

Avfallsminskning i ett systemperspektiv –

Fallstudie Göteborg

2010-03-11, Slutrapport



Profu

Sammanfattning

Avfallsminimering är prioriterat inom EU:s ramdirektiv för avfall, och medlemsländerna har ålagts att arbeta aktivt inom området. Det projekt som redovisas här har genomförts på uppdrag av Naturvårdsverket och Kretsloppskontoret, Göteborg, som ett led i arbetet mot ett kommande nationellt program för att förebygga avfall i Sverige.

Syftet med projektet är att undersöka systemeffekter av att minska utvalda avfallsfraktioner med avseende på utsläppen av växthusgaser (uttryckt som ton koldioxidekvivalenter). Eftersom syftet med projektet även är att undersöka erfarenheter av lokala åtgärder för att nå avfallsminskning, belyses effekterna ur ett lokalt perspektiv genom en fallstudie för Göteborgs avfallssystem

Projektet utgår från, och drar nytta av, metodik, modeller och validerat dataunderlag från det pågående arbetet *Systemstudie Avfall* som genomförs inom kompetenscentret Waste Refinery. I *Systemstudie Avfall* studeras miljöpåverkan och ekonomiska aspekter av olika framtida utvecklingar av avfallssystemet i Göteborg, inklusive dess samverkan med omgivande system.

Representanter från Kretsloppskontoret och Renova har deltagit i en referensgrupp för att styra och bidra med ytterligare indata, förslag och synpunkter kring hur avfallsmängderna kan reduceras i Göteborg. Efter diskussion mellan Profu och referensgruppen gjordes följande urval av avfallsfraktioner: matavfall, plastflaska (HDPE¹), dagstidning, wellpapplåda, aluminiumark, köksinredning (skåp, lådor, stommar, m.m.), blöjor samt bomullsbyxor.

Projektet beräknar utsläpp av växthusgaser under produkternas hela livscykel: råvaruutvinning, produktion, distribution, användning och avfallshantering. Faserna innan avfallshantering kallar vi här uppströmsfasen. För uppströmsfasen upprättades en mindre databas med de utsläpp som produkterna ger upphov till. Uppgifterna i databasen har tagits fram genom en litteraturstudie och genom personlig kommunikation med representanter för olika företag som tillverkar denna typ av produkter.

Efter uppströmsfasen går produkterna till avfallshantering. Avfallsbehandlingen varierar beroende på avfallsfraktion och de typer av avfallsbehandling som ingår i studien är: återanvändning, materialåtervinning, förbränning, rötning och kompostering. För varje fraktion antar vi en procentuell fördelning som går till olika avfallsbehandlingsalternativ, baserat på hur stora mängder som idag behandlas inom de olika alternativen i Göteborg. För matavfall antas även ett framtida scenario med 100% rötning som avfallsbehandling, efter önskemål från referensgruppen. Modelleringen av avfallssystemet har skett i ORWARE, medan Martes har använts för modelleringen av effekterna inom fjärrvärmesystemet.

Studien inkluderar systemeffekter av avfallsminskning. Det betyder till exempel att om avfallsmängderna som skulle ha gått till förbränning minskar, måste bortfallet av fjärrvärmeproduktion kompenseras för. Eventuellt tillkommande utsläpp från de alternativa bränslen som ökar för att kompensera, för detta bortfall, måste då inkluderas i en systemstudie.

¹ HDPE High Density Polyethylene

Huvudresultaten från projektet illustreras i figur A. Figuren visar systemeffekterna i form av utsläpp av växthusgaser vid minskning av respektive avfallsfraktion. Resultatet redovisas som utsläpp av koldioxidekvivalenter (i ton) per ton avfall, och fördelas på de två faserna i livs-cykeln: Uppströms (röda staplar) och Avfallsfas (gula), samt summan av dem: Netto (gröna). I figuren betyder negativa staplar en minskning av utsläpp vid minskade avfallsmängder.

En avfallsminskning ger i avfallsfasen påverkan på utsläpp från bland annat insamling och behandling av avfallet, liksom produktion av fjärrvärme, el, drivmedel och konstgödsel.

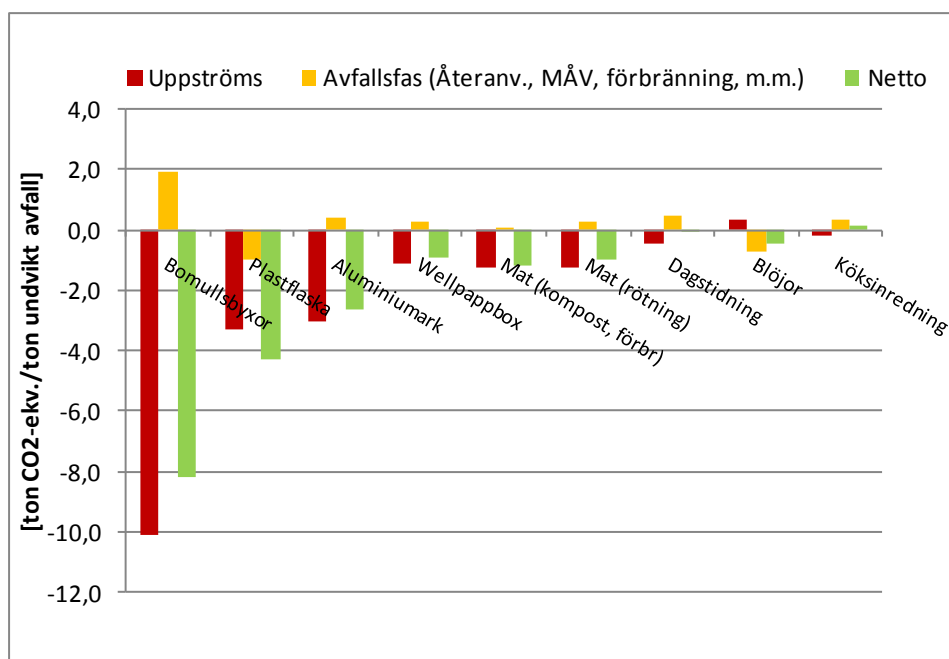
Resultatet från studien är att störst nettoreduktion av växthusgasemissioner då man förebygger avfall i form av bomullsbyxor, följt av plastflaskor samt aluminiumark (figur A). För samtliga undersökta avfallsfraktioner, utom blöjor, är det de undvikta emissionerna i uppströmsfasen (röda staplar) som ger upphov till störst miljövinster vid minskade avfallsmängder.

Studien visar att nettoresultatet för till exempel plastflaskor är en minskning av drygt 4 ton CO₂-ekv. per ton förebyggt avfall. I uppströmsfasen och avfallsfasen minskar utsläppen med drygt 3 ton respektive 1 ton per ton förebyggt avfall. Bidraget är alltså större av att minska produktionen av plastflaskor än undvikta utsläpp vid avfallsbehandlingen.

Den undvikta avfallsbehandlingen för plastflaskor antas till 70% vara förbränning och 30% materialåtervinning. När förbränning av plastavfall reduceras, minskar utsläppen av koldioxid, och den fjärrvärmeproduktion som träder in som följd av minskad avfallsförbränning ger lägre utsläpp av dessa emissioner.

Modelleringen av minskning av engångsblöjor skiljer sig jämfört med modelleringen av övriga avfallsfraktioner. När den totala mängden engångsblöjor reduceras, antas dessa ersättas av tygblöjor för flergångsanvändning. Bytet från engångsblöjor till tygblöjor innebär att uppkomsten av avfall minskar, men samtidigt tillkommer den miljöbelastning som tillverkning och användning (maskintvätt) av tygblöjor ger upphov till. Resultatet av studien är dock ändå att nettoemissionerna minskar vid övergången från engångsblöjor till tygblöjor. Det främsta skälet är att man genom prevention av engångsblöjor undviker emissioner av växthusgaser vid förbränning av dessa, eftersom engångsblöjor till viss del innehåller plast.

För matavfall (i figuren endast benämnt som mat) visas resultatet av de båda undersökta behandlingsalternativen: dels nuläget med en kombination av kompostering och förbränning, dels ett alternativ med enbart rötning. Resultatet av studien visar att miljövinsten av att minska matavfall är större i nulägesalternativet (en kombination av kompostering och förbränning) jämfört med om avfall undviks i ett fall med enbart rötning. Skillnaderna mellan alternativen är dock små.



Figur A Utsläpp av ton CO₂-ekvivalenter/ton undvikt avfallsfraktion i uppströms- och avfallsfasen samt netto. Negativa staplar innebär en minskning av utsläppen. MÅV= materialåtervinning

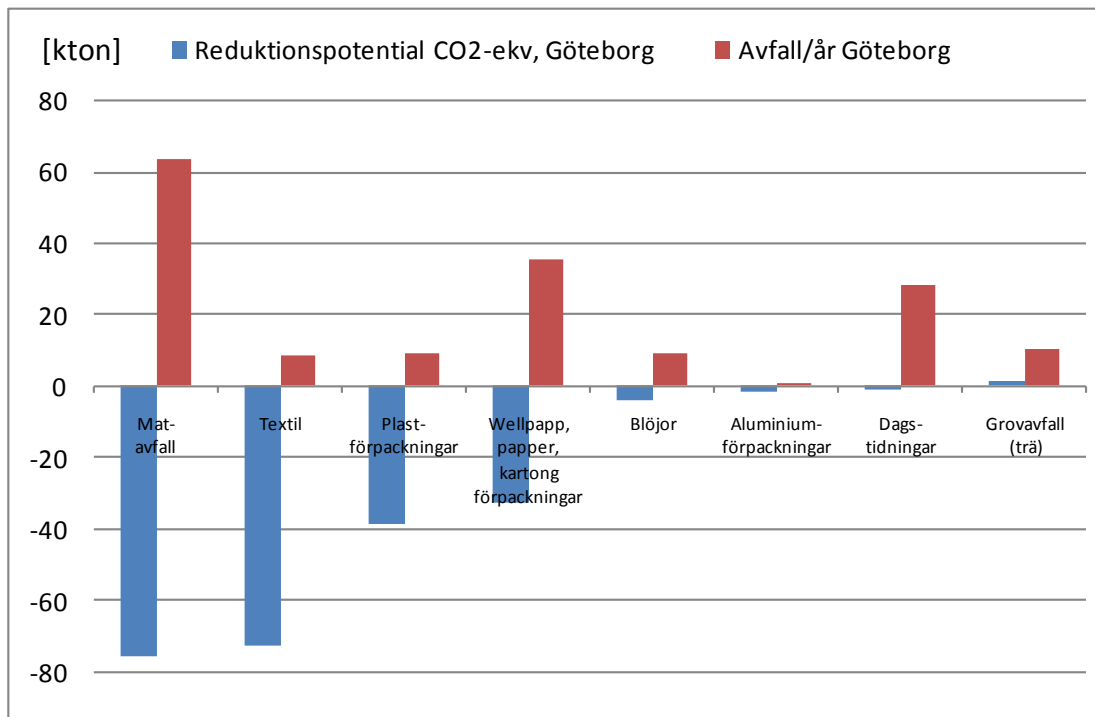
Resultatet för Göteborg har räknats upp till nationell nivå och utifrån detta kan vi konstatera att skillnaderna mellan ett lokalt ett nationellt perspektiv är små och att effekterna från avfallsförebyggande åtgärder bedöms vara generella för hela Sverige.

För de studerade avfallsfraktionerna har vi beräknat den totala reduktionspotentialen för utsläpp av växthusgaser, om avfallet skulle förebyggas till 100% i Göteborg. Potentialen visas i figur B (blå staplar). Potentialen beräknas som utsläppen per ton för respektive avfallsfraktion, (figur A) multiplicerat med den totala mängden avfall satt på marknaden eller uppkommet per år i Göteborg (röda staplar, figur B).

Man ser i figur B att det är störst potential att minska utsläppen kopplade till matavfall, eftersom matavfall är den avfallsfraktion som uppkommer i störst mängd i Göteborg, utav de studerade fraktionerna. Potentialen för textil är nästan lika stor som matavfallets, därefter kommer potentialen för avfall från förpackningar av plast. I beräkningen har vi antagit att våra resultat för bomullsbyxor gäller för all textil, samt att plastflaskan (HDPE) representerar alla plastförpackningar.

Systemkostnaderna inom avfalls- och fjärrvärmesystemet minskar mest vid förebyggande av aluminiumark och matavfall. Kostnaderna för insamling och transport minskar, liksom för behandlingen. Det som är avgörande för aluminiumark och matavfall är att de har låga värmevärden. Vid förbränning ger de därför ett litet bidrag till värmeproduktionen. När förbränning av dem minskar, innebär det endast ett litet bortfall av värme, som måste kompenseras för, och därmed låga kostnader i fjärrvärmesystemet. Det motsatta gäller för avfall med plastinnehåll, som har ett högt värmevärde.

Resultatet visar att det för de flesta avfallsfraktioner finns en potential för kostnadsbesparingar genom avfallsförebyggande. Emellertid finns en stor utmaning i att översätta hur förändringen av kostnaden påverkar de olika aktörerna inom avfalls- och fjärrvärmesystemet, samt utifrån detta hitta vägar att hantera om och hur kostnadsbesparingar kan komma alla aktörer till godo.



Figur B Reduktionspotential för utsläpp samt mängd uppkommet avfall eller satt på marknaden i Göteborg

Lokalt i Göteborg pågår det arbete med åtgärder för att minska avfallsmängderna. Det finns även förslag till nya åtgärder som kan komma att införas. De flesta åtgärderna syftar till att öka medvetenheten om betydelsen av att minska avfallsmängderna, för att därigenom ge förutsättningar för förändringar på lång sikt. Några är mer konkreta satsningar på åtgärder som införts eller kommer att införas i avfallssystemet. Nedan ges exempel på aktuella åtgärder:

- Uppförandet av en Kretsloppspark för att främja återanvändning och förädling av avfall,
- Viktsbaserad avfallstaxa
- Informationssatsningar,
- Utbildning och studiebesök, samt
- Personlig coachning för avfallsminskning

Sammanfattningsvis kan vi dra följande slutsatser från projektet:

- Lokalt finns en ambition och ett påbörjat arbete med införandet av åtgärder för att nå avfallsminskning. Inga konkreta effekter har dock ännu kunnat kvantifieras i Göteborg.
- Arbetet vid Kretsloppsparken och försäljningen vid second handbutikerna, som är kopplade dit, är ett tydligt tecken på att det finns ett stort intresse och potential för att lämna, sälja, köpa och återanvända second handprodukter och -material.
- Reducerade utsläpp av växthusgaser nås i första hand genom minskning i produktionsprocesser som ligger ”uppströms” avfallshanteringen.
- De största utsläppsreduktionerna *per viktsenhet* fås vid minskning av avfall bestående av bomull, plast och aluminium, av de avfallsslag som ingår i studien.
- Störst potential för utsläppsreduktion *totalt* fås vid minskning av matavfall, av de avfallsslag som ingår i studien. Matavfall är den största, uppkomna enskilda mängden avfall i Göteborg.
- Hushållens grovavfall av trä, här i form av målad köksinredning (skåp, lådor, stommar, m.m.), har däremot en liten potential för utsläppsreduktion. Detta beror på att fraktionen har små utsläpp uppströms och vid avfallshantering (inklusive fjärrvärmeproduktion). Dessutom är det små mängder insamlat grovavfall.
- För flera avfallsslag innebär avfallsminskning en kostnadsbesparing för aktörer när kostnader för bland annat insamling och slagghantering minskar.
- Skillnader mellan resultaten för Göteborg och nationellt är små, och resultaten från avfallsförebyggande i Göteborg kan därför bedömas vara generella för hela Sverige.
- Effekter av avfallsminskning påverkas bland annat av hur den alternativa fjärrvärmeproduktionen som måste öka, när avfall till förbränning minskar, ser ut. Även här visar sig skillnaderna vara små och resultatet för Göteborg kan därför antas gälla även nationellt.
- En minskning av mängden avfall som går till förbränning skulle kunna möjliggöra för ökad förbränning av importerat avfall vilket skulle innebära att deponering av avfallet utomlands kan undvikas. Om de undvikta utsläppen av koldioxidekvivalenter från deponering tillgodoräknas resultatet här, stärks resultatet ytterligare.

Förord

Projektet har genomförts för Naturvårdsverket som ett led i arbetet mot ett kommande nationellt program för att förebygga avfall i Sverige. Projektet har tilläggsfinansierats av Kretsloppskontoret, Göteborg.

Metoden som används baseras på en fallstudie gjord i Göteborgs avfalls- och energisystem i ett projekt inom kompetenscentret Waste Refinery (www.wasterrefinery.se). För att studera konsekvenser i avfalls- och fjärrvärmesystemet av avfallsprevention utnyttjas den metodik och de modeller som Profu använder inom Waste Refinery-projekt ”Termisk och biologisk behandling i ett systemperspektiv”.

Till projektet har det funnits en referensgrupp med följande medlemmar:

För Kretsloppskontoret: Jessica Granath, Maria Ivarsson, Sara Pettersson.

För Renova: Malin Andersson

Arbetet är genomfört av Profu AB.

