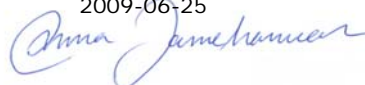


Avfallsprevention och giftfri miljö

Tomas Ekvall, Annika Gottberg, Maria Ljunggren Söderman,
Jeanette Green, Cajsa Larsson, Tomas Rydberg

B1861/U2391
Juni 2009

Rapporten godkänd
2009-06-25



Anna Jarnehammar
Avdelningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel
Telefonnr 08-598 563 00	Anslagsgivare för projektet Miljömålsrådet
Rapportförfattare Tomas Ekvall; Annika Gottberg; Maria Ljunggren Söderman; Jeanette Green; Cajsa Larsson; Tomas Rydberg	
Rapporttitel och undertitel Avfallsprevention och giftfri miljö	
Sammanfattning <p>Avfallsprevention genom ökad materialeffektivitet ger ofta miljöfördelar, t ex i form av minskade utsläpp av växthusgaser, eftersom det bidrar till att hålla nere energiintensiv materialproduktion. Syftet med detta projekt är att undersöka om ökad materialeffektivitet också bidrar till minskade utsläpp av farliga ämnen. Minskar eller ökar utsläppen av farliga ämnen om man ökar materialeffektiviteten? Finns det någon tydlig korrelation eller ej? Med farliga ämnen menar vi framförallt ämnen som hanteras av miljömålet Giftfri miljö och i Naturvårdsverkets strategi för giftfria och resurssnåla kretslopp (GRK), men också andra ämnen som påverkar människors hälsa. Vi utgår ifrån olika strategier för ökad materialeffektivitet (se Tabell S). För varje strategi identifierar vi exempel på hur den leder till ökade eller minskade utsläpp av farliga ämnen. Vi lyfter särskilt fram exempel och slutsatser som rör byggsektorn och livsmedelskedjan, eftersom de lyfts fram som prioriterade områden i GRK-strategin.</p> <p>Utifrån de identifierade exemplen drar vi slutsatsen att det finns många fall där ökad materialeffektivitet också bidrar till en mer giftfri miljö (se Tabell S). I vissa fall ger materialeffektiviteten viktiga miljöfördelar utöver att själva materialproduktionen minskar. Det gäller t ex fallet med småbilar. Det finns dock fall när ökad materialeffektivitet vare sig bidrar till giftfrihet eller andra miljöförbättringar. Det finns även fall där ökad materialeffektivitet bidrar till minskat energibehov, men ändå riskerar att öka användningen av farliga ämnen och/eller spridningen av dem i miljön. Slutligen finns risk för så kallade rebound-effekter om den ökade materialeffektiviteten är kostnadseffektiv.</p> <p>Vår samlade bedömning är att ökad materialeffektivitet ofta ger miljöfördelar också i form av minskade utsläpp av farliga ämnen. Sambandet verkar dock vara svagare än mellan materialeffektivitet och minskade utsläpp av växthusgaser. Osäkerheten är också större, eftersom frågan om farliga utsläpp är mer komplex. Man bör t ex ta hänsyn till farligheten hos ämnet och inte bara till den använda eller utsläppta mängden. Frågan är dessutom mindre utforskad.</p> <p>Ämnet för vår studie omfattar i princip alla material, alla produkter och alla produktionsprocesser. Vi har långt ifrån täckt ämnet fullständigt. Viktiga delar av studien är också relativt ytliga. Våra slutsatser skulle bli säkrare och mer välgrundade om studien breddas med fler exempel och/eller fördjupas på de punkter där den är ytlig. I förlängningen kan också systemanalyser vara motiverade, t ex inför implementeringen av EUs nya ramdirektiv om avfall (EU 2008) i svensk rätt.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Avfallsprevention, Giftfri miljö	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1861	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se, e-post: publicationservice@ivl.se, fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Förord

Denna studie syftar till att börja ta fram kompletterande kunskap om miljökonsekvenserna av olika strategier för materialeffektivitet. Det är ett mycket stort område, och denna rapport kan betraktas som något av en förstudie. Den kom till stånd efter ett initiativ av Mona Blomdin-Persson, Kemikalieinspektionen, planerades i samverkan även med Erik Westin, Naturvårdsverket, finansierades av Miljömålsrådet, och genomfördes av IVL Svenska Miljöinstitutet, i huvudsak under december 2008. En preliminär rapport presenterades på Naturvårdsverket i mars 2009. Slutlig rapport sammanställdes under våren 2009. Projektledare på IVL var Tomas Rydberg.

Sammanfattning

Avfallsprevention genom ökad materialeffektivitet ger ofta miljöfördelar, t ex i form av minskade utsläpp av växthusgaser, eftersom det bidrar till att hålla nere energintensiv materialproduktion. Syftet med detta projekt är att undersöka om ökad materialeffektivitet också bidrar till minskade utsläpp av farliga ämnen. Minskar eller ökar utsläppen av farliga ämnen om man ökar materialeffektiviteten? Finns det någon tydlig korrelation eller ej? Med farliga ämnen menar vi framförallt ämnen som hanteras av miljömålet Giftfri miljö och i Naturvårdsverkets strategi för giftfria och resurssnåla kretslopp (GRK), men också andra ämnen som påverkar människors hälsa.

Vi utgår ifrån olika strategier för ökad materialeffektivitet (se Tabell S). För varje strategi identifierar vi exempel på hur den leder till ökade eller minskade utsläpp av farliga ämnen. Vi lyfter särskilt fram exempel och slutsatser som rör byggsektorn och livsmedelskedjan, eftersom de lyfts fram som prioriterade områden i GRK-strategin.

Utifrån de identifierade exemplen drar vi slutsatsen att det finns många fall där ökad materialeffektivitet också bidrar till en mer giftfri miljö (se Tabell S). I vissa fall ger materialeffektiviteten viktiga miljöfördelar utöver att själva materialproduktionen minskar. Det gäller t ex fallet med småbilar. Det finns dock fall när ökad materialeffektivitet vare sig bidrar till giftfrihet eller andra miljöförbättringar. Det finns även fall där ökad materialeffektivitet bidrar till minskat energibehov, men ändå riskerar att öka användningen av farliga ämnen och/eller spridningen av dem i miljön. Slutligen finns risk för så kallade rebound-effekter om den ökade materialeffektiviteten är kostnadseffektiv.

Vår samlade bedömning är att ökad materialeffektivitet ofta ger miljöfördelar också i form av minskade utsläpp av farliga ämnen. Sambandet verkar dock vara svagare än mellan materialeffektivitet och minskade utsläpp av växthusgaser. Osäkerheten är också större, eftersom frågan om farliga utsläpp är mer komplex. Man bör t ex ta hänsyn till farligheten hos ämnet och inte bara till den använda eller utsläppta mängden. Frågan är dessutom mindre utforskad.

Ämnet för vår studie omfattar i princip alla material, alla produkter och alla produktionsprocesser. Vi har långt ifrån täckt ämnet fullständigt. Viktiga delar av studien är också relativt ytliga. Våra slutsatser skulle bli säkrare och mer välgrundade om studien breddas med fler exempel och/eller fördjupas på de punkter där den är ytlig. I förlängningen kan också systemanalyser vara motiverade, t ex inför implementeringen av EUs nya ramdirektiv om avfall (EU 2008) i svensk rätt.

Innehållsförteckning

Några ordförklaringar	4
1 Introduktion	5
1.1 Bakgrund	5
1.1.1 Avfallsprevention	5
1.1.2 Giftfri miljö	7
1.1.3 GRK-strategin	8
1.1.4 Miljö- och hälsofarliga ämnen i denna studie	8
1.2 Studiens syfte och metod	9
2 Strategier för materialeffektivitet	10
2.1 Materialeffektiva processer	10
2.1.1 Byggnader	10
2.1.2 Livsmedel	11
2.1.3 Övrigt	12
2.2 Materialsnäla produkter	14
2.2.1 Byggnader	14
2.2.2 Livsmedel	15
2.2.3 Övrigt	15
2.3 Produkter som håller länge	16
2.3.1 Byggnader	17
2.3.2 Livsmedel	18
2.3.3 Övrigt	18
2.4 Produkter som kan underhållas och repareras	19
2.4.1 Byggnader	19
2.4.2 Övrigt	20
2.5 Återanvändning och andrahandsmarknader	20
2.5.1 Byggnader	20
2.5.2 Livsmedel	21
2.5.3 Övrigt	21
2.6 Uthyrning och samägande	22
2.7 Ändra konsumtionens inriktning	23
2.8 Hålla nere konsumtionens omfattning	24
2.8.1 Livsmedel	24
2.8.2 Övrigt	24
3 Intervjuer	25
4 Diskussion och slutsatser	26
4.1 Synergi eller konflikt?	26
4.2 Forskningsbehov	27
5 Referenser	28

Några ordförklaringar

- Avfallsprevention: Åtgärder som vidtas innan avfallet uppstått och som leder till en minskning av a) mängden avfall, b) avfallets negativa påverkan på hälsa och miljö, och/eller c) halten av skadliga ämnen i materialen. Denna definition är hämtad från EUs avfallsdirektiv.
- Materialeffektivitet: Hur mycket gott liv som kan fås med en given mängd material. Begreppet är i grunden kvalitativt, eftersom begreppet ”gott liv” är kvalitativt. Vissa förändringar i materialeffektiviteten kan dock kvantifieras, t ex om mängden minskar av ett givet materialen för att fylla en given funktion.
- Materialsnåla produkter: Produkter som innehåller lite material per styck, d.v.s. produkter som är mindre eller lättare än andra produkter av samma slag. Materialsnålhet kan kvantifieras entydigt om den handlar om att använda tunnare skikt av samma material, exempelvis tunnare aluminium i dryckesburkar. När en produkt blir lättare genom att tyngre material ersätts med andra, lättare material, är materialsnålheten inte längre entydig, utan beror på om den mäts i kg eller i m³.
- Rebound-effekt: När effekten av ökad effektivitet förts helt eller delvis av att den ökade effektiviteten leder till ökad produktion och konsumtion.

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

1.1.1 Avfallsprevention

Den totala mängden icke-farligt avfall i Sverige år 2006 var över 120 Mton, enligt den nationella avfallsstatistiken (Naturvårdsverket 2008a). De största avfallsflödena är följande:

- Mineralavfall: 69,5 Mton, varav 62 Mton uppstår under utvinning av mineral (främst gruvor) och 6,5 Mton är schaktmassor från byggverksamhet.
- Träavfall: 22,3 Mton, varav nästan 17,8 Mton från trävarutillverkning och 4,1 Mton från massa- och pappersindustrin.¹
- Slam: 8,4 Mton (våtvikt), varav 3,8 Mton är lakvatten från deponier, 1,0 Mton från dricksvattenframställning, 0,9 Mton uppkommer i hushållen, 0,8 Mton i kommunala avloppsreningsverk,² och resten i olika industrier.
- Avfall från förbränning och andra termiska processer: 3,1 Mton, varav 1,7 Mton uppkommer i metall- och metallvarutillverkning och 1 Mton i el-, gas-, ång- hetvatten- och vattenförsörjning.
- Hushållsavfall: 2,7 Mton, varav 2,3 Mton från hushållen och resten från verksamheter.³

Den totala mängden farligt avfall var knappt 3 Mton (Naturvårdsverket 2008a). De största flödena av farligt avfall var följande:

- Mineralavfall: knappt 0,5 Mton, varav det allra mesta är PAH-asfalt⁴ mm från byggverksamhet.
- Uttjänta fordon: knappt 0,5 Mton, varav 0,3 Mton är personbilar från hushållen.
- Förorenade jord- och muddermassor: drygt 0,4 Mton, varav det allra mesta från byggverksamhet.
- Kemiska rester och avlagringar: 0,3 Mton.
- Avfall från förbränning: 0,3 Mton, varav ca hälften är filterstof, flygaska mm från avfallsförbränning.

