt antall miljøbelastninger. Det betyr at selv om

LCA er definert å være holistisk, er den også begrenset til de bestemte miljøbelastningene beskrevet i omfangsdelen av studiet.

I en LCA vurderes miljøpåvirkningene for systemet innen områdene økologiske systemer, helse og ressursforbruk. Økonomiske og sosiale effekter vurderes ikke.

### 3.2 Livsløpsregnskap

I dette trinnet kvantifiseres alle material- og energistrømmer som kommer inn og går ut, gjennom produktets livsløp. Målet med livsløpsregnskapet er å kvantifisere energi- og råmaterialbehov, utslipp til luft og vann, samt avfall for hver enkelt prosess i et prosesssystem.



Alle inngangs- og utgangsfaktorer til produktsystemet relateres til den funksjonelle enheten, som danner basis for kalkulasjonene som utføres. Relatert til eksempelet på funksjonell enhet, så beregnes ikke energibruk og utslipp forårsaket av produksjon av ett tonn betong, men for den mengde betong som kreves for vedlikehold og bruk av 1 kilometer vei i løpet av en levetid på 50 år.

### 3.3 Effektvurdering

Ulike miljøproblemer oppstår som et resultat av at vi tar ut og behandler råmaterialer for å produsere forskjellige produkter. Ulike utslipp bidrar til ulike miljøproblemer på ulike måter.

I effektvurderingen ser man på potensielle konsekvenser av utslipp fra et produkts livssyklus. Resultatene fra livsløpsregnskapet (LCI) danner basis for dette.

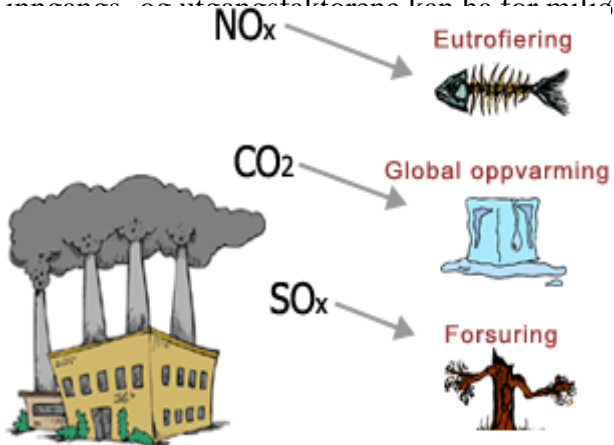
Effektvurderingen inkluderer de tre fasene nedenfor:





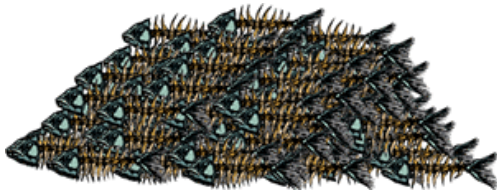
### Klassifisering - "Hvilke utslipp bidrar til hvilke kategorier?"

I klassifiseringstrinnet blir alle inngående og utgående material- og energistrømmer knyttet opp mot forskjellige kategorier av miljøpåvirkninger, avhengig av forventet påvirkning på miljøet. Hovedhensikten er å beskrive hvilke potensielle konsekvenser inngangs- og utgangsfaktorene kan ha for miljøet.



### Karakterisering - "Hvor mye bidrar de?"

Her kobles potensielle bidrag fra de forskjellige inngangs- og utgangsfaktorene med de forskjellige kategoriene av miljøpåvirkninger. Forskjellige utslipp bidrar i ulik grad til kategoriene. Blant annet bidrar metan ( $\text{CH}_4$ ) 21 ganger så mye som karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) til global oppvarming.



### Vekting - "Hvilke utslipp er av størst betydning?"

Dette er en frivillig fase (ISO, 1999), hvor resultatene for hver kategori vektes inn til en samlet kvantitativ vurdering av den potensielle miljøpåvirkningen fra et produktsystem.



### 3.4 Tolkning

I denne fasen analyserer man resultater, drar konklusjoner, beskriver begrensninger og gjør anbefalinger. Det er vesentlig at man her tar hensyn til studiens hensikt og omfang. Dette er nødvendig for at tolkningen skal gi verdi for senere beslutningstaking. Et eksempel på dette er at dersom datagap i livsløpsregnskapet viser seg å ha betydning for resultatet av studiet, er det viktig innhente de viktigste manglende data for å gjenta LCA- kalkulasjonen.