Innehåll

Sammanfattning	I
Förord.....	VI
1 Inledning.....	1
1.1 Syfte.....	1
2 Arbetsgång	2
2.1 Kommunikation	2
2.2 Projektutformning, inventering och datainsamling	2
2.3 Modellering	2
2.4 Analys	3
2.5 Uppskalning till nationell nivå	3
3 Metodik och modeller	4
4 Förutsättningar i Göteborg.....	7
4.1 Avfallsmängder och avfallsbehandling.....	7
4.2 Fjärrvärmebehov och fjärrvärmeproduktion	7
4.3 Omvärlden.....	8
5 Studerade avfallsfraktioner och avfallsbehandling	9
6 Resultat: koldioxidekvivalenter	12
6.1 Uppströms effekter	12
6.2 Effekter i avfallssystemet	16
6.3 Sammanvägda effekter	17
6.4 Potential för utsläppsreduktion i Göteborg	19
7 Resultat på nationell nivå.....	21
7.1 Biobränsle som begränsad resurs	23
8 Ekonomiska effekter i avfalls- och fjärrvärmesystemet av att förebygga avfall	26
9 Resultat: Lokala åtgärder för att nå avfallsminskning	28
9.1 Kretsloppsparken Alelyckan	28
9.2 Viktsbaserad taxa	28
9.3 Information.....	29
9.4 Utbildning och studiebesök.....	29
9.5 Hållbar livsstil Göteborg	30
10 Känslighetsanalys	33
10.1 Ökad materialåtervinning.....	33
10.2 Utvidgad systemgräns – import av avfall	34
11 Diskussion.....	36
12 Slutsatser	39
13 Referenser	40
Bilaga 1 Beskrivning av modeller för avfallsbehandlings- och fjärrvärmesystemet	42
ORWARE för avfallsbehandlingssystemet	42
Martes för fjärrvärmesystemet.....	44
Bilaga 2 Utsläppskoefficient för elproduktion.....	46

1 Inledning

Avfallsminimering är prioriterat inom EU:s ramdirektiv för avfall och medlemsländerna har ålagts att arbeta aktivt inom området. Länderna skall ta fram planer och åtgärder, och projektet som redovisas här har genomförts för Naturvårdsverket som ett led i arbetet mot ett kommande nationellt program för att förebygga avfall i Sverige.

Projektet utgår från det pågående projektet ”Systemstudie Avfall” som genomförs inom kompetenscentret Waste Refinery. Systemstudie Avfall har pågått i två år och kommer att avslutas under februari 2010. Arbetet genomförs i nära samarbete med forskare och aktörer som berörs av den strategiska planeringen av avfallssystemet i Göteborg. Fokus ligger på hur det tekniska avfallssystemet kan utvecklas och detta analyseras inom en arbetsgrupp där Kretsloppskontoret, Renova, Göteborg Energi, Gryaab och Profu ingår. Till det läggs nu, genom detta projekt, en fallstudie om effekter av att avfallet skulle minska istället, samt idéer till hur det skulle kunna ske. I vår studie är utgångspunkten dagens avfallssystem med ett framtidsperspektiv på omkring 10 år.

Studien fokuserar på emissioner av koldioxidekvivalenter, som utgör en del av miljöpåverkan under en produkts livscykel inklusive dess avfallshantering.

1.1 Syfte

Syftet med detta projekt är att undersöka effekter av att minska utvalda avfallsfraktioner med avseende på utsläppen av klimatgaser uttryckt som koldioxidekvivalenter. Effekterna belyses ur ett lokalt perspektiv genom en fallstudie för Göteborgs avfallssystem. Syftet är också att undersöka erfarenheter och effekter av lokala åtgärder för att nå avfallsminskning.

2 Arbetsgång

Projektet genomfördes i olika faser: kommunikation, inventering och datainsamling, modellering, analys och uppskalning av resultat till nationell nivå.

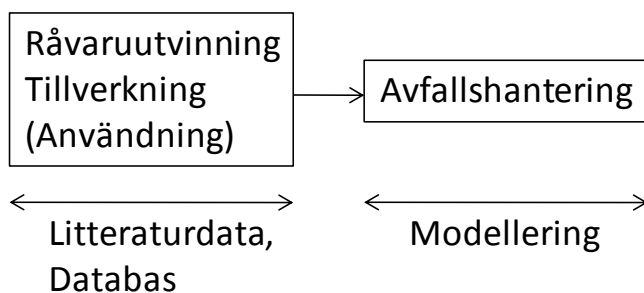
2.1 Kommunikation

Tidigt under projektet bildades en referensgrupp med representanter från Kretsloppskontoret och Renova, huvudaktörer inom Göteborgs avfallssystem. Vissa av representanterna i referensgruppen ingår även i Göteborgsregionens arbetsgrupp om utveckling av en regional avfallsplan. Syftet med referensgruppen var att förankra projektet lokalt samt att inhämta erfarenheter, kunskaper och åsikter av betydelse för projektet. Under projekttiden november 2009 till och med januari 2010 hölls tre möten med gruppen eller enskilda personer ur denna. Fortlöpande fördes också kommunikation om projektet över telefon och mejl. Projektet redovisades skriftligen två gånger under projekttiden.

2.2 Projektutformning, inventering och datainsamling

Inledningsvis satte Profu upp ramar för vilka avfallsfraktioner som skulle ingå i projektet. För detta gjordes ett omfattande datainsamlingsarbete. Efter diskussion mellan Profu och referensgruppen gjordes ett urval av avfallsfraktioner som skulle ingå i studien: matavfall, high-density polyethylene (HDPE)-flaska, dagstidning, wellpapplåda, aluminiumark, köksinredning (skåp, lådor, stommar), bomullsbyxor och blöjor. För dessa upprättades en mindre databas om klimateffekter under deras livscykel. Den delen av projektet baseras på en genomförd litteraturstudie (Figur 1).

Utdata från den här fasen i projektet är klimateffekter från materialens faser i livscykeln uppströms avfallshanteringen.



Figur 1 Metoder använda för de olika momenten i projektet.

2.3 Modellering

Vid avfallsprevention antas för varje avfallsfraktion undvikta emissioner från uppströmsfasen samt effekter i avfallssystemet med omgivande system. Profu använder metodik och modeller utvecklade i projekt "Termisk och biologisk behandling i ett systemperspektiv" för Göteborg inom Waste Refinery, för att studera konsekvenser i avfallssystemet och omgivande system. Modelleringen sker i ORWARE (avfallssystem) och Martes (fjärrvärmesystem).

Om man minskar avfall till förbränning kommer både el- och värmeproduktionen från avfallsförbränning att minska jämfört med referenskörningen. När dessa minskar måste därför övriga anläggningar i fjärrvärmesystemet öka produktionen. Detta eftersom fjärrvärmebehovet inte påverkas av att avfall förebyggs. Se vidare kommande avsnitt.

Utdata från den här fasen i projektet är klimateffekter i Göteborg av att minska respektive avfallsfraktion in till avfallshanteringen ur ett systemperspektiv.

2.4 Analys

I analysen sammanfördes resultat från litteraturstudien och modelleringen. Värdena på undvikta utsläpp av koldioxidekvivalenter från avfallshantering jämfördes med motsvarande utsläpp från undvikta uppströms processer. Summan av de två värdena (positiva eller negativa värden) bedömer vi vara klimateffekten av att minska mängderna av respektive avfallsfraktion.

Utdata från den här fasen i projektet är alltså klimateffekten av att minska mängderna av respektive avfallsfraktion i Göteborg.

2.5 Uppskalning till nationell nivå

Baserat på ett antal faktorer skalas resultaten upp till nationell nivå. Skillnader i lokala förutsättningar har betydelse för effekten av att reducera CO₂-utsläppen vilket är av vikt att tydliggöra i uppskalningsarbetet.

Resultaten från arbetet med uppskalningen är slutligen den nationella klimateffekten av att minska mängderna av respektive avfallsfraktion.

3 Metodik och modeller

För att studera konsekvenser i avfalls- och fjärrvärmesystemet av avfallsprevention utnyttjas den metodik och de modeller som Profu använder inom Waste Refinery-projekt ”Termisk och biologisk behandling i ett systemperspektiv”.

Inom Waste Refinery-projektet utvärderas nya och förbättrade tekniker för behandling och energiutvinning av organiskt avfall från hushåll och verksamheter ur ett systemperspektiv. Med organiskt avfall avses både brännbart och biologiskt nedbrytbart avfall. Med systemperspektiv menas att de olika delarna i ett avfallssystem och deras inbördes relationer ingår, såväl som avfallssystemets beroende av omgivningen som t.ex. energi- och transportsystem. Utvärderingen sker genom fallstudier i Borås och Göteborg.

Avfall är en viktig del av det kommunala energisystemet genom exempelvis förbränning (fjärrvärme, el) och biogasproduktion (värme, el, fordonsgas) så studien omfattar både avfalls- och energisystemet. I Figur 2 ges en schematisk beskrivning av avgränsningen för avfalls- och energisystemet och hur det interagerar med andra tekniska system i dess omvärld. Avfallssystemet illustreras med gulgrön färg och benämns ”regionens avfallsbehandlings-system”. Inom begreppet fjärrvärmesystemet återfinns även kommunens elproduktion från kraftvärmeanläggningar kopplade till fjärrvärmesystemet. Erfarenheter från tidigare systemstudier visar att fjärrvärmesystemet har stor betydelse för analyserna och studeras med en separat modell (Martesmodellen). I praktiken innebär modellstudien här en iteration mellan två modeller, ORWARE för avfallssystemet och Martes för fjärrvärmesystemet. Modellerna beskrivs i bilaga 1.

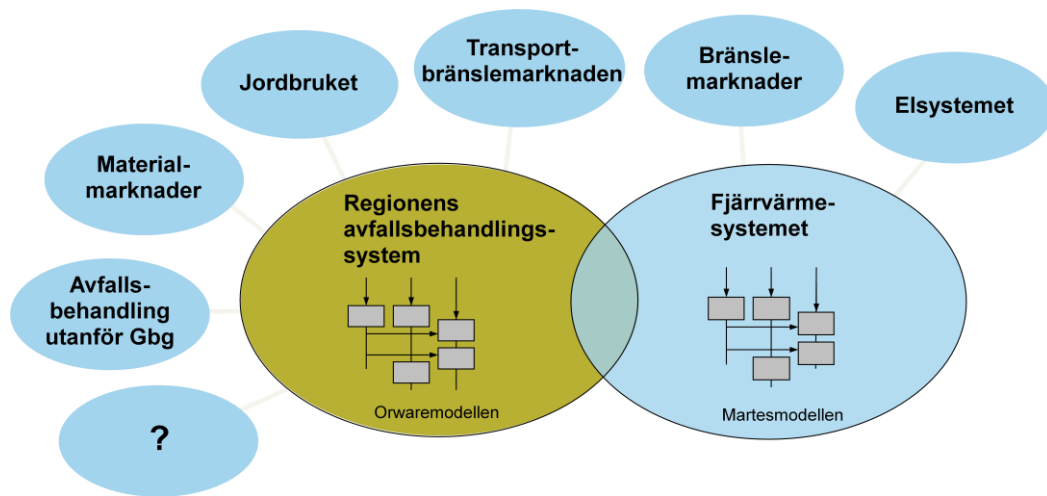
De system som tillhör omgivningen är markerade med blå färg i Figur 2. Flera av dessa interagerar tydligt med avfallsbehandlingsystemet. För att beskriva konsekvensen av en förändring i systemet – exempelvis förebyggande av avfall – och därmed beskriva den resulterande miljömässiga och ekonomiska effekten av denna förändring, måste effekterna även i dessa omkringliggande system studeras och kvantifieras. Hur denna omvärld beskrivs och modelleras kan vara avgörande för resultaten speciellt när den resulterande miljöpåverkan ska bedömas. Att fånga konsekvenserna i omgivningen kan ibland innebära omfattande analyser med kompletterande modeller.

Avgränsningen lämnar några delar av det övergripande avfallssystemet utanför systemet i fokus. Exempelvis finns inte avfallslämnarnas system med (hushållen, industrin mm), inte heller återvinningsmaterial som passar rakt genom regionen. Studien gör inte heller anspråk på att beskriva och modellera alla flöden inom ett geografiskt avgränsat område. Avfallsbehandling har blivit en marknadsbaserad tjänst som i allt större utsträckning avgörs av marknaden och inte det geografiska ursprunget.

Ett ytterligare sätt att beskriva valet av system och systemavgränsning återfinns i Figur 3. I denna figur illustreras tre olika system, Avfallsbehandlingsystemet (AS), Fjärrvärmesystemet (FS) och Omvärlden till avfallsbehandlings- och fjärrvärmesystemet (OS). Illustrationen med dessa tre system är framtagen för att beskriva de resultat som senare presenteras rörande förebyggande av avfall.

Modellerna (ORWARE och Martes) ger tillsammans de totala utsläppen för hela det övergripande systemet:

$$E_{\text{Totalt}} = E_{\text{AS}} + E_{\text{FS}} + E_{\text{OMV}}$$



Figur 2 Avfallsbehandlingsystemet och omgivande interagerande system.



Figur 3 De tre delsystemen för resultatpresentationen: Avfallsbehandlingsystemet (AS), fjärrvärmesystemet (FS) och omvärlden till avfallsbehandlings- och fjärrvärmesystemet (OMV).

I presentationen av resultaten från systemanalyserna redovisas förändringen av utsläpp vid förebyggande av olika typer av avfall. Praktiskt sett beräknas effekten av avfallsförebyggande som differensen mellan två modellkörningar:

- En referenskörning där modellerna ställs in efter en tänkt utveckling utan några avfallsförebyggande åtgärder

- En körning där en viss mängd av den aktuella avfallsfraktionen antas förebyggas och därmed inte behöver tas om hand i avfallsbehandlingssystemet. Modellerna körs därmed för en mindre mängd avfall än i referenskörningen.

Om man minskar avfall till förbränning kommer både el- och värmeproduktionen från avfallsförbränning att minska jämfört med referenskörningen. När värmeproduktionen från avfallsförbränningen minskar måste därför övriga anläggningar i fjärrvärmesystemet öka produktionen. Detta eftersom fjärrvärmebehovet inte påverkas av att avfall förebyggs.

Bland övriga anläggningar, som får ökad drifttid, finns både anläggningar som producerar el (kraftvärmeanläggningar) och anläggningar som konsumerar el (värmepumpar). Produktionen av nettoel (produktionen – konsumtionen av el) i fjärrvärmesystemet kan därmed både öka och minska beroende på vilka bränslepriser, skatter och liknade som är aktuella för fjärrvärmeproduktion. Vidare innebär detta att den totala nettoelproduktionen i avfalls- och fjärrvärmesystemet både kan öka och minska till följd av förebyggandet av avfall. Detta har stor betydelse för resultaten då förändringar i den totala nettoelproduktionen i avfalls- och fjärrvärmesystemet i Göteborg kompenseras av förändringar i omvärldens elproduktion. Den sistnämnda modelleras som produktionen av marginalet i det nordiska energisystemet (se mer under ”Förutsättningar i Göteborg” och bilaga 2).

I de fall som avfallsförebyggandet innebär minskade mängder avfall till rötning påverkas inte fjärrvärmesystemet. Däremot ökar nettoelproduktionen i avfallssystemet när elanvändningen minskar, både för rötning och för uppgradering av biogas till fordonsgaskvalitet. I övrigt innebär den minskade mängden avfall till rötning att mindre mängd biogödsel förs till åkermark och att mindre fordonsgas produceras. Detta har stor betydelse då förändringar av mängderna biogödsel och fordonsgas kompenseras av förändringar i omvärldens produktion, distribution och användning av handelsgödsel respektive fossila drivmedel (50 % bensin och 50 % diesel).

Den ekonomiska analysen utförs på ett liknande sätt som för utsläppen. Men en väsentlig skillnad är att priser används för att hantera relationen mellan avfallsbehandlings- och fjärrvärmesystemet och omvärlden. Som exempel säljs producerad fordonsgas till marknadspris och ger en intäkt till avfallsbehandlingssystemet. På så sätt kan en nettokostnad (kostnader – intäkter) beräknas för avfalls- och fjärrvärmesystemet. För att beräkna det ekonomiska utfallet vid förebyggande av en viss avfallsfraktion beräknas differensen mellan nettokostnaden för referenskörningen och nettokostnaden för körningen med förebyggande av avfallsfraktionen.

4 Förutsättningar i Göteborg

Detta projekt utgår från de förutsättningar som används Waste Refinery-projektets fallstudie i Göteborg. I Waste Refinery-projektets fallstudie i Göteborg ligger huvudfokus på situationen kring år 2030. Men även situationen kring år 2020 studeras som en input till det pågående arbetet att ta fram en regional avfallsplan för Göteborgsregionen. För detta projekt utnyttjas data och förutsättningar som gäller år 2020 i Waste Refinery-projektets fallstudie.

4.1 Avfallsmängder och avfallsbehandling

Modelleringen tar sin utgångspunkt i aktuella avfallsflöden och behandlingsanläggningar. Till grund för detta ligger en omfattande datainsamling för hur situationen såg ut år 2007.

Observera att även om dessa anläggningar geografiskt är placerade i Göteborg, så är de regionala behandlingsanläggningar och behandlar avfall från främst Renovas delägar-kommuner², samt till mindre del från andra västsvenska kommuner.

Till år 2020 antas avfallsmängderna växa jämfört med år 2007. För detta projekt används Referensutvecklingen i Waste Refinery-projektet. Det innebär tillväxt som är medelmässig och följande genomsnittliga årlig ökningstakter för avfall som återstår efter utsortering till materialåtervinning:

*Organiskt avfall*³: Antas växa i takt med befolkningsökningen, dvs drygt 0,9 % per år (totalt 13 % ökning under perioden 2007-2020)

*Brännbart restavfall*⁴: 1,5 % per år (totalt 21 % ökning under perioden 2007-2020)

*Grovavfall*⁵: 3 % per år (totalt 47 % ökning under perioden 2007-2020)

Avfallsbehandlingen har till år 2020 ändrats genom att en regional rötningsanläggning antas vara i drift. Denna ersätter dagens kompostering av matavfall och kommer även att ta emot större mängder än den existerande komposteringsanläggningen. Enligt de planer som finns kommer anläggningen att ta emot i storleksordningen 45 000 ton organiskt avfall (både från hushåll och från verksamheter) runt år 2020. I övrigt bör även noteras att förbränningskapaciteten år 2020 är större än år 2007, genom att Renovas pågående intrimning av en ny pannlinje avslutas under år 2010. Totalt uppgår förbränningskapaciteten under andra halvan av år 2010 till ca 545 000 ton, en kapacitet som väntas ligga kvar även år 2020.