Det nya ramdirektivet om avfall (EU 2008) anger att lagstiftning och politik på avfallsområdet bör styras av en avfallshierarki där prevention eller förebyggande är det första och därmed bästa alternativet. Därefter följer, i tur och ordning, förberedelse för återanvändning, återvinning (inklusive energiutvinning), samt bortskaffande. Med förebyggande menas åtgärder som vidtas innan avfallet uppstått och som leder till en minskning av:

- mängden avfall,

¹ En stor del av dessa flöden är biprodukter snarare än avfall [Formulera om - det finns strikta definitioner i avfallsdirektivet., ”Rent avfall” är onödigt vagt när det finns etablerad terminologi] TE: kan du hjälpa till att reda ut begreppen, Maria?

² Slammet från hushåll, liksom i många fall slam från vattenverken, överförs till kommunala avloppsreningsverk så att detta till viss del blir dubbelräknat.

³ Hushållsavfall inkluderar här främst säck- och kärlavfall, samt grovavfall vid återvinningscentraler. Hushållen genererar också bl a källsorterat material, slam och gamla bilar.

⁴ PAH är förkortning för polycykliska aromatiska kolväten.

- avfallets negativa påverkan på hälsa och miljö, och/eller
- halten av skadliga ämnen i materialen.

Avfallsprevention inkluderar alltså återanvändning av produkter som inte hunnit bli avfall. Det inkluderar däremot inte återanvändning av produkter eller återvinning av material som blivit avfall.

Att minska mängden avfall ger ofta miljövinster i ett livscykelperspektiv, t ex i form av lägre energibehov och mindre utsläpp av växthusgaser. De årliga utsläppen av växthusgaser kan minska med 300 kton CO₂-ekvivalenter om mängden avfall frikopplas från den ekonomiska tillväxten på samma sätt som i USA under 1990-talet. Då blir mängden kommunalt avfall i Sverige 5,3% lägre än om den växer i takt med ekonomin (Olofsson m.fl. 2004). Minskningen i utsläpp motsvarar grovt CO₂-utsläppen från all verksamhet i en medelstor svensk kommun. Den miljövinsten uppstår nästan helt för att preventionen gör att produktionen av jungfruligt och återvunnet material minskar och därmed ger mindre utsläpp (Olofsson m.fl. 2004). Det beror på att produktion av många material kräver mycket energi.

Fast det finns också sätt att minska mängden registrerat avfall som inte minskar produktionen av material, och inte heller ger några väsentliga miljövinster:

- Omklassning av avfall: EU:s nya avfallsdirektiv skiljer på avfall, biprodukter och restprodukter. Det betyder att biprodukter från t ex trävarutillverkning och massa- och pappersindustri i fortsättningen inte kommer att räknas som avfall. Mängden registrerat träavfall kommer därför sannolikt att minska betydligt, även om de verkliga materialflödena inte ändras (Ljunggren Söderman 2008).
- Mängden slam kan, åtminstone i princip, minskas kraftigt genom avvattning. Avvattning påverkar dock inte mängden miljörelevant material i slammet.
- Hushållsavfallet består till stor del av mat- och trädgårdsavfall. Den registrerade mängden hushållsavfall skulle därför kunna minska betydligt om hemkomposteringen ökar kraftigt. Det medför dock inte heller någon tydlig vinst för miljön (Sundqvist m.fl. 2002).

Det finns alltså en risk att åtgärder som syftar till att minska mängden registrerat avfall inte ger miljövinster i form av lägre energibehov och mindre utsläpp av växthusgaser. För att inte riskera att skjuta vid sidan av målet att påverka hur mycket material som produceras, är det säkrare att satsa på åtgärder som minskar mängden material som krävs för ett gott liv. Detta kallar vi att öka samhällets materialeffektivitet.

Materialeffektivitet och avfallsprevention är överlappande begrepp, men de är inte helt synonyma: avvattning av slam och hemkompostering kan räknas som avfallsprevention, även om de inte nödvändigtvis leder till ökad materialeffektivitet. Återanvändning av produkter som blivit avfall är materialeffektivt men inte avfallsprevention.

Det finns många olika strategier för att öka materialeffektiviteten (se Tabell 1). Dessa strategier är i regel bra för miljön i den meningen att de reducerar samhällets energiförbrukning och de emissioner som orsakas av den. Undantag kan t ex gälla för produkter som utvecklas såpass snabbt att den totala energiförbrukningen minskar av att gamla modeller byts ut mot nya, eller där energiåtgången ökar efterhand som produkten åldras.

Tabell 1: Struktur för strategier för materialeffektivitet (efter Ekvall 2008).

	Minskar energibehovet?
Materialeffektiva processer	Ja, oftast
Materialsnåla produkter	Ja, oftast
Produkter med lång livslängd	
Produkter som håller länge	Ja, oftast
Produkter som kan repareras	Ja, oftast
Återanvändning	Ja, oftast
Materialeffektiva konsumtionsmönster	
Uthyrning/samägande	Ja
Ändra konsumtionens inriktning	Ja
Hålla nere konsumtionens omfattning	Ja

Effekten av strategierna i Tabell 1 kan också försvagas av att ökad effektivitet kan leda till ökad produktion och konsumtion. Sådana s.k. rebound-effekter kan uppstå när materialeffektivitet också är kostnadseffektiv. Då frigörs pengar som kan användas till annan konsumtion eller till att öka produktionen. Det kan leda till ökad ekonomisk tillväxt, men också till nytt energibehov och nya utsläpp. Om materialeffektivitet gör en produkt billigare kan förstås även efterfrågan på produkten öka. Rebound-effekter diskuteras ofta i energisystemanalys. Om bilar exempelvis blir 5% mer bränslesnåla medan bränsleförbrukningen bara minskar med 2%, talar man om 60% rebound-effekt. De saknade 30% kan ha förbrukats genom att folk kör fortare eller längre med de bränslesnålare bilarna (Wikipedia 2009).

Det saknas dock en systematisk bild av hur ökad materialeffektivitet påverkar utsläppen av miljö- och hälsofarliga ämnen. En sådan bild vore värdefull för att kunna hitta strategier som verkar mot båda dessa mål, och också för att kunna göra avvägningar mellan målen om en giftfri miljö och minskade mängder avfall.

Att studera kopplingen mellan materialeffektivitet och giftfri miljö är också relevant eftersom EUs definition av avfallsprevention omfattar inte bara minskade mängder avfall, utan också minskat innehåll av farliga ämnen i avfallet, och minskad negativ påverkan från avfallet.

1.1.2 Giftfri miljö

Miljön skall enligt riksdagsbeslut vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden (Miljömål 2008). Som följd av miljömålet har Kemikalieinspektionen (2008) tagit fram riktvärden för halterna i ytvatten av 100 olika bekämpningsmedel. Miljömålet innebär även att halterna i miljön inte får vara för höga av kadmium och för människan skadliga dioxiner.

Nyproducerade varor bör enligt miljömålet inte innehålla kadmium, bly eller kvicksilver, och inte heller organiska ämnen som är långlivade (persistenta) och bioackumulerande, cancerframkallande, arvsmassepåverkande, fortplantningsstörande, hormonstörande eller kraftigt allergiframkallande. Dessutom skall hälso- och miljöriskerna vid framställning och användning av kemiska ämnen minska, liksom förekomsten och användningen av farliga ämnen som försvårar återvinning av material.

1.1.3 GRK-strategin

Som underlag till utvärdering och revidering av miljömålen har Naturvårdsverket (2008b) tagit fram en strategi för giftfria och resurssnåla kretslopp (GRK). Där vidgas begreppet giftfrihet något till att även inkludera avveckling av ozonnedbrytande och radioaktiva ämnen. PCB och DDT nämns explicit. Det sägs också uttryckligen att giftfrihet inte bara gäller kemiska varor utan också skadliga ämnen som bildas oavsiktligt, exempelvis olika dioxiner och perfluorerade ämnen. GRK-strategin nämner också miljö- och hälsoskadliga ämnen, men specificerar inte närmare vad som avses med detta.

Naturvårdsverkets GRK-strategi knyter också ihop målet om en giftfri miljö med materialeffektivitet. Den påpekar att många av miljöproblemen direkt eller indirekt har att göra med flödet och användningen av naturresurser och material i samhället. Den hävdar också att miljöpåverkan till följd av användning av naturresurser och material i regel är ett större problem än risken för att resurserna tar slut.

1.1.4 Miljö- och hälsofarliga ämnen i denna studie

I detta arbete har vi utgått ifrån att begreppet miljö- och hälsofarliga ämnen syftar på ämnen som produceras och/eller sprids avsiktligt eller oavsiktligt av människor, och som har human- och/eller ekotoxiska effekter. Det betyder att exempelvis de bekämpningsmedel, dioxiner och tungmetaller som nämns ovan väger tungt i våra resonemang. Dessa ämnen är mer eller mindre intimt förknippade med specifika sektorer i samhället:

- Bekämpningsmedel används framförallt i jordbruket.
- Svenska utsläpp av dioxin till luft blir det främst vid deponibränder (upp till 65 g TEQ/år), i metallindustrin (12-19 g TEQ/år) och vid förbränning av biobränsle (upp till 14 g TEQ/år; Naturvårdsverket 2005). Allra mest dioxiner produceras vid avfallsförbränning, men den avancerade rökgasreningen i de anläggningarna gör att mindre än 0,5 g TEQ/år släpps ut till luft (Avfall Sverige 2008a). Resten hamnar i flygaskan som deponeras som farligt avfall.
- Svenska utsläpp av tungmetaller kommer till stor del från metallindustrin, raffinaderier och massa- och pappersindustrin. De största punktkällorna för kadmium och kadmiumföreningar till luft år 2006 var Rönnskärsverken (metallindustrin; 90 kg), Shell (raffinaderi; 29 kg) och Husums massabruk (11 kg). Tillsammans svarar dessa tre för nästan hälften av de registrerade, svenska punktutsläppen av kadmium till luft. Utsläpp av kadmium till vatten sker främst från massa- och pappersindustrin (KUR 2008).

Men våra resonemang tar även hänsyn till föroreningar som orsakas av de flesta sektorer i samhället, t ex svavel- och kväveoxider, partiklar, flyktiga organiska föroreningar (VOC), mm. Dessa föroreningar nämns inte explicit i miljömålet, och inte heller i GRK-strategin, men de har påvisade effekter på människors hälsa. Även om dessa utsläpp finns i de flesta sektorer i samhället, finns det sektorer som bidrar mer än andra:

- Svenska utsläpp av partiklar kommer till stor del från massa- och pappersindustrin (KUR 2008), men också från transporter.
- Stora utsläpp av svavel- och kväveoxider kommer från gruv- och metallindustrin, massabruk och raffinaderi- och energisektorn (KUR2008). Kväveoxider kommer också från transporter.
- Utsläpp av VOC kommer till stor del från raffinaderier och massa- och pappersindustrin (KUR), men också från transporter.

1.2 Studiens syfte och metod

Syftet med detta projekt är att undersöka om strategier för ökad materialeffektivitet också i regel minskar utsläppen av farliga ämnen. Osäkerheten illustreras av Tabell 2 nedan, som är samma som Tabell 1 men med en ytterligare kolumn för giftfri miljö.

Ett sekundärt syfte är att identifiera fortsatt forskningsbehov inom området.

