

# Miljöbedömning Green Cover

Referensmiljöer för framtidens produkter

DATUM: 2011-05-27

FÖRFATTARE: Lena Stig

---

VI HAR FÅTT STÖD AV

**TILLVÄXT  
VERKET**

*En investering för framtiden*



EUROPEISKA  
UNIONEN  
Europeiska  
regionala  
utvecklingsfonden

**Jegrelius** 

EN DEL AV REGIONFÖRBUNDET JÄMTLANDS LÄN



## Sammanfattning

Med projektet *Referensmiljöer för framtidens produkter* arbetar Jegreliusinstitutet för att stödja små och medelstora företag med att nå de konkurrensfördelar som miljödrivna marknader erbjuder. Ett av momenten för att nå detta är att erbjuda varje deltagande företag individuell rådgivning gällande marknad och kommunikation av den egna produktens miljöprestanda. I den här rapporten ger vi därför en enkel omvärldsbeskrivning men framförallt en bedömning av miljöprestanda för produkten GreenCover som saluförs av företaget PolymerFront AB.

Produkten GreenCover är ett duschskydd ämnat för att skydda armar och ben som gipsats eller av andra orsaker behöver skyddas mot vatten. GreenCover tillverkas av en komposterbar plast där minst hälften kommer från en förnyelsebar källa.

Vi har utfört en miljöbedömning av GreenCover i förhållande till produkterna Isi Duschskydd, AquaProtect samt en vanlig bärkasse med tejp genom att belysa och bedöma dessa utifrån tre olika perspektiv:

- Miljöpåverkan under produkternas livscykel
- Ett generellt hållbarhetsperspektiv
- Ingående kemikalier i produkterna

Det som skiljer produkterna från varandra är främst platsammansättning vilket innebär olika produktionsmetoder samt olika avfallsscenarios. I den här bedömningen av miljöprestanda har vi därför valt att fokusera på tillverkningsledet och avfallsledet. Vid en LCA Screening har 10 duschtillfällen av en vuxen underarm valts som funktionell enhet.

Den största miljöbelastningen för GreenCover ligger i dag utifrån livscykeldata på råvarutillverkningen. Att tillverka plast från majs är energikrävande jämfört med exempelvis att tillverka polyeten. Vid LCA Screening i jämförelse med alternativen blir det dock inte utslagsgivande eftersom vikten för varje GreenCover duschskydd är låg. 10 duschtillfällen av en vuxen underarm som funktionell enhet gav flergångsprodukten av polyuretan låg klimatpåverkan och låg energiförbrukning. Polyuretan är dock det sämsta alternativet ur kemikaliesynvinkel. Polyuretan tillverkas av giftig isocyanater och det finns risk för isocyanatmissioner vid förbränning.

Från ett hållbarhetsperspektiv är det GreenCover, med störst andel förnyelsebar råvara, som bedöms vara bäst. Vid tillverkning av PLA, polymjölksyra, som ingår i GreenCover bör då en GMO fri majs användas samt obesprutad majs för att inte stå i konflikt med systemvillkor.

Miljöbedömningen visar att GreenCover är ett bra miljöalternativ och att det finns förbättringspotential. Andelen förnyelsebar råvara kan utökas, belastning från transporter kan minskas, men för att nå full potential krävs att avfallshanteringen förbättras. Att tillsammans med produkten tillhanda tydliga instruktioner om vad som bör ske med produkten efter användning kan vara ett sätt. Ett annat sätt är att arbeta för en avfallslogistik med låg miljöbelastning för komposterbara plaster och förse kunden med en praktisk lösning.



Sammanfattning .....	i
1 Inledning.....	1
1.1 Om Jegrelius - Institutet för tillämpad Grön kemi .....	1
1.2 Projektet Referensmiljöer för framtidens produkter .....	1
1.3 Rapportens syfte och användning .....	1
2 Omvärldsbeskrivning .....	1
2.1 En plast bland andra .....	1
2.2 Vilka duschskydd finns på marknaden?.....	3
2.3 Några centrala begrepp.....	3
2.4 Trender /Vad är på gång? .....	4
3 Metod .....	5
3.1 Jegreliusmodellen.....	5
3.2 Funktionell enhet.....	6
3.3 Livscykelperspektiv .....	6
3.4 Hållbarhetsanalys .....	7
3.5 Kemikaliebedömning .....	7
4 Miljöbedömning .....	8
4.1 Jämförande livscykelanalys.....	8
Beskrivning av GreenCovers livscykel .....	8
Förutsättningar .....	9
Resultat.....	10
Jämförelse med annan LCA studie på plastpåsar .....	12
4.2 Hållbarhetsresonemang .....	14
Kritiska flöden ur ett systemvillkorsperspektiv .....	15
Diskussion .....	15
Slutsats .....	16
4.3 Kemikaliebedömning .....	16
4.4 Samlad miljöbedömning .....	19
5 Diskussion och rekommendationer .....	20
6 Referenser.....	21



## 1 Inledning

### 1.1 Om Jegrelius - Institutet för tillämpad Grön kemi

Jegrelius - institutet för tillämpad Grön kemi är en oberoende aktör utan vinstintressen som arbetar tillsammans med konsumenter, företag och offentlig sektor för att stimulera efterfrågan och produktion av giftfria produkter. Visionen är att bidra till tryggare miljöer i människors vardag. Jegreliusinstitutet handleder företag i kemikaliefrågor, driver projekt och stöttar kommuner och landsting i innovationsupphandlingar. Jegreliusinstitutet är en utvecklingsenhet inom Regionförbundet Jämtlands län.

### 1.2 Projektet Referensmiljöer för framtidens produkter

Projektet Referensmiljöer för framtidens produkter drivs av Jegrelius – institutet för tillämpad Grön kemi och löper under tre år. Projektet startade 1 juli 2010. Avsikten med projektet är att stödja små och medelstora företag med att nå de konkurrensfördelar som de miljödrivna marknaderna erbjuder och samtidigt underlätta för landsting och kommuner att i större utsträckning köpa miljöanpassade produkter.

Projektet finansieras av Europeiska regionala utvecklingsfonden, Tillväxtverket (Miljödrivna marknader), Länsstyrelsen Jämtlands län och Regionförbundet Jämtlands län.

I projektet gör Jegreliusinstitutet, som en oberoende aktör, en granskning av de deltagande företagens produkter. Produkternas miljöpåverkan jämförs med utvalda konkurrerande funktionslösningar utifrån Jegreliusinstitutets modell för miljöbedömningar, vilken beskrivs under 3.1 Metod.

### 1.3 Rapportens syfte och användning

Syftet med denna rapport är att på ett överskådligt sätt redogöra för GreenCovers påverkan på miljön jämfört med alternativ på marknaden. Rapporten ska hjälpa Polymerfront AB att bli tryggare och mer korrekt i sina miljöargument gällande aktuell produkt och då Polymerfront AB finner det lämpligt vara ett komplement i sin kommunikation med kund.

## 2 Omvärldsbeskrivning

### 2.1 En plast bland andra

Sedan plastens intåg i vårt samhälle på 1950-talet har det utvecklats ett flertal olika plaster med olika ändamål. Plastproduktionen har dessutom ökat exponentiellt och var 2009 uppe på 250 miljoner ton<sup>1</sup> globalt, där Europa står för 24 %. Tyskland följt av Italien är de två länder

---

<sup>1</sup> Källan är PlasticsEurope Market Research Group

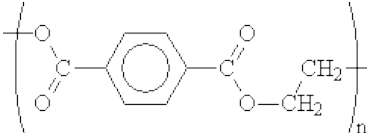
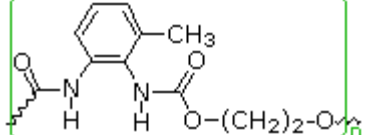
som tillverkar mest plast i Europa. Förpackningar står för 40 % av europatillverkad plast följt av byggsektorn med 20%<sup>2</sup>.

Fördelningen mellan efterfrågade plastmaterial kan utläsas i tabell 1 nedan.

Den minsta repeterande enhet i en polymer kallas monomer och plaster namnges efter den enheten. Polyeten tillverkas alltså av eten.

Polyeten är en representant för termoplaster som kan omformas vid förhöjd temperatur och sedan bli formstabila efter nedkylning. Härdplaster, som inte kan omformas, är den andra kategorin där polyuretan är en representant. Polyuretan används till bland annat cellplaster.

Tabell 1. De vanligaste plasttyperna i Europa 2009<sup>3</sup>

Plasttyp	Förkortning	Andel %	Repeterande enhet
Polypropen	PP	19	$-\text{[CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{)]}_n\text{-}$
Polyeten, Låg densitet, Linjär låg densitet	PE-LD, PE-LLD	17	$-(\text{CH}_2\text{-CH}_2)_n\text{-}$
Polyeten, Hög densitet	PE-HD	12	$-(\text{CH}_2\text{-CH}_2)_n\text{-}$
Polyvinylklorid	PVC	11	$-(\text{CH}_2\text{-CHCl})_n\text{-}$
Polystyren, exbanderbar polystyren	PS, PS-E	8	$-\text{[CH}_2\text{-CH(C}_6\text{H}_5\text{)]}_n\text{-}$
Polyetentereftalat	PET	8	
Polyuretan	PU alt PUR	7	
Övriga		18	

De plaster som används i befintliga duschskydd är alla tillverkade av en råvara med fossilt ursprung och är polyeten, Low Density Poly Eten (LDPE), sampolymeriserat med n-butylakrylat och eten (EBA) samt termoplastisk polyuretan. LDPE är en lågdensitetspolymer som är grenad med både korta och långa sidokedjor. Den används bland annat till livsmedelsförpackningar.

Råvaran för plasttillverkning har historiskt varit av fossilt ursprung, från råolja, men bioplaster som PLA, plaster baserade på förnyelsebara källor är på frammarsch. En annan plast görs av stärkelse från potatis.

Att det är en bioplast innebär inte per automatik att det är ett hållbart alternativ. Det är viktigt att beakta att råvaruttag, produktion och avfallshantering sker på ett hållbart sätt.

- Att odla, skörda och samla in råvarorna på ett hållbart sätt

<sup>2</sup> Plastics- the Facts 2010, An analysis of European plastics production, demand and recovery 2009

<sup>3</sup> Plastics- the Facts 2010, An analysis of European plastics production, demand and recovery 2009



- Att sträva efter en tillverkning efter Grön kemis 12 principer
- Att sträva efter ett kretsloppstänkande där plasten antingen innehåller en hög andel återvunnet material och är anpassad för att kunna återvinnas, eller är bionedbrytbart på säkert sätt till organiskt användbart material.

