



# **Miljøvurdering af plastflasker i pantssystemet med fokus på vægtreduktion, brug af genanvendt PET og skift til andet emballagematerialer**

Anders Damgaard

november 2019

**Miljøvurdering af plastflasker i pantsystemet med fokus på vægtreduktion, brug af genanvendt PET og skift til andet emballagematerialer**

Rapport  
2019

Af  
Anders Damgaard, Seniorforsker

Udgivet af: DTU, Institut for Vand og Miljøteknologi, Bygningstorvet, Bygning 115, 2800 Kgs.  
Lyngby  
[www.env.dtu.dk](http://www.env.dtu.dk)

# Forord

Dette notat præsenterer resultater for et projekt for Bryggeriforeningen til miljøvurdering af plastflasker i pantsystemet med fokus på vægtreduktion, effekt af brug af genanvendelig PET og skift til andet emballagemateriale, med fokus på klimaeffekten. Projektet er udført af DTU Miljø. Projektet er betalt af Bryggeriforeningen, der har defineret det overordnede formål med projektet. Alle andre valg er taget af nedenstående.

Lyngby, november 2019

Anders Damgaard  
Seniorforsker

# Indhold

1.	Formål .....	5
2.	Metode .....	6
2.1	Scenarier der er modelleret.....	6
2.2	Følsomhedsanalyser – Biologisk kulstof, genanvendelse af karton og transportafstande.....	7
3.	Resultater og diskussion .....	9
3.1	Resultat af følsomhedsanalyse .....	12
	Reference .....	13
	Bilag A Data brugt til modellering .....	14
	Appendix B Resultater .....	17

# 1. Formål

Formålet med projektet har været:

*At belyse miljøeffekten af vægtreduktion, brug af genanvendt PET samt skift til andet emballagemateriale. Dette er gjort ved at udføre beregninger for at vurdere virkninger på miljøet ved vand på plastflasker af forskellige vægt og PET sammensætning, der håndteres i pantsystemet sammenlignet med vand på karton. Resultaterne er præsenteret som klimaeffekter.*

Dette notat præsenterer metoden brugt til beregning samt de primære datakilder og projektets resultater. Beregningerne skal ses som en screenings-LCA og er derfor ikke en fuld LCA med en stor mængde usikkerhedsberegninger osv. Resultaterne skal derfor tolkes med en vis usikkerhed.

## 2. Metode

Miljøvurdering er udført som en attributional LCA med systemudvidelse. Modelleringen er udført i modellen EASETECH (Clavreul et al. 2013) der er udviklet af DTU Miljø. Data til modelleringen er baseret på data fra EASETECH samt fra Ecoinvent databasen, og er anført detaljeret i Appendix A. Resultaterne er præsenteret som klimaeffekter udregnet ifølge IPCC 2013.

### 2.1 Scenarier der er modelleret

For at vurdere hvad materialevalget har af betydning for klimaeffekten blev de følgende hovedscenarier udført. Alle scenarier blev lavet for emballage til 0.5l vand. Der er antaget de samme omkostninger til produktion og tapning af vand for alle scenarier og emballagetyper, men yderligere omkostninger på tapperier er ikke medtaget, da fokus var på valget af emballage

#### Kartoner

I scenariet med kartoner antages det, at emballagen har en sammensætning som vist i Tabel 1. Der er i scenariet taget højde for produktion af emballage, transport til forbruger, indsamling samt bortskaffelse med restaffald, der forbrændes med el og varmeproduktion.

Materialesammensætning og design for kartoner tager udgangspunkt i Markwardt et al. 2017. Som design-eksempel til beregninger er brugt "Tetra Brick Aseptic Edge", der er en 250ml container, der er skaleret til 500 ml. I standardscenariet er der regnet med kartoner med skruelåg, men der er lavet følsomhedsanalyse på en uden skruelåg. Som udgangspunkt antages det, at kartoner bortskaffes sammen med andet restaffald, der sendes til forbrænding. For detaljer se Tabel 2.