4.2 Fjärrvärmebehov och fjärrvärmeproduktion

På samma sätt som för avfallsbehandlingen tar modelleringen av fjärrvärmesystemet sin utgångspunkt i dagens situation. Förutom avfall domineras produktionen i Göteborgs och Partilles sammanbyggda fjärrvärmenät av naturgas, spillvärme (från industrier och avloppsvatten) och biobränsle. En viss elanvändning sker främst i värmepumparna i fjärrvärmenätet.

² Göteborg, Ale, Härryda, Kungsbacka, Kungälv, Lerum, Mölndal, Partille, Tjörn, Stenungsund och Öckerö

³ Matavfall, park- och trädgårdsavfall, flis, ris, trädgårdskompost, fett, industriellt bioavfall, orötat råslam

⁴ Hushållens säck- och kärlavfall, brännbart verksamhetsavfall, brännbart specialavfall

⁵ Brännbart grovavfall från hushåll, brännbart från ÅVC, trä från ÅVC, tryckimpreg trä från ÅVC

Totalt användes ca 5,2 TWh bränslen år 2008, varav avfall utgjorde 23% (1,2 TWh). Man levererade knappt 3,7 TWh fjärrvärme och producerade förutom detta 0,9 TWh el vid kraftvärmeanläggningar i systemet. Merparten av denna elproduktion kommer från naturgaseldade kraftvärmeverk.

För år 2020 antas få förändringar av de produktionsanläggningarna som inte använder avfall. Den större planerade förändringen är att en hetvattenpanna som idag eldas med biobränsle kommer att konverteras och bli ett biobränsleeldat kraftvärmeverk.

Fjärrvärmebehovet antas minska till följd av främst energieffektiviseringar i bostäder och lokaler. För detta projekt används Referensutvecklingen i Waste Refinery-projektet, vilken innebär en minskning av fjärrvärmeleveranserna under perioden 2008-2020.

4.3 Omvärlden

Det finns flera antaganden om omvärldens utveckling som är uppskattningar och som påverkar utfallet från modellstudierna. De viktigaste av dessa för detta projekt beskrivs nedan.

Alternativ elgenerering

Om Göteborgs avfallsbehandlings- och fjärrvärmesystem genomför en förändring som innebär att man använder eller producerar mer eller mindre el så resulterar detta i att någon eller några andra anläggningar i elsystemet förändrar sin drifttid. Hur stor förändringen av utsläppen blir vid en förändrad elanvändning eller elproduktion är en mycket komplex fråga, som beskrivs närmare i Bilaga 2. I Waste Refinery-projektets antagna referensutveckling, som utnyttjas för denna studie, beräknas en utsläppskoefficient på 725 kg CO₂/MWh el (Sköldberg och Unger 2008). Se vidare Bilaga 2.

Alternativa fordonsdrivmedel

I modelleringen antas att alternativet till fordonsgas producerad i Göteborgs avfallsbehandlingssystem utgörs av de fossila drivmedlen bensin och diesel (i en mix på 50 % av respektive drivmedel). Detta innebär att om produktionen av fordonsgas minskar till följd av förebyggande av avfall till rötning, så kommer den ”förlorade” fordonsgasen att ersättas med ökad produktion, distribution och användning av bensin och diesel motsvarande samma transportarbete som skulle uppnås med fordonsgasen.

Alternativ produktion av näringsämnen

Vid rötningen genereras biogödsel som antas avsättas på Göteborgsregionens jordbruksmark för odlingsändamål. Denna avsättning antas ersätta handelsgödsel motsvarande det växttillgängliga innehållet av kväve, fosfor och kalium (NPK). ORWARE-modellens befintliga miljödata för handelsgödsel har använts (Davies & Haglund, 1999). Vid förebyggande av avfall till rötning minskar mängden biogödsel som kan avsättas på jordbruksmark varför produktion, distribution och användning av handelsgödsel ökar i motsvarande grad.

5 Studerade avfallsfraktioner och avfallsbehandling

Valet av avfallsfraktioner baserades på ett antal kriterier som var:

- Avfallsfraktioner med varierad sammansättning (fraktioner av metall, plast, trä, matavfall och textil eftersöktes)
- Avfallsfraktioner som idag går till varierad typ av avfallsbehandling
- Möjlighet att modellera i ORWARE, den befintliga modellen, som används (ledde till att elektronikavfall inte kunde inkluderas, ingår dock i diskussionsavsnittet)
- Avfallsfraktioner av särskilt intresse för referensgruppen (gäller blöjor, grovavfall och textilavfall)
- Möjligheter att hitta indata för uppströms faser

En andel av samtliga valda material går i nuläget till förbränning. Figur 4 visar de tio största fraktionerna av hushållens säck- och kärllavfall till förbränning i Göteborg år 2007. Samtliga utvalda avfallsfraktioner finns med, utom kasserad köksinredning. Den andel av kasserad köksinredning som går till förbränning, går via återvinningscentraler i Göteborg eller via insamling av grovavfall från soprum i flerfamiljshus.

Studerade avfallsfraktioner och deras behandling framgår av Tabell 1. Referensgruppen uttryckte särskilt intresse för att matavfall, blöjor och hushållens grovavfall skulle ingå i studien, där hushållens grovavfall exemplifieras av kasserad köksinredning (skåp, lådor, stommar) av målat trä. Avfallsbehandlingen skiljer sig mellan de ingående avfallsfraktionerna enligt Tabell 1, där den procentuella fördelningen avser behandling av uppkommet avfall i hushållen.

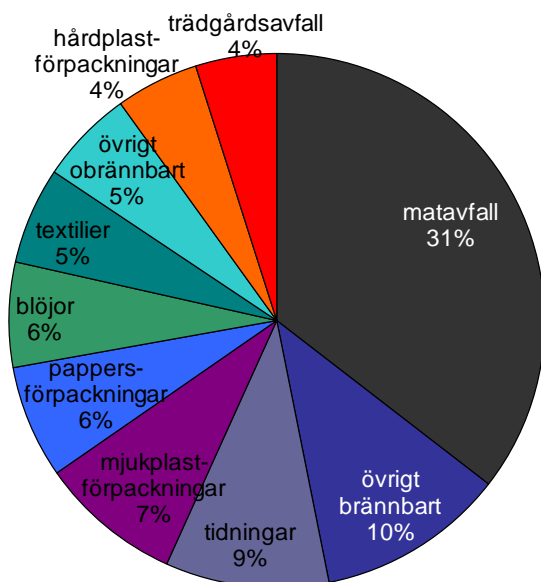
Generellt gäller att för valda avfallslag har användningsfasen uteslutits ur indata för processer uppströms avfallshanteringen. Detta bedöms inte ha betydelse för resultaten för de avfallsfraktioner som ingår i studien. Dock ingår användningsfasen av tygblöjor som antas ersätta engångsblöjor, vilket vi återkommer till.

För matavfall ingår två olika scenarier: ett nuläge och ett rötningsscenario. I nuläget antas 20% av uppkommet matavfall i hushållen gå till kompostering och resterande 80% till förbränning. Behandlingen ersätts i scenariot med 100% rötning av en röttningsanläggning. Andelen avfall till kompostering antas efter uppgifter från Kretsloppskontoret. Effekter på förpackningar till livsmedlen, ingår inte i resultaten för matavfall.

För avfallen inom producentansvaret: förpackningar (plastflaska, av wellpapp och aluminium) samt dagstidning, har behandling antagits i enlighet med Sveriges insamlingsresultat 2008 (FTIAB, 2009). Data för Göteborg antas inte skilja sig från nationell insamling. För dessa material genomförs även en känslighetsanalys med avseende på avfallsbehandlingen. I känslighetsanalysen beräknas effekter av avfallsprevention vid en antagen materialåtervinning på 100% för respektive avfallsfraktion.

Vi antar att kasserad köksinredning till 98% förbränns och 2% återanvänds. Återanvändning innebär här att inredningen monteras ned i ett kök och sätts upp i ett annat, i stället för att där köpa ny inredning. Därigenom undviks både avfallsmängder från kök ett och uppströms ut-

släpp för kök två. Siffran 2% baseras grovt på att omsättningen inom marknaden för second-handmöbler var 1% i förhållande till hela marknaden för möbler år 2003 (Oljeqvist, 2003; Persson 2003). Efter 2003 har secondhandmarknaden ökat kraftigt (Myrorna, 2010) och vi antar 2% för nuläget. Vi antar att samma värde gäller för återanvändning av kök.



Figur 4 Sammansättning på avfall till förbränning i Göteborg, medelvärde av flera plockanalyser 2007, de tio största avfallsfraktionerna.

Tabell 1 Avfallsfraktioner som ingår i studien och antagen andel som går till olika behandlingsalternativ i de olika scenarierna. (MÅV=Materialåtervinning)

	Scenario Nuläge	Scenario Rötning
Matavfall	20% kompostering 80% förbränning	100% rötning
Plastflaska	30% MÅV 70% förbränning	
Dagstidning	89% MÅV 11% förbränning	
Wellpapplåda	74% MÅV 26% förbränning	Oförändrat
Aluminiumark	67% MÅV 33% förbränning	
Köksinredning (lådor, skåp, stommar)	2% återanvändning 98% förbränning	
Blöjor	5% tygblöjor 95% förbränning av engångsblöjor	
Textil (bomullsbyxor)	13% återanvändning 87% förbränning	

Prevention av engångsblöjor skiljer sig från modelleringen av övriga avfallsfraktioner i studien så till vida att engångsblöjan ersätts av en tygblöja (flergångsanvändning). Avfallsuppkomsten minskas därigenom, men tillverkningen och användandet av tygblöjan innebär en annan miljöbelastning, som beräknas i studien (se vidare nedan under uppströms effekter för blöjor). I nuläget antas 5% marknadsandel för tygblöjor vilket är en uppskattning utifrån Aumônier & Collins (2005) vilka anger en marknadsandel på 5-15 % för England. Resterande 95% antas vara engångsblöjor till förbränning.

För textil (bomullsbyxor) uppges 15% återanvändning via bortskänkning eller försäljning av samtliga kläder och hemtextilier till samtliga secondhandaktörer (Myrorna 2010). Privat secondhandförsäljning exempelvis via olika internetsidor eller bortskänkning ingår inte. Av det insamlade slängs och förbränns 15% (ibid.). Kvar blir 13% till återanvändning, som antas i denna studie. Resterande andel antas gå till förbränning.

6 Resultat: koldioxidekvivalenter

6.1 Uppströms effekter

När avfall förebyggs nås miljövinster både vid undvikta emissioner vid avfallshantering samt under tidigare delar i produkternas livscykel. Vi kallar de sistnämnda effekterna uppströms effekter. I kapitlet redovisas uppströms effekter för de utvalda avfallsfraktionerna (Tabell 2).

Tabell 2 Sammanställning av uppströms koldioxidekvivalenter per kg undvikt avfall

	GWP [kg CO ₂ - ekv/kg undvikt avfall]	Anmärkning:
Matavfall	-1,3	Se Tabell 3
Plastflaska	-3,3	
Dagstidning	-0,5	
Wellpappbox	-1,1	
Aluminiumark	-3,0	
Köksinredning	-0,2	Skåp, stommar, lådor
Blöjor	Engångsblöja -3,1 Tygblöja -3,3	Se Tabell 5
Bomullsbyxor	-10,1	

Tabell 3 Sammansättningen på matavfall i säck- och kärlavfall till förbränning enligt Olofsson (1998), urval av fraktioner som representerar matavfall i denna studie, urvalets uppströms utsläpp av koldioxidekvivalenter per kg [g CO₂-ekv/kg] samt källor till ingående utsläppsp parametrar.

	%	Representeras i studien av	[g CO ₂ -ekv/kg]	Källa
Grönsaker	36	potatis	70	SIK 2007
Frukt	22	äpple (50% svenska, 50% franska)	158	SIK 1997
<i>Kaffe och te</i>	<i>20</i>			
<i>Bröd och spannmål</i>	<i>12</i>			
Kött	6	50% fläskkött, 50% nötkött	12400	Cederberg och Darelius 2001
<i>Fisk</i>	<i>2</i>			
<i>Övrig mat</i>	<i>2</i>			
Viktat medel för urval			1256	

6.1.1 Matavfall

Fraktionen matavfall utgör den största andelen i hushållens säck- och kärlavfall till förbränning (Figur 4). Matavfall har under senare tid varit i fokus på grund av svinn inom matvarukedjan (Naturvårdsverket 2008). I studien utgår vi från en beräknad sammansättning på matavfall till förbränning.

Sammansättningen på matavfall till förbränning framgår i Tabell 3 och domineras av grönsaker (36%) och frukt (22%). I arbetet har en förenkling gjorts där ett urval fraktioner får hela sammansättningen. I tabellen framgår att just grönsaker och frukt valts ut tillsammans med kött (dessa är markerade med fet stil). För utsläpp av koldioxidekvivalenter från respektive urval representeras grönsaker av potatis, frukt av äpplen och kött av fläsk- och nötkött. Nötkött släpper ur 20 kg CO₂-ekv/kg, medan fläskkött släpper ut 9 kg CO₂-ekv/kg.

6.1.1 Plastflaskor (HDPE)

Indata för HDPE-flaskor kommer från samma källa, en studie av IVL för Arla (Jelse et al., 2009). Ingår i underlaget gör plasttillverkning, tillverkning av förpackningen och sekundära förpackningar, påfyllning av dryck i Sverige, och transport till återförsäljare. Tillverkning av drycken som skall paketeras ingår inte i data. Avfallshanteringen som inkluderas i IVL:s studie har här subtraherats, eftersom den modelleras lokalt i Göteborg. Dominerar i klimatpåverkan gör tillverkningen av plasten. I IVL:s underlagsdata antas 100% jungfrulig råvara, baserat på förhållanden för förpackningar för livsmedel (Jelse, 2010).

6.1.2 Dagstidning

Underlaget för dagstidningar utgörs av en studie där miljöpåverkan för tryckta dagstidningar denna jämförs med två elektroniska alternativ för tidningsläsning (Moberg et al., 2007). Här antar vi dock undviket tidningsavfall, utan hänsyn till konsekvenser för konsumenten.

För den tryckta dagstidningen ingår koldioxidutsläppen vid produktion av papper (inklusive 75,7% returfibrer), transport av papper, tillverkning av tryckplåtar, färg och annat till tryckningen, redaktionsarbete samt slutligen distribution (ibid.). Avfallshanteringen som inkluderas i deras studie har här exkluderats, eftersom den modelleras lokalt i Göteborg. Moberg med flera redovisar resultaten på formen koldioxidekvivalenter per år och unik läsare. Antalet läsare per tidning antar de är 2,4 personer och vikten på en årsprenumeration 94,6 kg (260 g/medelstor dagstidning, (Tidningsutgivarna 2008.))

6.1.3 Wellpapplåda

Indata för uppströms emissioner kommer från European Reference Life Cycle Database (ELCD Database, 2009). Tillverkningen av råvara innehåller 83,4% returmaterial och tillverkningen uppges ske med medelmässig teknologi i Europa. Underlaget baseras från råvaruutvinning till fabriksgrind för lådan, och inkluderar inte senare förpackat material.

6.1.4 Aluminiumark

Indata för uppströms emissioner kommer på samma sätt som ovan från European Reference Life Cycle Database (ELCD Database 2009). Aluminiumarket är avsett för vidare tillverkning av förpackningar, främst dryckesburkar eller tråg för matvarupackning. Det är alltså den lite tjockare formen av ark som avses med tjockleken 0,2-4 mm, och inte aluminiumfolie, som

säljs till konsument per rulle. Råvaran består till 77,9% av återvunnen aluminium och tillverkningen uppges ske på medelmässig teknologi i Europa. Underlaget baseras från råvaruutvinning till fabriksgrind för arken. Vidare tillverkning av tråg och burkar utifrån arket har här exkluderats i brist på data. Vi bedömer att det inte har någon stor inverkan på resultatet.

6.1.5 Köksinredning (skåp, lådor, stommar)

Ett Hagakök (Fd standard SS 314231 Scandinavian Kitchen AB) med en köksuppställning av elva skåp (ej vitvaror eller köksinredning) ger upphov till 53 kg CO₂ enligt dess miljödeklaration (Hagaköket 2009). I Tabell 4 visas materialsammansättningen för det kök som deklARATIONEN baseras på. Koldioxidemissioner från ”vaggan” till fabriksgrinden, det vill säga alla emissioner som uppstår från råvaruuttag till att produkten lämnar företaget, är inkluderade. Användningsfasen av köket ingår inte.

I miljödeklarationen har hänsyn dock inte tagits till samtliga material i tabell 4 då insatsmaterial som färg, lack, lim och melanin exkluderats vid beräkningen av miljöpåverkan (Hagaköket 2009). En kompletterande litteratursökning av uppströmsemissioner för insatsmaterialen ifråga har resulterat i att påverkan från färg adderas med hjälp av emissionsdata framtagna av ILV (1999). Vid beräkningarna antas det att 2 kg av posten ”färg, lack, syrahärdande” i tabell 4 utgörs av syrahärdande grundfärg medan resterande 2 kg utgörs av syrahärdande toppfärg. Vid addering av uppströmsemissionerna för färg ökar de totala uppströmsemissionerna från 0,18 kg CO₂ per kg kök till 0,20 kg CO₂ per kg kök. Emissioner för posterna ”Lim, PVAc” och ”Kantlist melamin” i tabell 4 är inte inkluderade, vilket gör att totalt underskattas uppströmsemissionerna något. Eftersom dessa utgör en sådan begränsad viktsandel av köksuppställningen som exemplifieras här, bedömer vi att förenklingen inte har någon stor inverkan på resultatet.

6.1.6 Blöjor

Prevention av engångsblöjor skiljer sig från modelleringen av övriga avfallsfraktioner i studien så till vida att engångsblöjan ersätts av en tygblöja för flergångsanvändning. Avfallsuppkomsten minskas därigenom, men tillverkningen och användandet av tygblöjan innebär en tillkommande miljöbelastning, som beräknas i studien.