Tabell 2: Vilka konsekvenser har olika strategier för materialeffektivitet för målet giftfri miljö?

	Minskar energibehovet?	Mer giftfri miljö?
Materialeffektiva processer	Ja, oftast	?
Materialsnåla produkter	Ja, oftast	?
Produkter med lång livslängd		
Produkter med hög kvalitet	Ja, oftast	?
Produkter som kan repareras	Ja, oftast	?
Återanvändning	Ja, oftast	?
Materialeffektiva konsumtionsmönster		
Uthyrning/samägande	Ja	?
Ändra konsumtionens inriktning	Ja	?
Hålla nere konsumtionens omfattning	Ja	?

Vi utgår ifrån strategierna i Tabell 2. För varje strategi identifierar vi exempel på hur ökad materialeffektivitet leder till ökade eller minskade utsläpp av farliga ämnen, från litteraturen och från tidigare egna projekt och erfarenheter. Relevant litteratur handlar bland annat om processoptimering, design-for-environment, total quality management, mm. Exempelen från litteraturen omfattar såväl fall från Sverige, som internationellt. Vi har dessutom intervjuat svenska företag och experter på området. Med hjälp av den nationella avfallsstatistiken (Naturvårdsverket 2008a) kan vi sortera stora flöden från små.

I den mån det är möjligt generaliserar vi utifrån de exempel vi hittat för att kunna dra slutsatser om hur varje strategi påverkar utsläppen av farliga ämnen. Vår problembild är betydligt bredare än den som hanteras av miljömålet Giftfri miljö och i GRK-strategin, eftersom vi även resonerar kring utsläpp av t ex svavel- och kväveoxider, partiklar och VOC. I slutsatserna lyfter vi dock även fram effekter som är direkt relevanta för miljömålet och GRK-strategin.

Vi lyfter särskilt fram exempel och slutsatser som rör bygg- och anläggningssektorn och livsmedelskedjan, eftersom de utgör prioriterade områden i GRK-strategin (Naturvårdsverket 2008b). Byggverksamheten är den sektor som genererar mest farligt avfall i Sverige. Under år 2006 var det nästan 900 kton, varav det allra mesta är farliga fraktioner av schaktmassor. De bokförs i avfallsstatistiken som farligt mineralavfall (bl a PAH-asfalt) eller som förorenade jord- och muddermassor. Byggverksamheten genererar också drygt 8 Mton icke-farligt avfall, varav knappt 7 Mton är schakt- och muddermassor och drygt 1 Mton är blandade material. Byggsektorn inkluderar även anläggning av vägar mm. En stor del av sektorns avfall kan härröra från anläggningsverksamheten. Strategier och tekniker för att minska mängden avfall från anläggningsverksamhet har vi tyvärr inte funnit exempel på. Däremot finns det flera studier om byggnader och om det byggmaterial som blir avfall. Det kallar vi hädanefter byggavfall.

Livsmedelskedjan inkluderar jordbruket med dess avfall och dess användning av bekämpningsmedel mm. Den inkluderar också distribution, handel, restauranger, storkök, och hushåll. Upp emot hälften av hushållsavfallet är matavfall.

2 Strategier för materialeffektivitet

2.1 Materialeffektiva processer

Materialeffektiva processer är produktionsprocesser med lite avfall per producerad enhet. Det kan uppnås genom att minska exempelvis produktionsspillet. Flera exempel på detta diskuteras nedan.

Processer kan också bli mer materialeffektiva genom att marknader skapas för ett produktionsspill eller annan restprodukt så att även det blir en produkt. Ett exempel är spån från sågverk som förr i tiden var ett avfall, men som nu kan säljas antingen som bränsle eller som råvara till spånskiveproducenter. Detta är ofta oproblematiskt, men om restprodukten innehåller farliga ämnen kan det leda till att dessa ämnen sprids.

2.1.1 Byggnader

Mängden byggavfall kan minskas genom prefabricerat byggande eller genom att man är mer noggrann med att beställa måttanpassade material till bygget (Eklund 2002). När hus och deras komponenter byggs på den plats där byggnaden ska stå, är mängden byggmaterial som förslas dit ofta väl tilltagen. Bygget riskerar att bli betydligt dyrare om materialet tar slut och byggprocessen måste göra paus i väntan på att nytt material ska transporteras till platsen. Det material som blir över när bygget är klart blir i regel avfall. När byggnadskomponenter eller hela hus byggs i fabrik, kan arbetarna ta ut så mycket material ur lagret som behövs för varje komponent eller hus. Det material som blir kvar i lagret kan användas vid produktion av nästa enhet. Studier i Hong Kong indikerar att prefabricerat byggande kan reducera mängden byggavfall med 50 % (Jaillon m.fl. 2009) eller mer (Tam m.fl. 2007). I Sverige är potentialen inte lika stor, men fortfarande betydande (Eklund 2002).

Hur mycket byggavfall som uppstår vid byggande på plats beror också på flera olika aktiviteter: kontraktskrivning (där krav kan ställas på materialeffektivitet och avfallshantering), design, upphandling, transport, platsplanering, materialförvaring och hantering, verksamhet på platsen, mm (Osmani m.fl. 2008). Ungefär en tredjedel av avfallet som uppstår på en byggplats beror på beslut i designstadiet, inklusive sena ändringar i designen. Att reducera antalet sena ändringar är alltså ett sätt att minska mängden byggavfall. Andra metoder är att specificera effektiva tekniker, standardiserade storlekar av byggdelar, val av strukturella lösningar och komponenter. Specifikationer i kontraktskrivningen kan vara avgörande för att avfallsprevention i designstadiet ska få genomslag.

McGrath (2001) har undersökt tre olika byggplatser (ett bostadsbygge, en fritidsanläggning och en restaurang) och uppskattat fördelningen av olika materialfraktioner som blir avfall på dessa byggplatser. Ungefär 10 % av uppkommet avfall orsakades av praxis på byggplatsen, som att material slängdes i avfallscontainer istället för att föras över till nästa sektion av bygget. Förbättrad materialhantering på byggplatsen kan alltså också minska mängden byggavfall. Projektet omfattade ett datorverktyg för att identifiera avfallsmängder och källor på byggplatser, för att använda som

jämförelsegrund för andra byggplatser och för att identifiera möjligheter till ökad materialexektivitet och därigenom avfallsprevention.

Alla dessa metoder att öka materialexektiviteten i byggandet leder till mindre miljöpåverkan vid utvinning, produktion och transport av materialen, åtminstone om de material som används fortfarande är desamma. Om mängden metall i byggavfallet minskar, bidrar det till att hålla nere metallproduktionen och därmed utsläppen av dioxiner och tungmetaller från metallindustrin. Materialproduktion i allmänhet är energiintensiv (Ekvall 2008). Att minska mängden byggavfall, bidrar därför sannolikt till lägre emissioner av kadmium mm från raffinaderier och till lägre emissioner av dioxin från förbränning av biobränsle. Ett lägre energibehov leder också till lägre utsläpp av svavel- och kväveoxider, samt VOC.

Effekten kan motverkas om metoderna leder till byte av material eller till att mer tillsatser används i materialen. Några uppgifter om sådana effekter har vi inte hittat. Den information vi har tyder alltså på att det finns en synergi mellan materialexektivitet och giftfrihet i detta fall.

2.1.2 Livsmedel

Mejeriprodukter står för 25 % av den svenska dieten, mätt i kg. Berlin m.fl. (2008) bedömde potentialen för avfallsminskning för några mejeriprodukter i en livscykelanalys efter att ha intervjuat representanter för Arla. De uppskattade potentialen för minskat produktionsspill till 15 % för drickmjölk och 12-29 % för yoghurt. Det högre värdet på förbättringspotentialen vid yoghurttillverkningen (29 %) kan hypotetiskt uppnås genom förändrad produktsekvens i tillverkningen. Om produktionssekvensen inte påverkas av miljöhänsyn är potentialen betydligt lägre (12 %). För ost uppskattade Arlas representant potentialen till endast 2,5 %.

En chokladfabrik i Canada nådde en procentuellt större minskning av produktionsspillet. Där minskade avfallet från olika processer med 23-70 % genom så kallad "lean manufacturing" (Mark 2006). Det innebar knappt några ändringar i maskiner mm. Istället involverades personalen i ett successivt förbättringsarbete.

Mängden osålda mejeriprodukter i livsmedelsbutiker är bara en liten del av det totala avfallet från livscykeln. Berlin m.fl. (2008) bedömde dock att detta avfall kan minskas med 50 % för mjölk och yoghurt. För ost antog Berlin m.fl. att mängden osålda produkter är försumbar, eftersom ost har betydligt längre livslängd.

Om mejeriernas produktionsspill och osålda produkter reduceras enligt ovan, har det mycket liten betydelse för mejeriprodukternas samlade miljöbelastning (Berlin m.fl. 2008). Den miljövinna som ändå uppstår beror till största delen på att mjölkbönderna producerar mindre, och att därmed mindre foder behöver produceras. Detta minskar lantbrukets energibehov en aning. Det minskar också trycket på den bördiga marken en aning: jordbruket kan bli lite mindre intensivt och/eller lite mindre mark behöver tas i anspråk. Rimligtvis minskar detta användningen av bekämpningsmedel något.

Här finns alltså en tydlig, om än liten, synergieffekt mellan materialexektivitet och giftfrihet.

2.1.3 Övrigt

Fall: gruvavfall

Hälften av det svenska avfallet är sten och grus från gruvor. En del av gruvavfallet är också relevant i en diskussion om farliga ämnen, eftersom metaller kan läcka ur det gruvavfall som innehåller rester av sulfidhaltig malm. Genom förbättrad deponeringsteknik har dock metallläckaget minskat kraftigt (Lindahl 2009).

Mängden gruvavfall beror på hur mycket malmbaserad metall mm som produceras, men också på hur högvärdig den malm är som bryts och på hur bra gruvindustrin är på att utvinna metaller mm från den brutna malmen. Mängden gruvavfall ökar när användningen av malmbaserade metaller ökar. Det är också rimligt att anta att mängden gruvavfall ökar över tid i och med att de mest högvärdiga malmerna brutits. När de internationella metallpriserna stiger, blir det också lönsamt att bryta alltmer lågvärdiga malmer. Mer lågvärdiga malmer ger större mängd avfall per ton utvunnen metall. Allt detta talar för att mängden gruvavfall kommer att stiga i framtiden. Effekten av den utvecklingen kan mildras om metallutvinningen blir mer materialeffektiv.

Utvinningen av metall kan bli mer materialeffektiv genom en effektivare teknik för utvinning av metaller och andra värdefulla ämnen ur den brutna malmen. Denna teknik har förbättrats såpass mycket över tid att gammalt gruvavfall senare processats igen för att utvinna mer av metallerna ur det som tidigare ratats (Lindahl 2009).

Om tekniken fortsätter att utvecklas, kan en begränsad mängd metall utvinnas ur det gruvavfall som finns idag, utan att mängden gruvavfall ökar alls. Ytterligare förbättringar är möjliga, även om potentialen inte längre är lika stor. Ett ytterligare lakningssteg vid Aitik-gruvan har exempelvis diskuterats, för att utvinna mer av det guld som finns i den kopparmalm som bryts där (Lindahl 2009). Aitik-gruvan är Sveriges största sulfidmalmsgruva. Med ett extra lakningssteg kan den totala utvinningen av guld öka utan att mängden gruvavfall ökar, och utan att lakningen av metaller från gruvavfall till natur ökar. Å andra sidan sker lakningen med cyanid, och det blir sannolikt vissa emissioner av cyanid från de olika delarna av cyanidens livscykel. Åtgärden skulle vara materialeffektiv, men vi har inte underlag för att bedöma om den totalt sett ökar eller minskar utsläppen av farliga ämnen.