#### Plastflasker

Der er taget udgangspunkt i tre forskellige plastflasker fremstillet af PET, på basis af deres vægt. En tyk, en mellem og en let. For alle tre typer plastflasker er der lavet modellering med henholdsvis 100% ny plast, 25%, 50%, og 100% rPET (genanvendt PET). For alle flasker er medregnet vægten af låget på flasken. I scenarierne antages det, at emballagen har en vægt og sammensætning som vist i Tabel 1. Der er i scenariet taget højde for produktion af emballage, transport til forbruger, indsamling og bortskaffelse. Det antages, at størstedelen indsamles via Dansk Retursystem A/S til høj kvalitets genanvendelse, en mindre grad forventes afleveret med blandet plast til genanvendelse, og den resterende del ender i forbrænding. For detaljer se Tabel 2.

**Tabel 1 Vægt og sammensætning af de forskellige emballage typer**

		Kartoner	PET - Tung*	PET - Mellem*	PET - Let*
Materiale	Enhed	Vægt	Vægt	Vægt	Vægt
Plastik	gram	10.5	24	20	14.2
Aluminium	gram	1.2	0	0	0
Karton	gram	13.8	0	0	0
<b>Total vægt</b>	<b>gram</b>	<b>25.5</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>14.2</b>

\* er både modelleret med 100% ny plast, og 25%, 50% og 100% rPET

**Tabel 2 Indsamling, genanvendelse og endelig bortskaffelse af produkt**

	Plastflasker %	Kartoner %
Genanvendelse via Dansk Retursystem A/S	93	
Kommunalt indsamlet plast til genanvendelse	2.1	
Restaffald til forbrænding	4.9	100

**Antagelser der forventes at have betydning for resultater og tolkning:**

- I alle scenarier er der regnet med 200 km transport fra tapperi til forbruger
- Der er ikke medtaget et scenarium med genanvendelse af kartoner i hovedscenariet da denne bortskaffelsesmulighed ikke forefindes i Danmark.
- Som udgangspunkt antages det, at biomasse til karton er fornybar og dermed ikke bidrager til klimapåvirkning ved forbrænding, da dette er udgangspunktet i de databaser, der regnes ud fra. Der er lavet en følsomhedsanalyse for at vurdere hvad det har af betydning.
- El sammensætningen er baseret på den gennemsnitlige sammensætning af dansk el i 2018 (Energinet, 2019), og varme forventes at erstatte varme fra naturgas. I fremtidige scenarier vil godskrivning fra el og varmeproduktion forventes at være mindre.
- For modellering af PET til plastflasker er der brugt produktionsdata for ny PET og rPET, Ny PET koster 1.8 kg CO<sub>2</sub> per kg plast, og rPET koster 0.5 kg CO<sub>2</sub> per kg plast. Når plastflaskerne genanvendes, erstatter de anden PET produktion. Her antages, at genanvendelsen erstatter den samme type PET/rPET som flasken oprindeligt blev produceret ud fra. Dette er gjort som konservativt estimat, da man også kunne antage, at genanvendt PET ville erstatte ny PET og ikke rPET, hvilket ville give en samlet mindre klimabelastning.

**Antagelser der ikke forventes at have betydning for resultater og tolkning:**

- Etiketter og farve til disse er ikke medtaget i beregningerne, da det forventes at være af minimal betydning
- Der er ikke medtaget data for køling i butikker og hos forbrugere, da det antages dette er det samme for alle emballager.

**2.2 Følsomhedsanalyser – Biologisk kulstof, genanvendelse af karton og transportafstande**

I antagelserne diskuteret ovenfor er der fire antagelser, der forventes at have en betydning, hvis en anden antagelse var taget end denne: om biogent kulstof, der afbrændes, regnes som klimaneutralt, om vand på kartoner tappes i Danmark eller importeres fra udlandet, om kartoner er produceret med eller uden låg.

For at undersøge dette blev fire følsomhedsanalyser udført.

1. Hvor afbrænding af det biogene kulstof i karton tilføres en CO<sub>2</sub> faktor for at tage højde for den effekt, kulstoffet vil have i atmosfæren, før det er optaget i et træ igen. CO<sub>2</sub>-faktoren er baseret på Guest et al (2013.) En værdi på 0.20 kg CO<sub>2</sub>-ækv per kg biogent CO<sub>2</sub> er brugt på basis af en forventet skovningsalder af 50 år for rødgran. Hvis brugen

