

# Klädproduktion för svensk marknad ur ett energiperspektiv

*En komparativ studie mellan tre textila material genom  
inflenser av LCA*

---

**JEN PHAM 2015**

**MVEM12 EXAMENSARBETE FÖR MASTEREXAMEN 30 HP  
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET**







# Klädproduktion för svensk marknad ur ett energiperspektiv

En komparativ studie mellan tre textila material genom  
influenser av LCA

Jen Pham

2015



**LUNDS**  
UNIVERSITET

Jen Pham

MVEM12 Examensarbete för masterexamen 30 hp, Lunds universitet

Intern handledare: Andrius Plepys, Internationella Miljöinstitutet, Lunds universitet

Extern handledare: Anna Asplund, Företag X

CEC - Centrum för miljö- och klimatforskning

Lunds universitet

Lund 2015

# Abstract

The consumption of clothes in Sweden has dramatically increased since the beginning of the 2000s. Changing of attitudes towards clothing in society and accessible fast fashion are a few contributing factors. To minimize the environmental effects of clothes many clothing companies aim to choose sustainable textiles like recycled polyester and organic cotton. In this comparative study energy use of recycle polyester is being examined and compared with energy use of virgin polyester and organic cotton through a perspective of LCA. The results show that recycled polyester could in the future become an environmental friendly choice of textile, due to savings of resources and waste, but because of lack of reliable studies that cannot be shown today. Organic cotton uses less energy than virgin polyester during production but ends up releasing almost the same amount of carbon dioxide and also more sulphur oxide than virgin polyester. Hence the energy mix in the country of production is clearly associated to the environmental burden of clothing production for the Swedish market. The environmental impacts of freight transports of clothing to Sweden from producing countries are negligible compared to those from the production. Identified environmental impacts related to the energy use of clothes production are enhanced global warming, acidification, abiotic depletion and adverse effects on human health. This study is important in the environmental field to put emphasis on the impacts from parts of the apparel industry in an aim to mitigate environmental effects and it may also contribute to upcoming studies. Future studies address to the market of recycling polyester, textile techniques and textile materials, consumer behaviour and further cooperation between companies and academy.



# Innehållsförteckning

## **Ordlista**

### **1 Inledning 3**

*1.1 Syfte och frågeställningar 3*

*1.2 Avgränsningar 4*

### **2 Bakgrund och Teori 5**

*2.1 Klädkonsumtion i Sverige 5*

*2.2 De textila materialen 6*

*2.3 Tidigare forskning 9*

*2.4 Energimix i textil- och klädproducerande länder 10*

*2.5 Om LCA 11*

### **3 Metodbeskrivning 15**

*3.1 Val av textila material 15*

*3.2 Tillvägagångssätt med LCA-perspektiv 15*

*3.3 Datainsamling 19*

*3.4 Analys av empirisk material 20*

### **4 Resultat 21**

*4.1 Energiförbrukning vid klädproduktion samt vid distribution 21*

*4.2 Miljöpåverkan kopplade till energiförbrukning 23*

### **5 Diskussion 27**

*5.1 Problem med otillförlitlig datamängd 27*

*5.2 Transporter har liten betydelse 29*

*5.3 Miljöpåverkan och energimix 30*



*5.4 Fler perspektiv 33*

*5.5 Begränsningar med LCA 34*

*5.6 Framtida utsikter 35*

**Slutsats 37**

**Tack 39**

**Referenser 41**

**Bilaga i - Transport**

**Bilaga ii - Sökstrategi**

**Bilaga iii - Sammanställning av energi i produktionsprocess för kläder**

**Bilaga iv - Sammanställning av data för beräkning av utsläpp till luft från klädproduktion**

# Ordlista

fossila bränslen	råolja, kol och naturgas
förnybara bränslen	vindkraft, vattenkraft, solenergi och biomassa
GMO	genetisk modifierad organism
GOTS	Global Organic Textile Standard
LCA	livscykelanalys (eng. Life cycle assessment)
MJ	megajoule
kWh	kilowattimme
nm	nanometer
ICI	Imperial Chemical Industries som är ett brittiskt kemikalieföretag vars verksamhet idag är uppköpt
PET	polyetylentereftalat



# 1 Inledning

Klädkonsumtionen i Sverige har under det senaste decenniet ökat drastiskt. Trender som benämns *fast fashion* är populärt och slit-och-släng-mentalitet genomsyrar vårt samhälle vilket tär på jordens naturresurser och leder till miljöförstöring (Birtwistle & Moore, 2007; Claudio, 2007). Samtidigt blir fler konsumenter också mer miljömedvetna och deras krav har lett till att många stora klädkedjor idag producerar ekologiska och miljövänliga kollektioner i högre grad jämfört med för några år sedan (Claudio, 2007; Gam, 2011; Wong et al., 2012). Frågan är i vilken utsträckning dessa påståenden är legitima och under vilka villkor? Det är oftast svårt och oklart var ifrån klädkedjorna har fått underlag för den miljövänliga marknadsföring som förs.

Denna studie ska undersöka vad tillverkning av textilier inom klädproduktion har för miljöpåverkan och om återvunnet material är att föredra ur miljösynpunkt genom tillämpning av de principiella huvuddragen av en komparativ livscykelanalys (LCA). Resultatet kan komma att bidra med ett vetenskapligt underlag som kan möjliggöra bedömningen av vilka material som är lämpliga ur ett miljöperspektiv och som bör prioriteras framför andra, för klädproducerande företag, och med vilka förutsättningar. Klädindustrin är en stor industri som sannolikt inte kommer att minska på lång sikt då befolkningens mängden ökar och länder som uppnår välstånd influeras av västvärldens konsumtionsbeteende. Därför är det värdefullt att hjälpa och uppmuntra klädföretag som vill och arbetar för att minska deras ekologiska fotavtryck. Vidare ska denna studie helst ses som en förstudie för vidare livscykelanalyser av material eller produkt hos företag som producerar kläder inom Sverige.

## 1.1 Syfte och frågeställningar

Således ska denna studie undersöka om återvunnen polyester kan vara ett mer miljövänligt alternativ till nyproducerad polyester samt undersöka hur återvunnen polyester står sig jämfört med ekologisk bomull. Miljöaspekten som har valts är energiförbrukning vilket är en av de väsentliga resurserna som klädproduktion

kräver (Fletcher, 2014). Energiförbrukning är därtill starkt relaterat till globala klimatförändringar vilket är ett viktigt ämne på den miljövetenskapliga agendan. Nedan valda frågeställningar sätter ramen för studiens syfte och mål.

- Hur miljövänligt är återvunnen polyester inom klädproduktion jämfört med andra alternativ ur ett energiperspektiv?
- Vilken miljöpåverkan ger klädproduktion upphov till genom energiförbrukning?
- Vilket material (utav återvunnen polyester, nyproducerad polyester samt ekologisk bomull) är i rådande förhållanden bäst ur ett miljövänligt perspektiv?

## 1.2 Avgränsningar

Definitionen av miljövänlig eller snarare miljövänlighetsgrad baseras i denna studie på hur mycket energi som varje textilt material inom klädproduktion förbrukar och de miljöpåverkan som kan kopplas till materialens energiförbrukning i svensk kontext. Med svensk kontext innebär produktion av kläder för den svenska marknaden. Energifilerna för de textila materialen kommer att ge en generell bild av dagens läge och är inte specifika för någon fabrik eller produkt. Andra miljöaspekter som exempelvis vattenförbrukning och kemikalieanvändning kommer inte att behandlas i denna studie. Omfattningen av denna studie begränsas till att gälla från framställning av råmaterial till distribution av färdigt plagg vilket innebär att ett antal livscykelsteg kommer att uteslutas för de ingående textila materialen. Detta specificeras i Metodbeskrivningen. Livscykler för andra klädrelaterande produkter som exempelvis maskiner, kemikalier, knappar, plastförpackning samt blixtlås har inte inkluderats i studien. Återvunnen polyester avser polyester som är återvunnet ur förbrukade textilier och inte ur PET-flaskor. Klädproduktion innebär i denna studie endast produktion av klädesplagg och inte exempelvis skor, väskor och accessoarer.

## 2 Bakgrund och Teori

### 2.1 Klädkonsumtion i Sverige

De svenska hushållens privata klädkonsumtion har mellan åren 1999 - 2013 uppskattningsvis ökat mellan 40 - 50 procent<sup>1</sup> (Roos, 2010; Roos 2014). Nettoinflödet av kläder uppgår till närmare 15 kilo per år och person vilket motsvarar 132 000 ton för hela landet per år (Carlsson et al., 2011). Faktorer som förklarar ökningen av klädkonsumtionen är många. Bland de viktigaste faktorerna innefattar en ökad välfärd men troligtvis beror ökningen idag på att kläder relativt sett har blivit billigare samtidigt som produktionen också har blivit mer moderiktig och snabb där flertalet nya, trendiga kollektioner lanseras varje säsong (Fletcher, 2014). Begreppet *fast fashion* är idag vedertaget inom klädindustrin och har gjort det möjligt för fler, och kanske framförallt för unga människor, att hänga med i modets växlingar (Bhardwaj & Fairhurst, 2010; Byun & Sternquist, 2008; Claudio, 2007; Fletcher, 2014; Ungerth & Carlsson, 2011). Kläders betydelse för identitetsuttryck och grupptillhörighet samt media och bloggekulturens framfart är andra drivkrafter som gjort sig märkbara under klädkonsumtionens tilltagande (Holmberg & Roos, 2010; Morgan & Birtwistle, 2009; Niinimäki, 2010; Rickman & Cosenza, 2007).

Utav de 15 kilo kläder som införskaffas slänger svenska konsumenter årligen ungefär hälften (Carlsson et al., 2011). Detta medför indirekt en enorm förlust av resurser som har använts för att producera kläderna (Chapman, 2010; Ekström & Salomonson, 2012; Naturvårdsverket, 2010). Exempelvis kan vattenåtgången variera mellan 3 800 - 29 000 liter för att producera ett kilo bomull och energin som åtgår vid tillverkning av ett kilo polyester har beräknats till 109 MJ<sup>2</sup> (Chapagain et al., 2005; Cherrett et al., 2005; Fletcher 2014; Turley et al., 2010). Att producera en t-shirt kräver närmare ett kilo kemikalier och för ett par jeans behövs drygt det dubbla (Olsson et al., 2009). Merparten av kläderna som säljs i

---

<sup>1</sup> Data är överskattat då kläder och skor, i ursprungskällorna, är kategoriserade i samma grupp.

<sup>2</sup> 109 MJ motsvarar ungefär den energi som en spis förbrukar ifall den är påslagen i 43 timmar. Beräkning av författare baserad på en spis som finns ute på marknaden.

Sverige kommer dessutom från utländsk produktion varpå miljöpåverkan inte synliggörs i det egna landet (Carlsson-Kanyama & Lindén, 2006; Engvall, 2008; Naturvårdsverket, 2010). Kläder i Sverige importeras mest från Kina följt av Tyskland<sup>3</sup>, Bangladesh och Indien (Naturvårdsverket, 2010). Det finns ett fåtal mindre företag som producerar kläder i Sverige. Dock handlar det om mindre kvantiteter som inte är kommersiellt kända (Mouwitz & Svengren Holm, 2013).

Då ökad klädkonsumtion leder till konsekvenser i termer av resursåtgång och miljöbelastning i samband med kläders hela livscykel kan det vara bättre ur miljösynpunkt att köpa mindre kläder och då välja kläder av bra kvalitet, att reparera eller göra om kläder samt att återanvända kläder vilket mycket sker i relativt stor utsträckning. Däremot finns det i dagsläget ingen insamling av textilier för materialåtervinning i Sverige (Avfall Sverige, 2013; Carlsson et al., 2011; Palm, 2011; Tekie et al., 2013; Ungerth, 2011). Detta har på senare tid uppmärksammats av regeringen och Naturvårdsverket vilket under år 2013 resulterade i ett nytt etappmål om ökad förberedelse för återanvändning och materialåtervinning av textilier (Naturvårdsverket, 2013a; Naturvårdsverket, 2013b).

## 2.2 De textila materialen

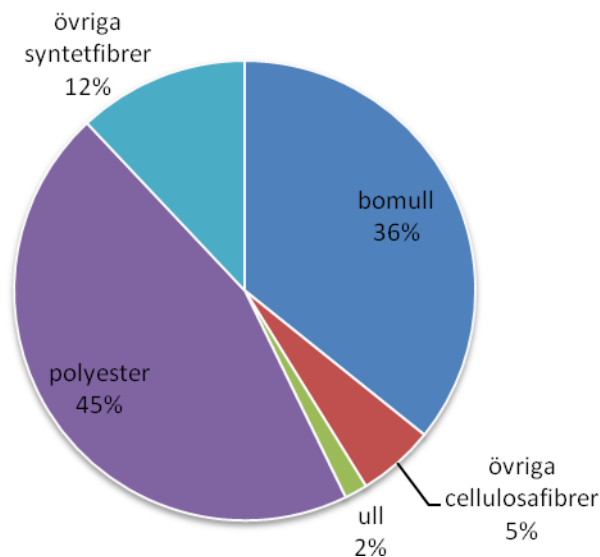
### **Polyester**

Polyesterfiber är ett syntetfiber som är tillverkat av polyesterpolymerer vilka framställts ur polymerlösning erhållen från icke förnybara petroleumresurser (Chen & Burns, 2006 i Lewin & Pearce, 1998; Furvik, 2015a). Polyester finns i många olika former vilket beror på olika molmassor men inom textilproduktion refereras termen polyester oftast till polyetylentereftalat (PET) (Hansen & Atwood, 2005; Scheirs & Long, 2005; Terselius, 2015). Polyester (hädanefter avser "polyester" det textila materialet) är mångsidigt och slitstarkt vilket har gjort det till ett av de textilfiber som produceras mest i världen (Cherrett et al., 2005; Hansen & Atwood, 2005; Furvik, 2015a). Den kommersiella tillverkningen av polyesterfiber började under 1950-talet av ICI och Du Pont och det stora genombrottet för syntetfiber kom under 1970-talet (Furvik, 2015a; Furvik, 2015b; McIntyre, 2005).

---

<sup>3</sup> Enligt Naturvårdsverket (2010) framgår inte varornas primära ursprungsland av statistiken. Om de exempelvis importeras från Kina via Tyskland registreras det som import från Tyskland.

Polyester är det mest använda syntetfibret och står för 45 procent av den årliga globala produktionsandelen av textilfibrer (Figur 1) (Chen & Burns, 2006; Engelhardt, 2010). Den globala produktionen av polyester är dominerande i Asien där Kina, som är den främsta leverantören, producerar cirka 70 procent av den polyester som finns på världsmarknaden som är avsedd för kläd- och textilproduktion (Engelhardt, 2010).



Figur 1. Global fördelning av andelen producerade textilfibrer. Diagram baserad på data från Engelhardt (2010).

Utgångskemikalien som används inom produktion av polyester för textilier är baserad på petroleum. Paraxylene erhålls genom cracking av råolja som vidare genom oxidation bildar antingen tereftalsyra (TPA) eller dimetyltereftalat (DMT). Dessa reagerar sedan med etylenglykol och bildar då monomeren bishydroxietyltereftalat (BHET) vilket därpå genom polymerisering blir till en formlös polymermassa (Cherrett et al., 2005; Fletcher, 2014). Polymermassan pressas efteråt genom fina hålöppningar (100 - 400 nm), så kallat smältspinning, och kyls direkt av för att stelna till färdiga polyesterfibrer vilka vidare kan bearbetas till garn och väv (Cherrett et al., 2005; Eriksson & Berg, 2003; Fletcher, 2014).

