



# Rekommendationer för utsortering av textilier med farliga ämnen ur kretsloppet

Jenny Lexén, Carina Loh Lindholm, Lena Youhanan, Åsa Stenmarck  
IVL Svenska Miljöinstitutet

Avtal: 2240-15-009

**På uppdrag av Naturvårdsverket**

Publicering: [www.smed.se](http://www.smed.se)

Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Adress: 601 76 Norrköping

Startår: 2006

ISSN: 1653-8102

*SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI. Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete inom olika områden, bland annat som ett svar på Naturvårdsverkets behov av expertstöd för Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall samt farliga ämnen. Målsättningen med SMED-samarbetet är främst att utveckla och driva nationella emissionsdatabaser, och att tillhandahålla olika tjänster relaterade till dessa för nationella, regionala och lokala myndigheter, luft- och vattenvårdsförbund, näringsliv m.fl. Mer information finns på SMEDs hemsida [www.smed.se](http://www.smed.se).*



# Innehåll

<b>INNEHÅLL</b>	<b>4</b>
<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>6</b>
<b>1 INLEDNING OCH BAKGRUND</b>	<b>8</b>
1.1 Ramar för studien	8
<b>2 METOD</b>	<b>11</b>
<b>3 FARLIGA ÄMNEN I TEXTILIER</b>	<b>12</b>
3.1 Färgämnen och pigment	13
3.1.1 Azofärgämnen	13
3.1.2 Dispersionsfärgämnen	14
3.1.3 Diskussion kring utsortering	15
3.2 Antibakteriella medel	15
3.2.1 Diskussion kring utsortering	15
3.3 Olje-, smuts- och vattenavvisande medel	16
3.3.1 Diskussion kring utsortering	16
3.4 Mjukgörare	16
3.4.1 Diskussion kring utsortering	17
3.5 Flamskyddsmedel	17
3.5.1 Diskussion kring utsortering	18
3.6 Övriga ämnen	18
3.7 Sammanställning farliga ämnen i textilier	19
<b>4 AVGÅNG AV FARLIGA ÄMNEN VID ANVÄNDNING AV TEXTILIER</b>	<b>20</b>
<b>5 KEMIKALIER SOM KAN UTGÖRA PROBLEM FÖR ÅTERVINNINGSPROCESSER</b>	<b>21</b>
5.1 Förbränning	21
5.2 Mekanisk återvinning	21
5.3 Kemisk återvinning	22

<b>6</b>	<b>METODER FÖR UTSORTERING</b>	<b>24</b>
6.1	Manuell sortering	24
6.2	Semi-maskinell sortering	25
6.3	Automatiserad sorteringsteknik	25
6.3.1	Optisk sortering	25
6.3.2	Sortering via märkning	26
6.4	Jämförelse av sorteringsteknikerna	27
<b>7</b>	<b>REKOMMENDATIONER FÖR UTSORTERING</b>	<b>30</b>
7.1	Fokus enbart på giftfrihet (A)	32
7.2	Större fokus på giftfrihet (B)	32
7.3	Lika stort fokus på giftfrihet och resurseffektivitet (C)	33
7.4	Större fokus på resurseffektivitet (D)	35
7.5	Fokus enbart på resurseffektivitet (E)	36
7.6	Sammanställning rekommendationer för utsortering	37
<b>8</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>39</b>
8.1	Vidare studier	41
<b>9</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>APPENDIX</b>	<b>44</b>

# Sammanfattning

I textilier som finns på marknaden idag finns en stor mängd kemiska ämnen. För att åstadkomma kretslopp som både är resurseffektiva och så långt som möjligt fria från farliga ämnen behöver risken för att särskilt farliga ämnen och ämnen med andra oönskade egenskaper recirkuleras klargöras.

I den här rapporten har en litteratursammanställning gjorts och utifrån den befintliga informationen presenteras olika förslag till rekommendationer/scenarier för utsortering av textilier. Syftet med projektet var att identifiera om det finns specifika produktgrupper inom textil på marknaden som inte bör materialåtervinnas efter att de har samlats in på grund av att de innehåller farliga ämnen. Projektet syftar även till att ta fram förslag till konkreta rekommendationer för hur de identifierade produktgrupperna ska sorteras. Projektet har även haft en referensgrupp med representanter från branschen som bland annat har kommit med kommentarer på de föreslagna scenarierna.

Kemikalier i textil kan delas in i grupper beroende på vilken funktion ämnena avser att uppfylla. På grundval av hälso- och miljöfarliga egenskaper och potential att föras vidare vid återvinning av textil har ett antal grupper identifierats som särskilt viktiga att beakta, till exempel färgämnen, antibakteriella ämnen och mjukgörare.

Ämnen som kan förekomma i de identifierade grupperna och deras hälso- och miljöfarliga egenskaper beskrivs för respektive grupp i kapitel 3 i rapporten. Dessutom förs för respektive ämnesgrupp en diskussion till möjligheter för utsortering. Vad som händer vid tvätt och användning liksom vilka problem kemikalierna orsakar i återvinningsprocesser beskrivs också i kapitel 4 respektive 5. Faktum kvarstår att de ämnen som i rapporten pekas ut som farliga är ämnen som tillsätts till textilen vid tillverkningen av olika anledningar. Det är därför viktigt med perspektivet att det är lika viktigt att arbeta med substitution eller eliminering av dessa ämnen redan från början – om så sker skulle det underlätta avsevärt i avfallshanteringsled.

I kapitel 6 presenteras några av de vanligaste sorteringstekniker för textil som finns idag eller är under utveckling. Högkvalitativ utsorteringsgrad efterfrågas av återvinningsaktörerna och mer avancerad sorteringsteknik är under utveckling (Naturvårdsverket, 2015).

I dagsläget finns det inte tillräckligt med information tillgängligt kring innehåll av farliga ämnen i enskilda textilier som når avfallsledet för att det ska gå att göra välgrundade beslut kring vilka textilier som bör sorteras ut på grund av dess innehåll av farliga ämnen. Vissa av ämnena kan också

förekomma i ett mycket brett spektra av textilier vilket i princip gör en utsortering omöjlig.

Vid fiberåtervinning vill man ha olika typer av fiber separat sorterade, därför är det önskvärt att sortera utefter fibertyp och möjligtvis sedan efter användningsområde (produkttyp) (Norlin, Re:newcell 2015). Det spelar också in vad den återvunna råvaran ska användas till. Olika användning ställer olika krav på innehållet i materialet. En generell svårighet dock är att alla produkter av samma fiber och för samma användningsområde inte behöver innehålla samma kemikalier.

I rapporten beskrivs fem olika rekommendationer/scenarier för utsortering av textil baserat på olika stort fokus på giftfrihet respektive resurseffektivitet. Samtliga förslag baseras på att det är produktgrupper som kan antas innehålla farliga ämnen som sorteras ut i olika utsträckning. Stort fokus på giftfrihet innebär utsortering av en stor mängd produktgrupper vilket ger en begränsad mängd textil till återvinning och troligtvis utsortering av sådant som ur andra synpunkter skulle ha kunnat återvinnas. Scenarierna baseras till stor del på utsorteringsbehov vid mekanisk återvinning av textil.

I dagsläget är det mest en lågvärdig återvinning som sker av textil mycket på grund av att man saknar annan teknik. Vid mekanisk återvinning är förstås inte behovet av att ha full kontroll på kemikalieinnehållet lika stort. Å andra sidan finns heller inte möjligheten att avlägsna kemikalier från den återvunna råvaran så som vid kemisk återvinning. Behovet av att utveckla själva återvinningsteknikerna är därför stort (Naturvårdsverket, 2015) vilket också belyses av referensgruppen. Om detta ska vara möjligt bland annat med avseende på ekonomi behöver flödena av textil som går till återvinning bli större.

Många i referensgruppen, liksom flera studier, lyfter också behovet av information kring vad textilier innehåller. Den informationen behöver komma från producenten i första led och följa med produkten till sortering och återvinning (Naturvårdsverket, 2015). Detta skulle kunna vara någon form av märkning. En annan möjlighet är att utveckla tester av både textil som ska återvinnas men också för återvunnen råvara, vilket i vissa fall sker redan idag. Att utföra kemiska analyser av alla textilier som skall återvinnas är dock inte realistiskt, både på grund av kostnaden för att utföra testerna men även den tid det skulle ta. Däremot bör snabba och enkla tester för stickprover eller liknande kunna vidareutvecklas. Vid en märkning skulle det också vara relevant att den även innehöll information över vilka kemikalier som kan tänkas finnas kvar i textilen efter användning (tvätt).

# 1 Inledning och bakgrund

I textilier som finns på marknaden idag finns en stor mängd kemiska ämnen. För att åstadkomma kretslopp som både är resurseffektiva och så långt som möjligt fria från farliga ämnen, behöver risken för att särskilt farliga ämnen och ämnen med andra oönskade egenskaper recirkuleras klargöras.

I den här rapporten har en litteratursammanställning gjorts avseende vilka textilier som innehåller särskilt farliga ämnen och ämnen med andra oönskade egenskaper samt vilka sorterings tekniker som idag förekommer på marknaden. Baserat på sammanställd kunskap förs en diskussion om möjligheten att sortera ut textilier innehållande särskilt farliga ämnen och ämnen med andra oönskade egenskaper som inte bör materialåtervinnas<sup>1</sup>, för att säkerställa resurseffektiva och giftfria kretslopp.

Problematiken med farliga ämnen och behovet av kontroll över innehållet hos användare av återvunnen råvara är inte unikt för textilbranschen. Samma diskussion förs även för andra avfallsströmmar. Textilavfall är däremot en råvara som hittills inte materialåtervunnits i någon större utsträckning och därför är problematiken ny inom branschen.

Syftet med projektet är att identifiera om det finns specifika produktgrupper inom textil på marknaden som inte bör materialåtervinnas efter att de har samlats in på grund av att de innehåller farliga ämnen. Här ingår att ta reda på vilka produktgrupper det gäller och om möjligt hur stor andel av den totala mängden insamlad textil som dessa produktgrupper utgör samt hur de ska identifieras. Projektet syftar till att på så vis ta fram förslag till konkreta rekommendationer för hur de identifierade produktgrupperna ska sorteras. Dessa rekommendationer ska kunna användas av aktörer som sorterar textil för materialåtervinning.

## 1.1 Ramar för studien

Resonemangen som förs i rapporten grundar sig helt på tanken att det som önskas uppnås är materialåtervinning av textilavfall efter en sortering. I dagsläget sker ingen insamling av textilavfall med syftet att materialåtervinna. Den insamling och sortering av textil och textilavfall som förekommer är fokuserad på återanvändning av textil (second hand) via t.ex.

---

<sup>1</sup> Med materialåtervinning menas att ett material efter bearbetning blir till en ny produkt i samma material. Med återanvändning menas att samma produkt används igen, utan bearbetning i samma syfte som den var tänkt från början. Rapporten fokuserar på materialåtervinning.



välgörenhetsorganisationer. Sortering för återanvändning och förberedelse för återanvändning är också viktig samt prioriterad för att nå högre upp i avfallshierarkin. Projektet har arbetat efter hypotesen att eftersom textilierna varit tillåtna för användning som nya är de också tillåtna som begagnade. I realiteten behöver ju ett insamlingsystem kunna tjänstgöra för både återanvändning och materialåtervinning (om man inte vill ålägga konsumenten att göra sortering mellan vad som ska återanvändas och vad som ska materialåtervinnas). Det kan komma att ställa ytterligare krav på sorteringen än vad som belyses i denna rapport.

När man tittar på materialåtervinning finns det två olika aspekter att ta hänsyn till:

- *Kontroll på innehåll i textilier – att hålla isär flöden*  
Tillverkande företag behöver ha möjlighet till att styra innehållet i sina produkter, att informera konsumenterna om vad de innehåller och leva upp till satta miljökrav. Detta gör att kontroll på innehållet i en återvunnen råvara är centralt, med mer avgränsade flöden, kanske bara inom en butikskedja, är det lättare att ha den här kontrollen.
- *Ekonomi och tillgång på material – samla stora flöden.*  
Om industriell återvinning ska bli helt lönsam så krävs som regel större flöden. Detta för att man på så sätt möjliggör investeringar i avancerad teknik.