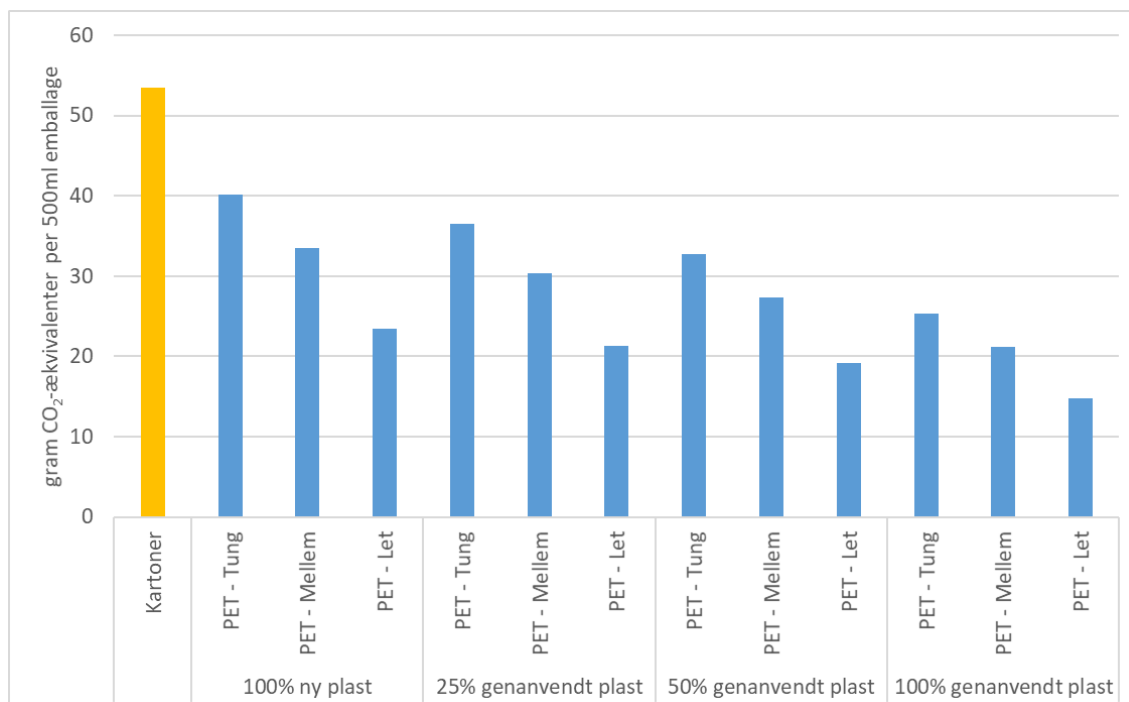
af biomasse i stedet ville lede til fældning af regnskov kunne denne faktor være endnu højere.

2. En transportafstand på 600 km tilføjes til transport af vand på karton, som er et eksempel på import af vand fra udlandet til Danmark.
3. Et scenarium med 70% genanvendelse af kartonner. I scenariet regnes der kun med genanvendelse af kartondelen. Aluminium og plastik vil blive forbrændt, da dette er, hvad der sker i udlandet ved genanvendelse i dag.
4. Et scenarium hvor der ikke er medregnet låg på kartoner, hermed bruges der mindre plast til kartonerne.