### Återvunnen polyester

Textilier av återvunnen polyester tillverkas av PET-flaskor och/eller textilavfall (Al-Salem et al., 2009; Hayes, 2011; Teijin, 2015a; Ungerth, 2011). Idag är tekniken relativt dyr (Ungerth & Carlsson, 2011). Det finns ett antal företag som använder material av återvunna PET-flaskor och textilavfall till produktion av nya kläder bland annat Patagonia och Houdini (Avfall Sverige, 2013; Houdini, 2015; Hayes, 2011; Klättermusen, 2015; Patagonia, 2015; Robbins et al., 2015). Flera av dessa samarbetar med det japanska företaget Teijin, som idag är världsledande



inom polyesteråtervinning, genom medverkan i Teijins återvinningssystem ECO CIRCLE™ för polyester som de producerar och säljer. Utöver ECO CIRCLE™ tillverkar företaget även återvunnen polyester ur plastflaskor (Teijin, 2015a). Teijin har runt 150 samarbetspartners varav några är företag från Sverige (Teijin, 2015b; Tojo et al., 2012). Dessa samlar in uttjänta plagg som deras kunder lämnar in i fysisk butik och plaggen skickas sedan till Teijin för återvinning vilket resulterar i ett så kallat *closed-loop system* (Morley et al., 2009; Teijin, 2015b). Polyesterplaggen raffinerar sedan på kemisk väg i ECO CIRCLE™ och bildar råmaterial, DMT, som sedan kan reformeras till nya polyestertextilier och plagg (Lu & Hamouda, 2014; Teijin, 2015b). Förutom kemiska återvinningsprocesser finns även mekaniska att tillgå för polyester (Avfall Sverige, 2013). I mekaniska återvinningsprocesser klipps, rivs och kardas textilfibrerna till en jämn gångbar fibermassa (BIR, 2015). Till mekanisk återvinning räknas också nedsmältning av polyester, med hjälp av värme, som sedan kan användas för tillverkning av nya polyestermaterial (Avfall Sverige, 2013; Carlsson et al., 2011). Som tidigare nämnt finns idag ingen återvinning av polyestermaterial i Sverige.

## **Ekologisk bomull**

Bomull har använts i flera årtusenden på grund av god slitstyrka och attraktiva bruksegenskaper (Furuviik, 2015c; Furuviik & Hysing, 2015). Idag utgör bomull 36 procent av den årliga globala produktionen av textilfibrer och är det vanligaste materialet efter polyester (Figur 1) (Engelhardt, 2010; Fletcher, 2014). Vilken typ av bomull som odlas och de lokala mark- och klimatförhållandena är de viktigaste faktorerna som styr valet av odling och bearbetningsmetoder vilket i sin tur påverkar bomullens ekologiska fotavtryck (Cherrett et al., 2005). Konventionell bomull leder ofta till negativa konsekvenser för människors hälsa, vattenkvalitet, markkvalitet och biodiversitet kring odlingarnas omgivning (Gam et al., 2010; Mancini et al., 2008). Detta har bidragit till ökad produktion och efterfrågan på ekologisk bomull (Ferrigno, 2007; Textile Exchange, 2014) som innebär att bomullen odlas helt utan bruk av kemikalier, i form av pesticider och konstgödsel, eller att en viss grad av vissa kemikalier är tillåtna (Kalliala & Nousiainen, 1999; Fletcher, 2014; Plepys, pers. komm., 2015; Rieple & Singh, 2010). GMO-bomull är likaså inte tillåtet i ett ekologisk system (Cherrett et al., 2005). Endast runt en procent av världens bomullsproduktion är ekologisk (Engelhardt, 2010; Fletcher, 2014; Furuviik & Hysing, 2015). De största producenterna av ekologisk bomull är Indien, Kina, Turkiet, Tanzania och USA (Textile Exchange, 2014). Trots god tillväxt av andel inom klädsektorn står ekologisk bomull för blott 0,1 procent av den globala klädmarknaden (Rieple & Singh, 2010). Det kan beror på att priset på ekologisk bomull är dyrare än konventionell bomull, eftersom prissättningen speglar en högre kostnad i produktionsledet, samt att avkastningen från skördarna

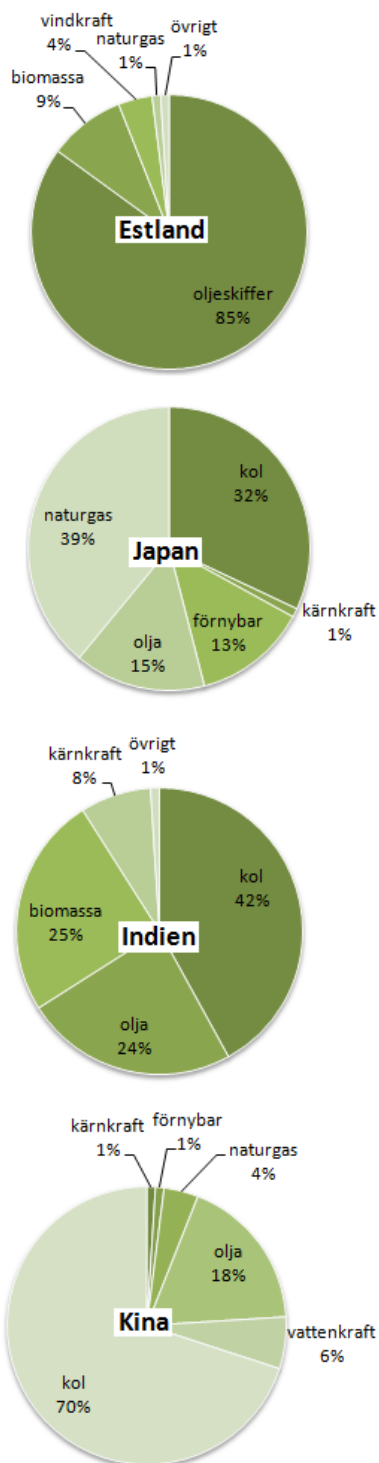
är 20 - 50 procent lägre jämfört med konventionell bomull (Cherrett et al., 2005 i Boon, 1999).

Efter odling och skörd rensas bomullen från frö och grenar innan den rena bomullen balas. Vid textilfabrikerna kardas och kmmas bomullen vilket bidrar till att fibrerna rengörs ytterligare samtidigt som de vrids och dras för att åstadkomma ett jämnt och likformigt första garn. Därefter, vid spinningprocessen, tvinnas bomullen till finare garn som sedan kan användas till textilier och kläder (Cherrett et al., 2005).

## 2.3 Tidigare forskning

Det finns inga tidigare tillförlitliga studier eller LCA:er som beskriver återvunnen polyester eller jämför återvunnen polyester med andra textila material, i form av plagg, material eller produktionsprocess ur ett energiperspektiv (Beton et al., 2014; Madsen et al., 2007). Rapporter med jämförelser av energiförbrukning mellan återvunnen polyester och nyproducerad polyester finns men bör läsas kritiskt då de kan vara sponsrade av företag i syfte att framhäva en produkt eller för att sätta en annans produkt i sämre ljus (Fletcher, 2014). Jämförelser mellan ekologisk bomull och andra textila material är också förhållandevis få (Madsen et al., 2007). Ekologisk bomull jämförs desto mer med konventionell bomull men då studeras främst pesticid- och kemikalieanvändningen. Emellertid är komparativa studier eller LCA:er mellan polyester och bomull, eller generellt mellan syntet- och naturfiber, relativt vanliga där granskningen berör alltifrån resurser som förbrukas (energi, vatten, kemikalier och mark), avfall och utsläpp som produceras (till luft, mark och vatten) samt sociala aspekter (Blackburn, 2009; Fletcher, 2014; Kalliala & Nousiainen, 1999; Madsen et al., 2007; Shen & Patel, 2010; Turley et al., 2010). Det finns även många jämförelser som är rapporter eller onlinedokument som kan hittas via marknadsavdelningar eller media och som inte är förhandskontrollerad vetenskaplig litteratur (van der Velden et al., 2014).

Det är allmänt känt att nyproducerad polyester är ett av de mest energiintensiva textila materialen att tillverka (Beton et al., 2014; Cherrett et al., 2005; Fletcher, 2014). Turley et al. (2010) framhåller att den höga energiförbrukningen vidare resulterar i mycket höga utsläppshalter av växthusgaser. Samma studie skriver också att syntetfiber generellt har hög energiförbrukning vid råmaterial- och fiberframställning medan naturfiber istället har hög energiförbrukning vid våtprocesserna (Turley et al. 2010). Vad gäller ekologisk bomull menar Turley et al. (2010) att denna kan ha lägre energiförbrukning jämfört med konventionell bomull på grund av lägre kemikalieanvändning. I Cherrett et al. (2005) jämfördes energiförbrukning av



kläder gjorda av ekologisk bomull med ett antal andra textila material däribland nyproducerad polyester. I den studien fann man att ekologisk bomull förbrukade ungefär sju gånger mindre energi än vad nyproducerad polyester gjorde och att koldioxidutsläpp generellt ökade proportionellt med mängden förbrukad energi (Cherrett et al., 2005).

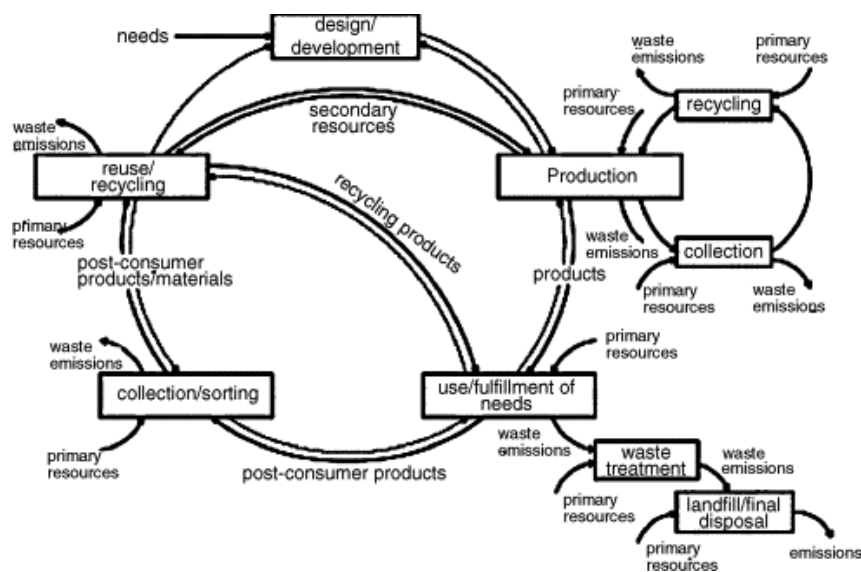
## 2.4 Energimix i textil- och klädproducerande länder

Koldioxidutsläpp är direkt kopplat till energianvändning samt energimixen i ett givet land. Indien, Estland, Kina och Japan är de länder vars klädproduktion är relevant för denna studies värdekedja och vilken energimix dessa länder innehar är därför av intresse (avsnitt 3.2). Indiens energimix för produktion av elektricitet består främst av kol (42 procent) följt av biomassa (25 procent) och olja (24 procent). Övriga energikällor är kärnkraft och annan energikälla (9 procent) (Ahn & Graczyk, 2012). Oljeskiffer (85 procent) är den mest dominerande energikällan i Estland. En mindre andel av energimixen i Estland består av biomassa (9 procent), vindkraft (4 procent), naturgas (1 procent) och annan energikälla (1 procent) (IEA, 2013a). I Japan står naturgas (39 procent) och kol (32 procent) för ungefär två tredjedelar av energiförsörjningen. Resterande energikällor är olja (15 procent), förnybart (13 procent) och kärnkraft (1 procent) (IEA, 2014). Kinas energiförsörjning kommer främst från kolbaserade källor (70 procent) och en mindre andel kommer från olja (18 procent). Övriga energikällor är en blandning av vattenkraft (6 procent), naturgas (4 procent), kärnkraft (1 procent) och förnybart (1 procent) (Figur 2) (EIA, 2014).

Figur 2. Energimix beskrivet för Estland, Japan, Indien och Kina som producerar kläder för svenska konsumenter. Dessa länder är utvalda utifrån studien innehåll och syfte. Energislagen för produktion av elektricitet är redovisat i procent för varje land. Illustrationen är baserad på Ahn & Gracyk, 2012; IEA, 2013a; IEA, 2014 och EIA, 2014.

## 2.5 Om LCA

LCA är en kvantitativ metod för att bedöma och redovisa miljöpåverkan som uppkommer från produkter, system eller tjänster. Metoden kartlägger och analyserar resursflöden och miljöpåverkan genom hela livscykeln för produkten i fråga, därmed alla steg från utvinning av råvara till omhändertagandet av produkten som avfall, det vill säga "från vaggan till graven" (Figur 3) (Baumann & Tillman, 2004). Även produktens eventuella biprodukter samt bakgrundssystem kan inkluderas i en LCA (Plepys, pers. komm., 2015). Vanligtvis används LCA:er till exempelvis beslutsunderlag, marknadsföring och produktutveckling och de är således utformade på många olika sätt vilket beror på syftet och vad man vill uppnå. Styrkan med att utföra denna studie baserad på livscykelperspektiv är att LCA tar sig an helheten hos en produkt på ett systematiskt sätt vilket kan underlätta en komparativ undersökning mellan flera produkter (Baumann & Tillman, 2004). Metoden kan även identifiera faser/steg som ger signifikant miljöpåverkan (IEI, 2015). Generella nackdelar med LCA är att metoden är dyr, komplex och tidskrävande samt att metodvalen kan vara subjektiva på grund av brist på tillgänglig data eller dålig datakvalitet där teoretiska beräkningar och uppskattningar måste tillämpas (Plepys, pers. komm.,



Figur 3. Principell modell av en produkts livscykel. Produkten efterfrågas och sätts i produktion. Efter en tids användning kan produkten antingen hamna i soptunnan eller återanvändas. I modellen syns även primära och sekundära resursflöden, emissioner samt avfallsflöden kopplade till produktens olika livsfaser. Bildkälla: Rebitzer et al., 2004.

2015). LCA ger således en mycket förenklad modell av en komplicerad verklighet och kan dessutom inte identifiera nya miljöproblem (IEI, 2015).

