CIRKULÄRT SYSTEMS PÅVERKAN PÅ KLIMAT OCH RESURSFÖRBRUKNING

TALLRIKAR

Jämförelse mellan klimatpåverkan, energiåtgång och materialåtgång vid användning av tallrikar i PCTG, rishusk, opalglas och engångstallrikar i papper

Mälarplast AB

23 mars 2021

Miljö- och avfallsbyrån i Mälardalen AB • Kopparbergsvägen 8 • 722 13 Västerås
Telefon: 076-767 16 04 • *E-post*: info@milav.se
Org.nr: 556864-6870 • *Bankgiro*: 803-3128

www.milav.se

Förord

Detta PM beskriver vilka förutsättningar och avgränsningar som gjorts vid beräkningarna av klimatpåverkan, energi- samt materialförbrukning vid användande av fyra olika tallrikar i fem olika system.

Beräkningarna har gjorts av Eva Myrin och Karin Engström, Miljö & Avfallsbyrån på uppdrag av Peter Wall, Mälarplast AB.

Sammanfattning

Beräkningarna omfattar klimatpåverkan och resursanvändningen (energi, råmaterial och diskmedel) vid användande av fyra olika typer av tallrikar i ett storkök. De fyra typerna är en tallrik i PCTG, en i rishusk, en i opalglas eller en engångstallrik i papper. Tallriken i PCTG kan användas på två sätt, dels som en vanlig flergångstallrik men plastens egenskaper gör att den också kan reproduceras upp till sex gånger av samma material. I beräkningarna har alltså följande fem system jämförts:

- Tallrik i PCTG som diskas mellan varje användning och som skickas tillbaka till tillverkaren för reproduktion efter 4 års användning
- Tallrik i PCTG som diskas mellan varje användning och som slängs när den är sliten efter 4 år
- Tallrik i rishusk som diskas mellan varje användning och som slängs när den är sliten efter 2,5 år
- Tallrik i opalglas som diskas mellan varje användning. Används till den går sönder i hanteringen, i genomsnitt efter ett och ett halvt år.
- Engångstallrik i papper som slängs efter en användning

Beräkningarna jämför klimatpåverkan samt energi- och materialåtgång när man fyller behovet av en tallrik om dagen, 200 dagar per år i 28 år med var och en av de fem olika lösningarna. Den långa tidshorisonten bygger på plastens livslängd och mesta möjliga utnyttjande av de fysiska resurserna.

I beräkningarna används data från faktiska produktionsanläggningar eller från generella branschdata eller den akademiska litteraturen. I något fall har data från databaser använts.

Resultatet visar att systemet med reproduktion av tallriken i PCTG är det ur klimat- och materialanvändningsperspektivet allra bästa alternativet. När det gäller energiåtgång är systemen mer lika förutom för engångstallriken i papper.

För att kvalitetssäkra beräkningarna har beräkningar med varierade data gjorts. Variationer har skett med 1) antagandet att bara 22% av utsläpp och energiåtgång vid tillverkning av tallrik i opalglas och i papper är direkt kopplade till tillverkningsprocessen, 2) stärkelseproduktion med biogas och energisnålare pressning av tallrikarna i rishusk och 3) åtta års tidshorisont istället för 28 år. Även då känsligheten i beräkningarna testas genom dessa variationer bibehålls bilden att ett system med försörjning av behovet av en tallrik om dagen, 200 dagar per år genom tallrik i PCTG som reproduceras är det ur klimat- och materialanvändningsperspektivet det allra bästa alternativet.

Innehåll

1 BAKGRUND OCH SYFTE 6
2 BERÄKNADE SCENARIER 6
3 METOD OCH ANTAGANDEN 6
4 SYSTEMBESKRIVNINGAR 7
4.1 Tallrik i PCTG inklusive reproduktion 7
4.2 Tallrik i PCTG 7
4.3 Tallrik i rishusk 7
4.4 Tallrik i opalglas 8
4.5 Engångtallrik i papper 8
5 INDATA TILL BERÄKNING 8
5.1 Transporter 8
5.2 Användning 9
5.3 Avfallshantering 10
5.4 Tillverkning av Tallrik i PCTG 10
5.4.1 Råvara 10
5.4.2 Tillverkning och reproduktion 10
5.5 Tillverkning av tallrik i Rishusk 11
5.5.1 Råvara 11
5.5.2 Tillverkning 12
5.5.3 Variation av beräkningen 12
5.6 Tillverkning av tallrik i Opalglas 12
5.6.1 Variation i beräkningen 13
5.7 Tillverkning av tallrik i papper 13
5.7.1 Variation i beräkningen 13
6 RESULTAT 14
7 VARIATIONER 18
7.1 Bara produktionsenergi 18
7.2 Stärkelseproduktion med biogas och halverad energiåtgång vid pressning 18
7.3 Kortare tidshorisont 19
8 SLUTSATS 20

1 Bakgrund och syfte

Det står allt klarare att den moderna världens konsumtion av naturresurser är för stor och att hastigheten med vilken materiella resurser förlorar sitt värde och blir avfall är ohållbar. Affärsmodeller där material kan användas igen i slutna loopar är intressanta för att bromsa flödet av resurser genom vårt samhälle.

Beräkningarna som redovisas i detta PM har genomförts för att, ur ett systemperspektiv, jämföra miljö- och resurshushållningsprestandan i fem olika sätt till försörjning av behovet av:

- en tallrik om dagen, 200 dagar per år i 28 år

Beräkningen innefattar hela systemens koldioxidutsläpp samt energi- och materialåtgång med avgränsningar enligt nedan. Inga bedömningar av ekonomiska aspekter har gjorts.

2 Beräknade scenarier

Beräkningar har gjorts av följande fem system.