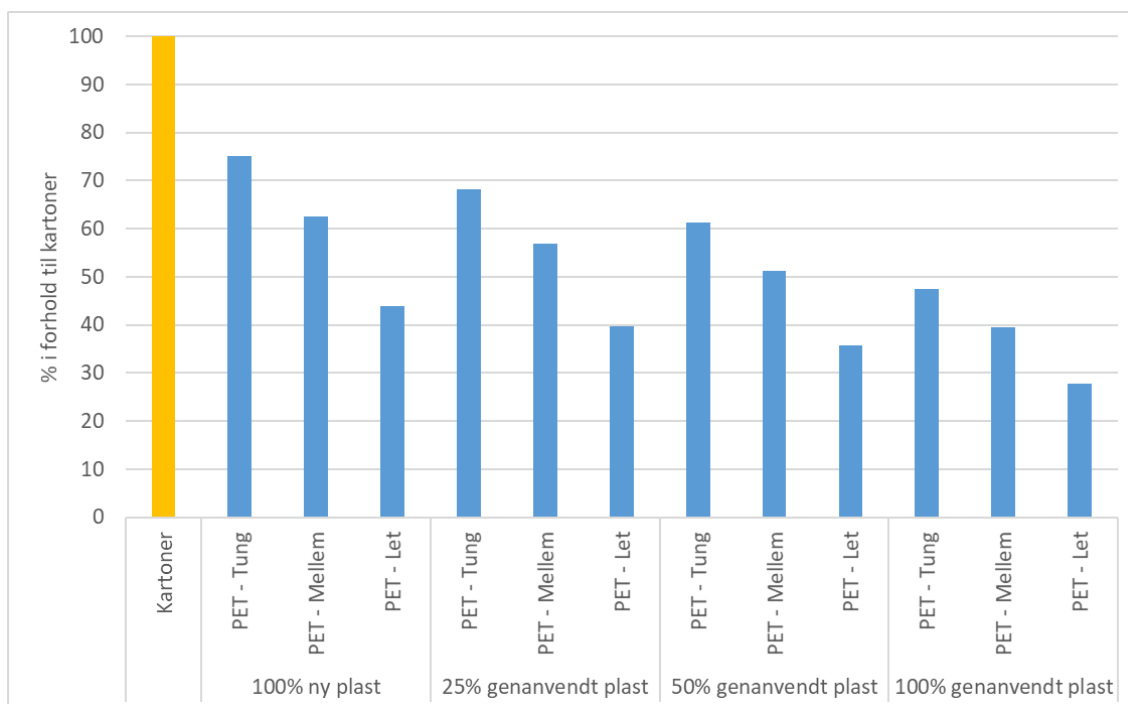


### 3. Resultater og diskussion

I Figur 1a og 1b er vist resultaterne for modelleringen af klimaeffekten af vand på kartoner sammenlignet med vand på plastflasker. Resultaterne er angivet i henholdsvis gram CO<sub>2</sub>-ækvivalent per 500 ml emballage (1a), og i procent i forhold til kartoner (1b). I figuren er de grupperet efter mængden af genvendt plast og herefter underopdelt efter vægten af plastflaskerne. Den gulve søjle viser resultatet for kartoner, hvor de blå søjler alle viser plastflasker af forskellig vægt. Detaljerede resultater i tabel form findes i Appendix B.



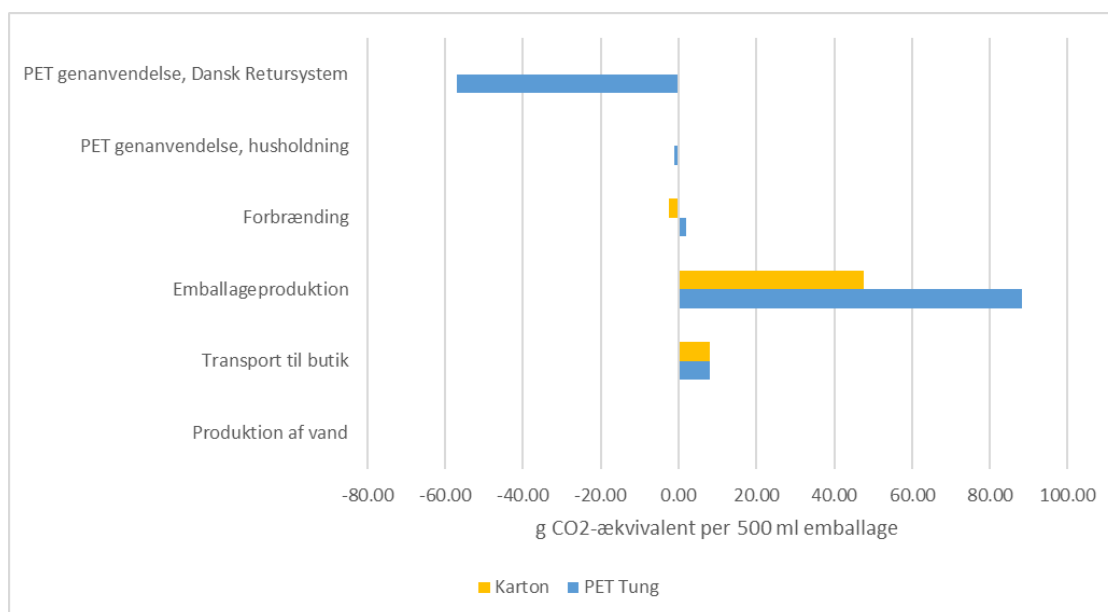
**Figur 1a Kartoner sammenlignet med de tre PET vægt typer. Underopdelt i 100% plast, 25%, 50%, og 100% rPET (genvendt plast). Resultater vist i gram CO<sub>2</sub>-ækvivalent per 500 ml emballage.**