I utförandet av en LCA är det första grundläggande steget att *definiera mål och omfattningen* för studiens syfte. I detta ingår bland annat att bestämma vilka systemgränser som gäller (Baumann & Tillman, 2004). För LCA finns det fyra typer av avgränsningar; livscykeln, geografiska, tidsmässiga samt natursystem (Plepys, pers. komm., 2015). Därtill definieras vilka resursflöden som ska ingå (exempelvis energi, vatten, luftutsläpp eller avfall), vilken funktionell enhet som ska användas (exempelvis per använd dag av en produkt) och hur resultatet ska redovisas och kommuniceras. Nästa steg blir att göra en *livscykelinventering* där en modell av produktens livscykel görs för att sedan kunna identifiera och kvantifiera resursflöden (Baumann & Tillman, 2004). Flödesscheman är i detta steg väldigt användbart och överskådligt. Data för inventering och kvantifiering kan inhämtas genom databaser, företag, statistik, rapporter, genomförda LCA:er, universitet, litteratur, samt genom uppskattning och antaganden (IEI, 2015). Vidare görs en *miljöpåverkansbedömning* vilket beskriver hur produktens miljöeffekter påverkar miljön där resurser och utsläpp relateras till diverse miljöproblem (Baumann & Tillman, 2004). Detta steg kan delas in i faserna klassificering, karakterisering samt viktning. Under klassificeringen grupperas systemets olika in- och utflöden i olika så kallade påverkanskategorier i miljön som exempelvis växthuseffekt eller vattenkvalitet. Sedan, i karakteriseringen, beräknas de relativa bidragen för olika in- eller utflöden på en påverkanskategori, exempelvis "Hur många koldioxidekvivalenter motsvarar X kilo metangas?". Vidare sker en viktning, en så kallad "poängsättning" eller värdering av påverkan, där alla resultat räknas om till ett värde som genom olika viktningssmetoder reflekterar exempelvis politiska mål, betalningsvilja, skyddsgrad av objekt eller expertbedömningar och således kan ge olika slutresultat vilket är en av de främsta nackdelarna med viktning som i övrigt är lätt att förstå och genomföra (Baumann & Tillman, 2004; IEI, 2015).

Allokering är ett viktigt begrepp inom arbetet med LCA vilket betyder fördelning av miljöbelastning i ett givet system (Erlandsson et al., 2014; Plepys, pers. komm., 2015). Om man exempelvis under tillverkningen av produkt X genererar biprodukter och dessa kan bilda en ny produkt Y blir frågan då "Hur stor andel av de totala emissionerna från systemet ska produkt Y få?" (Plepys, pers. komm., 2015). Ytterligare viktiga koncept är att det finns två typer eller systemsyner av LCA: bokförings-LCA samt konsekvens-LCA (Erlandsson et al., 2014; Plepys, pers. komm., 2015). Bokförings-LCA syftar till att kartlägga den miljöbelastning som direkt kan kopplas till en produkt. Ambitionen är att den beräknade miljöbelastningen från produkten är vad produkten faktiskt bidrar till i en hundra procentig miljöpåverkanspott som alla världens produkter bidrar till (Erlandsson et al., 2014). Systemfaktorer som exempelvis efterfrågan, pris, råvarutillgång etcetera antas vara oförändliga (Plepys, pers. komm., 2015). Ett

problem som kan uppstå i praktiken vid tillämpning av bokförings-LCA är att en stor andel av miljöbelastningen allokeras på huvudprodukten och inte på eventuella biprodukter och ger således en överskattning av miljöbelastning för produkten i fråga (Erlandsson et al., 2014; Plepys, pers. komm., 2015).

I en konsekvens-LCA omfattas inte bara ett produktsystem utan den analyserar även relaterade förändringar i omvärlden samt relaterade sekundära system och därmed bidragande indirekta effekter. Konsekvens-LCA kan anta marginalperspektivet, där resultatet beror på förändring i det givna produktsystemet med de förutsättningar som har ställts upp, eller också beskriva ett hypotetisk antagande, ett så kallat *What if*-scenario (Erlandsson et al., 2014). Att använda marginaldata kan därför vara relevant för att kunna approximera margineffekter ur förändringar i en konsekvens-LCA. Exempel på marginaldata är förändrad energimix andel, på grund av ökad produktionsvolym av något, där denna kan resultera i väsentlig skillnad på miljöbelastning jämfört med genomsnittlig energiproduktion. Marginaldata för energi i Sverige antas ofta vara importerad dansk kolkraft medan den genomsnittliga energin för Sverige består av främst vatten- och kärnkraft (Plepys, pers. komm., 2015).

LCA är sammantaget en användbar metod som kan tillämpas för många olika syften. Dock är LCA inget entydigt verktyg eftersom metodval och avgränsningar påverkar resultatet och därför är det viktigt att jobba med LCA enligt standardiserade former (Erlandsson et al., 2014; IEI, 2015).



## 3 Metodbeskrivning

Studien är utförd som en fallstudie vilket bedöms vara en lämplig metod med avseende på tidsrum samt för att uppnå syftet med studien (Plepys, pers. komm., 2015). Eftersom det är en fallstudie kan det vara svårt att generalisera resultatet på grund av de närmare detaljerna för fallet (produktionsland, energikällor, distributionskanaler etcetera) men samtidigt kan detta fall representera klädsektorn som ett "typiskt" fall eftersom studiens antaganden grundar sig i det mest sannolika scenarierna för ett företag i Sverige. Därför kan resultatet appliceras på andra svenska företag som vill använda återvunnen polyester, nyproducerad polyester och ekologisk bomull.

### 3.1 Val av textila material

Företag X, som är ett företag i Sverige med fokus på yogakläder, efterfrågade en jämförelse mellan återvunnen polyester, nyproducerad polyester samt ekologisk bomull. Företaget har funderingar kring ifall de i närmaste den framtiden ska börja med att tillverka kläder av återvunnen polyester (Asplund, pers. komm., 2015). Valet av material motiveras även av att polyester och bomull är de två mest använda fibrerna inom klädproduktion och vars kvantitet även prognostiserats till att förbli dominerande inom överskådlig framtid inom den globala textilmarknaden (Engelhardt, 2010; Fletcher, 2014; Turley et al., 2010). Att studera dessa två material är således ett viktigt steg i arbetet med att minska miljö- samt klimatpåverkan från klädindustrin. Polyester är, som tidigare nämnt, även allmänt känt som ett energiintensivt material att producera och som därtill kräver fossilt råmaterial. Därför är det intressant att studera ifall återvunnen polyester förbrukar mindre energi eftersom det kan finnas en miljövinst med återvunna produkter.

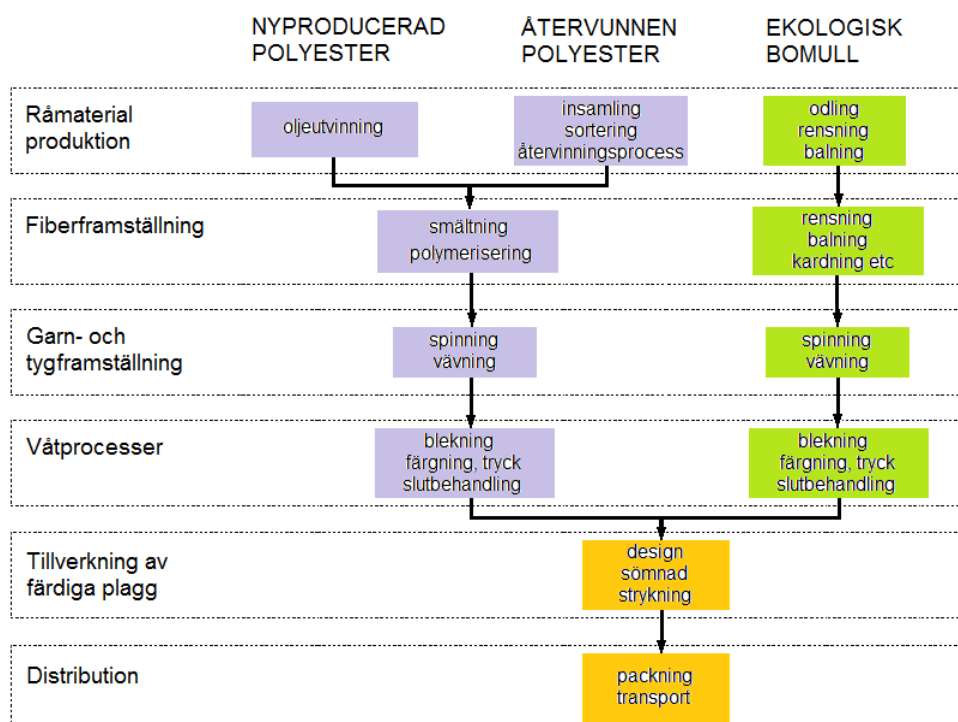
### 3.2 Tillvägagångssätt med LCA-perspektiv



För att uppnå syftet med studien, och för att kunna besvara frågeställningarna (avsnitt 1.1) har den totala energiförbrukningen för nyproducerad polyester, återvunnen polyester och ekologisk bomull i varje processteg kvantifieras. Kvantifieringen började först med en inventering av livscykeln för alla tre material. Vidare har ett antal scenarier av möjliga materialval och produktionsplats för företaget utformats vilka ligger till grund för resultat och diskussion. I princip nästan alla beräkningar och sammanställningar har gjorts med kalkylprogrammet Microsoft® Excel. Beräkningar som var anknutna till transporter har genomförts med programmet NTM Calc som är anpassat för transportberäkningar (delavsnitt i 3.2 nedan, Scenarier och antaganden).

## Livscykelinventering

Följande livscykelsteg har identifierats hos kläder tillverkade utav något av de tre textila materialen; råmaterial produktion, fiberframställning, garn- och tygframställning, våtprocesser, tillverkning av färdiga plagg, distribution, användning samt avfallshantering. Dessa har förekommit i ett flertal studier och rapporter som har utfört LCA:er på kläder eller textilier. Dock utesluts stegen användning och avfallshantering eftersom de stegen ligger utanför Företag X:s fokus och därmed utanför ramen för denna studie (Figur 4).



Figur 4. Flödesschema av studiens inkluderande livscykelsteg samt de ingående processerna, från råmaterialproduktion till distribution, hos kläder tillverkade av nyproducerad polyester, återvunnen polyester samt ekologisk bomull. Illustrationen är baserad på Beton et al., 2014; Chapman, 2010; Cherrett et al., 2005; Collins & Aumônier, 2002; Fletcher, 2014; Kalliala & Nousiainen, 1999; Olsson et al., 2009; Roos & Posner, 2011; Turley et al., 2010 och Woolridge et al., 2006.

Vidare är det mycket tidskrävande att kartlägga konsumenters tvätt- och avyttringsvanor för olika klädesplagg eftersom detta är fallspecifikt och specifikt för det land där produkten används då länder kan ha olika infrastruktur för vattenförsörjning, avfallssystem, värmesystem, olika modeller av tvätt- och torkmaskiner samt energikällor och sammansättning (Plepys, pers. komm., 2015). Energiförbrukningen under användningsfasen för olika klädesplagg har beskrivits som snarlika i en studie av van der Velden et al. (2014).

De två första livscykelstegen som gäller produktion av råmaterial och fiberframställning är väsentligt olika för de tre materialen. Fiber av nyproducerad polyester återfås, genom oljeutvinning, på kemisk väg. Fiber av återvunnen polyester fås genom att först samla in uttjänta polyesterplagg som sedan omarbetas kemisk eller mekanisk medan ekologisk bomullsfiber fås från odling. Övriga steg, från och med framställning av garn och tyg, är principiellt lika inom textil- och klädproduktion för de flesta material (Fletcher, 2014) (Figur 4). Förenklat är principerna för att tillverka kläder först att bilda garn. Av garnet vävs ett tyg som man sedan färgar och behandlar för att få önskade egenskaper. Vidare klippes och sys tyget efter önskad design till ett färdigt klädesplagg (Figur 4).

## **Scenarier och antaganden**

Utifrån befintligt bakgrundsunderlag (avsnitt 2.2) har följande förenklade scenarier för hur Företag X eller andra företag i Sverige sannolikt kan komma att använda sig utav nyproducerad polyester eller återvunnen polyester med de premisser som idag föreligger för den svenska klädmarknaden (Tabell 1). Antagandena är gjorda för att på ett så aktuellt sätt som möjligt beskriva hur klädströmmen kan komma att se ut eftersom att detaljerad statistik kring Sveriges klädimport är otillräcklig. Kläder av nyproducerad polyester antas komma från Kina då större delen av polyesterproduktion sker i Kina och Sverige importerar även en stor andel av kläder från Kina. Många företag som tillverkar kläder av återvunnen polyester använder återvunnen polyester från företaget Teijin i Japan och produktion av kläder från återvunnen polyester antas därför komma därifrån. Återvinningen av polyester antas ske genom Teijins kemiska process. Produktion av plagg tillverkade av ekologisk bomull är baserad på hur Företag X går tillväga idag. Kläderna tillverkas av en ekologisk bomull som odlas i Indien och som vidare fraktas till Estland där vävning till tyg, våtprocesser samt sömnad till färdigt klädesplagg sker (Asplund, pers. komm., 2015) (Tabell 1). Informationen i tabell 1 uppger endast produktionsplatsen som en uppskattning av miljömässig betydelse och inte valet av teknik i ett visst land.

Tabell 1. Sannolika scenarier av material- och klädproduktion för företag i Sverige, däribland Företag X. Scenariot med ekologisk bomull är förverkligat hos Företag X.

SCENARIO	INNEBÖRD
<i>Nyproducerad polyester</i>	Produktion, bearbetning till fiber och väv i Kina. Färgning och konfektion i Kina. Distribution till Sverige.
<i>Återvunnen polyester</i>	Insamling, sortering, kemisk återvinning - produktion av råmaterial (DMT), bearbetning till fiber och väv i Japan. Färgning och konfektion i Japan. Distribution till Sverige.
<i>Ekologisk bomull</i>	Odling och fiberframställning i Indien. Inköp av råvara för produktion och bearbetning till väv i Estland. Färgning och konfektion i Estland. Distribution till Sverige.

Transporterna är grovt beskrivna och avgränsas endast till att redogöra för distribution av kläderna till Sverige och skildrar därmed inte kundernas transporter vid inköpstillsfälle, posttransporter eller transporter som sker inom klädernas produktionskedja inom produktionslandet. Data och information kring privata kundtransporter, postleveranser samt transporter inom produktionskedjor för respektive material bedöms som alltför tidskrävande att kartlägga. Distribution av kläder till Sverige antas ske med lastfartyg från Japan, Kina samt från Indien via Estland eftersom det är det vanligaste sättet för transport av kläder från Asien till Europa (Beton et al., 2014). Exakt färdrutt har inte hittats för distributionssträckorna från de ingående länderna och dessa har därför approximerats hypotetisk genom NTM Calc vilket är ett program där transportssträckor samt transporters miljöpåverkan kan beräknas och som tillhandahålls av Network for Transport Measures (NTM, 2015). NTM Calc angav förinställda parametrar som är typiska för lastfartyg som kör mellan kontinenter såsom vikt av fartyg, fyllnadsgrad samt lastvikt (Bilaga i). Energi för transport definieras som den energi som åtgår vid bränsleförbrukning.

Total energiförbrukning har kvantifieras med utgångspunkt från dessa uppförda scenarier och dess medförande transporter. Energiförbrukning för vissa livscykelsteg saknades emellertid helt för kläder av återvunnen polyester och därför har dessa steg uppskattats genom ersättning med energi från samma steg ur produktion av kläder utav nyproducerad polyester. Saknade livscykelsteg hos kläder av ekologisk bomull ersattes med energidata från samma steg ur produktion av kläder tillverkade utav konventionell bomull. De livscykelsteg som saknades för både kläder av återvunnen polyester samt för kläder av ekologisk bomull var fiberframställning till och med tillverkning av färdiga plagg. Ersättning av energidata på detta vis borde inte påverka resultatet nämnvärt då återvunnen polyester och ekologisk bomull av allt att döma behandlas på ett liknande sätt som deras motparter i de saknade livscykelstegen.

Energikällor som bidrog med mindre än en procent till ländernas energiförsörjning räknades inte med vid beräkningarna för koldioxidutsläpp och andra utsläpp eftersom påverkan från dessa källor kan anses vara försumbara.