## 2.2 Vilka duschskydd finns på marknaden?

Antal frakturer på underarm i Sverige uppskattas till ungefär 10 000 per år<sup>4</sup>, vilket beroende på fraktur gör att patienten behöver skydda armen mot fukt efter gipsning. Därtill kommer ett antal vårdtillfällen som inte är relaterade till frakturer. Tio dagar för stygn och två veckor för gipsskena är det minsta skyddsbehovet för patienten.

Patienten kan i dag välja att köpa duschskydd på bland annat Apoteket eller att använda en egen konstruktion av vanlig bärkasse eller sopsäck och tejp.

De produkter som finns på den svenska marknaden är

1. Isi Duschskydd som består av Polyetenplast blandad med eten-butyl akrylat (EBA) och tejp med allergitestat tejplim. Duschskyddet omges av ett skyddshölje som består av silikonbehandlat ej klorblekt papper. Förpackningen består av polyetenplast. Isi duschskydd finns i sex storlekar och säljs i 5-pack. Duschskyddet saluförs Trading AB som är ett svenskt bolag. [www.laketrading.se](http://www.laketrading.se) och finns att köpa på Apoteket. Tillverkningen sker i Norge av Norgesplaster AS.
2. Aqua protect är ett dusch-och badskydd tillverkat av polyuretan. Det kan användas flera gånger och finns i fyra olika modeller med två storlekar per modell. AquaProtect tillverkas av Prämeta.<sup>5</sup> Svensk återförsäljare är Eir Medic. [www.eirmedic.se](http://www.eirmedic.se)
3. En vanlig bärkasse består vanligen av en lågdensitets polyeten (LDPE).

## 2.3 Några centrala begrepp

Det råder i dag en begreppsförvirring angående olika termer som används för plaster generellt och bioplaster i synnerhet. Nedan kommer begrepp som används i den här skriften förklaras.

Bioplast definieras i de flesta fall som en polymer tillverkad från förnyelsebara naturresurser, men det finns även en definition om att det är en plast som ska vara biologiskt nedbrytbar. I bästa fall är båda kriterierna uppfyllda.

Naturlig polymer En plast består av en eller flera polymerer, sampolymer, och oftast tillsatser. Polymeren kan vara syntetisk, men den kan även finnas naturligt. Protein, stärkelse och cellulosa är exempel på naturliga polymerer.

Bionedbrytbar En plast är biologiskt nedbrytbar om den bryts ner av mikroorganismer. Vanligtvis blir slutprodukterna vatten, koldioxid och/eller metan och ny biomassa. I Europa

<sup>4</sup> Läkartidningen nr 8 2006 Volym 103 s 532, s 52, Antal vårdtillfällen/ huvuddiagnos s52

<sup>5</sup> <http://www.praemeta.de/en/medizin/bb.php>

hänvisas till EN 13432 där det står att materialet måste ha en förmåga att omvandlas till koldioxid med hjälp av mikroorganismer. Det mäts med testmetoden EN 14046 även publicerad som ISO 14855.

Komposterbart Vid kompostering sker nedbrytningen med hjälp av mikroorganismer och vid närvaro av syre. Enligt den standard som finns för att bedöma komposterbarheten för ett material skall nedbrytningen ske på mellan 6 och 12 veckor. För att definieras som komposterbar behöver dock inte materialet vara från förnyelsebar källa, dvs av biologisk ursprung. Kriterier enligt ASTM D6400, ASTM6868-03 för USA. I Europa regleras komposterbarhet av EN 13432. Internationell standard för komposterbar plast är ISO 17088<sup>6</sup>

Förnyelsebara resurser naturresurser som kan förnyas, gäller både energi och biologiskt material

Förnyelsebar råvara innebär att den är förnybar och i praktiken är det material från växtriket

Återvinningsbar Ett material kan återvinnas både i form av materia och som energi. Ibland redovisas de åtskilda och ibland tillsammans.

Energiåtervinning innebär i praktiken förbränning

## 2.4 *Trender /Vad är på gång?*

En intressant utveckling i riktning mot ökad andel bionedbrytbara plastpåsar har skett i Italien.<sup>7</sup> I början av 2011 förbjöds nämligen icke nedbrytbara plastpåsar i Italien. Implementeringen av lagen blev kontroversiell med miljöaktivister som hejade på förbudet och plastindustrin som motsade sig förbudet. Lagen medför att detaljhandeln inte får ge eller sälja traditionella polyetenpåsar. Detaljhandeln fasar därmed ut påsar av fossilt ursprung och erbjuder komposterbara påsar alternativt tygpåsar. En vinnare i sammanhanget är Novamont<sup>8</sup> som är Italiens ledande producent av bioplaster.

Italiens gummi och plast federation<sup>9</sup> uppskattar att en omställning av maskinparken för bionedbrytbara påsar kostar 30 000- 50 000 Euro. Samtidigt har miljöorganisationen Legambiente beräknat att utfasningen av de oljebaserade påsarna minskar koldioxid emissionerna med 180 000 ton per år.

Konsekvenserna av förbudet återstår att se.

På europainivå ser EU över mål för hantering av bioavfall.

I Sverige arbetar Naturvårdsverket med en ny nationell avfallsplan som ska vara klar hösten 2011.

Vid upphandlingar av ställs allt oftare krav på att plastprodukter och förpackningar bör vara av förnyelsebart ursprung och återvinningsbara samt med minimalt innehåll av farliga ämnen.

Inom vården exempelvis förekommer ett stort antal förbrukningsvaror av plast där man kan lägga in förnyelsebart ursprung eller återvinningsbar som börkrav.

<sup>6</sup> ISO 17088 Specifications for compostable plastics

<sup>7</sup> Informationen extraherad från artikel publicerad 5 jan 2011/

<sup>8</sup> [www.novamont.com](http://www.novamont.com)

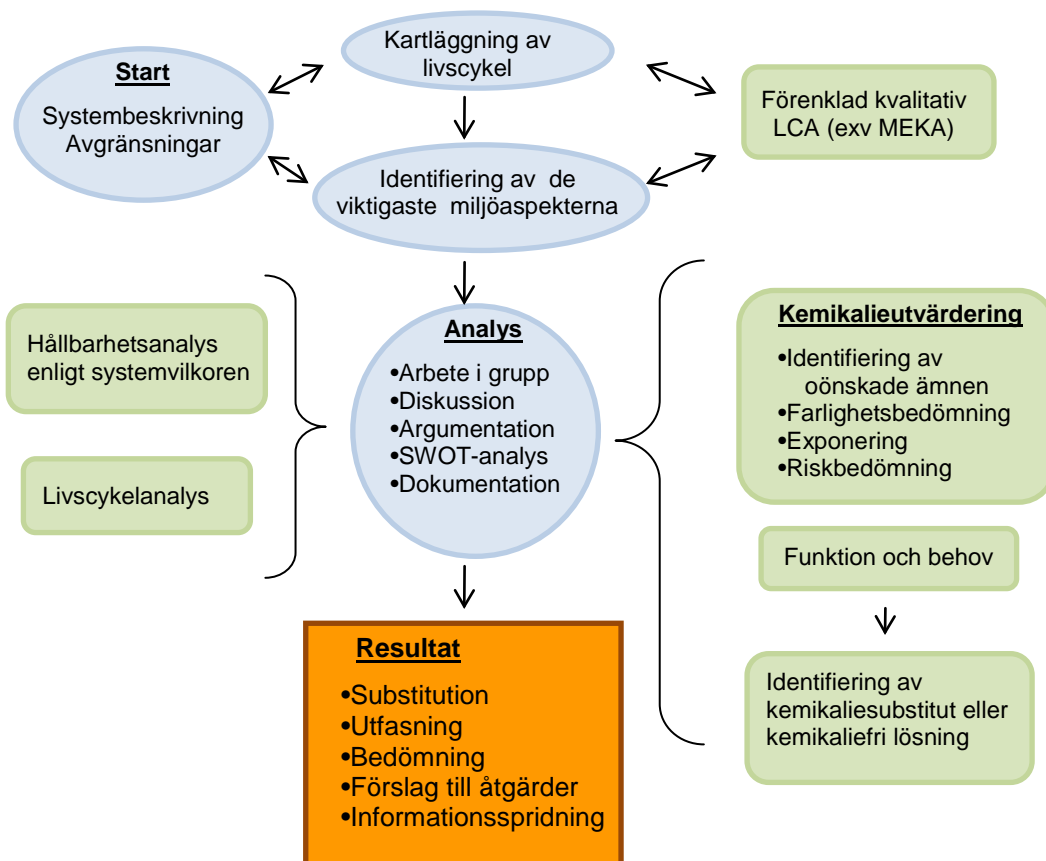
<sup>9</sup> [www.federazionegommaplastica.it](http://www.federazionegommaplastica.it)

Nationella substitutionsgruppen för kemikalier i varor<sup>10</sup> arbetar för att fasa ut farliga ämnen. Vid substitution prioriterar de efter volym, miljö och hälsoegenskaper, risk/exponering, potential till substitution, resistens (för antibakteriella ämnen), livscykelperspektiv (speciellt avfall) samt övriga aspekter som ändliga resurser eller ej.

### 3 Metod

#### 3.1 Jegreliusmodellen

För att utföra en bedömning av produktens miljöprestanda har vi arbetat utefter *Jegreliusmodellen* som definierar och beskriver vilka värderingar vi har samt vilka metoder och verktyg som vi kan använda (Figur 1). Vi gör här en samlad miljöbedömning baserat på livscykelanalys (LCA), en generell hållbarhetsanalys samt en riskbedömning av ingående kemikalier. Med en LCA får vi bild av produktens miljöpåverkan under hela dess livscykel men det ger också data och kunskap om produkten som också användas vid hållbarhetsbedömning och riskbedömning av ingående kemikalier.



**Figur 1:** Jegrelius arbetsmetod för att arbeta med bedömning av hälso- och miljöprestanda i olika typer av analyser, utredningar och substitutionsarbete.

