



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

Anders Damgaard

Marts 2022

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

Rapport
2022

Af
Anders Damgaard, Seniorforsker

Udgivet af: DTU, Institut for Vand og Miljøteknologi, Bygningstorvet, Bygning 115, 2800 Kgs.
Lyngby
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, marts 2022

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
	Referencer	13
	Bilag A Data brugt til modellering	14
	Bilag 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. Notatet er en opdatering af et tidligere notat fra 2019.

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 v 3.8.1, og er anført detaljeret i Bilag 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 ¹	PET - Mellem ¹	PET - Let ¹
Materiale	Enhed	Vægt	Vægt	Vægt	Vægt
Plastik	gram	7.84	24	20	14.2
Aluminium	gram	1.2	0	0	0
Karton	gram	13.8	0	0	0
Total vægt	gram	22.8	24	20	14.2

¹ er både modelleret med 100% ny plast, og 25%, 33%, 50%, 80% og 100% rPET

Tabel 2 Indsamling, genanvendelse og endelig bortskaffelse af produkt

	Plastflasker %	Kartoner %
Genanvendelse via Dansk Retursystem A/S	95*	
Kommunalt indsamling til genanvendelse	1.5	31
Restaffald til forbrænding	3.5	69

*Baseret på Dansk Retursystem (2021)

Antagelser der forventes at have betydning for resultater og tolkning:

- I alle scenarier er der regnet med 200 km transport fra tapperi til forbruger
- For genanvendelse af kartonner er regnet med samme data som husstandsindsamlet plast, da der ikke findes data for effektiviteten af indsamling af kartonner endnu.
- 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 2021 (Energinet, 2022), og varme forventes at erstatte varme fra naturgas. I fremtidige scenarier vil godskrivning fra el og varmeproduktion forventes at være mindre. For 2021 var den gennemsnitlige CO₂ udledning 142 g CO₂ per kWh.
- For modellering af PET til plastflasker er der brugt produktionsdata for ny PET og rPET, Ny PET koster 2.7 kg CO₂ per kg plast, og rPET koster 1.0 kg CO₂ 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.

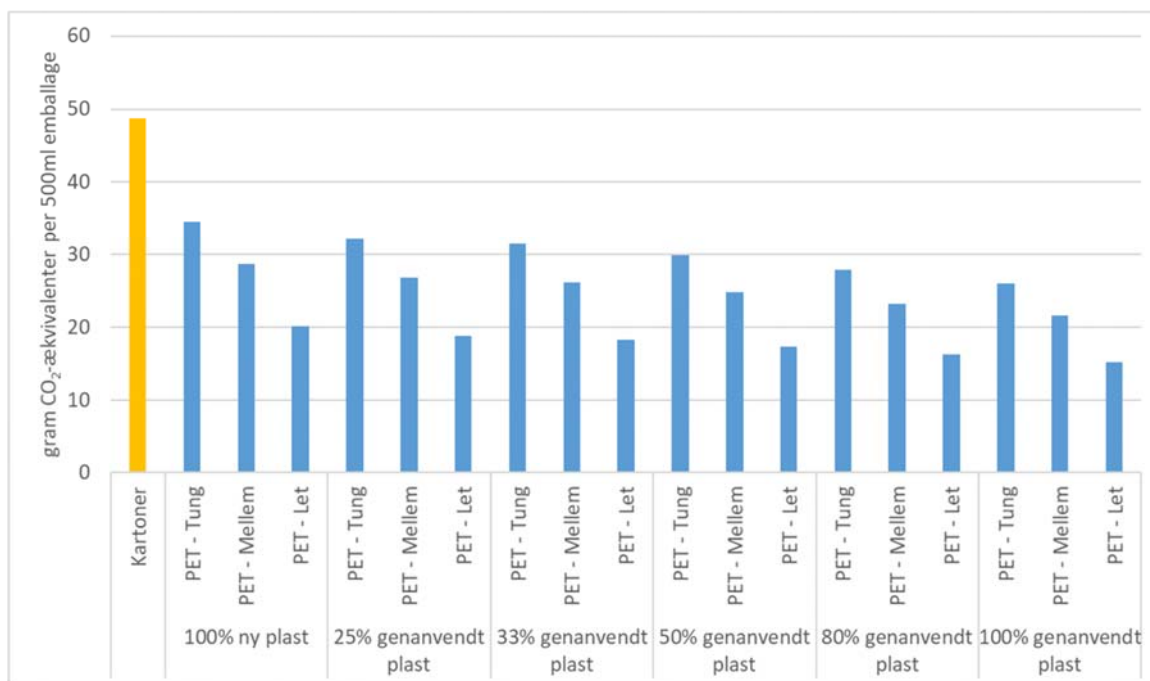
1. Hvor afbrænding af det biogene kulstof i karton tilføres en CO₂ faktor for at tage højde for den effekt, kulstoffet vil have i atmosfæren, før det er optaget i et træ igen. CO₂-faktoren er baseret på Guest et al (2013.) En værdi på 0.20 kg CO₂-ækv per kg biogent

CO₂ 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.