**Figur 2b Kartoner sammenlignet med de tre PET vægt typer. Underopdelt i 100% plast, 25%, 50%, og 100% rPET (genanvendt plast).. Resultater vist i procent i forhold til kartoner.**

Resultaterne viser, at kartoner har et større netto CO<sub>2</sub>-aftryk end plastflaskerne. Det skyldes i stor grad, at plastflaskerne bliver genanvendt, hvorimod kartonerne blive brændt. Resultaterne viser yderligere, at klimaeffekten mindskes betydeligt ved at vælge lettere plastflasker. Endeligt ses det, at klimaeffekten mindskes yderligere ved at bruge genanvendt PET.

I Figur 2 ses hvilke processer der primært bidrager til klimabelastningen, her illustreret for karton og PET – Tung.



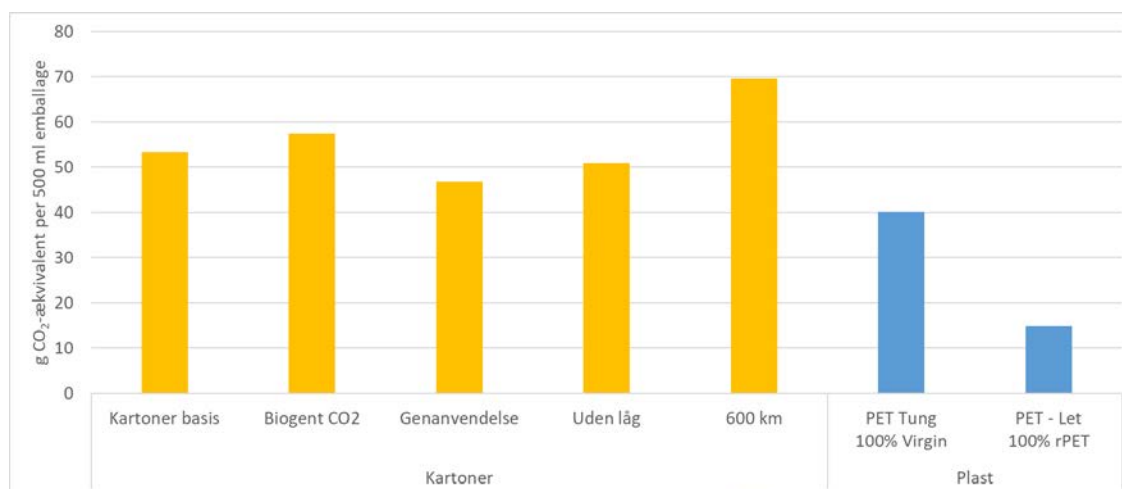
**Figur 2 Bidrag fra forskellig processer for de to emballage typer (PET Tung og karton)**

For plastflasker ses det, at størstedelen af belastningen kommer fra emballageproduktionen, hvori to processer primært bidrager, hvilket er PET materialet og elforbrug til formning af flasken. Det ses også, at der er en stor besparelse ved genanvendelse i Dansk Retursystem A/S. Denne udligner dog ikke fuldt produktionsomkostningen, da der både bruges energi og materiale til genanvendelsesprocessen, samt at elforbruget til formning af flasken er tabt. Resultaterne for de andre plastflaskevægte og rPET andele har samme fordeling, men med mindre værdier (dog er transport den samme).

For karton ses det, at også emballageproduktionen bidrager mest til klimabelastningen, efterfulgt af påvirkninger fra transport og forbrænding. Der ses der dog kun minimale besparelser ved bortskaffelsen, hvilket er grunden til at plast klarer sig bedre end kartoner.

### 3.1 Resultat af følsomhedsanalyse

I Figur 3 er illustreret resultatet af følsomhedsanalysen, som er illustreret sammen med resultaterne for kartoner (basis) og PET-tung som vist i Figur 1.