<sup>10</sup> <http://www.msr.se/sv/Upphandling/Kemikalier/Substitutionsgruppen/>

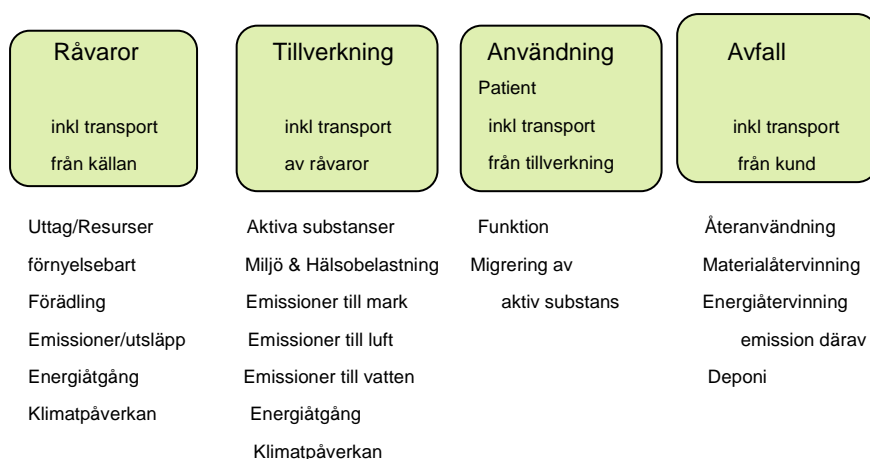
### 3.2 Funktionell enhet

För att kunna bedöma GreenCover miljöprestanda i förhållande till konkurrerande produkter utgår vi från funktion. För att korrelera funktion mot miljöprestanda för olika produkter används måttet funktionell enhet. Med funktionell enhet används här 10 duschtillfällen för vuxen underarm. För de olika produkterna översätts det med 10 påsar för GreenCover och Isi duschskydd. För AquaProtect antas att en påse används och för bärkassealternativet antas att fem påsar används.

### 3.3 Livscykelperspektiv

En bedömning av produktens egenskaper ur ett livscykelperspektiv med en förenklad jämförande livscykelbedömning ; råvara, produktion, användning och avfall har utförts. För att bedöma miljöbelastningen under hela livscykeln för produktens och konkurrerande produkter har generella livscykeldata för energiåtgång och klimatpåverkan inhämtats från forskningslitteratur, LCA-rapporter, LCI-databaser och produktdatablad.

En begränsning har gjorts genom att endast fokusera på skillnader mellan produkterna.



**Figur 2: De fyra stegen i en översiktlig livscykel**

På uppdrag från Jegrelius med underlag från den initiala litteratursökningen har konsult företaget Miljögiraff utfört en Life Cycle Assessment screening där GreenCover jämförts med tre alternativ.<sup>11</sup>

Miljögiraff har använt sig av LCA mjukvaran SimaPro<sup>12</sup> med LCI data från databasen EcoInvent<sup>13</sup> med ReCiPe<sup>14</sup> som utvärderingsmetod.

<sup>11</sup> Life Cycle Assessment Screening Av GreenCover tillverkad av Polymerfront, Miljögiraff

<sup>12</sup> [www.pre.nl/content/simapro-Ica-software](http://www.pre.nl/content/simapro-Ica-software)

<sup>13</sup> [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch)

<sup>14</sup> [www.pre.nl/download/misc/ReCiPe\\_main\\_report\\_final\\_27-02-2009\\_web.pdf](http://www.pre.nl/download/misc/ReCiPe_main_report_final_27-02-2009_web.pdf)

Inför beräkningarna har antaganden utförts i samråd med Jegrelius. Ett antagande är att transporter ska likställas eftersom de finns ett flertal olika plastleverantörer med liknande avstånd samt att tillverkning av PLA kan komma att göras i Europa inom en snar framtid. Två av produkterna har vägts och GreenCovers vikt har uppskattats utifrån tjocklek och densitet.

Begränsningar i databasinnehållet gör att PBAT har översatts av ingående utgångsmaterial; Och för EBA har beräkningarna baserats på EVA.

### 3.4 Hållbarhetsanalys

Vid miljöbedömning och substitution är det viktigt att fråga sig om det är ett steg mot hållbarhet och om det är en flexibel plattform för ytterligare förbättring. De systemvillkor som måste uppfyllas för att nå ett hållbart samhälle har beskrivits av Holmberg 1995<sup>15</sup> och 1998<sup>16</sup> enligt följande:

I ett hållbart samhälle förstörs inte naturens funktion och mångfald genom:

1. Systematiskt ökande koncentration av ämnen från berggrunden
2. Systematiskt ökande koncentration av ämnen från samhällets produktion
3. Systematiskt överuttag, undanträngning och manipulation av ekosystemens förmåga att skapa nyttigheter.
4. I ett hållbart samhälle är hushållningen med resurser så effektiv och rättvis att de mänskliga behoven tillgodoses överallt

De fyra villkoren ovan ger en ram som en tänkt målbild måste rymmas inom, för att kunna vidmakthålla värderingen om att framtida generationer ska ha samma förutsättningar som vi.

Clean Protection Action<sup>17</sup> använder sig av ett poängsystem för att bedöma om en plast är hållbar enligt de tre punkterna och har en skala från F till A+ där A+ är det bästa möjliga. PLA ligger där på A- vid en hållbar hantering men kan inte bli bättre än C+ om bekämpningsmedlet atrazin och GMO används.

Vårt hållbarhetsresonemang av GreenCover görs i relation till de tre utvalda produkterna med stöd från Hedenmark Ecoprofits.

### 3.5 Kemikaliebedömning

Det finns ett stort antal kemikalier som vi är övertygade om att de bör fasas ut från vårt samhälle. Många av dessa ämnen är uppmärksammade och upptagna på olika listor över prioriterade ämnen. Exempel på några sådana listor är tex. ChemSecs SINLIST<sup>18</sup>, ECHAs kandidatlista<sup>19</sup> över särskilt farliga ämnen (Substances of Very High Concern, SVHC) och Kemikalieinspektionens PRIO-databas<sup>20</sup> med utfasningsämnen och riskminskningsämnen. I

<sup>15</sup> Holmberg (1995) Socio-Ecological Principles and Indicators for Sustainability. Chalmers Universitet, Göteborg

<sup>16</sup> Holmberg (1998) Lättare att förstå – svårare att misstolka. Tidsskriften Det Naturliga Steget. Nr. 2:98

<sup>17</sup> <http://www.cleanproduction.org/Scorecard.Grades.php>

<sup>18</sup> ChemSecs SINLIST <http://www.sinlist.org/>

<sup>19</sup> ECHAs kandidatlista över SVHC

[http://echa.europa.eu/chem\\_data/authorisation\\_process/candidate\\_list\\_table\\_en.asp](http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp)

<sup>20</sup> Databasen Prio [http://www.kemi.se/templates/PRIOframes\\_4045.aspx](http://www.kemi.se/templates/PRIOframes_4045.aspx)

de fall som en aktuell kemikalie inte finns upptagen på dessa listor baserar vi vår värdering om hur farlig en kemikalie vid motsvarande kriterier.

Vi på Jegrelius anser att det vid många tillfällen är nödvändigt och i vissa fall en skyldighet att använda sig av försiktighetsprincipen. Vilket vi vill uttrycka på följande sätt: *Om vetenskapligt grundad misstanke finns för allvarlig effekt av kemikalie A, men inte för kemikalie B så bör substitution genomföras under förutsättning att funktionen i övrigt är tillfredsställande.*

Databasen Kemiska ämnen från Prevent har använts för att söka klassificering av enskilda kemikalier.

## 4 Miljöbedömning

### 4.1 Jämförande livscykelanalys

#### Beskrivning av GreenCovers livscykel

GreenCover består av ett biomaterial benämnt BIOFLEX 1110 i form av en plaststrumpa tillverkad på rulle. Bioflex 1110 i sin tur består till 20-50% av en bioplast PLA (poly lactic acide) kallad Ingeo<sup>21</sup> och 50-80% Ecoflex.

Ecoflex från BASF<sup>22</sup> är en sampolymer av butylen adipat och tereftalat, PBAT<sup>23</sup>, som i dag inte kommer från en förnyelsebar källa, men uppfyller kriterierna<sup>24</sup> för komposterbarhet. Ecoflex har ett energivärde som är >5MJ/kg vilket uppfyller EN13431 standard för avfall till energi.

Adipinsyra tillverkas från cyclohexan(40%) och nitric acid(60%)

1,4 butandiol kan tillverkas från antingen naturgas eller majsglukos

Tereftalsyra<sup>25</sup> tillverkas av ättiksyra och p-xylene. Ättiksyra kan tillverkas på ett flertal sätt, men vanligast är att utgå från metan, vatten och koldioxid för att via metanol erhålla ättiksyra. Xylen tillverkas huvudsakligen från pyrolys av bensin eller katalytisk direkt från naftalen.

Vid tillverkning av PLA utgår man från majs som odlas i USA. Ej genmodifierad majs kan väljas. Majs fermenteras till mjölksocker och konverteras till PLA av NatureWorks<sup>26</sup>.

Biopolymeren transporteras sjövägen från USA till Tyskland där komponering med Ecoflex och ett bioadditiv<sup>27</sup> 1-5% sker.

Granulatet transporteras med lastbil till Norrköping där filmerna extruderas och lim/tejpförslutning läggs till varje påse. Energiåtgång cirka 0,5 kWh/kg plast vid extrudering och troligen lägre vid komponering i Tyskland då cirkulation av processvatten sker.

<sup>21</sup> Ingeo Biopolymer 4032D, Datablad från NatureWorks LLC

<sup>22</sup> [http://www.greenerpackage.com/database/raw\\_materials/basf\\_se/ecoflex\\_biodegradable\\_resin](http://www.greenerpackage.com/database/raw_materials/basf_se/ecoflex_biodegradable_resin)

<sup>23</sup> Poly (butylene adipate-co-terephthalate)

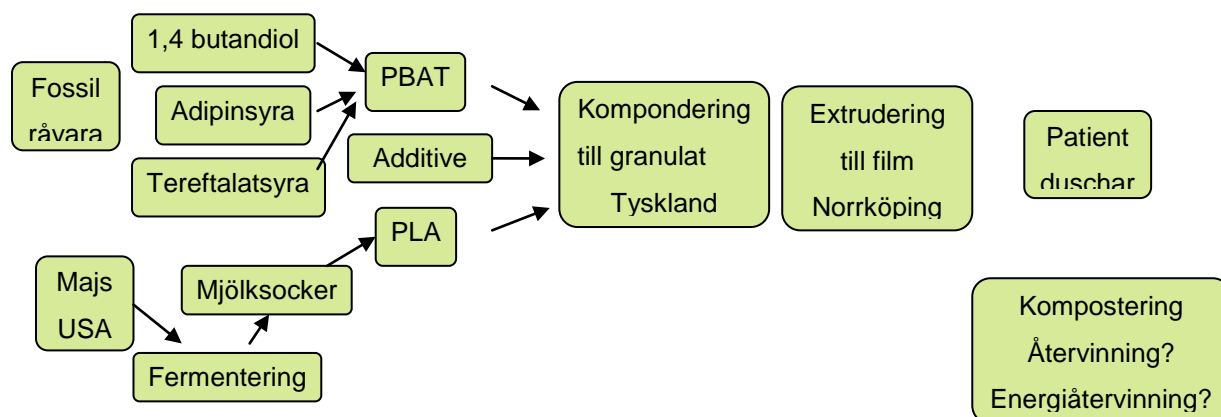
<sup>24</sup> ASTM D6400, ASTM D6868-03, CEN EN13432

<sup>25</sup> Terephthalic acid, Ecoprofiles of the European Plastic Industry, I Boustead, March 2005

<sup>26</sup> <http://www.natureworkslc.com/>

<sup>27</sup> Enligt Dincerto13432

Påsarna transporteras från Norrköping till patient via offentlig verksamhet eller försäljningsställe exempelvis apotek. Produkten kan användas både på sjukhus och hemma. Påsen sorteras som komposterbart eller brännbart.