Gruvorna kan i princip också bli mer materialeffektiva genom en högre precision i brytningen. Underjordsbrytning ger exempelvis väsentligt mindre mängd avfall än dagbrott (Lindahl 2009). Det skulle minska energibehovet för själva malmbrytningen, och bidra till att energisektorns utsläpp av farliga ämnen hålls nere. Här finns alltså en tydlig synergieffekt mellan materialeffektivitet och giftfrihet. En del av den effekten kan förtas om den högre precisionen gör brytningen såpass mycket billigare att gruvbrytningen ökar. För underjordsbrytning gäller dock inte detta; det är väsentligt dyrare än dagbrott (Lindahl 2009).

I dagsläget minskar dock snarare materialeffektiviteten i själva gruvbrytningen: eftersom tekniken för utvinning av metaller utvecklats, bryts allt mer lågvärdiga malmer i existerande gruvor istället för att nya gruvor öppnas (Lindahl 2009). På så vis ökar mängden avfall. Fördelen är att de lokala störningarna som gruvbrytning innebär uppstår på färre ställen, och att metallresurser sparas till framtida behov

Fall: stålindustrin

Stålindustrin har länge arbetat för att minska mängden slagg från produktionen. Det beror på att en onödigt stor mängd slagg innebär extra kostnader (Lind 2008):

- industrin måste köpa slaggbildare,
- även slaggbildarna måste smältas, vilket ökar energibehovet, och
- slaggen måste tas om hand och deponeras.

Trots detta kan det gå att ytterligare minska mängden avfall per ton producerat stål. Sandvik arbetar exempelvis med regenerering av betsyror, vilket minskar mängden metallhydroxidslam. Ett annat utvecklingsprojekt handlar om att ersätta avfettningsbadet med blästring med kolsyresnö (Lind 2008). Vi saknar uppgifter på hur detta påverkar processernas och livscykelns energiförbrukning och även livscykelns utsläpp av farliga ämnen.

Fall: pulverlackering

En klassisk avfallspreventiv åtgärd som redan utnyttjats på många ställen där den är och har varit möjligt, är att ersätta våtlackeringssystem med pulverlackeringssystem. Men för att illustrera nyttan med åtgärden refererar vi här till Siljebratt (1991) som utvärderat åtgärden hos ett företag som tillverkar belysningsarmaturer. I Tabell 3 sammanfattas miljörelevant prestanda för de två systemen. Energiåtgången för de två lackeringssystemen har inte jämförts av Siljebratt (1991), men erfarenhet från andra studier (Johnson 1998) visar att energiåtgången brukar minska vid pulverlackering på grund av mindre ventilationsbehov, i Johnsons (1998) studie från ca 7 MJ/m² lackerad yta för våtlackering till ca 4 MJ/m² målad yta för pulverlackering. .

En väsentlig vinst med pulverlackering är att mängden lösningsmedel går ner högst väsentligt, till nära noll. Oftast är de lackskiktbildande komponenterna i stort sett desamma i våtlack som i pulverlack. En nackdel med pulverlack kan ibland vara att man måste lägga ett något tjockare skikt på godset som ska lackeras, eftersom pulverlack flyter ut något sämre.

Tabell 3: Avfallsmängder för de alternativa processerna våtlackering och pulverlackering (efter Siljebratt 1991)

Faktor	Våtlackering (1987): Våtlack + pulver + manuell våtlack	Pulverlackering (1990): Pulver + manuell våtlack
Utsläpp organiska lösningsmedel	65 ton	7 ton
Avfall: Lösningsmedelsrester	10 m ³	2 m ³
Avfall: Färgrester	47 ton	0,2 ton
Avfall: Pulverrester	<0,3 ton	3 ton
Energiåtgång	Ej angiven	Ej angiven

Fall: intern cirkulering av pappersfibrer

Castro m.fl. (2009) studerade hanteringen av produktionsspill vid ett skandinaviskt mjukpappersbruk. Det mesta av detta spill återvanns inom anläggningen som råmaterial till jämförelsevis lågvärdiga produkter. Det fanns en risk för att mängden spill skulle bli högre än insatsbehovet i den lågvärdiga produkten. Överskottet blir då ett avfall som kostar pengar att hantera. Därtill undandras en möjlig insatsresurs från de mer högvärdiga produkterna, vilken måste tillgodoses genom jungfruliga fibrer eller insamlat kontors- och tidningspapper.

Castro m.fl. (2009) presenterar en modell för en optimerad planering av produktionen som möjliggör att biprodukterna från produktionen av det mer höggradiga pappret kan återanvändas i produktionen av dessa högre produktgrader. Detta ökar anläggningens materialeffektivitet:

mängden avfall och behovet av jungfrulig pappersmassa minskar. Detta bidrar rimligtvis till att hålla nere utsläppen av tungmetaller, partiklar mm från massabruken. Det finns inga indikationer om att åtgärden skulle öka miljöbelastningen på något annat sätt. Detta verkar alltså vara ett exempel på synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

Processoptimeringen ger 1,5 % förbättrad lönsamhet jämfört med nuvarande praxis (Castro m.fl. 2009). Det kan leda till att produktionen ökar, och denna rebound-effekt kan förta en del av miljövinsten (se avsnitt 1.1.1).

Fall: kemikaliehanteringstjänster

Kemikaliehanteringstjänster innebär att kemikalien leverantör tar ansvar för hanteringen av kemikalien i en produktionsanläggning (Bartolomeo m.fl. 2003). Detta är en relativt väldokumenterad typ av tjänst, och väl etablerad särskilt i USAs bilindustri och halvledarindustri (t ex Stoughton & Votta 2003, Mont m.fl. 2007). Den reducerar mängden kemikalier som används, och därmed mängden förbrukade kemikalier som blir avfall. En producent av dieselmotorer rapporterade t ex att användningen av kylmedel minskade med 50% och avfallet från kylningen med 90% när leverantören tog över ansvaret. Leverantören har dessutom i regel bättre kunskap om hur kemikalien ska hanteras. Därför bidrar denna typ av tjänster både till att hålla produktionen av kemikalier nere och till att minska riskerna kring hanteringen av dem. Det är ett tydligt fall av synergi mellan material- (dvs kemikalie-) effektivitet och giftfrihet.

2.2 Materialsnåla produkter

Materialsnåla produkter är produkter som innehåller lite material per produktenhet. Det kan uppnås på flera olika sätt. Ett sätt är att göra produkter av mindre storlek, t.ex. mindre bilar. Ett annat sätt är att ersätta tyngre material med andra, lättare material, t ex kombinationer av material i kompositer eller laminat. Ytterligare ett annat sätt är att använda tunnare skikt av materialen, t ex tunnare aluminium i dryckesburkar.

2.2.1 Byggnader

Byggnader med tunna klimatskal riskerar att kräva mycket energi för uppvärmning. Det gäller förstås särskilt byggnader med lite isoleringsmaterial, men det gäller också andra byggnader med lite material. Byggnadens material fungerar som värmelager, och hjälper till att utjämna temperaturen mellan dag och natt. Därmed kan behovet av energi för uppvärmning minska. Uppvärmningen under användningen av byggnaden kräver i regel mycket mer energi än produktionen av byggnadens material. I extrema fall, så kallade passivhus, kräver uppvärmning och materialproduktion ungefär lika lite energi (Brunklous m.fl. 2008).

Byggnader med tunna klimatskal leder alltså i regel till ökat totalt energibehov, och därmed till ökade utsläpp från energisektorn. Hur de totala utsläppen av farliga ämnen påverkas beror på vilken materialproduktion som minskar, och hur utsläppen från produktionen av dessa material förhåller sig till utsläppen från energisektorn. Risken är dock uppenbar att även utsläppen av farliga ämnen ökar.

Byggnader kan också vara materialsnåla genom att de är små. En liten bostad kräver till exempel oftast mindre energi för uppvärmning än en stor bostad. Med mindre bostäder, kontor mm sparas både material och energi, och rimligtvis minskar också utsläppen av farliga ämnen.

2.2.2 Livsmedel

Fall: livsmedlen

Materialsnäla livsmedel kan vara mat som ger mycket nytta (näring, välbefinnande mm) per kg. Om sådana livsmedel leder till mer eller mindre utsläpp av farliga ämnen varierar antagligen från fall till fall. Vi saknar uppgifter som behövs för att kunna jämföra olika livsmedel med varandra. Om det råder synergi eller konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet är alltså osäkert.

Med materialsnäla livsmedel menar vi också livsmedel i lagom stora förpackningar. Livsmedel i onödigt stora förpackningar kan leda till överkonsumtion (jfr stora läskflaskor och chipspåsar). Det kan också leda till att mer mat måste slängas för att den blir gammal innan den går åt. Det senare gäller särskilt i små hushåll. Överkonsumtion och överblivna livsmedel leder båda till ökad produktion av livsmedel. Det bidrar till jordbrukets miljöbelastning, inklusive användning av bekämpningsmedel.

När livsmedel levereras i små förpackningar, blir det dock i regel mer förpackningsmaterial per kg eller liter produkt. Onödigt små förpackningar innebär alltså också en ökad materialåtgång. Mer kartong, plast, metall och glas behöver produceras, vilket bidrar till utsläppen av tungmetaller mm från dessa produktionskedjor.

Livsmedel i lagom stora förpackningar bidrar både till ökad materialeffektivitet och till minskade utsläpp av farliga ämnen. Här finns alltså en synergieffekt.

Fall: förpackningarna

Förpackningarna själva är också tätt förknippade med livsmedelskedjan. Materialsnäla förpackningar leder till att mindre förpackningsmaterial behöver produceras, men riskerar också att leda till att mer livsmedel förstörs i transporter och lagring. Måttligt materialsnäla förpackningar, som inte innehåller mer material än vad som krävs för att skydda varorna, leder rimligtvis till lägre totala utsläpp av farliga ämnen. För måttligt materialsnäla förpackningar finns alltså en synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet. Om materialsnäligheten går längre än så riskerar det att istället bli en konflikt. Detta gäller så länge vi jämför förpackningar av samma material.

Förpackningar kan också göras materialsnäla genom val av nya material, exempelvis laminat eller plastpåsar istället för glasburkar. I de fallen kan de materialsnäla förpackningarna skydda varorna lika bra men vara svårare att återvinna. Antingen kan graden av återvinning bli lägre, eller också kan själva återvinningen kräva mer energi och leda till större energirelaterade utsläpp av farliga ämnen. Om det råder synergi eller konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet här, behöver avgöras från fall till fall.

2.2.3 Övrigt

Fall: storlek på bilar

En liten personbil som fyller hushållets transportbehov är en materialsnål bil. Små bilar är i regel mer bränslesnåla. Det är viktigt eftersom driften av bilen kräver mycket mer energi än produktionen av materialen till bilen. Att producera och köpa små bilar istället för stora bilar ger därför en stor och tydlig energivinst. Det bidrar också till att hålla nere utsläppen av tungmetaller mm från metallindustri, raffinaderier mm. Dessutom hålls utsläppen från biltrafiken nere. Några nackdelar när det gäller utsläpp av farliga ämnen är svåra att se.

