



Sveriges
lantbruksuniversitet

Förpackningens roll för klimat- påverkan och energianvändningen i livscykeln för mjölk

My Bodö

Referat

Förpackningens roll för klimatpåverkan och energianvändningen i livscykeln för mjölk

My Bodö

I detta examensarbete belyses förpackningens roll för miljöbelastningen i livscykeln för mjölk, d.v.s. från primärproduktionen av mjölk till dess att den konsumeras i hushållet. Den miljöbelastning som studerades var energianvändningen och klimatpåverkan. Normalfallet var dagens distributionssystem med en kartongförpackning, vilket jämfördes med ett distributionssystem med glasflaskor och tillhörande mjölk tank av rostfritt stål i butik, en så kallad ståлко. Kartongförpackningen i normalfallet jämfördes även med ett alternativt förpackningsmaterial, högdensitetspolyeten.

Resultaten visade att förpackningen stod för 12% av energianvändningen och 2% av klimatpåverkan i livscykeln för mjölk när den distribuerades i kartongförpackning. Primärproduktionen av mjölk hade den största miljöbelastningen i livscykeln för mjölk och därför var det viktigt att undvika spill av mjölk. I studien skiljdes på ofrivilligt spill, som uppstod på grund av att förpackningen inte kunde tömmas fullständigt, och medvetet spill, som uppstod då mjölk slängdes på grund av att t.ex. bästföre-datum passerat. Det ofrivilliga spillet var störst, 43 ml per liter mjölk, när ett distributionssystem med glasflaskor och tillhörande mjölk tank av rostfritt stål användes. För engångsförpackningarna var det ofrivilliga spillet 5 ml per liter mjölk. Det medvetna spillet var viktigt för den faktiska miljöbelastningen, definierat som kvoten mellan miljöbelastningen för att producera och distribuera en liter mjölk och andelen drucken mjölk. Hur stort det medvetna spillet var berodde på nyttjandegraden av mjölk vilken påverkades av förpackningens storlek, hållbarheten hos mjölken och konsumtionsmönstret. Dessutom beräknades en brytpunkt för hur mycket mjölk som måste sparas i enlitersförpackningen för att väga upp den ökade åtgången av förpackningsmaterial hos halvlitersförpackningen. Denna brytpunkt beräknades till 7 ml mjölk ur energisynpunkt och 3,4 ml ur klimatsynpunkt. Troligen finns det en potentiell nytta med en halvlitersförpackning.

Nyckelord: mjölk, förpackning, livscykelanalys, spill

Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Box 7032, SE-750 07

Uppsala

ISSN 1401-5765

Abstract

The role of the packaging for climate impact and energy use in the life cycle of milk

My Bodö

In this master thesis the role of the packaging for the environmental impact in the life cycle of milk is highlighted, i.e. from primary production of milk until the consumption in the household. The studied environmental impact was the energy use and the climate impact. Today's distribution system with a cardboard package was compared to a distribution system with glass bottles and associated milk tank of stainless steel in the grocery, a so called steel cow. The cardboard package was also compared to an alternative packaging material, high density polyethylene.

The results showed that the cardboard package accounted for 12% of the energy use and 2% of the climate impact of the life cycle of milk. The primary production of milk had the greatest environmental impact in the life cycle of milk and therefore it was important to avoid loss of milk. The study distinguished between involuntary losses where milk is trapped in the package and losses from milk expiration. The involuntary losses were the largest, 43 ml per liter of milk, when a distribution system with glass bottle and associated stainless steel tank was used. When a disposable package was used the involuntary losses were 5 ml per liter of milk. The expiration losses were important to the actual environmental impact defined as the ratio between the environmental impact to produce and distribute a liter of milk and the proportion of milk consumed. The proportion of the expiration losses depended on the utilization of milk, which in turn was affected by the size of the package, the durability of the milk and the consumption pattern. Moreover, a break-even was calculated for the amount of the loss of milk in the one liter package and the increased consumption of material in the half liter package. The break-even was reached when the loss of milk was 7 ml for the energy use and 3,4 ml for the climate impact. There is probably a potential advantage with a smaller package.

Key words: milk, packaging, life cycle assessments, loss of milk

*Department of energy and technology, Swedish University of Agricultural Sciences,
Box 7032, SE-750 07 Uppsala*

ISSN 1401-5765

Populärvetenskaplig sammanfattning

Förpackningens roll för klimatpåverkan och energianvändningen i livscykeln för mjölk

My Bodö

Det senaste året har livsmedelsspill från hushåll uppmärksammats i media och både den ekonomiska och miljömässiga kostnaden har påpekats. Livsmedelsspill är en miljöbelastning eftersom en del av det producerade livsmedlet inte utnyttjas, vilket innebär att mer livsmedel måste produceras. Att undvika spill är ett bra sätt att minska på nyttjandet av resurser eftersom det ger samma nytta men till en lägre kostnad. Ett sätt att minska spillet är smarta förpackningar som exempelvis är av rätt storlek, går att tömma fullständigt o.s.v. Förpackningens huvudsakliga funktion är att skydda produkten från fysisk skada men i allmänhetens ögon ses ofta förpackningen som en miljöbelastning.

Innan förpackningar fanns var avstånden mellan konsument och producent korta och inga mellanhänder behövdes. I takt med att dagens konsumtionssamhälle tog form blev förpackningen en förutsättning för att på ett rationellt sätt kunna transportera produkter allt längre avstånd. Fram till förra sekelskiftet såldes mjölk i lösvikt på gården, i mjölkbutiken, på torget eller levererades direkt till kund. Det var en stor risk för nedsmutsning och bakterieangrepp, så på tjugotalet introducerades glasflaskan som ett första steg i en mer hygienisk distribution. Mjölken var även en spridare av tuberkulos ända fram till 1930-talet då pastörisering av mjölk infördes. I drygt 50 år distribuerades mjölk på flaska innan pappersförpackningarnas intåg på marknaden på 1950-talet. Pappersförpackningarna blev snabbt populära eftersom de var mer platseffektiva och dessutom gav mindre disk. Idag ses kartongförpackningen ofta som en självklarhet. Ibland har dock kartongförpackningen varit ifrågasatt ur miljö- och resursperspektiv vilket ledde till att ett distributionssystem med glasflaskor återinfördes på marknaden under en kortare tid i slutet av 1980-talet och början av 1990-talet.

I denna studie undersöktes den totala miljöbelastningen i livscykeln för mjölk. Mjölakens livscykel inkluderade gårdsproduktion av mjölk, mjölkinsamling, mejeri, förpackning, distribution, butik, konsument och slutligen avfallshantering. Den miljöbelastning som avsågs var energianvändningen och klimatpåverkan, d.v.s. utsläpp av växthusgaser som ger upphov den globala uppvärmningen. Miljöbelastningen i livscykeln för mjölk bestämdes med sedvanlig produkt- livscykelanalys vilket innebär att produkten följdes från utvinningen av råvaror till dess att produkten åter var i naturen. Energi- och klimatdata för de olika stegen i livscykeln hämtades från litteratur och databaser. Normalfallet i livscykeln för mjölk var dagens distributionssystem med kartongförpackningen. Kartongförpackningen stod för 12% av energianvändningen och 2% av klimatpåverkan i livscykeln för mjölk. Den post som utgjorde den största miljöbelastningen, både med avseende på energianvändning och klimatpåverkan, i livscykeln för mjölk var själva mjölkproduktionen på gården.

Den faktiska miljöbelastningen i livscykeln för mjölk berodde på hur mycket mjölk som konsumerades i hushållen. Om hälften av mjölken slängdes behövdes två liter för att tillgodose varje liter mjölk och därmed blev miljöbelastningen per liter mjölk dubbelt så stor. Hur mycket mjölk som slängdes i hushållen berodde på mjölakens hållbarhet,

förpackningens storlek och konsumtionsmönstret. Mjolk som slängdes till följd av att bästföre-datum passerats kallades för medvetet spill.

Eftersom det medvetna spillet var betydande för den faktiska miljöbelastningen i livscykeln för mjolk undersöktes även den potentiella nyttan av en halvlitersförpackning. Halvlitersförpackningen kräver mer förpackningsmaterial per liter mjolk vilket medför en större miljöbelastning. Sett ur hela livscykeln för mjolk, innebar ökningen av förpackningsmaterial en marginell ökning av den totala miljöbelastningen. För att tjäna in den ökade miljöbelastningen för halvlitersförpackningen måste mindre mjolk slängas per liter jämfört med enlitersförpackningen. Det räckte med att tjäna in 3 ml mjolk ur klimatsynpunkt och 7 ml ur energisynpunkt. Således finns troligen en miljömässig nytta med halvlitersförpackningen, om man har för vana att slänga det sista ur enlitersförpackningen.

Dessutom jämfördes distributionssystemet med kartongförpackningen med ett distributionssystem med plastflaska och ett distributionssystem med glasflaskor och tillhörande mjolktank i butik, s.k. stålko. I distributionssystemet med glasflaska och tillhörande stålko fyllde konsumenten på sin medhavda mjolkflaska från en mjolktank av rostfritt stål i butiken. Då mjolken i tanken var slut återsändes den till mejeriet för rengöring och påfyllning. Glasflaskan diskades av konsumenten. Att distribuera mjolk i en engångsförpackning var klart att föredra ur energisynpunkt framför flegångssystemet med glasflaskor och tillhörande stålko. Diskning av glasflaska och mjolktank, processer som saknades i engångssystemen, var den huvudsakliga orsaken till den högre energianvändningen. För klimatpåverkan var kartongförpackningssystemet bäst, då systemet med glasflaskor och tillhörande stålko gav för mycket mjolkspill och systemet plastflaskan förbrukade fossila råvaror.

Ofrivilligt spill, som var kopplat till förpackningens utformning, uppkom för att förpackningen inte kunde tömmas fullständigt och till systemet med glasflaskor och tillhörande stålko tillkom ett ofrivilligt spill från tanken. Totalt sett uppgick det ofrivilliga spillet i distributionssystemet med glasflaskor och tillhörande stålko till 43 ml per liter mjolk och motsvarande siffra för kartongförpackningen och plastflaskan var 5 ml per liter mjolk. Det ansågs troligt att även det medvetna spillet i distributionssystemet med glasflaskor och tillhörande stålko var större än i engångssystemen, eftersom dåligt diskade glasflaskor borde minska hållbarheten hos mjolk. Tyvärr fördes det inget resonemang kring detta i litteraturen.

Förord

Denna studie utfördes åt Korsnäs och är ett examensarbete för civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala Universitet. Johan Skäringer och Ann Britt Nilseng från Korsnäs har varit handledare och Ingrid Strid vid Institutionen för energi och teknik vid Sveriges lantbruksuniversitet har ämnesgranskat examensarbetet.

Jag vill framför allt tacka mina handledare, min ämnesgranskare och min examinator, tillika exjobbskoordinator, Allan Rodhe. Jag vill även rikta ett stort tack till Katrin Besch från TetraPak som hjälpt mig med data och svarat på frågor. Dessutom vill jag tacka Krister Petterson på Gefleortens mejeri för ett intressant studiebesök. Till sist vill jag tacka Maj-Britt Johansson för visdomar och trevligt sällskap på Upptåget.

Uppsala, december 2008

My Bodö

Copyright © My Bodö och Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet

UPTEC W 09 006, ISSN 1401-5765

Tryckt hos Institutionen för Geovetenskaper, Geotryckeriet, Uppsala universitet, Uppsala, 2009.

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 TIDIGARE STUDIER PÅ LIVSCYKELN FÖR MJÖLK	1
1.3 SYFTE	2
2. METOD	2
2.1 METODIK FÖR LIVSCYKELANALYS, LCA	3
3. MÅL OCH OMFATTNING	3
3.1 SYSTEMBESKRIVNING	3
3.2 MILJÖPÅVERKAN	4
3.2.1 Primär och sekundär energi	4
3.2.2 Klimatpåverkan	4
3.3 FUNKTIONELL ENHET	5
3.4 AVGRÄNSNINGAR	5
4. INVENTERING AV LIVSCYKELN FÖR MJÖLK	5
4.1 PRIMÄRPRODUKTION AV MJÖLK	5
4.2 DISTRIBUTIONSSYSTEM MED KARTONGFÖRPACKNING	7
4.2.1 Mjölkinsamling	7
4.2.2 Tillverkning av kartongförpackning	7
4.2.3 Mejeri	9
4.2.4 Mjölkdistribution	9
4.2.5 Butik och konsument	10
4.2.6 Avfallshantering	11
4.3 ALTERNATIVT DISTRIBUTIONSSYSTEM MED GLASFLASKOR OCH TILLHÖRANDE STÅLKO	11
4.4 ALTERNATIVT DISTRIBUTIONSSSYSTEM MED PLASTFLASKA	13
4.4.1 Tillverkning av plastflaska	13

4.4.2 Avfallshantering	14
4.5 ALTERNATIV MED EN MINDRE FÖRPACKNING	14
5. RESULTAT	15
5.1 KARTONGFÖRPACKNINGENS ANDEL	16
5.2 JÄMFÖRELSE AV OLIKA DISTRIBUTIONSSYSTEM.....	17
5.3 POTENTIELL NYTTA MED EN MINDRE FÖRPACKNING	18
5.4 KÄNSLIGHETSANALYS	19
5.4.1 Primär energi	19
5.4.2 Avfallshantering	20
5.4.3 Mjölakens densitet.....	21
5.4.4 Den faktiska miljöbelastningen	21
6. DISKUSSION	24
6.1 KARTONGFÖRPACKNINGENS ANDEL	24
6.2 JÄMFÖRELSE AV OLIKA DISTRIBUTIONSSYSTEM.....	25
6.2.1 Spill.....	25
6.2.2 Engångsförpackningen och flergångsförpackningen.....	25
6.2.3 Kartongförpackningen och plastflaskan	26
6.3 POTENTIELL NYTTA MED EN MINDRE FÖRPACKNING	26
7. SLUTSATS	27
8. REFERENSER	27
8.1 TRYCKTA REFERENSER	27
8.2 ELEKTRONISKA REFERENSER.....	29
8.3 MUNTliga REFERENSER.....	30
APPENDIX	31

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND

De senaste åren har ett flertal studier visat att jordbruket utgör en stor miljöbelastning inom livsmedelsindustrin och därför är det viktigt att undvika att livsmedel går till spillo (Eide, 2002, Cederberg och Mattsson, 2000, Cederberg och Flysjö, 2004, Cederberg och Flysjö, 2007). Spill kan exempelvis uppstå genom att livsmedlet skadas under transporten och i hemmet för att förpackningen inte kan tömmas fullständigt eller genom att livsmedlet slängs (Löfgren m. fl., 2001). Enligt en ny rapport från Storbritannien slängs en tredjedel av all mat som köps och därför har troligen spill som uppstår i hemmet en stor betydelse för ett livsmedels totala miljöbelastning (Ventour, 2008). Detta är ett slöseri med resurser. En lösning på problemet med livsmedelsspill i hushållet är smartare förpackningslösningar, exempelvis förpackningar som går att tömma fullständigt, har en lämplig förpackningsstorlek eller går att återförsluta osv. (Williams m. fl., 2008). Förpackningens viktigaste funktion är att skydda produkten men i allmänhetens ögon ses förpackningen ofta som en stor miljöbelastning, medan dess roll som skydd inte ses (Löfgren et al, 2001). Behovet av förpackningen som skydd är olika stort för olika produktkategorier. Ju dyrbarare produkten är ur miljösynpunkt, desto mer motiverad blir förpackningen och dess skyddande förmåga.