- Tallrik i PCTG som diskas mellan varje användning och som skickas tillbaka till tillverkaren för reproduktion efter 4 års användning
- Tallrik i PCTG som diskas mellan varje användning och som slängs när den är sliten efter 4 år
- Tallrik i rishusk som diskas mellan varje användning och som slängs när den är sliten efter 2,5 år
- Tallrik i opalglas som diskas mellan varje användning. Används till den går sönder i hanteringen, i genomsnitt efter ett och ett halvt år.
- Engångstallrik i papper som slängs efter en användning

3 Metod och antaganden

Data har i första hand samlats in från faktiska anläggningar, som produktionsdata från den fabrik där tillverkningen sker. Denna typ av data har till stor del kunnat användas för beräkningarna av de tre första systemen. I andra hand har generella data från branscherna eller data ur den vetenskapliga litteraturen använts för beräkningarna. Det senare har i huvudsak blivit aktuellt för de två sista systemen.

I beräkningarna har utsläpp av klimatpåverkande gaser, energianvändning och materialanvändning i tillverkningsprocesser, diskning inklusive diskmedel och transporter inkluderats.

Däremot har inte eventuella förpackningar (undantaget engångstallriken i papper), tillverkning av använda maskiner och fordon eller

tillverkningsanläggningarnas energianvändning för uppvärmning och belysning av lokaler eller personalutrymmen, datorer och dylikt beaktats. Distributionen av diskmedel har inte beaktats. Transporten till och verksamheten utsläppen från förbränning av avfall har beaktats men inte verksamhet vid avfallsanläggningarna.

4 Systembeskrivningar

4.1 Tallrik i PCTG inklusive reproduktion

Plastråvaran PCTG är en form av PET och tillverkas i Korea och transporteras med lastfartyg från Korea till Göteborg, en sträcka på 2 200 mil. Råvaran transporteras sedan med långtradare till Eskilstuna för tillverkning av tallriken. Efter tillverkning skickas tallriken med lastbil till en användare som antas vara 25 mil från tillverkningen. Där används tallriken 200 gånger per år under 4 år, med en diskning efter varje tillfälle, för att sedan skickas med lastbil tillbaka de 25 milen till tillverkaren för re-produktion. Plastråvaran klarar sex re-produktioner innan molekylen är för sliten vilket innebär att samma material kan användas i 28 år.

En diskning sker i en huvdiskmaskin med 18 tallrikar åt gången i ett 1 minuter långt program[1].

Efter sista användning efter sista re-produktionen kommer tallriken att förbrännas vilket sker i en avfallsanläggning som antas ligga 10 mil bort. Transporten dit sker med långtradare.

En tallrik i PCTG väger 134 gram.

4.2 Tallrik i PCTG

Systemet är det samma som ovan med den skillnaden att tallriken slängs när de blivit slitna efter fyra års användning och en ny tallrik ersätter den gamla och används i fyra år och så vidare i 28 år.

4.3 Tallrik i rishusk

Tallriken i rishusk tillverkas av stärkelse från Cassava[2] (30%[3]) och rishusk i Harbin i norra Kina. Råvarorna kommer från Malaysia till norra Kina, en träcka på 600 mil med båt. Landtransporten från hamn till Harbin sker med långtradare och är 60 mil. Färdig tallrik transporteras tillbaka till hamnen för att sedan transporteras med båt 2 200 mil till Göteborg. Återförsäljaren antas finnas i Göteborg och transporten till användare antas vara 25 mil och sker, som i övriga system med lastbil. Användningstiden för en tallrik i rishusk är 2,5 år[4]. En diskning sker efter varje användning i en huvdiskmaskin med 18 tallrikar åt gången i ett 1 minuter långt program.

[1] Uppgift från diskmaskinsutvecklare, personlig kontakt
[2] Enligt uppgift tillverkas tallriken av lignin och rishusk men eftersom ursprunget anges som Cassava (stärkelserikt) och produkten är vit och inte mörk, har slutsatsen dragits att riskhusken inte blandas med lignin utan med stärkelse
[3] Husksware, personlig kontakt
[4] Menigo, personlig kontakt

Efter användningen förbränns tallriken i en avfallsanläggning dit den transporteras med långtradare som ligger 10 mil bort.

En tallrik i rishusk väger 260 gram.

4.4 Tallrik i opalglas

Tillverkningen av tallrikar i opalglas sker i Italien. Tillverkningen sker med lokala råvaror och tallriken transporters efter tillverkning med långtradare till återförsäljare i Sverige. Återförsäljaren är i beräkningen placerad vid svenska gränsen (i syd) och avståndet är antaget till 150 mil. Från återförsäljaren transporteras tallriken till användare, en antagen sträcka av 25 mil. Denna transport sker med lastbil.

Tallriken används i 200 dagar per år och diskas mellan varje användning. En diskning sker i en huvdiskmaskin med 18 tallrikar åt gången i ett 1 minuter långt program. Erfarenhetsmässigt går 0,2–0,3 tallrikar sönder per 100 användningar vilket ger tallriken en medellivslängd på 167 användningsdagar. Andra uppgifter pekar dock på livslängder upp mot två år. För beräkningarna har valts medellivslängden 300 användningsdagar, det vill säga ett och ett halvt år.

Den trasiga tallriken transporteras med långtradare 10 mil till en deponi.

En tallrik i opalglas väger 370 gram.

4.5 Engångtallrik i papper

Det finns flera tillverkare av engångstallrikar i papper och många produkter att välja mellan. För vår jämförelse har vi valt en engångstallrik i papper tillverkas i Finland och transporteras 40 mil med långtradare till hamn i Finland för vidare båttransport på 50 mil till Sverige. Återförsäljaren antas var placerad i hamnen och tallriken transporteras, som de andra tallrikarna, med lastbil 25 mil till en användare. I det här fallet är tallriken en engångstallrik som slängs efter användning. Tallriken transporteras då med långtradare till avfallsförbränning som antas var 10 mil bort.

En engångstallrik i papper väger 10,2 gram.

5 Indata till beräkning

5.1 Transporter

I samtliga system kommer uppgifter om utsläpp och energiåtgång från transporterna i systemen från Network for Transport Measures[5] (NTM). Data för transport av 1 ton material 1 km har använts. För beräkningarna har de data som presenteras i Tabell 1 använts.

[5] Network for transport measures kalkyleringsmodell; https://www.transportmeasures.org/sv/ nedladdad november 2020

Tabell 1
Använda data för beräkning av klimatpåverkan från och energiåtgång vid transporterna i de studerade systemen.