Figur 3: Översikt GreenCovers livscykel

### Förutsättningar

Det som skiljer de fyra olika produkterna åt är att de består av olika material och därmed skiljer sig de olika tillverkningsprocesserna åt samt avfallshandling. Transporterna har inte beaktats. Utförligare dataunderlag finns i sammanställning från Miljögiraffen.<sup>28</sup>

Tabell 2. Beräkningsunderlag är uppskattat utifrån Funktionell enhet 10 duschtillfällen

Produkt	Material	Beräkningsunderlag	Vikt per påse (g)	Råvara
GreenCover	PLA + PBAT	10 påsar	4	majs
AquaProtect	Polyuretan	1 påse	35	fossil
Isi duschskydd	Polyeten + EBA	10 påsar	14,8	fossil
Bärkasse + tejp	LDPE	5 påsar	20	fossil

Det avfallsscenario som Miljögiraffen utgått från är följande:

### **Total återvinningsgrad av plast 31%.**

Material återvinning 27% och energiåtervinning 4% av återvunnen plast. GreenCover antas komposteras till 13,8%

Resterande andel plast kommer att följa ett generellt avfallsscenario för hushållssopor.

### **Avfallsscenario hushållssopor<sup>29</sup>:**

Material återvinning 35,4% Energiåtervinning 48,4%

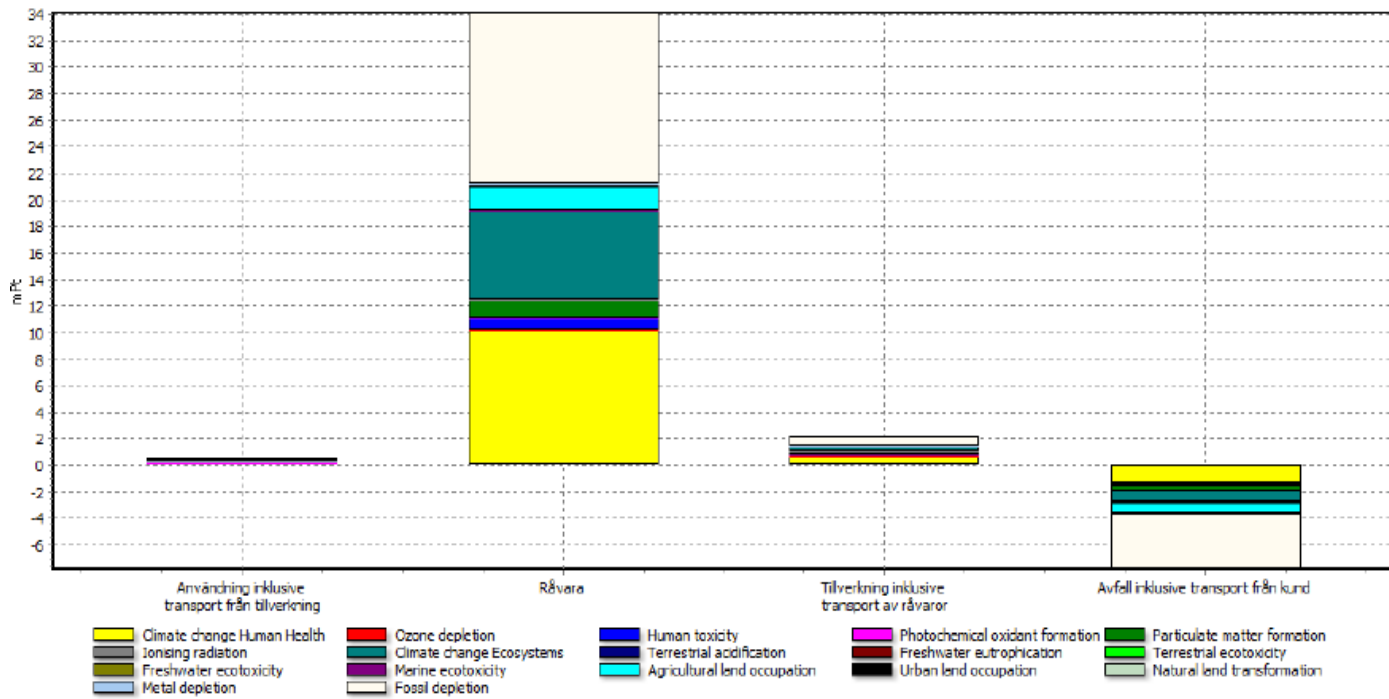
Biologisk återvinning 13,8% Deponering: 1,4%

<sup>28</sup> Life Cycle Assessment Screening Av GreenCover duschskydd

<sup>29</sup> Statistik från Avfalls Sveriges rapport: Svensk Avfallshandling 2010

## Resultat

### Enbart GreenCover

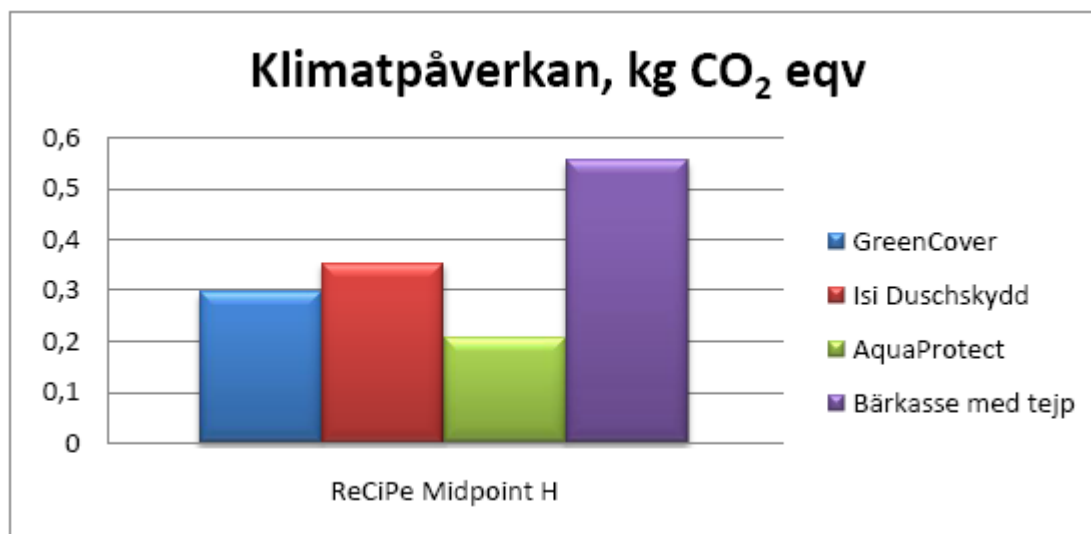


Figur 4. Miljöbelastning fördelat på användning, råvara, tillverkning och avfall

Miljöeffektkategorierna finns beskrivna som bilaga 1.

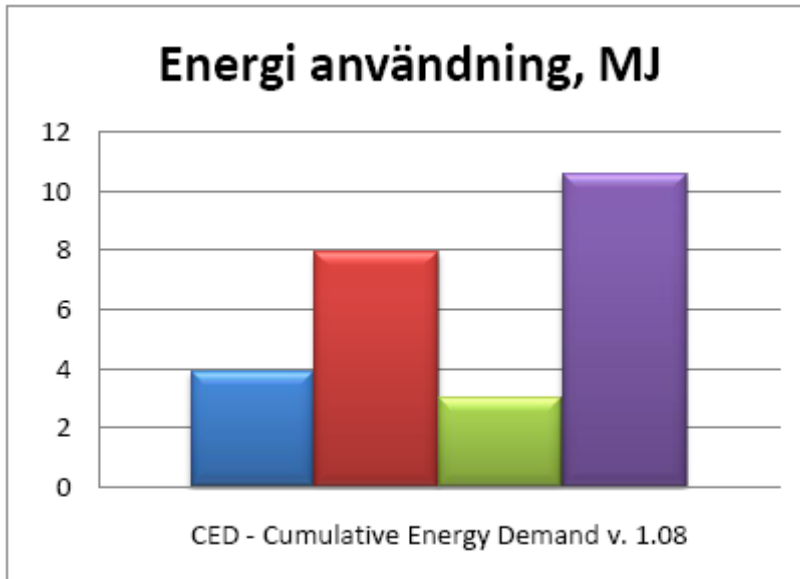
Det framgår tydligt att den största miljöbelastningen ligger på framtagning av råvaran där klimatpåverkan och förbrukning av fossila resurser dominerar.

### Jämförelse mellan de fyra alternativen



Figur 5. Klimatpåverkan mätt i koldioxidekvivalenter





Figur 6. Energiförbrukning

Tabell 3. GreenCover i jämförelse med konkurrenter

Råvara, sluthantering	CO2 Utsläpp Kg CO2 eqv	Human Toxicity kg 1,4-DB eq	Energi användning, ej förnyelsebart MJ	Energi användning, förnyelsebart MJ
<b>GreenCover Totalt</b>	0,295	0,054	3,41	0,46
<b>GreenCover Råvara</b>	0,342	0,069	5,05	0,91
<b>GreenCover Disposal</b>	-0,048	-0,015	-1,64	-0,45
<b>Isi Duschskydd Totalt</b>	0,352	0,062	6,92	1,06
<b>Isi Duschskydd Råvara</b>	0,272	0,052	9,53	1,04
<b>Isi Duschskydd Disposal</b>	0,079	0,009	-2,60	0,023
<b>AquaProtect Totalt</b>	0,205	0,021	2,91	0,139
<b>AquaProtect Råvara</b>	0,169	0,018	3,47	0,133
<b>AquaProtect Disposal</b>	0,036	0,002	-0,55	0,006
<b>Bärkasse med tejp Totalt</b>	0,554	0,202	10,3	0,28
<b>Bärkasse med tejp Råvara</b>	0,521	0,199	10,7	0,28
<b>Bärkasse med tejp Disposal</b>	0,033	0,003	-0,39	0,003

Ur tabell 3 kan utläsas att bärkassen är det sämsta alternativet i alla tre fallen.