Innan förpackningar fanns var avstånden mellan konsument och producent korta och inga mellanhänder behövdes. I takt med att dagens konsumtionssamhälle tog form blev förpackningen en förutsättning för att på ett rationellt sätt kunna transportera produkter allt längre avstånd. Fram till förra sekelskiftet såldes mjölk i lösvikt på gården, i mjölkbutiken, på torget eller levererades direkt till kund (www, Arla, a). Det var en stor risk för nedsmutsning och bakterieangrepp, så på 1920-talet introducerades glasflaskan som ett första steg i en mer hygienisk distribution. Mjölken var även en spridare av tuberkulos ända fram till 1930-talet då pastörisering av mjölk infördes. I drygt 50 år distribuerades mjölk på flaska innan pappersförpackningarnas intåg på marknaden på 1950-talet. Pappersförpackningarna blev snabbt populära eftersom de var mer platseffektiva, och dessutom gav mindre disk (www, Arla, b). Dessutom försvann problemet med den s.k. solsmaken, en bismak som uppstod då mjölken påverkades av ljus vilket var fallet med de genomskinliga glasflaskorna. Idag ses kartongförpackningen ofta som en självklarhet. Ibland har dock kartongförpackningen varit ifrågasatt ur miljö- och resursperspektiv vilket ledde till att ett distributionssystem med glasflaskor återinfördes på marknaden under en kortare tid i slutet av 1980-talet, början av 1990-talet.

1.2 TIDIGARE STUDIER PÅ LIVSCYKELN FÖR MJÖLK

I denna studie studerades mjölkens livscykel, från primärproduktion till dess att mjölken konsumeras i hushållet, med olika distributionssystem. Det finns flera studier som undersöker primärproduktionen av mjölk (Cederberg och Mattsson, 2000, Cederberg och Flysjö, 2004, Cederberg och Flysjö 2007) och andra enskilda steg i livscykeln, såsom mejeriet (Nilsson, 2000). Ingvarsson (2002) och Eide (2002) studerade hela livscykeln för mjölk, från primärproduktionen till dess att mjölken konsumeras i hushållet. Ingvarssons (2002) studie genomfördes i slutet av 1990-talet som en del i projektet LCA Livsmedel. Ingvarsson (2002) fann att närmare 90% av utsläppen av växthusgaserna kommer från gårdsproduktionen av mjölk. Utsläppen av växthusgaser

kom från traktorkörning, jordbruksmark och framför allt från kornas matsmältning. Enligt Ingvarsson (2002) förbrukades hälften av energin i livscykeln för mjölk på mjölgården och en fjärdedel av energin av förpackningen. Föreslagna förbättringsåtgärder i livscykeln för mjölk riktade Ingvarsson (2002) mot primärproduktion, såsom att minska användningen handelsgödsel och kraftfoder, producera biogas från flytgödsel och låta korna beta från den egna marken. Eide (2002) analyserade den norska mjölkproduktionen och påverkan av mejeriets storlek. Liksom i Ingvarssons (2002) studie fann Eide att primärproduktionen, d.v.s. gårdsproduktionen av mjölk, utgör en stor miljöbelastning i livscykeln för mjölk. Eides (2002) studie visade även att miljöbelastningen ökade med minskad storlek på mejeri. För det minsta mejeriet var t.o.m. energianvändningen ännu större än från primärproduktionen. Även Eide (2002) riktade förbättringsåtgärder mot primärproduktionen men påpekade också betydelsen av butik- och konsumentsteget i och med det livsmedelsspill som uppstod där.

1.3 SYFTE

I detta examensarbete undersöktes förpackningens andel av den totala miljöbelastningen för ett livsmedel ur livscykelperspektiv. Exemplet som valdes var en liter svensk mjölk från gårdsproduktion av mjölk till dess att mjölken konsumerades i hushållet och förpackningen togs om hand. Syftet med denna studie var:

- Att undersöka kartongförpackningens andel av den totala miljöbelastningen för mjölk genom att beräkna energiförbrukningen och klimatpåverkan för de olika stegen i mjölkens livscykel, från primärproduktion till dess att mjölken konsumerades i hushållet.
- Att jämföra kartongförpackningen med ett distributionssystem med glasflaskor och tillhörande mjölk tank i butik, s.k. stålko, och med ett annat engångsalternativ, en flaska av högdensitetspolyeten.
- Att undersöka den potentiella nyttan av en mindre förpackning i livscykeln för mjölk genom att beräkna brytpunkten för hur mycket mjölk som måste sparas för att tjäna in den mindre förpackningen.
- Att jämföra miljövinsten från kartongförpackningen som skydd med dess negativa miljöpåverkan som objekt.

2. METOD

En förpackning ansågs inte kunna ha en positiv miljöpåverkan i absoluta termer. Däremot ansågs den i relativa termer kunna ha en positiv inverkan, ifall den ersatte ett sämre alternativ. Den metodologiska utmaningen i detta arbete låg i att definiera relevanta jämförelsealternativ så att förpackningens positiva värde kunde beräknas. I denna studie uppskattades förpackningens positiva egenskaper ur miljösynpunkt genom att värdera det skyddade livsmedlet, mjölken, och den förlust av livsmedlet som undveks genom att en förpackning av kartong användes. För att bedöma hur stor förlusten annars skulle ha varit jämfördes kartongsystemet med ett distributionssystem med glasflaskor och tillhörande mjölk tank av rostfritt stål, s.k. stålko, och ett system med alternativt förpackningsmaterial, högdensitetspolyeten. Med förlust av livsmedel avsågs spill som antingen kunde vara ofrivilligt, vilket innebar att förpackningen inte gick att tömma fullständigt, eller medvetet, exempelvis att mjölken slängdes p.g.a. att bästföre-datum passerats. Det positiva värdet kunde sedan jämföras med förpackningens negativa värde som kunde bestämmas med sedvanlig produkt- livscykelanalys.

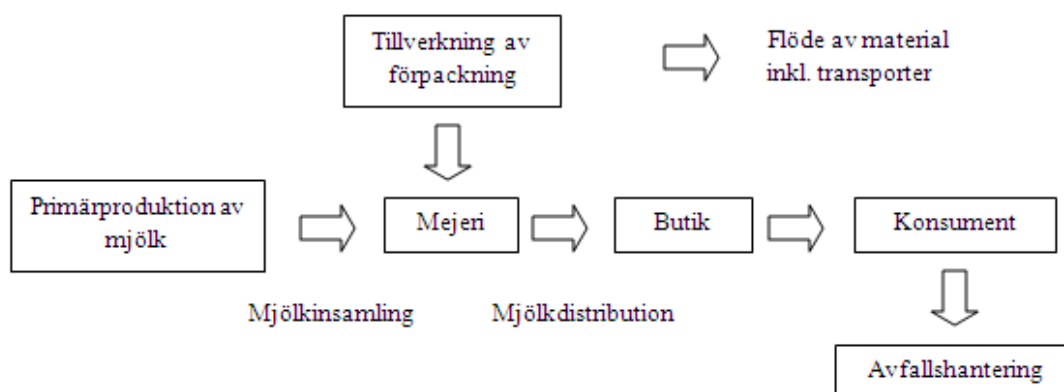
2.1 METODIK FÖR LIVSCYKELANALYS, LCA

”En livscykelanalys är en sammanställning över hur en produkt påverkar miljön från vaggan till graven.” (Carlsson och Pålsson, 2008). Med *vagga* avses utvinning ur naturen och med *grav* avses att resterna av produkten tas om hand. Således följs produkten från utvinning av råvaror till att produkten åter är i naturen. Metodiken för livscykelanalys finns standardiserad enligt ISO 14040- serien. En livscykelanalys enligt ISO-standarderna innehåller fyra faser. Först bestäms analysens mål och omfattning d.v.s. vad resultatet ska användas till. I fas två beskrivs produktens livscykel, den s.k. livscykelinventeringen, LCI. I livscykelinventeringen samlas data in om resurser, avfall och utsläpp från tillverkningsprocesserna. Vid varje process bokförs resurser, avfall och utsläpp och detta fortsätter till dess att alla flöden av energi och material spårats tillbaka till naturen. Fas tre innebär att en miljöpåverkansbedömning görs vilket betyder att inventeringsdata kopplas till miljöpåverkanskategorierna, t.ex. kopplas koldioxid till klimatpåverkan, varefter storleken av miljöpåverkan beräknas. Till sist tolkas resultatet. De fyra faserna kan sällan gå igenom från början till slut och arbetet är snarare iterativt.

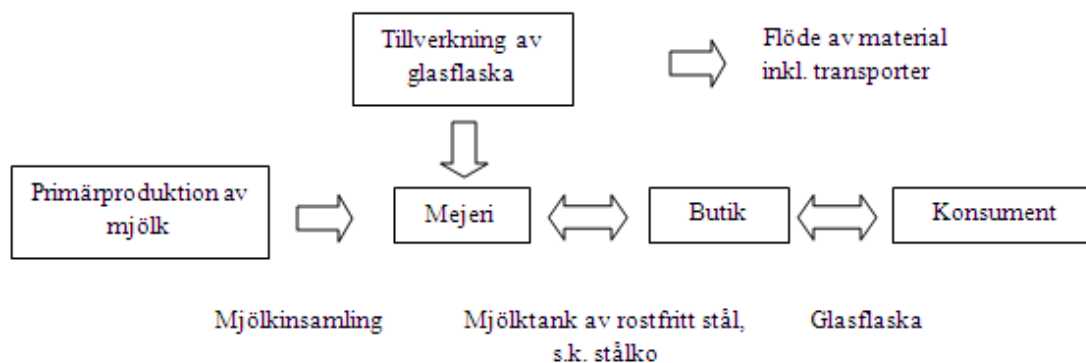
3. MÅL OCH OMFATTNING

3.1 SYSTEMBESKRIVNING

I denna studie analyserades livscykeln för mjölk, från primärproduktion, d.v.s. gårdsproduktionen av mjölk, till dess att mjölken konsumerades i hushållet och förpackningen togs om hand. I studien analyserades tre olika distributionssystem för mjölk. Normalfallet var dagens distributionssystem med kartongförpackningen (Figur 1 **Error! Reference source not found.**). I det andra fallet studerades ett distributionssystem med glasflaskor och tillhörande stålko, en mjölk tank av stål från vilken konsumenten fyllde sin medhavda glasflaska (Figur 2). Slutligen ersattes kartongförpackningen i normalfallet med ett alternativt förpackningsmaterial, högdensitetspolyeten (HDPE) (Figur 1).



Figur 1. Livscykeln för mjölk i normalfallet med kartongförpackning eller med ett alternativt förpackningsmaterial av HDPE.



Figur 2. Livscykeln för mjölk med alternativt distributionssystem med glasflaskor och tillhörande mjölk tank av rostfritt stål, s.k. stålko.

3.2 MILJÖPÅVERKAN

Den miljöpåverkan som studerades i denna studie var energianvändning och klimatpåverkan. Med miljöpåverkan avses i fortsättningen endast energianvändning och klimatpåverkan.

3.2.1 Primär och sekundär energi

I denna studie undersöktes både den primära och den sekundära energianvändningen. Den sekundära energianvändningen är den energi som användes vid processerna, exempelvis den energi som används då traktorn på mjölkgården körs eller den energi som används för tillverkningen av kartongen. Sekundär energi benämns härnäst med bara energi.

Primär energi betyder att energin studeras ur ett livscykelperspektiv, vilket innebär att även energi för utvinning och transport, inkl. förluster, inkluderas (Andréasson m. fl., 2006). För exemplet ovan innebär detta att även energi för utvinning och transport av den diesel som används vid traktorkörningen, och den el som används vid tillverkningen av förpackningen, inkluderas.

I denna studie beräknades den primära energin för ett flertal bränslen med hjälp av Uppenberg m. fl. (2001) (Appendix, Tabell A. II). Den primära energin var högre än den sekundära energin, ungefär 1 till 10% högre för fossila bränslen (Uppenberg m. fl., 2001) och 60 till 300% högre för el (Andréasson m. fl., 2006). Den stora variationen i primär energi för el beror på hur elen produceras. El kan exempelvis generas från vattenkraft, kärnkraft eller kolkondenskraft och elens sammansättning benämns ofta med elmix. I livscykelanalys-sammanhang brukar marginalet användas om målet är att undersöka konsekvenser av förändringar i systemet och annars används en genomsnittlig el. Marginalet är den elproduktion som tillkommer eller försvinner vid en ökning eller minskning i elanvändning (Sköldberg m. fl., 2006). Till denna studie ansågs det lämpligaste att använda genomsnittlig nordisk elmix och den primärenergifaktor som användes, definierad som kvoten mellan primär och sekundär energi, var 1,6.