### 3.3 Datainsamling

Inventering, uppbyggnad av scenarier och kvantifiering av energiförbrukning hos de ingående materialen är baserad på data från vetenskapliga artiklar, LCA:er samt rapporter, som har genererats ur litteratursökning (Bilaga ii). Strategin för litteratursökningen har också varit att läsa i diverse referenslistor för ytterligare data. Mejlkonversationer har genomförts som komplement till litteratursökningen. Bakgrunds innehåll, teori samt övriga resultat i studien har på samma sätt erhållits från ovan beskriven metod samt från böcker.

#### Urval av data

Litteratur för kvantifiering av energiförbrukning måste ha redovisat data kring energiförbrukning för något av de tre materialen, nyproducerad polyester, återvunnen polyester samt ekologisk bomull, och kunna allokeras till något av de ovannämnda livscykelsstegen och scenarierna (Figur 4 och Tabell 1). Endast studier eller rapporter som behandlar textilier eller kläder har valts ut vilket innebär att de som handlade om PET för flasktillverkning eller återvinning av plastflaskor för att tillverka polyester har valts bort trots att de har redovisat energiförbrukning för tillverkning av PET. Detta kriterium bestämdes eftersom det var oklart om PET för kläder och plast innehåller samma egenskaper. Ett annat viktigt urvalskriterium var att den underliggande referensen till redovisad data var spårbar och tillförlitlig. Data från studier av vilka referenser för de uppgifter som används för beräkningarna inte kunde spåras eller inte hade en tydlig metod avvisades. Undantag fick göras för data kring återvunnen polyester då studier med återvunnen polyester och dess energiförbrukning var alltför få. Data kring energiförbrukning har varit av den sort som går att räkna om till eller uttryckas som energiförbrukning av ett kilo material eller kläder i enheten megajoule per kilogram (MJ/kg) för att rättvist kunna jämföra mellan de olika materialen (Baumann & Tillman, 2004). Energiförbrukning av textilier och klädproduktion benämndes olika i olika studier och rapporter (*primary energy / total consumed energy / cumulative energy demand*) men samtliga data som har valts ut syftar på extraherad energi med något undantag där termen energi inte har definierats men vars data ändå har varit av samma storleksordning som övriga utvald data. Extraherad energi definieras som summan av elektrisk processenergi,

värmeenergi samt fossil energi till materialet (Collins & Aumônier, 2002; van der Velden et al., 2014). Medelvärden eller direkt angivna värden har använts. Ingen åtskiljning på direkt eller indirekt energi och ingen uppdelning av elektrisk energi och värmeenergi till processerna har utförts eftersom informationen för detta var inkonsekventa för studierna eller saknades. Därför har all energi antagits vara elektrisk för produktionsprocesserna.

Studier och rapporter som beskrev miljöpåverkan kopplade till energiförbrukning valdes också ut för analys men miljöpåverkan och dess konsekvenser hittades huvudsakligen i böcker. Data på gasutsläpp till luft ska ha redovisats i gram eller kilogram gas per kilogram kläder (g gas/kg kläder eller kg gas/kg kläder).

Alltför gammal data från innan år 2000 sorterades bort med något undantag för att få bort eventuellt oaktuell information (Bilaga *iii*).

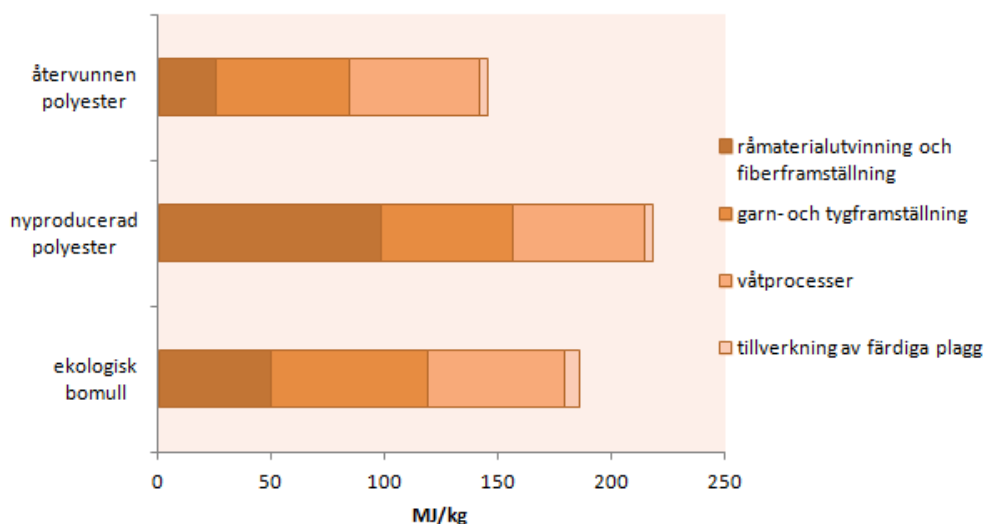
### 3.4 Analys av empirisk material

Studien är komparativ där energiförbrukningen har jämförts mellan de tre textila materialen nyproducerad polyester, återvunnen polyester samt ekologisk bomull. Analysen behandlar energiförbrukningen i produktionsprocessen för de ingående materialen ur ett LCA-perspektiv. Vidare har en analys av miljöpåverkan kopplade till energiförbrukning gjorts genom att studera direkta miljöpåverkan från produktionsprocessen samt betydande indirekta miljöpåverkan från energimixen som används i tillverkningsländerna Kina, Japan, Indien och Estland, främst utsläpp av gaser till luft (Bilaga *iv*). Även transportsträckorna och energin som krävs vid bränsleförbrukning har studerats. Resultatet ska i sin helhet reflektera en generell bild av hur klädproduktionen med största sannolikhet ser ut idag i svensk kontext.

## 4 Resultat

### 4.1 Energiförbrukning vid klädproduktion samt vid distribution

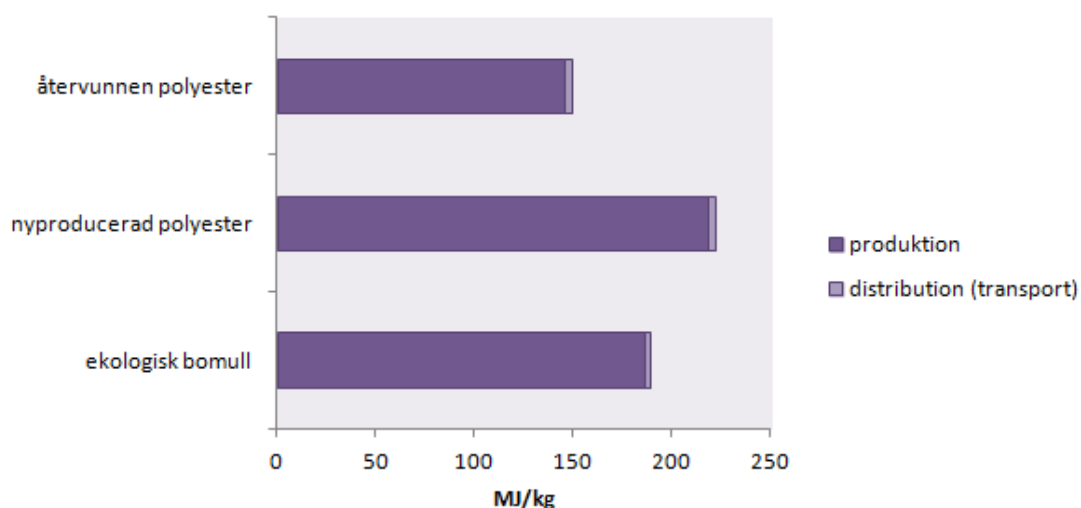
Kläder tillverkade av återvunnen polyester förbrukar minst energi (145,7 MJ/kg) i sin produktionsprocess jämfört med kläder tillverkade av nyproducerad polyester eller kläder av ekologisk bomull. Detta beror främst på energin som åtgår vid råmaterialutvinning och fiberframställning där återvunnen polyester kräver ungefär en fjärdedel av den energin som behövs för att producera nya polyesterfiber från grunden. Kläder av nyproducerad polyester fordrar mest energi vid produktion (218,5 MJ/kg) där energiåtgången vid råmaterialutvinning och fiberframställning dominerar och upptar mer än en tredjedel av den totala energiåtgången för hela produktionsprocessen. Näst mest energi går åt vid produktionen av kläder tillverkade av ekologisk bomull (186,2 MJ/kg). Kläder av ekologisk bomull förbrukar något mer energi än polyesterbaserade kläder i produktionsstegen garn- och tygframställning, våtprocesser och tillverkning av färdiga plagg (Figur 5).



Figur 5. Total energiförbrukning (MJ/kg kläder) vid produktionsprocess (från råmaterialutvinning och fiberframställning till tillverkningen av färdiga plagg) av kläder tillverkade av återvunnen polyester, nyproducerad polyester eller ekologisk bomull som finns på den svenska marknaden.

Energin för att tillverka de polyesterbaserade plaggen går i första hand till insamling och sortering av uttjänta plagg eller till utvinning av råolja för att sedan gå till bildning av råmaterial till spunna polyesterfiber. För bomullsbaseade kläder åtgår energi vid odling (maskiner på fält, gödsling etcetera), vattning, plockning, balning och rengöring av bomullen (Cherrett et al., 2005; Fletcher, 2014; Roos & Posner, 2011). Sedan krävs det energi, för både syntet- och naturfiber, för att framställa garn och tyg, för färgning och behandling av tyg samt för att designa och färdigställa klädesplaggen (Figur 4).

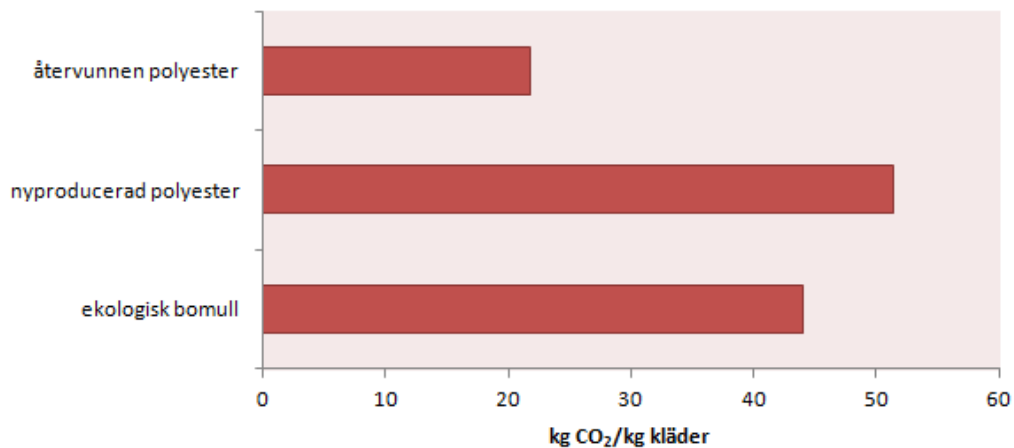
Andelen energi som är relaterad till bränsleförbrukning vid transport av ett kilo kläder med lastfartyg är mycket liten jämfört med andelen energi som går åt vid själva klädproduktionsprocessen (Figur 6). Att frakta kläder av återvunnen polyester från Japan förbrukar mest energi (4,3 MJ/kg). Kläder av nyproducerad polyester från Kina förbrukar näst mest energi (4,1 MJ/kg) och lägst energiförbrukning vid distribution har kläder av ekologisk bomull från Indien via Estland (3,5 MJ/kg). Förhållandet mellan energiförbrukning vid produktion och transport är 34:1 för återvunnen polyester samt 53:1 för nyproducerad polyester och ekologisk bomull.



Figur 6. Total energiförbrukning (MJ/kg kläder) vid produktion och distribution av kläder tillverkade av återvunnen polyester, nyproducerad polyester eller ekologisk bomull till Sverige genom transport med lastfartyg från produktionsländerna Japan, Kina samt från Indien via Estland.

## 4.2 Miljöpåverkan kopplad till energiförbrukning

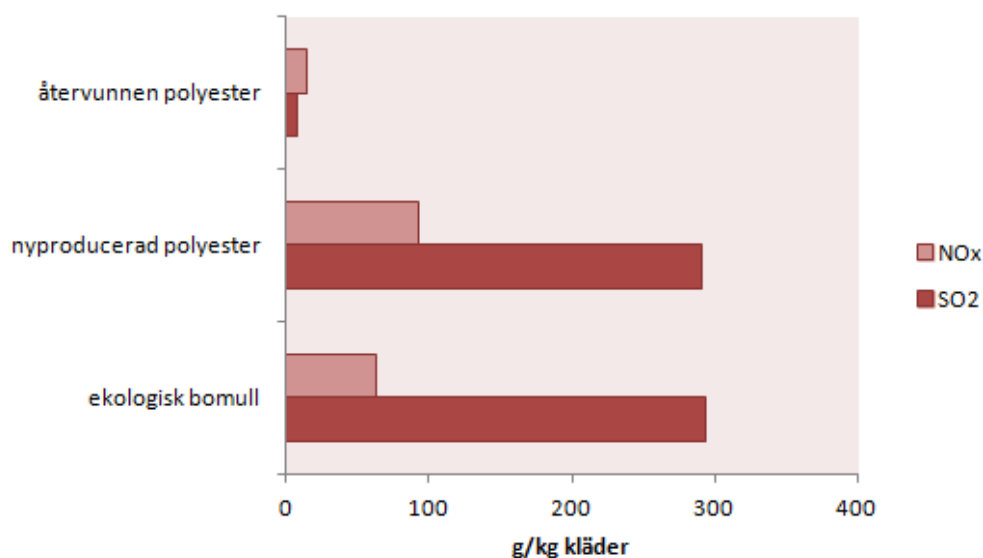
Koldioxidgenerering och utsläpp till luft är kopplat till energianvändningen av klädproduktion. Beroende på om den nationella energi- och elförsörjning är baserad på kol och andra fossila resurser, vatten- eller kärnkraft, eller förnybart leder det följaktligen till att jämförbara processer kan ge upphov till olika koldioxidutsläpp som beror på produktionsplatsen. Kläder tillverkade av återvunnen polyester orsakar minst koldioxidutsläpp per kilo kläder (21,8 kg CO<sub>2</sub>/kg kläder). Mest koldioxidutsläpp ger produktionen av kläder tillverkade av nyproducerad polyester (51,5 kg CO<sub>2</sub>/kg kläder) följt av kläder tillverkade av ekologisk bomull (44 kg CO<sub>2</sub>/kg kläder) (Figur 7). Koldioxid är en växthusgas som bidrar till global uppvärmning vilket kan resultera i en förstärkt växthuseffekt och klimatförändringar tillsammans med andra växthusgaser såsom exempelvis vattenånga, metan och dikväveoxid. Konsekvenser av en förstärkt växthuseffekt är många och drabbar människor, djur och natur på en global skala, med varierande lokala effekter. Exempelvis kan känsliga ekosystem kollapsa, häftigare väderfenomen kan komma att tillta (torka, skogsbränder, orkaner etcetera) och havsnivån riskerar att stiga på grund av global glaciärsmältning och till följd därav hota kustnära landskap (Miller & Spoolman, 2009).