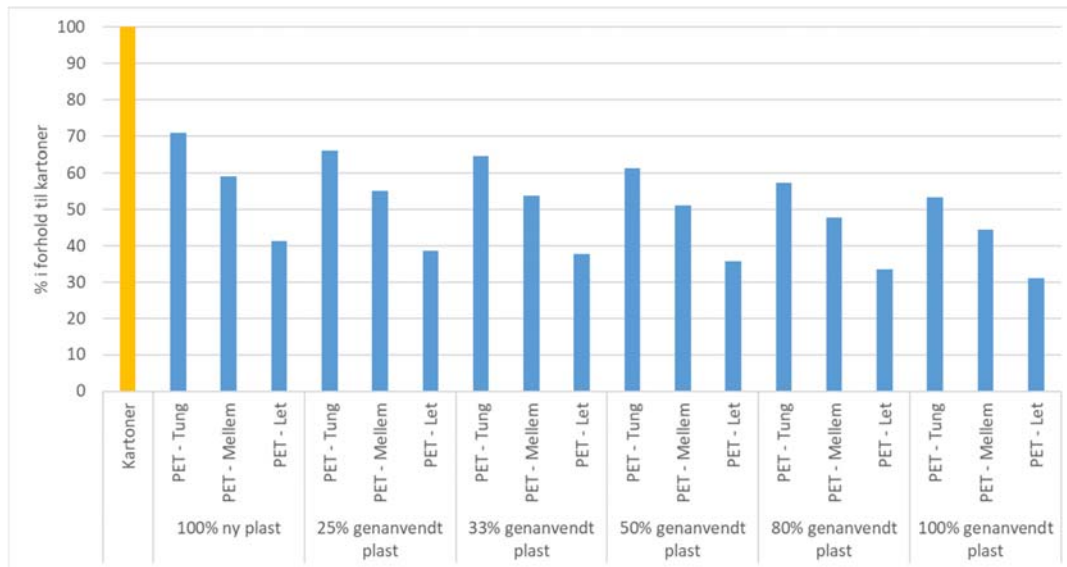
2. Et scenarie med indsamlings effektivitet på 65% til genanvendelse, som Econet har estimeret kan nås. Antagelse er stadig at kun pap delen genanvendes (Econet, 2021)
3. En transportafstand på 600 km tilføjes til transport af vand på karton, som er et eksempel på import af vand fra udlandet til Danmark.
4. Et scenarie 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 CO₂-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 Bilag B.



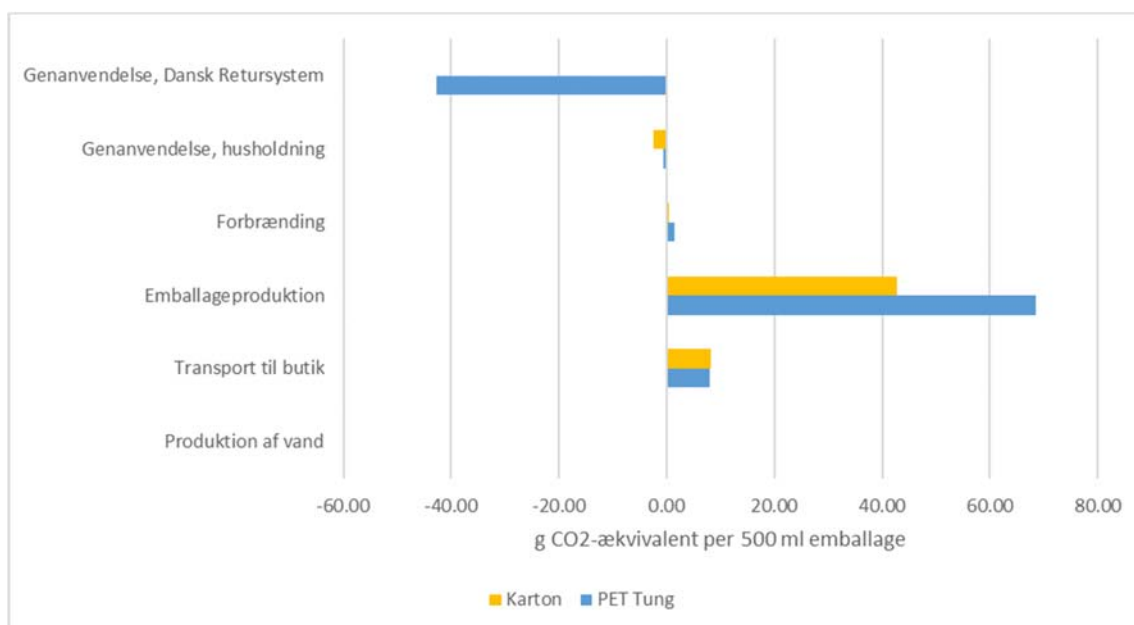
Figur 1a Kartoner sammenlignet med de tre PET vægt typer. Underopdelt i 100% ny plast, samt 25%, 33%, 50%, 80%, og 100% rPET (genanvendt plast). Resultater vist i gram CO₂-ækvivalent per 500 ml emballage.