Om materialåtervinning av textilavfall ska bli verklighet krävs förmodligen en kombination av ovanstående – både kontroll på innehåll men också att flödena kan bli tillräckligt stora.

I diskussionen om användandet av kemikalier i textilåtervinning finns också aspekten av att avgifta kretsloppen redan från början, d.v.s. att begränsa kemikalieinnehållet i produkterna redan i tillverkningen. Samtidigt som det sker ett arbete med att förbättra sorteringen av material för att undvika att farliga ämnen hamnar på fel plats i kretsloppet pågår också ett arbete med att förbjuda och fasa ut farliga ämnen i textilier inom EU. Många textilproducenter jobbar idag med egna listor om vad de tillåter och inte i sina produkter. Textilproducenterna vill heller inte få in oönskade kemikalier om de använder sig av återvunnet material. Som framgår av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1907/2006 (Reach) är kemikalielagstiftningen Reach i första hand en lagstiftning som hanterar kemiska ämnen och inte varor. Reach reglerar användning och förekomst av kemiska ämnen på flera sätt, bland annat genom att införa tillstånd för att använda vissa ämnen vid tillverkning inom EU, men även genom begränsningar av ämnen i exempelvis varor som sätts på EU-marknaden.

För ämnen som används i textilier är det främst begränsningar som är aktuella, vilket medför att kraven som ställs på textilier är oberoende av tillverkningsland. Det är upp till producenterna/importörerna av varor att se till att varorna lever upp till lagkraven satta i Reach.

## 2 Metod

Denna studie är en litteratursammanställning som sammanfattar och analyserar befintlig information kring förekomsten av särskilt farliga ämnen och ämnen med andra oönskade egenskaper i textilier, samt vilka sorteringstekniker som idag förekommer på marknaden. Utifrån den befintliga informationen presenteras olika förslag till rekommendationer/scenarier för utsortering av textilier.

I studien har även en referensgrupp kontaktats för ytterligare information. Referensgruppen har bland annat svarat på frågor angående de utformade scenarierna, hur de ser på återcirkulering kontra att kemikalierna används i primärproduktion, hur de ser på en omställning till en produktion fri från farliga ämnen, förslag på förbättringar samt om vilka kemikalier som är speciellt problematiska.

Referensgruppens medlemmar valdes ut av SMED efter att Naturvårdsverket kommit med förslag på lämpliga personer. Referensgruppen kontaktedes först per mail med bifogade frågor och utkast på rapport och därefter per telefon för genomgång av svaren.

Följande kontakter har ingått i referensgruppen:

- Jan Carlsson, Högskolan i Borås
- Cecilia Brännsten, H&M
- Henrik Norlin, Re:newcell
- Klaus Rosinski, Returtex
- Weronika Rehnby, TEKO
- Agneta Häll, Lindex
- Lennart Ekberg, Haglöfs.

### 3 Farliga ämnen i textilier

Textilproduktion är kemikalieintensiv och ett stort antal ämnen används inom textilproduktion. Denna studie fokuserar på förekomsten av särskilt farliga ämnen och ämnen med andra oönskade egenskaper i textilier. Med särskilt farliga ämnen avses de ämnen som har de mest problematiska egenskaperna. Till dessa räknas ämnen som är cancerframkallande, mutagena eller reproduktionsstörande (CMR), persistenta, bioackumulerande och giftiga ämnen (PBT) och mycket persistenta och mycket bioackumulerande substanser (vPvB) samt ämnen som inger motsvarande grad av farhågor, t.ex. hormonstörande ämnen. Andra ämnen med oönskade egenskaper är sådana som kan utgöra problem särskilt inom textilområdet. Det kan till exempel vara både hud- och luftvägsallergener. Oönskade ämnen kan även vara sådana som på ett märkbart sätt försvårar textiltåtervinningen, utan att nödvändigtvis vara klassade som hälso- eller miljöfarliga, som till exempel tekniskt svårhanterliga tillsatsfärger.

Kemikalier i textilier kan delas in i olika grupper utifrån användning; funktionella kemiska ämnen som är ämnen som används för att ge textilvaran en särskild funktion och som förväntas finnas kvar i den slutliga varan i relativt höga koncentrationer, processkemikalier som används vid tillverkning men som ej är avsedda att finnas kvar i den slutliga varan samt oavsiktligt tillsatta ämnen.

Kemikalieinspektionen har identifierat upp mot 3500 ämnen med koppling till textilproduktion (Kemikalieinspektionen, 2015a). För cirka 1000 av dessa ämnen kan kopplingen till textil vara konfidentiell information från Reach-registreringar, varvid ytterligare bedömningar inte kunnat göras. Av de resterande ämnena har 368 funktionella kemiska ämnen med särskilt farliga egenskaper bedömts kunna finnas kvar i den slutliga nyproducerade varan och som därmed kan utgöra en risk för människors hälsa eller miljön (Kemikalieinspektionen, 2015a).

Även Luongo (2015) har studerat förekomsten av kemikalier i textilier. Inom studien utvecklades en screeningmetod av kemikalier i textilier, med särskilt fokus på kläder. Över hundra ämnen identifierades i de 60 klädesplagg som analyserades. Bland dessa ämnen fanns ämnen som är allergiframkallande, reproduktionstoxiska samt cancerframkallande.

En del av de ämnen som används i textilier binder löst till textilen och förväntas därför avgå under användning och tvättning av textilen, medan andra ämnen avges i mindre omfattning och finns med större sannolikhet

kvar i högre halter i textilier som når avfallsledet. Risk finns för att de ämnen som finns kvar i varorna förs vidare vid materialåtervinning.

Funktionella kemiska ämnen i textil kan delas in i olika grupper beroende på vilken funktion ämnena avser att uppfylla. På grundval av hälso- och miljöfarliga egenskaper och potential att föras vidare vid återvinning av textil har följande grupper identifierats som särskilt viktiga att beakta:

- Färgämnen och pigment
- Antibakteriella biocider
- Olje-, smuts- och vattenavvisande medel
- Mjukgörare
- Flamskyddsmedel

Ämnen som kan förekomma i de identifierade grupperna och deras hälso- och miljöfarliga egenskaper beskrivs för respektive grupp nedan. Dessutom förs för respektive ämnesgrupp en diskussion till möjligheter för utsortering. Den rekommendationen är endast baserad på ämnets egenskap och i vilken typ av textil ämnet kan förekomma med syftet att helt undvika att ämnet recirkuleras. Utsortering i praktiken diskuteras vidare i kapitel 7.

## **3.1 Färgämnen och pigment**

Färgämnen och pigment hör till en av de mer komplicerade grupperna som identifierats eftersom det är en bred grupp som inkluderar en stor mängd ämnen med vitt spridd användning. Även om det finns många färgämnen med hälso- och miljöfarliga egenskaper, finns det också många som inte bedöms som farliga. Av de med oönskade egenskaper kan särskilt azofärgämnen och dispersionsfärgämnen nämnas. Även toxiska metallkomplex används som färgämnen för syntetiska material.

### **3.1.1 Azofärgämnen**

Azofärgämnen utgörs av komplexa molekyler som kan brytas ned till de aromatiska aminer (arylaminer) som de bildats från. De aromatiska aminerna kan ha eller misstänks ha cancerogena, reproduktionsstörande och allergiframkallande egenskaper. Azofärgämnen delas in i undergrupperna direktfärgämnen och syrafärgande ämnen.

#### **3.1.1.1 Direktfärgämnen**

Direktfärgämnen är en undergrupp av azofärgämnen som förknippas med att de kan ha eller brytas ned till arylaminer med cancerogena och reproduktionsstörande egenskaper.

Användningen av azofärgämnen som kan brytas ned till cancerogena arylaminer är begränsad genom bilaga XVII i Reach-förordningen, vissa är dessutom listade på Kandidatförteckningen som SVHC-ämnen (substances of very high concern, ämnen som inger mycket stora betänkligheter). Textilier och lädervaror som har analyserats med avseende på aromatiska aminer har påvisat förekomst över gränsvärdet i 3 – 12 % av proven. Troligen förekommer de fortfarande framförallt i importerade varor (Kemikalieinspektionen, 2015a). I analyser som Kemikalieinspektionen (2014b) utfört har azofärgämnen hittats i ett flertal textila produkter, såsom kläder, leksaker och bilbarnstolar. Även screeningstudier på kläder inhandlade 2010 – 2014 bekräftar innehåll av cancerogena azofärgämnen (Luongo, 2015).

Direktfärgämnen används framförallt vid färgning av bomull och kan därför förekomma i alla typer av färgade bomullstextilier (Kemikalieinspektionen, 2015a).

#### **3.1.1.2 Syrafärgande ämnen**

Syrafärgande ämnen kan ha strukturer med eller brytas ned till arylaminer med allergiframkallande egenskaper.

Vissa av de allergiframkallande doft- och syrafärgande ämnena är reglerade genom lagstiftning, men många är det inte.

Syrafärgande ämnen används framförallt till textilier av polyamid, som liksom bomull är ett vanligt textilmaterial med bred användning. Andra tillämpningar är silke, ull och läder (Kemikalieinspektionen, 2015a).

#### **3.1.2 Dispersionsfärgämnen**

Dispersionsfärgämnen förknippas främst med allergiframkallande egenskaper, och utgörs av azobensen eller antrakinon med funktionella grupper fästa till grundmolekylen.

Dispersionsfärgämnen används framförallt för att färga textilier av syntetmaterial som polyester, acetat och polyamid (Kemikalieinspektionen, 2015a). EU:s miljömärke EU Ecolabel listar nitton dispersionsfärgämnen som allergiframkallande (Kemikalieinspektionen, 2015a). Vissa av dessa ämnen omfattas även av Öko-Tex Standard 100 kriterier. En dansk studie visar att de nitton dispersionsfärgämnena som listats av EU Ecolabel sällan återfinns i kläder på EU-marknaden (Bryld et al., 2014). Bryld et al. (2014) menar att en anledning till detta kan vara miljömärkning som har drivit på att ämnena byts ut mot andra alternativ, och även om endast en liten andel av textilierna på marknaden i dag är miljömärkta, så anpassar sig många av tillverkarna till miljömärkningarnas gränsvärden.

### 3.1.3 Diskussion kring utsortering

Textilier som innehåller färgämnen med cancerogena, fortplantningsstörande eller allergiframkallande egenskaper bör inte recirkuleras. Utsortering är dock problematisk, t ex är manuell utsortering svår eller omöjlig att utföra på grund av färgämnenas breda användningsområde.

En studie rekommenderas som klargör vilka mängder av azofärgämnen som finns i begagnade textilmaterial. Utifrån studien kan man sedan bedöma om det är en acceptabel risk att recirkulera textilier med den mängd av azofärgämnen som finns på marknaden, eller om mätmetodik behöver utvecklas i syfte att möjliggöra utsortering.

Dispersionsfärgämnen med allergiframkallande egenskaper bör inte recirkuleras. Liksom för azofärgämnen är utsortering av textilier med dispersionsfärgämnen problematisk, eftersom de kan förekomma i en bred grupp av textilier av syntetmaterial, såsom polyester, acetat och polyamid, och en utsortering skulle innebära att många kläder som inte innehåller de aktuella ämnena även de måste utsorteras

## 3.2 Antibakteriella medel

Användningen av antibakteriella medel förknippas framförallt med att de är toxiska, misstänks orsaka utveckling av bakteriell resistens och kan bidra till antibiotikaresistens samt ha hormonstörande egenskaper. Även mutagenitet, påverkan på nervsystem och miljöfarliga egenskaper har påvisats (Kemikalieinspektionen, 2015a). Exempel på ämnen som används i textilier i syfte att verka antibakteriellt är triklosan, triklokarban och silver.