Transportmedel	kg $CO_{2\text{-eq}}$/tonkm	MJ/tonkm
Båt	0,012	0,16
Långtradare	0,072	1,1
Lastbil	0,13	1,9

5.2 Användning

Tallriken används i en skolbespisning eller en restaurang och flergångstallrikarna diskas efter varje dags användning. Beräkningarna utgår från en användning om dagen. Utsläpp av klimatpåverkande gaser och energiåtgång vid diskningen har beräknats utifrån uppgifter om installerad effekt hos två på marknaden vanliga huvdiskmaskiner[6]. Genomsnittet 11 kW har använts vilket leder till utsläpp av 0,0008 kg CO_2-eq/diskad tallrik och en energiförbrukning på 0,06 MJ/diskad tallrik. Vid beräkningarna har antagits att svensk elmix använts vid diskningen och svensk elmix ger upphov till 0,0131 kg $CO_{2\text{-eq}}$/MJ[7] vilket motsvarar 0,047 kg $CO_{2\text{-eq}}$/kWh. Vid beräkning av klimatpåverkan och energiåtgång har en faktor för beräkning av primär energi på 1,7 använts[8]. Bakgrunden till denna faktor är att energisystemet har förluster och att miljöpåverkan, som till exempel utsläpp av koldioxid ($CO_{2\text{-eq}}$), uppstår vid produktionen.

Vid diskningen åtgår diskmedel. En forskningsrapport från 1999[9] anger att tillverkningen av diskmedel ger upphov till 4–5 kg $CO_{2\text{-eq}}$ per kg medel och att trenden är att utsläppen minskar med tiden. En rapport från 2009[10] anger utsläpp på 2,5 kg $CO_{2\text{-eq}}$ per kg diskmedel. Den senare siffran stöds av sökningar i databasen Eco-invent varför den valts att ingå i beräkningen. Inga data för energiåtgång vid diskmedelstillverkning ingår i beräkningarna.

För uppgifter om dosering av diskmedel har en diskmaskinsutvecklare konsulterats och angivit 2 gram medel per diskning.

---

[6] Två på marknaden vanliga diskmaskiners installerade effekt: https://www.gastroshop.se/product.html/huvdiskmaskin-gastroshop?&gclid=Cj0KCQjwreT8BRDTARIsAJLI0KI65AR-mXedg4tV0UrShuBa2ywTNcToJcBTjw-dFc2HF9no2cxcNj8aAqo-EALw_wcB och https://adexanordic.se/Pass-Through-Dishwashers-52/Pass-through-dishwasher-1080-plates-hour-Drain-pump-400V-Adexa-DWASH100TXL

[7] Energimyndigheten, svensk elmix http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/hallbarhetslagen/fragor-och-svar/vaxthusgasberakning/ nedladdad oktober 2020

[8] Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Oman, A., Hoglund, J., Palm, D. (2011). Environmental facts 2011 - Estimated emissions from fuel, electricity, heat and transportation in Stockholm. *Värmeforsk 2011.*

[9] Patel M. K., Theiß A., Worrell E., (1999) Surfactants production and use in Germany: resource requirements and CO2 emissions. *Resources, Conservation and Recycling 25 pg 61-78*

[10] Yamagushi Y., Seii E., Itagaki M., Nagayama M., (2009) Evaluation of domestic washing in Japan using life cycle assessment (LCA), *International journal of Consumer studies ISSN 1470-6423*

5.3 Avfallshantering

När den använda tallriken blir avfall är den troligaste hanteringen förbränning i samtliga fall utom för opaltallriken som deponeras.

Vid avfallsförbränning av PCTG har använts utsläppssiffror för plastavfall bildas 2,1 kg CO_2 per kg eldad plast. I detsamma produceras 30 MJ energi per kg eldad plast, en energimängd som har använts som en negativ energiåtgång i beräkningarna[11].

Förbränning av papperstallriken och av tallriken i rishusk antas inte ge några koldioxidutsläpp då materialet är ickefossilt. Däremot ger förbränningen energi och i båda fallen räknas med att energivärdet är som för flis, 14,4 MJ/kg material[12].

5.4 Tillverkning av Tallrik i PCTG

5.4.1 Råvara

Plastråvaran PCTG tillverkas i Korea av kemiföretaget SK Chemicals och uppgifter om utsläpp av klimatpåverkande gaser har inte kunnat erhållas på annat sätt än att råvaruproducenten uppger att utsläppen är de samma som vid tillverkning av polystyren (PS). Uppgifter om utsläpp från tillverkning av PS har därför hämtats från Plastics Europe eco-profiles[13]. Inga uppgifter om energiåtgång har kunnat erhållas från producenten varför antagandet att energiåtgången också är den samma som vid tillverkning av PS har gjorts.

De data som använts anges i Tabell **2**.

5.4.2 Tillverkning och reproduktion

Uppgifter om klimatpåverkan från och energiåtgång vid tillverkning och reproduktion av tallrikar i PCTG har beräknats utifrån uppgifter från tillverkaren Mälarplast AB[14] om de använda maskinernas installerade effekt och cykeltider. Använda data presenteras i Tabell **2**.

Vid beräkning av klimatpåverkan och energiåtgång vid produktion och reproduktion har faktorn för beräkning av primär energi på 1,7 har använts[15]. Vid beräkningarna har vidare antagits att svensk elmix använts. Svensk elmix ger upphov till 0,0131 kg $CO_{2\text{-eq}}$/MJ[16] vilket motsvarar 0,047 kg $CO_{2\text{-eq}}$/kWh.