Här finns alltså en tydlig synergieffekt mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

Fall: materialval i bilar

En personbil av en viss storlek kan bli mer materialsnål genom att den blir lättare, t ex genom att tyngre material ersätts med lättare material. Ofta är det då stål i olika komponenter som byts ut mot olika plaster, kompositer, aluminium och hybridstål. Det finns såväl organisatoriska drivkrafter som hinder för att vidta sådan substitution. Eftersom dessa material har olika attribut måste avvägningar göras beträffande funktionskrav (Morley m.fl. 2006). För att genomföra substitutionen måste dessutom ofta strukturella delar designas om. Även produktionsprocessen måste anpassas. Tillverknings tiden kan skilja för olika material och denna tid är förenad med kostnader. Därtill ska materialsubstitutionen passas in med den övriga produktportföljen och påverkar också bland annat leverantörsrelationer.

Medan vissa komponenter har blivit lättare på detta sätt, har bilar som helhet blivit tyngre för varje generation de senaste decennierna. Det beror dels på att nya funktioner såsom luftkonditionering el-hissar till sidorutorna, mm, tillkommit, och dels på att bilmodellerna blivit större. Viktminskning på komponentnivå har därför bidragit till att vikten per bil inte ökat lika mycket som den skulle ha gjort utan denna viktminskning. På motsvarande sätt har viktminskning av flygplan motverkats av ökad förekomst av underhållningssystem, och större motorer.

US EPA uppskattar att viktminskning på komponentnivå kombinerat med den fordonsstorlek och övrig prestanda som rådde 1987, hade lett till ca 20 % ökad bränsleeffektivitet (Morley m.fl. 2006). Vissa nya material kan dock vara svårare att återvinna med nuvarande teknik, eller kräva höga temperaturer för materialåtervinning. Det gäller till exempel hårdplaster och kolfiber/epoxymaterial. Den samlade effekten på utsläppen av farliga ämnen är osäker. Därmed är det oklart om materialeffektivitet står i motsatsförhållande till eller skapar synergier med miljömålet giftfri miljö.

Fall: elektronik

Mängden material som krävs för att lagra en viss mängd information har minskat drastiskt de senaste decennierna. Mängden metaller mm som krävs för en viss datorkraft har minskat. Därmed minskar också utsläppen av farliga ämnen från produktion av dessa metaller och från skrotning av datorer. Här finns alltså en synergi. Ökningen i materialeffektivitet har dock motverkats av att datorernas minneskapacitet ökat och av att små datorer finns i allt fler produkter. Detta är en typisk rebound-effekt.

I datorer tillsätts flamskyddsmedel. Ett sätt att minska användningen av flamskyddsmedel skulle kunna vara att göra datorerna mer luftiga, dvs mindre materialsnåla. Här kan det alltså finnas en konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

2.3 Produkter som håller länge

Produkters livslängd består av eller bestäms av flera olika aspekter. En viktig aspekt är den tekniska och funktionella hållbarheten som avgör den längsta tid som produkten är funktionell (med respektive utan reparationer). Produkter kan dock slängas av andra skäl än att de är uttjänta (Cooper 2004). Ett sådant skäl är att nya produkter sätts på marknaden som utför samma funktion på ett överlägset sätt, eller får flera tilläggsfunktioner. Ett annat skäl är att kostnaden för fortsatt drift eller underhåll framstår som oskäligt i förhållande till den nytta produkten gör, eller i

förhållande till inköp av ny produkt. Ytterligare ett skäl är att produktens utseende, symbolvärde eller liknande inte längre tillfredsställer användaren.

Att en produkt håller länge betyder alltså att den står sig länge både fysiskt, funktionellt, ekonomiskt och estetiskt.

2.3.1 Byggnader

Fall: val av fasadmaterial

Olika fasadmaterial har olika beständighet: eternit håller exempelvis mycket länge medan träfasader kan behöva bytas, t ex på grund av svampangrepp (Bjurman 1995). Eterniten är materialeffektiv, men medför hälsorisker eftersom den innehåller asbest, och används därför inte längre. I valet mellan eternit och trä fanns alltså en konflikt mellan materialeffektivitet och hälsorisker. När det gäller andra material är det oklart om det råder synergi eller konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

Fall: val av konstruktion

Olika huskonstruktioner har också olika beständighet: dålig dränering, felaktig användning av fuktspärrar mm leder till problem med fukt och mögel. Det gör att delar av konstruktionerna måste bytas ut och att hela huset kan behöva rivas i förtid.

En ökad kunskap om hur material och byggnader fungerar har lett till utveckling av konstruktioner som förhoppningsvis är mer beständiga. Delar av dessa ändringar kan göras med i stort sett samma material som tidigare. För sådana lösningar råder en ganska tydlig synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet. Om materialen innehåller farliga ämnen betyder en lång livslängd dock att diffusa utsläpp av ämnena pågår under en längre tid. När byggnader står kvar länge kan kunskapen också gå förlorad om vilka material de innehåller och om vilka tillsatser som finns i materialen. Risken ökar då för att de inte tas omhand på bästa sätt när byggnaden förr eller senare renoveras eller rivs. Detta innebär risker för konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

I andra fall medför de nya konstruktionerna att andra material används. Då är det oklart om det råder synergi eller konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

Fall: behandling av material

Fasadmaterial och annat byggmaterial kan behandlas för att förlänga dess livslängd. Lackering och målning av trä är enkla exempel. Trä kan också impregneras för ökad beständighet. Tensider kan tillsättas till betong för att göra den frostbeständig.

Längre livslängd på materialen kan vara attraktivt utifrån ett materialresursperspektiv. Själva funktionen ”beständig” kan dock innebära en potentiell konflikt med målsättningen att nå giftfri miljö om denna beständighet uppnås genom en tillsats av en kemikalie. Många kemikalier har genom åren valts utifrån just deras beständighetsegenskaper, dvs persistens. De egenskaperna är ett problem då kemikalierna når miljön, eftersom de där kan ackumuleras och spridas. Kemikalier kan också tillsättas för sina egenskaper som antioxiderande, konserverande etc. i syfte att uppnå en längre livstid för produkten. I flera material, t ex plaster, är dessa ämnen inte kemiskt bundna till materialet, utan kan migrera över till andra medier och sedan spridas i miljön.

Det är alltså en tydlig risk för konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet i detta fall.

2.3.2 Livsmedel

En längre hållbarhet på livsmedel gör att en mindre del behöver slängas i butiker eller hushåll för att det blivit för gammalt. Liksom tidigare (avsnitt 2.1.2 och 2.2.2) bidrar det till att hålla nere användandet av bekämpningsmedel mm. Om hållbarheten ökar genom tillsättning av kemiska konserveringsmedel kan det dock ändå bli en konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet. Konserveringsmedel i livsmedel medför dessutom en direkt human exponering av kemikalierna. Andra konserveringsmetoder kan medföra ökat energibehov, och därmed ökade utsläpp av farliga ämnen från energisektorn. Det kan i princip gälla både konserveringsmetoden i sig och produktionen av de tillsatser mm som används för konserveringen. Forskning och utveckling pågår emellertid också för att ta fram nya substanser och metoder för att förlänga livsmedels hållbarhet. Ett exempel är 1-MCP som fått kommersiellt genomslag för behandling av äpple. Enligt US EPA medför den metoden inga giftiga effekter. Den är också verksam vid låga koncentrationer och ger upphov till försumbara mängder rester (Watkins 2006).

Om det råder synergi eller konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet här, behöver antagligen avgöras från fall till fall.

2.3.3 Övrigt

En förlängning av produkters fysiska, estetiska och funktionella hållbarhet kan leda till materialeffektivitet och därmed till att hålla nere både mängden avfall och mängden producerat material. Eftersom detta bidrar till att hålla nere utsläppen av farliga ämnen från både material- och energiproduktionen, råder sannolikt en synergieffekt mellan materialeffektivitet och giftfrihet i många fall. Det finns dock fall där situationen är mer komplicerad:

Produkter med lång livslängd, som till exempel bilar och vitvaror finns i omlopp i samhället under lång tid. Detta innebär emellertid också att miljö- och hälsofarliga ämnen som på senare tid har förbjudits fortfarande finns i omlopp och måste tas om hand i avfallshanteringen. Förlängs livslängden på produkterna måste avfallssektorn ha beredskap att hantera dessa ämnen under en längre tid. Dessutom kan produkterna med farliga ämnen blandas upp alltmer med ofarliga produkter ju längre tiden går. Detta kan öka risken att de farliga produkterna inte identifieras korrekt, eller inte behandlas korrekt, när de väl når avfallshanteringen. Det finns alltså risk för konflikt mellan längre livslängd och giftfrihet för produkter som innehåller farliga ämnen. Å andra sidan medför teknikutvecklingen en motverkande effekt: ju längre det dröjer innan de farliga produkterna hamnar i avfallsledet, desto bättre teknik kan ha utvecklats för att ta hand om dem.

För produkter vars användning kräver mycket energi, är det ofta viktigare att de är energisnåla än att de har lång livslängd. För vissa typer av vitvaror har energieffektiviseringen varit språngartad, och då har konsumenten kunnat spara energi på att byta ut en gammal modell mot en ny, energieffektiv, trots att det krävs energi för att producera den nya vitvaran. I fortsättningen kommer dock vitvaror knappast att förbättras i samma takt. Miljövinsten av tidigare byte av vitvaror kan därför bli mer begränsad (Westin 2008).

Hyung m.fl. (2006) konstaterar också att energieffektiviteten av kylskåp under driftsfasen försämras under dess livstid. Studien fokuserar på effektiv ersättningsstid med avseende på klimatpåverkan respektive konsumentkostnad. Resultatet beror på vilken årsmodell kylskåpet har. Författarna pekar också på en rebound-effekt liknande den som förekom i fallet med materialeffektivitet i bilar ovan,

nämligen att konsumenter i allt större utsträckning tenderar att föredra större modeller av kylskåp som är mindre energieffektiva, vilket kan innebära att effektivitetsvinster går om intet.

Det är inte heller självklart att användningsfasen dominerar det totala energibehovet för alla energianvändande produkter. Nya, tunna LCD-skärmar kräver mindre energi under användning än gamla bildrörsskärmar. I ett livscykelperspektiv blir det totala energibehovet ändå lägre om den gamla skärmen används så länge som möjligt än om de ersätts med en ny LCD-skärm (Kiatkittipong 2007). Den strategin är alltså inte bara materialeffektiv, utan bidrar också till lägre utsläpp av farliga ämnen från energisektorn och från elektronikindustrin.

Även då en långlivad elektrisk eller elektronisk produkt leder till att energibehovet ökar, kan det leda till att utsläppen av farliga ämnen minskar. När mer långlivade produkter leder till att färre produkter skrotas och färre nya produkter produceras, minskar rimligtvis utsläppen av metaller mm från dessa processer. På så vis kan det finnas fall där materialeffektivitet går hand i hand med giftfri miljö trots att det inte är energieffektivt.

Förutsättningen för att förlängd livslängd hos produkter ska leda till materialeffektivitet och därmed avfallsprevention, är dock att den längre livslängden faktiskt leder till minskad konsumtion av nya produkter. Det finns indikationer att hushållsapparater inte skrotas när en ersättningsapparat införskaffas, utan i vissa fall återanvänds i samma hushåll för delvis annat bruk, t ex en extra kyl i garaget, eller en extra TV i barnens rum (Avfall Sverige 2008b, Borg & Blume 2007). Sådana fall visar att det finns potential för att använda produkterna längre än den första användningscykeln, men att apparaten inte ersätter ett ”primärt” behov i en annan familj och därför inte ersätter en ny produkt, utan leder till ökad konsumtion. I sådana fall är det mer tveksamt huruvida produktens längre livslängd leder till materialeffektivitet och giftfri miljö.