3.2.2 Klimatpåverkan

Med klimatpåverkan avses utsläpp av växthusgaser som ger upphov till den globala uppvärmningen och som sker till följd av mänsklig aktivitet. De studerade

växthusgaserna var koldioxid, metan och lustgas. I enlighet med rekommendationer från Intergovernmental Panel of Climate Change, IPCC, användes *Global Warming Potential*-faktorerna 1 för koldioxid, 25 för metan och 298 för lustgas vid omvandling till koldioxidekvivalenter med tidshorisonten hundra år (Forster, 2007). *Global Warming Potential*-faktorn anger hur effektiv växthusgasen var i förhållande till koldioxid över den givna tidshorisonten.

I denna studie inkluderades klimatpåverkan från användning och utvinning, inkl. distribution, av fossila bränslen och klimatpåverkan från framställning av el. För exemplet ovan med traktorn på mjölgården, innebär detta att klimatpåverkan från användning och utvinning av den diesel som användes inkluderades. Klimatpåverkan från elen antogs vara 118 g CO₂-ekv./kWh el (Bröms och Wahlström, 2008).

3.3 FUNKTIONELL ENHET

För att kunna sätta samman de olika delarna i livscykeln för mjölk (Figur 1 och Figur 2) behövdes en jämförelsebas, en s.k. funktionell enhet, FU. I denna studie valdes den funktionella enheten till en liter förpackad mjölk.

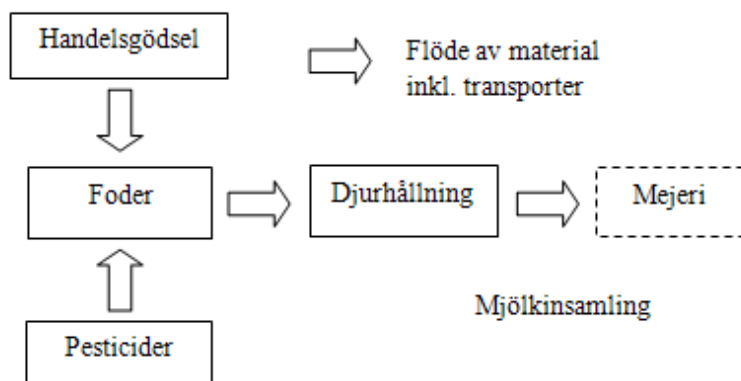
3.4 AVGRÄNSNINGAR

Studien avgränsades till den svenska mjölkproduktionen och det svenska förpacknings- och distributionssystemet. Där svenska data saknades användes andra data som ansågs vara representativa även för svenska förhållanden, exempelvis för mejeriet där norska data användes. Studien avgränsades till att sekundärt förpackningsmaterial såsom krypfilm och lastpallar inte inkluderades. I studien inkluderades heller inte byggnader, maskiner och andra kapitala tillgångar.

4. INVENTERING AV LIVSCYKELN FÖR MJÖLK

4.1 PRIMÄRPRODUKTION AV MJÖLK

Livscykeln för mjölk började med gårdsproduktion av mjölk, d.v.s. primärproduktionen, vilken omfattade djurhållningen och det foder som odlades på gården men även foderindustri, genom det foder som köptes, och tillverkningsindustri för bl.a. handelsgödsel och pesticider (Figur 3).



Figur 3. Primärproduktion av mjölk.

Ett flertal studier, både från Sverige och andra länder, har studerat primärproduktion ur ett livscykelperspektiv (Cederberg och Mattson, 2000, Cederberg och Flysjö, 2004 och 2007, Thomassen m. fl., 2008, Basset-Mens m. fl., 2005). Dessa livscykelanalyser är av typen *vagga till grind* vilket innebär att flöden av energi och material börjar med utvinning av råvaror, vaggan, och upphör vid gårdsgrinden. Studierna tar upp ett flertal miljöpåverkanskategorier men i Tabell 1 redovisas endast energianvändning och klimatpåverkan.

Tabell 1. Energianvändning och klimatpåverkan för primärproduktionen

Studie	Region	Energi (MJ/FU)		Klimatpåverkan (kg CO ₂ -ekv/FU)	
		Konventionell	Ekologisk	Konventionell	Ekologisk
Cederberg och Mattsson, 2000	Sydvästra Sverige	3,6 ¹	2,5 ¹	1,1	0,96
Cederberg och Flysjö, 2004	Sydvästra Sverige	2,6	2,1	0,90	1,0
Cederberg och Flysjö, 2007	Norra Sverige	3,7	3,0	1,0	0,93
Thomassen m. fl., 2004	Nederländerna	5,0	3,1	1,4	1,5
Basset-Mens m. fl., 2005	Nya Zeeland	1,5	- ²	0,72	- ²

¹ Primär energi

² Skillnaden mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk undersöktes ej

”En stor del av energianvändningen i mjölkens livscykel fanns utanför gårdsgränsen, i produktionen av kraftfoder och handelsgödsel” (Cederberg och Flysjö, 2007). I Cederbergs och Flysjös studie från 2004 användes 50 till 60% av den totala energianvändningen inom foderindustrin. Thomassen m. fl. (2008) angav att så mycket som 88% av energianvändningen var till följd av processer som låg utanför gårdsgrinden, och därför var det önskvärt att minska på mängden köpt foder, handelsgödsel och bekämpningsmedel samt att låta korna beta foder från den egna jordbruksmarken.

Enligt Cederberg och Flysjö (2004) användes 35% av den totala energin på gården genom det diesel som användes för djurhållning inkl. gödselhantering och jordbruk och el för uppvärmning etc. Enligt Thomassen m. fl. (2008) var motsvarande siffra 12%. Energianvändningen var lägre för den ekologiska primärproduktionen eftersom konventionell primärproduktion hade en större användning av köpt foder, handelsgödsel och bekämpningsmedel (Cederberg och Flysjö, 2004, 2007, Thomassen m. fl., 2008).

Primärproduktionens klimatpåverkan kom från gödselhantering, odling av jordbruksmark och kornas matsmältning (Cederberg och Flysjö, 2007). Växthusgasen metan bildas vid fermentation i vommen, då korna idissla. Ju mer mjölk som produceras per ko desto lägre blir metanutsläppen per liter producerad mjölk. I Cederberg och Mattssons studie från år 2000 angavs att metan var den mest betydande växthusgasen för primärproduktion av mjölk. Enligt Thomassen m. fl. (2008) var klimatpåverkan ungefär lika stor på gården som utanför gårdens grindar. Av utsläppen utanför gårdens grindar, stod foderindustrin för 87% av klimatpåverkan.

Någon skillnad i klimatpåverkan mellan ekologisk och konventionell mjölk kunde inte påvisas i de svenska studierna (Cederberg och Flysjö, 2004 och 2007). Även om det

inte fanns någon signifikant skillnad tycktes det ändå finnas en tendens i Cederberg och Flysjös (2004) och Thomassens (2008) studier, där utsläppen av koldioxid var högre hos konventionella gårdar än hos ekologiska gårdar medan utsläppen av metan var högre hos ekologiska gårdar än hos konventionella gårdar. De högre metanutsläppen berodde troligen på den lägre produktionsintensiteten av mjölk, vilket medförde ett ökat metanutsläpp per liter producerad mjölk, jämfört med den konventionella gården. De högre koldioxidutsläppen ansågs bero på att mer köpt foder och handelsgödsel används vid konventionell primärproduktion.

Till denna studie valdes uppgifterna från Cederberg och Flysjös studie från 2004 då den var förhållandevis ny och kunde betraktas som representativ eftersom mycket mjölk producerades i studieområdet, sydvästra Sverige. Till studien valdes data från konventionell primärproduktion (Tabell 2). I detta examensarbete antogs att mjölk har densiteten 1 kg/l.

Tabell 2. Energianvändning samt klimatpåverkan för primärproduktionen

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ - ekv/FU)
Mjölproduktion	2,6	896

4.2 DISTRIBUTIONSSYSTEM MED KARTONGFÖRPACKNING

4.2.1 Mjölkinsamling

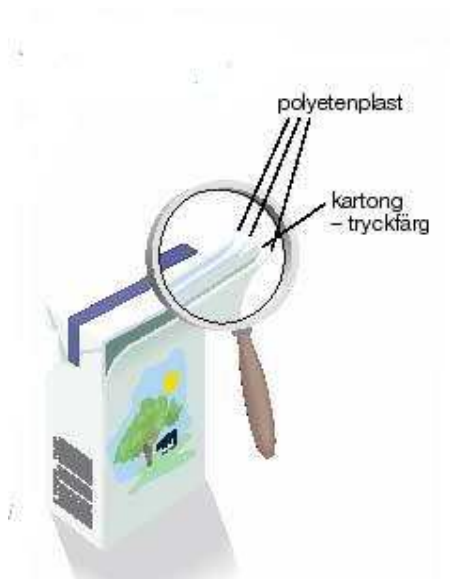
Mjölken från gårdarna samlades in med en tankbil. Energianvändning och klimatpåverkan (Tabell 3) från mjölkinsamlingen beräknades med hjälp av uppgifter från Arla som uppger att det åtgår 3,5 ml diesel per liter mjölk (pers. med., Larsson, 2008). Med hjälp av uppgifter från Uppenberg m. fl. (2001) beräknades vad 3,5 ml diesel motsvarar i energi och klimatpåverkan.

Tabell 3. Energiförbrukning och klimatpåverkan för mjölkinsamlingen

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
Mjölkinsamling	0,12	9,6

4.2.2 Tillverkning av kartongförpackning

För systemet med kartongförpackningen användes en förpackning av typen tegelstensförpackning. Det är den förpackning som Tetra Pak kallar Tetra Brik (Figur 4). Förpackningen består av ett lager kartong, speciellt framtagen för att klara fuktiga miljöer, vilken lamineras med lågdensitetspolyeten, LDPE. En beskrivning av kartongförpackningen finns i Tabell 4.



Figur 4. Den förpackning som används i distributionssystemet med kartongförpackning (www, Tetra Pak, a).

Tabell 4. Kartongspecifikation för enlitersförpackningen

Total vikt (g)	varav LDPE (g)	Förpackningsmaterial (m ²)
25 ¹	5,0 ¹	0,08 ²

1 (www, Tetra Pak, a)

2 (pers. med., Besch, 2008)

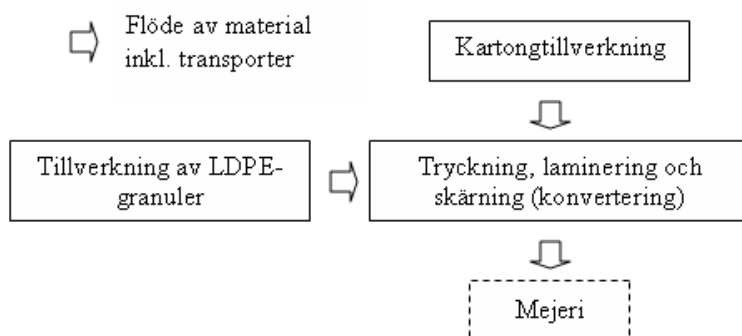
För beräkningarna av miljöpåverkan av tillverkningen av kartongen användes data från Korsnäs från år 2005. Data för tillverkningen av kartongen omfattade skogsbruk, transport av vedråvara, kartongbruk och transport till den anläggning där förpackningen tillverkas, den s.k. *konverteringsanläggningen*. Transporten av kartongen till konverteringsanläggningen inkluderades genom att data från Nätverket för Transporter och Miljön, NTM, användes (www, NTM, a). Tetra Pak angav att kartongen transporterades med tåg och att avståndet till konverteringsanläggningen var 700 km vilket användes i beräkningarna (pers. med., Besch, 2008).

På konverteringsanläggningen trycks trycket på kartongen som därefter lamineras med LDPE (www, Tetra Pak, b). Den tryckta och laminerade kartongen, som hittills varit på stora rullar, skärs till mindre rullar för att passa fyllningsmaskinen på mejeriet (www, Tetra Pak, b). Inventeringsdata för tryckningen, lamineringen och skärningen kom från Tetra Pak och var insamlad under år 2005 (pers. med., Besch, 2008). I inventeringsdata ingick bara flöden av energi och material genom anläggningen. Transporten till mejeriet inkluderades genom att använda data från Nätverket för Transporter och Miljön, NTM (www, NTM, a). Tetra Pak angav att förpackningen transporterades med lastbil och att avståndet till mejeriet var 400 km vilket användes i beräkningarna (pers. med., Besch, 2008).

För tillverkning av LDPE, användes data från *eco-profiles* gjorda av PlasticsEurope Association (www, PlasticsEurope, a). LDPE tillverkas av eten som bildas vid processer i oljeraffineriet (www, PlasticsEurope, b). Inventeringsdata omfattade utvinningen av råolja, vidare förädling och tillverkning av LDPE- granuler. Transporten av granulerna till konverteringsanläggningen inkluderades genom att använda data från Nätverket för

Transporter och Miljön, NTM (www, NTM, a). Tetra Pak angav att LDPE- granulerna transporterades 200 km med lastbil (pers. med., Besch, 2008). Den färg som behövdes för tryck på kartongen inkluderades inte i denna studie då den bedömdes vara försumbar.

En principskiss av det analyserade systemet för tillverkningen av förpackningen visas i Figur 5 och energianvändning och klimatpåverkan i Tabell 5.



Figur 5. Tillverkning av kartongförpackning.