Figur 2b Kartoner sammenlignet med de tre PET vægt typer. Underopdelt i 100% ny plast, samt 25%, 33%, 50%, 80% og 100% rPET (genanvendt plast).. Resultater vist i procent i forhold til kartoner.

Resultaterne viser, at kartoner har et større netto CO₂-aftryk end plastflaskerne. Det skyldes i stor grad, at plastflaskerne bliver genanvendt, hvorimod kartonerne en mindre del af kartonerne bliver genanvendt og resten 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 forskellige processer for de to emballage typer (PET Tung og karton)

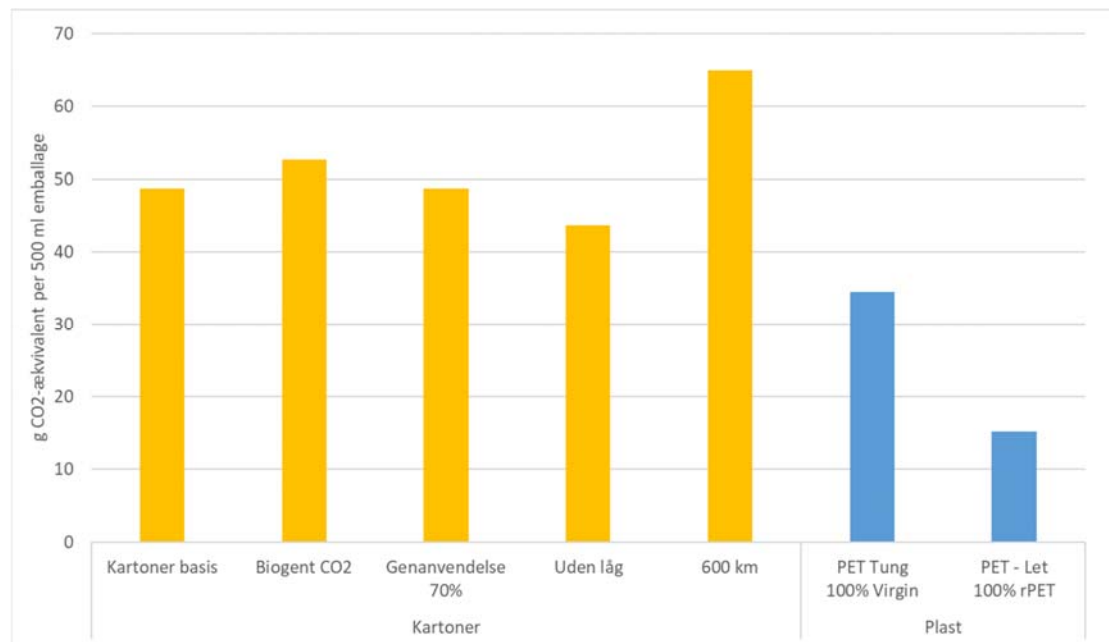
For plastflasker ses det, at størstedelen af belastningen kommer fra emballageproduktionen, hvori to processer primært bidrager, hvilket er PET materialet og elforbrug til formning af flasken. Det ses også, at der er en stor besparelse ved genanvendelse i Dansk Retursystem A/S. Denne udligner dog ikke 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.