Energiförbrukning, klimatpåverkan samt värden för hälsa visar högst värden för Bärkasse med tejp. Engångspåsen Isi av sampolymer av polyetenplast och EBA är den som hamnar näst sämst vad gäller samma faktorer. Flergångsskyddet Aquaprotect av polyuretan är det som uppvisar lägst miljöbelastning i screening LCA. GreenCover är den näst bäst produkten.

Avgörande för de resultaten är att polyuretan är en flergångsprodukt.

Att värden för bärkassen blir höga i jämförelse med GreenCover beror på att en bärkasse väger mer än vad GreenCover gör. Att bärkassen redan har använts till att bära hem matvaror

finns inte med i förutsättningar. Om man beaktat det skulle miljöbelastningen fördelats på två användningar. Och andra sidan är det mer realistiskt att efter varje duschtillfälle kasta bärkassen och därmed använda 10 påsar i stället för 5 som beräknat. Slutresultatet skulle därmed visa på hög klimatbelastning och energiförbrukning.

Höga värde på Human tox kan förklaras med att ämnen från vanlig tejp ger de värdena.

Kvantitativa livscykelanalyser fungerar ofta bra för CO<sub>2</sub>-, energi- och andra resursdata, men är inte konklusiva för kemikalier, toxicitet, biologisk mångfald, m.m.<sup>30</sup>. Den livscykelanalys som är utförd på GreenCover är endast en screening dvs gör inte anspråk på att vara fullständig. Effektkategorin "Human Toxicity", som används här bör man alltså vara försiktig med att dra slutsatser av.

En livscykelanalys speglar också bara den aktuella situationen, och inte möjliga förändringar över tid. Fördelar med komposterbarhet ger inte utslag i dagens LCA modell, samtidigt som polyuretan låga återvinningskapacitet inte avspeglas.

### Jämförelse med annan LCA studie på plastpåsar

I en LCA studie av nedbrytbara plastpåsar<sup>31</sup> har en jämförelse gjorts mellan nedbrytbara påsar och alternativ som LDPE, HDPE, grön PP, papper och calico(från bomull).

Sammansättning som för GreenCover finns inte, men det finns en påse som innehåller 50% PBAT och 50% stärkelse från majs samt en påse av 100% PLA.

Som funktionell enhet utgår de från ett hushålls påsar för matvaror under ett år. I deras beräkningar ingår transport till Australien och ett avfallsscenario fördelat på deponi, återvinning, kompostering, skräp(0,5%) och återanvändning.

Resultaten redovisas som emissioner av växthusgaser, konsumtion av ej levande resurser samt eutrofiering. Se de tre bilderna nedan.

---

<sup>30</sup> Rossi, M. (2004). Reaching the Limits of Quantitative Life Cycle Assessment".

Clean Production Action ([www.cleanproductionaction.org](http://www.cleanproductionaction.org)). Commissioned by the European Commission and authored by a consortium led by PE Europe GmbH. June 2004.

<sup>31</sup> Karli James, Tim Grant LCA of Degradable Plastic Bags, Centre for Design at RMIT University, 2002

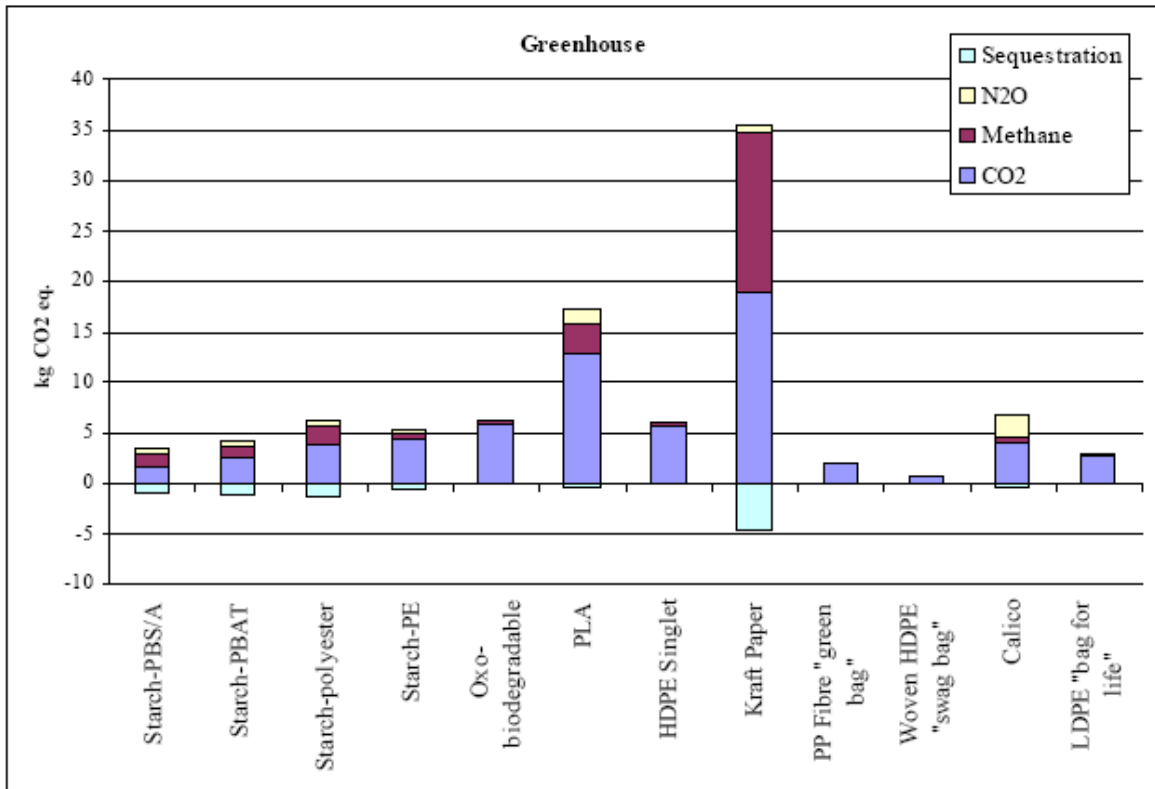
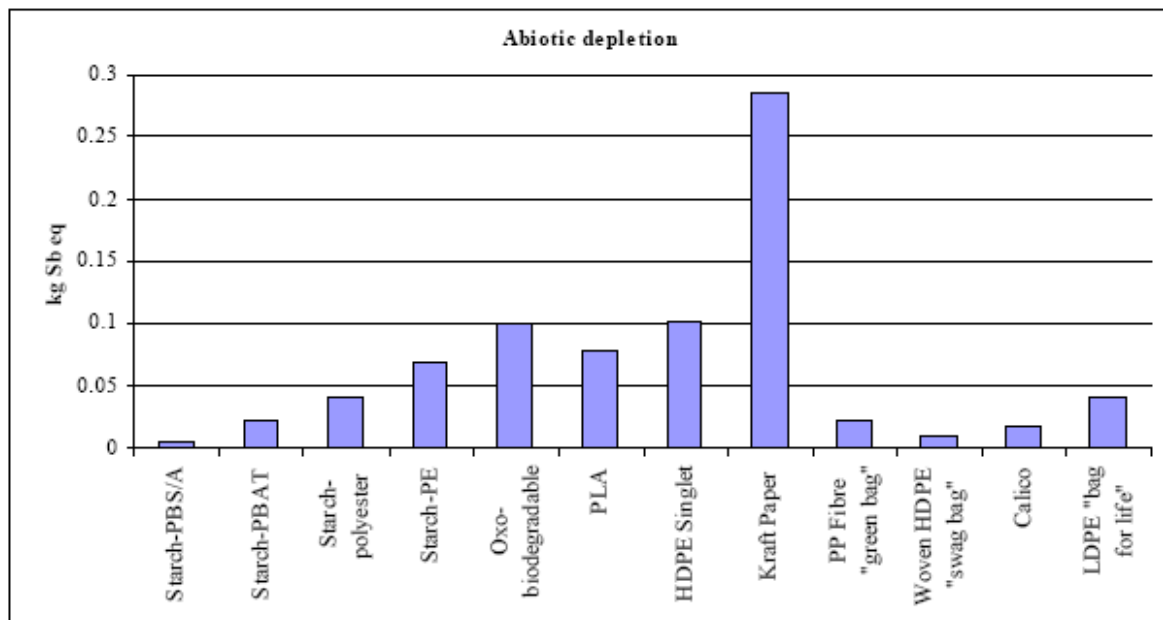
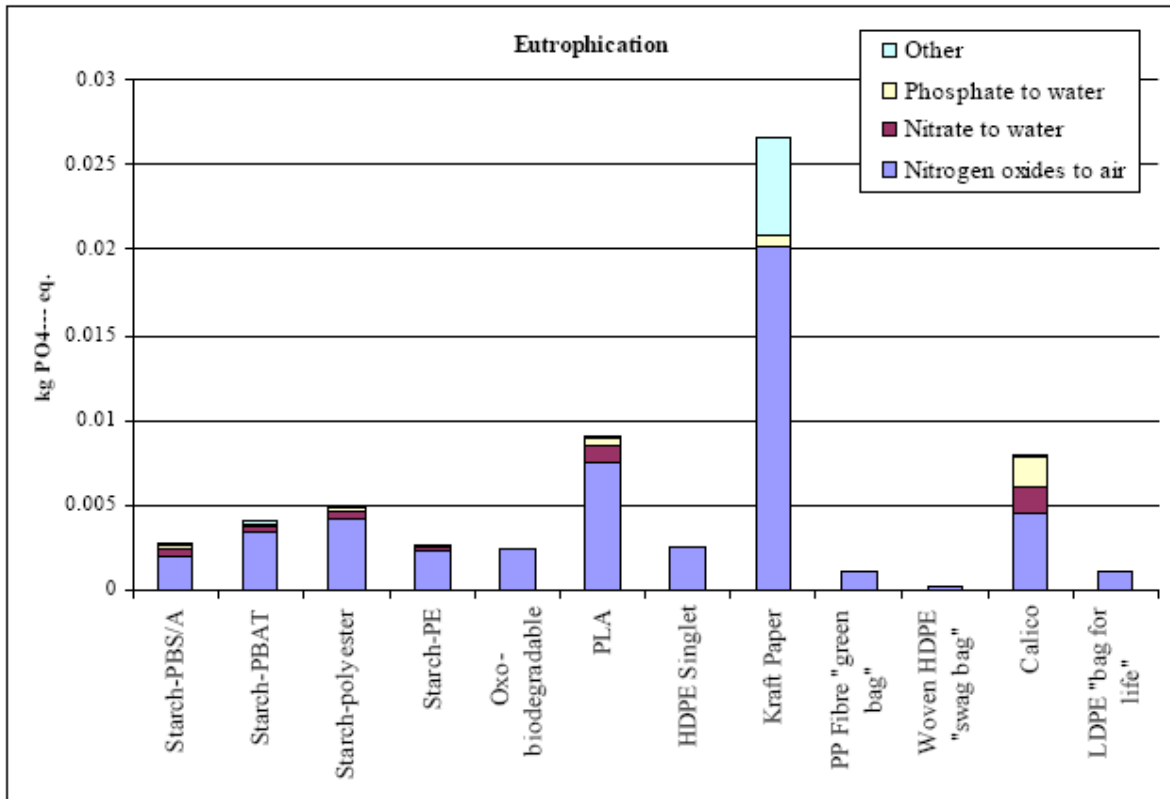


Figure 7. Växthusgasemissioner för bärkassar



Figur 8. Konsumtion av abiotiska resurser som kol, olja och gas



**Figur 9. Eutrofiering**

Intressant är här att jämföra staplarna för bioplasten PLA, den komposterbara Stärkelse-PBAT med LDPE och HDPE. Ren PLA ger i den här livscykelanalysen högst miljöbelastning av de fyra påsarna i alla tre jämförelserna och LDPE påsen ger lägst miljöbelastning i två fall av tre.