---

[11] SMED (rapport 92, 2010, sidan 21) 70 000 kg CO2/TJ och att ändringen skall gälla alla värden från basåret 1990. Det effektiva värmevärdet sätts till 30 MJ/kg för denna bränslekategori.
[12] Värmevärden från Energimyndighetens datalager, 2017, kontaktperson Johan Harrysson
[13] Plastics Europe, eco profiles and Environmental Product Declaration s of the European Plastics Manufacturers. Expandable Polystyrene, February 2015; https://www.plasticseurope.org/en/resources/eco-profiles nedladdad november 2020
[14] Mälarplast AB, Personlig kontakt med Peter Wall, november 2020
[15] Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Oman, A., Hoglund, J., Palm, D. (2011). Environmental facts 2011 - Estimated emissions from fuel, electricity, heat and transportation in Stockholm. *Värmeforsk 2011.*
[16] Energimyndigheten, svensk elmix http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/hallbarhetslagen/fragor-och-svar/vaxthusgasberakning/ nedladdad oktober 2020

Tabell 2
Tabellen visar de data för dels plastråvaran, nytillverkning samt reproduktion av tallrikar i PCTG som använts i beräkningarna.

	$CO_{2\text{-}eq}$/ *tallrik*	*MJ/ tallrik*
Plastråvara	2,4	41
Nytillverkning	0,12	16,1
Re-produktion	0,13	16,5

Reproduktionen innehåller ett par processteg till och får av den anledningen lite högre siffror. De två vid reproduktion tillkommande processtegen är kvarning och torkning innan reproduktion till en ny tallrik.

5.5 Tillverkning av tallrik i Rishusk

Data för koldioxidutsläpp och energiåtgång för tallrikar i rishusk har inte kunnat hittas i den vetenskapliga litteraturen. Inte heller leverantören eller tillverkaren har kunnat ge fullständiga uppgifter om tillverkning av råvaror och av tallriken. Produktionskedjan har kartlagts i projektet och beräkningarna bygger på följande data.

5.5.1 Råvara

Tillverkningen av stärkelse kräver 0,583 MJ elektrisk energi/kg stärkelse vid produktion från Cassava och 1,95 MJ termisk energi/kg[17]. El-mixen i Malaysia ger upphov till 0,013[18] kg CO2-eq/MJ vilket innebär utsläpp av 0,112 kg CO2/kg stärkelse. Den termiska energin kan komma från olja men också från biogas. I beräkningarna har antagits att den termiska energin kommer från olja då Malaysia är en stor användare av olja. Vid stärkelsetillverkningen åtgår alltså 0,2 MJ energi/tallrik och utsläppen av koldioxid är 0,021 kg CO2/tallrik.

Den alternativa hanteringen av rishusk är förbränning direkt på fälten vilket fungerar som gödning på risfälten. Därför har ersättning av den förlorade gödningen belastat beräkningen. Att ersätta marken med den mängd konstgödning som motsvarar innehållet av kväve, fosfor och kalium (N:P:K) i rishusket ger upphov till utsläpp av 0,008[19] kg CO2/tallrik. En beräkning som utgår från att energianvändningen vid framställning av konstgödning kommer från fossila källor ger en energiåtgång på 0,058 MJ/tallrik.

I Tabell 3 finns angivet de data som använts i beräkningarna för att beräkna koldioxidutsläpp och energiåtgång vid tillverkningen av råvara för tallriken i rishusk.

[17] The 6th International Conference on Power and Energy Systems Engineering (CPESE 2019), 20–23 September 2019, Okinawa, Japan. Specific energy consumption of native starch industry in Thailand
[18] MIT-UTM Malaysia Sustainable Cities Program. Measuring and monitoring carbon emission to promote low-carbon development in Johor Bahru. Isaika Adeyemi Abdul-Azeez
[19] A review of greenhouse gas emission factors for fertiliser production, 2004

5.5.2 Tillverkning

Rishusket måste malas vid fabriken i Kina vilket kräver 0,099 MJ/tallrik och ger 0,01 kg CO2/tallrik[20].

Inga data för pressning av tallrikarna har kunnat erhållas trots upprepade påstötningar hos leverantör och tillverkare. Tekniken är ungefär den samma som vid pressning av tallrikar i plastmaterialet melamin varför data från pressning av melamintallrikar har använts. Utifrån beräkningar av presstid och installerad effekt vid pressning av melamintallrikar kräver en tallrik 3,8 MJ och ger då upphov till 0,7 kg CO_2/tallrik för energianvändning i Kina.

I Tabell 3 finns angivet de data som använts i beräkningarna för att beräkna koldioxidutsläpp och energiåtgång vid tillverkningen av råvara för tallriken i rishusk.

5.5.3 Variation av beräkningen

Efter som uppgifterna om energiåtgång vid pressningen är osäkra och stärkelsetillverkning kan ske med biogas har en variation av beräkningen gjorts för att kvalitetssäkra resultatet. Se avsnitt 7.1.

Tabell 3
Tabellen visar de data för tillverkning av tallrik i rishusk som använts i beräkningen

	$CO_{2\text{-}eq}$/ tallrik	***MJ/ tallrik***
Råvara, stärkelse	0,021	0,2
Råvara, riskhusk	0,008	0,058
Malning, rishusk	0,01	0,099
Tillverkning	0,7	3,8

5.6 Tillverkning av tallrik i Opalglas

Data för tillverkning av tallriken i opalglas har hämtats från den vetenskapliga litteraturen och i beräkningarna har hela tillverkningen givit upphov till 0,85 kg CO2/kg och använt 14 MJ/kg[21]. Använda data presenteras också i Tabell **4**. Eftersom hela tillverkningen sker i en anläggning och en LCA för tillverkningen har använts är siffrorna inte bara koldioxidutsläpp och energianvändning från använda maskiner. För att undersöka påverkan från den här olikheten i källorna har en variation med 22%[22] av energianvändningen baserat på Energimyndighetens bedömning av hur mycket energi inom svensk produktionsindustri som används för ren

[20] Institutet för livsmedel och bioteknik, 1998. Miljöanalys ur livscykelperspektiv av fläskkött och vitt bröd. Viveca Johanisson och Pär Olsson
[21] Schmitz A. et al, 2011, Energy consumption and CO_2 emissions of the European glass industry", Energy Policy Vol 39 (2011) pp.142-155
[22] Energimyndigheten, Använd energi mer effektivt i ditt företag. 2017, ET 2017:18, ISSN 1404-3343

produktion och hur mycket som är förbrukning för kringutrustning, värme och belysning.

Tabell 4
Tabellen visar de data för tillverkning av tallrik i opalglas som använts i beräkningen.