Tabell 5. Energianvändning och klimatpåverkan för tillverkning av kartongförpackning

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
Kartongtillverkning inkl. transport	0,38	8,7
LDPE inkl. transport	0,09	11
Konvertering inkl. transport	0,05	2,1
Summa	0,51	21

4.2.3 Mejeri

På mejeriet behandlas mjölken för att nå önskad fetthalt och för att få bort skadliga bakterier. Den insamlade mjölken separeras från fett varefter fett tillsätts för att nå önskad fetthalt. Därefter homogeniseras och pastöriseras mjölken. Mjölken kyls ned innan den fylls i kartongförpackningen som försluts och datumstämplas. För mejeriet användes data från Eides (2002) studie av norsk mjölkproduktion där även olika storlek på mejeri jämfördes. I denna studie valdes resultatet från det största norska mejeriet (Tabell 6) då det antogs vara representativt för ett stort svenskt mejeri, även om norska mejerier var mindre än i resten av Europa.

Tabell 6. Energianvändning och klimatpåverkan för mejeriet

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
Mejeri	0,70	10

4.2.4 Mjöldistribution

Arla uppger att det åtgår 6,5 ml diesel per liter mjölk för att distribuera mjölken till butikerna (pers. med., Larsson, 2008). Med hjälp av uppgifter från Uppenberg m. fl. (2001) beräknades vad det motsvarade i energi och klimatpåverkan (Tabell 7).

Tabell 7. Energianvändning och klimatpåverkan för mjölkdistributionen

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
Mjölkdistribution	0,23	18

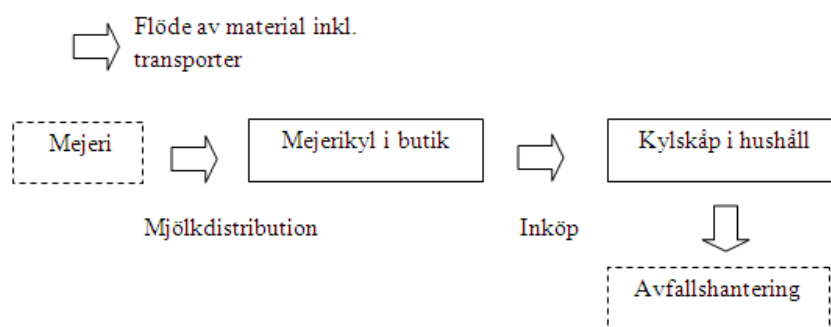
4.2.5 Butik och konsument

Enligt Berlin (2005) var elförbrukningen för kylarna i en butik 496 kWh per kvadratmeter och år. En liter mjölk upptog 0,008 m² i mejerikylen och hade en uppehållstid på två dygn. För inköp av mjölk med bil antogs att bilen drog 0,1 liter bensin per kilometer och att bilen körde totalt tio kilometer för att handla mat. Med hjälp av uppgifter Uppenberg m. fl. (2001) beräknades energianvändning och klimatpåverkan till följd av bilkörningen.

För att fördela miljöbelastningen för matinköp från biltransporten på de olika matvaror som ansågs köpas användes massallokering. Statistiska Centralbyrån, SCB, angav att 14% av våra matinköp år 2005 var mjölk, ost och ägg och därför gavs 14% av miljöbelastningen till mjölken (www, SCB, a). Enligt Sonesson och Thuresson (2001) köptes 20 kg mat per inköpstillfälle och det antogs att 60% av inköpen skedde med bil och följaktligen gav 40 % av inköpen ingen miljöbelastning. Elförbrukningen för kylskåp i hushåll uppgavs till 0,255 MJ per kilo mejeriprodukt.

Förutom miljöbelastningen från användning av el och bensin, tillkom även spill i hushållet. Spillet var dels ofrivilligt, dels medvetet. Det ofrivilliga spillet uppkom p.g.a. att förpackningen inte kunde tömmas fullständigt (Johansson, 2002). I en kartongförpackning uppgavs det ofrivilliga spillet vara 0,5 volymprocent. Ett exempel på medvetet spill var när mjölk slängdes p.g.a. att mjölkens bästföre-datum passerats.

I Figur 6 visas en skiss över de processer som ingick i butik- och konsumentsteget och dess energianvändning och klimatpåverkan visas i Tabell 8.



Figur 6. Butik och konsument.

Tabell 8. Energianvändning och klimatpåverkan för butik och konsument

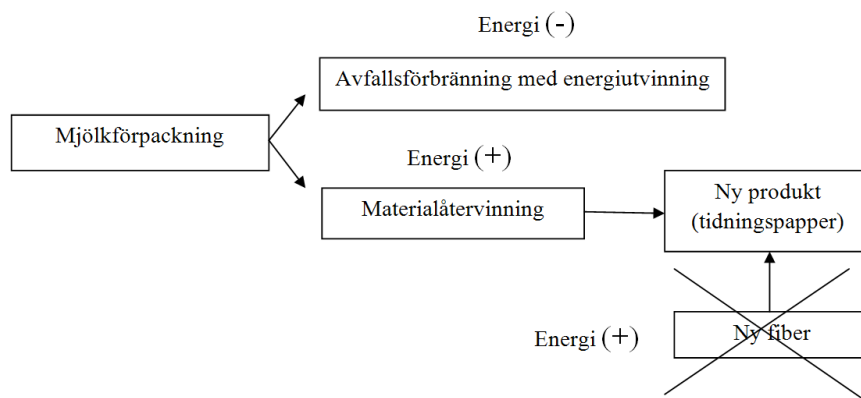
Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
Mejerikyl	0,08	2,6
Inköp	0,09	7,5
Hushållskyl	0,26	8,4
Spill	0,01	4,5
Summa	4,4	23

4.2.6 Avfallshantering

Återvinningsgraden för pappersförpackningar, exkl. wellpapp, var 43% år 2006 vilket används för återvinningen i denna studie (www, Tetra Pak, b). I Sverige är det förbjudet att deponera brännbart material, såsom mjölkförpackningen, och därför antogs att resterande mängd kartongförpackning gick till avfallsförbränning med energiutvinning. Energianvändning och klimatpåverkan från materialåtervinningen beräknades med hjälp av data från Sundqvist m. fl., (2002). För avfallsförbränningen användes data från en studie av Sonesson och Thuresson (2001).

Med energi avsågs här den energi som åtgick vid processerna för omhändertagandet av kartongen och ingen hänsyn togs till s.k. ersatta bränslen. Klimatpåverkan kom från genereringen av den stöd-el och de fossila stödbränslen som användes samt förbränningen av kartongens plastskikt. Energianvändning och klimatpåverkan från avfallshantering visas i Tabell 9.

För avfallsförbränningen med energiutvinning var bidraget negativt eftersom utvinningen av energi var större än användningen. Eftersom materialåtervinningen omfattade produktionen av en ny produkt, drogs energin och klimatpåverkan för tillverkningen av nyfiber från miljöbelastningen av materialåtervinningen. Detta illustreras genom den överstrukna nyfibern i Figur 7.



Figur 7. Flödesschema för avfallshantering. Energi (+) innebär förbrukning av energi medan energi (-) innebär utvinning av energi.

Tabell 9. Energianvändning och klimatpåverkan från avfallshantering

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
Förbränning av kartongförpackning	-0,21	5,9
Materialåtervinning av kartongförpackning	0,10	4,2
Tillgodoräknad nyfiber	-0,05	-1,7
Resultat	-0,17	8,3

4.3 ALTERNATIVT DISTRIBUTIONSSYSTEM MED GLASFLASKOR OCH TILLHÖRANDE STÅLKO

Under några år i slutet av 1980-talet, början av 1990-talet provades ett alternativt system för distribution av mjölk. Kring den tiden var debatten om de växande sopbergen stor

och förpackningar sågs som den stora boven. Ett distributionssystem som genererade en mindre mängd avfall ansågs som lösningen och därför provades ett lösviktssystem med glasflaskor som fylldes på i butik¹. I butiken fanns mjölken i en mjölk tank av rostfritt stål, s.k. stålko, från vilken konsumenten fyllde sin flaska (Tillman m. fl., 1991). Glasflaskan diskades av konsumenten och tanken sändes åter till mejeriet när den var tom för diskning och påfyllning.

Jämförelsen med distributionssystemet med glasflaskor och tillhörande stålko gjordes för att uppskatta kartongförpackningens positiva egenskaper ur miljösynpunkt och det spill som undviks genom att en förpackning av kartong används. Att jämföra kartongförpackningen med alternativet att ingen förpackning fanns, ansågs varken som realistiskt eller genomförbart. För flergångssystemet med stålko användes data från en livscykelanalys (Tillman m. fl., 1991). I livscykelanalysen inkluderades tillverkning av glasflaskan, mejerihantering såsom diskning av stälkon och kylning av den färdiga mjölken, mjölkdistributionen, kylningen i butik och disk av glasflaska. I livscykelanalysen inkluderades inte primärproduktionen av mjölk, inköp av mjölk och kylning i kylskåp hemma hos konsument. Studien var en jämförande livscykelanalys och det ansågs att miljöbelastningen p.g.a. primärproduktion av mjölk, inköp och kylning i kylskåp var densamma för de studerade förpackningssystemen. Resultaten, exkl. primärproduktionen, från Tillmans (1991) livscykelanalys visas i (Tabell 10).

Tabell 10. Energianvändning och klimatpåverkan från distributionssystemet med glasflaska och tillhörande stålko

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv./FU)
Distribution av mjölk inkl. förpackning	2,5	40

Tillmans (1991) data för distributionssystemet med glasflaska och tillhörande stålko kunde inte jämföras rakt av mot normalfallet med engångsförpackning av kartong eller fallet med ett alternativt förpackningsmaterial, d.v.s. plastflaskan. Därför valdes motsvarande data ut för kartongförpackningen och för plastflaskan som för distributionssystemet med glasflaska och tillhörande stålko så att systemen kunde jämföras.

Tabell 11 visar vilken data som användes för kartongen och platsflaskan.

¹ Producentansvar och förpackningsinsamling av mjölkkartonger och andra förpackningar infördes 1994 (www, Förpacknings och tidningsinsamlingen, a).

Tabell 11. Data för kartong- och plastförpackningen som användes vid jämförelsen med stålkon

Del av livscykel	Referens	Övrigt	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (kg CO ₂ -ekv/FU)
Tillverkning av kartongförpackning	Besch (2008) Korsnäs, NTM, Tetra Pak, PlasticsEurope		0,51	21
Tillverkning av plastflaska	PlasticsEurope		0,74	104
Mejeri	Tillman m. fl. (1991)	Kylning av mjölk	0,01	0,30
Mjöldistribution	Larsson (2008)		0,23	18
Butik och konsument	Berlin (2005)	Inkluderar endast energibehovet för kylar	0,08	2,6
Avfallshantering (kartong)	Sonesson och Thuresson (2001), Sundqvist m. fl. (2001)	Förbränning och materialåtervinning	-0,17	8,3
Avfallshantering (plast)	Sonesson och Thuresson (2001), Sundqvist m. fl. (2001)	Förbränning och materialåtervinning	-0,83	-12
Summa kartong			0,66	50
Summa plast			0,23	112

Glasflaskan gick inte att tömma fullständigt och den mängd mjölk blev kvar kallades ofrivilligt spill (Johansson, 2002). Det ofrivilliga spillet i glasflaskan uppgavs vara 2-3 ml, d.v.s. 0,2 till 0,3 volymprocent (Tillman m. fl., 1991). Spill uppkom även av att stålkon inte kunde tömmas fullständigt. Detta spill uppgavs vara fem liter per 120 liter d.v.s. 4 volymprocent. Med hjälp av data från primärproduktionen beräknades vad spillet motsvarade i klimatpåverkan och energianvändning. I Tillmans (1991) studie fördes inget resonemang kring mjölkens hållbarhet i hushållet och det medvetna spill som uppkom.

4.4 ALTERNATIVT DISTRIBUTIONSSYSTEM MED PLASTFLASKA

Ett alternativ till engångsförpackningen av kartong var en flaska av HDPE som används bl.a. i USA. HDPE är en sorts plast och som råvara för platstillverkning används olja.

Miljöbelastningen från primärproduktionen, mjölkinsamlingen, mejerihanteringen, mjöldistributionen och konsumenten antogs vara densamma som i systemet med kartongförpackning. Det som skiljde från normalfallet var endast tillverkningen och avfallshanteringen av förpackningen.

4.4.1 Tillverkning av plastflaska

För beräkningarna av miljöpåverkan av tillverkningen av plastflaskan användes data från PlasticsEurope (www, PlasticsEurope, b). Data för tillverkningen av plastflaskan omfattade processer från utvinningen av råvaror, d.v.s. olja, till dess att flaskan var färdig för transport till mejeri. I beräkningarna försumrades energianvändning och

klimatpåverkan för etiketten. Miljöbelastningen från tillverkningen av plastflaskan visas i Tabell 12.

Tabell 12. Energianvändning och klimatpåverkan för tillverkning av plastflaska av HDPE

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
Produktion av HDPE-flaska	0,74	104

4.4.2 Avfallshantering

Enligt Avfall Sverige var materialåtervinningen 30% för plastförpackningar år 2007 vilket användes i beräkningarna (www, Avfall Sverige, a). Miljöbelastningen av materialåtervinningen av plastflaskor beräknades med hjälp av data från Sundqvist m. fl. (2001). Resterande mängd plast antogs gå till avfallsförbränning med energiutvinning, där energianvändning och klimatpåverkan beräknades med hjälp av uppgifter från Sonesson och Thuresson (2001).

Liksom för kartongen omfattade materialåtervinningen tillverkningen av en ny produkt av jungfrulig plast och på samma sätt som för kartongen drogs miljöbelastningen från tillverkningen av jungfrulig plast av från materialåtervinningen. Energianvändning och klimatpåverkan från avfallshanteringen av plastflaskan visas i Tabell 13. Det sammanlagda resultatet gav att utvinningen av energi var större än användningen, vilket till stor del kan förklaras av att plasten innehåller mycket kemisk bunden energi vilken frigörs vid förbränning. Resultatet gav även att klimatpåverkan från avfallshanteringen blev negativ vilket förklaras med att materialåtervinning av plast har en betydligt mindre miljöbelastning än tillverkning av jungfrulig plast.