Figur 3 Følsomhedsanalyse af en række antagelser omkring kartoner

Det ses, at antagelsen omkring biogent CO<sub>2</sub>, og hvordan dette bidrager til klimabelastningen, kun spiller en mindre rolle og ikke ændrer på tolkningen. Derimod viser følsomhedsanalysen omkring transport, at transport spiller en stor betydning for resultaterne. Dette skyldes, at langt størstedelen af, hvad der transporteres, er vand og kun en mindre procentdel er emballage. Heraf ses det, at hvis vand på plastflasker sammenlignes med vand på kartoner der importeres fra udlandet, vil transporten have en stor betydning. Det vil være ligeså belastende, hvis vand på flaske importeres fra udlandet. Hvis man har en karton uden skruelåg, vil dette give en mindre besparelse. I forhold til genanvendelse af kartonen giver dette den største besparelse. Plastflaskerne kommer dog stadig bedre ud i alle scenarier, hvilket skyldes den høje genanvendelsesrate.

## Reference

Clavreul, J., Baumeister, H., Christensen, T.H., Damgaard, A., 2014. An environmental assessment system for environmental technologies. *Environ. Model. Softw.* 60, 18–30. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.06.007>

Energinet, 2019. MILJØRAPPORT 2019. Energinet, Fredericia, Danmark.

Guest, G., Cherubini, F., Strømman, A.H., 2013. Global Warming Potential of Carbon Dioxide Emissions from Biomass Stored in the Anthroposphere and Used for Bioenergy at End of Life. *J. Ind. Ecol.* 17, 20–30. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00507.x>

Markwardt, S., Wellenreuther, F., Drescher, A., Harth, J., Busch, M. 2017. Comparative Life Cycle Assessment of Tetra Pak® carton packages and alternative packaging systems for liquid food on the Nordic market. Final report. IFEU. Institut für energie- und umweltforschung, Heidelberg, Tyskland.

# Bilag A Data brugt til modellering

## A.1. Ecoinvent data brugt til modellering

Der er brugt en større mængde data til modellering i projektet. En stor del af dette stammer fra ecoinvent.org. I tabellen nedenfor er vist de vigtigste brugte data

Kartoner	liquid packaging board container,liquid packaging board container production,RER
PET	polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade,market for polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade,GLO
PET	polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, recycled,market for polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, recycled,RoW

## A.2. Affaldsforbrænding

Nedenstående viser anvendte data til modellering af affaldsforbrændingsprocessen. Forbrændingsprocessen repræsenterer et generisk dansk anlæg fra år 2012. Der er kun medtaget informationer relevant for klimapåvirkningen.

Røggasrensningen er baseret på Vestforbrænding i år 2011. Forbrændingen foregår med risteovn og våd røggasrensning. NOx er fjernet med selektiv non-katalytisk reduktion (SNCR), og dioxin og kviksølv er fjernet med aktivt kulstof. Emissioner fra behandling af spildevand foregår i kommunalt spildevandsanlæg. Udledning fra bundaske er inkluderet ved nyttiggørelse af bundasken som vejmateriale. Den producerede el og varme udnyttes som elektricitet på elnettet og lokal fjernvarme. Aluminium- og jern-scrap er fjernet fra bundasken til oparbejdning og genanvendelse.

Tabel A2. Forbrug og emissioner fra affaldsforbrænding i Danmark og i udlandet. Den genererede elektricitet og varme fortrænger marginal el og varme i Danmark og udlandet, afhængig af placering af forbrændingsanlægget. Samme værdier som i Miljøprojekt 1458 (Jensen et al., 2013).

Forbrug		
Hjælpemidler (kg per kg input affald)		
	NaOH	0.24E-5
	Aktivt kul	1E-3
	CaCO <sub>3</sub>	5.7E-3
	NH <sub>3</sub>	1.5E-3
	Vand	0.397
	Ca(OH) <sub>2</sub>	3.4E-4
	HCl	5.6E-6
Energiudnyttelse		

Effektiviteter (% af nedre brændværdi af input træaffald, netto)		
	Substituerer el	22
	Substituerer varme	73
Emissioner		
Processpecifikke, til luft (kg per kg input træaffald)		
	CO	3.3E-5
	NOx	8.5E-4
Affaldsspecifikke (% transferkoefficienter fra affald til luft)		
	Fossil CO2	99.9
	Bioøen CO2	99.9
Affaldsspecifikke (% transferkoefficienter fra affald til bundaske)		
	Bioøen CO2	0.1
	Fossil CO2	0.1

### A.3. Genanvendelse af Polyethylen-terephthalat (PET)

Følgende viser data for oparbejdning af affaldsfraktionen PET til sekundær PET. Det er antaget, at oparbejdning af PET foregår i Europa, men data for både Europa og USA er brugt.