Figur 7. Koldioxidutsläpp (kg CO<sub>2</sub>/kg kläder) associerad med kläder tillverkade av återvunnen polyester, nyproducerad polyester eller ekologisk bomull. Kläder av återvunnen polyester är tillverkade i Japan och energiförsörjningen för klädproduktionen är således baserad på den energimix som finns i Japan. Kläder av nyproducerad polyester är tillverkade med Kinas energimix och kläder av ekologisk bomull är tillverkade i Indien och Estland och är följaktligen baserad på en blandad energimix. Mängden utsläpp gäller för kläder som finns på den svenska marknaden.



Andra växthusgaser som exempelvis metan kan vid utvinning av naturgas läcka ut från utvinningsplats eller vid transport i rörledningar eftersom naturgas till stor del består av metan (Al-Hanbali, 2015; Boberg, 2015; Miller & Spoolman, 2009). Kolmonoxid, som Naturvårdsverket benämner som en indirekt växthusgas vilket innebär att gasen i sig själv inte bidrar till förstärkt växthusgaseffekt men som istället leder till bildning av direkta växthusgaser i atmosfären, har sitt huvudsakliga ursprung från energiproduktionssektorn (Al-Hanbali, 2015; Boberg, 2015). Förutom utsläpp av klimatpåverkande gaser bidrar energiproduktion till utsläpp av luftföroreningar (Beton et al., 2014). Exempelvis kolkraftverk (kol är den energikälla som släpper ut mest luftföroreningar jämfört med de andra fossila bränslena) frisätter bland annat svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ), kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ), partiklar (sot och radioaktiva partiklar) samt kvicksilver till luften vid energiproduktion. Svaveldioxid och kväveoxider bildar i atmosfären sura föreningar som faller ner med nederbörd vilket leder till försurning av mark och vatten. Försurning kan rubba akvatiska samt terrestra ekosystem, förstöra byggnader och monument samt försämra åkermark (Miller & Spoolman, 2009). På grund av långväga spridning i atmosfären från utsläppsplatsen är försurning både ett lokalt och globalt problem (Bertills, 2015). Luftföroreningar har även stor negativ påverkan på människors hälsa och orsakar troligtvis tidig död för många som bor i närheten av en utsläppskälla (Miller & Spoolman, 2009).



Figur 8. Utsläpp av svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ) och kvävedioxid ( $\text{NO}_x$ ) (g gas/kg kläder) för kläder tillverkade av återvunnen polyester, nyproducerad polyester eller ekologisk bomull. Mängden utsläpp gäller för kläder som finns på den svenska marknaden.

I figur 8 redovisas mängden utsläpp av svaveldioxid och kväveoxider som härrör ur klädproduktion för kläder som kan säljas i Sverige. Produktion av kläder utav återvunnen polyester avger minst svaveldioxid och kväveoxider (7 respektive 14 g/kg kläder). Produktion av kläder utav ekologisk bomull avger mest svaveldioxid och näst mest kvävedioxider per kilogram kläder jämfört med kläder utav de andra materialen (294 g/kg kläder respektive 63 g/kg kläder). Näst mest svaveldioxid och mest kväveoxider kommer från klädproduktion med nyproducerad polyester (292 respektive 93 g/kg kläder) (Figur 8).

Väsentlig indirekt miljöpåverkan relaterat till energisektorn kan exempelvis identifieras i produktionen av nyproducerad polyester. Nya polyesterfibrer orsakar relativt stor abiotisk utarmning på grund av förbrukning av icke-förnybar energi då råvaran till fibrerna kräver råolja som råmaterial (Shen & Patel, 2010). Vidare förorsakar uttag eller utvinning av fossila bränslen till både energi- och råmaterialproduktion svåra sår i naturen genom gruv- och borrhaktiviteter, olyckor samt utsläpp av föroreningar till mark och vatten (Miller & Spoolman, 2009).



## 5 Diskussion

### 5.1 Problem med otillförlitlig datamängd

Det råder ingen tvekan om att klädproduktion genom sin energikrävande process leder till miljöpåverkan som både kan påverka människors hälsa samt miljön. Miljöeffekterna från den svenska klädkonsumtionen syns oftast inte i det egna landet utan visar sig snarare i form av miljöförstöring, utarmning av resurser och luftföroreningar i produktionsländerna. Under de senaste åren har ett antal klädföretag, däribland många *fast fashion*-kedjor, börjat med produktion och försäljning av kläder i så kallade alternativa och gröna material, bland dem återvunnen polyester och ekologisk bomull. Återvunnen polyester har under en längre tid varit ett populärt material för tillverkning av sport- och fritidskläder med bland annat företaget Patagonia i spetsen.

I denna studie tyder resultatet på att återvunnen polyester kan vara ett material som sparar in på energiresurser jämfört med både ekologisk bomull och nyproducerad polyester<sup>4</sup> (Figur 5). Emellertid kan detta vara ett otillförlitligt resultat eftersom den underliggande data som beskriver energiåtgången för återvunnen polyester endast är baserad på energidata från ett dokument, som tillhör Patagonia och som beskriver Teijins återvinningsprocess, och som vars metod samt subjektivitet därmed är ifrågasättande. Ingen annan data kring energiförbrukning genererades för återvunnen polyester vid sökning i sökmotorer, litteratur och inte heller genom mejl med företag. Andra studier som undersökte återvunnen polyester hade använt data för återvunnen polyester från samma dokument vilket visar att det i detta område finns synnerligen begränsad information om textiltillverkning.

Vidare redovisade dokumentet enbart energimängden som åtgår vid tillverkning av råmaterialet DMT för att producera nya polyesterfiber. Men för att kunna bilda DMT till produktion av återvunnen polyester måste uttjänta kläder av polyester samlas in och sorteras vilket också är energikrävande processer.

---

<sup>4</sup> Hädanefter innebär termerna återvunnen polyester, nyproducerad polyester eller ekologisk bomull indirekt hela klädtillverkningsprocessen, som är definierat i denna studie, med dessa material.

Energiförbrukning för dessa processer har inte beskrivits eller hittas vilket tyder på att resultatet för återvunnen polyester i denna studie med stor sannolikhet är underskattat. Insamling och sortering sker idag manuellt vilket förmodligen är svårt att mäta och utvärdera. Pesnel och Perwuelz (u.å.) menar att energin för insamling av kläder för återvinning är försumbar men det är osäkert om insamling och sortering kommer att förbli manuellt i framtiden då exempelvis sortering av större mängder med kläder måste utföras med maskiner. Att energi för insamling och sortering är försumbar är därför osannolikt.

Därutöver saknades data på energiförbrukning för en fullständig produktionsprocess fram till ett färdigt plagg för kläder av återvunnen polyester. Energiförbrukningen för livscykelstegen som saknades approximerades istället med data från kläder tillverkade av nyproducerad polyester. Detta kan bidra något till osäkerheterna kring resultatet.

Ekologisk bomull visade sig kräva mindre energi än nyproducerad polyester men förmodligen något mer jämfört med återvunnen polyester (Figur 5). Återigen fanns där problem med mängden tillförlitlig data men inte i den grad som återfanns med återvunnen polyester. Studier som handlar om ekologisk bomull behandlar oftast problematiken med kemikalieanvändningen mellan konventionell och ekologisk bomull. De som behandlar energianvändning är tämligen få och redovisade endast energiförbrukning under odlingsfasen och inte för hela produktionskedjan fram till ett färdigt klädesplagg. Resterande steg i produktionskedjan fick approximeras med data från klädproduktion av konventionell bomull vilket kan ha lett till en felaktig skattning av den totala energiförbrukningen för kläder av ekologisk bomull. Approximationen av energiförbrukning för ekologisk bomull kan vara en överskattning eftersom kvaliteten på ekologisk bomull oftast är något bättre än konventionell bomull (Fletcher, 2014) och kräver således mindre rening och behandlingar. Intensiv färgning och tryck är kanske inte heller något som företag med ekologiska kläder strävar efter. Att pesticid- och kemikalieanvändningen är mindre för ekologisk bomull än konventionell bomull kan således indirekt leda till mindre energiåtgång. Resultatet visade att livscykelstegen garn- och tygframställning, våtprocesser och tillverkning av färdiga plagg av ekologisk bomull kräver mer energi jämfört med samma steg för polyesterbaserade kläder (Figur 5). Förklaringen till detta ligger i att naturfibrers egenskaper fordrar andra förfaringssätt under färgning samt behandling då naturfibrers kvalitet inte kan fås lika homogen som syntetfibrer (Fletcher, 2014). En viktig faktor som avsevärt kan förändra resultatet, och leda till att ekologisk bomull totalt sett förbrukar mer energi än vad som visats i denna studie, är att avkastningen för ekologisk bomull oftast är relativt låg. Denna osäkerhet har dock inte beskrivits i närmare detalj i de tillgängliga studierna.

Det finns ett flertal studier som har undersökt energiförbrukning vid produktion av polyester och vid klädproduktionen med polyesterfibrer. Resultatet

för nyproducerad polyester i denna studie är baserad på många tidigare gjorda studier och kan därför anses som relativt tillförlitligt. En implikation för just den svenska marknaden är att polyestern till stor del kommer från Asien men data från polyesterproduktion är många gånger inte specifikt för industri och fabriker i Asien utan kommer istället från polyester- och klädproduktion i USA och i Europa. Detta kan bero på industrins ovilja till att låta sig studeras, hemliga marknadsmekanismer eller att inga eller dåliga protokoll och mätningar utförs. Det finns alltså en risk eller en indikation på att nyproducerad polyester som används på den svenska marknaden kräver mer energi än vad som framgått i denna studie (Figur 5). Som resultatet förevisar och som Cherrett et al. (2005) också uttrycker så kräver nyproducerad polyester mest energi i fasen där råmaterialet och fibrer till polyester framställs. Vid exkludering av den fasen faller ungefär en tredjedel av den totala energiförbrukningen bort (Cherrett et al., 2005).

För alla textila material gäller också att energiförbrukningen blir mer eller mindre beroende på vilka egenskaper klädesplagget slutligen skall erhålla. Färg och tryck, antibakteriella kvaliteter, grov eller tunn tråd, vävt eller stickat etcetera leder sannolikt till olika mängder av energiförbrukning. Även olika teknikval inom olika länders klädproduktion kan leda till olika energiförbrukning för liknande plaggtyp eller material.

Det är svårt att bedöma vilket material som är bäst ur ett energiperspektiv då återvunnen polyester och ekologisk bomull är baserad på knapphändig respektive lite data. Resultatet kan sammanfattas som att ekologisk bomull med stor sannolikhet är bättre än nyproducerad polyester, ur energisynpunkt, men inget kan egentligen sägas om återvunnen polyester i nuläget.

## 5.2 Transporter har liten betydelse

Som illustrerats i figur 6 åtgår en väldigt liten andel av den totala energiförbrukningen av klädproduktion till transport med lastfartyg trots att distributionen av kläder sker från Japan, Kina och Indien. Därigenom kan trycket på att kläder bör produceras lokalt minskas (Cherrett et al., 2005) även om kortare transporter självfallet minskar negativ miljöpåverkan. Medelvärde för energiåtgång vid transporter från de ingående produktionsländerna resulterade i 4 MJ/kg kläder. Detta motsvarar en bilresa som endast är 2,4 kilometer lång, kanske mellan hemmet och shoppingcentret<sup>5</sup>. Denna jämförelse indikerar dock att

---

<sup>5</sup> Beräkning av författare baserad på Howey et al. (2011) och Google Maps.

exkluderandet av beräkningar för transporter inom produktionsland (exempelvis transport av nyplockad bomull till klädfabrik eller transport av polyesterväv till sömnadsfabrik med lastbil) kan ha lett till en underestimering av transporters miljöpåverkan då lokala transporter kan ha större påverkan än långväga transporter (Plepys, pers. komm., 2015).

Eventuellt är den uppskattade rутten som lastfartyget färdas något oriktig då inga specifika rutter kunde spåras för kläder av återvunnen polyester, ekologisk bomull eller nyproducerad polyester till Sverige men detta faktum tros inte påverka förhållandet mellan energin till produktionsprocessen och energin till transporter nämnvärt. Också Beton et al. (2014) fann att distribution av kläder bidrar med mycket liten miljöpåverkan jämfört med produktionen av kläder. Även om transportvalet istället hade varit med flyg åstadkommer inte transport av ett kilo kläder någon anmärkningsvärd miljöbelastning (NTM, 2015). Det är snarare den stora mängden kläder som svenska konsumenter efterfrågar som följaktligen fordrar många transporter till Sverige och som har betydelse i frågan om transporter och miljökonsekvenser.

### 5.3 Miljöpåverkan och energimix

Utsläpp av växthusgaser kommer från förbränningsprocesserna i energiproduktion och hur mycket växthusgaser som avges beror på vilken energikälla som har använts. Klädproduktion med dess energiförbrukning medför indirekta utsläpp av växthusgaser och då främst koldioxid som frisätts vid förbränning av material med högt innehåll av kolföreningar som fossila bränslen. Återvunnen polyester tycks resultera i minst koldioxidutsläpp, nyproducerad polyester ger upphov till mest koldioxidutsläpp och ekologisk bomull kommer däremellan (Figur 7). Inbördes ordning av intensivast växthusgasutsläpp är således av samma ordning som av mest energiförbrukning för de tre textila materialen. Vid närmare anblick utav resultatet med växthusgasutsläpp visar det sig att nyproducerad polyester ger upphov till ytterligare mer växthusgasutsläpp jämfört med återvunnen polyester än vad energiförbrukningen antyder och även ekologisk bomull tycks avge mer växthusgas än vad energiförbrukningen indikerar. Förhållandet mellan växthusgasutsläpp för nyproducerad polyester och ekologisk bomull är följaktligen något mindre än i energiförbrukning (Tabell 2).

Tabell 2. Förhållandet mellan nyproducerad polyester och ekologisk bomull samt förhållandet mellan nyproducerad polyester och återvunnen polyester för faktorerna energiförbrukning och växthusgasutsläpp.

<b>RATIO</b>	<b>ENERGI</b>	<b>VÄXTHUSGAS</b>
nyproducerad polyester/ekologisk bomull	1,173	1,168
nyproducerad polyester/ återvunnen polyester	1,499	2,358

Energimixen i Kina, där ny polyester produceras, är främst baserad på fossila bränslen. De tunga utsläppskällorna kol och olja står tillsammans för nästan nittio procent av landets energiförsörjning (Figur 2). I kombination med hög energiförbrukning är detta således förklaringen till varför nyproducerad polyester emitterar så pass mycket koldioxid jämfört med främst återvunnen polyester och det föreligger även risk för mer koldioxidutsläpp om ytterligare data från produktionsenheter i Asien fanns att tillgå. Nyproducerad polyester beräknades att orsaka ett växthusgasutsläpp på 51 kg koldioxid per kilo kläder och för att förstå hur mycket 51 kg koldioxid motsvarar så är det ungefär lika mycket som vad en bilresa på bensin från Malmö till Göteborg släpper ut<sup>6</sup>.

Återvunnen polyester antas komma från Japan där energiförsörjningen de senaste åren snabbt har skiftat från stora andelar kärnkraft till de fossila bränslena naturgas, kol och olja. En liten andel av förnybart och kärnkraft återfinns också i Japans energimix (Figur 2). Produktionen av återvunnen polyester var för några år sedan således baserad på en klimatvänligare energimix.