Vid screening av GreenCovers livscykel visades att det var råvaruframtagningen, dvs inklusive odling av majs och fermentering till mjölksocker som gav de störst miljöbelastning, vilket även kan ses i denna studie. Förklaring till att Isi duschskydd av LDPE inte får bättre värden är delvis att påsen väger mer samt även innehåller EBA.

#### 4.2 Hållbarhetsresonemang

Green Cover består av en komposterbar polymer som delvis består av förnybar råvara. De konkurrerande produkterna består av olika polymerer som alla har det gemensamt att de inte är komposterbara, utan består av 100% fossil råvara.

### Kritiska flöden ur ett systemvillkorsperspektiv<sup>32</sup>

En komposterbar plast behöver inte bryta mot systemvillkor 1, i det fall ingående kol fastläggs i jordskiktet och inte avgår till atmosfären.

En förnybar råvara riskerar bryta mot systemvillkor 3, om odlingen tränger undan viktiga naturliga ekosystem via GMO eller monokulturer. Användandet av konstgödsel bryter mot systemvillkor 1 och bekämpningsmedel kan riskera brott mot systemvillkor 2 i första hand. Atrazin är t.ex. en väldigt vanlig persistent herbicid i majsodlingar.

En icke komposterbar plast i kombination med fossil råvara, måste istället återvinnas till 100% för att inte bryta mot systemvillkor 1. LDPE kan fungera bra för återvinning.

Polyuretan, undantaget termoplastisk PU, är dåligt anpassad för återvinning.

Uppgifter saknas för värdering av återvinningsbarheten hos EBA, men den är sannolikt sämre än polyolefiner eftersom den är något mer komplicerad.

Prefer on top " Increasing Priority" Avoid on bottom	▲	Polypropylene, Polyethylene
	▲	Polyoxymethylene (POM), Polyamide, Thermoplastic Urethane (TPU)
	▲	Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Polymethylmethacrylate, Styrene Maleic Anhydride (SMA) copolymer, Acrylonitrile Styrene Acrylate (ASA), Styrene Acrylonitrile (SAN)
	▲	Polycarbonate, Polyethylene Terephthalate (PET), Polybutylene Terephthalate (PBT)
	▲	Thermoplastic Elastomer (TPE)
	▲	Polyurethane
	▲	Sheet Molding Compound (SMC)
	▲	Elastomer
	▲	Polyvinyl Chloride (PVC)
	▲	Mixture of incompatible materials

### Diskussion

Det är viktigt att skilja mellan konstanta och flexibla förutsättningar i bedömningarna. Det är betydligt lättare att anpassa t.ex. transportsituationen än själva materialets egenskaper. Transporter, förpackningar bör därför väga lätt i totalbedömningen.

<sup>32</sup>

1. Systematiskt ökande koncentration av ämnen från berggrunden
2. Systematiskt ökande koncentration av ämnen från samhällets produktion
3. Systematiskt överuttag, undanträngning och manipulation av ekosystemens förmåga att skapa nyttigheter.
4. I ett hållbart samhälle är hushållningen med resurser så effektiv och rättvis att de mänskliga behoven tillgodoses överallt

<sup>33</sup> Opel priority list for plastics with regard to recycling aspects (Opel 2000). [www.opel.com/corporate/download/environmental\\_report.pdf](http://www.opel.com/corporate/download/environmental_report.pdf)

Flödet av materialen är viktiga, eftersom de konkurrerande materialen kräver ett tekniskt kretslopp. Green Cover fungerar i ett biologiskt kretslopp, men klarar eventuellt även ett tekniskt kretslopp. Frågan är hur sannolikt det är att få till en återvinning respektive kompostering i avfalls logistiken? Det är nog den mest avgörande frågan för att bedöma materialens potential för hållbarhet.

Polyuretan är en tveksam plast som ofta hamnar lågt vid miljörankning<sup>34</sup>. Det beror dels på tillverkningskedet, men också på låg återvinningspotential. Den flergångsprodukt som finns med här är av termoplastisk polyuretan. En viss spridning av allergent MIT(metylenisotiocyanat) sker alltid. Vi kan därför betrakta den som det sämsta alternativet

Eftersom aktuell LCA Screening visar att Green Cover kommer på andra plats, slagen av just ett polyuretanmaterial, finns det anledning att se positivt på Green Cover.

I de fall systemen slutar i förbränning, så saknas dock ett hållbart scenario för samtliga produkter. Det är därför viktigt att Green Cover marknadsförs som ett system med kompostering.

### Slutsats

Det finns anledning att se Green Cover som en relativt bra lösning, eftersom den kan komposteras och kan ses som en möjlig positiv lösning vad gäller systemvillkor 1. Att kompostera fossila resurser innebär att man i bästa fall systematiskt omvandlar olja till jord. Men samtliga produkter saknar den förutbestämda logistiken för avfallshanteringen som gör att man kan gå i land med att inte bryta mot systemvillkor 1.

Vid tillverkning av PLA är det enligt ovan bör utifrån ett hållbarhetsperspektiv en GMO fri majs användas samt ej besprutad majs.

### 4.3 *Kemikaliebedömning*

Eftersom produkterna alla fyra består av plaster är det mest relevant att jämföra de kemikalier som används vid tillverkning och innebär risk för emissioner till mark, luft och vatten samt de fall där det finns risk för emissioner i avfallsledet exempelvis förbränning, deponi eller kompostering. Migrering från produkterna vid användning anses försumbara.

PBAT tillverkas från 1,4-butandiol, tereftalsyra och adipinsyra

Adipinsyra tillverkas från cyclohexan(40%) och nitric acid(60%)

1,4 butandiol kan tillverkas från antingen naturgas eller majsglukos

Tereftalsyra<sup>35</sup> tillverkas av ättiksyra och p-xylene. Ättiksyra kan tillverkas på ett flertal sätt, men vanligast är att utgå från metan, vatten och koldioxid för att via metanol erhålla ättiksyra.

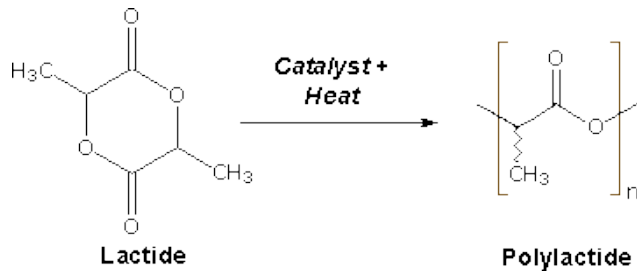
Xylen tillverkas huvudsakligen från pyrolys av bensin eller katalytisk direkt från naftalen.

PLA tillverkas från majs som fermenteras till mjölksocker

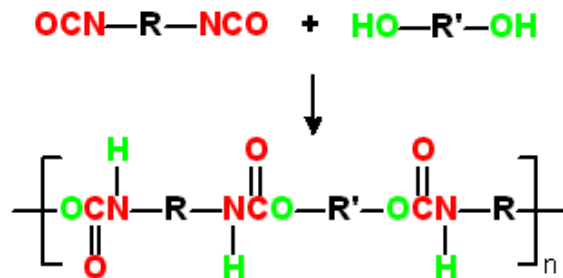
---

<sup>34</sup> Pedersen, L.B. (1999). *Plast og Miljø*. Teknisk Forlag.

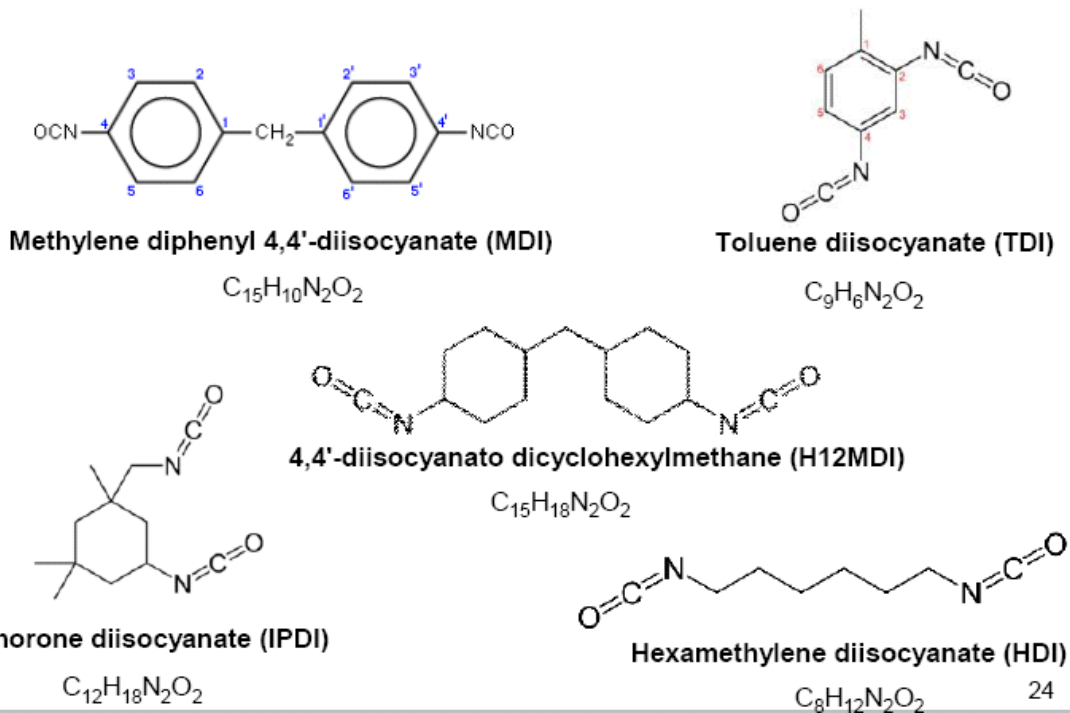
<sup>35</sup> Terephthalic acid, Ecoprofiles of the European Plastic Industry, I Boustead, March 2005



Polyuretan tillverkas genom en reaktion mellan di- och polyisocyanater och di- eller polyoler.