Tabel A3 - Genanvendelse af PET, materiale- og energiforbrug. Anvendt EASETECH proces: "PET recycling, Europe based on Rigamonti". Referencer: (Giugliano et al., 2011; Perugini et al., 2005; Rigamonti, 2007; Rigamonti et al., 2014).

Forbrug	Enhed	Værdi
Vand	kg/kg våd vægt	2,22
Elektricitet	kWh/kg våd vægt	0,24
Varme	MJ/kg våd vægt	1,92
Natriumhydroxid, NaOH	kg/kg våd vægt	2,3E-3

Tabel A4 Genanvendelse af PET, udvekslinger med miljøet. Anvendt EASETECH proces: "PET recycling, Europe based on Rigamonti". Referencer: (Giugliano et al., 2011; Perugini et al., 2005; Rigamonti, 2007; Rigamonti et al., 2014).

Stof	Enhed	Værdi
Kuldioxid, CO <sub>2</sub> -fossil, luft	kg/kg våd vægt	0,0036
Svovldioxid, SO <sub>2</sub> , luft	kg/kg våd vægt	1,1E-6
Fosfor, P, vand	kg/kg våd vægt	1E-6
Nitrogen, N, vand	kg/kg våd vægt	3E-6
Cadmium, Cd, vand	kg/kg våd vægt	6,1E-10
Partikler < 2,5 um, luft	kg/kg våd vægt	3,12E-5*0,25
Partikler > 2,5 um og < 10 um, luft	kg/kg våd vægt	3,12E-5*0,25

#### A.4. Genanvendelse af pap

Følgende viser data for oparbejdning af affaldsfraktionen til et sekundært materiale. Anvendte data repræsenterer genanvendelse af karton i Sverige, Fiskeby. Det bemærkes, at data er af ældre dato, da der ikke foreligger offentligt tilgængelige data af nyere dato.

Tabel A5 Genanvendelse af karton, udvekslinger med miljøet. Anvendt EASETECH proces: "Paper (Cardboard and mixed paper) to cardboard, Fiskybybruk, Sweden, 2006". Reference: (Skjern Papirfabrik A/S, 2005).

Stof	Enhed	Værdi
Partikler > 2,5 um og < 10 um, luft	kg/kg våd vægt	2,8E-5
Kuldioxid, CO <sub>2</sub> -fossil, luft	kg/kg våd vægt	0,18
Nitrogenoxider, NO <sub>x</sub> , luft	kg/kg våd vægt	8,8E-5
Svovldioxid, SO <sub>2</sub> , luft	kg/kg våd vægt	1E-4
Fosfat, PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , vand	kg/kg våd vægt	2,5E-6
Nitrogen, N, vand	kg/kg våd vægt	6E-5

#### A.5. Blow moulding af plast flasker

Til modellering af blow moulding fandtes det, at de data, der var i Ecoinvent databasen, var væsentligt højere end forventet: 1.9 kWh per kg plast. Der blev derfor indsamlet data fra forskellige producenter. På basis af disse data er der brugt en beregningsforudsætning om effektiviteten på en tappelinje på 50% effektivitet, derfor en ny værdi på 0.35 kWh per kg plast.



## Appendix B Resultater

Tabel B1. Resultater vist i Figur 1.

<b>Materiale</b>	<b>Type</b>	<b>g CO<sub>2</sub>-ækvivalent per 500 ml emballage</b>
Kartoner	Kartoner	53.45
100% ny plastik	PET - Tung	40.15
	PET - Mellem	33.45
	PET - Let	23.42
25% genanvendt plast	PET - Tung	36.47
	PET - Mellem	30.39
	PET - Let	21.27
50% genanvendt plast	PET - Tung	32.79
	PET - Mellem	27.33
	PET - Let	19.13
100% genanvendt plast	PET - Tung	25.36
100% genanvendt plast	PET - Mellem	21.13
100% genanvendt plast	PET - Let	14.79