Antibakteriella medel används i många olika textilmaterial, såsom ren eller blandad bomull, ull, polypropylen, akryler, polyamid och polyester. Exempel på plagg som kan ha behandlats är sportkläder, underkläder, skoinlägg, hattar, handskar, sockor, madrasser, madrassydd, kuddar, sängkläder, handdukar, mattor, möbler och gardiner (Kemikalieinspektionen, 2015a).

### 3.2.1 Diskussion kring utsortering

Ämnen som bidrar till bakteriell antibiotikaresistans och som också förknippas med andra hälso- och miljöfarliga egenskaper bör inte recirkuleras. Eftersom det är ett begränsat antal produkttyper som är förknippade med behandling av antibakteriella medel är en utsortering möjlig även om den skulle kunna leda till att allt för mycket sorteras bort.

### **3.3 Olje-, smuts- och vattenavvisande medel**

Användning av ämnen med olje-, smuts- och vattenavvisande funktioner, såsom högfluorerade ämnen (per- och polyfluorerade alkylsubstanser, PFAS), förknippas med att vara extremt svårnedbrytbara i miljön, att de kan ansamlas i levande organismer och kan vara giftiga (Kemikalieinspektionen, 2015b). Nedbrytningsprodukter av högfluorerade ämnen förknippas även med hormonstörande egenskaper (t ex fortplantningsstörande) (Kemikalieinspektionen, 2015a). För vattenavvisande funktion finns fungerande icke-fluorerade alternativ, men för smutsavvisande funktionen saknas fortfarande mindre farliga ämnen med liknande funktion (Kemikalieinspektionen, 2015b; Naturvårdsverket, 2015).

Framförallt är det ytterplagg, skor och utrustning för utomhusbruk, d.v.s. outdoor-branschen (tält, presenningar, ryggsäckar, markiser) samt möbler och inredning, som kan innehålla fluorerade ämnen (Kemikalieinspektionen, 2015b; Naturvårdsverket, 2015). Även i vinteroveraller, regnkläder, skidkläder, handskar och vantar är det vanligt med innehåll av PFAS (Lassen et al., 2015).

#### **3.3.1 Diskussion kring utsortering**

Textilier med hormonstörande ämnen och/eller extremt svårnedbrytbara ämnen bör inte recirkuleras. En utsortering av typiska outdoor-produkter rekommenderas, såsom tält, presenningar, ryggsäckar och markiser. Även vinterkläder, regnkläder, skidkläder, handskar och vantar bör sorteras ut. En utsortering av samtliga av dessa produkter skulle dock leda till att vissa produkter som inte innehåller farliga ämnen sorteras bort, då vissa producenter aktivt valt bort dessa ämnen i sina produkter.

### **3.4 Mjukgörare**

Mjukgörare förknippas med att de kan vara reproduktionstoxiska samt kan ha hormonstörande eller misstänkt hormonstörande egenskaper (ECHA, 2015). Exempel på ämnen är olika ftalater, såsom diethylhexylftalat (DEHP), dibutylftalat (DBP) och bensylbutylftalat (BBP). Andra exempel på ämnen är diisononylftalat (DINP), diisodecylftalat (DIDP) och di-n-oktylftalat (DNOP).

Vissa ftalater är reglerade genom Reach-förordningen. Fyra ftalater är inkluderade i bilaga XIV i Reach-förordningen och för dessa krävs tillstånd för att få använda dem inom EU. Ytterligare nio ftalater finns med på Kandidatförteckningen och är klassade som SVHC-ämnen.



Leksaksdirektivet reglerar även förekomsten av ftalater i leksaker och barnavårdsartiklar. Särskilt farliga ftalater är helt förbjudna i leksaker och barnavårdsartiklar, medan andra enbart är förbjudna i sådana leksaker och barnavårdsartiklar som kan stoppas i munnen.

I textilier förekommer de mjukgörande ftalaterna framförallt i plasttryck och andra mjukgjorda plastmaterial av PVC, såsom konstläder och vaxdukar (Kemikalieinspektionen, 2015d; Subsport, 2015). I analyser som Kemikalieinspektionen (2014b) utfört har ftalater hittats i bland annat kläder, maskeradkläder för barn och bilbarnstolar.

#### **3.4.1 Diskussion kring utsortering**

Ämnen med hormonstörande egenskaper bör inte recirkuleras. Ftalaterna återfinns framförallt i textilier med plasttryck och andra mjukgjorda plastmaterial såsom konstläder och vaxdukar, vilket gör att de går att urskilja åtminstone vid manuell sortering. Det förekommer dock även plasttryck och mjukgjorda plastmaterial utan ftalater, både alternativ där ftalaterna substituerats men även där andra material än PVC används, exempelvis polyuretan och polyakrylat (Subsport, 2015).

### **3.5 Flamskyddsmedel**

Bromerade flamskyddsmedel förknippas framförallt med dess hormonstörande och miljöfarliga egenskaper. De är svårnedbrytbara i miljön och bioackumuleras (ansamlas) i kroppen (i varierande grad beroende på antal bromatomer i strukturen). Exempel på grupper av ämnen är polybromerade bifenyler (PBB), polybromdifenyletrar (PBDE) och hexabromocyclododekaner (HBCDD) (Kemikalieinspektionen, 2014a). Det finns även icke-bromerade flamskyddsmedel exempelvis trifenylfosfat som är ett fosfororganiskt flamskyddsmedel. Liksom de bromerade flamskyddsmedlen uppvisar trifenylfosfat hormonstörande egenskaper (Naturvårdsverket, 2015).

Vissa bromerade flamskyddsmedel är reglerade genom Reach-förordningen, där de finns upptagna i Kandidatförteckningen över SVHC-ämnen, Tillståndsförteckningen (bilaga XIV till Reach-förordningen) samt Förteckningen över begränsningar (bilaga XVII till Reach-förordningen). I Stockholmskonventionen förbjuds eller begränsas användande av vissa långlivade organiska föreningar i både kemiska produkter och varor. Exempelvis är högsta tillåtna halt av tetrabromdifenyleter reglerad till 0,1 viktsprocent i återvunna varor (Kemikalieinspektionen, 2014a).

Flamskyddsmedel återfinns framförallt i material för offentlig sektor, såsom möbel- och inredningstextilier samt arbetskläder.

### 3.5.1 Diskussion kring utsortering

Ämnen med hormonstörande egenskaper bör inte cirkuleras. En utsortering kan göras för arbetskläder och möbel- och inredningstextil där det är känt att de använts inom offentlig sektor.

## 3.6 Övriga ämnen

Det finns också en rad andra ämnen som skulle kunna ha/har oönskade egenskaper och därför bör påverka sorteringsvalen. Dessa är till exempel (Kemikalieinspektionen, 2015a):

- Kvarvarande processkemikalier
- Reaktiva hartser vid efterbehandling
- Optiska vitmedel
- Antiryknmedel
- Antikrympmedel

För dessa ämnen har projektgruppen dock inte kunnat hitta information i litteraturen om deras förekomst i enskilda produkter.

## 3.7 Sammanställning farliga ämnen i textilier

I Tabell 1 nedan sammanställer den potentiella förekomsten av farliga ämnen i textilier.

Tabell 1 Potentiell förekomst av farliga ämnen i olika textila produktgrupper

Produktgrupp	Färgämnen/pigment	Antibakteriella ämnen	Olje- smuts- och vattenavvisande medel	Mjukgörare	Flamskyddsmedel
Arbetskläder	X		X		X
Sportkläder	X	X	X		
Regnkläder/skidkläder	X	X	X	X	
Ytterkläder	X		X	X	
Kläder med plasttryck	X			X	
Underkläder	X	X			
Tröjor, skjortor, toppar	X				
Byxor	X				
Skor/skoinlägg	X	X	X		
Vantar och mössor	X	X	X		
Hattar	X	X			
Madrasser	X	X			X
Sängkläder	X	X			
Handdukar	X	X			
Möbler	X	X	X	X	X
Mattor	X	X	X	X	X
Gardiner	X	X			X
Inredningstextil offentliga miljöer	X	X	X	X	X
Tält	X	X	X		
Presenningar	X		X	X	
Ryggsäckar	X		X		
Markiser	X	X	X		

## 4 Avgång av farliga ämnen vid användning av textilier

I textilier finns ett stort antal ämnen som användaren av textilierna kan exponeras för, exempelvis via kontakt med huden (Luongo, 2015). För barn kan även oralt intag vara en viktig exponeringsväg, då barn ofta suger och tuggar på textilier.

Många av de ämnen som används i textilier kan dock lakas ur efterhand allteftersom textilier används, slits och tvättas (Luongo, 2015). Emissioner kan förekomma i molekyllär form och/eller partikulär form, det vill säga via fiberpartiklar (Kemikalieinspektionen, 2015a). Molekyllär emission kan ske både via förångning eller urlakning vid tvätt. Ämnen som tenderar att emitteras via molekyllär emission är ämnen med högt ångtryck, som har hög vattenlöslighet och som är löst bundna till textilen, såsom kvarvarande processkemikalier, mjukgörare och direkta färgämnen (Kemikalieinspektionen, 2015a). Ämnen som är starkt bundna till textilen och som inte uppfyller de ovan nämnda kemiska/fysikaliska egenskaperna tenderar att emitteras via fiberutsläpp i samband med slitage och tvätt av textilen. Reaktiva färgämnen är ett exempel på sådana ämnen.

En studie av Kemikalieinspektionen (2012) visade att stora andelar av triklosan, triklorkarban och silver avges vid tvätt. Efter tio tvättcykler hade omkring hälften eller mer av den tillsatta mängden triklosan och triklorkarban emitterats från textilierna. För silver var variationen i avgången vid tvätt större, där emitterades 10-98 % efter tio tvättcykler. Vidare studier av dessa kläder har visat att två tredjedelar av de testade plaggen helt saknade antibakteriell effekt efter tio tvättcykler (Kemikalieinspektionen, 2015c). Nämnvärt är även att cirka en tredjedel av de testade plaggen saknade antibakteriell effekt redan före tvätt, trots tillsatsen av biocider.

## 5 Kemikalier som kan utgöra problem för återvinningsprocesser

De kemikalier/beläggningar som finns kvar på textilierna efter användning kan komma att störa de återvinningsprocesser som finns/är under utveckling och då främst de kemiska återvinningsprocesserna. Det är i de flesta fall oklart hur mycket kemikalier som lakas ur under användning och på så sätt inte påverkar återvinningsprocesserna.

Vid termisk behandling emitteras vid förångning de klororganiska ämnena, silikoner och alkylfenoler (Naturvårdsverket, 2015). Utöver den termiska behandlingen presenteras nedan beskrivningar på hur kemikalier kan utgöra problem för förbränning, mekanisk återvinning samt kemisk återvinning. Vanligt förekommande kemikalier som kan hittas i utgående material vid mekanisk- och kemisk återvinning av polyamid, polyester, cellulosa och ull finns vidare presenterade i Appendix.

### 5.1 Förbränning

I Naturvårdsverkets rapport ”Textilåtervinning – tekniska möjligheter och utmaningar” (2015) antas att de kemikalier som främst finns kvar (i askan) efter förbränning av textilier är metaller och metalloxider samt vissa typer av dioxiner och dibensfuraner.

### 5.2 Mekanisk återvinning

Vid mekanisk återvinning återvinns fibrerna i sin ursprungliga form t.ex. genom spinning av ny tråd. Processen omfattar inte termisk eller kemisk återvinning där fibrerna bryts ner till mindre beståndsdelar.

Vad gäller mekanisk återvinning är det rimligt att anta att de inkommande kemikalierna även följer med i det återvunna materialet då ingen påverkan sker på kemisk nivå. De återvunna textilfibrerna blandas ofta också ut med jungfrulig fiber.

Då kemikalierna sannolikt följer med i det återspunna materialet till högre grad än vid kemisk återvinning anser H&M att den mekaniska återvinningen är mer beroende av vilken input som används än den kemiska. Därför utför de även extra kontroller på textil som är mekaniskt återvunnen. Vid mekanisk återvinning blandas ofta återvunnen fiber med jungfrulig bomull eller ull vilket också ger lägre halter av farliga ämnen och motverkar att

farliga ämnen ackumuleras i återvunna material (Brännsten, H&M 2015). Inblandningsgraden av återvunnen textil varierar stort, mellan 20-100% återvunnet material, bland annat beroende på fibertyp.