De flesta polyuretaner är gjorda från tre startmaterial; långkedjiga polyoler, diisocyanat och en kedjeförlängare.<sup>36</sup> Den vanligaste isocyanaten är MDI, difenylmetan diisocyanat (MDI)



Figur 10. De vanligaste Isocyanaterna för polymertillverkning.

LDPE tillverkas genom att eten i gasform polymeriseras under högt tryck och hög temperatur och initieras av exempelvis en peroxid.

<sup>36</sup> Kartläggning av vittrings- och korrosionsproblem vid hantering av matavfall, Etapp II Tätskikt på betong - State of the Art WASTE REFINERY projekt 34, SP

EBA tillverkas av eten och n-butylakrylat. Ett exempel på kommersiell EBA är Lucofin 1400HN<sup>37</sup>

**Tabell 5. Råvaror vid plasttillverkning**

Produkt	Plast	Råvaror	Cas	Klassning		
GreenCover	PBAT	1,4-butandiol		H302 Skadligt vid förtäring		
			110-63-4	Detta ämne finns med på Svenska Naturskyddsföreningens lista över ämnen som får ingå i produkter märkta med BRA MILJÖVAL		
		tereftalsyra		H315 Irriterar huden		
			100-21-0	H319 Orsakar allvarlig öginirritation H332 Skadlig vid inandning		
	PLA	Adipinsyra	124-04-9	H319 Orsakar allvarlig ögonirritation		
		Mjölksocker	63-42-3			
		Exempel		H315 Irriterar huden		
AquaProtect	Poly- uretan	Difenylmetandi isocyanat (MDI)	9016-87-9	H319 Orsakar allvarlig ögonirritation H303 Dödlig vid inandning H343 Kan orsaka allergi- eller astmasymptom eller andningssvårigheter vid inandning		
		di- eller polyol dvs polyfunktionell alkohol				
		Isi duschskydd	Polyeten + EBA	Eten	74-85-1	H336 Kan göra att man blir dåsig eller omtöcknad H220 Extremt brandfarlig gas
				n-butylakrylat	141-32-2	H315 Irriterar huden H317 Kan orsaka allergisk hudreaktion H319 Orsakar allvarlig ögonirritation H335 Kan orsaka irritation i luftvägarna
Bärkasse +	LDPE	Eten  initiator	74-85-1	H336 Kan göra att man blir dåsig eller omtöcknad H220 Extremt brandfarlig gas		

De råvaror som avviker är framförallt isocyanater som är mycket toxiska föreningar och specifika regler gäller för både arbetsmiljö och avfallshantering.

Polyuretan kan vid förbränning avge isocyanat, ofta i gasform eller i aerosolform.

Vid arbete med hårdplaster och specifikt för isocyanater finns särskilda arbetsmiljöregler<sup>38</sup>.

Vad gäller miljöskydd erfordras tillstånd av Miljödömsstol för tillverkning av basplastpolymerer.<sup>39</sup>

<sup>37</sup> Datablad från IDES prospector:

<sup>38</sup> AFS 2005:18, AFS 2005:6 32-38§§, AFS 1996:1 5§ och bil 1:13a, AFS2000:4 40§



Vid förbränning av avfall innehållande isocyanater gäller förordning om avfallsförbränning<sup>40</sup> och ämnet uppfyller kriterierna för ett prioriterat riskminskningsämne i Kemikalieinspektionens prioriteringsguide.

Ur miljöbelastningshänseende finns det även ett flertal ingående substanser och tillsatser som tungmetaller, ftalater som har negativ inverkan vad gäller plasterna.

#### 4.4 Samlad miljöbedömning

Vi vill först summera resultaten från dessa tre perspektiv var för sig.

- Miljöpåverkan under produkternas livscykel

Skillnaderna mellan de fyra olika produkterna är framförallt materialskillnader. GreenCover är komposterbar och består till hälften av en förnyelsebar råvara. Övriga tre produkter utgår alla från fossil råvara. Från användarperspektiv kan alla produkterna anses säkra ur både miljö och hälsoperspektiv. Transporter antas vara likvärdiga för alla produkterna. Skillnaderna finns alltså i tillverkningsled och avfallsled. I den LCA Screening som är utförd med avseende på klimatpåverkan och energiförbrukning uppvisar bärkassen den största miljöbelastningen och flergångspåsen av polyuretan den lägsta miljöbelastningen. GreenCover ger näst lägst miljöbelastning .

- Se på produkterna utifrån ett hållbarhetsperspektiv

Om man ser på påsarna från ett hållbarhetsperspektiv är GreenCover, som enda påsen med förnyelsebara råvaror den bästa. Valet av slutskedscenarios är viktigt för utfallet både vad gäller livscykelperspektiv och hållbarhet.<sup>41</sup>

- Bedöma den hälso- och miljörisk som produkternas ingående ämnen utgör.

Sett från arbetsmiljö finns det både säkerhetsrisker och hälsorisker vid plasttillverkning, men utan tvekan är det isocyanaterna som används vid tillverkning av polyuretaner som bör uppmärksammas. De är klassade som gift och det finns stränga restriktioner för hantering.

Även senare i avfallsskedet när polyuretan ska tas om hand finns risk för emission av isocyanater till framförallt luft.

**Tabell 6: Enkel Rangordning utifrån de tre perspektiven**

Produkt	Klimatbelastning	Hållbarhet	Kemikalier	
	& Energiförbrukning			
GreenCover	Näst lägst	bäst	bäst	Låg påsvikt
AquaProtect	lägst	sämst	sämst	
Isi duschskydd	På tredje plats	mittimellan	mittimellan	
Bärkasse + tejp	högst	mittimellan	mittimellan	

<sup>39</sup> SFS 1998:899 24.16-1

<sup>40</sup> SFS 2002:1060

<sup>41</sup> Journal of Celaner Production 17 (2009) 1183-1194

Det som skiljer produkterna från varandra är främst plastsammansättning vilket innebär olika produktionsmetoder samt olika avfallsscenarios. Bedömningen av miljöprestanda grundar sig därför främst på tillverkningsledet och avfallsledet.

Den största miljöbelastningen för GreenCover ligger i dag utifrån livscykeldata på råvarutillverkningen. Att tillverka plast från majs är energikrävande jämfört med exempelvis att tillverka polyeten. Vid LCA Screening i jämförelse med alternativen blir det dock inte utslagsgivande eftersom vikten för varje duschskydd är låg. 10 duschtillfällen av en vuxen underarm valdes som funktionell enhet vilket gav flergångsprodukten av polyuretan låg klimatpåverkan och energiförbrukning. Polyuretan är dock det sämsta alternativet ur kemikaliesynvinkel. Polyuretan tillverkas av giftig isocyanater och det finns risk för emissioner vid förbränning.

Utifrån ett hållbarhetsperspektiv är det GreenCover, med störst andel förnyelsebar råvara, som bedöms vara bäst. Vid tillverkning av PLA, polymjölksyra, som ingår i GreenCover bör en GMO fri majs användas samt obesprutad majs för att inte stå i konflikt med systemvillkor.

Miljöbedömningen visar alltså att GreenCover är ett bra miljöalternativ men att det finns förbättringspotential.

## 5 Diskussion och rekommendationer

### Förbättringspotential

Miljöbedömningen visar alltså att GreenCover är ett bra miljöalternativ och att det finns förbättringspotential. Andelen förnyelsebar råvara kan utökas, belastning från transporter kan minskas, men för att nå full potential krävs att avfallshanteringen förbättras. Att tillsammans med produkten tillhanda tydliga instruktioner om vad som bör ske med produkten efter användning kan vara ett sätt. Ett annat sätt är att arbeta för en avfallslogistik med låg miljöbelastning för komposterbara plaster och förse kunden med en praktisk lösning.

Andelen förnyelsebar råvara kan ökas i GreenCover både genom att öka andelen PLA och genom att öka andelen 1,4 butandiol från majsglukos i PBAT.

Ur hållbarhetsperspektiv viktigt att välja majs som ej är GMO eller besprutad.

För att nå sin fulla miljöpotential måste avfallshanteringen fungera bra

### Förenklad livcykelbedömning

Det är viktigt att komma ihåg att livscykelbedömningen endast är en screening som ger en fingervisning.

Transporter är exempelvis inte medtagna och det är inte verkliga värden som beräkningarna bygger på utan antagande och uppskattade scenarior. Valet av slutskedscenarios är viktigt för utfallet.

Vid en utförligare analys skulle exempel energislag vid produktion beaktas samt transportslag.

## Miljökommunikation

Eftersom GreenCovers fulla potential endast kan nå om avfallshantering ger låg miljöbelastning bör det beaktas. Att tillsammans med produkten tillhanda tydliga instruktioner om vad som bör ske med produkten efter användning kan vara ett sätt. Ett annat sätt är att arbeta för en avfallslogistik med låg miljöbelastning för komposterbara plaster och förse kunden med en praktisk lösning.