Tabell 5 visar indata för emissioner av koldioxidequivivalenter för engångs- respektive tygblöjan. För engångsblöjan inkluderas uppströms emissioner som uppkommer i samband med råvaruutvinning, transport och produktion av blöjan, transporter till återförsäljare och återförsäljarnas elanvändning samt transporter som utförs av konsumenten.

Vid användandet av tygblöjan tillkommer utöver nämnda emissioner även miljöpåverkan vid tvättning i hemmet, och har lagts till som uppströms emissioner för tygblöjan. Uppströmsemissionerna till följd av tvättning inkluderar förutom en ökad el- och vattenanvändning även en ökad användning av till exempel tvättmedel, sköljmedel med mera samt en ökad belastning på reningsverken (Aumônier & Collins 2005).

Emissionerna i Aumônier och Collins (2005) är givna per ett barns blöjkonsumtion. Med uppgift om vikt, plastinnehåll samt åtgången under ett barns blöjperiod beräknas utsläppen

motsvarande ett ton torr engångsblöja och modelleras därefter. Vid modellering tas hänsyn också till viktökning vid användning av engångsblöjan.

Underlagsdata till engångsblöjan och tygblöjan baseras på ett projekt om blöjanvändning i Storbritannien (Aumônier & Collins 2005). Studien bedöms vara representativ även för svenska förhållanden och används av tillverkaren av bland annat det svenska blöjmärket Libero (Riise, 2009). Det finns en senare uppdatering av studien (2008), men den innehåller inte samma grad av transparens och kunde därför inte användas här. Skillnaderna mellan studierna 2005 och 2008 är dock små, och bedöms inte ha inverkan på resultaten i den här studien.

6.1.7 Bomullsbyxor

Uppströmsemissioner anges för en färgad långbyxa, till utseendet liknande jeans, i 100 % bomull, baserad på en studie framtagen av Kappahl (2008). Studien inkluderar uppströmsemissioner från fiberproduktion till och med att produkten lämnas som avfall. Användning och avfallshantering exkluderas i vår studie, eftersom minskade mängder kasserade kläder inte antas påverka dess användning. Avfallshanteringen modelleras separat för Göteborg. Emissionsfaktorn avser endast koldioxid (ej koldioxidekvivalenter) och emissioner som uppstår i samband med produktion av dragkedja och knappar är inte inkluderade (Heinonen 2010). Uppströmsemissionerna för byxan blir 10,1 kg CO₂ per kg byxa.

Tabell 4 Materialsammansättning för ett Hagakök

Material	[kg/kök]
Massivträ, furu	3
Spånskiva melaminbelagd	206
Spånskiva	8
MDF (Medium Density Fiberboard)*	65
Board	14
Gångjärn, metall, etc	3
Lim, PVAc	1
Färg, lack, syrahärdande	4
Kantlist melamin	2

*Utgångsmaterial är träspån snarlikt en spånskiva

Tabell 5 Sammanställning av uppströms koldioxidekvivalenter under ett barns blöjperiod och per kg torr engångsblöja

	GWP [kg CO ₂ -eqv/barn]	GWP [kg CO ₂ -eqv/kg torr engångsblöja]
Engångsblöja, exkl. avfallsfas	533	3,1
Tygblöja inkl. användningsfas, exkl. avfallsfas	553	3,3

6.2 Effekter i avfallssystemet

Efter uppströmsfasen kommer produkten in i avfallsfasen, här in i avfallssystemet i Göteborg. I avfallssystemet analyseras effekter av avfallsminskning i nuläget och för matavfall även för ett alternativ med 100% rötning.

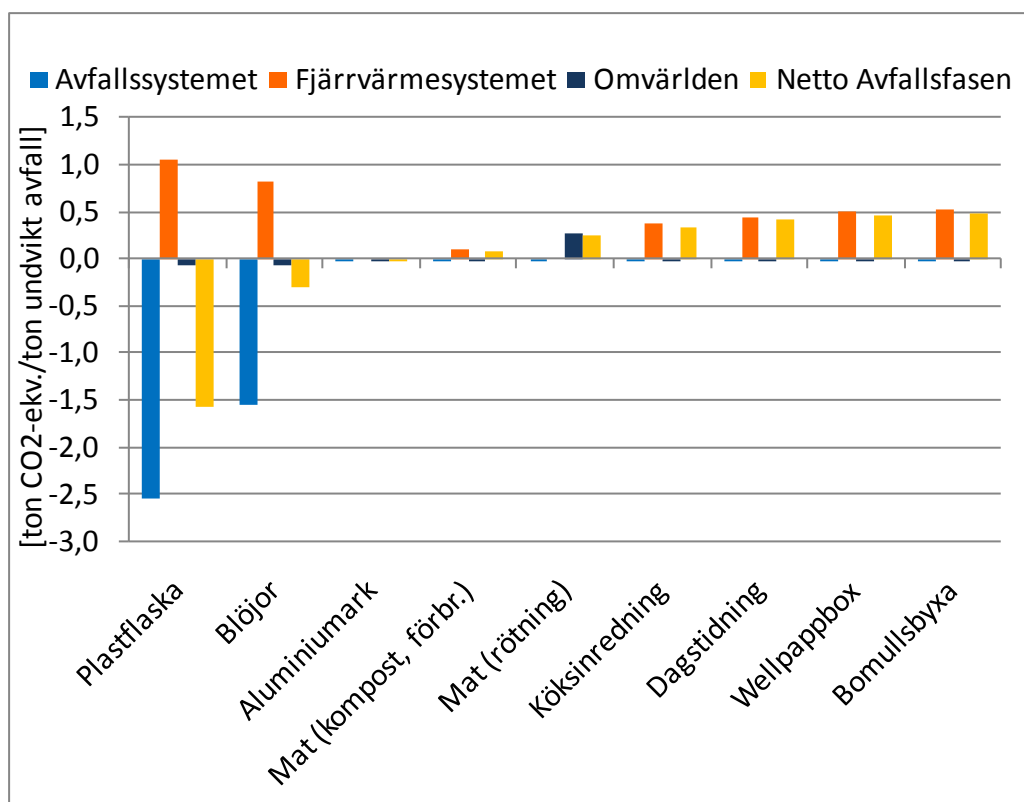
Figur 5 visar resultatet utsläpp av koldioxidekvivalenter i avfallsfasen per ton undvikt avfall för de studerade avfallsfraktionerna. Figuren visar enbart resultaten i avfallsfasen, uppdelat på avfallssystemet (insamling, avfallsbehandling), fjärrvärmesystemet (fjärrvärme- och kraftvärmeproduktion) samt i omvärlden (kompenserande elproduktion, drivmedel, konstgödsel). Utsläpp från avfallsförbränningen sker inom avfallssystemet, medan utsläpp från kompenserande fjärrvärme och el ingår i staplar för fjärrvärmesystemet respektive omvärlden. Negativa staplar innebär en minskning av utsläppen.

Utsläppen av koldioxidekvivalenter netto från avfallsfasen (gula staplar) minskar från avfallsfraktionerna innehållande plast (plastflaska samt blöjor). Detta beror på minskade utsläpp från avfallsförbränningen (ljusblå staplar) när avfall minskar. Övriga avfallsfraktioner har mycket små utsläpp inom avfallssystemet, eftersom de inte har fossilt ursprung. Utsläppen härrör istället från insamlingen, men är små i jämförelse med utsläpp från förbränning av plastfraktioner.

Alla avfallsfraktioner förbränns till viss del inom avfallssystemet. (Undantaget är matavfall till rötning.) Vid förbränningen bidrar alla fraktioner utom aluminium med energi som tillgodogörs som fjärrvärme och el. Aluminiumfraktionen antas passera avfallsförbränningen som ett inert material. När vi modellerar att avfall till förbränning minskar, minskar energiutvinningen, vilken måste kompenseras för inom fjärrvärmesystemet. Det innebär att utsläppen i fjärrvärmesystemet (orange staplar) ökar vid minskade avfallsmängder för alla avfallsfraktioner utom aluminium. Ersättningsbränslet i fjärrvärmesystemet i Göteborg är till viss del naturgas, som ger upphov till utsläpp av koldioxid.

Utsläpp inom fjärrvärmesystemet motverkar alltså miljövinsten med att undvika avfallsförbränning. Nettoeffekten (gula staplar) blir dock minskade utsläpp från avfallsfasen för plastavfallet (plastflaska och blöjor) eftersom vinsten av minskad förbränning väger tyngre i Göteborgs avfalls- och fjärrvärmesystem.

Vid rötning av matavfall (mat) beror de ökade utsläppen i omvärlden (mörkblå staplar) huvudsakligen på att mindre mängd fordonsgas produceras, när avfall till rötning minskar, vilket då ersätts av ökad användning av diesel och bensin.



Figur 5 Utsläpp av ton CO₂-ekvivalenter/ton undvikt avfallsfraktion från avfallsfasen: avfallssystemet, fjärrvärmesystemet och deras omvärld, samt netto mellan de tre.

6.3 Sammanvägda effekter

Resultatet för de sammanvägda effekterna av uppströms- och avfallsfasen framgår av Figur 6. Figuren visar utsläpp av koldioxidekvivalenter per ton undvikt avfallsfraktion i uppströms- (röda staplar) och avfallsfasen (gula) samt netto (gröna). Nettot är den resulterande nettoeffekten av både förändrade utsläpp uppströms och i avfallsfasen. Effekterna är sorterade i storleksordning, så den största nettoeffekten vid avfallsminskning är längst till vänster.

Avfallsfasen i Figur 6 inkluderar antaganden om effekter av avfallsminskning på bland annat insamling, behandling, fjärrvärme- och elproduktion, drivmedel och kostgödsel. De olika avfallsfraktionerna antas gå till olika behandlingsalternativ (återanvändning, materialåtervinning, förbränning och rötning eller kompostering), beräknat utifrån nuläget för respektive avfallsfraktion., såsom visades i Tabell 1. Avfallsfasen kan bidra med en minskning eller ökning av emissionerna vid avfallsreduktion, beroende på kombinationen av effekter vid förbränning av avfallet, kompenserande energi i fjärrvärmesystemet, samt effekter av att avfall reducerats som skulle gått till återanvändning eller materialåtervinning.

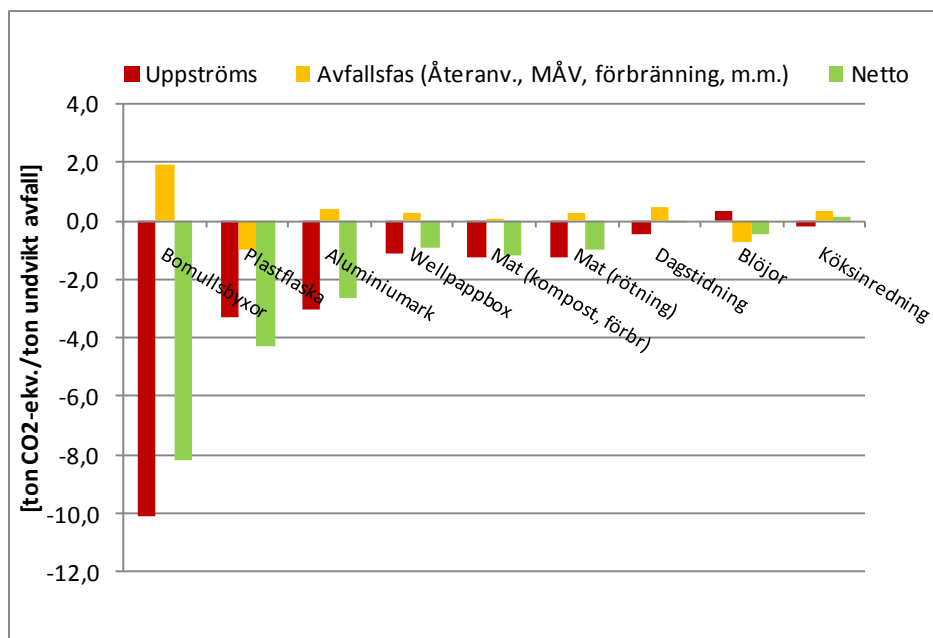
Störst nettoreduktion av utsläppen ger minskningen av avfall i form av bomullsbyxor, följt av plastflaskor samt av aluminiumark. Här bör påpekas att i indata för aluminiumark utgår man från 20% jungfruligt material, medan resterande är återvunnet med lägre utsläpp (ELCD Database 2009). För bomull och plast är råvaran däremot 100% jungfrulig (Kappahl, 2008; Jelse et

al., 2009). För samtliga undersökta avfallsfraktioner, utom blöjor, är det undvikta emissioner i uppströmsfasen som ger upphov till störst miljövinst vid minskade avfallsmängder.

För köksinredningen visar resultatet att minskade avfallsmängder skulle ge ökade utsläpp av koldioxidekvivalenter. Orsaken är att avfall från köksinredning är främst trä (98%) som vid minskad förbränning ersätts av delvis icke-förnybart bränsle i fjärrvärmessystemet. Därvid ökar utsläppen, när avfall från köksinredning minskar. Om bibränsle betraktas som en begränsad resurs skulle dock minskad produktion och förbränning av avfall från köksinredning ge minskade utsläpp av koldioxidekvivalenter, såsom för övriga avfallsfraktioner. Se vidare avsnitt 7.1 och bibränsle som en begränsad resurs.

Resultaten för plastflaskan visar att processer uppströms ger utsläpp på cirka 3,3 ton CO₂-ekv./ton avfall (-3,3 ton CO₂-ekv./ton förebyggt avfall). Dessa utsläpp antas minska när plastflaskor förebyggs. Genom förebyggandet minskar också mängden avfall till i avfallsfasen, vilket reducerar emissionerna ytterligare cirka 1,0 ton CO₂-ekv./ton förebyggt avfall. Nettoresultatet för plastflaskan blir då -4,3 ton CO₂-ekv./ton förebyggt avfall. Behandlingen antas i nuläget vara 70% förbränning och 30% materialåtervinning.

Det är prevention av den andel plastavfall som skulle gått till förbränning som har störst inverkan på resultatet. När förbränning av plastavfall reduceras, minskar utsläppen av koldioxid kraftigt, och den fjärrvärme som träder in som kompensation ger lägre utsläpp av dessa emissioner.



Figur 6 Utsläpp av ton CO₂-ekvivalenter/ton undvikt avfallsfraktion i uppströms- och avfallsfasen samt netto. Scenario nuläge, resultat för Göteborg.

Vid minskning av mängden avfall från engångsblöjor, genom en övergång till tygblöjor, minskar nettoemissionerna av koldioxidekvivalenter. Det beror på att man undviker emissioner vid förbränning av engångsblöjan med ett visst plastinnehåll. Dock motverkas miljövinsten av ökade utsläpp av koldioxidekvivalenter uppströms, som kommer från tygblöjor. Tygblöjor har i underlagsdata högre utsläpp uppströms än vad engångsblöjan har.

Resultatet för matavfall i de två undersökta behandlingsalternativen är mycket lika. Uppströmseffekterna är desamma och utsläppen vid behandlingen skiljer sig inte mycket åt. Nettoutsläppen är i ton koldioxidekvivalenter per ton undvikt avfall är -1,0 vid rötning och -1,2 vid nuvarande kombination av förbränning och kompostering.

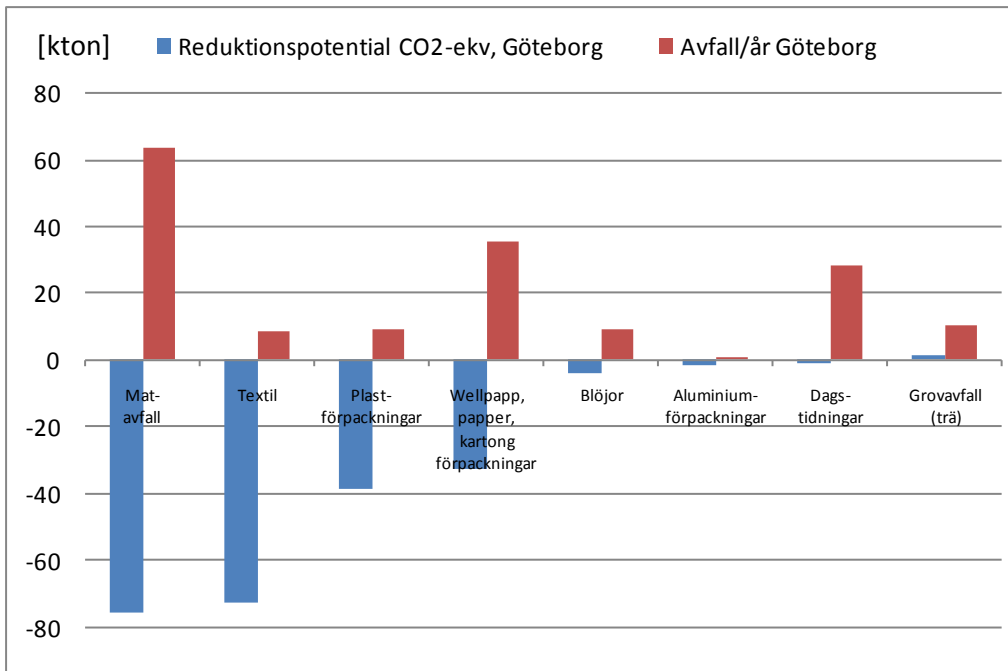
6.4 Potential för utsläppsreduktion i Göteborg

För de avfallsslag som ingår i studien har vi beräknat en reduktionspotential för utsläpp, om avfallet skulle förebyggas till 100%. Potentialen visas i Figur 7 (blå staplar). För potentialen har vi utgått från tidigare utsläpp beräknat per ton av respektive avfallsfraktion och multiplicerat med den totala mängden avfall satt på marknaden eller uppkommet per år i Göteborg (röda staplar).