	$CO_{2\text{-}eq}$/ tallrik	*MJ/ tallrik*
Råvaror och tillverkning	0,314	5,1

5.6.1 Variation i beräkningen

Eftersom använda data innefattar all energianvändning och alla utsläpp av koldioxid till skillnad från beräkningen av systemet med PCTG och rishusk har en variation av beräkningarna genomförts där bara 22% av utsläppen och energiåtgången tagits med. Procentsatsen baseras på Energimyndighetens bedömning av hur mycket energi av totalen som är energi för maskiner i svensk tillverkningsindustri. Resultatet av variationen presenteras i avsnitt 7.1.

5.7 Tillverkning av tallrik i papper

Tillverkningen av engångstallriken i papper har hämtats från en av leverantören genomförd LCA[23] för en tallrik i papper utan plastöverdrag. LCAn omfattar all energianvändning i fabriken i Finland och enligt LCAn ger produktionen upphov till 1,24 kg $CO_{2\text{-}eq}$/kg papperstallrik eller 0,013 kg $CO_{2\text{-}eq}$/tallrik.

Uppgifter om energiåtgång saknas från leverantören men utifrån koldioxidutsläppen och antagandet att använd energi är nordisk elmix har energianvändningen vid tillverkningen beräknats till 34,5 MJ/kg papperstallrik eller 0,35 MJ/tallrik.

I beräkningen använda data presenteras i Tabell 5.

5.7.1 Variation i beräkningen

För att beräkningarna för papperstallrikar ska bli jämförbara med PCTG och rishusk har energianvändningen för tillverkning korrigerats för sådan energi som används till annat än tillverkning i en variation som presenteras i avsnitt 7.1, jfr opalglas[24].

[23] DUNI Carbon Footprint Tool 2.3. Artikelnummer 192061 Paperplate Dinner 22 cm basic. Utskriven 2020-11-11
[24] Energimyndigheten, Använd energi mer effektivt i ditt företag. 2017, ET 2017:18, ISSN 1404-3343

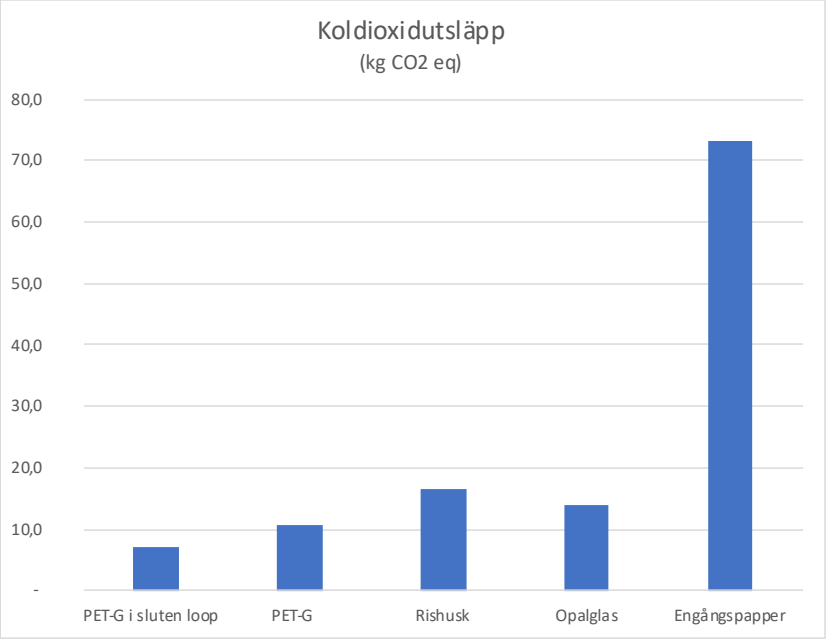
Tabell 5
Tabellen visar de data för tillverkning av engångstallrik i papper som använts i beräkningen

	$CO_{2\text{-}eq}$/ tallrik	*MJ/ tallrik*
Råvaror och tillverkning	0,013	0,35

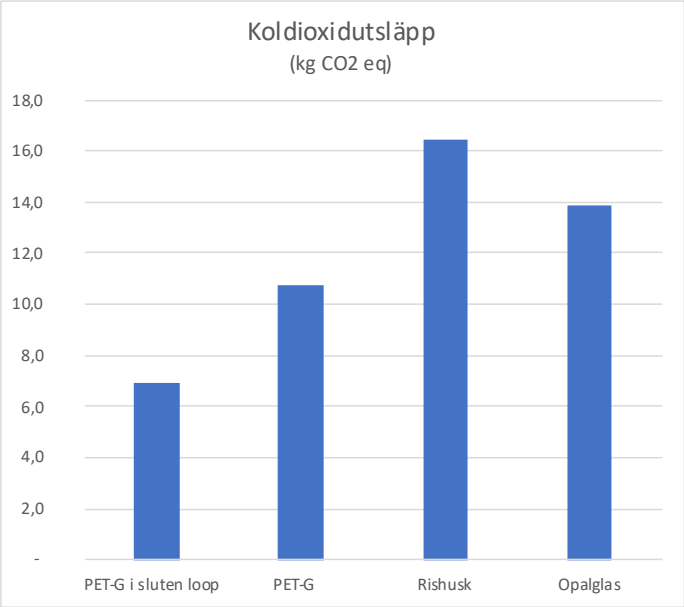
6 Resultat

Beräkningen visar att klimatpåverkan samt energi- och materialåtgång som orsakas av en tallrik som används 200 gånger per år i 28 år är minst för systemet som innehåller en sluten loop med reproduktion av tallriken av PCTG. Systemens utsläpp av koldioxid redovisas i Figur 1.

För att tydligare visa skillnaden mellan de fyra flergångstallrikarna presenteras i Figur 2 koldioxidutsläppen dessa, utan engångstallriken.