## 5.3 Kemisk återvinning

Med kemisk återvinning menas en återvinningsprocess där fibrerna med hjälp av kemikalier löses upp till molekylär nivå och därefter spinns till ny fiber.

Kemiska återvinningsprocesser för polyester och polyamid finns i dagsläget tillgängliga i Japan respektive Korea. År 2020 förväntas Re:newcells anläggning för återvinning av cellulosa-fibrer (viskos eller lyocell) i Sverige att vara väl fungerande (Naturvårdsverket, 2015). I Finland finns initiativet Relooping Fashion (2015) där man utvecklar återvinning av bomullsfibrer.

Vid kemisk återvinning kan vissa kemikalier skapa behov av ytterligare separeringssteg eller blekningssteg för att bryta ner eller laka ur oönskade kemikalier. Exempel på sådana ämnen är värme-/UV-stabilisatorer, tvärbindningsmedel, färg och pigment, mjukgörare, antimikrobiella/biostabilisatorer, antioxidanter, smörjmedel m.fl. (Naturvårdsverket, 2015). Om sådana extra processteg införs har man ju också infört möjligheten till att faktiskt avlägsna oönskade ämnen från kretsloppet. Det är då självklart viktigt att processvattnet som uppkommer vid återvinningen renas på ett lämpligt sätt så att kemikalierna inte sprids den vägen istället. Kemisk återvinning kan alltså också användas för att skapa en materialåtervinning utan farliga ämnen. Samtidigt kan vissa ämnen förstöra en kemisk process.

Vid kemisk återvinning av **polyamid** kan följande kemikalier överföras till återvinningsprocessen via det ingående materialet (de understrukna kan även vara kvar i det återvunna materialet medan resterande sannolikt avskiljs från textilen): optiska vitmedel, per- och polyfluorerade ämnen, alkylfenoler och deras etoxilater, silikoner, biocider, toxiska metaller, azobaserade färgämnen, metallkomplex (färgämnen), nedbrytningsprodukter (såsom dioxiner och dibensfuraner) (Naturvårdsverket, 2015)

Vid kemisk återvinning av **polyester** kan följande kemikalier överföras till återvinningsprocessen via det ingående materialet (de understrukna kan vara kvar i det återvunna materialet medan resterande sannolikt avskiljs från textilen): klororganiska ämnen, flamskyddsmedel, alkylfenoler och deras etoxilater, silikoner, azobaserade färgämnen, optiska vitmedel, per- och polyfluorerade ämnen, toxiska metaller, icke-halogenerade flamskyddsmedel, biocider, nedbrytningsprodukter (såsom dioxiner och

dibensfuraner), (Naturvårdsverket, 2015). Vid smältbehandling av **polyester** kan följande kemikalier överföras till återvinningsprocessen via det ingående materialet (de understrukna kan vara kvar i det återvunna materialet medan resterande sannolikt avskiljs från textilen): klororganiska ämnen, flamskyddsmedel, alkylfenoler och deras etoxilater, silikoner, azobaserade färgämnen, optiska vitmedel, per- och polyfluorerade ämnen, toxiska metaller, icke-halogenerade flamskyddsmedel, biocider, nedbrytningsprodukter (såsom dioxiner och dibensfuraner), (Naturvårdsverket, 2015).

Vid kemisk återvinning av **cellulosabaserade material** kan följande kemikalier överföras till återvinningsprocessen via det ingående materialet (de understrukna kan vara kvar i det återvunna materialet medan resterande sannolikt avskiljs från textilen): azobaserade färgämnen, optiska vitmedel, per- och polyfluorerade ämnen, klororganiska ämnen, icke-halogenerade, flamskyddsmedel, alkylfenoler och deras etoxilater, silikoner, biocider, toxiska metaller, oorganisk fosfor (Naturvårdsverket, 2015). Enligt Re:newcell kan plasttryck utgöra problem vid kemisk återvinning och bromerade flamskyddsmedel vid rening av processvatten (Norlin, Re:newcell 2015).

## 6 Metoder för utsortering

Nedan presentera några av de vanligaste sorteringsmetoder för textil som finns idag eller är under utveckling. Högkvalitativ utsorteringsgrad efterfrågas av återvinningsaktörerna och mer avancerad sorteringsmetod är under utveckling (Naturvårdsverket, 2015). Eftersom dagens utsortering har fokus på återanvändning är detta inkluderat nedan. När man sorterar för återanvändning blir det en andel kvar som lämpar sig bättre för återvinning än för återanvändning.

### 6.1 Manuell sortering

Manuell sortering kräver kunnig personal med mycket erfarenhet för att sorteringen ska gå rätt till. Arbetsmiljöfrågan är även viktig att ta hänsyn till vid utsortering av textil.

Sorteringsanläggningen driven av Humana People to People Baltic i Vilnius är ett exempel på en manuell sorteringsanläggning för återanvändning och viss återvinning. Cirka 250 personer arbetar på anläggningen 8 timmar om dagen där 750 ton textilier sorteras per vecka (den teoretiska kapaciteten är 1200 ton per vecka). Det mesta av det inkommande materialet är så kallat ”original” och med det menas osorterade fraktioner av textil som förutom textil även innehåller accessoarer och väskor. En mindre mängd försorterade fraktioner köps också in (Fråne, 2015).

Allt inkommande material vägs och sedan sorteras materialet i två steg där det senare steget är mer detaljerat. I det första steget sorteras t.ex. icke-textil ut. I första steget krävs personal med minst sex månaders erfarenhet för att sortera korrekt. I sorteringssteg två krävs fem års erfarenhet då textilier ska sorteras på fraktioner som färg, typ, material och trender samt vintage-kvalitet.

Enligt WRAP (2014) är outputfraktionerna vid manuell sortering begränsade till:

- Färg (begränsat urval av färgfraktioner)
- Textil (begränsat urval av fraktioner)
- Kvalitet (skadad, reparerad, nedsmutsad mm.)
- Typ (skjorta, klänning, byxa mm.)
- Märke (synliga klädesmärken t.ex. Adidas och Lacoste)
- Komplexa textilier (många olika material i ett och samma plagg)
- Ovanliga plagg (vintage, bröllopsklänningar)
- Restfraktion till materialåtervinning eller förbränning



Enligt samma källa är vinsten vid manuell sortering cirka 384 SEK per ton jämfört med maskinell sortering med FTIR-metoden (beskrivs nedan) där vinsten kan vara 1980 SEK per ton (konverterat från pund med valutakurs för september 2015). Vinsten för den manuella sorteringen hålls nere av arbetskostnaderna för själva sorteringen.

Enligt Palm et al. (2014) avgörs kvaliteten för sorteringen förutom av det faktiska sorteringsarbetet, också av vilket insamlingssystem som finns (var, hur och vilket material som samlas in). Fördelarna med manuell sortering är förmågan att plocka bort oönskade plagg samt att kategorisera återanvändbara textilier i olika kvaliteter. Den mänskliga bedömningen gör manuell sortering överlägsen maskinell sortering i just detta avseende (Naturvårdsverket, 2015). Nackdelen är att det är svårt att sortera ut fibersorter med hög noggrannhet och i höginkomstländer är det väldigt kostsamt med manuellt arbete som i sig kan leda till risk för otillräckliga arbetsförhållanden om sorteringen sker i låginkomstländer (Palm et al., 2014).

## **6.2 Semi-maskinell sortering**

I semi-maskinella sorteringsanläggningar utförs den faktiska sorteringen fortfarande manuellt, däremot sker matning och transport av textilier maskinellt. Ofta kompakteras även utsorterad textil för att underlätta transporten. Maskiner som klipper utsorterad textil som förberedelse för olika återvinningsprocesser kan också finnas på anläggningen. Dessa typer av anläggningar finns i dagsläget. En semi-maskinell sorteringsanläggning minskar driftkostnaderna avsevärt jämfört med en fullt manuell anläggning och minskar även på arbetsbelastningen hos personalen (Palm et al., 2014).

## **6.3 Automatiserad sorteringsteknik**

Fullt automatiserade sorteringsanläggningar finns ännu inte i praktiken utan kräver någon typ av komplettering i form av manuell sortering, bland annat för att sortera ut återanvändningsbara textilier. Utvecklingen rör sig dock fort framåt och nedan presenteras några av de tekniker som står i framkant vad gäller textilsortering.

### **6.3.1 Optisk sortering**

#### **6.3.1.1 FTIR**

Fourier transform infraröd strålning (FTIR) är en av flera optiska metoder som i nuläget studeras för att passa just sortering av textil. FTIR baseras på att infraröd strålning sänds ut mot ett plagg som absorberar olika våglängder

beroende på olika egenskaper hos textilen (t.ex. färg och material). Strålning skickas tillbaka till en läsare och identifierar textilen baserat på förprogrammerad data och sorteras därefter (ThermoNicolet, 2001).

### **6.3.1.2 AUTOSORT (Tomra)**

AUTOSORT är ett multifunktionellt sorteringsystem för många olika typer av material från olika avfallsströmmar. Tekniken sorterar på materialinformation och färg och fördelen är att ingen kontakt med materialet krävs under sorteringen. Man använder sig av en kombination av två olika optiska sensorer, ett av dessa är NIR som beskrivs nedan. På detta sätt får man så breda sorteringsmöjligheter som möjligt och väldigt specialiserade fraktioner kan således sorteras ut. Utifrån val i sorteringsprogram kan man snabbt ändra på vilka fraktioner som ska sorteras ut (Tomra, 2015).

### **6.3.1.3 Nära infraröd spektroskopi (NIR)**

Denna teknik användes i Textiles for Textiles projekt i en sorteringsanläggning i Holland. Enligt Palm et al. (2014) var målet att sortera rena (en typ av fiber) och blandade material efter färg och fiberinnehåll (t. ex 70 % bomull och 30 % polyester). Detta skedde med kompletterande manuell sortering i anläggningen i Holland. Textilen matades på ett löpande band och förprogrammerade sensorer analyserade likt FTIR-tekniken den reflekterade strålningen som flyttar textilföremålet bort från bandet till sin fraktion. Plaggen måste matas relativt separat på det löpande bandet för att sorteringen ska fungera optimalt. Tekniken kan sortera i upp till 300 olika fraktioner men i anläggningen i Holland görs detta idag i 5-10 fraktioner. Negativt för tekniken är de höga investeringskostnaderna som gör dessa anläggningar beroende av stora inkommande volymer för att vara lönsamma (Palm et al., 2014). En fortsättning på Textiles for Textiles projektet är det självständiga projektet initierat av Circle Economy och Wieland Textiles som ämnar utveckla och etablera en kommersiell sorteringsprocess byggd på just NIR-teknologi (Naturvårdsverket, 2015). Fibersort-maskinen som ska utvecklas inom projektet ska implementeras senast 2017 och ska hantera 5000 ton textilier per år.

## **6.3.2 Sortering via märkning**

### **6.3.2.1 Radio-frekvens identifiering (RFID)**

Den här teknologin baseras på etiketter och läsare och används idag till största del för att sortera nytillverkad textilier men kan i nära framtid utvecklas till att kunna sortera ut textilavfall. Både RFID och 2D

streckkodsmärkning skulle ge en snabbare sorteringshastighet än NIR förutsatt att plaggen märks med etiketter. Läsarna kan identifiera textilier som rör sig i uppemot 3 meter per sekund. Om metoden utvecklas kan den ge en sorteringsteknik som är resistent mot smuts och där sorteringen är fullt automatiserad (Naturvårdsverket2015). Tekniken är också robust och kräver inget större underhåll. År 2002 utförde det tyska RFID-företaget GIS ett projekt där man testade sortering av använda plagg. De fann att kostnaderna för etiketterna var för höga för att det skulle vara möjligt att sätta dem på varje plagg och försåg därför klädhängare med etiketter. Streckkoden på varje plagg var således kopplad till klädhängarens RFID-etikett. Detta medförde att en försortering var nödvändig för att RFID-tekniken skulle kunna appliceras. Kremer refererar i Palm et al. (2014) menade att tekniken har potential men behöver utvecklas vidare.