Man ser i figuren att störst potential är det att minska utsläppen från matavfall, som också är störst mängd uppkommet. Textil följer, och därefter kommer potentialen för avfall från förpackningar av plast samt gruppen wellpapp, papper och kartong. De sistnämnda finns i näst störst mängd på marknaden i Göteborg av de undersökta avfallsslagen. Beräknat per ton såsom tidigare (Figur 6), är dock vinsten störst av att minska bomull, plastförpackningar och aluminium.

Minst reduktionspotential finns om man minskar hushållens grovavfall i form av målat trä. Detta eftersom det har små utsläpp under uppströmsfas och avfallshantering (inklusive fjärrvärmeproduktion) samt utgör små mängder av insamlat grovavfall.

I beräkningen av potentialen har vi antagit att våra resultat för plastflaskan (HDPE) representerar alla plastförpackningar. Detsamma gäller wellpappboxen som representerar förpackningar av wellpapp, papper och kartong; aluminiumarket som vi låter representera alla aluminiumförpackningar, samt köksinredningen (målade skåp, stommar lådor) som representerar hushållens grovavfall av trä.



Figur 7 Reduktionspotential för utsläpp samt mängd uppkommet avfall eller satt på marknaden i Göteborg

7 Resultat på nationell nivå

Den studie som presenteras i rapporten visar de totala effekterna på klimatpåverkan av att minska ett urval material i Göteborg. Det är Göteborgsspecifika förhållanden som har studerats med modellerna, så det går inte att se hur allmängiltiga resultaten är för andra regioner eller för hela Sverige.

Dock är det främst antaganden för avfallssystemet och fjärrvärmesystemet som är specifikt för Göteborg. De emissioner som sker uppström (dvs råvaruhantering, produktion och distribution) antas vara giltiga för hela Sverige. Eftersom dessa emissioner dominerar i de totala resultaten för klimatpåverkan så kommer inte resultaten att skilja sig markant mellan Göteborg och andra regioner i Sverige. Det finns säkerligen flera antaganden och faktorer i emissionerna uppströms som kan diskuteras och som kan påverka resultatet, men detta är en analys som inte ingår i denna studie

I arbetet har vi studerat vilka delar i avfalls-, el- och fjärrvärmesystemet som har betydelse för klimatpåverkan vid minskade flöden av olika avfallsfraktioner. Vi kan konstatera att det finns ett antal processer som har stor betydelse för beräkningarna. De viktigaste är:

- Deponering: Utsläpp av metan från deponering av organiskt material.
- Avfallsförbränning: Utsläpp av fossilt CO₂ från förbränning av plast och syntetiska textilier/gummi
- Fjärrvärme: Alternativ produktion av fjärrvärme istället för värme från avfallsförbränning
- Elproduktion: Alternativ produktion av el istället för el från avfallsförbränning.
- Biogasproduktion: Alternativ användning av fordonsbränsle (diesel/bensin) istället för fordonsgas från rötning av lättnedbrytbart avfall.

Om vi studerar vilka skillnader som finns mellan olika avfallssystem i Sverige för dessa processer valt ut som viktiga för klimatpåverkan så kan man konstatera följande:

- **Deponering:**
Deponering av organiskt avfall ger ett tydligt och relativt stort bidrag till klimatpåverkan. Att därför undvika deponering med annan avfallsbehandling/återvinning eller avfallsprevention ger därför en relativt stor reduktion av utsläppen av klimatpåverkade gaser. Men genom alla de styrmedel och åtgärder som har satts in i Sverige för att avveckla deponering (deponiskatter, deponiförbud mm) så har vi idag en situation där mycket små mängder organiskt avfall deponeras. Detta är en situation som gäller för hela Sverige och inte enbart Göteborg. Däremot är det aktuellt att studera import av avfall till förbränning och biologisk behandling från länder som annars hade deponerat detta avfall. Vi diskuterar den problematiken vidare under kapitel 6.6 ”Alternativ systemgräns med import av avfall”.

- **Avfallsförbränning:**

Utsläpp av fossilt CO₂ från förbränning av plast ger i beräkningarna ett tydligt bidrag. Men på samma sätt som för deponering så är förbränning ett behandlingsalternativ som utnyttjas generellt i hela Sverige och i ungefär samma omfattning. Förbränningskapaciteten återfinns visserligen inte i alla kommunala avfallssystemet men finns ändå relativt väl utspridd för det uppkomna avfallet. Skillnaderna i transportavstånd till avfallsförbränningen har mycket liten påverkan på våra slutresultat och tas inte med i beräkningarna.

- **Fjärrvärme:**

Om vi minskar mängden avfall som uppkommer minskar mängden avfall till de olika behandlingsalternativen. När mängden avfall till förbränning minskar, måste fjärrvärmesystemet kompensera bortfallet med värme producerad från andra bränslen. Vilka bränslen och anläggningar som utnyttjas som alternativ har betydelse för resultaten. Varje fjärrvärmesystem är unikt och det går här inte att generalisera samma antaganden mellan systemen, eftersom skillnaderna är för stora.

I Göteborgstudien användes en beräkningsmodell (MARTES) som beräknar, för varje dygn, vilka olika andra värmeproduktionsslag som kommer att utnyttjas när mindre avfall finns tillgängligt för avfallsförbränningen. Baserat på nya modellberäkningar för enkla antaganden om alla svenska fjärrvärmesystem med avfallsförbränning, så har vi i detta projekt beräknat ett nationellt medelvärde för hur CO₂-utsläppen förändras om avfallsförbränningen minskar generellt. Detta värde utnyttjas i uppskalningen av resultaten från Göteborg.

- **Elproduktion:**

Vid avfallsförebyggande åtgärder i Göteborg förändras även elproduktionen. Detta gäller elproduktion från avfall, dess alternativ, samt även elanvändningen i framförallt avloppsvärmepumparna. Summerar man de olika förändringarna (produktion och användning) så visar resultatet att den totala nettoelproduktionen från hela fjärrvärmesystemet i Göteborg endast marginellt förändras när avfallsförebyggande åtgärder införs. Man bör dock här poängtera att detta utfall för nettoelproduktionen gäller för de antaganden som gjorts för bränslepriser, elpriser etc. Mindre ändringar i vissa av dessa priser, exempelvis naturgaspriset, kan ge förändringar i nettoelproduktionen som inte försumbara.

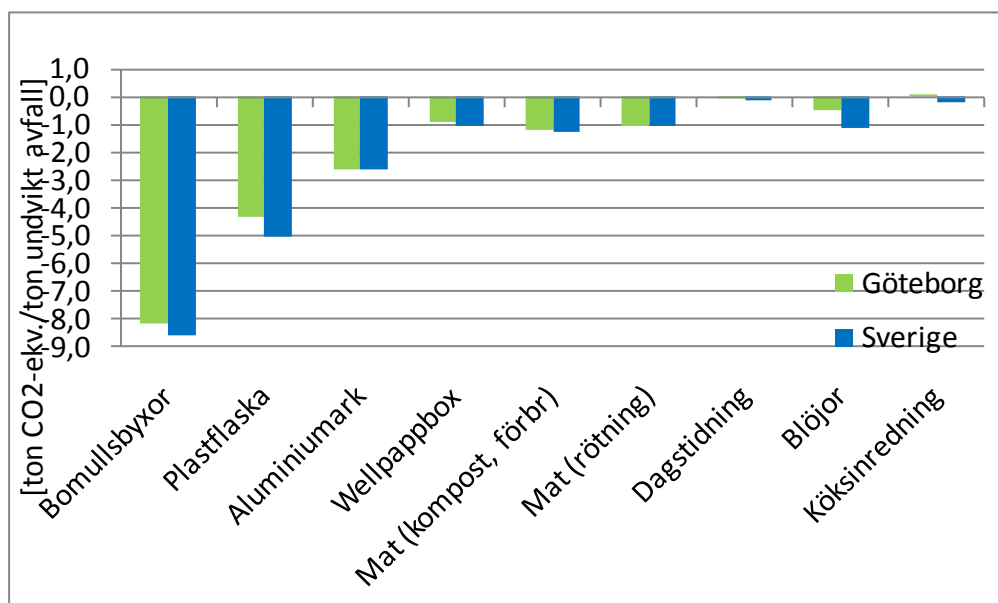
I de beräkningar som nämndes ovan för den svenska fjärrvärmeproduktionen tas också hänsyn till att nettoelproduktionen förändras från de svenska fjärrvärmesystemen när avfallsförbränningen minskar. Elproduktionen minskar från avfallskraftvärmeverken men samtidigt sker en viss kompensation genom att andra kraftvärmeverk något ökar sin produktion. Totalt minskar dock elproduktionen något.

Skillnad i elproduktion kompenseras med marginalet producerad i det nordeuropeiska elsystemet (se vidare Bilaga 2).

- **Biogasproduktion:**

I alternativet rötning av matavfall och annat lättnedbrytbart organiskt avfall minskar biogasproduktionen vid avfallsförebyggande åtgärder i Göteborg. Som alternativ ökar då diesel och/eller bensin som drivmedel. Idag går relativt små mängder avfall i Sverige till rötning. Även om rötningskapaciteten byggs ut så visar beräkningarna att påverkan är relativt liten.

Med hjälp av ovanstående slutsatser angående värmeproduktion och elproduktion som har de tidigare resultaten för avfallsförebyggande åtgärder för Göteborg skalats upp till motsvarande effekter för hela Sverige. Resultaten visas i Figur 8. Man kan konstatera från figuren att nationellt ger de avfallsförebyggande åtgärderna något bättre utfall men att resultaten ändå är relativt lika de resultat som presenterades för Göteborg. Skillnader i värme- och elproduktion är betydelsefulla för det lokala avfalls- och fjärrvärmesystemet, men inverkan av skillnaderna blir relativt små när vi adderar uppströmseffekter. Detta ligger i linje med tidigare konstaterande att uppströmseffekterna dominerar resultaten.



Figur 8 Effekter på koldioxidekvivalenter från avfallsförebyggande åtgärder för de utvalda avfallsslagen på nationell nivå. Resultaten bygger på en uppskalning av resultaten från Göteborgsstudien.

7.1 Biobränsle som begränsad resurs

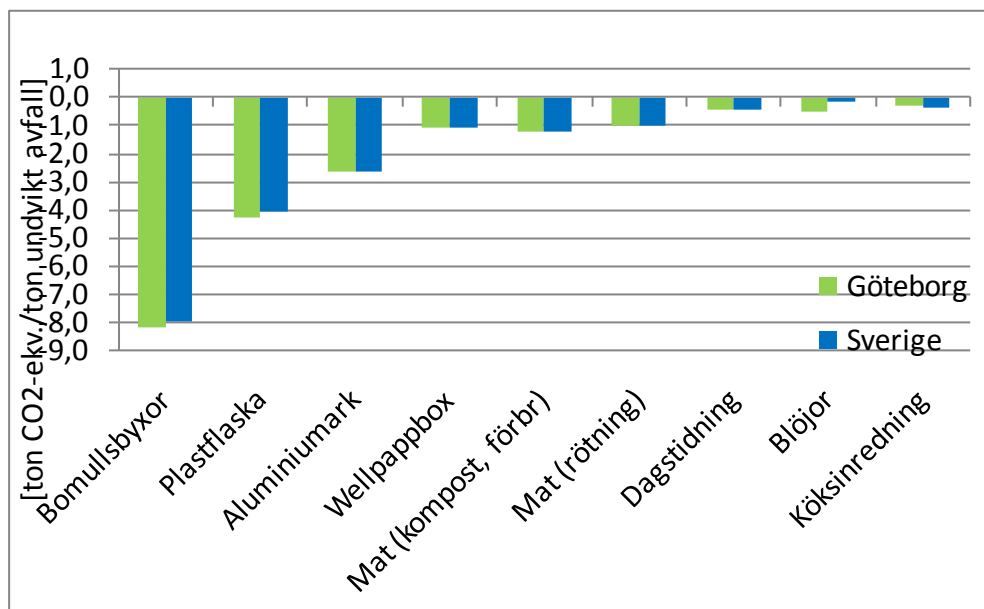
Det finns ett antagande i dessa beräkningar som inte är självklart och som ibland får stor betydelse för utfallet från liknande miljösystemstudier och det är hur man betraktar den framtida tillgången på biobränsle. I Figur 8 har vi antagit att tillgången på biobränsle anpassar sig efter efterfrågan. Minskar eller ökar användningen så påverkas uttaget från skogen av dessa biobränslen. I ett längre perspektiv, med hård styrning bort från fossila bränslen, kommer biobränslen då att utnyttjas maximalt.

Om bibränslen antas vare en begränsad resurs, så kan man anta att detta bränsle kommer att utnyttjas någonstans för att ersätta fossila bränslen. För den här studien innebär synsättet att när avfallsförbränning minskar på grund av avfallsminskning finns det inte extra förnyelsebart bibränsle att tillgå som ersättningsbränsle utan istället får man utnyttja fossila bränslen för att tillgodose el och värmefterfrågan. Eller så används ändå bibränsle men då måste någon annan minska användningen och istället utnyttja fossila bränslen.

Om man antar att bibränsle är en begränsad resurs, minskar nyttan av de avfallsförebyggande åtgärderna något. I projektet har effekten beräknats och resultaten visas i Figur 9. Resultaten visar att nyttan av avfallsprevention i detta fall är något större i Göteborg jämfört med övriga Sverige, dvs tvärtom mot i Figur 8. Men effekten är liten och även här så är skillnaderna små.

För fraktionen köksinredning innebär antagandet att bibränsle är en begränsad resurs att resultatet för Göteborg skulle ändras, från att förut varit en positiv stapel till att bli negativ. Den positiva stapeln tidigare innebar att avfallsminskning gav ökade utsläpp av koldioxid-ekvivalenter. Om bibränsle är en begränsad resurs skulle avfallsminskning även här ge minskade utsläpp av koldioxidekvivalenter.

Resultatet beror på att vid minskad tillverkning av köksinredning, kan den sparade träåvåren användas någon annan stans. Om den alternativa användningen antas ske som bibränsle i ett fjärrvärmesystem, så kan det där ersätta fossila bränslen. Därvid minskar utsläppen av koldioxidekvivalenter vid avfallsminskning.



Figur 9 Samma typ av resultat som visas i Figur 8, dvs effekterna på klimatpåverkan från avfallsförebyggande åtgärder för de utvalda avfallsslagen på nationell nivå, men med skillnaden att bibränsle här betraktas som en begränsad resurs. Som tidigare bygger resultaten på en uppskalning av resultaten från Göteborgsstudien.

Generellt gäller för alla undersökta fraktioner som innehåller träråvara (köksinredning, wellpapp, tidningspapper, och i mindre utsträckning blöjor) att resultatet blir till större fördel, när dess råvara sparas, om biobränsle betraktas som en begränsad resurs.

Utöver ovan analyserade faktorer kan vi konstatera att det finns en mängd olika processer i avfallssystemet som har liten påverkan på det totala utfallet och som i detta sammanhang kan försummas i våra beräkningar. Exempel på sådana är:

- Insamling och transport av avfall
Transporter generellt är viktiga för klimatpåverkan men i våra jämförelser är påverkan mycket liten.
- Central sortering, mekanisk bearbetning, bränsleförädling, återvinningsstationer, omlastningsstationer, mfl. Förbrukningen av el och bränslen till arbetsfordon är, precis som för all industriell verksamhet, viktiga för klimatpåverkan men i våra jämförelser är påverkan mycket liten.

Om man sammanfattar resultaten från uppskalningen till nationell nivå så kan man konstatera att:

1. Skillnader mellan resultaten för Göteborg och nationell är små och att effekterna från avfallsförebyggande åtgärder bedöms vara generella för hela Sverige.
2. Antagandet om biobränsle är en begränsad resurs eller ej inte har någon större betydelse för slutresultatet i detta projekt.

8 Ekonomiska effekter i avfalls- och fjärrvärmesystemet av att förebygga avfall

I de fall avfall som förebyggs hade gått till förbränning eller rötning, ger modelleringen i ORWARE och Martes en bedömning av de ekonomiska konsekvenserna i avfalls- och fjärrvärmesystemet i Göteborg, givet förutsättningarna och avgränsningarna för modellerna i kapitel 4. Med hjälp av modellerna kan man alltså beräkna en total kostnad för avfalls- och fjärrvärmesystemen och hur den förändras till följd av förebyggandet av avfall.

I avfallssystemet uppstår en kostnadsbesparing vid minskat avfall, en besparing som i synnerhet beror på minskade kostnader för insamling och transport men som även beror på minskade kostnader för behandlingen (avfallsförbränning, kompostering och rötning). I fjärrvärmesystemet ökar däremot kostnaderna för samtliga fraktioner som antas ge ett bortfall i värmeproduktionen från avfallsförbränningen. Detta beror på ökade rörliga kostnader i de anläggningar som ökar sin drifttid för att kompensera den värmeproduktion som faller bort från avfallsförbränningen.

För det **totala systemet (avfalls- och fjärrvärmesystemet)** kan vi konstatera att avfallsförebyggandet i de flesta fall leder till minskade kostnader (dvs lägre kostnad jämfört med att inte förebygga avfall). Det ekonomiska resultatet gynnas av förebyggande av avfallsfraktioner med lågt värmevärde och som har en hög andel obrännbart material. Avfallsfraktioner med dessa egenskaper ger ett litet bidrag till avfallsförbränningens värmeproduktion och därmed också liten påverkan på fjärrvärmesystemets kostnader. Därför fås den största besparingen förebyggande av aluminiumark och matavfall. Här kan man konstatera en klar sänkning av systemkostnaden.

Motsatt resultat fås för plastflaskan, där bortfallet av värmeproduktionen från avfallsförbränning är stort på grund av plastens höga värmevärde. Detta innebär att kostnaderna ökar så mycket i fjärrvärmesystemet att systemkostnaden totalt sett **ökar** klart.