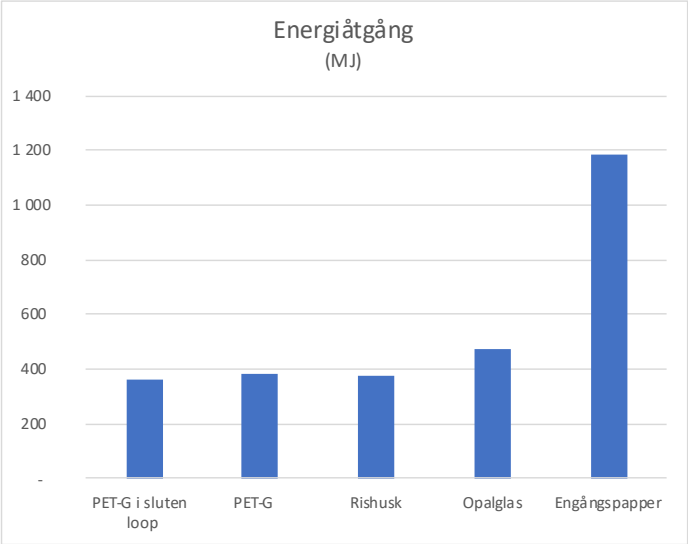


Figur 1
Utsläpp av koldioxid under hela användningsperioden i de fem jämförda systemen. Staplarna visar de totala utsläppen genererade av användningen av en tallrik 200 dagar per år i 28 år.

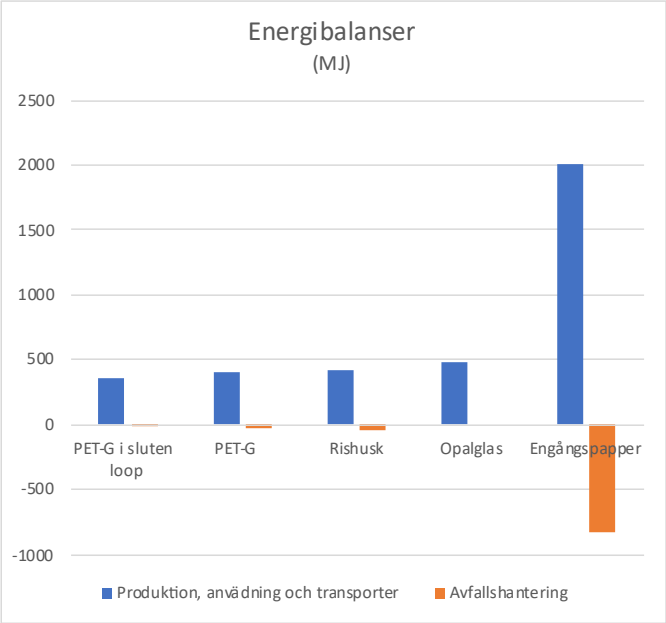


Figur 2
Utsläpp av koldioxid under hela användningsperioden i de fyra jämförda systemen med flergångstallrikar. Staplarna visar de totala utsläppen genererade av användningen av en tallrik 200 dagar per år i 28 år.

Jämförelsen mellan systemens totala energiförbrukning framgår av Figur 3. I systemet med engångstallriken i papper bidrar avfallshanteringen med energi eftersom mycket papper eldas i systemet. Detta blir särskilt tydligt i variationen i avsnitt 7.1 där avfallshanteringen bidrar med så mycket energi att bidraget överskrider energianvändningen i tillverkning och transporter. För att visa bidraget från energiproduktion i var och en av systemen presenteras energibalanser i Figur 4.

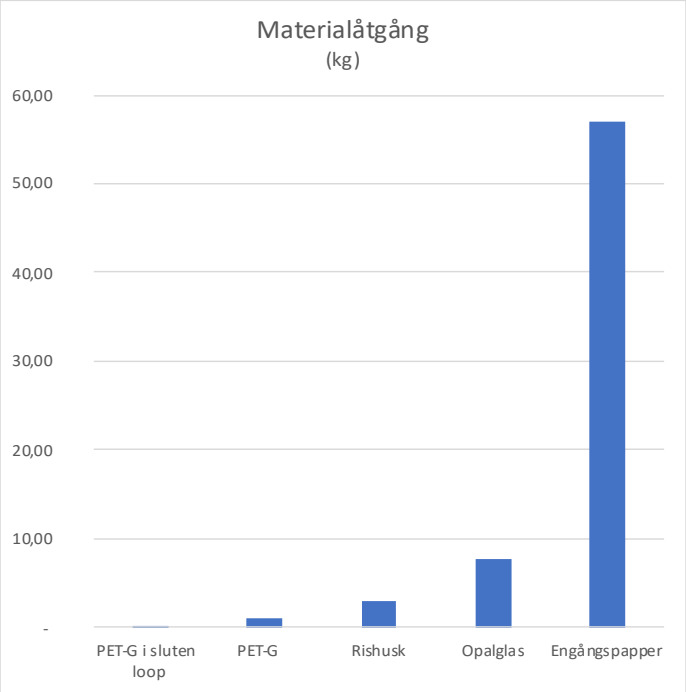


Figur 3
Åtgången av energi (MJ) under hela användningsperioden i de fem jämförda systemen. Staplarna visar den totala energiåtgången vid användning av en tallrik 200 dagar per år i 28 år.

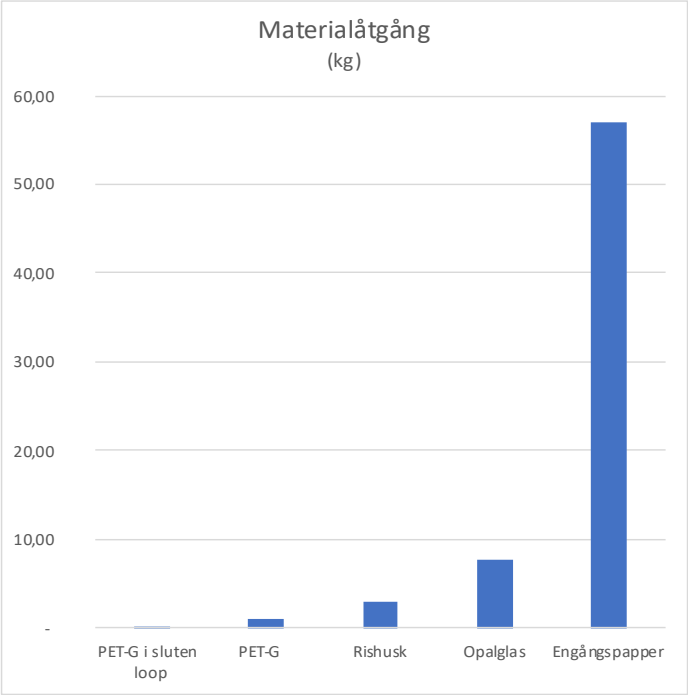


Figur 4
Åtgången av energi (MJ) under hela användningsperioden i de fem jämförda systemen uppdelat på konsumtion och bidrag. Staplarna visar den totala energiåtgången och bidrag vid användning av en tallrik 200 dagar per år i 28 år.