Odling och produktion av ekologisk bomull i Indien baseras på en energimix med mycket kol och olja, likt Kina, men också nästan en tredjedel av energiförsörjningen kommer från biomassa (Figur 2). Att beräkningar av koldioxidutsläpp baseras på koldioxidgenerering från biomassa kan vara en felkälla eftersom biomassa mer sannolikt står för energiförsörjning hos befolkningen ute på landsbygden än för energi- och värmeproduktion till industrier. Istället borde beräkningarna endast anta att kol och olja är de energikällor som Indiens industri använder. I så fall skulle växthusgasutsläppen från produktionsledet i Indien för ekologisk bomull öka då kol och olja emitterar betydligt mer koldioxid än vad biomassa gör (Phoochinda, 2012). Vidare sker större delen av produktionen av ekologiska bomullskläder i Estland där nästan all energiproduktion kommer från oljeskiffer vilket är en energikälla som medför stor belastning på klimatet på grund av höga utsläppshalter av koldioxid (Figur 2). Ur ett växthusgasperspektiv tycks det i själva verket inte finnas avsevärda skillnader mellan kläder av nyproducerad polyester och kläder av ekologisk bomull.

<sup>6</sup> Beräkning av författare baserad på information i Svensk Energi (2015) och Google Maps.



Ökad efterfrågan på kläder från Kina, Japan och Indien från svenskt håll bidrar med ökad generering av koldioxidutsläpp och därmed klimatpåverkan. Denna studie har inte inkluderat utsläpp av andra växthusgaser, som exempelvis metan och lustgas som har ännu större klimatpåverkan än vad koldioxid innehar för samma mängd utsläpp, vilket medför underskattningar av den totala klimatpåverkan som klädproduktion i Asien kan ha till följd av energiförbrukning. För att klädproduktionen ska kunna minska dess klimatpåverkan genom energianvändning måste den nyttjade energisammansättningen bestå av mycket större andelar av förnybar energi samt kärnkraft vilket exempelvis kan bli verklighet om klädproduktionen sker i Sverige. Marknadsföring av miljö- eller klimatvänliga kläder genom att hävda att de är gjorda av ett visst hållbart material som exempelvis H&M skriver på sin hemsida "Conscious materials for a more sustainable fashion future" (H&M, 2015) är således inte korrekt utifrån resultatet i denna studie. Snarare är det främst valet av underliggande metoder (spinn- och vävmaskin, färgningssätt, behandlingar etcetera) och valet av så kallad energi- eller resursinputs som avgör hur pass miljövänligt eller hållbart en slutprodukt är.

Annan potentiell miljöpåverkan som har identifierats ur klädproduktionens energiförbrukning är utsläpp av luftföroreningar (Figur 8) som leder till försurning och obalans i miljön samt utsläpp av partiklar och metaller som både kan skada natur och människors hälsa. Mängden utsläpp av svaveldioxid och kväveoxider är också relaterat till vilken energikälla som har använts. Som resultatet visar har produktion av kläder utav ekologisk bomull högre utsläppshalter av svaveldioxider jämfört med kläder utav nyproducerad och återvunnen polyester (Figur 8) och detta beror främst på att oljeskiffern i Estland är den energikälla som genererar högst svaveldioxidhalter utav alla fossila bränslen (Gavrilova et al., 2005; Miller & Spoolman, 2009). Detta trots att produktionen av kläder utav nyproducerad polyester förbrukar mer energi än vad produktionen av kläder utav ekologisk bomull gör (Figur 5). Vad gäller kläder av nyproducerad polyester bidrar produktionen med mindre utsläpp av svaveldioxider men med mer kvävedioxider jämfört med kläder utav ekologisk bomull vilket beror på kolet, som också är en stor svaveldioxidkälla, som dominerar Kinas energiförsörjning (IEA, 2012). Både kläder utav nyproducerad polyester och ekologisk bomull emitterar mer svaveldioxider jämfört med kvävedioxider men för återvunnen polyester är förhållandet det omvända (Figur 8). En spekulering till detta kan vara att energiverken i Japan har en effektivare rening för svaveldioxider än kvävedioxider då deras energiförsörjning också utgår från fossila bränslen. Antaganden eller felkällor som uppkom vid beräkningar med utsläpp av svavel- och kvävedioxider, där det saknades data på utsläppshalter för vissa energikällor för ett givet land, tros inte ha påverkat resultatet anmärkningsvärt i sin helhet.

De miljöproblem i egenskap av global uppvärmning, försurning, påverkan av människors hälsa samt abiotisk utarmning som har identifierats i denna studie har

också beskrivits i Cherrett et al. (2005), Shen & Patel (2010), Fletcher (2014) och i Beton et al. (2014). Det lyfts dessutom fram att även om energibehoven för polyesterproduktion tillgodoses genom förnybara energikällor kan detta inte upprätthållas i oändlig tid då det kan bli brist på råolja i framtiden (Cherrett et al., 2005).

## 5.4 Fler perspektiv

Denna studie har bara angripit produktionsdelen ur kläders livscykel. För att kunna ge en mer fullständig bild av hur klädproduktion kan påverka miljön bör även användningsfasen och avfallsfasen utforskas. Användningsfasen har i en studie av Collins & Aumônier (2002) identifierats som en mycket energiintensiv fas och till och med mer energiintensiv jämfört med produktionsfasen. Chapman (2010) och Beton et al. (2014) diskuterar också vikten av att inkludera användningsfasen vid undersökning av kläders miljöpåverkan eftersom denna kan vara betydande. Energi användningen under användningsfasen skiljer sig säkerligen från plagg till plagg, om det exempelvis är en kavaj eller underkläder som det handlar om, och hur konsumentens tvättvanor ser ut. Därför skulle andra faser vara intressanta att undersöka men då skulle det krävas en mer produktspecifik LCA för att underlätta ett sådant inventeringsarbete.

För avfallsfasen finns flera flöden till vart kläder tar vägen i Sverige. De kan antingen hamna på soptippen där de går till förbränning (energivinst) eller exempelvis återanvändas som second hand plagg (Carlsson et al., 2011) vilket försvårar detektivarbetet i en LCA.

Bara ur energiperspektiv har ett flertal väsentliga miljöproblem identifieras inom klädindustrin. Andra resurser som kläder likaledes gör anspråk på är vatten, mark och kemikalier (Turley et al., 2010). Att göra en fullständig LCA eller en komparativ studie med alla dessa aspekter inblandade är en mycket svår uppgift som kräver mycket tid och resurser. Resultatet skulle förmodligen bli väldigt annorlunda och svårtolkat på grund av mycket information samtidigt. Detta är varför det är komplicerat att jämföra textila material på ett rättvist sätt. Ett kilo nyproducerad polyester motsvarar i realiteten inte ett kilo ekologisk bomull eller återvunnen polyester på grund av olika egenskaper och bortfallsgrad inom produktionsprocessen (Woolridge, 2006). Generellt har polyesterproduktion bättre hushållning med vatten jämfört med bomull men å andra sidan förbrukar polyester generellt mer energi i produktionsfasen men senare mindre energi i användningsfasen (Blackburn, 2009; Fletcher, 2014). Ekologisk bomull kräver större landarealer för att få ut motsvarande mängder fiber som krävs för att exempelvis tillverka en liknande skjorta i polyester. Således leder inkluderandet av andra miljöaspekter till en annan miljökonsekvensprofil för respektive

material. Enligt en studie av van der Velden et al. (2014) har nyproducerad polyester högst energiförbrukning men bomull (konventionell) har i slutändan större total miljöpåverkan. Exempelvis kan intensiv kemikalieanvändning leda till förorening av vattendrag och vidare skada närliggande ekosystem. Att endast studera energiaspekten är därför inte tillräckligt för att ge svar på vilket material som är bäst ur miljö- och klimatsynpunkt. Slutligen handlar det också om vad det är för klädprodukt som man vill skapa samt vilka förutsättningar som finns för att skapa en hållbar produkt.

## 5.5 Begränsningar med LCA

LCA:er från olika författare hade varierande detaljgrad av beskrivna processer som identifierades vid livscykelinventeringen. Exempelvis kan LCA 1 ha tagit med förbehandling, blekning och slutberedning i vad de definierar som livscykelsteget våtprocesser medan LCA 2 istället har definierat våtprocesser som endast färg och tryck eller endast skrivit våtprocesser utan definition. Tillvägagångssätten i studierna var olika i flera avseenden vilket främst berodde på hur systemgränserna hade definierats varpå det ledde till att processtegen inte definierades på liknande sätt, olik valda funktionella enheter samt olikhet i val av databas och statistik. Som beskrivits tidigare fanns många gånger inga underlag från en hel produktionskedja utan varje livscykelsteg eller processteg fick inhämtas från olika studier för estimering av en hel produktionskedja för ett visst material. Problemet är då att olika studier har olika förutsättningar som exempelvis systemgränser, klimat, metod, energimix etcetera som gör att estimeringen inte blir fullt korrekt, särskilt för specifika fallstudier. LCA:er som är produktspecifika tycks inte förekomma i någon större utsträckning. Förmodligen beror detta på att LCA:er ofta är dyra och tidskrävande för att företag ska vilja utföra dem på sina produkter.

Ett annat problem vid inläsning och hantering av sekundära LCA-data är att information och främst allokeringsrelaterad information kan gås miste om eftersom författare i de olika leden tolkar information på olika sätt.

Vidare finns det få nya samt aktuella LCA:er på klädprodukter. De LCA:er som finns baserar sina antaganden på gammal data. Detta problem har även uppmärksammats i van der Velden et al. (2014). För att undvika detta problem och för att kunna förbättra denna studies resultat hade det behövts en större budget för att kunna få tillgång till databaser och utöver det även direktkontakt med tillverkande textilföretag. Eftersom LCA har vissa begränsningar och studerar främst kvantitativ data bör också kvalitativa studier utföras i kombination vid jämförelse av textilier och kläder.

Denna studie ska ses som ett test av metodval för syftet och en *screening* LCA med preliminära vägledande resultat. Med mer resurser och ett större tillämpningsområde kan riktigheten i slutsatser och rekommendationer vara möjliga att förbättra.

## 5.6 Framtida utsikter

Kläder är en varugrupp som är större än exempelvis bilinköp och alkohol (Cherrett et al., 2005) och har därmed större ekologiska fotavtryck än vissa andra konsumtionsvaror. Med detta arbete finns en strävan om att lyfta fram kläder som ett viktigt forskningsområde inom miljö och hållbarhet för att kunna minimera vår miljöpåverkan. Klädområdet är komplext då det innefattar många aktörer samt aspekter, exempelvis producenter, marknaden, kultur, trender samt ekonomiska och sociala aspekter, som kan ha motstridigheter. Förutom teknikutveckling och i viss mån val av miljövänligare material måste också konsumenters medvetenhet och beteende kring klädkonsumtion fördjupas respektive förändras. Det finns grupper utav konsumenter som ofta är miljömedvetna men som ändå inte gör val som är bättre miljömässigt av olika skäl. Detta kan bero på okunskap, att konsumenter tycker att miljövänliga produkter är dyra, att reklam eller information upplevs vilseledande eller helt enkelt att man prioriterar andra värden som exempelvis djurrätt eller rättvisa arbetsvillkor. Det finns märkningar som certifierar textilier som exempelvis GOTS, vilket är en standardmärkning för ekologiska textilier, och Naturskyddsföreningens märkning Bra miljöval. Märkning av textilier tycks mest vara kemikalierelaterat och det är oklart ifall de tar hänsyn till andra perspektiv. Konsumenters attityder samt vanor kring klädinköp och klädanvändning bör således studeras för att kunna sträva mot ett snällare konsumtionssamhälle. Exempel på studieområde och frågeställningar kan vara "Vad behöver göras för att svenska konsumenter ska köpa mindre/slänga mindre kläder?" eller "Hur ska man få svenska konsumenter att välja mer svensktillverkat/second hand?".

Samarbeten mellan klädföretag, designers, andra mode- och klädskapande aktörer och akademin måste i framtiden främjas för att alla partner ska kunna dela och utbyta kunskap samt hålla dialog för att kunna bilda en god kunskapsbas. Detta eftersom klädföretag bär ett stort miljöansvar (lägger "svensk" klädproduktion utomlands) och bör få hjälp och stöd från akademin. Som det ser ut idag kan inga akademiska källor hittas för den hållbara marknadsföring som sker bland svenska klädföretag och forskning som handlar om hållbarhet och kläder finns inte på många ställen. Vidare skulle det vara önskvärt om den "svenska" klädproduktionen i utlandet flyttades hem, inte på grund av långa transporter, utan för att Sverige innehar en miljövänligare energiförsörjning som

till stora delar består av energikällor med låga koldioxidintensiteter (Miljödepartementet, 2014). En sådan omställning är dock inte realistisk idag på grund av bland annat globala marknadsstrukturer och infrastruktur för större klädproduktion i Sverige. Det svenska klädföretag idag kan göra är att arbeta nära med och ställa krav på försörjningskedjor och leverantörer med mål om att få ned negativ miljöpåverkan. Klädföretagen kan exempelvis överväga att införa krav och/eller kriterier för val av försörjningskedjor och leverantörer som köper grönare energi eller materiella alternativ.

I nuläget finns ingen återvinning av polyester i Sverige men i framtiden kan återvinningssystem införas med hjälp av styrmedel samt incitament (Palm, 2011). Styrmedel och incitament kan också komma att vara viktiga instrument för att Sveriges klädkonsumtion över huvudtaget ska kunna ställa om till en mer hållbar status.

Det bör även påpekas att resultatet i denna studie gäller under rådande förutsättningar och marknadsbild. Om exempelvis marknaden för återvunnen polyester dramatiskt skulle öka i framtiden kan energiförsörjning och energimix för produktionen, som en konsekvens av ökad produktionsvolym, komma att förändras och således gäller andra förutsättningar som i sin tur leder till andra konklusioner.

## Slutsats

Återvinning av polyester, via avfallstextilier, kan avsevärt minska miljöpåverkan som uppkommer vid produktion av nya polyesterfiber och undvika den miljöbelastning som är associerad med bortskaffandet av avfall samt minska konsumtionen av råolja. I teorin tycks det därför vara logiskt att för exempelvis ett företag att rättfärdiga återvunnen polyester som ett mindre energikrävande och därmed ett miljö- och klimatvänligt materialval. Avsaknaden av aktuell och tillförlitlig vetenskapsbas kring återvunnen polyester är dock för stor för att kunna dra några giltiga slutsatser om huruvida återvunnen polyester har mindre påverkan än övriga studerade material ur ett energiperspektiv. För att återvunnen polyester ska få en bredare marknad och kunna bli ett miljövänligt material måste tekniken samt produktionskapaciteten utvecklas och expanderas. Idag finns tekniken främst i Japan och är relativt dyr och med fel marknadsutveckling och energiförsörjning genom fossila källor kan återvunnen polyester bli ett önskat material ur miljösynpunkt. Samma slutsatser gäller för ekologisk bomull för trots något lägre energiförbrukning än nyproducerad polyester, som hade högst energiförbrukning, avger ekologisk bomull nästan lika mycket koldioxid som nyproducerad polyester och därtill mer svaveldioxid i jämförelse. Således är det inte enbart materialvalet som avgör ett klädesplagg miljövänlighet utan snarare är det produktionslandets energimix och underliggande produktionsmetoder som kan minimera miljö- och klimatpåverkan från kläders energiförbrukning. Klädproduktion fordrar förutom energi även mark, vatten, kemikalier etcetera. Därför är det inte möjligt att från endast energiperspektivet bedöma vilket textilt material som vid klädproduktion har minst miljöpåverkan. Detta tros i princip vara ogörligt, även vid inkludering av de andra aspekterna, eftersom materialen innehåller olika egenskaper och förutsättningar. Miljöpåverkan associerade med energiförbrukning vid klädproduktion identifierades i denna studie som förstärkt global uppvärmning, försurning av mark och vatten, resursutarmning samt risk för negativ påverkan på människors hälsa. Dessa är direkta konsekvenser av förbränning med fossila bränslen men kan mildras avsevärt med en grönare energimix. En omställning till en mer hållbar klädkonsumtion och minskning av miljö- och klimatpåverkan kräver således större användning av förnybara källor genom krav på försörjningskedjor och leverantörer samt vidare forskning inom återvunnen polyester och andra textila material, teknikutveckling, konsumenters konsumtionsvanor samt fördjupade samarbeten mellan företag och akademien.