När det gäller insamling och transport av avfall utförs denna tjänst både av Renova och av andra privata entreprenörer. Man har då en kostnad för att utföra tjänsten men får även en intäkt från avfallslämnaren. Samma sak gäller vid avfallsförbränningen där Renova har kostnader för behandlingen men samtidigt får intäkter i form av mottagningsavgifter (från avfallslämnaren), ersättning för försold värme (från Göteborg Energi) och ersättning för försold el (från elmarknaden). Sannolikt blir det sammanlagda intäktsbortfallet för Renova minst lika stort som kostnadsbesparingen⁶. Detta betyder att det framförallt är avfallslämnaren som får minskade kostnader eftersom man inte längre behöver betala för insamling och behandling av avfallet.

Göteborg Energi kan istället få ökade kostnader om avfallsminskning innebär att värmeproduktionen från avfallsförbränningen minskar, och man måste kompensera värmebortfallet med dyrare bränslen.

⁶ Det kan finnas vissa avfallsslag där kostnadsbesparingen kan vara större än intäktsbortfallet vid själva avfallsbehandlingen. Detta gäller i så fall främst material som inte ger någon värme, el eller fordonsgas utan mest skapar problem, t ex metall i avfallsförbränningen som dels leder till högre slitage av anläggningen och som dels leder till större mängder att hantera efter förbränningen.

För hushållsavfallet utgörs avfallslämnarna till stor del av hushållen. Emellertid har de ingen direkt ekonomisk relation med de företag som samlar in och behandlar avfallet. Denna uppgift sköts istället av Kretsloppskontoret som på invånarnas uppdrag köper in tjänsterna att hushållsavfallet samlas in och behandlas. För att klara detta har man rätt att sätta en avfallstaxa enligt självkostnadsprincipen. Häri ligger ytterligare en utmaning i att utforma en avfallstaxa som ger incitament för avfallslämnaren att minska sina avfallsmängder och som tar hänsyn till att kostnaderna minskar olika mycket för olika avfallsslag men som samtidigt innebär att kostnaderna åtminstone inte ökar för de aktörer som är inblandade i hanteringen av det avfall som återstår och som måste behandlas.

Utifrån ovanstående exempel kan man alltså konstatera att det för de flesta avfallsfraktioner finns en potential för kostnadsbesparingar genom avfallsförebyggande. Emellertid finns en stor utmaning i att översätta hur förändringen av kostnaden påverkar de olika aktörer som finns inom avfalls- och fjärrvärmsystemet, samt utifrån detta hitta vägar att hantera om och hur kostnadsbesparingar skall komma alla aktörer till godo. En sådan analys ryms dock inte inom detta projekt, men är en intressant frågeställning att titta vidare på i fortsatta projekt.

9 Resultat: Lokala åtgärder för att nå avfallsminskning

Inom referensgruppen har vi diskuterat lokala åtgärder som man har genomfört och kommer att genomföra.

9.1 Kretsloppsparken Alelyckan

Behovet av Kretsloppsparken Alelyckan har utvecklats från de många återvinningscentralerna i Göteborg, och tillför möjligheten av återanvändning och förädling. Vid infart passerar man en sorteringsstation under tak, där man kan lämna vad man bedömer vara användbara produkter och material, som man vill skänka bort. Efter inlämnandet sorteras de manuellt efter möjligheten till återanvändning, och om inte går de till återvinning. Vid bedömd potential för återanvändning flyttas materialet till secondhandbutikerna.

Den konkreta effekten av denna pilotåtgärd har inte kunnat uppskattas. I stort kan man anta att det är hushållens grovavfall och kläder som kommer att återanvändas till följd av Kretsloppsparken Alelyckans verksamhet. Av de avfallsfraktioner som studeras inom detta projekt är det mest troligt att en ökad mängd bomullsbyxor och köksinredning därigenom kan komma att nå en second handmarknad. Under 2010 kommer ett separat projekt, lett av IVL, att studera miljövinsten av verksamheterna vid Kretsloppsparken Alelyckan.

Effekter av liknande projekt

I Bristol har 60% av grovavfallet som tidigare behandlades på annat sätt kunnat gå till återanvändning tack vare nätverket FRN (Furniture re-use network). I likhet med Alelyckan utför FRA reparationer och återförsäljning av möbler och dessutom av elektronik som samlats in (Dohogne & Collado 2009).

9.2 Viktsbaserad taxa

Från januari 2010 påbörjar man i Göteborg ett stegvist införande av en viktsbaserad avfallstaxa. Syftet är att det skall bli lönsamt att sortera avfallet mer. I fokus är att sortera ut matavfall till central eller egen kompost. I informationen till småhus skriver man dessutom att ”Med den viktsbaserade taxan blir det ännu viktigare att ni tänker efter innan ni köper en ny vara...” Med andra ord har man en underliggande tanke om att också avfallsmängderna kan påverkas, snarare än enbart en omfördelning av mängderna till olika behandlingsalternativ.

Den konkreta effekten av denna åtgärd har ännu inte kunnat uppskattas i Göteborg. Intressant att notera är att Ekvall (2008) konstaterar utifrån studier i Nederländerna, Sverige och Irland att i flera fall minskade mängden registrerat hushållsavfall (inklusive det som källsorteras) med 40-50% när hushållen fått betala per kg levererat sorterat avfall. En orsak kan vara att avfallsminimering verkligen skett, t ex genom att man inte slängt matrester som fortfarande går att äta och/eller återanvänt förpackningar i större utsträckning. Ekvall bedömer vidare att en delförklaring till de minskade avfallsmängderna är att hemkomposteringen ökar.

I forskningsprogrammet Hållbar Avfallshantering, delprojekt 1, beskrivs möjliga nya styrmedel för bland annat avfallsminskning och i även i detta arbete nämns viktsbaserad avfallstaxa

(Bisaillon et al., 2009). Man nämner även riskerna med nedskräpning och illegal dumpning som en fara vid höga avgifter samt en omfördelning till annan hantering, snarare än avfallsminskning. En möjlighet är tex att hushållens säck- och kärlavfall flyttas till hushållens grovavfall och istället hamnar på återvinningsstationerna. Vid en hög taxa är det även möjligt att blöjbarnsfamiljer kommer att gå över till tygblöjor.

9.3 Information

Kretsloppskontoret har goda erfarenheter av dörrknackning hos hushållen för ökad sortering av hushållsavfall. Att införa liknande aktiviteter bedömer man skulle kunna vara en väg för att nå ut med personlig och skraddarsydd information om möjligheter till minskning av avfallsmängderna. På så sätt kan man direkt bemöta frågor och problem som hushållen ser. Man bedömer att sådana aktiviteter kan vara mer framgångsrika än att skicka ut broschyrmaterial.

Beroende på informationens utformning kan denna åtgärd ha effekt på allt avfall. Bisaillon et al (2009) skriver: ”Information om avfallsmängder och -behandling kan bidra till att öka människors (både i hushåll och i företag) medvetenhet kring avfallsproblematiken och på så sätt ändra beteenden t.ex. öka utsortering av farligt avfall eller minska avfallsmängderna. Det är dock en förutsättning att informationen formuleras på ett sätt som gör att den når den tänkta mottagaren och då får den effekt man önskar att den skulle ha”. Att hushållen får återkoppling om hur avfallet omhändertas är, enligt forskningsprogrammet SHARP (2008), viktigt för att de ska ändra sitt beteende.”

Information till hushåll kan ha en betydande effekt på matavfall, där 10-20 % av livsmedlen som köps in kastas (Naturvårdsverket 2008). Detta skulle kunna minskas genom att: planera inköp, kontrollera bästföre-datum vid inköp, tömma förpackningar, använda råvaror av hög kvalitet, förvara livsmedel korrekt, göra storkok, använda rester, äta upp maten, utöva konsumentmakt och därigenom minska svinnet i butik och hos producent (Naturvårdsverket 2008).

9.4 Utbildning och studiebesök

Studiebesök på Sävenäs avfallsförbränningsanläggning (Renova)

Renova har under lång tid arbetat med utbildning av skolungdomar, främst i form av studiebesök. Tanken är att besök på avfallsbehandlingsanläggningarna skall ge ett visuellt bestående intryck och förståelse för hur mycket avfall vår konsumtion faktiskt leder till. De enorma mängderna avfall i bunkern för inmatning i förbränningsanläggningen i Sävenäs brukar väcka stort uppseende vid studiebesöken. Avfallet där är dessutom lätt att identifiera sig med – man ser de individuella soppsåarna.

Den konkreta effekten av denna åtgärd har inte kunnat uppskattas men eftersom det handlar om en åtgärd som riktar in sig på ungdomar har den en potential att få större långsiktig effekt än information som riktas till ett genomsnitt av befolkningen. Ett förändrat beteende hos skolungdomar kan ge en ackumulativ avfallsförebyggande effekt under deras resterande livstid.

Spel och film: Outside the box

Kretsloppskontoret använder spelet och filmen Outside the Box (www.ousidethebox.se) som ett led i utbildningen av gymnasielever vid studiebesök på Kretsloppsparken Alelyckan (beskriven ovan). Man vill ge inspiration och idéer till hur man med små åtgärder kan göra konsumtionen mer hållbar.

Spelet spelar man med "sin livsstil som insats". Ungdomarna delas upp i grupper som får varsin låda med plats sexton klossar. Klossarna representerar saker eller aktiviteter att välja in i sin livsstil. Efter urvalet får de, för varje kloss, veta miljöbelastningen, illustrerad genom olika höjd på klossen. Sedan är det upp till gruppen att diskutera och begränsa den totala belastningen, som inte får byggas över kanten på lådan. Begränsning kan ske genom att köpa begagnat, välja bort eller dela produkten med någon annan. Därefter får de se en film och hela uppgiften diskuteras avslutningsvis.

9.5 Hållbar livsstil Göteborg

Beteendeförändringar- Personlig coach

Under hösten 2010 påbörjas ett pilotprojekt för bland annat avfallsminimering med coach i Kretsloppskontorets regi tillsammans med Miljöförvaltningen, Konsument Göteborg och Familjebostäder. MiljöVarDag i Karlstad och ett antal andra coachningsprojekt står modell för pilotprojektet där fem stycken pilotfamiljer i Göteborg kommer att delta.

Syftet med coaching och inspirationsaktiviteter inom de fyra konsumtionsområdena äta, bo, resa och shoppa är att öka medvetenheten hos familjerna och få till beteendeförändringar som leder till att de utvecklar beteenden och konsumtionsmönster som är långsiktigt hållbara. Förutom avfallsminimering ingår också minskade klimateffekter till följd av konsumtion och resor samt minskning av gifter (vardagskemikalier). Familjernas resultat och erfarenheter skall kommuniceras med göteborgarna tillsammans med de tips och råd som tas fram. Genom löpande medial uppmärksamhet kring projektet hoppas man att familjerna kan komma att verka som trendsättare för en mer hållbar livsstil.

Projektet har en ytterligare förlaga i form av Eco Teams, (Holland och Storbritannien) (www.ecoteams.org.uk) och är att likna vid studiecirkel eller diskussionsgrupper där man sätter upp målsättning, utmaningar, uppföljning, feedback med syftet att nå långsiktiga effekter på avfallsminimering. I projektet ingår också uppgifterna klimatsmart konsumtion och resor samt minskning av gifter.

Föregångaren Eco Teams beskriver att man syftar till att öka kunskapen om och tillsammans minska miljöpåverkan av aktiviteter i vårt vardagsliv och samtidigt minska hushållens uttag och kostnader för el- och vattenförbrukning, samt avfallshantering och liknande. Genom att organisera sig med vänner och grannar i "team" menar man att förändringar av vårt beteende är lättare och roligare.

Effekter av liknande projekt

I Belgien utfördes en pilotstudie med sex deltagande familjer i syfte att minska deras matavfall. Genom rekommendationer och vägledning uppnåddes en minskning om 80 %, vilket motsvarade 10 kg per person och år. Bland de rekommendationerna som familjerna fick ingick bland annat: införandet av planerade inköp (inköpslistor, måltidsplanering mm.) korrekt förvaring av matvaror samt tillvaratagande av rester (Dohogne & Collado 2009).

Resultatet från ett två månader långt avfallspreventionsprojekt i Spanien med 21 familjer resulterade i att vissa familjer kunde minska mängden förpackningar med 20 % till följd av att de använde refillsystem istället för engångsförpackningar i glas. Projektet hade vissa likheter med ”beteendeförändringar- Göteborg”. Under den första halvan av projektet registrerades familjernas normala avfallsmängder medan de under den resterande projektiden fick information och tips om hur de skulle kunna förebygga/minska avfall (Dohogne & Collado 2009).

I Frankrike har ADEME (French Environment and Energy Management Agency) visat på att 50 kg avfall per person och år kan sparas in genom att kunder gör rätt val när de handlar. En referenskundvagn med 83 kg varor kan ge upphov till mellan 50-100 kg avfall. Den minsta mängden avfall nås då kunderna väljer produkter som är återanvändbara, fria från förpackningar alternativt ligger i återvinningsbara, lätta och miljövänliga förpackningar (Dohogne & Collado 2009).

En klädkampanj i Baskien som syftar till att öka återanvändning och återvinning anordnar bland annat workshops för att öka medvetenheten om kläders ursprung, hur de tillverkas, hur man kan få den att hålla längre mm. Målsättningen är att på så sätt öka insamlingen av kläder från 1.28 till 3 kg per invånare och år, att återanvända 45 % och återvinna 40 %. Samtidigt är även målet att konsumtionen av kläder ligger kvar på samma nivå (8-10 kg per invånare och år). Totalt sett skulle detta kunna leda till 85 % av kläderna leds bort från deponering (Dohogne & Collado 2009).

Webben

Ett av delprojekt inom projektet Hållbar livsstil Göteborg kommer att handla om hur webben kan användas som kanal och verktyg i arbetet för en hållbar utveckling. Bland annat kommer webben att användas som en informationskanal för det tidigare beskrivna delprojektet beteendeförändringar.

Avfallsminimering i fastigheten Traktören

Avfallsminimeringsprojekt riktat till en fastighet (Traktören) som inhyser ett antal centrala förvaltningar som exempelvis Trafikkontoret och Stadsbyggnadskontoret. Pilotprojektet inom projektet Hållbar livsstil Göteborg syftar bland annat till att minska de avfallsmängder som går till förbränning och att öka utsorteringen av framförallt matavfall och förpackningar. Avfallsmängderna skall bland annat minskas genom att vidta åtgärder på inköpsidan där bland annat onödiga inköp skall identifieras och ifrågasättas. I samband med inköp skall även

produkter som genererar farligt avfall undvikas och miljömärkning premieras. På längre sikt avser man att ge underlag till hur övergripande och långsiktiga avfallsmål för Göteborgs Stads arbetsplatser kan formuleras.

Effekter av liknande projekt

I en belgisk skola infördes dricksvattenfontäner i syfte att minska användningen av engångsflaskor. Detta resulterade i att 50 % av engångsflaskorna minskade (Dohogne & Collado 2009). År 2002 lanserades en kampanj för att införa dricksvattenfontäner i alla grundskolor. I den klass som avfallsmätningar genomfördes i uppgick de minskade avfallsmängderna till 43 % (Dohogne & Collado 2009).

10Känslighetsanalys

10.1 Ökad materialåtervinning

För avfallsslagen inom producentansvaret genomförs en känslighetsanalys med avseende på avfallsbehandlingen. Dessa är: förpackningar (plastflaska samt förpackningar av wellpapp och aluminium) samt dagstidning. I känslighetsanalysen beräknas effekter av avfallsprevention med avseende på koldioxidemissioner vid en antagen materialåtervinning på 100%.

Resultaten jämförs med effekter av prevention vid behandling i nuläget (förbränning och materialåtervinning) för respektive avfallsfraktion. Resultaten visar följande:

- **Plastflaska:** Det är en större miljövinst att undvika avfall med behandlingen i nuläget (förbränning 70% och materialåtervinning 30%) än vid 100% materialåtervinning. Det är prevention av plastavfall som skulle gått till förbränning som har störst inverkan på resultatet. När förbränning av plastavfall reduceras, minskar utsläppen av koldioxid kraftigt, och den fjärrvärme som träder in som kompensation ger lägre utsläpp av dessa emissioner.
När däremot mängden avfall till materialåtervinning reduceras innebär det ökade utsläpp, eftersom produktion baserad på jungfruligt material antas öka, som kompensation för att återvunnet material minskar.
- **Wellpappbox:** Det är en något mindre miljövinst att undvika avfall med behandlingen i nuläget (förbränning 26% och materialåtervinning 74%), än vid 100% materialåtervinning. I båda de jämförda alternativen är det de undvikta emissionerna uppströms, som gör att det blir en miljövinst vid preventionen. Både minskat avfall från wellpapp till förbränning och materialåtervinning leder till ökade utsläpp av koldioxidemissioner.
För förbränningen beror det på att wellpapp inte ger koldioxidutsläpp vid förbränning, medan däremot den fjärrvärme som träder in som kompensation, ger utsläpp av dessa emissioner, då bränslet till viss del utgörs av naturgas i Göteborg. För materialåtervinningen leder preventionen till ökade utsläpp eftersom produktion av jungfruligt material antas öka, som kompensation. Denna effekt är dock något mindre än effekten av ökade emissioner i Göteborg när förbränningen minskar.
- **Aluminiumark:** Det är en större miljövinst att undvika aluminiumark som skulle gått till behandlingen i nuläget (förbränning 33% och materialåtervinning 67%) än till enbart materialåtervinning. Skillnaderna är dock små, eftersom utsläppen vid behandlingsalternativen (förbränning och materialåtervinning) är små jämfört med uppströmseffekter.
- **Dagstidning:** Det är i princip ingen skillnad att undvika dagstidningar som skulle gått till behandlingen i nuläget (förbränning 11% och materialåtervinning 89%) än till enbart materialåtervinning. Detta beror delvis på den höga andelen till materialåtervinning redan i nuläget, som gör att skillnader mellan de två alternativen är små.

Vidare blir miljönyttan av förbränning och materialåtervinning likvärdiga, men med något större nytta av materialåtervinningen under de givna förutsättningarna.