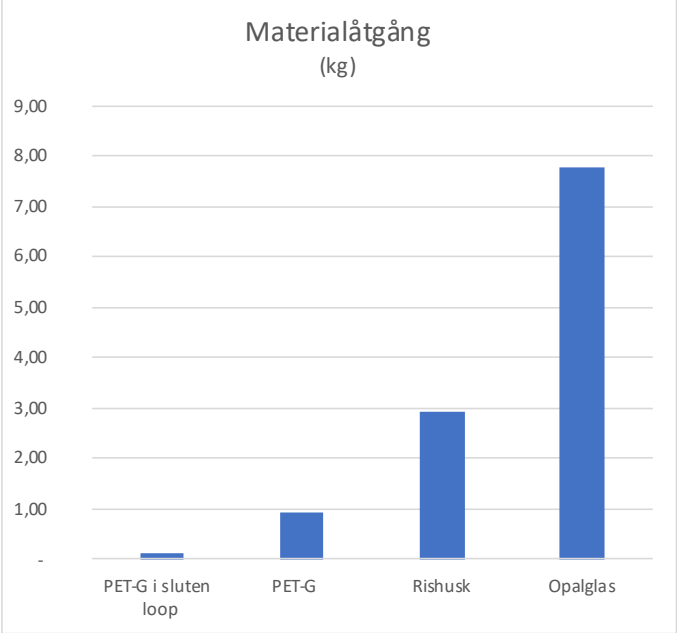
Samma principiella förhållande mellan systemen men med större skillnader finns när det gäller materialåtgång. I



Figur 5 visas den totala materialåtgången (tallrik och diskmedel) i de fem systemen under den studerade perioden. För att tydligare visa skillnaden mellan de fyra flergångstallrikarna presenteras i Figur 6 materialåtgången i dessa, utan siffror från engångstallrikan.



Figur 5
Konsumtion av material (plast och diskmedel) under hela användningsperioden i de fem jämförda systemen. Staplarna visar den totala materialkonsumtionen vid användning av en tallrik 200 dagar per år i 28 år.



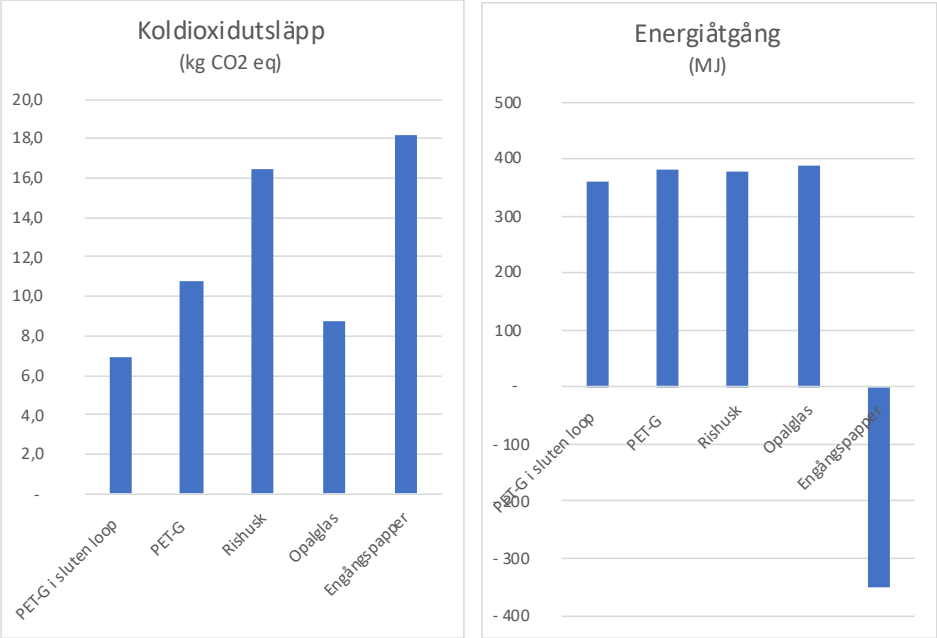
Figur 6
Konsumtion av material (plast och diskmedel) under hela användningsperioden i de fyra jämförda systemen med flergångstallrikar. Staplarna visar den totala materialkonsumtionen vid användning av en tallrik 200 dagar per år i 28 år.

7 Variationer

7.1 Bara produktionsenergi

Eftersom data från tillverkningen av tallrik i opalglas och uppgifterna i LCAn från leverantören av engångstallriken i papper innehåller hela produktionen och inte bara utsläpp och energiåtgång för tillverkningen har en variation beräknats där bara 22% av energi och CO_2 utsläpp är med i beräkningarna. Variationen bygger på data från svenska Energimyndigheten som visar att 22% av energianvändningen i svenska industrier används till själva produktionen.

Variationen påverkar koldioxidutsläppen och energiåtgången men inte materialåtgången. Figur 7 visar förhållandet mellan systemen i variationen.



Figur 7
Relationen mellan systemen när det gäller koldioxidutsläpp och energiåtgång om utsläppen och energiåtgången vid tillverkning av tallrik i opalglas och för engångstallriken i papper minskas för att mer bara innehålla tillverkning. Variationen påverkar inte materialåtgången.