2.4 Produkter som kan underhållas och repareras

Genom att underhålla och reparera produkter förlängs deras fysiska och tekniska livslängd. Genom att måla om dem eller på annat sätt ändra deras utseende kan den estetiska livslängden förlängas. Det bidrar till ökad materialeffektivitet, minskad avfallsmängd och minskad materialproduktion, om den längre livslängden leder till att färre nya produkter produceras och köps. Ett specialfall av reparationer är byte av reservdelar. Att byta ut delar av en produkt (t ex ett kretskort i en dator) istället för hela produkten, kan också öka dess prestanda och därmed dess funktionella livslängd.

2.4.1 Byggnader

Fall: underhåll

Många fasader och andra ytskikt behöver upprepande ytbehandlingar för att bibehålla sin funktion och sin estetik över tid. Lackering, målning och olika slags rengöring är enkla exempel. Till dessa behandlingar används olika kemikalier, och det finns en risk för att farliga kemikalier eller omvandlingsprodukter når miljön (se avsnitt 2.3.1). Det är alltså en risk för konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet i detta fall.

Fall: renoveringar

Renoveringar är ett naturligt sätt att förlänga byggnaders livslängd. Att riva byggnaden och bygga nytt skulle i regel leda till betydligt större mängder avfall. Renoveringar leder inte sällan dessutom till att byggnaden blir mer energieffektiv. Att förlänga byggnaders livslängd genom renoveringar är

alltså materialeffektivt och ibland också energieffektivt. Därigenom kan energisektorns utsläpp av farliga ämnen minska.

En komplikation är att gamla byggnader kan innehålla hälso- och miljövådliga ämnen och produkter: asbest, PVC, kopparrör mm. Genom att förlänga byggnadernas livslängd kan den diffusa spridningen av sådana ämnen fortsätta. Dessutom måste avfallssektorn ha beredskap att hantera dessa ämnen under en längre tid. I några fall används också koppar och andra riskabla material i renoveringsprojekt av antikvariska skäl.

Om det totalt sett råder synergi eller konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet här, behöver antagligen avgöras från fall till fall.

2.4.2 Övrigt

Underhåll och reparationer bidrar till att hålla nere materialindustrins utsläpp av farliga ämnen. De kan också bidra till att hålla nere energisektorns utsläpp av farliga ämnen så länge inte själva reparationen kräver mycket energi. Reparation av t ex en motor kan spara energi även om den reparerade motorn har något lägre verkningsgrad än en ny (Kiatkittipong 2007).

Totalt sett borde det vara en synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet i många fall. Undantag är bland annat när underhåll och reparationer kräver mycket energi och/eller kemikalier. Som diskuteras i avsnitt 2.3.3 finns det också andra fall när en lägre livslängd inte självklart bidrar till ökad giftfrihet.

2.5 Återanvändning och andrahandsmarknader

Återanvändning av en produkt i samma funktion eller en annan funktion är ett sätt att förlänga dess livslängd. Detta förutsätter förstås att produkten är tillräckligt fysiskt hållbar. Återanvändningen kan ibland kräva rengöring eller annan behandling, men bidrar till ökad materialeffektivitet, minskad avfallsmängd och minskad materialproduktion, om den längre livslängden leder till att färre nya produkter produceras och köps.

Andrahandsmarknader är ett specialfall av återanvändning. Grunden för handel på andrahandsmarknader är att en stor mängd produkter inte är fysiskt och tekniskt uttjänta, när ägarna inte vill ha dem längre (Cooper 2004). Genom att produkterna hittar nya ägare, förlängs deras estetiska och/eller funktionella hållbarhet och därmed deras faktiska livslängd.

2.5.1 Byggnader

Handel med begagnade bostäder och andra byggnader är en viktig del i ekonomin, och så självklar att den inte behöver diskuteras i detta sammanhang.

Byggmaterial som tegel, tegelpannor, golvplankor mm har också återanvänts under lång tid. Relativt nytt är kanske organiserad och fysiskt koordinerad handel med begagnat byggmaterial och komponenter som fönster, dörrar, tvättställ, toalettstolar mm. Det sker numera bland annat på Kretsloppsparken i Göteborg (2008).

Återanvändning av byggmaterial bidrar till att reducera farliga utsläpp från material- och energisektorn. Om byggmaterialet innehåller farliga ämnen, kan återanvändningen av dem leda till att den diffusa spridningen av sådana ämnen fortsätter under längre tid. Några andra nackdelar har vi inte identifierat. Här verkar alltså oftast finnas en synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

2.5.2 Livsmedel

Återanvändning och andrahandsmarknader är inte relevanta för livsmedlen i sig.

Återanvändning av förpackningar är dock en strategi för materialeffektivitet som också kan ge tydliga miljöfördelar. Returflaskor av glas och PET bidrar mindre till klimatförändring, försurning och övergödning än de flesta engångsförpackningar, så länge som insamlingsgraden är hög (Ekvall m.fl. 1998). Detta trots att varje returflaska innehåller mer material än engångsförpackningarna. Med en hög insamlingsgrad är det ändå mer materialeffektivt att producera de tyngre returflaskorna än att göra nya, lätta flaskor för varje påfyllning. Produktionen av materialen kräver så pass mycket energi att den minskade materialförbrukningen är viktigare än de extra transporter och rengöringsprocesser som krävs i retursystemen. Returflaskor bidrar till att reducera farliga utsläpp från material- och energisektorn. Rengöringen av returflaskor kräver å andra sidan kemikalier. Här verkar alltså finnas en synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet. Totalt sett är det oklart om det råder synergi eller konflikt mellan materialeffektivitet och giftfrihet i detta fall.

2.5.3 Övrigt

Elektronisk handel via till exempel Blocket eller E-bay är ett exempel på andrahandsmarknad. Handeln på Blocket omsatte 161 miljarder kronor under 2007. Det indikerar att återanvändning av produkter via andrahandsmarknader är relativt vanligt förekommande.⁵ Barn- och ungdomsutrustning av olika slag verkar vara särskilt populärt för bytesmarknader, förmodligen för att barnen växer ur utrustningen innan den hunnit slitas ut.

Resonemangen om miljöfördelar med produkter som håller länge (avsnitt 2.3.3) gäller i stor utsträckning även för återanvändning och andrahandsmarknader: de kan leda till materialeffektivitet och därmed till att hålla nere både mängden avfall och mängden producerat material. Eftersom detta bidrar till att hålla nere utsläppen av farliga ämnen från både material- och energiproduktionen, råder sannolikt en synergieffekt mellan materialeffektivitet och giftfrihet i många fall. För produkter med farliga ämnen och energianvändande produkter är situationen dock mer komplicerad (se avsnitt 2.3.3).

Det är svårt att fastställa i vilken utsträckning som handel med använda produkter leder till minskad efterfrågan av nya produkter. Thomas (2003) har skapat en modell för att uppskatta effekterna av andrahandsmarknader på efterfrågan av nya produkter. Resultaten indikerar att ökad andrahandsförsäljning av vissa typer av produkter (som möbler och kläder) leder till minskad efterfrågan på motsvarande nya produkter, men inte i en 1:1-relation. För produkter med högt andrahandsvärde (som bilar, bostäder, och böcker mm med samlarvärde) leder ökad andrahandsförsäljning i modellen inte till minskad nyförsäljning. Vetskapen att det går att sälja begagnade produkter till ett bra pris, gör det tvärtom lättare för konsumenter att fatta beslutet att

⁵ Företag annonserar även nya produkter till försäljning via elektroniska kanaler. Därför utgörs sannolikt inte hela den nämnda omsättningen av andra-handsprodukter.

köpa en nyproducerad vara. Liknande resultat fick Arunkundram & Sundarajan (1998) i sin modell: efterfrågan på nyproducerade produkter stimuleras om det är lätt att sälja begagnade produkter, särskilt om det ofta kommer nya modeller eller versioner av produkterna. Resultaten från modellerna är naturligtvis beroende av antaganden om hur konsumenterna reagerar på olika förändringar. I de fall de är korrekta, kan ökad begagnathandel leda till ökad produktion av nya produkter och därmed minskad materialeffektivitet.

2.6 Uthyrning och samägande

Fall: bilpooler

Bilpooler finns på ett 40-tal orter i Sverige (Bilpool 2008). Där kan bilar hyras med självbetjäning. Bilpoolen organiseras av en förening (kooperativ) eller av ett privat företag. Dessa två alternativ påverkar mycket av bilpoolens profil, som prissättningen och servicenivån. I en kooperativ bilpool är det vanligt att medlemmarna delar på vissa arbetsuppgifter, exempelvis bilvård, försäkringsfrågor och utbildning av nya medlemmar. I den kommersiella bilpoolen behöver kunden bara tanka bilen.

Såväl hushåll som tidigare ägde bil, som hushåll som inte ägde bil, anslöt sig till fyra bilpooler i en holländsk studie (Meijkamp 1998). Sett till antal bilar i hushållens ägo respektive efter anslutning till bilpoolen, uppskattade Meijkamp (1998) att antalet bilar som ägdes av de 847 hushållen som ingick i de fyra studerade bilpoolerna, var 269 innan de anslöt sig till poolerna. Dessutom angav några av de billösa hushållen att de definitivt skulle ha köpt bil om de inte anslutit sig till en bilpool. Antalet bilar skulle därför ökat till uppskattningsvis 311 stycken. När poolerna etablerats var det samlade antalet fordon istället 173 stycken, inklusive bilpoolernas 71 bilar. Varje poolbil kan på så vis sägas ersätta nästan tre andra bilar. Effekten motverkas delvis av att poolbilar används oftare än privatägda bilar. Därmed slits de snabbare och får kortare livslängd. Bilpoolen bidrar ändå till ökad materialeffektivitet.

En bilpool tenderar också att förändra hushållens hela resemönster. Körsträckan minskade med i genomsnitt 33% för hushållen i den holländska studien, i och med att de blev medlemmar i en bilpool (Meijkamp 1998). Samtidigt ökade användningen av cykel, tåg och lokal kollektivtrafik. En möjlig förklaring är att bilen är mindre lättillgänglig i en bilpool, jämfört med när varje hushåll har sin egen bil.

Bilpooler bidrar alltså inte bara till ökad materialeffektivitet, utan också till att hålla nere förbrukningen av drivmedel. Därmed bidrar de till att reducera farliga utsläpp från materialproduktion, raffinaderier, mm. Bilar i bilpool kanske tvättas och vaxas oftare än genomsnittliga bilar. Några andra väsentliga effekter på utsläpp eller användning av farliga ämnen har vi inte identifierat. Här verkar alltså finnas en synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

Fall: långvarig uthyrning

Vissa produkter hyrs ut under lång tid, för att hushållen vill ha dem ständigt tillgängliga: TV-apparater, datorer mm. Om sådana apparater hyrs istället för att köpas, behöver det inte betyda att färre exemplar finns ute i hushållen.

Tasaki m.fl. (2006) visar att effekten av hyrsystem för elektriska och elektroniska produkter beror på hur systemen påverkar produkternas livslängd. Om hyrkunderna ställer höga krav på att produkternas prestanda och skick, kan ett hyrsystem bidra till att produkterna skrotas tidigare och att materialförbrukningen ökar. Hyr-köp, där produkten övergår i leasingtagarens ägo efter leasingtidens slut, är också vanligt förekommande. I dessa fall har uthyrningen ingen tydlig effekt på

produkternas livslängd. Däremot underlättar den införskaftet av nya produkter, vilket också kan bidra till ökad förbrukning av material.

Sammantaget är den här typen av uthyrning sannolikt inte materialeffektiv.