### **6.3.2.2 2D streckkodsmärkning**

Samma fördelar som vid RFID kan här uppnås men man måste dock manuellt föra plaggets streckkod till läsaren. Detta kan vara en fördel då en första manuell utsortering med avseende på återanvändning och avläsning av fiberinnehåll kan göras samtidigt. Å andra sidan blir frågor om arbetsmiljö aktuella. Till skillnad från NIR där endast molekylära beståndsdelar i tyget kan avläsas kan etiketterna innehålla information om alla led i kedjan (varumärke, producent, användare, andrahandsanvändare, avfallshanterare). Streckkodsmärkningen och sorteringsprogrammeringen måste dock märkas av tillverkaren (Naturvårdsverket, 2015). Möjligheten att inkludera information om kemiskt innehåll i etiketterna ger enligt Naturvårdsverket (2015) också möjligheten att sortera ut textil med farliga ämnen.

## **6.4 Jämförelse av sorterings teknikerna**

I en rapport från WRAP (2014) identifieras nära infraröd spektroskopi (NIR), radio-frekvens identifiering (RFID) och 2D streckkodsmärkning som lämpliga kandidater för framtida maskinell textilsortering. Dessa jämfördes med manuell sortering och 2D streckkodsmärkning urskiljdes som den tekniken med mest potential för en cirkulär ekonomi inom textilavfallsområdet. Studien byggde på kriterier såsom hur textilierna ska placeras för att möjliggöra identifiering, antal plagg som kan avläsas per sekund, avläsning av fiberblandningar samt maximalt avstånd mellan läsare och textil.

Manuell sortering är den enda sorteringsmetod som är kapabel att sortera ut baserat på användbarhet (textil för återanvändning), trender och säsong.

Metoden är dock otillräcklig när det gäller utsortering av fraktioner till återvinningsprocesser där noggrann utsortering baserat på fiberinnehåll och färg är nödvändig. Vad gäller utsortering av farliga ämnen i textil begränsas sorteringen till produktgrupper som mänskliga sinnen kan identifiera.

Optisk sortering är under stark utveckling och har fördelen att den med hög noggrannhet kan urskilja fiberinnehåll och färg vilket är en förutsättning för textilåtervinning. Däremot behöver den kompletteras med manuell sortering för att få ut de återanvändbara fraktionerna. En sammanfattning av för- och nackdelar för de olika sorteringsmetoderna hittas i Tabell 2.

**Tabell 2. Sammanfattning för- och nackdelar för de olika sorterings teknikerna.**

<b>Sorteringsteknik</b>	<b>Fördelar</b>	<b>Nackdelar</b>
Manuell sortering	<p>Implementerad och möjlig att använda skorskaligt idag.</p> <p>Kan sortera ut specifika produktgrupper.</p> <p>Väldigt betydelsefull vad gäller återanvändning. Manuell sortering är den enda metod som kan sortera kläder i termer om användbarhet, trender och säsong.</p>	<p>Kan inte sortera ut material baserat på fiberinnehåll med hög noggrannhet för återvinningsprocesser.</p> <p>Kräver väldigt kunnig och erfaren personal.</p> <p>Dyr metod – kan leda till problem med arbetsförhållanden då sorteringen troligtvis sker där arbetskraften är billigare.</p>
Optisk sortering (FTIR, AUTOSORT, NIR)	<p>Sorterar ut textilmaterial baserat på fiberinnehåll och färg med hög noggrannhet. Passar återvinningsprocesser.</p> <p>Snabb omställning i vilka materialfraktioner som ska sorteras ut är möjlig tack vare förprogrammering.</p>	<p>Kan inte direkt sortera ut specifika produktgrupper.</p> <p>Höga investeringskostnader – beroende av stora inkommande volymer.</p>

Sorteringsteknik	Fördelar	Nackdelar
Sortering via märkning (RFID)	<p>Kan både sortera på specifika produktgrupper samt på material och färg. Kan dessutom sortera ut på fraktioner så som tillverkare, märke, kemikalieinnehåll etc. förutsatt att informationen programmeras in vid tillverkning.</p> <p>Robust teknik som kräver lite tekniskt underhåll.</p>	<p>Kan inte sortera ut fraktioner baserat på renhet, helhet, trender etc. – manuell sortering krävs fortfarande i detta avseende.</p> <p>RFID-etiketterna är i dagsläget för dyra.</p>
Sortering via märkning (2D-streckkodsmärkning)	<p>Kan både sortera på specifika produktgrupper samt på material och färg. Kan dessutom sortera ut på fraktioner så som tillverkare, märke, kemikalieinnehåll etc. förutsatt att informationen programmeras in vid tillverkning.</p> <p>Robust teknik som kräver lite tekniskt underhåll.</p> <p>Tekniken med 2D-streckkodsmärkning är redan tillgänglig och har stor potential som verktyg mot en cirkulär hantering av textilier. Kräver dock utveckling av strategier och affärsmodeller.</p> <p>Möjlig att införa kommersiellt på kort sikt.</p>	<p>Kan inte sortera ut fraktioner baserat på renhet, helhet, trender etc. – manuell sortering krävs fortfarande i detta avseende.</p> <p>Manuell hantering är också nödvändig för att föra etikett till läsare.</p>

## 7 Rekommendationer för utsortering

I dagsläget finns det inte tillräckligt med information tillgängligt kring innehåll av farliga ämnen i enskilda textilier som når avfallsledet för att det ska gå att göra välgrundade beslut kring vilka textilier som bör sorteras ut på grund av dess innehåll av farliga ämnen.

Den information som finns beskriver vilka ämnen som potentiellt kan användas för att ge en textil en specifik egenskap, exempelvis vilka färgämnen som är lämpliga att använda vid infärgning av en specifik fiber. Det är däremot inte säkert att ämnet i sig förekommer i den textil där det ”skulle kunna” förekomma. Vissa av ämnena kan också förekomma i ett mycket brett spektra av textilier vilket i princip gör en utsortering omöjlig. Det innebär att man får välja, en hög grad av risknivå då man låter denna typ av textilier gå till materialåtervinning eller låg risknivå vilket innebär att all denna typ av textilier inte kan gå till återvinning.

Ytterligare en faktor som påverkar förekomsten av farliga ämnen i de textilier som når avfallsledet är avgång vid användning. Vilka ämnen som avgår och i vilka kvantiteter avgörs till stor del av ämnenas kemiska/fysikaliska egenskaper samt hur textilierna används. Dock är kunskapsläget kring avgång av farliga ämnen vid användning av textilier begränsat i dagsläget, se avsnitt 3.

Det spelar också in vad den återvunna råvaran ska användas till. Olika användning ställer olika krav på innehållet i materialet. En generell svårighet dock, är att alla produkter av samma fiber och för samma användningsområde inte behöver innehålla samma kemikalier, då olika produktionsprocesser och kemikalier kan användas för att producera textilier med likvärdiga egenskaper.

En målsättning med utsorteringen av textilier innehållande farliga ämnen är att snabbare säkerställa tillräckligt giftfria kretslopp. Samtidigt finns förslag till mål att förutom att återanvända även materialåtervinna allt mer textil för att snabbare uppnå tillräcklig resurseffektivitet. Textilier bör i första hand återanvändas då det bidrar till större miljönytta och är mer resurseffektivt än återvinning. Med dagens tillgängliga information om innehåll av farliga ämnen i textilier kan man inte ta välgrundade beslut som leder till en optimal avvägning mellan dessa två samtidiga mål, det blir istället nödvändigt att prioritera mellan dem, på osäkert underlag. Nedan presenteras fem olika förslag till rekommendationer för utsortering av textil

som utgår från olika nivå för risktagande gällande återföring av farliga ämnen till kretsloppen. Dessa scenarier är teoretiska och utgör en serie som spänner från det första scenariot där inga textilier återvinns och fokus ligger enbart på giftfrihet, till det femte scenariot där alla textilier som är tekniskt möjliga att återvinna återvinns och fokus enbart ligger på resurseffektivitet.

Scenarierna nedan baseras till stor del på utsorteringsbehov vid mekanisk återvinning av textil, vilket är den återvinningsmetod som i dagsläget finns tillgänglig i stor skala i Europa. I Asien sker dock viss återvinning av polyester och polyamid i dagsläget. Storskalig införsel av kemisk återvinning kan förändra förutsättningarna för behovet av utsortering. Det finns förhoppningar om att kemisk återvinning ska kunna avlägsna kemikalier från det ingående materialet och på så sätt erhålla en renare återvunnen textilråvara. Huruvida så faktiskt är fallet är svårt att säga då de kemiska återvinningsprocesserna ännu är under utveckling. I Naturvårdsverkets rapport ”Textilåtervinning – tekniska möjligheter och utmaningar” (2015) har en teoretisk modell utvecklats för att studera vad som hypotetiskt händer med de ingående kemikalierna under olika återvinningsprocesser. Resultaten från modellen visar att en stor andel av de farliga ämnena potentiellt avlägsnas från textilierna vid kemisk återvinning, se Appendix. Dock kan vissa ämnen finnas kvar i det utgående materialet, såsom toxiska metaller, olika nedbrytningsprodukter och biocider, varvid det fortfarande finns ett behov för utsortering av vissa textilier även vid storskalig kemisk återvinning av textilier.

I dagsläget har vi ingen helt färdig uppskattning av vad storleken på flödena av återvinningsbar textil är för de olika utsorteringsvalen/scenarierna, då den statistik som finns tillgänglig gällande textilflöden har en annan upplösning med avseende på produktgrupper än vad som diskuteras här. Resultat från studien ”Plockanalyser av textilier i hushållens restavfall” av Hultén et al. (2016) visar dock att av den totala mängden textilavfall som återfinns i hushållens restavfall utgörs endast 10 % av sport-, arbets-, regn- eller fritidskläder samt textil med plastigt tryck.

I avsnitt 7.1–7.5 diskuteras möjliga utsorteringsval/scenarier som är tänkbara om man vill minimera återföringen av farliga ämnen till kretsloppen. Det föreslås utsortering för två olika ändamål, antingen energiåtervinning eller lågvärdig återvinning. Den fraktion som inte sorteras ut är ämnad för materialåtervinning. Materialåtervinning innebär att materialet återvinns till samma funktion igen i det här fallet att en textilfiber från kläder används till kläder eller hemtextilier igen. Lågvärdig återvinning, även kallat downcycling, är när materialet återvinns till mer lågvärdiga produkter än ursprungsprodukten. Till exempel att textilier

används till trasor. Lågvärdig återvinning innebär att man förkortar den möjliga livlängden hos materialet. Energiåtervinning innebär utvinning av energi ur materialet genom förbränning.

Faktum kvarstår dock att de ämnen som i rapporten pekats ut som farliga är ämnen som avsiktligt tillsätts vid tillverkningen av textilier som funktionskemikalier. Det är viktigt att inte tappa fokus på att det allra mest önskvärda alternativet är substitution eller eliminering av dessa ämnen redan i produktionsstadiet – om så sker skulle det underlätta avsevärt i avfallshanteringsled. Dock tar det tid att fasa ut kemikalier från textil eftersom äldre plagg kan finnas kvar länge i folks garderober.

## **7.1 Fokus enbart på giftfrihet (A)**

Om man som i scenario A har ett fokus som gör det helt oacceptabelt att farliga ämnen från återvunna textilier recirkuleras i samhället är det i dagsläget inte möjligt att materialåtervinna textilier då vi inte har tillräckligt med information om textiliernas innehåll.

Detta behöver dock ställas i relation till att vi ju använder textilierna i ett första led där de även då innehåller dessa ämnen. Om ämnena inte alls kan accepteras vid materialåtervinning är det inte rimligt att vi accepterar dem vid första ledets användning.

Det är viktigt att det ställs höga och likvärdiga krav för nyproducerade och återvunna material med avseende på innehåll av farliga ämnen för att kunna styra mot giftfria och resurseffektiva kretslopp. Det är därför viktigt att användningen av särskilt farliga ämnen i nya varor undviks helt.