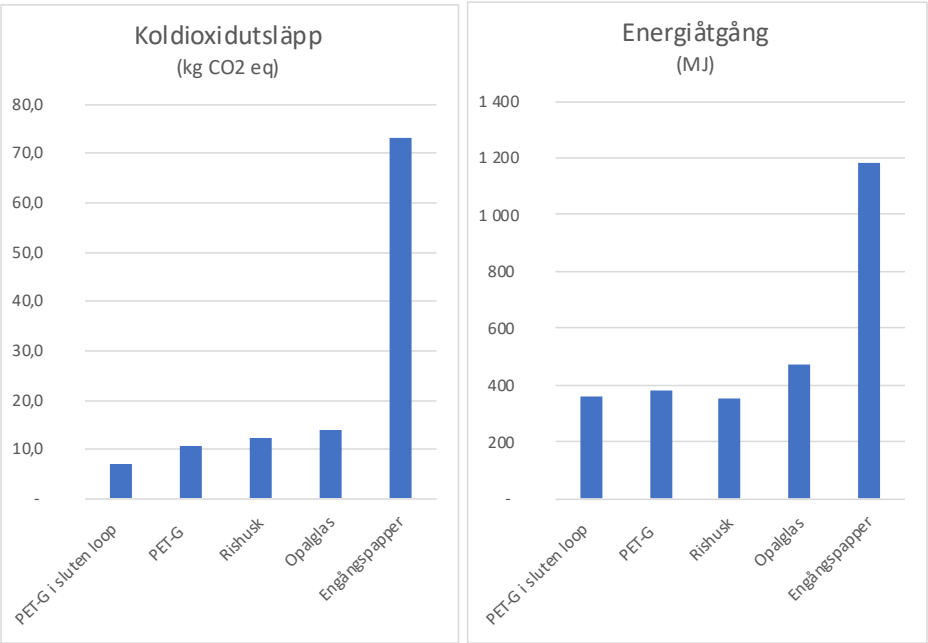
Energivärdet i pappret är så pass högt så att det vid förbränning kompenserar för energiåtgången i tillverkningen.

7.2 Stärkelseproduktion med biogas och halverad energiåtgång vid pressning

När det gäller tallriken i rishusk har olja antagits som energikälla för termisk energi vid framställning av stärkelse. Om istället biogas används blir utsläppen per tallrik 0,011 istället för 0,021. Dessutom har i beräkningarnas

basutförande antagandet att pressning av tallriken har samma energidata som vid pressning av en tallrik i plastmaterialet melamin gjorts.

Om en variation av beräkningen görs med biogas som källa för den termiska energin som åtgår vid tillverkning av stärkelse samt halverad press-energi i förhållande till en tillverkning av melamintallrikar påverkas resultatet för utsläpp av koldioxid och energiåtgång men den principiella skillnaden ändras inte, se Figur 8. Materialåtgången blir den samma oavsett dessa variationer.

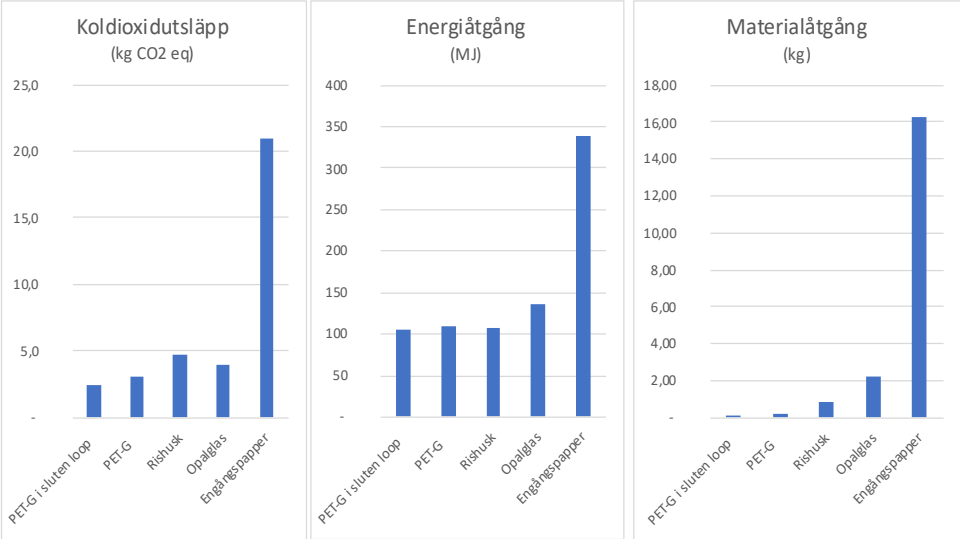


Figur 8
Graferna visar förhållandena mellan systemen om biogas används istället för olja vid produktion av stärkelse i Malaysia och om pressning kräver halva energiåtgången och halva melamin energin. Variationen påverkar inte materialåtgången.

7.3 Kortare tidshorisont

Det finns en uppenbar risk att systemet med återvinning av PCTG tallrikarna i sluten loop inte kommer att fortsätta i hela plastens livslängd, 28 år. Därför har en variation av beräkningarna gjorts för att se hur utfallet bli om bara en reproduktion sker och kunden, efter användning av de reproducerade tallrikarna använts i fyra år, ”hoppar av” systemet och slänger tallrikarna.

Beräkningen sträcker sig alltså över åtta år istället för 28. Resultat blir i princip det samma men fördelarna med reproduktionen blir mindre. I Figur 9 presenteras resultatet av variationen.



Figur 9
Utsläpp av koldioxid och åtgång av energi och material under en kortare period av 8 år.

8 Slutsats

Beräkningarna visar att systemet med flergångstallrikar är bättre än engångssystemen. Framför allt gäller det materialåtgång där skillnaderna är mycket stora. När det gäller koldioxidutsläpp så är systemet med återvinning i en sluten loop det mest fördelaktiga med mindre utsläpp av koldioxid över hela det studerade tidsspannet. Detta resultat är robust och ändras inte av de tre variationer som gjorts i beräkningarna.

Resultatet för energiåtgången är intressant med ett nettotillskott av energi i systemet med engångstallrikar i papper. Energivärdet i pappret är så pass högt så att det vid förbränning ger så mycket energi att tillverkningsprocessen överkompenseras.