Fall: samägande och kortvarig uthyrning av verktyg och sportutrustning

Tasaki m.fl. inkluderade inte verktyg och sportutrustning i sin modell. Sådana produkter hyrs i regel under kort tid, dvs bara när konsumenterna vill använda dem. Uthyrningssystemet gör då att samma produkt kan ha flera användare, vilket minskar antalet produkter som behöver produceras. Detta leder till ökad materialeffektivitet.

Uthyrning kan också bidra till materialeffektivitet om den som hyr ut väljer tåligare och/eller mer resurseffektiv design, och genom att produkterna underhålls på ett professionellt sätt (Stahel 1997). Å andra sidan kan produkternas livslängd, och därmed materialeffektiviteten, minska genom att kunderna känner mindre ansvar för produkterna och därför är mindre aktsamma med dem.

Mont (2004) bedömde miljöpåverkan för olika former av ägande av batteridrivna borrar: eget ägande, samägande mellan 2-3 grannar, samägande i bostadsområden med 25-100 hushåll, och uthyrning. Utsläppen av CO₂ för en viss mängd borrning blir högst vid uthyrning, på grund av transporter till och från hyrfirman. Utsläppen av Ni och Cd från borrarernas batterier blev dock lägre ju fler som var med och delade på verktygen, eftersom antalet användare hade liten betydelse för hur många batterier en borr förbrukade. Just NiCd-batterier, som används i de borrar Mont (2004) studerar, är dock på väg att fasas ut i Sverige.

Denna typ av uthyrning/leasing bidrar till ökad materialeffektivitet. Därmed bidrar den till att reducera farliga utsläpp från material- och energisektorn. Den kan också bidra till minskade utsläpp från avfallshantering av batterier mm. Här verkar alltså finnas en synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

2.7 Ändra konsumtionens inriktning

Med materialeffektiv konsumtion menar vi konsumtion som kräver små mängder material per konsumerad tusenlapp. Det kan handla om små, dyra produkter som smycken, konst och hemelektronik. Det kan också vara produkter av exklusiva fabrikat. Sådana produkter innehåller lite material, jämfört med vad de kostar. Den samlade materialeffektiviteten blir dock lägre om produktionen av dessa produkter genererar mycket avfall.

Att konsumera upplevelser och andra tjänster istället för produkter är också ofta materialeffektivt, eftersom kostnaden för de flesta tjänster till allra största delen är kostnad för arbetskraft och inte kostnad för material och andra naturresurser. Ett undantag kan vara resor, som kräver mycket drivmedel och dessutom kan generera betydande mängder avfall vid resmålet.

Resultatorienterade hushållstjänster ersätter hushållens egen arbetskraft, och i någon mån ägande av produkter, för att uträtta samma funktion i hushållet, som exempelvis gräsklippning, dammsugning och tvätt. Sådana tjänster är ofta något mer material- och energieffektiva än hushållens eget arbete och produktkonsumtion. Om transporter i bil till hushållen inkluderas i tjänstescenarierna, blir dock utsläppen av PAH mm större än om hushållen själva utför arbetet. För att materialeffektivitet ska uppstå krävs att tjänsteleverantören använder sina produkter och inte hushållens, samt att en stor andel av hushållen avstår från att äga motsvarande produkt. För tjänstekategorier som städning är

det inte sannolikt att hushållen avstår från att äga t ex dammsugare, medan det däremot är mer troligt att hushållen avstår från att äga gräsklippare. Produkttegenskaper och egenskaper hos hushållsuppgiften (städning, trädgårdsarbete, etc.) påverkar alltså i vilken mån hushållen avstår från att äga produkten.

Om det råder synergi eller konflikt mellan materialeffektiv konsumtion och giftfrihet är oklart. Det behöver antagligen avgöras från fall till fall.

2.8 Hålla nere konsumtionens omfattning

2.8.1 Livsmedel

Inom ramen för Europeiska Kommissionens studie IMPRO (Environmental improvement of products), som letts av det gemensamma forskningscentret (DG JRC) har en av delstudierna handlat om möjligheter att minska miljöpåverkan inom livsmedelskedjan (Weidema m.fl. 2008). En delmöjlighet som studerats är att minska matsvinnet för produktkategorierna kött och mejeriprodukter i hushållen genom förbättrade rutiner för matplanering. Härigenom uppskattas att hälften av den totala mängden matavfall kan förhindras i vart fjärde hushåll. Genom att minska matsvinnet räknar man med att hushållens samlade inköp mat också minskar med 12,5%. Dessa siffror är dock ganska antagna värden.

En sådan reduktion av matsvinnet är inte bara materialeffektiv; den bidrar också till att minska trycket på jordbruket, och därmed sannolikt användningen av bekämpningsmedel. Även en livscykelanalys visar på minskande utsläpp av farliga ämnen (se Tabell 4). Detta är alltså ett tydligt fall av synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet.

Tabell 4: Miljövinster i livscykelperspektiv, enligt Weidema m.fl. (2008), för effektkategorier särskilt relevanta för GRK-strategin då svinn av mejeriprodukter och kött i hushållen minskar till hälften för vart fjärde hushåll, relativt den samlade miljöpåverkan för mejeriprodukter och kött

Utvärderad effekt	enhet	Miljöbesparing (%) relativt mejeriprodukter och kött totalt i EU 27	Miljöbesparing (%) i relativt all miljöpåverkan, EU 27
Växthusgaser	kg CO ₂ -ekv.	1,75	0,25
Ekotoxicitet (akvatisk/terrester)	kg-ekv. TEG w	1,41	0,65
Ekotoxicitet (akvatisk/terrester)	kg-ekv. TEG soil	1,40	0,09
Humantoxicitet (cancerogener)	kg C ₂ H ₃ Cl-ekv.	1,78	0,14
Humantoxicitet (icke-cancerogener)	kg C ₂ H ₃ Cl-ekv	1,52	0,10
Partiklar mm	Kg PM _{2.5} -ekv.	1,91	0,34
Organiska	Pers*ppm*tim	1,74	0,22

2.8.2 Övrigt

De pengar vi tjänar kan vi antingen använda till konsumtion eller spara. Sparade pengar kan användas till konsumtion senare. Därför är det rimligt att anta att de pengar som förtjänas på sikt också konsumeras. Att hålla nere konsumtionens totala omfattning innebär alltså att hålla nere

inkomsterna. Som konsumenter kan vi göra det, exempelvis, genom att gå ner i arbetstid, och ägna mer tid åt fritidsintressen, familj och vänner. Ett sådant beslut leder inte nödvändigtvis till ett mindre gott liv, även om konsumtionen minskar. Ett lika gott liv med mindre konsumtion är rimligtvis mer materialeffektivt.

Mycket, om inte allt, vi konsumerar medför något slags farliga utsläpp, någonstans i livscykeln. Att hålla nere konsumtionen bidrar därför också till att hålla nere användning och utsläpp av farliga ämnen. Det finns alltså troligen en synergi mellan materialeffektivitet och giftfrihet här.

En reservation är på sin plats: att minska arbetstiden eller på annat sätt hålla nere konsumtionen innebär också att vi bidrar till att hålla nere den ekonomiska tillväxten. Det kan eventuellt påverka teknikutvecklingen, och därmed på sikt göra att utsläppen av farliga ämnen minskar mindre än vad de gjort med en snabbare ekonomisk och teknisk utveckling.

3 Intervjuer

Miljöchefer vid ABB, NCC och SCA intervjuades om åtgärder för materialeffektivisering och avfallsprevention. Svaren var samstämmiga i att materialeffektivitet är en viktig fråga, framförallt med tanke på materialkostnader. Ett exempel som nämndes var koppar, vilket är en viktig och dyr råvara för en respondent. Materialeffektiviseringen föreföll dock inte i första hand göras för att minska mängden avfall, utan för att minska kostnaderna för inköp av material. Respondenterna framhöll också att beställaren har stort inflytande över materialfrågor.

Från byggsektorn framkom att det alltid finns en stor materialmedvetenhet med noggranna specifikationer för att på så sätt få så effektiva materialflöden som möjligt och därmed undvika att överblivet material måste transporteras bort. I vilken mån livscykelräkande förekommer berodde också på vilken entreprenadform som gällde för den aktuella ordern och hur långt fram i tiden företagets ansvar sträcker sig. Vid centralentreprenad har beställaren det största inflytandet medan totalentreprenad ger byggföretaget större möjligheter att påverka till exempel materialval. Vid funktionsentreprenad har byggföretaget ansvar för byggnation, drift och underhåll under en längre period (exempelvis 15 år). Detta ger stora möjligheter att påverka materialval och liknande och incitament för ett utvecklat livscykelräkande. Byggföretag har också ibland ansvar för underhåll av fastigheter och vissa inventarier, som vitvaror. Dessa beställs då samtidigt från leverantören och byts ut exempelvis vart 12:e år.

Ytterligare ett exempel som framkom från byggsektorn var byggnaders modularitet eller brist på modularitet. Eftersom företag tenderar att omorganisera sin verksamhet regelbundet och då också vill förändra kontorens utseende och layout, byggs ofta kontor med flexibla lösningar som ska vara lätta att förändra. Bostäder däremot byggs med mindre flexibilitet och därmed begränsade möjligheter för förändringar. Detta ger upphov till större mängder avfall när förändringar ska göras. Respondenten påpekade också att det aldrig helt går att undvika att avfall uppkommer, men att företaget har mer än halverat sina kostnader för avfallshantering de senaste två åren genom förbättrad sortering och specialhantering av farligt avfall. Det behöver dock inte betyda att mängden avfall minskat.

Vid stor grad av teknisk mognad hos vissa produkttyper är det svårt att åstadkomma ytterligare förbättringar. Sker det däremot revolutioner inom tekniken så kan förbättringar säkert åstadkommas, men detta kan inte förutses idag.

4 Diskussion och slutsatser

4.1 Synergi eller konflikt?

Det finns många fall där ökad materialeffektivitet hänger samman med minskade flöden av kemikalier i samhället och därmed bidrar till en mer giftfri miljö:

- Åtgärder som ökar materialeffektiviteten leder oftast till lägre totalt energibehov, eftersom produktion av material är energiintensiv (Ekvall 2008). Det bidrar sannolikt till lägre emissioner av kadmium mm från raffinaderier och till lägre emissioner av dioxin från förbränning av biobränsle. Ett lägre energibehov leder också till lägre utsläpp av svavel- och kväveoxider, samt VOC.
- Minskat spill i olika delar av livsmedelskedjan bidrar sannolikt till en minskad användning av bekämpningsmedel.
- Minskad förbrukning av metaller bidrar sannolikt till minskade emissioner av tungmetaller, från gruvavfall och metallindustrin. Metallindustrins emissioner av svaveloxider och kväveoxider minskar också.
- Minskad förbrukning av papper bidrar sannolikt till minskade emissioner av tungmetaller, partiklar, svaveloxider, kväveoxider och VOC från massabruk.
- Minskad förbrukning av plast bidrar sannolikt till minskade emissioner av tungmetaller, VOC, svavel- och kväveoxider från raffinaderier, och även till minskade emissioner av organiska föreningar från plastproduktion.

I vissa fall ger materialeffektivitet viktiga miljöfördelar utöver att själva materialproduktionen minskar. Det tydligaste fallet vi identifierat gäller storleken på bilar: en mindre bil är inte bara materialeffektiv utan i regel också bränslesnål, vilket är betydligt viktigare för utsläppen av bland annat giftiga ämnen från raffinaderier.

Det finns dock fall när ökad materialeffektivitet vare sig bidrar till giftfrihet eller andra miljöförbättringar. Det kan bland annat gälla hus med lite isolering eller lätta konstruktioner, förpackningar som är så tunna att de lätt går sönder, och långlivade, energislukande produkter.