10.2 Utvidgad systemgräns – import av avfall

För systemstudier generellt så är valet av systemgräns en viktig avgränsning som starkt kan påverka vilka resultat och slutsatser som dras. I detta projekt så har avsikten i första hand varit att sätta en systemgräns kring den verksamhet som avfalls- och fjärrvärmeansvariga i Göteborg har makt och möjlighet att påverka och förändra. Det är visserligen olika kommunala bolag som är berörda men det finns till stor del en gemensam ägare och även en gemensam ambition att utveckla det lokala avfalls- och energisystemet till en bra helhet. Systemgränsen har diskuterats med medverkande parter i Göteborg och bedömts som den lämpligaste för att illustrera konsekvenserna av att införa nya alternativ.

Även om denna systemgräns är relevant och tydlig så återstår ytterligare några avgränsningsproblem. Ett sådant uppstår när man ska avgöra hur stor mängd avfall som ska studeras för systemen. Det val som gjorts till projektet är att man ska klara av att ta hand om allt avfall som uppstår i regionen. Mer precist allt avfall som uppstår inom Renovas ägarkommuner och som bedömts behöva behandlingskapacitet. Med detta synsätt säkerställer vi att regionen klarar av uppgiften att själva hantera och behandla sitt egna avfall. I verkligheten finns det idag mindre strömmar av avfall som kommer från andra kommuner utanför regionen och även från andra länder som t.ex. Norge. En ökad tillförsel från andra länder kan mycket väl bli aktuellt i framtiden.

Om man tar med alternativet med import från andra länder och att man antar att man där ersätter deponering av detta avfall, vilket är den huvudsakliga alternativa behandlingsformen för importerat avfall, så kommer de resultat som beräknats i denna studie att förändras tydligt. Om avfallspreventionen ger utrymme för ökad import av avfall kommer de positiva effekterna av de avfallsförebyggande åtgärderna att öka ytterligare.

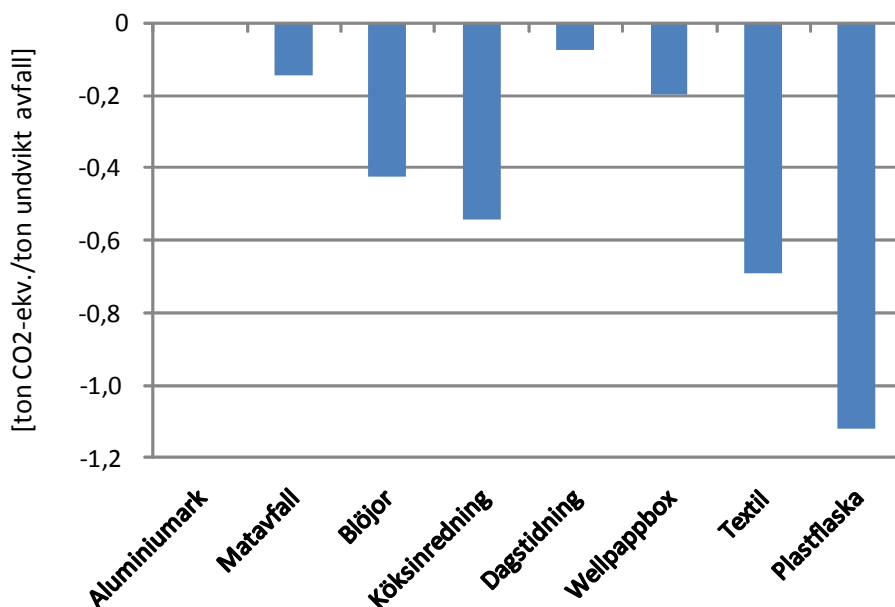
Hur mycket klimatpåverkan ytterligare sänks beror på vilken avfallsfraktion som undviks. Avgörande här är hur stor andel av fraktionen som idag går till förbränning samt fraktionens värmevärde. De studerade avfallsfraktionerna här går mellan 26% och 98% av respektive fraktion i Göteborgs avfallsförbränning. Man bör här även poängtera att det ökade transportavståndet finns med i beräkningarna men att utsläppen i denna jämförelse är marginella och knappt synliga i resultaten.

Figur 10 visar hur mycket större reduktionen av koldioxidkvivalenter blir för respektive fraktion om importmöjlighet beaktas. Resultaten skall adderas till de tidigare resultaten i Figur 6, om man vill se de totala effekterna för avfallspreventionen. Man kan konstatera att nyttan ökar markant och att skillnaderna mellan fraktionerna är stor för denna ytterligare reduktion.

Störst nytta från importen ges för plastfraktionen. I beräkningarna har vi antagit att den frilagda förbränningskapaciteten från avfallspreventionen fylls med importerat hushållsavfall och att den alternativa deponeringen av detta avfall i exportlandet ger ett nettoutsläpp på 500 kg CO₂-ekv./ton avfall.

En orsak till att resultaten varierar mycket mellan de olika fraktionerna är att avfallsminskningen per ton resulterar i olika stor mängd import. Detta beror dels på att olika stor andel går till förbränning men framförallt på att olika typer av avfall frilägger olika stor kapacitet för import. Det senare beror på att förbränningsanläggningen i Göteborg är termiskt begränsad, ett faktum som gäller för de flesta anläggningarna i Sverige. Det innebär att man frilägger en energimängd som sedan kan ersättas med en importerad energimängd. Exempelvis för varje ton förebyggt plastavfall till förbränning (med värmevärde på ca 9 MWh/ton) kan man undvika deponering av 3 ton blandat avfall (med värmevärde på ca 3 MWh/ton). En minskning av plastavfallet ger därför klart större reduktion av CO₂-ekv jämfört med textilmatavfall eftersom klart mer deponering ersätts utomlands.

Denna systemgräns där vi även inkluderar import är relevant med tanke på att avfallsprevention kommer att påverka avfallsförbränningen på marginalen. Och för många svenska avfallspannor så är just importerat brännbart avfall det marginalbränslen som i första hand påverkas då förändringar sker nationellt. Huvudslutsatserna från studien förändras dock inte. De positiva effekterna från avfallsprevention är stora och blir bara ännu större när vi även inkluderar möjligheten av import av brännbart avfall.



Figur 10 Tillkommande reduktion på klimatpåverkan från avfallsprevention som tillkommer om systemgränsen vidgas till att även inkludera import av brännbart avfall.

11 Diskussion

Resultat i förhållande till andra produkter

Resultaten från den här studien visar att av de undersökta avfallsslagen är det störst miljövinst i att undvika avfall i form av bomullsbyxor, plastflaskor och aluminiumark. Detta med avseende på utsläpp av koldioxidekvivalenter. Det finns dock andra typer av produkter som ger upphov till större utsläpp. Ett exempel på detta är att Apples bärbara dator MC226 (17-inch MacBook Pro) ger upphov till cirka 212 ton CO₂ per ton produkt (Apple Inc, 2009) i uppströms och användarfasen. Detta är 13 gånger mer än emissionsmängden som uppstår till följd av uppströms- och användningsfasen av bomullsbyxorna. (Kappahl, 2008). Det bör även observeras att datormodellen som används i detta exempel är en ny, energisnålare modell som förbrukar 25 % mindre energi än sin föregångare. En mindre energisnål dator hade således gett upphov till ännu högre emissioner.

Om produktion och användning av bomullsbyxorna istället ställs mot produktion av nötkött så kan man konstatera att det för varje ton producerad bomullsbyxa uppstår lika stora utsläpp av koldioxidekvivalenter som vid produktionen av knappt 0,8 ton nötkött. Därmed är det en större miljövinst att prioritera en minskad användning av nötkött än av bomullsbyxan.

Eftersom andra klädesmaterial som till exempel polyester skiljer sig i produktionsfasen och i avfallsfasen jämfört med bomullsplagg är det svårt att generalisera resultatet från den här studien till att gälla för kläder i andra material. Däremot borde det vara möjligt att använda resultatet på vissa typer av textilier som till exempel tyger för hemmet i ren bomull. Eftersom bomullen som användes i de modellerade byxorna är konventionellt odlad, skulle man antagligen få andra resultat för bomullsprodukter tillverkade av ekologiskt odlad bomull.

Elektronikvaror

Bland de produkter som studeras i denna rapport saknas elektroniska produkter. Som produktgrupp är elektronik oerhört heterogen. Även samma typer av produkter skiljer sig mycket åt beroende på vilka modeller det är som avses. En dator är ett tydligt exempel på detta. Av de totala växthusgasemissionerna för en stationär dator står användarfasen för 72 % vid hemmabruk men 78 % vid kontorsarbete⁷. För en energisnålare modell som den tidigare nämnda från Apple (bärbara dator MC226) ger användarfasen dock endast upphov till 44 % av emissioner av växthusgas (Apple 2009)⁸.

Jämfört med andra produktgrupper som studerats i denna rapport har elektronikprodukter troligtvis en större andel emissioner som uppstår i användarfasen. Detta betyder dock inte att miljövinsten automatiskt blir större om elektronikprodukter undviks. Moberg et al (2007)⁹ har

⁷ EuP preparatory study, TREN/D1/40-2005, Lot 3 (sidan 158)

⁸ Data från Apple Inc 2009, korrigerad av Profu till följd så att användartiden är lika lång som EuP-studiens antagna användningstid för en laptop.

⁹ Läs tex i rapporten av Moberg Å., Johansson, M., Finnveden, G., Jonsson, A., Screening environmental life cycle assessment of printed, web based and tablet e-paper newspaper. KTH TRITA_SUS Report 2007:1

bland annat undersökt livscykelemissionerna för tre olika typer av nyhetskanaler: en pappers tidning, en webbaserad dito som antingen läses i 10 eller 30 minuter, och slutligen en elektronisk tidning (e-paper). Moberg et al (2007) konstaterar att växthusemissionerna från en dagstidning i Sverige är högre än för en webbaserad tidning när lästiden på datorn är 10 eller 30 minuter.

I samband med livscykelanalyser för elektroniska produkter kan resultatet i de olika livscykelstadierna ”produktion, distribution, användning och avfall” variera beroende på hur man värderar elen. Detta konstaterar till exempel Moberg med flera i sin studie ovan. Om elen antas bestå av enbart kolkondens på marginalen, kommer emissioner av koldioxidekvivalenter under användningsfasen för elektronikprodukten att bli högre än om elen värderas till en produktionsmix. Sammanfattningsvis kan man konstatera att även om en elektronikprodukt hade modellerats i denna undersökning så hade resultatet varit svårt att applicera på andra elektronikprodukter.

Pappersbaserad reklam

Resultaten från den här studien visar att det både finns en miljövinst och en ekonomisk vinst i att undvika tidningsavfall. Då pappersbaserad reklam och tidningar kan antas vara jämförbara produkter så innebär det en reduktion av utsläpp av koldioxidekvivalenter även i att minska avfall i form av pappersbaserad reklam.

Ett styrmedel för minskade mängder direktreklam hade hushållen kunnat sätta upp en dekal ”Reklam- ja tack” som ett alternativ till att de hushåll som idag inte önskar direktreklam måste använda sig av dekalen ”Reklam- nej tack”. Bisailon et al (2009) skriver att ett sådant system finns i Norge, och potentiellt skulle kunna leda till att betydligt mindre avfall från reklam. Ett eventuellt införande av styrmedlet ”Reklam- ja tack” kommer dock sannolikt att väcka protester hos reklamindustrin, papperstillverkare, distributörer och företag som marknadsför sig genom direktreklam.

Glas

I Sverige är återvinningsgraden av glasavfall hög. En minskning av glasavfall innebär en minskad tillverkning av glas, men även en minskad mängd avfall till materialåtervinning. Genom till exempel ett utökat refillsystem, skulle glasavfallet kunna minskas. Idag finns det till exempel ”refillkorvar” i plast för sylt och marmelad. Inom projektet har glasavfall som ersätts av refillförpackningar inte modellerats.

Vi låter här resultatet för insamling och förbränning av aluminium appliceras på glas, för den andel glas som av någon anledning hamnar i förbränningen. Båda dessa material är inerta då aluminium antas inte oxidera, och går igenom en förbränningsanläggning utan att generera energi. Till det plockas data för uppströmsemmissioner för jungfruligt glas samt för materialåtervinning av glas från Bisailon et al (2006). Sammanlagt innebär detta att 0,4 ton koldioxidekvivalenter kan undvikas per ton undvikta glas. Denna miljövinst ligger i nivå med resultaten för blöjor och är betydligt mindre än vinsten att undvika plastflaskor och aluminiummark.

Observera dock att hänsyn inte har tagits till en ökad mängd plastavfall som antingen kommer att gå till återvinning (eftersom det är förpackningsmaterial) eller till förbränning (plastkorvar är svåra att rengöra så det är möjligt att dessa kommer att hamna i hushållen säck- och kärlavfall till förbränning).

Industriavfall

Resultatet för de produkter som studerats inom ramen för detta projekt kan även appliceras på vissa typer av industriavfall. Innan modellresultaten används på detta sätt måste hänsyn tas till likheter/skillnader mellan industriavfallet och det studerade avfallet. Jämförelsen måste göras för samtliga livscykelsteg: råvaruuttag och transporter i samband med detta, produktion, övriga transporter (till exempel från industri till varuhus, kundtransporter mm), användning och avfallsbehandling. Industrins tillverkning utgör dessutom en av faserna som studeras vid en produkts miljöpåverkan under sin livstid. Överföringsmöjligheterna borde vara många. Inom ramen för föreliggande projekt ryms det dock inte att i större utsträckning överföra resultat till industriavfall.

Men man kan ändå diskutera om modellresultatet till exempel för plastflaskan kan appliceras på plastemballage inom industrin? Till viss del uppstår samma emissioner av koldioxid-ekvivalenter till följd av råvaruuttag och transporter, oavsett om plasten används för produktion av en flaska eller av annan typ av emballage. Det skulle däremot kunna finnas stora skillnader i klimatpåverkan till följd av produktion och övriga transporter om emballaget till exempel är producerat i Kina (en industri i Sverige köper in stora partier av en produkt som paketeras i plastemballage) och flaskan är producerad i något europeiskt land. Användarfasen av plastflaskan liksom för emballaget borde inte ha någon påverkan på emissionerna jämfört med de andra livscykelstegen. Slutligen ger avfallsmodelleringen liknande resultat för båda produkterna, dock kan främst insamlingen skilja sig åt. Modellresultatet borde definitivt kunna användas på plastemballage om båda produkterna är tillverkade i samma land. Avfall från köksinredning (här skåp, lådor och stommar) borde till viss del vara direkt jämförbart med returträ, exempelvis från bygg- och rivningsverksamheter.

Behov av mer kunskap

Studien har visat en existerande ambition och medvetenhet om möjligheter och behov av att minska avfallsmängderna. Kunskapsluckor finns och tydligast har det varit i form av effekten av åtgärder för avfallsminskning. När insatser skall startas, saknas kunskap om vilka insatser som är effektivast mätt i minskade mängder, minskad farlighet, på kort och lång sikt. Vår rekommendation är att enkla pilotprojekt tidigt startas i kommuner och att nedlagda kostnader och mätbara resultatparametrar noggrant följs upp och analyseras. Positiva resultat och erfarenheter kan då snabbt spridas för att få till stånd arbete mot avfallsminimering i Sverige.

Studien fokuserar på emissioner av koldioxidekvivalenter, som utgör en del av miljöpåverkan under en produkts livscykel inklusive dess avfallshantering. Mer kunskap behövs om avfallsprevention också med avseende på andra emissioner.

12 Slutsatser

Sammanfattningsvis kan vi dra följande slutsatser från projektet:

- Lokalt finns en ambition och ett påbörjat arbete med införandet av åtgärder för att nå avfallsminskning. Inga konkreta effekter har dock ännu kunnat kvantifieras i Göteborg.
- Arbetet vid Kretsloppsparken och försäljningen vid second handbutikerna, som är kopplade dit, är ett tydligt tecken på att det finns ett stort intresse och potential för att lämna, sälja, köpa och återanvända second handprodukter och -material.
- Reducerade utsläpp av växthusgaser nås i första hand genom minskning i produktionsprocesser som ligger ”uppströms” avfallshanteringen.
- De största utsläppsreduktionerna *per viktsenhet* fås vid minskning av avfall bestående av bomull, plast och aluminium, av de avfallsslag som ingår i studien.
- Störst potential för utsläppsreduktion *totalt* fås vid minskning av matavfall, av de avfallsslag som ingår i studien. Matavfall är den största, uppkomna enskilda mängden avfall i Göteborg.
- Hushållens grovavfall av trä, här i form av målad köksinredning (skåp, lådor, stommar, m.m.), har däremot en liten potential för utsläppsreduktion. Detta beror på att fraktionen har små utsläpp uppströms och vid avfallshantering (inklusive fjärrvärmeproduktion). Dessutom är det små mängder insamlat grovavfall.
- För flera avfallsslag innebär avfallsminskning en kostnadsbesparing för aktörer när kostnader för bland annat insamling och slagghantering minskar.
- Skillnader mellan resultaten för Göteborg och nationellt är små, och resultaten från avfallsförebyggande i Göteborg kan därför bedömas vara generella för hela Sverige.
- Effekter av avfallsminskning påverkas bland annat av hur den alternativa fjärrvärme-produktionen som måste öka, när avfall till förbränning minskar, ser ut. Även här visar sig skillnaderna vara små och resultatet för Göteborg kan därför antas gälla även nationellt.
- En minskning av mängden avfall som går till förbränning skulle kunna möjliggöra för ökad förbränning av importerat avfall vilket skulle innebära att deponering av avfallet utomlands kan undvikas. Om de undvikta utsläppen av koldioxidekvivalenter från deponering tillgodoräknas resultatet här, stärks resultatet ytterligare.