# Tack

Jag vill först och främst tacka Andrius Plepys, på Internationella Miljöinstitutet vid Lunds universitet, för *pure* omtanke, värdefulla kommentarer och stöd.

Jag vill även rikta ett stort tack till Anna Asplund, på Företag X, för en uppsatsidé som jag verkligen brinner för och för all annan hjälp som jag har fått under skrivandets gång.





# Referenser

- Ahn, S-J., & Graczyk, D. (2012). *Understanding Energy Challenges in India. Policies, Players and Issues*. France: International Energy Agency (IEA).
- Al-Hanbali, H. (2015). *Minskade utsläpp av luftföroreningar*. [<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luft/Utslapp/Minskade-utslapp/>], hämtad 2015-04-27.
- Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste management*, 29(10), 2625-2643.
- Avfall Sverige. (2013). *Textilt avfall en framtida resurs - pilotprojekt i Stockholm* (rapport u2013:15). Malmö: Avfall Sverige.
- Baumann, H., & Tillman, A-M. (2004). *The Hitch Hiker's Guide to LCA*. Lund: Studentlitteratur.
- Bertills, U. (2015). *Förurning*. [<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Mark/Forurning/>], hämtad 2015-04-26.
- Beton, A., Dias D., Farrant, L., Gibon, T., & Le Guern, Y. (2014). *Environmental Improvement Potential of Textiles (IMPRO-Textiles)*. Luxemburg: European Commission. [[https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/impro\\_textiles\\_final\\_report\\_edited\\_pubsy\\_web.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/impro_textiles_final_report_edited_pubsy_web.pdf)], hämtad 2015-03-31.
- Bureau of International Recycling (BIR). (2015). *Materials*. [<http://www.bir.org/industry/textiles/>], hämtad 2015-02-19.
- Bhardwaj, V., & Fairhurst, A. (2010). Fast fashion: response to changes in the fashion industry. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 20(1), 165-173.
- Birtwistle, G., & Moore, C. M. (2007). "Fashion clothing – where does it all end up?", *International Journal of Retail & Distribution Management*, 35(3), 210-216.
- Blackburn, R. (Ed.). (2009). *Sustainable textiles: life cycle and environmental impact*. United Kingdom: Woodhead Publishing Limited.
- Boberg, P. (2015). *Andra växthusgaser*. [<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Darfor-blir-det-varmare/Andra-vaxthusgaser/>], hämtad 2015-04-27.
- Byun, S. E., & Sternquist, B. (2008). The antecedents of in-store hoarding: measurement and application in the fast fashion retail environment. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 18(2), 133-147.

- Carlsson, A., Hemström, K., Edborg, P., Stenmarck, Å., & Sörme, L. (2011). *Kartläggning av mängder och flöden av textilavfall* (rapport nr 46 2011). Norrköping: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.
- Chen, H. L., & Burns, L. D. (2006). Environmental analysis of textile products. *Clothing and Textiles Research Journal*, 24(3), 248-261.
- Claudio, L. (2007). Waste couture: Environmental impact of the clothing industry. *Environmental Health Perspectives*, 115(9), A449-A454.
- Carlsson-Kanyama, A., & Lindén, A. L. (2006). *Miljöpolitik och styrmedel. Fallstudie: kläder*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.
- Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G., & Gautam, R. (2005). *The Water Footprint of Cotton Consumption* (Research Report Series No 18). The Netherlands: Unesco-IHE.
- Chapman, A. (2010). *Mistra Future Fashion – Review of Life Cycle Assessments of Clothing*. Stockholm: MISTRA The Foundation for Strategic Environmental Research.
- Cherrett, N., Barrett, J., Clemett, A., Chadwick, M., & Chadwick, M. J. (2005). *Ecological Footprint and Water Analysis of Cotton, Hemp and Polyester: Report prepared for and reviewed by BioRegional Development Group and WWF Cymru*. Stockholm: Stockholm Environment Institute
- Collins, M., & Aumônier, S. (2002). *Streamlined life cycle assessment of two Marks & Spencer plc apparel products*. Oxford: Environmental Resources Management.
- Department of Management and Engineering (IEI). (2015). *Metoder - LCA*. [[http://www.iei.liu.se/envtech/utbildning/kurser/tkmj11\\_s\\_hemsida/1.133995/Metoder\\_LCA.pdf](http://www.iei.liu.se/envtech/utbildning/kurser/tkmj11_s_hemsida/1.133995/Metoder_LCA.pdf)], hämtad 2015-05-11.
- Ekström, K. M., & Salomonson, N. (2012). *Nätverk, trådar och spindlar: samverkan för ökad återanvändning och återvinning av kläder och textil* (Vetenskap för profession, rapport 2012:22). Borås: Högskolan i Borås.
- Engelhardt, A. (2010). *The Fibre year 2009/10 - A world survey on Textile and Nonwovens Industry*. Oerlikon corporation. [[http://www.indotextiles.com/download/Fiber%20Year%202009\\_10.pdf](http://www.indotextiles.com/download/Fiber%20Year%202009_10.pdf)], hämtad 2015-02-16.
- Energy Information Administration U.S. (EIA). (2014). *China*. [<http://www.eia.gov/countries/analysisbriefs/China/china.pdf>], hämtad 2015-04-17.
- Engvall, M. (2008). *Den blinda klädimporten. Miljöeffekter från produktionen av kläder som importerats till Sverige* (rapport nr 21). Stockholm: SwedWatch.
- Eriksson, E., & Berg, H. (2003) *Livscykelanalys av operationsrockar*. Göteborg: CIT Ekologik AB Chalmers Industriteknik.
- Erlandsson, M., Ekvall, T., Lindfors., L-G., & Jelse, K. (2014). *Robust LCA: Typologi över LCA-metodik - två kompletterande systemsyner*. Stockholm: IVL Miljöinstitutet AB.
- Ferrigno, S. (2007). *Organic Cotton Market Report 2007*. Berkeley, CA: Organic Exchange.

- Fletcher, K. (2014). *Sustainable fashion and textiles: Design journeys* (2nd ed.). Oxon: Routledge.
- Furvik, N-B. (2015a). Polyesterfiber. I *Nationalencyklopedin*.  
[[www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/polyesterfiber](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/polyesterfiber)], hämtad 2015-02-15.
- Furvik, N-B. (2015b). Textilfiber. I *Nationalencyklopedin*.  
[[www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/textilfiber](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/textilfiber)], hämtad 2015-02-16.
- Furvik, N-B. (2015c). Textilfiber. I *Nationalencyklopedin*.  
[[www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/bomull](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/bomull)], hämtad 2015-02-16.
- Furvik, N-B., & Hysing, S-H. (2015). Bomull. I *Nationalencyklopedin*.  
[[www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/bomull](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/bomull)], hämtad 2015-02-19.
- Gam, H. J. (2011). Are fashion-conscious consumers more likely to adopt eco-friendly clothing?. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 15(2), 178-193.
- Gam, H. J., Cao, H., Farr, C., & Kang, M. (2010). Quest for the eco-apparel market: a study of mothers' willingness to purchase organic cotton clothing for their children. *International Journal of Consumer Studies*, 34(6), 648-656.
- Gavrilova, O., Randla, T., Vallner, L., Strandberg, M., & Vilu, R. (2005). *Life Cycle Analysis of the Estonian Oil Shale Industry*. Tallinn: Tallinn University of Technology.
- Graus, W., & Worrell, E. (2006). *Comparison of efficiency fossil power generation*. The Netherlands: Ecofys.
- Hansen, S., & Atwood, K. B. (2005). *Polyester Fibers*. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.
- Hayes, L. L. (2011). Synthetic textile innovations: Polyester fiber-to-fiber recycling for the advancement of sustainability. *AATCC Review*, 11(4), 37-41.
- Hennes & Mauritz (H&M). (2015). *Conscious materials for a more sustainable fashion future*. [<http://about.hm.com/en/About/sustainability/commitments/conscious-fashion/more-sustainable-materials.html>], hämtad 2015-05-06.
- Holmberg, U., & Roos, C. M. (2010) Konsumera mera? Konsumenters roll efter den ekonomiska krisen. I Sören Holmberg & Lennart Weibull (red.), *Nordiskt ljus* (s. 329-339). Göteborg: SOM-institutet, Göteborgs universitet.
- Houdini. (2015). *Timeline*. [<http://www.houdinisportswear.com/en/timeline>], hämtad 2015-02-17.
- Howey, D. A., Martinez-Botas, R. F., Cussons, B., & Lytton, L. (2011). Comparative measurements of the energy consumption of 51 electric, hybrid and internal combustion engine vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(6), 459-464.
- Hussy, C., Klaassen, E., Koornneef, J., & Wigand, F. (2014). *International comparison of fossil power efficiency and CO2 intensity – Update 2014*. The Netherlands: Ecofys.
- International Energy Agency (IEA). (2012). *Technology Roadmap - High-Efficiency, Low-Emissions Coal-Fired Power Generation*. France: International Energy Agency.

- International Energy Agency (IEA). (2006). *Standby power China*.  
[<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/StandbyPowerChina19Sep06-1.pdf>], hämtad 2015-04-14.
- International Energy Agency (IEA). (2013a). *Estonia 2013. Energy policies Beyond IEA Countries*. France: International Energy Agency.
- International Energy Agency (IEA). (2013b). *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion highlights*. France: International Energy Agency.
- International Energy Agency (IEA). (2014). *Japan - Overview*.  
[<http://www.iea.org/media/countries/slt/JapanOnepagerAugust2014.pdf>], hämtad 2015-04-14].
- Kalliala, E. M., & Nousiainen, P. (1999). Environmental profile of cotton and polyester-cotton fabrics. *AUTEX Research Journal*, 1(1).
- Klättermusen. (2015). *Återvunnen polyester*.  
[<http://klattermusen.se/companysoul.php?id=10&lang=SE>], hämtad 2015-02-17.
- Koç, E., & Kaplan, E. (2007). An investigation on energy consumption in yarn production with special reference to ring spinning. *Fibres & textiles in eastern Europe*, 15(4), 18-24.
- Laursen, S. E., Hansen, J., Knudsen, H. H., Wenzel, H., Larsen, H. F., & Kristensen, F. M. (2007). *EDIPTEX - Environmental assessment of textiles*. Danish Environmental Protection Agency.
- Lu, J., & Hamouda, H. (2014). Current Status of Fiber Waste Recycling and Its Future. *Advanced Materials Research*, (878).
- Madsen, J., Hartlin, B., Perumalpillai, S., Selby, S., & Aumônier, S. (2007). *Mapping of Evidence on Sustainable Development Impacts that Occur in Life Cycles of Clothing: A Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs*. Environmental Resources Management (ERM) Ltd. London: DEFRA.
- Mancini, F., Termorshuizen, A. J., Jiggins, J. L., & van Bruggen, A. H. (2008). Increasing the environmental and social sustainability of cotton farming through farmer education in Andhra Pradesh, India. *Agricultural Systems*, 96(1), 16-25.
- McIntyre, J. E. (2005). The historical development of polyesters. I Scheirs, J., & Long, T. E. (Eds.), *Modern polyesters: chemistry and technology of polyesters and copolyesters* (s. 8). West Sussex: John Wiley & Sons.
- Miller, G., & Spoolman, S. (2009). *Living in the environment* (16th ed.). Belmont: Cengage Learning.
- Miljödepartementet. (2014). *OECD:s granskning av Sveriges miljöpolitik 2014*. Stockholm: Miljödepartementet.
- Morley, N.J., Bartlett, C., & McGill I. (2009). *Maximising Reuse and Recycling of UK Clothing and Textiles: A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs* (EV0421). London: Oakdene Hollins Ltd.
- Morgan, L. R., & Birtwistle, G. (2009). An investigation of young fashion consumers' disposal habits. *International Journal of Consumer Studies*, 33(2), 190-198.

- Mouwitz, P., & Svengren Holm, L. (2013). *Apparel manufacturers in Sweden 2013 - a survey of subcontractors*. Borås: University of Borås.
- Naturvårdsverket. (2010). *Den svenska konsumtionens globala miljöpåverkan*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2013a). *Tillsammans vinner vi på ett giftfritt och resurseffektivt samhälle - Sveriges program för att förebygga avfall 2014-2017*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2013b). *Förslag till etappmål - textil och textilavfall* (rapport NV-00336-13). Stockholm: Naturvårdsverket.
- Network for Transport Measures (NTM). (2015). NTM Calc Basic 3.0 Freight. [<http://ntmcalc-fb.transportmeasures.org/Milan/milan.jsf>], hämtad 2015-05-03.
- Niinimäki, K. (2010). Eco-clothing, consumer identity and ideology. *Sustainable Development*, 18(3), 150-162.
- Olsson, E., Posner, S., Roos, S., & Wilson, K. (2009). *Kartläggning av kemikalieanvändning i kläder* (uppdragsrapport 09/52). Mölndal: Swerea IVF AB.
- Palm, D. (2011). *Improved waste management of textiles* (IVL Report B1976). Stockholm: Swedish Environmental Research Institute.
- Patagonia. (2015). *Recycled polyester*. [<http://www.patagonia.com/us/patagonia.go?assetid=2791>], hämtad 2015-02-17.
- Pesnel, S., & Perwuelz, A. (u.å.). *LCA: a decision-making tool for recycling processes in textile industry*. France: ENSAIT.
- Phoochinda, W. (2012). Initial assessment of air pollution from electricity generation using renewable energy and management in Thailand. I J.W.S. Longhurst & C.A. Brebbia (Ed.), *Air pollution XX* (s. 211-222). Great Britain, UK: WIT Press.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., ... & Pennington, D. W. (2004). Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment international*, 30(5), 701-720.
- Rickman, A. T., & Cosenza, R. M. (2007). The changing digital dynamics of multichannel marketing: The feasibility of the weblog: text mining approach for fast fashion trending. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 11(4), 604-621.
- Rieple, A., & Singh, R. (2010). A value chain analysis of the organic cotton industry: The case of UK retailers and Indian suppliers. *Ecological Economics*, 69(11), 2292–2302.
- Robbins, S. P., Bergman, R., Stagg, I., & Coulter, M. (2015). *Management* (7th ed.). Melbourne: Pearson Australia Group Pty Ltd.
- Roos, J. M. (2010). *Konsumtionsrapporten 2013*. Göteborg: Handelshögskolan.
- Roos, J. M. (2014). *Konsumtionsrapporten 2013*. Göteborg: Handelshögskolan.
- Roos, S., & Posner, S. (2011). *Rekommendationer för hållbar upphandling av textilier 2011* (rapport 11001). Mölndal: Swerea IVF AB.