Det finns även fall där ökad materialeffektivitet bidrar till minskat energibehov, men ändå riskerar att öka användningen av farliga ämnen och/eller spridningen av dem i miljön. Det kan gälla val av byggmaterial och behandling av material för ökad beständighet. Det kan också gälla långlivade produkter som innehåller farliga ämnen.

Slutligen finns det risk för rebound-effekter om ökad materialeffektivitet är kostnadseffektiv. Då frigörs både pengar och andra resurser som kan användas till ytterligare aktiviteter. Det kan leda till ökad ekonomisk tillväxt, men också till att minskningen i mängden avfall och i användning och utsläpp av farliga ämnen inte blir lika stor.

Vår samlade bedömning är ändå att ökad materialeffektivitet ofta ger miljöfördelar i form av minskade utsläpp av farliga ämnen. Det finns dock sannolikt fler undantag än när det gäller sambandet mellan t ex materialeffektivitet och växthusgaser. Osäkerheten är också större, eftersom frågan om farliga utsläpp är mer komplex. Man bör t ex ta hänsyn till farligheten hos ämnet och inte bara till den använda eller utsläppta mängden. Frågan är dessutom mindre utforskad.

4.2 Forskningsbehov

Ämnet för den här studien är mycket stort: det omfattar i princip alla material, alla produkter och alla produktionsprocesser. Vi har identifierat och diskuterat flera exempel, men studien är mycket långt ifrån att täcka ämnet fullständigt. En stor kategori avfall som helt saknas i studien är schaktmassor från byggsektorn. Det vore intressant att söka vidare efter exempel på tekniker och strategier för att minska dessa flöden, inte minst för att de utgör en stor del av det som klassas som farligt avfall i Sverige.

De exempel vi identifierat har också studerats relativt ytligt:

- Vi har kopplat samman livsmedelsproduktion i allmänhet med användningen av bekämpningsmedel, men inte studerat kopplingen mellan specifika livsmedel och användningen av de bekämpningsmedel för vilka Kemikalieinspektionen (2008) tagit fram riktvärden.
- Vi har konstaterat att kemikalier används i exempelvis underhåll av material och produkter, men inte undersökt i vilken utsträckning den användningen av kemikalier medför utsläpp av farliga ämnen.
- Vi har kopplat energianvändning till farliga utsläpp från raffinaderier, biobränslen mm, men inte studerat vilket slags energi som används i olika processer.

Frågan om avfallsprevention och giftfri miljö har i många fall inte hanterats samtidigt i litteraturen. Detta innebär att resultat från forskning inom ett av områdena i denna rapport kompletterats med resonemang om det andra området. I vissa fall är diskussionen i sin helhet reflektioner och resonemang baserade enbart på personliga erfarenheter och sunt förnuft.

Studiens slutsatser skulle bli säkrare och mer välgrundade om den breddas med fler exempel och/eller fördjupas på de punkter där den är ytlig.

I förlängningen kan också systemanalyser vara motiverade i fall där frågan om motsatsförhållande eller synergieffekter mellan materialeffektivitet och giftfri miljö framstår som särskilt oklar. EUs nya ramdirektiv om avfall (EU 2008) inkluderar skrivningar om halten av skadliga ämnen i materialen och om avfallens negativa påverkan på människors hälsa och miljö. För att stötta implementeringen av ramdirektivet vore det värdefullt att utveckla en verifieringsmetod för att bedöma utfallet av olika åtgärder med avseende på minskning av miljöfarlighet. En sådan metod bör ha ett livscykelperspektiv, och skulle kunna utnyttja karakteriseringsmetoder som utvecklas i forskningsprogrammet "Emissioner från varor"(ChEmiTecs 2009). Dessa karakteriseringsmetoder leder till indikatorer av typen "toxicitets-potential", vilka kan användas som måttstock på ämnens miljöfarlighet.

5 Referenser

- Arunkundram R, Sundarajan A. (1998) An economic analysis of electronic secondary markets: installed base, technology, durability and firm profitability. *Decision Support Systems* 24:3–16.
- Avfall Sverige (2008a) Svensk Avfallshantering 2008. Avfall Sverige, Malmö.
- Avfall Sverige (2008b) Vart tar smått elavfall från hushållen vägen? Studie av plockanalyser samt hushållens attityder och agerande. Rapport 2008:03. Avfall Sverige Utveckling, Malmö.
- Bartolomeo M, dal Maso D, de Jong P, Eder P, Groenewegen P, Hopkinson P, James P, Nijhuis L, Örnings M, Scholl G, Zaring O. (2003) Eco-efficient producer services - what are they, how do they benefit customers and the environment and how likely are they to develop and be extensively utilized? *Journal of Cleaner Production* 11(8):829-37.
- Berlin J, Sonesson U, Tillman A-M. (2008) Product chain actors' potential for greening the product life cycle the case of the Swedish postfarm milk chain. *Journal of Industrial Ecology* 12:95-110.
- Bilpool (2008) url: <http://www.bilpool.nu/>.
- Bjurman J. (1995) Beständiga träfasader – systemmålning ger gott resultat. Fakta Skog nr 7/1995. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Borg N, Blume Y. (2007) Konsumentverkets rapporter 1991–2006 utvalda frågor med anknytning till energiförbrukning. Genomgång av konsumentundersökningar. För konsumentverket.
- Brunklaus B, Thormark C, Baumann H. (2008) Beyond the energy accounting of buildings: introducing environmental actor perspectives in comparisons of passiva and conventional buildings. I Brunklaus B (2008) *Organising matters for the environment*. Doktorsavhandling i Miljösystemanalys, Chalmers tekniska högskola.
- Castro PM, Westerlund J, Forssell S. (2009) Scheduling of a continuous plant with recycling of byproducts: a case study from a tissue paper mill. *Computers and Chemical Engineering* 33:347 – 358.
- ChEmiTecs (2009) url: <http://www.chemitecs.se/>.
- Cooper T. (2004) Inadequate life? Evidence of consumer attitudes to product obsolescence. *Journal of Consumer Policy* 27:421–449.
- Eklund M (2002) Konfektionsanpassat bnyggande – en studie inom JM AB. Examensarbete TRITA-BYMA 2002:2E. Byggnadsmaterial, Kungliga tekniska högskolan, Stockholm.
- Ekvall T (2008) Vad vinner vi på att minska avfallsmängderna? Presentation vid Miljöbalksdagarna, Stockholm, 23 oktober 2008.
- Ekvall T, Frees N, Nielsen PH, Person L, Ryberg A, Weidema B, Wesnæs M, Widheden J. (1998) Life cycle assessment on packaging systems for beer and soft drinks. Rapport nr 399. Miljöstyrelsen, Köpenhamn.
- EU (2008) Europaparlamentets och Rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv. url: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:SV:PDF>.

- Gottberg A. (2003) Producer responsibility for WEEE as a driver of ecodesign. Case studies of business responses to producer responsibility charges. MSc thesis, Cranfield University, Cranfield.
- Göteborg (2008) <http://www.kretsloppsparken.nu/klp/aterbruket.asp?nav=aterbruket>.
- Hyung CK., Gregory AK, Yuhta AH. (2006) Optimal household refrigerator replacement policy for life cycle energy, greenhouse gas emissions, and cost. *Energy Policy* 34:2310–2323.
- Jaillon L, Poon CS, Chiang YH. (2009) Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. *Waste Management* 29:209-320.
- Johnson O. (1998) LCA of the surface coatings of cabs - a case study at Volvo Truck Corporation in UMeå, Sweden. Technical Report LM-59748, Volvo Technology, Göteborg.
- Kemikalieinspektionen (2008) http://www.kemi.se/templates/Page____3294.aspx.
- KUR (2008) Kemikalieutsläppsregistret. url: <http://kur.naturvardsverket.se:7001/kur/>.
- Lind L. (2008) Hur kan man minska avfallet inom stålbranschen? Presentation vid Miljöbalksdagarna 2008-10-23, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Lindahl L-Å. (2009) SweMin 2009-03-24, personlig kommunikation.
- Mark K. (2006) Staying lean. *Food in Canada* 66(6):23–27.
- Meijkamp R. (1998) Changing consumer behaviour through Eco-efficient Services: An empirical study on Car Sharing in the Netherlands. *Business Strategy and Environment* 7:234-244.
- McGrath C. (2001) Waste minimisation in practice. *Resources, Conservation and Recycling*. 32, 227-238.
- Miljömål (2008) url: http://www.miljomal.nu/om_miljomalen/miljomalen/mal4.php.
- Mont O. (2004) Reducing Life-Cycle Environmental Impacts through Systems of Joint Use. *Greener Management International* 45: 63-77.
- Mont O, Singhal P, Fadeeva Z. (2007) Chemical management services in Sweden and Europe. Lessons for the Future. *Journal of Industrial Ecology* 10:279-292.
- Morley N, Parker D, Lee P, Vaughan P, Longhurst P, Cook M. (2006) Product lightweighting: A strategy to deliver a sustainable economy? C-Tech Innovation Ltd., Chester, Cheshire, Storbritannien.
- Naturvårdsverket (2005) Kartläggning av källor till oavsiktligt bildade ämnen. Rapport 5462. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket (2008a) Avfall i Sverige 2006. Rapport 5868. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket (2008b) Strategin för giftfria och resurssnåla kretslopp, GRK. Rapport 5798. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Olofsson M, Ekvall T, Sundberg J (2004) Impacts of Swedish waste prevention and the scrap market equilibrium on greenhouse gas emissions. I Olofsson M (2004) *Improving Model-Based Systems Analysis of Waste Management*. Doktorsavhandling i Energiteknik, Chalmers tekniska högskola.
- Osmani M, Glass J, Price ADF. (2008) Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Management* 28:1147–1158.
- Siljebratt L. (1991) Förebyggande miljöskydd. En lönsam investering. Stiftelsen TEM, Sjöbo.

- Stahel WR. (1997) The Service Economy: 'Wealth without resource consumption'? *Philosophical transactions: Mathematical, physical and engineering sciences* 35:1309-1319.
- Stoughton M, Votta T. (2003) Implementing service-based chemical procurement: lessons and results. *Journal of Cleaner Production* 11:839-849.
- Sundqvist J-O, Finnveden G, Sundberg J. (2002) Syntes av systemanalyser av Avfallshantering. Rapport B 1491. IVL Svenska Miljöinstitutet, Stockholm.
- Ljunggren Söderman M (2008) IVL Svenska Miljöinstitutet. Muntlig kommunikation, 2008-12-18.
- Tam VWY, Tam CM, Zeng SX, Ng WCY. (2007) Towards adoption of prefabrication in construction. *Building and Environment* 42:3642-3654.
- Tasaki T, Hashimoto S, Moriguchi Y. (2006) A quantitative method to evaluate the level of material use in lease/reuse systems of electrical and electronic equipment. *Journal of Cleaner Production* 14:1519-1528.
- Thomas VM. (2003) Demand and dematerialization impacts of second-hand markets. Reuse or more use? *Journal of Industrial Ecology* 7:65-78.
- Watkins CB. (2006) The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24:389-409.
- Weidema BP, Wesnæs M, Hermansen J, Kristensen T, Halberg N, Eder P, Delgado L. (2008) Environmental Improvement Potentials of Meat and Dairy Products, European Commission Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, EUR Number: 23491 EN, ISBN 978-92-79-09716-4, Office for Official Publications of the European CommunitiesPublication, Luxemburg.
- Westin E. (2008) Naturvårdsverket 2008-12-22, personlig kommunikation.
- Wikipedia (2009) url: [http://en.wikipedia.org/wiki/Rebound_effect_\(conservation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Rebound_effect_(conservation)).
Besökt 2009-03-23