13 Referenser

- Aumônier, Simon & Collins, Michael (2005) Life cycle assessment of disposable and reusable nappies in the UK, Environment Agency
- Bisaillon, M., Ekvall, T., and Sundberg, J., 2006. Impacts of Swedish waste prevention and the scrap market equilibrium on greenhouse gas emissions.
- Bisaillon, M., Finnveden, G., Noring, M., Stenmarck, Å., Sundberg, J., Sundqvist, J.-O., och Tyskeng, S., 2009. Nya styrmedel inom avfallsområdet? Rapport inom forskningsprogrammet Hållbar Avfallshantering, TRITA-INFRA-FMS 2009:7
- Cederberg och Darelus 2001 LCA av griskött, Naturresursforum , Landstinget Halland.
- Davies, Haglund, (1999) NPK Western European Average (WEA), SIK-rapport nr 654
- Dohogne, J.-J., Collado., G., 2009. Quantitative Benchmarks for Waste Prevention. A guide for Local & Regional authorities in support of the new Waste Framework Directive. ACR+, Brussels, November 2009
- EFG (European Furniture Group AB) (2009) Miljödeklaration- Arbetsbord OFI sitta/stå, A94C87
- Ekvall, T. (2008) Waste prevention: Environmental effects and policy instruments, presented at Nordic Workshop – Waste Resource Management and Climate Actions, 10 June 2008, Fredrikstad, Norge.
- ELCD Database 2009 accessdate 20091118 European Commission JRC IES LCT European Platform on LCA LCA Info Hub <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm>
- FTI (Förpacknings- och tidningsinsamlingen), 2009. Riksnivå – återvinningsstatistik, Återvinningsresultat 2009.
<http://www.ftiab.se/hushall/atervinningen/statistik/riksniva.4.405877db1168b3d892a800093.html> accessdate 20091208 senast uppdaterad 090504
- Hagaköket 2009. Miljödeklaration, Scandinavian Kitchen AB,
<http://www.hagakoket.se/UL/File/Miljodeklaration.pdf>
- Heinonen. A-M 2010. Personlig kommunikation 20100115, ann-marie.heinonen@kappahl.com
- IVL 1999. Livscykelanalys av färg. Livscykelanalys av färger för användning inom områdena industriell behandling av trä, industriell behandling av metall och måleri. B 1338-A, Stockholm, juli 1999
- Jelse, K., Eriksson, E., och Einarsson, E. 2009. Life cycle assessment of consumer packaging for liquid food. IVL rapport.

Jelse, K., 2010. Personlig kommunikation 20100119.

Kappahl 2008. Från vaggan till graven- klimatanalys av två plagg från Kappahl.

Moberg Å., Johansson, M., Finnveden, G., Jonsson, A., Screening environmental life cycle assessment of printed, web based and tablet e-paper newspaper. KTH TRITA_SUS Report 2007:1

Myrorna, 2010. Frågor och svar. www.myrorna.se Besöksdatum 20100119.

Naturvårdsverket, 2008. Svinn i livsmedelskedjan. Möjligheter till minskade mängder. Rapport 5885.

NEP (Nordic Energy Perspectives) Research group, 2009. Insights from NEP policy scenario simulations. Oslo, April 2009.

Oljeqvist, J., 2003. Cost-benefit analys för värdering av ideell secondhand. Företagsekonomiska institutionen Stockholms Universitet 2003.

Olofsson M., 1998. Sammansättning och egenskaper hos olika avfallstyper. Rapport I-EST-98-7 Avdelningen för Energisystemteknik, Institutionen för energiteknik. Chalmers, Göteborg 2001.

Persson, T., 2003. Momsplikt – spiken i kistan för ideell second hand, DNdebatt 20030510

Riise, E., SCA Personlig kommunikation 20091209.

SHARP, 2008. <http://www.sharpprogram.se/index.htm>

SIK 1997. Livscykelanalys av äppelproduktion – fallstudier för Sverige, Nya Zeeland, och Frankrike, SIK-rapport 630.

SIK, 2007. Klimatpåverkan av 10 ekologiska livsmedel.

Sköldbberg, H. & Unger, T. (2008). Effekter av förändrad elanvändning/elproduktion – Modellberäkningar, Elforsk rapport 08:30

Svensk Fjärrvärme (2009) Statistik 2008, Excel-fil från http://www.svenskfjarrvarme.se/index.php3?use=biblo&cmd=list_dir&directory=11&lang=1

Tidningsutgivarna 2008. Dagstidningens miljöpåverkan, trycksak.

Bilaga 1 Beskrivning av modeller för avfallsbehandlings- och fjärrvärmesystemet

ORWARE för avfallsbehandlingsystemet

ORWARE är en beräkningsmodell för utvärdering av miljöpåverkan från hantering av avfall. Modellen kan hantera både fasta och flytande, organiska och oorganiska avfall från olika källor. Grunden för modellering av avfallshantering i ORWARE är att de avfallslag som hanteras kan beskrivas på elementnivå, d.v.s. deras sammansättning av näringsämnen, kol, föroreningar som tungmetaller etc.

ORWARE är uppbyggd av ett antal moduler som beskriver en process eller behandling. För att kunna beskriva dessa olika delar som utgör avfallshanteringen krävs en stor mängd information. Inför varje nytt projekt görs en avvägning hur mycket av informationen som måste inventeras i det specifika fallet. Avfallen följs genom modellen från hushållen och verksamheter via insamling och transporter till behandlingsanläggningar tills slutlig användning, nya produkter eller deponering.

I det följande presenteras de viktigaste parametrarna för modellens funktion med avseende på hantering av fast avfall. Guiden är indelad i systemrelaterade parametrar - hur det ser ut på ort och ställe - och studierelaterade parametrar - vilken typ av undersökning och vilken typ av resultat som önskas.

Systemrelaterade parametrar

Nedanstående visar en översikt över de möjligheter som finns i ORWARE för att simulera avfallshantering. Varje del kräver olika mängder indata för att kunna fungera, vissa indata är allmänna för en viss process och påverkas inte nämnvärt, andra parametrar är mer kopplade till en existerande anläggning.

Avfallets ursprung

Avfallet som hanteras i modellen har sitt ursprung i hushåll, verksamheter och industrier. Dessutom kan andra material som inte är avfall men som sambehandlas med avfall i syfte att öka en anläggnings kapacitet, t.ex. vallgröda och gödsel som samrötas med avfall infogas i modellen. De olika avfallen delas sedan upp i mindre fraktioner som exempelvis organiskt avfall, brännbart avfall, förpackningar av metall, kartong, glas mm. beroende på hur avfallet är beskaffat.

Parametrar som är platsspecifika är mängderna avfall och hur olika avfallsfraktioner är sammansatta. Som exempel kan hushållsavfall användas. Hushållen genererar en mängd avfall som matavfall, förpackningar, brännbar och icke brännbar rest, m.m. Den information som krävs är hur mycket som finns av respektive fraktion och hur stor andel som sorteras ut för biologisk behandling och till materialåtervinning, och hur stor andel som hamnar i brännbar rest respektive eventuell inert fraktion. Övriga avfallskategorier hanteras på likartat vis.

Insamling och transporter

Avfall och andra material samlas in och transporteras till, från och mellan olika anläggningar för behandling eller omhändertagande. Modellen kan hantera ett antal olika fordon för insamling och transporter: insamlingsfordon, lastbil med eller utan släp etc.

Insamlings- och transportfordon i modellen består av indata som är platsspecifika, t.ex. fordonslaster och transportavstånd. Andra parametrar som energiförbrukning per km samt utsläpp från transporter är parametrar som generellt inte skiljer sig mellan olika studier.

Behandlingsanläggningar

Behandlingsanläggningar i ORWARE är förbränningsanläggning, kompost, deponering, rötning, spridning till åkermark, reningsverk samt materialåtervinning av plast- och pappersförpackningar. Modellen är dock flexibel och nya tekniker, åtgärder mm kan relativt enkelt läggas in och studeras med modellen.

De parametrar som är påverkbara för behandlingsanläggningar är olika prestandaparametrar som verkningsgrader, energianvändning för drift och skötsel av anläggning. Parametrar som inte är påverkbara är parametrar som påverkar inre processer i anläggningarna t.ex. mikrobiella aktiviteten i röttnings- och komposteringsanläggningar.

Ekonomi

För att belysa det ekonomiska resultatet för systemen kan investeringskostnaderna samt drifts- och behandlingskostnader för respektive anläggningar inventeras. I systemanalysen bedöms kostnader för hela hanteringskedjan, behandling samt eventuell lagring av slutprodukter. Parametrar som är aktuella för resultatet är exempelvis, investeringskostnader, transportkostnader, elpris, pris på fordonsgas samt pris för växtnäring i form av fosfor och kväve.

Studierelaterade parametrar

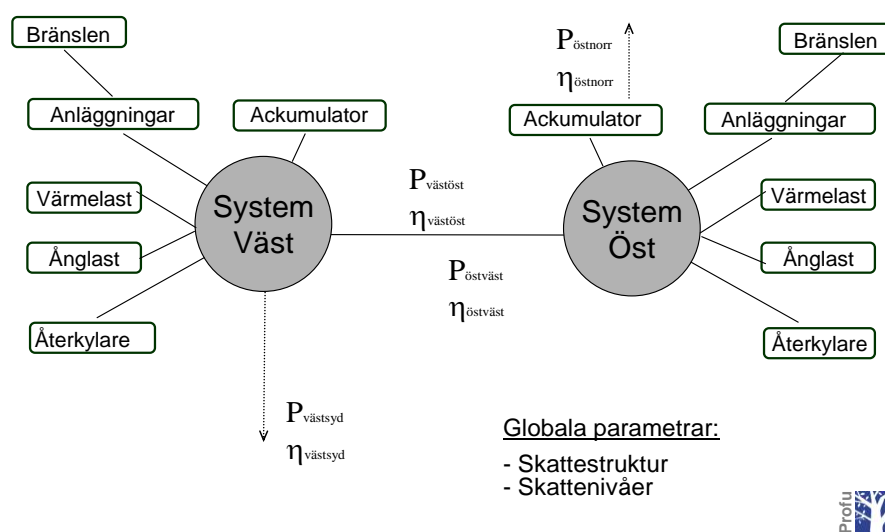
Från modellen genereras stora mängder resultat i form av materialflöden. Materialflödena ut från modellen fördelas sedan som utsläpp till luft, vatten eller mark, kvar i material etc. Dessutom tillkommer energi tillförd till avfallshantering och energi utvunnen från hanteringen.

Resultat kan erhållas som utsläpp av enskilda ämnen t.ex. koldioxid till luft eller utsläpp av övergödande ämnen till vatten. Vidare kan resultat som mängd växtnäring, fosfor eller kväve till åkermark, tungmetaller till mark och vatten m.m. erhållas. Utsläpp av olika ämnen kan med hjälp av viktningsfaktorer från livscykelanalys sammanställas till miljöpåverkanskategorier som växthuseffekt, övergödning etc.

Utifrån de studerade parametrarna analyseras systemen utifrån både företagsekonomiska, samt miljömässiga aspekter. Detta ger en bild av både de direkta kostnaderna och vinsterna av behandlingsanläggningarna samt för de indirekta aspekter som påverkar samhället som helhet.

Martes för fjärrvärmesystemet

Martesmodellen är ett analysinstrument för frågor kring fjärrvärmeproduktion med ett tidsperspektiv mellan någon vecka till flera år. Exempel på frågeställningar är investeringsanalys, budgetberäkningar, bränsleinköp och lagerhållning, korta och långa elbalanser, skatteanalys m.m. Beräkningarna sker för ett eller flera år, med en tidsindelning på 730 beräkningssteg per år (året indelat i dag/natt-perioder). Alternativt kan beräkningen ske på timbasis med 8760 beräkningssteg. Modellen har i många hänseenden en flexibel detaljeringsgrad, vilket innebär att detaljeringsgraden hos olika beräkningsparametrar styrs av de frågeställningar man önskar analysera. Indatabehovet för modellen framgår schematiskt av figur B1.



Figur B1 Schematisk struktur av Martes-programmet.

Modellen finns med både simulerande och optimerande algoritmer. I detta projekt har använts den optimerande algoritmen. Beräkningsalgoritmen kan beskrivas som en enperiodmodell för analys av ett helt år eller valfri period. Enperiodmodell innebär att beräkningen i varje tidssteg hanteras separat, så när som på ackumulatort som knyter ihop flera tidssteg. Modellen kan därigenom inte automatsikt hantera villkor som sträcker sig över flera tidssteg, såsom volymkrav på bränslen eller utsläppsbegränsningar i absoluta tal (t.ex. ton/år). Den optimerande algoritmen är en linjär programmeringsmodell (LP) med kontinuerliga heltalsvariabler. Målfunktionen är att i varje beräkningssteg minimera den totala värmeproduktionskostnaden inklusive produktionsintäkterna.

Resultaten från modellen är indelat i Energi, Utsläpp och Ekonomi. Nedan ges några exempel på resultat från respektive grupp:

Energi

- Max effektbehov, [MW per månad]
- Drift- & utnyttjningstid, [h]
- Tillförda bränslen, [GWh / månad]
- Produktion per produktionsslag, [GWh/månad och anläggning]

Utsläpp

- Utsläpp per produktionsslag, [ton/månad och anläggning]

Ekonomi [Mkr]

- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| – Fasta intäkter | – Energiskatter |
| – Rörliga intäkter | – koldioxidskatter |
| – Fasta kostnader | – Miljöavgifter |
| – Rörliga kostnader | – Återbetalning av miljöavgifter |
| – Bränsle- och elkostnader | – Kostnadsmedelvärden |

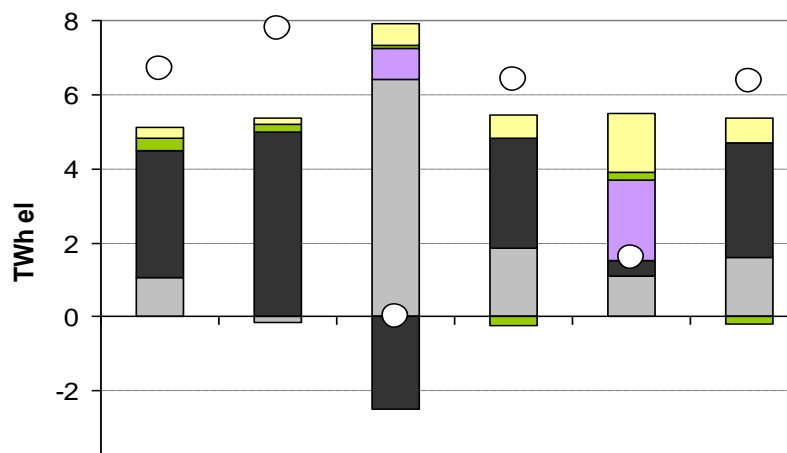
Martes nyttjas mer eller mindre kontinuerligt inom Göteborg Energi för att studera olika frågor som rör fjärrvärmeproduktionen. Tack vare detta har vi redan från början haft tillgång till databaser för Martes som beskriver de befintliga systemen.

Bilaga 2 Utsläppskoefficient för elproduktion

Hur stor förändringen av utsläppen blir vid en förändrad elanvändning eller elproduktion är en mycket komplex fråga som studerats under de senaste 10-15 åren. Profu har varit delaktiga i flera av dessa studier varav den senaste publicerats av Elforsk under 2008 (Sköldberg och Unger 2008). I rapporten studeras hur utsläppen förändras givet en förändrad elanvändning och elproduktion i Norden. Resultaten grundar sig på ett utvidgat marginalesynsätt. Detta innebär att en förändrad elanvändning eller produktion inte enbart ger en direkt påverkan på elproduktionsmixen utan förändringen påverkar även framtida investeringar i tillkommande elproduktion. Den direkta påverkan blir på samma sätt som vid ett traditionellt marginalesynsätt att de dyraste anläggningarna kommer att få en förändrad drifttid. Dessa utgörs vanligen av kolkraftverk. På sikt kommer dock förändringen påverka intresset av att exempelvis bygga vindkraftverk och kraftvärme. Konsekvenserna av en förändrad elanvändning eller elproduktion blir därmed inte bara mer eller mindre kolkraft utan också förändrad elproduktion från vindkraft, kraftvärme etc.

Hur utsläppen påverkas till följd av en förändrad elanvändning eller produktion beror alltså delvis på vilka framtida investeringar som kommer att ske i elproduktionssystemet. Detta beror i sin tur på en mängd faktorer såsom t ex framtida bränslepriser, elpris, investeringskostnader, skatter och styrmedel. I rapporten av Sköldberg och Unger (2008) har ett antal olika scenarier ställts upp för dessa parametrar och i figur B2 redovisas resultaten från dessa scenarier. Figuren visar den elproduktion som tillkommer när elanvändningen ökar, samt omvänt, vilken elproduktion som ersätts då annan elproduktion tillkommer (t ex i de fall som avfallsförebyggande leder till ökad nettoelproduktion i avfallsbehandlings- och fjärrvärmesystemet i Göteborg).

För Waste Refinery-projektets Referensutveckling, vilken utnyttjas för denna studie, antas en utveckling som motsvarar en kombination av ”Ref” och ”Fos” enligt figur B2. Detta motsvarar en utsläppskoefficient på 725 kg CO₂/MWh el. Observera att detta enbart avser användningsfasen av fossila bränslen, och ej inkluderar utvinning och liknande uppströms processer. I modelleringen i denna studie inkluderas även ”uppströms emissioner” för produktion och distribution av de bränslen som ingår i marginalesmixen.



Figur B2 Genomsnittlig effekt (under perioden 2009-2037) på elproduktionsmix och koldioxidutsläpp i Nordeuropa av ökad elanvändning i Sverige (Kort scenarieförtydligande: "Ref" = Referensantaganden, "Fos" = Högre fossilbränslepriser, "Cert" = Större elcertifikatkvot, "Red anv" = Minskad total elanvändning, "45 EUR/t" = Högre pris på utsläpp av koldioxid, "CO₂" = Begränsning av de totala koldioxidutsläppen). För mer information om förutsättningar, data etc, se Sköldberg och Unger (2008)