## **7.2 Större fokus på giftfrihet (B)**

För scenario B med större fokus på giftfrihet än resurseffektivitet föreslås här att endast textilier där man känner till att de inte innehåller några farliga ämnen återvinns. Exempel på sådana flöden kan vara egenproducerade textilier som producenterna samlar in där de har kontroll över innehållet. Det skulle då vara rimligt att fokusera på att sortera ut produkter med ämnen som man redan nu vet är speciellt problematiska, från referensgruppen har man lyft PFAS, flamskyddsmedel, biocider, alkylfenoletoxilater (APEO) och ftalater som exempel. Dessa finns t.ex. i outdoor-kläder/ utrustning, möbel- och inredningstextilier från offentlig verksamhet, träningskläder och kläder med plasttryck.

Det är även viktigt att hålla isär olika flöden av textilier så att oönskade ämnen inte hamnar i fel produkter. Genom att endast återvinna textilier där innehållet är känt och hålla isär de olika flödena ges textilproducenter som



använder sig av återvunnet material möjlighet att sätta ut säkra produkter på marknaden, informera nedströms i värdekedjan (dvs. både professionella kunder och konsumenter) om innehåll av särskilt farliga ämnen och/eller leva upp till egna krav eller kundkrav om att inte farliga ämnen ska ingå. Referensgruppen lyfter även att det efterfrågas av producenterna att kunna styra vilket återvunnet material man vill ta emot.

En nackdel med detta scenario skulle vara att flödena blir små. I detta scenario krävs att företagen som vet sitt innehåll av kemikalier i textil också samlar in – en generell insamling kan inte klara denna nivå idag eftersom det inte finns information om innehåll av kemikalier i enskilda plagg. Tidshorisonten spelar in här också, det är även tveksamt om företagen verkligen har kontroll över kemikalier i alla plagg, och som kanske tillverkades för flera år sedan.

### **7.3 Lika stort fokus på giftfrihet och resurseffektivitet (C)**

I scenario C där ambitionen är att sätta giftfrihet och resurseffektivitet lika mycket i fokus föreslås att textilier där det är känt att de inte innehåller några farliga ämnen (se avsnitt 7.2) återvinns, medan textilier med låg sannolikhet för innehåll av farliga ämnen sorteras ut för lågvärdig återvinning för exempelvis industriella applikationer såsom trasor och isolering. Det är även här rekommenderat att hålla isär olika flöden av textilier för att kunna styra i vilka nya produkter det återvunna materialet hamnar.

Produkter med låg sannolikhet för innehåll av farliga ämnen är här textilier behandlade med biocider (underkläder samt träningskläder utan vatten- och smutsavvisande funktion). Sannolikheten att det förekommer farliga ämnen i dessa produkter bedöms som låg då dessa produkter ofta tvättas frekvent och stora andelar av de biocider som tillsätts textilierna verkar avges vid tvätt (Kemikalieinspektionen, 2012).

Produkter som kan innehålla särskilt farliga ämnen sorteras ut och destrueras. De produkter som bör sorteras ut för energiåtervinning är färgade bomullstextilier som kan innehålla azofärgämnen samt de produkter som enligt Tabell 1 innehåller olje-, smuts- och vattenavvisande medel, mjukgörare samt flamskydd:

- Textilier innehållande olje-, smuts- och vattenavvisande medel bör sorteras ut då dessa kan innehålla högfluorerade ämnen som är extremt svårnedbrytbara i miljön.

- Textilier innehållande mjukgörare bör sorteras ut då dessa ämnen kan vara hormonstörande. Textilier med plasttryck där mjukgörare förekommer är även önskvärt att sortera bort då plasttrycken kan vara problematiska för återvinningsprocesserna.
- Textilier innehållande flamskyddsmedel bör sorteras ut då dessa ämnen kan vara hormonstörande. Det är även önskvärt att sortera ut då dessa då de kan vara problematiska vid rening av processvatten från textilåtervinning.

Exempel på produkter som uppfyller kriterierna för utsortering för energiåtervinning är färgade bomullstextilier, arbetskläder, regnkläder/skidkläder, produkter av konstläder, skor, mattor, möbeltyger, inredningstextilier från offentliga miljöer, tält och markiser.

Vid storskalig införsel av kemisk återvinning är det möjligt att vissa av produkterna som nämns ovan inte behöver utsorteras för energiåtervinning utan istället kan materialåtervinnas. Detta då rön säger att kemiska återvinningsprocesser kan avlägsna vissa kemikalier från det ingående materialet (Naturvårdsverket, 2015). En produktgrupp som skulle kunna bli aktuell för kemisk återvinning är färgad bomull, då det finns indikationer på att azofärgämnen kan avlägsnas från cellulosabaserade material vid kemisk återvinning (Naturvårdsverket, 2015). Det är eftersträvansvärt att återvinna just färgad bomull då den färgade bomullen utgör en stor del av textilavfallet. Mer än hälften av textilierna som återfinns i restavfall är ren bomull (Hultén et al, 2016).

Vissa av produkterna är möjliga att sortera ut med manuell sortering baserat på val av undergrupper inom produktgrupper att sortera ut medan andra skulle medföra en mer total utsortering av allt inom produktgruppen. En utsortering av hela produktgrupper skulle dock leda till att även textil inom grupperna som inte innehåller farliga ämnen också sorteras ut. Det skulle alltså bli mindre material till materialåtervinning än vad det skulle behöva vara om innehållet i produkterna vore känt.

Av de sorteringstekniker som undersökts och beskrivs ovan är det endast någon form av märkning som helt skulle ge möjligheter till exakt utsortering, förutsatt att tillverkarna då märkte kläderna enligt ett system där innehåll av kemikalier deklarerades. Detta finns dock inte tillgängligt idag.

I dagsläget skulle en utsortering innebära en kombination av manuell och maskinell sortering. Den manuella sorteringen är nödvändig dels för att sortera ut lämpliga fraktioner för återanvändning samt att sortera ut vissa produktgrupper med kemikalier enligt ovan. Den maskinella sorteringen

(framförallt optisk) ger vissa möjligheter till att bättre sortera olika typer av fibrer.

## 7.4 Större fokus på resurseffektivitet (D)

I scenario D med större fokus på resurseffektivitet än giftfrihet föreslås att textilier där det är känt att de inte innehåller några farliga ämnen (se avsnitt 7.2) samt textilier med låg sannolikhet för innehåll av farliga ämnen återvinns.

Textilier med låg sannolikhet för innehåll av farliga ämnen är här textilier behandlade med biocider (underkläder samt träningskläder utan vatten- och smutsavvisande funktion). Sannolikheten att det förekommer farliga ämnen i dessa produkter bedöms som låg då dessa produkter ofta tvättas frekvent och stora andelar av de biocider som tillsätts textilierna verkar avges vid tvätt (Kemikalieinspektionen, 2012).

Produkter som kan innehålla särskilt farliga ämnen sorteras ut för lågvärdig återvinning till industriella applikationer, såsom trasor och isolering, där risken för exponering av användaren är lägre. De produkter som bör sorteras ut för lågvärdig återvinning är färgade bomullstextilier som kan innehålla azofärgämnen samt de produkter som enligt Tabell 1 innehåller olje-, smuts- och vattenavvisande medel, mjukgörare samt flamskydd, dvs.:

- Textilier innehållande olje-, smuts- och vattenavvisande medel bör sorteras ut då dessa kan innehålla högfluorerade ämnen som är extremt svårnedbrytbara i miljön.
- Textilier innehållande mjukgörare bör sorteras ut då dessa ämnen kan vara hormonstörande. Textilier med plasttryck bör dock inte återvinnas då plasttrycken kan vara problematiska för återvinningsprocesserna.
- Textilier innehållande flamskyddsmedel bör sorteras ut då dessa ämnen kan vara hormonstörande. Textilier med bromerade flamskyddsmedel bör dock inte återvinnas då dessa kan vara problematiska vid rening av processvatten från textilåtervinning.

Exempel på produkter som uppfyller kriterierna för utsortering för lågvärdig återvinning är färgade bomullstextilier, arbetskläder, regnkläder/skidkläder, produkter av konstläder, skor, mattor, möbeltyger, inredningstextilier från offentliga miljöer, tält och markiser.

Vid storskalig införsel av kemisk återvinning är det möjligt att vissa av produkterna som nämns ovan inte behöver utsorteras för lågvärdig mekanisk återvinning utan istället kan gå till kemisk återvinning. Detta då rön säger att kemiska återvinningsprocesser kan avlägsna vissa kemikalier från det

ingående materialet (Naturvårdsverket, 2015). En produktgrupp som skulle kunna bli aktuell för kemisk återvinning är färgad bomull, då det finns indikationer på att azofärgämnen kan avlägsnas från cellulosabaserade material vid kemisk återvinning (Naturvårdsverket, 2015). Det är eftersträvansvärt att återvinna just färgad bomull då den färgade bomullen utgör en stor del av textilavfallet. Mer än hälften av textilierna som återfinns i restavfall är ren bomull (Hultén et al, 2016).

Endast textilier som innehåller ämnen som är problematiska för återvinningsprocesserna, såsom textilier med plasttryck samt textilier innehållande bromerade flamskyddsmedel, sorteras ut för energiåtervinning.

Det är även här rekommenderat att hålla isär olika flöden av textilier för att kunna styra i vilka nya produkter det återvunna materialet hamnar. Fördelen med detta scenario är att flödena av textil som återvinns blir relativt stora och man uppnår en relativt hög grad av återvinning.

## **7.5 Fokus enbart på resurseffektivitet (E)**

Om man anser att det är helt oundgängligt att uppnå resurseffektiva kretslopp och man samtidigt kan acceptera risken att farliga ämnen kommer att recirkuleras vid återvinning av textilier uttrycks det bäst av scenario E med dess fokus enbart på resurseffektivitet men begränsat till textil som är tekniskt möjlig att återvinna. Därför återvinns i praktiken inte all textil i detta scenario trots att dess fokus antyder detta.

Problem kan uppstå i en framtid där materialåtervinning blir mer vanligt förekommande eftersom vissa av kemikalierna kommer att påverka återvinningsprocessen. För att undvika detta föreslås att textilier som innehåller ämnen som är problematiska för återvinningsprocesserna, såsom textilier med plasttryck samt textilier innehållande bromerade flamskyddsmedel, sorteras ut för energiåtervinning.

Storskalig återvinning av textilier kan även leda till att vissa kemikalier anrikas i de återvunna plaggen och på så sätt exponeras användaren av högre halter än om jungfrulig råvara använts. Detta är dock inget H&M har upptäckt i sina kontroller av farliga ämnen i mekaniskt återvunnen bomull från jeans. ”Vi har vid tester av detta material inte sett att det skulle överskrida våra egna kemikalierestriktioner” (Brännsten, H&M 2015).

Ökad återvinning skulle också kunna innebära att ämnen som i vissa applikationer kan accepteras/ ses som nödvändiga (till exempel flamskyddade arbetskläder) efter återvinning hamnar i helt andra produkter. Detta risktagande kan därmed ge en okontrollerad spridning av kemikalier i textilier. En sådan spridning kan dock motverkas om insamlingen av textil sker på ett sådant sätt att olika textilflöden hålls isär.

## **7.6 Sammanställning rekommendationer för utsortering**

Tabell 3 nedan visar en sammanställning över vilka textila produktgrupper som rekommenderas för utsortering respektive lågvärdig återvinning i de olika scenarierna.