Tabell 13. Energianvändning och klimatpåverkan från avfallshanteringen

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
Förbränning av plastflaskan	-0,63	16
Materialåtervinning av plastflaskan	0,03	2,2
Tillgodoräknad jungfrulig plast	-0,22	-31
Resultat	-0,83	-12

4.5 ALTERNATIV MED EN MINDRE FÖRPACKNING

Nyttjandegraden av mjölk, d.v.s. hur mycket mjölk som konsumerades relativt den mängd som slängdes, påverkades av förpackningens storlek, konsumtionsmönstret och mjölkens hållbarhet. Exempelvis om konsumtionen var låg och mycket mjölk slängdes, kunde nyttjandegraden av mjölk öka genom att en mindre förpackning köptes.

Livscykelanalyser som bara fokuserade på förpackningen som objekt gav alltid resultatet att en större förpackning hade en mindre miljöbelastning, eftersom mindre material användes per enhet mat (Williams m. fl., 2008). I denna studie undersöktes den miljömässiga potentialen av en halvlitersförpackning, jämfört med en normal enlitersförpackning. En halvlitersförpackning behöver mer förpackningsmaterial per liter mjölk (Tabell 14), och har därmed ett större utnyttjande av resurser, jämfört med den nuvarande förpackningen (Tabell 4). Däremot ansågs det möjligt att den mindre förpackningen medförde ett mindre medvetet spill och på så sätt hindrades ett onödigt utnyttjande av resurser vilket gav en mindre miljöbelastning. En beskrivning av halvlitersförpackningen finns i Tabell 14 och miljöbelastningen för att för producera

och distribuera en liter mjölk med halvlitersförpackning, d.v.s. med två halvlitersförpackningar, visas i Tabell 15.

Tabell 14. Kartongspecifikation för halvlitersförpackningen (pers.med., Högman, 2008)

Total vikt (g)	varav LDPE (g)	Förpackningsmaterial (m ²)
14	3,0	0,05

Tabell 15. Energianvändning och klimatpåverkan för producera och distribuera 1 l mjölk med halvlitersförpackning

Del av livscykeln	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
Hela livscykeln	4,5	988

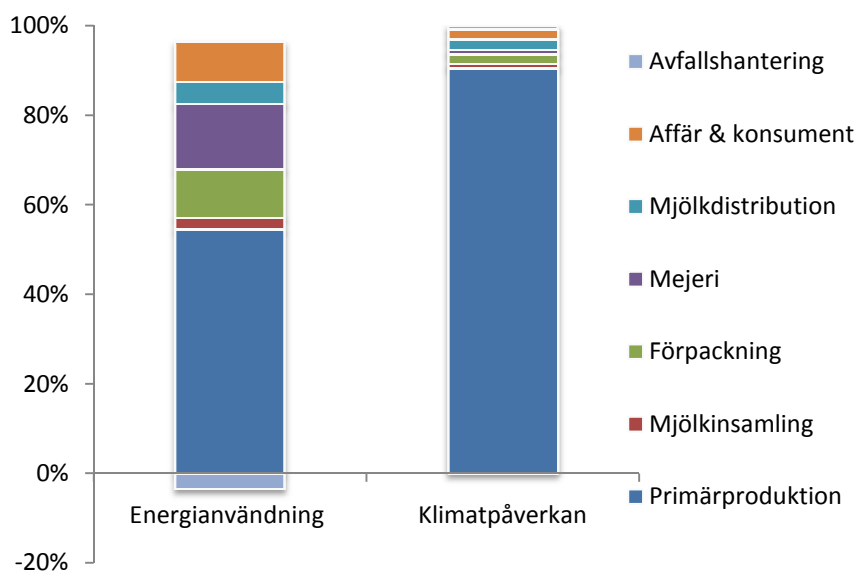
5. RESULTAT

För att producera och distribuera en liter mjölk i en kartongförpackning åtgick 4,4 MJ energi och 1,0 kg växthusgaser släpptes ut (Tabell 16). Primärproduktionen (gårdsproduktionen av mjölk) hade den högsta energianvändning och klimatpåverkan i livscykeln för mjölk (Tabell 16 och Figur 8). ”Primärproduktions energianvändning kom till stor del från processer utanför gårdsgrunden, i produktionen av kraftfoder och handelsgödsel” (Cederberg och Flysjö, 2007). Mjölakens energianvändning påverkades också av förpackningen, mejeriet och butik- och konsumentsteget. Förpackningen hade den tredje högsta energianvändningen där en större del av energin användes vid tillverkningen av kartongen (Tabell 16). I butik- och konsumentsteget använde kylskåpet i hushållet mest energi.

Primärproduktionens klimatpåverkan var så stor att de andra stegen i livscykeln endast bidrog med 0 till 2 %. Processer i primärproduktionen som ansågs bidra var gödselhantering, odling av jordbruksmark, kornas matsmältning och utanför gården, tillverkning av kraftfoder och handelsgödsel (Cederberg och Flysjö, 2007).

Tabell 16. Livscykeln för mjölk i normalfallet med kartongförpackning

	Energi (MJ/FU)	Klimatpåverkan (g CO ₂ - ekv/FU)
Primärproduktion	2,6	896
Mjölkinsamling	0,12	9,6
Förpackning, varav	0,51	21
-Skogsbruk	0,01	2,0
-Transport av vedråvara	0,02	2,1
-Kartongbruk	0,35	4,5
-Transport av kartong	0,00	0,01
-LDPE- granuler	0,09	10
-Transport av LDPE	0,00	0,05
-Konvertering	0,04	1,6
-Transport av rullar till mejeri	0,01	0,51
Mejeri	0,70	10
Mjöldistribution	0,23	18
Affär & konsument	0,44	23
Avfallshantering	-0,17	8,3
Summa	4,4	978

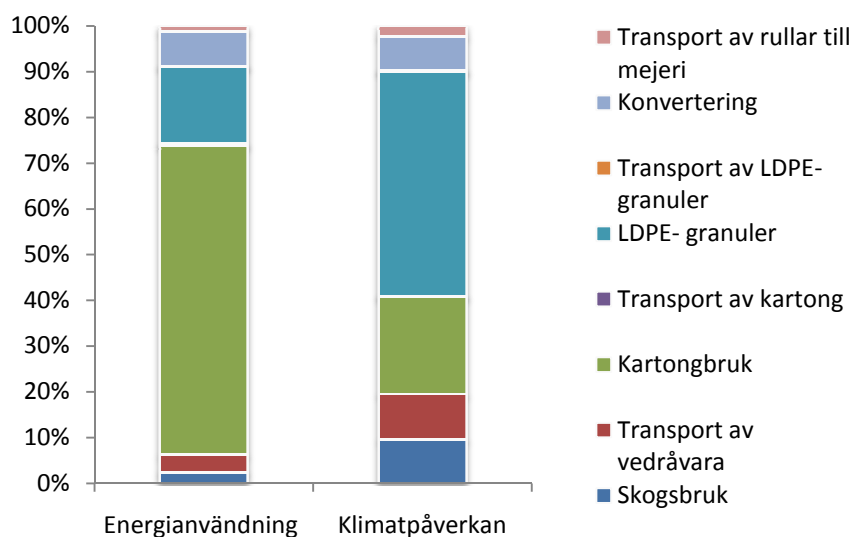


Figur 8. Miljöbelastningens fördelning över de olika stegen i livscykeln för mjölk.

5.1 KARTONGFÖRPACKNINGENS ANDEL

I denna studie undersöktes förpackningens andel av den totala miljöbelastningen. Förpackningens andel av den totala energianvändningen var 12% och den stod för 2% av klimatpåverkan. Med *förpackning* avsågs tillverkningen av kartong inkl. skogsbruk och transporter, transport mellan kartongbruk och konverteringsanläggning, produktion och transport av LDPE, konvertering och transport av mjölkförpackningar till mejeri. Inom förpackningen hade kartongbruket den högsta energianvändningen och tillverkningen av LDPE-granuler den högsta klimatpåverkan (Figur 9). En anledning till

att kartongbruket inte bidrog med en högre klimatpåverkan berodde på den stora andelen av förnybara bränslen som användes vid tillverkningsprocessen (Appendix, Figur A. I). För tillverkningen av LDPE-granulerna användes fossilt bränsle och el vilket gav den högre klimatpåverkan.

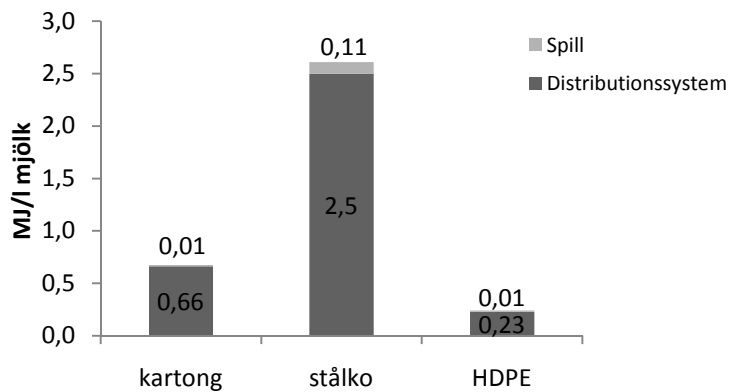


Figur 9. Miljöbelastningens fördelning över förpackningens delprocesser.

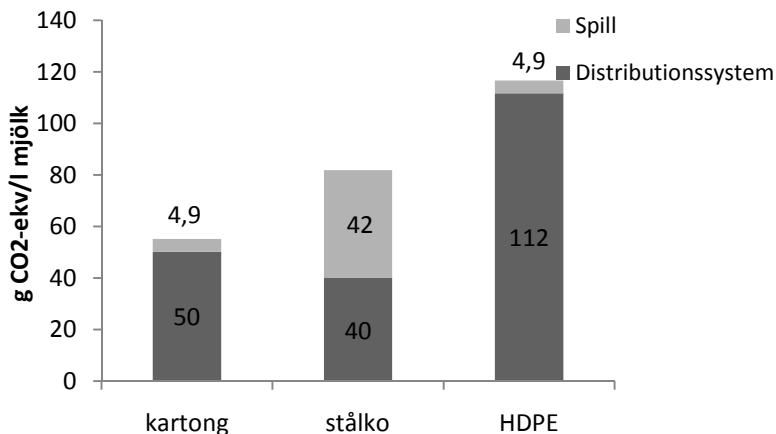
5.2 JÄMFÖRELSE AV OLIKA DISTRIBUTIONSSYSTEM

Om bara förpackningarna jämfördes, d.v.s. kartongförpackningen, plastflaskan och glasflaskan, var glasflaskan mest fördelaktig. Enligt Tillman m. fl. (1991) behövdes totalt 2,6 MJ för att tillverka en glasflaska, men med ett tripptal på ett hundra, d.v.s. glasflaskan antogs hålla för ett hundra påfyllningar, beräknades energianvändningen för glasflaskan till 0,03 MJ. Motsvarande siffra beräknades till 0,51 MJ för kartongen och 0,74 MJ för plastflaskan (Tabell 11). Även klimatpåverkan var lägre för glasflaskan jämfört med kartongen och plastflaskan när ett tripptal på ett hundra användes. Enligt Tillman m. fl. (1991) släpptes 179,6 g koldioxid ut vid tillverkningen av glasflaskan men då ett tripptal på ett hundra användes, beräknades klimatpåverkan från glasflaskan till 2 g koldioxid. Motsvarande siffra för kartongförpackningen beräknades till 21 g och 104 g för plastflaskan (Tabell 11). Men på grund av att hela distributionssystemen jämfördes, blev resultatet annorlunda. Med distributionssystem avsågs tillverkning av glasflaska, plastflaska eller kartong, kylbehov och ev. diskning på mejeri, distribution av mjölk, kylning i butik, diskning av glasflaska och avfallshantering.

Att distribuera mjölk med glasflaskor och tillhörande stålko hade den högsta energianvändningen. Förklaringen till resultatet gavs till diskningen av stålkon, kylningen i butiken och konsumentens diskning av glasflaskan, vilka var moment som helt saknades vid distribution med engångsförpackning. Den lägsta energianvändningen hade distributionssystemet med plastflaskan vilket till stor del berodde på avfallshanteringen. Plast innehåller mer kemisk bunden energi jämfört med kartong och därför frigörs mer energi från plasten vid avfallsförbränning. Dessutom är energin som behövs till att materialåtervinna plast lägre än för kartong. Den högsta klimatpåverkan hade distributionssystemet med plastflaskan och den lägsta hade kartongförpackningen, vilket kunde förklaras med att vid tillverkningen av kartongförpackningen används mer förnybara bränslen jämfört med tillverkningen av plastflaskan (Appendix, Figur A. I).



Figur 10. Energianvändning för de jämförda distributionssystemen.



Figur 11. Klimatpåverkan för de jämförda distributionssystemen.

5.3 POTENTIELL NYTTA MED EN MINDRE FÖRPACKNING

Halvlitersförpackningen (Tabell 15) medförde en något större miljöbelastning per liter mjölk jämfört med enlitersförpackningen (Tabell 16). Genom att låta miljöbelastningen vara lika för de båda förpackningsstorlekarna kunde en brytpunkt beräknas för hur stort mjölkspill som kunde tillåtas i enlitersförpackning för att tjäna in den jämfört med halvlitersförpackningen, i vilken det förutsattes att all mjölk dracks upp.