Det bemærkes at produktion af vand har den absolut mindste belastning. Dette betyder at vand fra hanen altid vil være at foretrække hvis muligt.

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 fra nye materialer og PET-Let baseret på 100% rPET som vist i Figur 1.



Figur 3 Følsomhedsanalyse af en række antagelser omkring kartoner

Det ses, at antagelsen omkring biogent CO₂, 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 lige så 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 kun en mindre besparelse hvilket skyldes at kun papirfibre forventes genanvendt. Plastflaskerne kommer dog stadig bedre ud i alle scenarier, hvilket skyldes den høje genanvendelsesrate.

Referencer

ARC (2015) 'Personal communication with Jonas Nederskov, June 2015'.

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>

Dansk Retursystem, 2021. Årsrapport 2021 Cirkulær økonomi i verdensklasse, Dansk Retursystem, Hedehusene, Taastrup, Danmark.

Econet, 2021. Fordele og ulemper ved hhv. særskilte og kombinerede indsamlingsordninger for genanvendelige materialer. Udført for Affaldvarme Aarhus, Favrskov Forsyning, Reno Djurs & Renosyd, Econet A/S.

Energinet, 2021. Foreløbig miljødeklaration 2021. 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>

Haupt, M., Kägi, T. and Hellweg, S. (2018) 'Life cycle inventories of waste management processes', *Data in Brief*. Elsevier Inc., 19, pp. 1441–1457. doi: 10.1016/j.dib.2018.05.067.

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. Data er taget fra version 3.7.1, med allokeringen "At the point of substitution". I tabellen nedenfor er vist de vigtigste brugte data

Kartoner	liquid packaging board container,liquid packaging board container production,RER
Karton genanvendt	solid bleached and unbleached board carton,solid bleached and unbleached board carton production,RER
PET	polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade,market for polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade,RER
PET genanvendt	polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, recycled,market for polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, recycled,RoW
Flaskeproduktion	stretch blow moulding,RER (se justering I A5)
Forbrænding	hydrochloric acid, without water, in 30% solution state,hydrochloric acid production, from the reaction of hydrogen with chlorine,RER activated carbon, granular,activated carbon production, granular from hard coal,RER sodium hydroxide, without water, in 50% solution state,market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state,GLO ammonia, anhydrous, liquid,market for ammonia, anhydrous, liquid,RER quicklime, milled, packed,quicklime production, milled, packed,CH

A.2. Affaldsforbrænding

Nedenstående viser anvendte data til modellering af affaldsforbrændingsprocessen. Forbrændingsprocessen repræsenterer et generisk dansk anlæg fra år 2015. Der er kun medtaget informationer relevant for klimapåvirkningen.

Røggasrensningen er baseret på ARC i år 2015. 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. (ARC, 2015).

Forbrug		
Hjælpstoffer og energi (kg per kg input affald)		
	CaO	0.01186
	Aktivt kul	0.0005
	HCl	0.0005
	NH ₃	0.00286
	NaOH	0.00123
	Elektricitet (kWh/kg)	0.068
Energiudnyttelse		
Effektiviteter (% af nedre brændværdi af input træaffald, netto)		
	Substituerer el	22.8
	Substituerer varme	84.3
Emissioner		
Affaldsspecifikke (% transferkoefficienter fra affald til luft)		
	Fossil CO ₂	99.9
	Bioen CO ₂	99.9
Affaldsspecifikke (% transferkoefficienter fra affald til bundaske)		
	Bioen CO ₂	0.1
	Fossil CO ₂	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 ₂ -fossil, luft	kg/kg våd vægt	0,0036
Svovldioxid, SO ₂ , 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. 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.

Bilag B Resultater

Tabel B1. Resultater vist i Figur 1.

Materiale	Type	g CO₂-ækvivalent per 500 ml emballage
Kartoner	Kartoner	48.74
100% ny plastik	PET - Tung	34.54
	PET - Mellem	28.78
	PET - Let	20.15
25% genanvendt plast	PET - Tung	32.22
	PET - Mellem	26.85
	PET - Let	18.79
33% genanvendt plast	PET - Tung	31.47
	PET - Mellem	26.23
	PET - Let	18.36
50% genanvendt plast	PET - Tung	29.89
	PET - Mellem	24.91
	PET - Let	17.44
80% genanvendt plast	PET - Tung	27.97
	PET - Mellem	23.30
	PET - Let	16.31
100% genanvendt plast	PET - Tung	26.01
	PET - Mellem	21.68
	PET - Let	15.17