**Tabell 3 Fem scenarier med utsorteringsrekommendationer för energiåtervinning eller lågvärdig återvinning av textilier med innehåll av särskilt farliga ämnen och andra oönskade ämnen sett till olika fokus för den högvärdiga materialåtervinningen.**

Scenario	Utsortering för energiåtervinning	Utsortering för lågvärdig återvinning inom industriella applikationer
Fokus enbart på giftfrihet (A) (avsnitt 7.1)	Allt energiåtervinns	Inget behov av en särskild utsortering för lågvärdig återvinning
Större fokus på giftfrihet (B) (avsnitt 7.2)	Textilier med okänt innehåll eller textilier med känt innehåll av farliga ämnen utsorteras för energiåtervinning	Inget behov av en särskild utsortering för lågvärdig återvinning
Lika stort fokus på giftfrihet och resurseffektivitet (C) (avsnitt 7.3)	Färgade bomullstextilier <sup>2</sup> , arbetskläder, sportkläder, regnkläder/skidkläder, ytterkläder, kläder med plasttryck, skor/skoinlägg, vantar och mössor, madrasser, möbler, mattor, gardiner, inredningstextilier offentliga miljöer, tält, presenningar, ryggsäckar, markiser utsorteras för energiåtervinning	Underkläder samt sportkläder utan vatten- eller smutsavvisande funktion utsorteras för lågvärdig återvinning
Större fokus på resurseffektivitet (D) (avsnitt 7.4)	Textilier med plasttryck, textilier med bromerade flamskydd utsorteras för energiåtervinning	Färgade bomullstextilier <sup>2</sup> , arbetskläder, sportkläder, regnkläder/skidkläder, ytterkläder, skor/skoinlägg, vantar och mössor, madrasser, möbler, mattor, gardiner, inredningstextilier offentliga miljöer, tält, presenningar, ryggsäckar, markiser utsorteras för lågvärdig återvinning
Fokus enbart på resurseffektivitet (E) (avsnitt 7.5)	Textilier med plasttryck, textilier med bromerade flamskydd utsorteras för energiåtervinning	Inget behov av en särskild utsortering för lågvärdig återvinning

<sup>2</sup> Rön finns som indikerar att kemiska återvinningsprocesser kan avlägsna azofärgämnen från färgade bomullstextilier (Naturvårdsverket, 2015), den ämnesgrupp som utgör det avgörande hindret för högvärdig materialåtervinning av sådana textilier när enbart mekanisk sortering står till buds.

## 8 Diskussion

I dagsläget är det mest en mekanisk återvinning som sker av textil, mycket på grund av man saknar annan teknik. Rapportens förslag till rekommendationer för utsortering av textil innehållande farliga ämnen baseras därför huvudsakligen på utsorteringsbehov vid mekanisk återvinning. Beroende på den avsedda användningen av det återvunna materialet varierar behovet av kontroll på kemikalieinnehållet, vilket återspeglas i de olika rekommendationerna. Vid mekanisk återvinning där det återvunna materialet används i trasor eller isolering är inte behovet av att ha full kontroll på kemikalieinnehållet lika stort som vid andra användningar av materialet. Storskalig införsel av kemisk återvinning skulle kunna förändra behovet av utsortering, då det ger möjlighet att avlägsna kemikalier från den återvunna råvaran. Vissa materialströmmar som innehåller farliga ämnen skulle då kunna materialåtervinnas utan att de farliga ämnena recirkuleras.

Behovet av att utveckla återvinningsteknikerna är stort (Naturvårdsverket, 2015) vilket också belyses av referensgruppen. Om detta ska vara möjligt bland annat med avseende på ekonomi behöver flödena av textil som går till materialåtervinning bli större. Ett sätt att uppnå större flöden skulle kunna vara att skapa en gemensam Nordisk marknad för textilavfall.

Många i referensgruppen, liksom flera studier såsom Naturvårdsverket (2015), lyfter också behovet av information om innehåll i textilier. Informationen behöver komma från producenten i första led och följa med produkten till sortering och återvinning, exempelvis via någon form av märkning. En annan möjlighet är att utveckla tester av både textil som ska återvinnas men också för återvunnen råvara, vilket i vissa fall sker redan idag. Att utföra kemiska analyser av alla textilier som skall återvinnas är dock inte realistiskt, både på grund av kostnaden för att utföra analyserna men även den tid det skulle ta. Däremot bör snabba och enkla tester för stick-prover eller liknande kunna vidareutvecklas. Vid en märkning skulle det också vara relevant att ha bättre kontroll över vilka kemikalier som kan tänkas finnas kvar i textilen efter användning. TEKOs förslag om pilotstudier med avseende på avgång av farliga ämnen vid användning genomförs, där förslagsvis högt prioriterade och farliga ämnen prioriteras och textila material där dessa kan återfinnas identifieras. I arbetet kan sedan olika tekniker för analys utvärderas, för att sedan användas i fortsatt arbete med att hitta andra ämnen med egenskaper som bedöms farliga för hälsa och miljö (Rehnby, TEKOs 2015).

Eftersom olika användningsområden ställer olika krav på bland annat kemikalieinnehåll behöver sorteringen ske med hänsyn till kommande användningsområde. Det kan dock vara svårt att veta användningsområdet på förhand, vilket försvårar en sådan sortering. Ytterligare en fråga som lyfts av referensgruppen är vem som ska stå för kostnaden för en sortering. Om mycket sorteras ut som icke-återvinningsbart kommer man ju också behöva betala för att skicka det till exempelvis förbränning. Ett producentansvar med avgift som finansierar detta är ett alternativ.

Ett sätt att öka flödena av återvunnen textil som inte innehåller farliga ämnen, oberoende av återvinningsteknik, är att fortsätta det arbete som redan pågår med att substituera farliga ämnen vid produktion av textilier. Många företag arbetar redan aktivt med substitution och har egna listor över ämnen som de inte tillåter i sina produkter. För att uppmuntra och hjälpa företag att substituera farliga ämnen i textil finns det även verktyg och databaser tillgängliga såsom ChemSecs (2015) Textile Guide och Subsport (2015). Att fasa ut farliga ämnen i textilier redan vid produktion skulle i framtiden underlätta återvinning av textil, samtidigt som de textilier som produceras utgör en mindre risk för människors hälsa och miljön. Det tar dock tid innan denna typ av åtgärd får effekt på det material som når återvinningen, varvid utsortering av textilier innehållande farliga ämnen kommer att vara nödvändig under en överskådlig framtid. Utöver att substituera farliga ämnen kan man även ifrågasätta om det verkligen är motiverat att använda vissa typer av kemikalier i vissa textilier, såsom biocider, då tillsatsen av dessa ämnen inte alltid ger textilierna den avsedda funktionen.

Vilken strategi man väljer som rekommendation för utsortering av textilier beror därmed helt på vilket risktagande när det gäller recirkulation av farliga ämnen i textilier man är beredd att ta. Högre risktagande ger idag möjlighet till större mängder återvunnen textil och troligen även lägre kostnader. Det är dock viktigt att det finns en avsättning för det återvunna materialet. I dagsläget efterfrågas främst återvunnet material från specifika produkter, exempelvis textil från återvunna jeans, då producenterna vill ha information om innehållet i det återvunna materialet. Teknikutveckling när det gäller utsortering kommer också att påverka möjligheter och kostnad för sortering. Ytterligare aspekter som kommer att underlätta återvinning av textilier är eventuella kommande krav på deklaration av innehåll av kemikalier i textil och eventuella begränsningar av kemikalier i textil.



## 8.1 Vidare studier

I dagsläget finns det varken tillräckligt med information tillgänglig kring innehåll av farliga ämnen i enskilda textilier som når avfallsledet eller om välbeprövade brett applicerbara kemiska återvinningsmetoder för att det ska gå att göra välgrundade beslut kring vilka enskilda textilier som bör sorteras ut på grund av innehållet av farliga ämnen.

Det kan finnas mer behov av diskussion och studier kring vilken policy samhället bör ta i denna fråga när det är brist på information. Ska man återvinna mycket textil med risk för att man får in farliga ämnen i kretsloppet eller ska man vara mer försiktig och istället sortera bort stora textilgrupper och därmed få mindre återvinning?

Informationen om farliga ämnen i textilier behöver bli bättre, och informationen behöver komma från producenten i första led och följa med produkten till sortering och återvinning. Ett sätt att uppnå detta kan vara genom innehållsdeklarationer för textilier och märkning av textilier med avseende på farliga ämnen. Ett alternativ till märkning är att utveckla tester av både textil som ska återvinnas men också för återvunnen råvara, vilket i vissa fall sker redan idag

Det är även relevant att vidare studera förhållandet mellan vilka ämnen som tillsätts textilierna och vilka ämnen som finns kvar i textilierna efter användning, exempelvis vilka mängder av azofärgämnen som finns i begagnade textilmaterial.

Vidare studier kring tekniskt gångbara och hållbara substitut till dagens farliga ämnen är också viktigt, för att på sikt kunna ersätta de farliga ämnena.

För att uppnå en effektiv materialåtervinning finns det även ett stort behov av att utveckla själva återvinningsteknikerna för att snabbt och säkert detektera innehåll av farliga ämnen eller storskaligt tvätta bort/oskadliggöra sådana ämnen i kemiska återvinningsprocesser samt ta fram mer information om vilka farliga ämnen som kan finnas kvar i det återvunna materialet. Oavsett hur det går att ta fram sådana lösningar är förstås fortfarande den allra bästa kretsloppslösningen att på lite sikt få användningen av kemikalier som bidrar till farliga ämnen i textilier att upphöra helt.

## 9 Referenser

Bryld, T.D., Hansen, J., Jacobsen, E., Brunn Poulsen, P. (edt.) (2014). Survey of Selected Allergenic, Disperse Dyes in Clothes. The Danish Environmental Protection Agency, Report No 129, 2014. Copenhagen.

ChemSec (2015). Textile Guide.  
<http://textileguide.chemsec.org/>  
[Använd 2015-10-14].

ECHA (2015). Candidate List of substances of very high concern for Authorisation.  
<http://echa.europa.eu/candidate-list-table>  
[Använd 2015-11-20].

Fråne, A. (2015). Humana People to People Baltics sorteringsanläggning för textil. Studiebesök. Vilnius.

Hultén, J., Johansson, M., Dunsö, O. och Jensen, C. (2016). Plockanalyser av textilier i hushållens restavfall – En kartläggning av mängder och typ av kläder, hemtextiler och skor. SMED rapport nr 176, 2015.

Kemikalieinspektionen (2012). Antibacterial substances leaking out with the washing water – analyses of silver, triclosan and t triclocarban in textiles before and after washing. PM 1/12.

Kemikalieinspektionen (2014a). Material i inomhusmiljön 2 – Möbeltextil. Tillsyn 1/14. Stockholm.

Kemikalieinspektionen (2014b). Kemikalieinspektionens analyser i samband med tillsyn 2008–2013. Tillsyn 5/14. Stockholm.

Kemikalieinspektionen (2015a). Kemikalier i Textilier – Risker för människors hälsa och miljön. Rapport 3/15. Stockholm.

Kemikalieinspektionen (2015b). Förekomst och användning av högfluorerade ämnen och alternativ – Rapport från ett regeringsuppdrag. Rapport 6/15. Stockholm.

Kemikalieinspektionen (2015c). Antibacterial treatment of clothes – does it really have an effect? – Measurement of antibacterial effects of treated apparel before and after washing. Rapport 8/15. Stockholm.

Kemikalieinspektionen (2015d). Material i inomhusmiljön 3 – Textil interiör. Tillsyn 2/15. Stockholm.

Lassen, C., Kjølholt, J., Hagen Mikkelsen, S., Warming, M., Astrup Jensen, A., Bossi, R. and Bondgaard Nielsen, I. (2015). Polyfluoroalkyl substances

(PFASs) in textiles for children. Survey of chemical substances in consumer products. The Danish Environmental Protection Agency, Report No 136, 2015. Copenhagen.

Luongo, G. (2015). Chemicals in textiles. A potential source for human exposure and environmental pollution. Stockholms Universitet.

Naturvårdsverket (2015). Textilåtervinning – Tekniska möjligheter och utmaningar. Rapport 6685. Stockholm.

Palm et al. (2014). Towards a Nordic textile strategy - Collection, sorting, reuse and recycling of textiles. Copenhagen. Tema Nord.

Relooping Fashion (2015). Welcome to The Relooping Fashion Initiative. <http://reloopingfashion.org/>  
[Använd 2015-12-10].

Subsport (2015). Substitution Support Portal  
<http://www.subsport.eu/>  
[Använd 2015-11-20].