Brytpunkten beräknades med ekvationerna 1 till 3 och i ekvation 3 antogs att all mjölk dracks upp i halvlitersförpackningen d.v.s. att $\eta_{0,5}$ var lika med 1. Brytpunkten för klimatpåverkan beräknades till 3,4 ml mjölk vilket innebär att 3,4 ml mjölk måste sparas per liter mjölk för att tjäna in den nuvarande förpackningen, enlitersförpackning. Brytpunkten för energianvändningen motsvarade 7 ml mjölk (Tabell 17) och följaktligen måste 7 ml mjölk sparas för att tjäna in den nuvarande enlitersförpackningen.

$$W = \frac{w}{\eta} \quad (1)$$

$$W_1 = W_{0,5} \quad (2)$$

W	Den faktiska miljöbelastningen
w	Miljöbelastningen för att producera och distribuera en liter mjölk
η	Nyttjandegraden

$$\eta_1 = \eta_{0,5} \frac{w_1}{w_{0,5}} \quad (3)$$

Tabell 17. Brytpunkten för hur mycket spill som kan tillåtas i enlitersförpackningen då miljöbelastningen är lika i de båda distributionssystemen

	Brytpunkt för energi	Brytpunkt för klimat
Mjölk (ml)	7,0	3,4

5.4 KÄNSLIGHETSANALYS

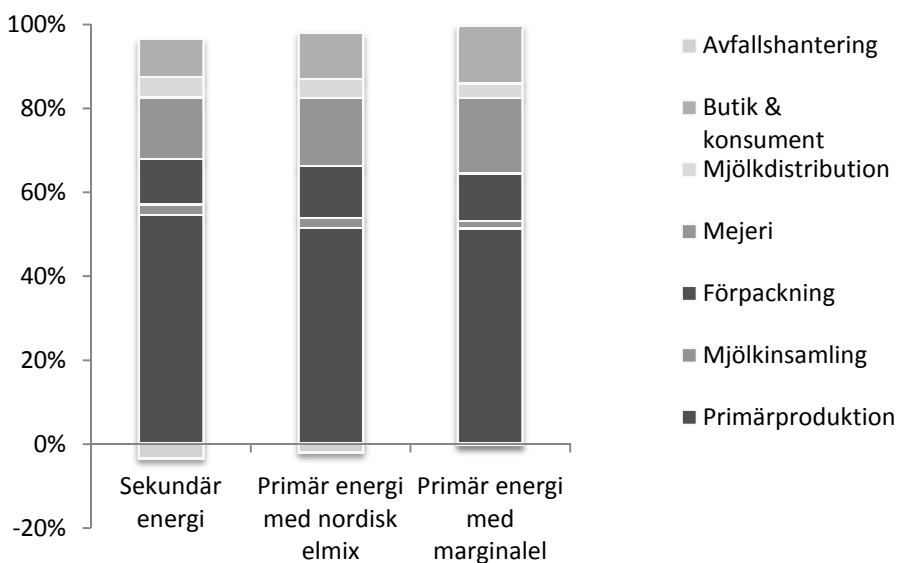
5.4.1 Primär energi

Hittills har resultaten endast berört energin som användes vid processerna, d.v.s. den sekundära energin. Den primära energianvändningen innebär att energin studerades ur ett livscykelperspektiv, vilket betyder att även energin för utvinning och transport av bränslet inkluderas (Andréasson m. fl., 2006). För att beräkna den primära energin kunde en s.k. primärenergifaktor, definierad som kvoten mellan primär och sekundär energi, användas. I känslighetsanalysen analyserades inverkan av primär energi och valet av elmix.

Genom att ändra från en nordisk genomsnittlig el, med en primärenergifaktor på 1,6, till marginalel, med en primärenergifaktor på 2,74, ökade den primära energianvändningen med ca 30 % i livscykeln för mjölk med kartongförpackningen (Tabell 18) (Appendix, Tabell A. I.). Primärenergifaktorerna för övriga bränslen var desamma. Ingen stor förändring skedde över fördelningen sinsemellan delprocesserna (Figur 12) men en viss skillnad anades för energikrävande processer där andelen el var stor, såsom för mejeriet och avfallshanteringen.

Tabell 18. Sekundär och primär energi i livscykeln för mjölk med kartongförpackningen

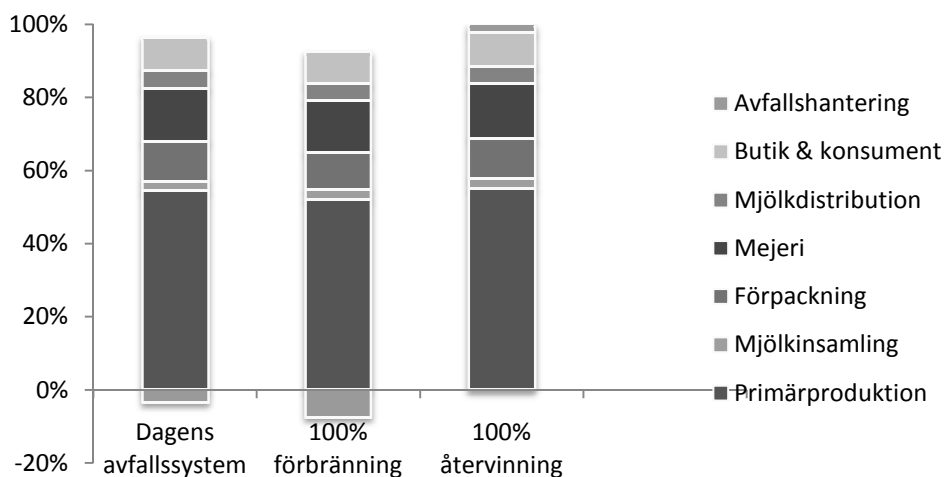
	Sekundär energi	Primär energi med nordisk elmix	Primär energi med marginalel
Total energi i livscykeln för mjölk (MJ/FU)	4,4	5,4	7,3



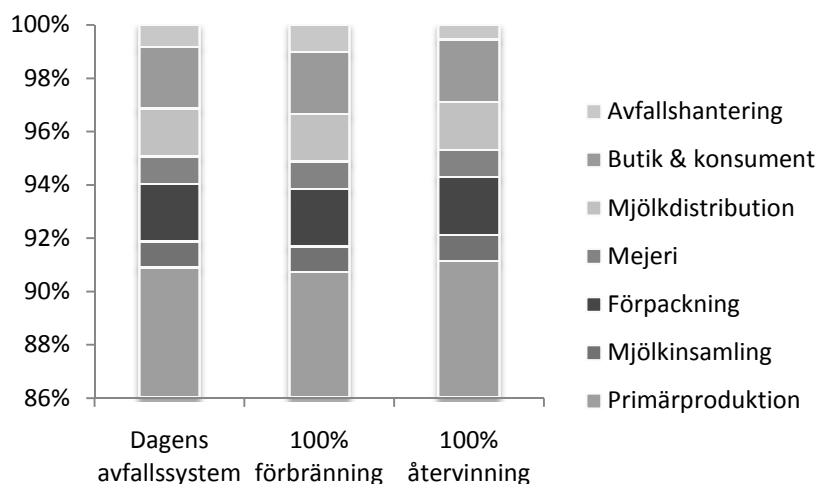
Figur 12. Fördelningen av energianvändningen mellan olika delprocesser i livsnyckeln för mjölk.

5.4.2 Avfallshantering

Om återvinningsgraden sattes till noll och 100 % av kartongen förbrändes med energiutvinning innebär detta att mer energi kunde utvinnas från avfallshantering (Figur 13). Då avfallsförbränningen med energiutvinning ökade, tilltog också koldioxidutsläppen (Figur 14). Det motsatta scenariot med 0 % förbränning och 100% återvinning innebär att mindre energi kunde utvinnas men även att utsläppen av växthusgaser blev lägre. Den totala miljöbelastningen ansågs inte vara särskilt känslig för förändringar i avfallshandlingen vilket kunde förklaras med att avfallshandlingen stod för en mindre del av den totala miljöbelastningen (Figur 8).



Figur 13. Energianvändning i livsnyckeln för mjölk med kartongförpackningen.



Figur 14. Klimatpåverkan i livscykeln för mjölk med kartongförpackningen.

5.4.3 Mjölakens densitet

Primärproduktionen visade sig utgöra en stor andel av den totala miljöbelastningen i livscykeln för mjölk. I en del litteratur angavs miljöbelastningen per kilo mjölk och i annan litteratur per liter mjölk. I denna studie antogs att mjölakens densitet var ett 1 g/cm^3 . Dock varierade kommjölakens densitet mellan $1,028 \text{ g/cm}^3$ och $1,038 \text{ g/cm}^3$ och den mjölk som lämnade mejeriet hade en densitet mellan $1,030 \text{ g/cm}^3$ och $1,033 \text{ g/cm}^3$. I känslighetsanalysen antogs kommjölakens densitet till $1,033 \text{ g/cm}^3$ och densiteten hos den mjölk som lämnade mejeriet antogs till $1,032 \text{ g/cm}^3$ men detta påverkade inte det totala resultatet nämnvärt.

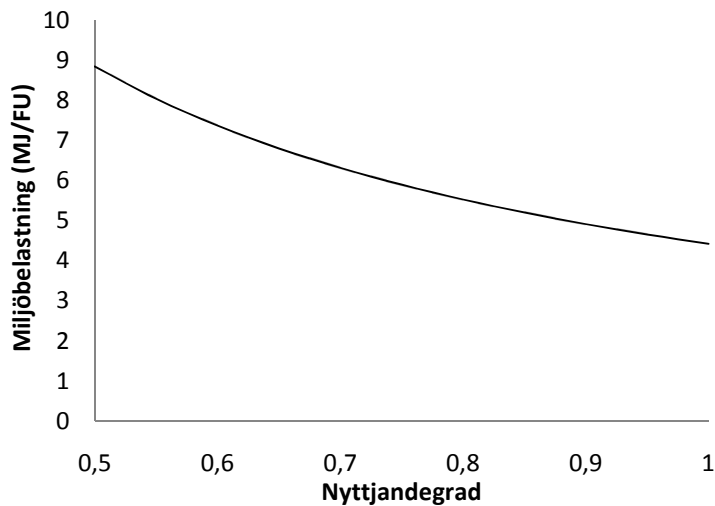
5.4.4 Den faktiska miljöbelastningen

Hittills har resultatet under kapitel 5 till 5.2 beaktat miljöbelastningen för att producera och distribuera en liter mjölk och i resultatdelen räknades med att all mjölk dracks upp, d.v.s. det medvetna var spillet noll². Genom att ta hänsyn till det medvetna spillet kunde den faktiska miljöbelastningen i livscykeln för mjölk beräknas. Exempelvis om häften av mjölken slängdes behövdes två liter för att tillgodose varje liter mjölk och därmed ökade miljöbelastningen. Den faktiska miljöbelastningen definierades som kvoten mellan miljöbelastningen för att producera och distribuera en liter mjölk, d.v.s. det som beräknades under kapitel 5 till 5.2, och den andel mjölk som faktiskt dracks upp, nyttjandegraden (η). Den faktiska miljöbelastningen för mjölk som distribueras med en kartongförpackning visas i Figur 15 och 16.

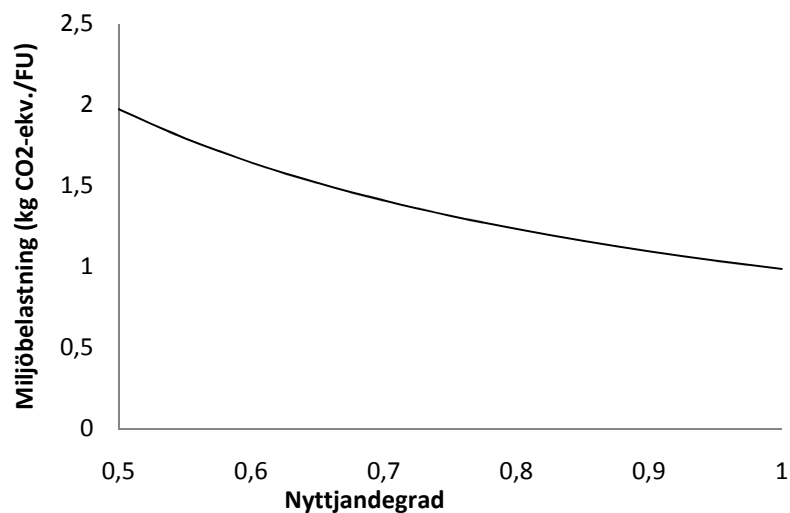
$$W_{eff} = \frac{w}{\eta} \quad (4)$$

W_{eff}	Den faktiska miljöbelastningen
w	Miljöbelastningen för att producera och distribuera en liter mjölk
η	Nyttjandegraden

² Det ofrivilliga spillet var inkluderat i beräkningarna.



Figur 15. Den faktiska energianvändningen i livscykeln för mjölk.



Figur 16. Den faktiska klimatpåverkan i livscykeln för mjölk.

I en rapport från Storbritannien undersöktes livsmedelsplanet från hushåll (Ventour, 2008). Studien ansågs som unik i sitt slag, eftersom hushållen först uppskattade mängden slängd mat och sedan samlades hushållsavfallet in och undersöktes. I studien angavs att 3,4 % av den mjölk som köptes slängdes, d.v.s. hamnade i hushållssoporna, men i dessa 3,4 % inkluderades inte den mängd mjölk som hälldes ut i vasken. Det ansågs troligt att större delen av den mjölk som slängdes, hälldes ut i vasken och därför borde mängden slängd mjölk vara större än 3,4 %. I rapporten påpekade Ventour (2008) behovet av en uppföljande studie för att få fram mer korrekta förlustsiffror för mejerivaror. En rimligare siffra ansågs vara någonstans mellan 5 och 15% eftersom det var vad tidigare studier kommit fram till angående livsmedelsplanet från hushåll. Bl.a. angav Williams i ett pressmeddelande att 10 % av de livsmedel som köptes hamnade i hushållssoporna men huruvida planet var jämnt fördelat mellan de köpta produkterna angavs inte (www, Karlstad Universitet, a). Enligt studien från Storbritannien tillhörde mjölkprodukter den kategori som det slängdes minst av och högst livsmedelsplanet hade produkter som frukt, grönsaker, bröd, kött och fisk. I Tabell 19 och 20 visas hur ett spill

på 0 %, 3,4 %, 5 %, 10 % och 15 % påverkade den faktiska miljöbelastningen i livscykeln för mjölk.