## **6 Referenser**

1. Läkartidningen nr 8 2006 Volym 103 s 532, s 52, Antal vårdtillfällen/ huvuddiagnos s52
2. Life Cycle Assessment Screening Av GreenCover tillverkad av Polymerfront, Miljögiraff
3. Plastics- the Facts 2010, An analysis of European plastics production, demand and recovery 2009, PlasticsEurope Market Research Group
4. EN 13432, European Norm Requirements for packaging recoverable through Composting and biodegradation
5. BS EN 13432:2000 Packaging – Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation – Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging
6. ASTM D6400, Standard Specifications for Compostable Plastics
7. ASTM6868-03
8. <http://www.praemeta.de/en/medizin/bb.php>
9. Informationen extraherad från artikel publicerad 5 jan 2011.
10. [www.novamont.com](http://www.novamont.com)
11. [www.federazionegommaplastica.it](http://www.federazionegommaplastica.it)
12. [www.pre.nl/content/simapro-Ica-software](http://www.pre.nl/content/simapro-Ica-software)
13. [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch)
14. [www.pre.nl/download/misc/ReCiPe\\_main\\_report\\_final\\_27-02-2009\\_web.pdf](http://www.pre.nl/download/misc/ReCiPe_main_report_final_27-02-2009_web.pdf)
15. Holmberg (1995) Socio-Ecological Principles and Indicators for Sustainability. Chalmers Universitet, Göteborg
16. Holmberg (1998) Lättare att förstå – svårare att misstolka. Tidsskriften Det Naturliga Steget. Nr. 2:98
17. <http://www.cleanproduction.org/Scorecard.Grades.php>
18. ChemSecs SINLIST <http://www.sinlist.org/>
19. ECHAs kandidatlista över SVHC
20. [http://echa.europa.eu/chem\\_data/authorisation\\_process/candidate\\_list\\_table\\_en.asp](http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp)
21. Databasen Prio [http://www.kemi.se/templates/PRIOframes\\_4045.aspx](http://www.kemi.se/templates/PRIOframes_4045.aspx)
22. [http://www.greenerpackage.com/database/raw\\_materials/basf\\_se/ecoflex\\_biodegradable\\_resin](http://www.greenerpackage.com/database/raw_materials/basf_se/ecoflex_biodegradable_resin)

23. <http://www.natureworksllc.com/>
24. Statistik från Avfalls Sveriges rapport: Svensk Avfallshantering 2010
25. Karli James, Tim Grant LCA of Degradable Plastic Bags, Centre for Design at RMIT University, 2002
26. Opel priority list for plastics with regard to recycling aspects (Opel2000). [www.opel.com/corporate/download/environmental\\_report.pdf](http://www.opel.com/corporate/download/environmental_report.pdf)
27. Pedersen, L.B. (1999). *Plast og Miljø*. Teknisk Forlag.
28. Rossi, M. (2004). Reaching the Limits of Quantitative Life Cycle Assessment". Clean Production Action ([www.cleanproductionaction.org](http://www.cleanproductionaction.org)). Commissioned by the European Commission and authored by a consortium led by PE Europe GmbH. June 2004.
29. Kartläggning av vittrings- och korrosionsproblem vid hantering av matavfall, Etapp II Tätskikt på betong - State of the Art WASTE REFINERY projekt 34 . SP
30. AFS 2005:18, Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hårdplaster
31. AFS 2005:6 32-38§§,
32. AFS 1996:1 5§ och bil 1:13a,
33. AFS2000:4 40§
34. SFS 1998:899 24.16-1
35. SFS 2002:1060
36. IVL rapport B1418, Kartläggning och utvärdering av plaståtervinning i ett systemperspektiv, Anna-Sofia Carlsson, Feb 2002
37. ISO 17088 Specifications for compostable plastics
38. Terephthalic acid, Ecoprofiles of the European Plastic Industry, I Boustead, March 2005
39. Ingeo Biopolymer 4032D, Datablad från NatureWorks LLC
40. Lithner, D *Environmental and Health Hazards of Chemicals in Plastic Polymers and Products*, 2011, ISBN: 978-91-85529-46-9
41. Murphy, R, *Biodegradable Polymers and Sustainability: Insights from Life Cycle Assessment* Summary Report
42. ASTM D 6954-04 Standard Guide for Exposing and Testing Plastics that Degrade in the Environment by Combination of Oxidation and Biodegradation
43. Häkkinen, T *Environmental impacts of disposable cups with special focus on the effect of material choices and end of life* Journal of Cleaner Production 18 (2010) 1458-1463
44. Davis, G *The characteristion of two different degradable polyethylene (PE) sacks* Materials Characterization 57 (2006) 314-320
45. Maival, S Et al *Assessment of the environmental profile of PLA, PET and PS clamshell containers using LCA methodology*, Journal of Cleaner Production 17 (2009) 1183-1194

### Classification, weighting and characterization

Summary of all environmental impacts evaluated with ReCiPe methodology.

There are several valid methodologies available to calculate, estimate and grade one environmental impact with another. The process of doing this is called weighting.

ReCiPe LCIA Methodology was chosen for weighting of the overall environmental impact. It is the most recently updated the most comprehensive and best adapted to the environmental effects that are relevant in the area.

The primary objective of the ReCiPe method is to transform the long list of inventory results, into a limited number of indicator scores. These indicator scores express the relative severity on an environmental impact category.

ReCiPe arranges inventory results in 18 different categories. These categories can be seen in the table below.

In the end all the categories is weighted to give an overall estimation on how serious the environmental impact is of the analyzed life cycle.

The unit of ReCiPe is Endpoints.

Impact category name	Indicator name	Unit
Climate change CC	infra-red radiative forcing	kg (CO <sub>2</sub> to air)
Ozone depletion OD	stratospheric ozone concentration	kg (CFC-115 to air)
Terrestrial acidification TA	base saturation	kg (SO <sub>2</sub> to air)
Freshwater eutrophication FE	phosphorus concentration	kg (P to freshwater)
Marine eutrophication ME	nitrogen concentration	kg (N to freshwater)
Human toxicity HT	hazard-weighted dose	kg (14DCB to urban air)
Photochemical oxidant formation POF	Photochemical ozone concentration	kg (NMVOC <sub>6</sub> to air)
Particulate matter formation PMF	PM <sub>10</sub> intake	kg (PM <sub>10</sub> to air)
Terrestrial ecotoxicity TET	hazard-weighted concentration	kg (14DCB to industrial soil)
Freshwater ecotoxicity FET	hazard-weighted concentration	kg (14DCB to freshwater)
Marine ecotoxicity MET	hazard-weighted concentration	kg (14-DCB <sub>7</sub> to marine water)
Ionising radiation IR	absorbed dose	kg (U <sub>235</sub> to air)
Agricultural land occupation ALO	Occupation	m <sup>2</sup> ×yr (agricultural land)
Urban land occupation ULO	Occupation	m <sup>2</sup> ×yr (urban land)
Natural land transformation NLT	Transformation	m <sup>2</sup> (natural land)
Water depletion WD	amount of water	m <sup>3</sup> (water)
Mineral resource depletion MRD	grade decrease	kg (Fe)
Fossil resource depletion FD	upper heating value	kg (oil)

**Table, Impact category name with connecting unit in ReCiPe from Fel! Hittar inte referenskölla..**

At the endpoint level, most of these midpoint impact categories are further converted and aggregated into the following three endpoint categories:

1. Damage to human health (HH)
2. Damage to ecosystem diversity (ED)
3. Damage to resource availability (RA)

A summary of the 18 environmental effect categories in ReCiPe:

Climate change: Climate change causes a number of environmental mechanisms that affect both the endpoint human health and ecosystem health. Climate change models are in general developed to assess the future environmental impact of different policy scenarios. For ReCiPe 2008, we are interested in the marginal effect of adding a relatively small amount of CO<sub>2</sub> or other greenhouse gasses, and not the impact of all emissions.

Ozone layer: The characterization factor for ozone layer depletion accounts for the destruction of the stratospheric ozone layer by anthropogenic emissions of ozone depleting substances (ODS). These are recalcitrant chemicals that contain chlorine or bromine atoms. Because of their long atmospheric lifetime they are the source of Cl and Br reaching the stratosphere. Chlorine atoms in chlorofluorocarbons (CFC) and bromine atoms in halons are effective in degrading ozone due to heterogeneous catalysis, which leads to a slow depletion of stratospheric ozone around the globe.

Acidification: Atmospheric deposition of inorganic substances, such as sulfates, nitrates, and phosphates, cause a change in acidity in the soil. For almost all plant species there is a clearly defined optimum of acidity. A serious deviation from this optimum is harmful for that specific kind of species and is referred to as acidification. As a result, changes in levels of acidity will cause shifts in species occurrence (Goedkoop and Spriensma, 1999, Hayashi et al. 2004). Major acidifying emissions are NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, and SO<sub>2</sub>

Eutrophication: Aquatic eutrophication can be defined as nutrient enrichment of the aquatic environment. Eutrophication in inland waters as a result of human activities is one of the major factors that determine its ecological quality. On the European continent it generally ranks higher in severity of water pollution than the emission of toxic substances. Aquatic eutrophication can be caused by emissions to air, water and soil. In practice the relevant substances include phosphorus and nitrogen compounds emitted to water and soil as well as ammonia (NH<sub>3</sub>) and nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>) emitted to air.

Toxicity: The characterization factor of human toxicity and ecotoxicity accounts for the environmental persistence (fate) and accumulation in the human food chain (exposure), and toxicity (effect) of a chemical. Fate and exposure factors can be calculated by means of 'evaluative' multimedia fate and exposure models, while effect factors can be derived from toxicity data on human beings and laboratory animals (Hertwich et al., 1998; Huijbregts et al., 2000).

Particulate matter formation: Fine Particulate Matter with a diameter of less than 10 µm (PM<sub>10</sub>) represents a complex mixture of organic and inorganic substances. PM<sub>10</sub> causes health problems as it reaches the upper part of the airways and lungs when inhaled. Secondary PM<sub>10</sub> aerosols are formed in air from emissions of sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), ammonia (NH<sub>3</sub>), and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) among others (World Health Organization, 2003). Inhalation of different particulate sizes can cause different health problems.

Land occupation: The land use impact category reflects the damage to ecosystems due to the effects of occupation and transformation of land. Although there are many links between the way land is used and the loss of biodiversity, this category concentrates on the following mechanisms:

1. Occupation of a certain area of land during a certain time;
2. Transformation of a certain area of land.

Both mechanisms can be combined, often occupation follows a transformation, but often occupation occurs in an area that has already been converted (transformed). In such cases the transformation impact is not allocated to the production system that occupies an area.

Ionizing radiation: This describes the damage to Human Health related to the routine releases of radioactive material to the environment.

Water depletion: Water is a scarce resource in many parts of the world, but also a very abundant resource in other parts of the world. Unlike other resources there is no global market that ensures a global distribution. The market does not really work over big distances as transport costs are too high. Extracting water in a dry area can cause very significant damages to ecosystems and human health.

Fossil depletion: The term fossil fuel refers to a group of resources that contain hydrocarbons. The group ranges from volatile materials (like methane), to liquid petrol, to non-volatile materials (like coal).

There is a highly politicized debate on the availability of conventional (liquid) oil, and this makes it difficult to obtain reliable unbiased data. The spectrum of views ranges from the Peak-oil movement ([www.aspo.org](http://www.aspo.org) or [peak-oil.com](http://peak-oil.com)) to international organizations like the International Energy Agency (IEA), or commercial organizations like the Cambridge Energy Research Agency (CERA). Therefore it is hard to determine the seriousness of the depletion of oil, and which model to use, for this category the IEA model is used.

For a more detailed description see **Fel! Hittar inte referenskölla..**

---

JEGRELIUS – INSTITUTET FÖR TILLÄMPAD GRÖN KEMI

Studiegången 3 • 831 40 Östersund  
[WWW.JEGRELIUS.SE](http://WWW.JEGRELIUS.SE)

Vi är en utvecklingsenhet inom Regionförbundet Jämtlands län och sitter på Campus i Östersund.