ThermoNicolet (2001). Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry. [PDF]  
<http://mmrc.caltech.edu/FTIR/FTIRintro.pdf>  
[Använd 2015-09-29].

Tomra (2015). Notes from sorting test Tomra. Studiebesök. Mühlem – Kärlich. WRAP (2014). Textile tagging. Oakdene Hollins Ltd.

# 10 Appendix

Tabell A1 Kemikalier som överförs vid mekanisk- och kemisk återvinning av polyamid. Tabellen är hämtad från rapporten *Textilåtervinning – tekniska möjligheter och utmaningar* utfärdad av Naturvårdsverket (2015)

Grupp av farliga kemikalier i polyamid	Specifika farliga kemikalier	Huvudsaklig funktion	Utgående material vid mekanisk återvinning (kapning och fragmentering)	Utgående material vid kemisk återvinning sura förhållanden, 340°C, (1,5 MPa), alkoholer och syror används som lösningsmedel.
Azobaserade färgämnen och pigment	Dispersa Syra Direkt Pigment	Färgämnen och pigment	Rester i material och damm	Rester i materialet (pigment). Direkt och syra utvinns. Möjlig omvandling till arylaminer.
Metallkomplex färgämnen	Betningsmedel	Färgämnen och pigment	Rester i material och damm	Rester i materialet
Optiska vitmedel	Kumariner Imidazoliner Diazoler Triazoliner Benzoxazoliner Bifenylstilbener	UV absorbenter Färgämnen och pigment	Rester i material och damm	Urlakas

<b>Grupp av farliga kemikalier i polyamid</b>	<b>Specifika farliga kemikalier</b>	<b>Huvudsaklig funktion</b>	<b>Utgående material vid mekanisk återvinning (kapning och fragmentering)</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning sura förhållanden, 340°C, (1,5 MPa), alkoholer och syror används som lösningsmedel.</b>
Per och polyfluorerade ämnen	Fluortelomer alkoholer Perfluorerade karboxylsyror Perfluorerade sulfonsyror Polyfluorerade sulfonamidoalkoholer	Vattenavvisande behandling Stabila  Nedbrytningsprodukter Vattenavvisande behandling	Rester i material och damm	Urlakad och Förångad  Urlakad Urlakad och förångad
Toxiska metaller	Silver och dess salter Krom VI föreningar	Biocider Färgämnen och pigment	Rester i material och damm	Urlakad
Alkylfenoler och dess etoxylater	Nonylfenoler och dess etoxylater Oktylfenoler och dess etoxylater	Tensider	Rester i material och damm	Urlakad och omvandlad till nonylfenoler Urlakad och omvandlad till oktylfenoler
Silikoner	Cykliska siloxaner och linjära siloxaner	Utgångsämnen för polysiloxaner för vattenavvisande behandling	Rester i material och damm	Urlakad och förångad
Nedbrytningsprodukter	Dioxiner och dibensofuraner	Stabila nedbrytningsprodukter	Rester i material och damm	Urlakad och förångad
Biocider	Silverföreningar, se toxiska metaller	Biocider	Rester i material och damm	Urlakad

Tabell A2. Kemikalier som överförs vid mekanisk- och kemisk återvinning av polyester. Tabellen är hämtad från rapporten *Textilåtervinning – tekniska möjligheter och utmaningar* utfärdad av Naturvårdsverket (2015)

Grupp av farliga kemikalier i polyester	Specifika farliga kemikalier	Huvudsaklig funktion	Utgående material vid mekanisk återvinning (kapning och fragmentering)	Utgående material vid kemisk återvinning Glykolys vid 200-250°C, polära lösningsmedel
Azobaserade färgämnen och pigment	Dispersa pigment	Färgämnen och pigment	Rester i material och damm	Urlakad
Optiska vitmedel	Kumariner, imidazoliner, diazoler, triazoliner, benzoxazoliner, bifenylistilbener	UV-absorbenter, färgämnen och pigment	Rester i material och damm	Urlakad
Per- och polyfluorerade ämnen	Fluortelomer alkoholer (utgångsämnen) Perfluorerade karboxylsyror Perfluorerade sulfonsyror Stabila Polyfluorerade sulfonamidoalkoholer	Vattenavvisande behandling  Stabila nedbrytningsprodukter Vattenavvisande behandling	Rester i material och damm	Urlakad och förångad
Toxiska metaller	Bly och dess salter Silver och dess salter	Föroreningar  Biocider	Rester i material och damm	Urlakad
Klororganiska föreningar	Klorbensener- naftalener samt toluener	Bärare/additiv i process	Rester i material och damm	Urlakad och förångad

<b>Grupp av farliga kemikalier i polyester</b>	<b>Specifika farliga kemikalier</b>	<b>Huvudsaklig funktion</b>	<b>Utgående material vid mekanisk återvinning</b> (kapning och fragmentering)	<b>Utgående material vid kemisk återvinning</b> Glykolys vid 200-250°C, polära lösningsmedel
Icke halogenerade flamskyddsmedel	Aromatiska fosfororganiska ämnen	Flamskyddsmedel	Rester i material och damm	Urlakad och förångad
Alkylfenoler och deras etoxylater	Nonylfenoler och dess etoxylater Oktylfenoler och dess etoxylater	Tensider	Rester i material och damm	Urlakad och omvandlad till nonylfenoler Urlakad och omvandlad till oktylfenoler
Silikoner	Cykliska siloxaner Linjära siloxaner	Utgångsämnena för polysiloxaner för vattenavvisande behandling	Rester i material och damm	Urlakad och förångad
Nedbrytningsprodukter	Dioxiner och dibensfuraner	Stabila nedbrytningsprodukter	Rester i material och damm	Rester
Biocider	Silverföreningar Tributyltennoxid Triklorsan Triklorkarban Zinkpyrition	Biocider	Rester i material och damm	Urlakad  Urlakad  Urlakad och förångad

Tabell A3. Kemikalier som överförs vid mekanisk- och kemisk återvinning av cellulosa. Tabellen är hämtad från rapporten *Textilåtervinning – tekniska möjligheter och utmaningar* utfärdad av Naturvårdsverket (2015)

Grupp av farliga kemikalier i cellulosa	Specifika farliga kemikalier	Huvudsaklig funktion	Utgående material vid mekanisk återvinning	Utgående material vid kemisk återvinning (Lyocell, högt pH, oxidativt medium)	Utgående material vid kemisk återvinning (Viskos, upplösningsprocess, 5-50°C, svavelsyra, högt pH)	Utgående material vid kemisk återvinning (förbehandling, 30-105°C, högt pH)
Azobaserade färgämnen och pigment	Direkt reaktiva azopigment	Färgämnen och pigment	Rester i material och damm	Urlakad och avfärgat	Urlakad och avfärgat	Urlakad och avfärgat
Optiska vitmedel	Kumariner, Imidazoliner, diazoler, triazoler, benzoxazoliner, bifenylnitilbener	UV absorbenter, färgämnen och pigment	Rester i material och damm	Urlakad	Urlakad	Urlakad



<b>Grupp av farliga kemikalier i cellulosa</b>	<b>Specifika farliga kemikalier</b>	<b>Huvudsaklig funktion</b>	<b>Utgående material vid mekanisk återvinning</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning (Lyocell, högt pH, oxidativt medium)</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning (Viskos, upplösningssprocess, 5-50°C, svavelsyra, högt pH)</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning (förbehandling, 30-105°C, högt pH)</b>
Per- och polyfluorerade ämnen	Fluortelomeralkoholer	Vattenavvisande behandling	Rester i material och damm	Urlakad och oxiderad (omvandlad till oxiden)	Urlakad och oxiderad (omvandlad till syra)	Förångad
	Perfluorerade karboxylsyror	Stabila nedbrytningsprodukter		Urlakad	Urlakad	Urlakad
	Perfluorerade sulfonsyror			Urlakad	Urlakad	Urlakad
	Polyfluoreredesulfonamidoalkoholer	Vattenavvisande behandling		Urlakad och oxiderad	Urlakad och oxiderad	Förångad
	Kvicksilver och dess salter	Biocider		Rester i materialet	Rester i materialet	Rester i materialet
Klororganiska föreningar	Klorfenoler	Höglorerade biocider	Rester i material och damm	Trolig deklorering	Trolig deklorering	Trolig deklorering
Icke halogenerade flamskyddsmedel	Aromatiska fosfororganiska ämnen	Flamskyddsmedel	Rester i material och damm	Oorganisk fosfor	Oorganisk fosfor	Oorganisk fosfor

<b>Grupp av farliga kemikalier i cellulosa</b>	<b>Specifika farliga kemikalier</b>	<b>Huvudsaklig funktion</b>	<b>Utgående material vid mekanisk återvinning</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning (Lyocell, högt pH, oxidativt medium)</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning (Viskos, upplösningsprocess, 5-50°C, svavelsyra, högt pH)</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning (förbehandling, 30-105°C, högt pH)</b>
Alkylfenoler och deras etoxylater	Nonylphenoler and deras etoxylater Oktylphenoler och dess etoxylater	Tensider	Rester i material och damm	Urlakad	Urlakad	Urlakad
Silikoner	Cykliska siloxaner  Linjära siloxaner	Utgångsämnen för polysiloxaner för vattenavvisande behandling  Utgångsämnen för polysiloxaner för vattenavvisande behandling	Rester i material och damm	Urlakad	Urlakad	Urlakad

<b>Grupp av farliga kemikalier i cellulosa</b>	<b>Specifika farliga kemikalier</b>	<b>Huvudsaklig funktion</b>	<b>Utgående material vid mekanisk återvinning</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning (Lyocell, högt pH, oxidativt medium)</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning (Viskos, upplösningsprocess, 5-50°C, svavelsyra, högt pH)</b>	<b>Utgående material vid kemisk återvinning (förbehandling, 30-105°C, högt pH)</b>
Biocider	Etyltrialol Ortopfenylfenol Tributyltennoxid Formaldehyd Pentaklorfenol Permetrin  Sulfuryldifluorid  Triklorkarban	Biocider	Rester i material och damm      Förångad  Rester i material och damm	Urlakad      Förångad  Urlakad	Urlakad      Förångad  Urlakad	Urlakad      Förångad  Urlakad

**Tabell A4. Kemikalier som överförs vid mekanisk återvinning av ull. Tabellen är hämtad från rapporten *Textilåtervinning – tekniska möjligheter och utmaningar* utfärdad av Naturvårdsverket (2015)**

<b>Grupp av farliga kemikalier i ull</b>	<b>Specifika farliga kemikalier</b>	<b>Huvudsaklig funktion</b>	<b>Utgående material vid mekanisk återvinning</b>
Azobaserade färgämnen och pigment	Syra Direkt reaktiva azopigment	Färgämnen och pigment	Rester i material och damm
Metall komplex färgämnen	Betningsmedel	Färgämnen och pigment	Rester i material och damm
Optiska vitmedel	Imidazoliner Diazoler Triazoliner Benzoxazoliner Biphenylstilbener	UV absorbenter, färgämnen och pigment	Rester i material och damm
Per- och polyfluorerade ämnen	Fluortelomer alkoholer Perfluorerade karboxylsyror Perfluorerade sulfonsyror Polyfluoreradesulfonamidoalkoholer  Krom VI föreningar	Vattenavvisande behandling Stabila Nedbrytningsprodukter  Vattenavvisande behandling Betningsmedel för färgämnen och pigment	Rester i material och damm
Flamskyddsmedel	Kalium hexafluorozirkonat	Rökdämpare	Rester i material och damm

<b>Grupp av farliga kemikalier i ull</b>	<b>Specifika farliga kemikalier</b>	<b>Huvudsaklig funktion</b>	<b>Utgående material vid mekanisk återvinning</b>
Alkylfenoler och deras etoxylater	Nonylfenoler och deras etoxylater Oktylfenoler och dess etoxylater	Tensider	Rester i material och damm
Silikoner	Cykliska siloxaner Linjära siloxaner	Antiskrynkemedel	Rester i material och damm
Biocider	Triklorkarban	Biocider	Rester i material och damm