- Scheirs, J., & Long, T. E. (Ed.). (2005). *Modern polyesters: chemistry and technology of polyesters and copolyesters*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Shen, L., & Patel, M. K. (2010). Life cycle assessment of man-made cellulose fibres. *Lenzinger Berichte*, 88, 1-59.
- Svensk Energi. (2015). *Hur mycket koldioxid medför din elanvändning?*. [<http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Miljo-och-klimat/Klimatpaverkan/Hur-mycket-koldioxid-medfor-din-elanvandning>], hämtad 2015-05-06.
- Teijin. (2015a). *ECOPET®*. [[http://www.teijin.com/products/advanced\\_fibers/poly/specifics/ecopet.html](http://www.teijin.com/products/advanced_fibers/poly/specifics/ecopet.html)], hämtad 2015-02-18.
- Teijin. (2015b). *Closed-loop recycling system: Eco Circle ®*. [<http://www.teijin.com/solutions/ecocircle/>], hämtad 2015-02-18.
- Tekie, H., Palm, D., Ekvall, T., & Söderholm, P. (2013). *Samhällsekonomisk analys av etappmål för textil och textilavfall* (IVL Rapport 2132, NV-00336-13). Stockholm: Svenska Miljöinstitutet.
- Terselius, B. (2015). Polyetylentereftalat. I *Nationalencyklopedin*. [<http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/1%C3%A5ng/polyetylentereftalat>], hämtad 2015-03-17.
- Textile Exchange. (2014). *Textile Exchange 2013 Organic Cotton Report*. [[http://textileexchange.org/sites/default/files/te\\_pdfs/2013%20TE%20Organic%20otton%20Summary.pdf](http://textileexchange.org/sites/default/files/te_pdfs/2013%20TE%20Organic%20otton%20Summary.pdf)], hämtad 2015-02-19.
- Tojo, N., Kogg, B., Kiørboe, N., Kjær, B., & Aalto, K. (2012). *Prevention of textile waste: material flows of textiles in three Nordic countries and suggestions on policy instruments* (TemaNord 2012:545). Köpenhamn: Nordic Council of Ministers.
- Turley, D. B., Horne, M., Blackburn, R. S., Stott E., Laybourn, S. R., Copeland, J. E., & Harwood, J. (2010). *The role and business case for existing and emerging fibres in sustainable clothing: final report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs* (EV0420). London: DEFRA.
- Ungerth, L. (2011) *Påklädd eller avklädd? En kort översikt om våra kläder* (rapport april 2011). Stockholm: Konsumentföreningen.
- Ungerth, L., & Carlsson, A. (2011) *Vad händer sen med våra kläder? Enkätundersökning* (rapport april 2011). Stockholm: Konsumentföreningen.
- van der Velden, N. M., Patel, M. K., & Vogtländer, J. G. (2014). LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(2), 331-356.
- Woolridge, A. C., Ward, G. D., Phillips, P. S., Collins, M., & Gandy, S. (2006). Life cycle assessment for reuse/recycling of donated waste textiles compared to use of virgin material: An UK energy saving perspective. *Resources, conservation and recycling*, 46(1), 94-103.
- Wong, C. W., Lai, K. H., Cheng, T. C. E., & Lun, Y. V. (2012). The roles of stakeholder support and procedure-oriented management on asset recovery. *International Journal of Production Economics*, 135(2), 584-594.









## Bilaga i - Transport

I figuren nedan och i nästa tabell syns den approximerade ruten för lastfartyg med kläddlast från Japan till Sverige (gäller kläder av återvunnen polyester), från Kina till Sverige (gäller kläder av nyproducerad polyester) och från Indien till Sverige via Estland (gäller kläder av ekologisk bomull) samt förinställda



Figur i. Approximerad rutt för lastfartyg med kläder från Asien. Gäller endast kläder av återvunnen polyester, nyproducerad polyester och ekologisk bomull vilka har undersökts i denna studie.

transportparametrar för antaget lastfartyg ifrån programmet NTM Calc version 3 (Figur *i* och Tabell *i*).

Tabell *i*. Distanser för kläddistribution och förinställda parametrar för ett typiskt internationellt lastfartyg samt energiförbrukning och koldioxidutsläpp för varje distributionssträcka. Data och beräkningar från NTM Calc version 3.

	distans (km)	fyllnadsgrad (%)*	fartygsstorlek (dwt)*	lastvikt (kg)*	energiförbrukning (MJ/kg kläder)	CO <sub>2</sub> - utsläpp (g/kg kläder)
<b>JPN - SWE</b>	26771	60	30000	1	4,3	0,32
<b>CHN -SWE</b>	25442	60	30000	1	4,1	0,3
<b>IND - EST- SWE</b>	22046	60	30000	1	3,5	0,23

\*förinställda parametrar

## Bilaga ii - Sökstrategi

I tabell ii redovisas använda sökmotorer och sökord. Sökningen har skett mellan januari 2015 till och med maj 2015. Inläsning av referenslistor hos de hittade dokumenten bidrog även till användbar information.

Tabell ii. Sökstrategi för information och data för denna studie. Ej resultatgivande innebär att sökningen genererade inget som kom att användas i studien.

<b>SÖKMOTOR</b>		<b>SÖKORD</b>
	<i>resultatgivande</i>	<i>ej resultatgivande</i>
Google	polyester återvunnen polyester textilavfall avfall polyester polyester slängs textiles global climate impacts clothing global climate impacts blogs fashion consumption fast fashion means klädkonsumtion miljö återvinna polyester companies recycled polyester cotton fossila bränslen energi påverkar miljön förnybar energi andel förnybar energi Sverige märkning textilier GOTS conscious collection försurning globalt problem LCA international energy agency - japan india energy supply estonia energy supply livscykelanalys karakterisering	polyester kläder Sverige andel polyester textil polyester marknad sverige andel polyester sverige kläder återvunnen polyester svensk energimix svensk energi statistik

---

	olika typer av LCA spis effekt watt	
Google Scholar	polyester production organic cotton ekologisk bomull life cycle textile life cycle assessment recycle polyester energy transport MJ	polyester polyester textile polyester kläder Sverige andel polyester kläder energy consumption oil prospect energy consumption crude oil recycled polyester energy recycled polyester energy textile
Web of Science		polyester polyester AND fabric polyester AND textil* polyester AND production energy consumption AND oil production energy consumption AND oil production AND polyester energy consumption AND oil AND polyester energy AND crude oil

---

## Bilaga *iii* - Sammanställning av energi i produktionsprocess för kläder

Vid beräkning av energiförbrukning för varje livscykelsteg/fas (råmaterial, fiberframställning, garn- och tyg framställning, våtprocesser samt tillverkning av färdiga plagg) har medelvärdet antagits för alla fastillhörande energidata (Tabell *iii*, Tabell *iv* och Tabell *v*). För kläder av återvunnen polyester saknades data för flera livscykelsteg och dessa har ersatts med medelvärdet för samma fas ur produktionen av kläder av nyproducerad polyester. Även för ekologisk bomull saknades data för flera livscykelsteg och dessa har ersatts med energidata från produktion av kläder med konventionell bomull.

Tabell *iii*. Energisammanställning för produktion av kläder tillverkade av nyproducerad polyester från och med livscykelstegen råmaterialutvinning till och med tillverkning av färdiga klädesplagg. Energin är redovisad i megajoule per kilo kläder (MJ/kg).

författare	råmaterial		fiberframställning		garn- & tygframställning	våtprocesser	tillverkning av färdiga plagg			
	smältning	polymerisering	resin-smältning	spinning			blekning	färgning/tryck	slutbredning	design, klipp, sy, strykning
Cherett et al., 2005	104,5									
	126,7									
Kalliala & Nousiainen, 1999	97,4									
Shen & Patel, 2010	46	50	13,6		7,3					
Kalliala & Nousiainen, 2000								152		
								77		
	96									
Patagonia (u.å.)	72,4									
Collins & Aumônier, 2002		22,2			68,9		37,8	20,7		6,6
	109,4					12,6				
van Der Velden et al., 2014 (fr. konfidentiell)					7,2					

källa)														
van Der Velden et al., 2014 (fr. pers. komm. 2011)				9,4										
				10,5										
van Der Velden et al., 2014 (fr. opublicerad rapport)		83,7												
Laursen et al., 2007	6,5	96,5		20,8	9,1		7,8		11,7	6,5			2	
van Der Velden et al., 2014 (fr. maskin 2011)				1,8										
				3,6										
				1,1										
				2,9										
van Der Velden et al., 2014 (fr. konfidentiell källa)				4,3	7,8									
van Der Velden et al., 2014 (fr. konfidentiell källa)				8,3	6,0									
				7,6	12,0									
van Der Velden et al., 2014 (fr. konfidentiell källa)					4,4	39,2								
						1,5								
van Der Velden et al., 2014 (fr. pers. komm. 2011)					2,5									
					3,2									
					1,8									
					2,2									
van Der Velden et al., 2014 (fr. konfidentiell källa)						12,73		3,0						
van Der Velden et al., 2014 (fr. konfidentiell								5,7						



källa)														
Beton et al, 2014									1,1	36,7			1,0	1,6
									10,8					
									29,3					
Woolridge et al., 2006	126,2		29,0	89,5					49,2	35,5				
Chapman, 2010 (fr. SIE project, 2007)	108													

Tabell iv. Energisammanställning för produktion av kläder tillverkade av återvunnen polyester från och med livscykel faserna råmaterialutvinning till och med tillverkning av färdiga klädesplagg. Energin är redovisad i megajoule per kilo kläder (MJ/kg).

författare	råmaterial		fiberframställning		garn- & tygframställning			våtprocesser			tillverkning av färdiga plagg		
	insamling	sortering	kemisk process (DMT)	polymerisering	(resin-smältning)	spinning	vävning	stickning	förbehandling (tvätt, torkning)	blekning	färgning/tryck	slutbredning	design, klipp, sy, strykning
Patagonia (u.å.)			12			58,4*			58*			3,7*	

\*Approximation: Medelvärde för angivet livscykel fas från produktionen av kläder med nyproducerad polyester beräknad av författare.

Tabell v. Energisammanställning för produktion av kläder tillverkade av ekologisk bomull från och med livscykelfaserna råmaterialutvinning till och med tillverkning av färdiga klädesplagg. Energin är redovisad i megajoule per kilo kläder (MJ/kg).

författare	råmaterial	fiberframställning	garn- & tygframställning	våtprocesser				tillverkning av färdiga plagg				
				ginning, kardning	sizing (& warping)	vävning	stickning		förbehandling (tvätt, torkning)	blekning	färgning/tryck	slutbredning
	odling, inkl. bränsle etc	rensning och balning	ginning, kardning	spinning	sizing (& warping)	vävning	stickning	förbehandling (tvätt, torkning)	blekning	färgning/tryck	slutbredning	design, klipp, sömnad, strykning och finishing
Kalliala & Nousiainen, 1999*	53,6											
Cherett et al., 2005*	11,7											
	12											
Kalliala & Nousiainen, 2000						5,4				79		
Laursen et al., 2007				11,6			9,39	12				
van Der Velden et al., 2014 (fr. pers. komm. 2010)				12,0		15,8	0,9					
				5,3		10,7	0,8					
Koç, & Kaplan, 2007				12,8	18,2							
				9,1								
				12,0								
				13,1								
				24,5								
				11,0								
				19,9								
van Der Velden et al., 2014 (fr. konfidentiell källa)				9,9								
van Der Velden et al., 2014 (fr. Dahllöf, 2004)				6,3								
				18,4								
van Der Velden et al., 2014 (fr. SimaPro databas, vers. 2012)				18,4		25,5						
				12,2		10,9						
van Der Velden et al., 2014 (fr.				10,4								

opublicerad rapport)												
van Der Velden et al., 2014 (fr. konfidentiell källa)						6,6		80				
						15,1						
van Der Velden et al., 2014 (fr. pers. komm. 2010)						47,6						
							29,3					
van Der Velden et al., 2014 (fr. opublicerad rapport)							3,3	21,8				
							4,4					
							4,4					
							4,4					
							16,7					
							19,7					
							8,4					
Chapman, 2010 (fr. BIOIS, 2007)						252,2						
Collins & Aumônier, 2002		23,7		73,0			26,0		22,2			7,1
Turley et al., 2010						161,4						

\*Studie med data för ekologisk bomull.

## Bilaga iv - Sammanställning av data för beräkning av utsläpp till luft från klädproduktion

Nedan redovisas data för beräkningar av utsläpp till luft relaterade till klädproduktion av återvunnen polyester, nyproducerad polyester och ekologisk bomull (Tabell vi, Tabell vii och Tabell viii).

Tabell vi. Fördelning av energikällor (energimix) för energiförsörjning i Japan, Indien, Estland och Kina redovisat i procent (%).

<b>JAPAN*</b>		<b>INDIEN**</b>		<b>ESTLAND***</b>		<b>KINA****</b>	
kol	33	kol	43	oljeskiffer	87	naturgas	4
förnybar	13	olja	24	biomassa	9	olja	20
olja	15	biomassa	25	vindkraft	4	vattenkraft	6
naturgas	39	kärnkraft	8			kol	70

\*Kärnkraft <1% har ej inberäknats för Japans energimix.

\*\*Övriga energikällor <1% har ej inberäknats för Indiens energimix.

\*\*\*Naturgas <1% samt övriga energikällor <1% har ej inberäknats för Estlands energimix.

\*\*\*\*Kärnkraft <1% samt förnybara energikällor <1% har ej inberäknats för Kinas energimix.

Tabell vii. Energiförbrukning av klädproduktion fördelat på energikällor som används i produktionslandet redovisat i kilowattimme (kWh).

<b>ÅTERVUNNEN POLYESTER (Japan)</b>		<b>NYPRODUCERAD POLYESTER (Kina)</b>		<b>EKOLOGISK BOMULL (Estland &amp; Indien)</b>	
kol	13,4	naturgas	2,4	oljeskiffer	33,1
förnybar	5,3	olja	12,1	biomassa	3,4
olja	6,1	vattenkraft	3,6	vindkraft	1,5
naturgas	15,8	kol	42,5	kol	5,9
				olja	3,3
				biomassa	3,4
				kärnkraft	1,1

Tabell *viii*. Utsläpp av koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider från olika energikällor i produktionsländerna redovisat i gram per kilowattimme (g/kWh). Data taget ur Gavrilova et al. 2005; Graus & Worrell, 2006; Hussy et al., 2014; IEA, 2006; IEA, 2012; IEA, 2013a; IEA, 2013b och Phoochinda, 2012.

	KINA			INDIEN			JAPAN			ESTLAND		
	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
<b>naturgas</b>	519	0	0,3	399	0*	0,3*	425	0*	0,3*		0*	0,3*
<b>olja</b>	794	3	0,95	1334	3*	0,95*	645	0,5	0,4	635**		
<b>kol</b>	954	6	1,9	1297	4	2,1	837	0,3	0,5	860**	3,34*	1,47*
<b>kärnkraft</b>												
<b>oljeskiffer</b>										1100	7,8	0,9
<b>förnybart</b>												
<b>vattenkraft</b>												
<b>biomassa</b>				46	0,3	2,5				46	0,3	2,5

\*Approximerat med utsläppsdata från Kinas energikällor.

\*\* Approximerat med utsläppsdata från OECD:s medlemsländer.





**LUNDS**  
UNIVERSITET

**WWW.CEC.LU.SE**  
**WWW.LU.SE**

**Lunds universitet**

**Miljövetenskaplig utbildning**  
**Centrum för miljö- och klimatforskning**  
**Ekologihuset**  
**223 62 Lund**