Tabell 19. Det medvetna spillet, energianvändningen och bidraget från butik- och konsumentsteget i livscykeln för mjölk med kartong förpackningen

Spill (ml)	0,00	34	50	100	150
Livscykeln för mjölk (MJ/FU)	4,4	4,4	4,5	4,6	4,7
Bidraget från butik & konsument	10 %	12 %	13 %	15 %	17 %

Tabell 20. Det medvetna spillet, klimatpåverkan och bidraget från butik- och konsumentsteget i livscykeln för mjölk med kartong förpackningen

Spill (ml)	0,00	34	50	100	150
Livscykeln för mjölk (CO2-ekv./FU)	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3
Bidraget från butik & konsument	2 %	5 %	7 %	10 %	12 %

Genom att sätta den faktiska miljöbelastningen för enlitersförpackning lika med den faktiska miljöbelastningen halvlitersförpackningen (5) kunde mängden mjölk som måste sparas för att tjäna in den ökade miljöbelastningen med halvlitersförpackningen beräknas, vid en given nyttjandegrad för enlitersförpackningen, η_1 (6). Hur mycket mjölk som behövde sparas d.v.s. spillet visas i Tabell 21 och 22.

$$W_{eff,1} = W_{eff,0,5} \quad (5)$$

$$\eta_{0,5} = \eta_1 \frac{w_{0,5}}{w_1} \quad (6)$$

Tabell 21. Antal ml mjölk som måste sparas för att tjäna in den ökade energianvändningen från halvlitersförpackningen

Nyttjandegraden hos enlitersförpackning	Nyttjandegraden hos halvlitersförpackningen	ml mjölk som måste sparas
0,97	0,97	6,7
0,95	0,96	6,6
0,90	0,91	6,3
0,85	0,86	5,9
0,70	0,70	4,9
0,50	0,50	3,5

Tabell 22. Antal ml mjölk som måste sparas för att tjäna in den ökade klimatpåverkan från halvlitersförpackningen

Nyttjandegraden hos enlitersförpackning	Nyttjandegraden hos halvlitersförpackning	ml mjölk som måste sparas
0,97	0,97	3,3
0,95	0,95	3,2
0,90	0,90	3,0
0,85	0,85	2,9
0,70	0,70	2,4
0,50	0,50	1,7

6. DISKUSSION

En livscykelanalys ger en uppfattning om vilka steg i en produkts livscykel som är betydelsefulla för en viss miljöpåverkan. Torts att metodiken för livscykelanalys finns standardiserad, måste datakvalitén, systemgränser och andra antaganden noggrant beaktas eftersom de är avgörande för hur representativ och robust en livscykelanalys är. Vid jämförelse av livscykelanalyser bör slutsatser dras med försiktighet eftersom ovan nämnda parametrar sannolikt skiljer sig åt.

Det var väntat att primärproduktionen hade en stor miljöbelastning eftersom detta tidigare visats i studier av bl.a. Ingvarsson (2002) och Eide (2002). Den norska primärproduktionen var mer energisnål och klimatteffektiv jämfört med Ingvarssons (2002) studie (Tabell 23). Resultaten från Ingvarssons (2002) studie hade större likheter med de livscykelanalyser som enbart fokuserade på primärproduktionen (Tabell 1) och därför ansågs inte primärproduktionen i Eides (2002) studie som särskilt representativ. Likheten mellan resultatet från denna studie och ovan nämnda studier tyder ändå på en viss robusthet och resultatet kan anses som någorlunda representativt för en liter mjölk.

Tabell 23. Livscykeln för mjölk enligt denna och andra studier

Del av livscykel	Energi (MJ/FU)	Klimat-påverkan (g CO ₂ -ekv/FU)	Energi (MJ/FU)	Klimat-påverkan (g CO ₂ -ekv/FU)	Energi (MJ/FU)	Klimat-påverkan (g CO ₂ -ekv/FU)
	Ingvarsson (2002)	Ingvarsson (2002)	Eide (2002)	Eide (2002)	<i>Enligt denna studie</i>	<i>Enligt denna studie</i>
Primärproduktion	2,9	860	1,4	400	2,6	896
Intratransport	0,09	7,4	0,1	10	0,12	9,6
Förpackning	1,2	25	0,6	15	0,51	21
Mejeri	0,22	16	0,7	10	0,70	10
Distribution	0,24	18	0,1	10	0,23	18
Butik och konsument	0,73	47	0,7	25	0,43	23
Avfallshandtering	- ¹	- ¹	0,0	50	-0,17	8,3
Summa	5,38	973,4	3,6	520	4,4	978
Förpackningens andel	23 %	3 %	19 %	3 %	12 %	2 %

¹ Avfallshandringen analyserades ej i Ingvarssons (2002) studie.

6.1 KARTONGFÖRPACKNINGENS ANDEL

I denna studie var förpackningens energianvändning låg jämfört med resultaten från Ingvarssons (2002) och Eides (2002) studier. Orsaken var troligen att specifik data från Korsnäs i Gävle användes och att studierna skiljde sig i tid. Däremot kan resultaten från Ingvarsson (2002) och Eide (2002) vara mer representativa då de antagligen bygger på data från flera pappersbruk.

”En förpackning ska spara mer än den kostar”, var mottot för Ruben Rausing, Tetra Paks grundare (www, Tetra Pak, b). Ur miljösynpunkt kan citatet tolkas som att förpackningen som objekt kostar miljön och följaktligen har en negativ miljöbelastning, medan förpackningen som funktion sparar miljön och således minskar

miljöbelastningen. I denna studie hade förpackningen som objekt en låg klimatpåverkan, jämfört med hela livscykeln, vilket även visades av Ingvarsson (2002) och Eide (2002) (Tabell 23). Om förpackningen hade haft en hög miljöbelastning jämfört med hela livscykeln hade det varit en onödig förpackning eftersom kostnaden, d.v.s. miljöbelastningen, av förpackningen inte optimerats.

6.2 JÄMFÖRELSE AV OLIKA DISTRIBUTIONSSYSTEM

Jämförelsen av olika distributionssystem visade betydelsen av att inte bara se till förpackningen som objekt utan även som funktion då olika förpackningsalternativ jämfördes. Trots att miljöbelastningen från själv glasflaskan var mindre jämfört med kartongen och plastflaskan, var miljöbelastningen från hela distributionssystemet med glasflaskor och tillhörande stålko den största. Det som påverkade resultatet var diskning, kylning och framför allt mängden spill. Distribution med engångsförpackning var att föredra framför distribution med glasflaska och tillhörande stålko, oavsett om hänsyn togs till spillet. Även Kooijman (1993) poängterade vikten av att förpackningen ska ses som en del av produkten och distributionssystemet då förpackningens miljöbelastning undersöks.

6.2.1 Spill

För distributionssystemen med engångsförpackning var det ofrivilliga spillet betydligt lägre än för distributionssystemet med glasflaska och tillhörande stålko. Närmare hälften av klimatpåverkan från distributionssystemet med glasflaskor och tillhörande stålko orsakades av ofrivilligt spill. Genom att en engångsförpackning användes undveks ett ofrivilligt spill på ungefär 38 ml per liter mjölk vilket motsvarade en miljöbelastning på 34 g koldioxidekvivalenter eller 0,1 MJ. Klimatpåverkan från det ofrivilliga spillet från stälkon var större än nästan alla steg i livscykeln för mjölk i normalfallet med kartongförpackningen och bara klimatpåverkan från primärproduktionen var större. Utnyttjandet av energiresurser p.g.a. det ofrivilliga spillet var lika stort som bidraget från mjölkinsamlingen. Det ofrivilliga spill som undveks med engångsförpackningen kunde ses som en relativ, positiv miljöpåverkan eftersom förpackningen ersatte ett sämre alternativ med avseende på spill.

I jämförelsen av distributionssystemen inkluderades det ofrivilliga spillet medan det medvetna spillet inte togs med. Om miljöpåverkan från det medvetna spillet tagits med hade miljöbelastningen ökat för de tre distributionssystemen. Troligen hade det medvetna spillet varit störst i distributionssystemet med glasflaska och tillhörande stålko eftersom dåligt diskade glasflaskor kunde tänkas minska hållbarheten hos mjölk. Hållbarheten var en av de faktorer som ansågs påverka nyttjandegraden av mjölk och därmed den mängd mjölk som slängdes. I Tillmans (1991) studie fanns inget resonemang om hur distributionssystemet med glasflaska och tillhörande stålko påverkade nyttjandegraden av mjölk. Det fördes heller inget resonemang kring att mjölken inte var hygieniskt bakteriefri längre än till butiken, vilket var en viktig anledning för introduktionen av pappersförpackningen på 1950-talet.

6.2.2 Engångsförpackningen och flergångsförpackningen

I distributionssystemet med kartongförpackningen behöver förpackningen tas om hand, antingen förbrännas med energiutvinning eller materialåtervinnas. Detta saknades i distributionssystemet med glasflaska och tillhörande stålko, men däremot måste flaskan och tanken med mjölk diskas. Det visade sig att miljöpåverkan från diskningen var större än den från materialåtervinningen och förbränningen med energiutvinning med

avseende på energianvändning. Vid tiden för introduktionen av distributionssystemet med glasflaska och tillhörande stålko ansågs det troligen viktigare att minimera på mängden avfall än att minimera energianvändningen och klimatpåverkan.

6.2.3 Kartongförpackningen och plastflaskan

I jämförelsen av distributionssystemen hade plastflaskan den lägsta energianvändningen och den högsta klimatpåverkan. Ur ett hållbarhetsperspektiv anses det bättre att använda en produkt gjord av den förnybara resursen ved jämfört med den icke-förnybara resursen olja och det är antagligen därför som kartongen dominerar marknaden idag. Att kartongen dominerar dagens marknad gjorde att de livscykelanalyser som finns, antingen på hela eller delar av livscykeln för mjölk, inkluderar en kartongförpackning. I denna studie blev konsekvensen av detta att en del steg i livscykeln för mjölk användes samma data för plastflaskan och kartongen, trots att det var troligt att plastflaskan haft en annan påverkan jämfört med kartongen. Detta gällde exempelvis om fyllningsprocessen på mejeriet, mjölkdistributionen eller kylningen i butiken skilde sig åt.

6.3 POTENTIELL NYTTA MED EN MINDRE FÖRPACKNING

Förpackningens andel stod för en mindre del av miljöbelastningen i livscykeln för mjölk och därmed medförde ökningen av mängden förpackningsmaterial hos halvlitersförpackningen en marginell ökning av den totala miljöbelastningen i livscykeln för mjölk. Eftersom primärproduktionen av mjölk, och därmed mjölkspillet, hade en stor miljöbelastning var det troligt att halvlitersförpackningen hade en miljömässig nytta, förutsatt att mindre mjölk slängdes.

Även Williams (pers. med., Williams, 2008) har undersökt den miljömässiga potentialen av en mindre förpackning, en tredeciliterförpackning, och den brytpunkt för mjölk som måste sparas jämfört med den nuvarande enlitersförpackningen. För tredeciliterförpackningen var brytpunkten 0,066 l mjölk ur energisynpunkt och 0,023 l ur klimatsynpunkt, vilket Williams ansåg vara en rimlig mängd mjölk att spara. Brytpunkten för hur mycket mjölk som måste sparas i tredeciliterförpackningen var ungefär 10 gånger större än den som beräknats för halvlitersförpackningen (Tabell 17), och följaktligen behöver mer mjölk sparas desto mindre förpackningen är. Liksom i denna studie ingick hela livscykeln för mjölk i Williams beräkningar, men det är sannolikt att data skiljer sig mellan Williams beräkningar och beräkningar gjorda i denna studie.

Om det medvetna spillet låg mellan 3,4 och 15 % i enlitersförpackningen behövde spillet vara ungefär 3 ml per liter mjölk mindre i halvlitersförpackningen för att tjäna in den ökade klimatpåverkan (Tabell 22). Att halvlitersförpackningen kunde spara 3 ml mjölk ansågs troligt och därför borde halvlitersförpackningen ha en potentiell nytta ur miljösynpunkt.

För att tjäna in den ökade energianvändningen behövde spillet vara ungefär 6 ml per liter mjölk mindre i halvlitersförpackningen (Tabell 21). Att halvlitersförpackningen skulle kunna spara 6 ml mjölk jämfört med enlitersförpackningen var inte självklart, men heller inte osannolikt. Ju större det medvetna spillet var i enlitersförpackningen desto mindre blev spillet som måste sparas i halvlitersförpackningen och desto troligare var det att halvliterskartongen hade en miljömässig nytta. Att en halvlitersförpackning hade en miljömässig potential får stöd av Erlöv m. fl. (2000) som drog slutsatsen att

införandet av halvlitersförpackningar skulle minska miljöbelastningen. Om halvlitersförpackningen minskade spillet, och därmed miljöbelastningen, skulle detta dessutom ge nöjdare kunder enligt Williams m. fl. (2008).

En framtida studie skulle kunna undersöka hur nyttjandegraden av mjölk ändrades vid införandet av en halvlitersförpackning.

7. SLUTSATS

- Kartongförpackningen stod för 12 % av den totala energianvändningen och 2 % av den totala klimatpåverkan i livscykeln för mjölk.
- Ur energiperspektiv var mjölkdistribution med kartongförpackning sämre än distribution med plastflaska, men bättre än distribution med glasflaska och tillhörande mjölk tank av stål; även utan hänsyn till det högre spillet i det senare systemet.
- Ur klimatperspektiv var distribution av mjölk med kartongförpackning bättre än både plastflaska och glasflaska med tillhörande ståltank, där mjölkspillet i det sistnämnda systemet stod för drygt hälften av utsläppen.
- Brytpunkten för hur mycket mjölk som måste sparas i distribution av mjölk med plastflaska mer fördelaktig enlitersförpackningen för att väga upp den ökade åtgången av förpackningsmaterial hos halvlitersförpackningen beräknades till 7 ml mjölk ur energisynpunkt och 3,4 ml ur klimatsynpunkt. Eftersom dessa mängder är relativt små jämfört med de mängder som riskerar att medvetet hållas ut, finns troligen en potentiell nytta med en halvlitersförpackning.
- Den faktiska miljöbelastningen påverkades av hur mycket mjölk som slängdes. Genom att minimera mjölkspillet minskade den faktiska miljöbelastningen.

8. REFERENSER

8.1 TRYCKTA REFERENSER

Andréasson, J., Hammes, K., Forsberg, A., Karlsson, T., (2006), *Effektivvare primärenergianvändning*, Statens energimyndighet, ER 2006:32, ISSN 1403-1892

Basset-Mens, C., Carran, A., Ledgrad, S., (2005), *First Life Cycle Assessment of Milk Production from New Zealand Dairy Farm Systems*, AgResearch Limited, Ruakura Research Centre

Berlin, J., (2005), *Environmental Improvements of the Post-Farm Dairy Chain: Production Management by Systems Analysis Methods*, PhD thesis, Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology Göteborg, Sweden, ISBN 91-7291-655-9

Bröms, G., Wahlström, Å., (2008), *Energianvändning i flerbostadshus och lokaler – idag och i en nära framtid*, Elforsk, Elforsk- rapport 08:32

Carlsson, R., Pålsson, AC., (2008), *Livscykelanalys- ringar på vattnet*, första utgåvan, SIS-förlag AB, Stockholm, ISBN 978-91-7162-652-3

- Cederberg, C., Mattsson, B., (2000), Life cycle assessment of milk production- a comparison of conventional and organic milk production, *Journal of Cleaner Production* 8, s 49-60.
- Cederberg, C., Flysjö, A., (2004), *Life Cycle Inventory of 23 Dairy Farms in South-Western Sweden*, SIK- The Swedish Institute for Food and Biotechnology, SIK-report 728, ISBN 91-7290-237-X
- Cederberg, C., Flysjö, A., Ericson, L., (2007), *Livscykelanalys av norrländsk mjölkproduktion*, SIK- Institutet för livsmedel och bioteknik AB, SIK-rapport 761, ISBN 91-7290-256-6
- Ekvall, T., (1999), Key methodological issues for life cycle inventory analysis of paper recycling, *Journal of Cleaner Production* 7, s 281-294
- Eide, M.H., (2002), *Life Cycle Assessment (LCA) of Industrial Milk Production*, PhD thesis, Department of Food Science, Chalmers University of Technology and SIK- The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Göteborg, Sweden, ISBN 91-7291-130-1
- Erlöv, L., Löfgren, C., Sörås, A., (2000), *Packaging- a tool for the prevention of environmental impact*, Packforsk, Packforsk-rapport 194, ISSN 1402-5809
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., Van Dorland, R., (2007), *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing*, In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Ingvarsson, A., (2002), *Maten och miljön livscykelanalys av sju livsmedel*, Rolf & Co, Skövde
- Johansson, B.B., (2002), *Förpackningens betydelse för produktförluster i hemmet - Spill uppmätt med hjälp av test grupp*, Packforsk, Packforsk-rapport 204, ISSN 1402-5809
- Kooijman, J.M., (1993), Environmental Assessment of Packaging: Sense and Sensibility, *Environmental Management*, vol. 17, nr. 5, s 575-586
- Löfgren, C., Johansson, B.B., Erlöv, L., (2001), *Mindre spill i rätt sorts förpackning*, Packforsk, Packforsk-rapport 199, ISSN 1402-5809
- Rydh, C.J., Lindahl, M., Tingström, J.,(2002), *Livscykelanalys- en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*, Studentlitteratur, Lund, ISBN 91-77-02447-9
- Sköldberg, H., Olofsson, M., Unger, T., (2006), *Marginaler och miljövärdering av el*, Elforsk. Elforsk rapport 06:52

Sonesson, U., Thuresson, J., (2001), *Mjölkkedjans miljöpåverkan - en miljösystemanalys av framtidsscenarier av försörjningskedjan för mejeriprodukter*, SIK- Institutet för livsmedel och bioteknik AB, SIK-rapport 681, ISBN 91-7290-211-6

Sundqvist, J.O., Baky, A., Carlsson, M.R., Eriksson, O., Granath, J., (2002), *Hur ska hushållsavfallet tas om hand? Utvärdering av olika behandlingsmetoder*, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, IVL rapport B 1462

Thomassen, M.A., de Boer, I.J.M., van Calker, K.J., Iepema, G.L., Smits, M.C.J., (2008), Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands, *Agricultural Systems* 96, s 95-107.

Tillman, A.M., Baumann, H., Eriksson, E., Rydberg, T., (1991), *Miljön och förpackningarna. Livscykelanalyser för förpackningsmaterial- beräkning av miljöbelastning*, Statens offentliga utredningar 1991:77, Miljödepartementet, ISBN 91-38-10872-0

Ventour, L., (2008), *The food we waste*, Andra upplagan, ISBN 1-84405-383-0

Uppenberg, S., Alemark, M., Brandel, M., Lindfors, L.G., Marcus, H.O., Stripple, H., Wachtmeister, A., Zetterberg, L., (2001), *Miljöfaktabok för bränslen Del 2 Bakgrundsinformation och Teknisk appendix*, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, IVL rapport B 1334-2B

Williams, H., Löfgren, M., Wikström, F., (2008), A life cycle perspective on environmental effects of customer focused packaging development, *Journal of Cleaner Production* 16, s 853-859.

8.2 ELEKTRONISKA REFERENSER

Arla, www.arla.se

a. *Hälsa och effektivitet – om mjölkens teknik*

<http://www.naringslivshistoria.se/templates/Arla/Article.aspx?id=2003&ArticleID=1963&CategoryID=333&epslanguage=SV> hämtad 081029

b. *Mjolkflaskans upp- och nedgång*

<http://www.naringslivshistoria.se/templates/Arla/Article.aspx?id=2003&ArticleID=1967&CategoryID=334&epslanguage=SV> hämtad 081029

Avfall Sverige www.avfallsverige.se

a. *Materialåtervinning*

http://www.avfallsverige.se/m4n?oid=2590&_locale=1 hämtad 081110

Förpacknings och tidningsinsamlingen, www.ftiab.se

a. *Bakgrund och historik*

<http://www.ftiab.se/omfti/bakgrundhistorik.4.405877db1168b3d892a8000828.html> hämtad 090204

Karlstad Universitet www.kau.se

a. *Bättre förpackningar kan spara mat och miljö*

http://www.kau.se/forskning/nyheter/artikel.lasso?artikel_id=5979&show=forskning&search_word=mat hämtad 081125

Nätverket för transporter och miljön, NTM www.ntm.a.se

a. *NTMCalc*

<http://www.ntm.a.se/ntmcalc/> hämtad 080825 och 080827

PlasticsEurope www.plasticseurope.org

a. <http://lca.plasticseurope.org/ldpe4.htm> hämtad 080905

b. <http://lca.plasticseurope.org/hdbt4.htm> hämtad 080905

Statistiska centralbyrån, SCB www.scb.se

a. *Privat konsumtion av olika livsmedel och drycker 2005*

http://www.scb.se/templates/tableOrChart_37527.asp hämtad 080926

Tetra Pak www.tetrapak.se

a. *Hållbarhetsredovisning 2007*

<http://markets.tetrapak.com/sweden/docs/redovisning2007Sverige.pdf> hämtad 081007

b. *Återvinning*

http://markets.tetrapak.com/sweden/content/frset_main.asp? hämtad 081110

8.3 MUNTliga REFERENSER

Besch, Katrin, 2008, Miljöspecialist, Tetra Pak International , Lund

Högman, Stefan, 2008, Teknisk kundsupport, Korsnäs AB, Gävle

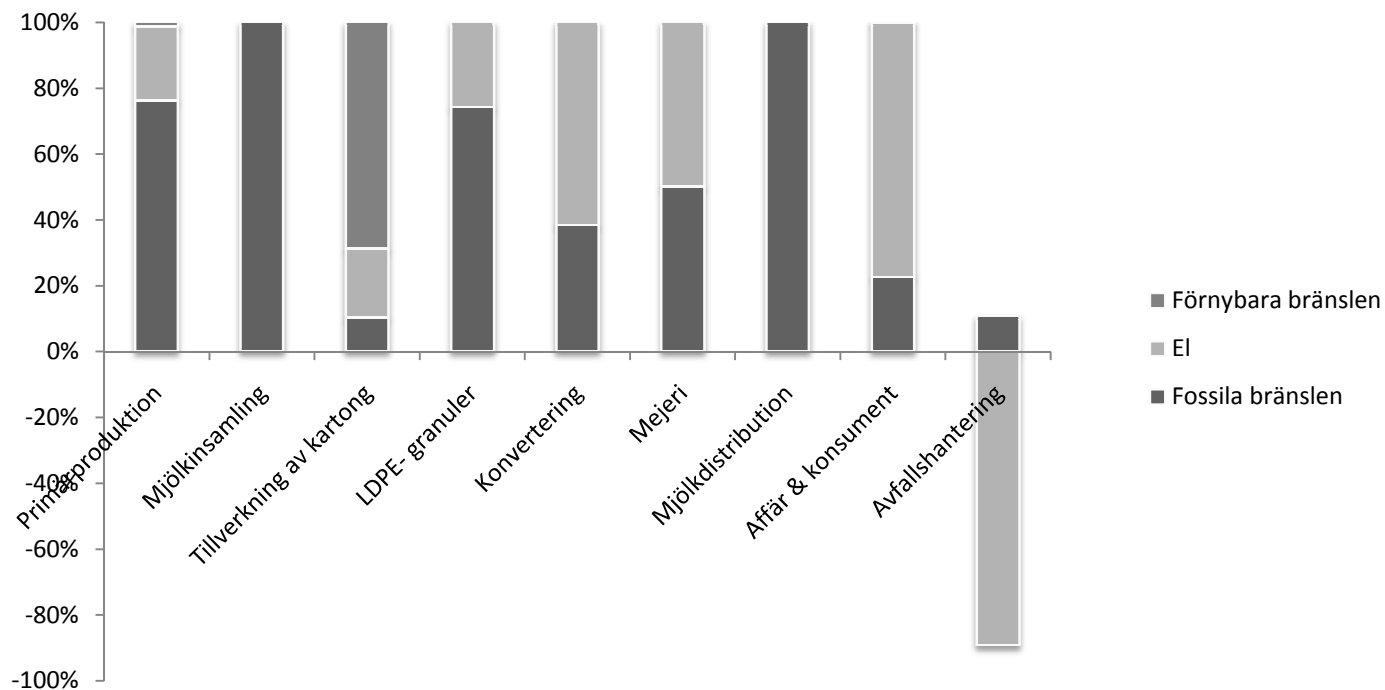
Larsson, Inger, 2008, Miljöexpert, Arla Foods, Stockholm

Williams, Helén, 2008, Universitetsadjunkt, Karlstad Universitet

APPENDIX

Tabell A. I. Den sekundära och primära energianvändningen i livsryckeln för mjölk med kartongförpackningen. För den nordiska elmixen användes en primärenergifaktor på 1,6 och för marginalet 2,74 (Andréasson, 2006)

	Sekundär energi (MJ/FU)	Primär energi med nordisk elmix (MJ/FU)	Primär energi marginal el (MJ/FU)
Primärproduktion	2,6	2,9	3,7
Mjölkinsamling	0,12	0,13	0,13
Skogsbruk	0,01	0,01	0,02
Transport av vedråvara	0,02	0,02	0,02
Kartongbruk	0,35	0,39	0,47
Transport av kartong	0,00	0,00	0,00
LDPE- granuler	0,09	0,22	0,22
Transport av kartong	0,00	0,00	0,00
Konvertering	0,04	0,06	0,09
Transport av förpackning till mejeri	0,01	0,01	0,01
Mejeri	0,70	0,92	1,3
Mjölkdistribution	0,23	0,26	0,26
Affär & konsument	0,43	0,62	1,01
Avfallshantering	-0,17	-0,07	0,03
Summa	4,4	5,5	7,3



Figur A. I. Användningen av fossila bränslen, el och förnybara bränslen i livsrytten för mjölk med kartongförpackningen.

Tabell A. II. Miljöfakta för bränslen (Uppenberg, 2001)

	Energiinnehåll (MJ/kg)	Produktion (MJ/MJ bränsle)	Klimatpåverkan, användning (g CO ₂ -ekv/MJ bränsle)	Klimatpåverkan, produktion (g CO ₂ -ekv/MJ bränsle)
Diesel	43.20	0.06	74	3.6
Bensin	43.00	0.10	80	5.4
Naturgas	52	0.01	4.6	56
Eldningsolja 1, Eo1	43	0.04	6.0	76

Tabell A. III. Miljöbelastningens känslighet för avfallshanteringen i livscykeln för mjölk med kartongförpackningen

	Dagens avfallssystem Sekundär energi (MJ/FU)	Dagens avfallssystem Klimatpåverkan (kg CO2- ekv/FU)	100 % förbränning Sekundär energi (MJ/FU)	100 % förbränning Klimatpåverkan (kg CO2- ekv/FU)	100 % återvinning Sekundär energi (MJ/FU)	100 % återvinning Klimatpåverkan (kg CO2- ekv/FU)
Primärproduktion	2,6	896	2,6	896	2,6	896
Mjölkinsamling	0,12	10	0,12	10	0,12	10
Förpackning	0,51	21	0,51	21	0,51	21
Mejeri	0,70	10	0,70	10	0,70	10
Mjöldistribution	0,23	18	0,23	18	0,23	18
Butik & konsument	0,43	23	0,43	23	0,43	23
Avfallshantering	-0,17	8,3	-0,38	10	0,11	5,7
SUMMA	4,4	986	4,2	988	4,7	983