

Förbränning av avfall

Utsläpp av växthusgaser jämfört med annan avfallsbehandling och annan energiproduktion

RFS:s kommentarer samt Profus rapport
"CO2 utsläpp från svensk avfallsförbränning"

RVF rapport 2003:12
ISSN 1103-4092



RVF rapport 2003:12

ISSN 1103-4092

© RVF Service AB

Tryck: Daleke Grafiska 2003

Upplaga: 1000 ex

Förord

I föreliggande rapport presenteras resultatet av en undersökning avseende andelen fossilt material i det avfall som förbränns i de anläggningar som RVF klassificerar som avfallsförbränningsanläggningar, för närvarande 26 stycken. Vidare redovisas koldioxid- och växthusgasutsläpp från förbränning av avfall och en jämförelse med annan behandling av avfallet inklusive en alternativ energiproduktion med andra bränslen än avfall.

Syftet med undersökningen är att ta fram en faktor för utsläpp av CO₂ från avfallsförbränning samt bestämma hur stor del av avfallet som är fossilt.

Dessutom är syftet att undersöka avfallsförbrännings nettoeffekt på växthusgasutsläppet i relation till andra behandlingsmetoder och annan energiproduktion.

Undersökningen har genomförts av Johan Sundberg och Mattias Olofsson på konsultföretaget Profu, Göteborg. Denna rapport omfattar dels RVFs egen sammanfattning och kommentarer till Profus undersökning och dels Profus rapport i sin helhet.

Malmö november 2003

Weine Wiqvist
VD

Håkan Rylander
Ordförande i RVF:s
arbetsgrupp Avfallsförbränning

Inledning och syfte

Föreliggande rapport är uppdelad i två delar. Första delen består av RVFs sammanfattning av Profus rapport ”CO₂ utsläpp från svensk avfallsförbränning” samt RVFs egna kommentarer. RVF har också uttryckt förslag till hur förbränning av avfall bör betraktas med anledning av dess innehåll av förnyelsebart material. Andra delen består av Profus rapport ”CO₂ utsläpp från svensk avfallsförbränning” i sin helhet.

Det finns inte någon entydig definition på biobränsle och inte heller på hur stor del av avfall som kan anses som biobränsle. Biobränslekommissionen kom på 90-talet fram till att cirka 85 % av avfallet kunde betraktas som biobränsle. Detta har dock inte fastslagits helt. Däremot finns ett flertal lagstadgade dokument, som EG-direktiv, förordningar och föreskrifter och även olika standarder, förslag etc. där termen biobränsle används på olika sätt. Risken för olika tolkningar av olika dokument är därmed stor. Med anledning av detta initierade RVF en undersökning vars resultat presenteras i denna rapport.

Syftet var att ta fram faktaunderlag för att kunna fastslå hur mycket av det avfall som förbränns idag som kan betraktas som biobränsle. Avgränsningen är det avfall, både från hushåll och industrin, som används som bränsle i de anläggningar som RVF klassificerar som avfallsförbränningsanläggningar, för närvarande 26 stycken.

RVF anser att det är viktigt att kunna fastslå hur mycket av det avfall som förbränns som är att betrakta som biobränsle. Detta för att avfallet ska kunna erhålla samma möjligheter, till exempel att tilldelas elcertifikat, som annat biobränsle.

Bakgrund

Förbränning av avfall är en del av såväl avfallshanteringssystemet som energisystemet i Sverige. Cirka 40% av allt hushållsavfall förbränns i dagens 26 förbränningsanläggningar. I anläggningarna förbränns även avfall från industrin. Totalt förbrändes år 2002 2,79 miljoner ton avfall (1,68 miljoner ton hushållsavfall samt 1,1 miljoner ton industriavfall). Totalt utvanns 8 TWh värme år 2002, vilket motsvarar drygt 10 % av all fjärrvärme. Några av anläggningarna utvinner även el, totalt 0,6 TWh för år 2002.

Flera faktorer påverkar såväl hur avfallet ska/kan hanteras som utformningen av energisystemet. För ett år sedan infördes deponiförbud för brännbart avfall, om två år infördes även förbud att deponera organiskt avfall. Detta innebär ett ökat behov att ta hand om avfallet på andra sätt, genom materialåtervinning, biologisk behandling och genom förbränning med utvinning av värme och el. Utbyggnaden av kapacitet för såväl biologisk behandling samt förbränning pågår.

Andra faktorer som påverkar är skatter, avgifter, utsläppsrätter, elcertifikat och andra styrmedel. Dessa kan vara avgörande för bland annat val av metoder och tekniker, till exempel val mellan värme- eller kraftvärmeproduktion. Utbyggnad av kapaciteten medför höga investeringar vilket innebär att anläggningarna kommer att vara en del av systemet under en längre tid. Detta förstärker vikten av att optimera investeringarna från såväl avfall- som energisynpunkt.

CO₂ utsläpp från förbränning av avfall i ett snävt och ett bredare perspektiv

Avfallet som förbränns består till största delen av så kallat förnyelsebart material och kan därmed till största delen räknas som ett biobränsle. Som nämns ovan har detta fastslagits tidigare i olika utredningar men någon vedertagen andel förnyelsebart i avfall finns dock inte. Profu har sammanställt fakta om det sammanlagda avfallet (hushållsavfall plus industriavfall) som förbränns i de 26 avfallsförbränningsanläggningarna. Från detta har andelen förnyelsebart material beräknats och därmed även CO₂ utsläpp från förbränning av avfall.

I denna undersökning har avfallsförbränningen också undersökts i ett vidare perspektiv, nämligen avfallsförbränningens bidrag till växthuseffekten då alla växthusgaser beaktas. Undersökningen har gjorts med hjälp av resultat från olika systemanalyser. Beräkningar och resultat presenteras kort i första delen av rapporten samt i sin helhet i andra delen.

Givetvis varierar andelen fossilt material i avfallet med olika resultat som följd. I beräkningarna har känslighetsanalyser motsvarande variationer i plockanalysresultat använts. Resultaten utgör ett grundfall som både Profu och RVF anser vara representativt för alla 26 anläggningarna.

Nedan följer RVFs sammanfattning av Profus resultat tillsammans med RVFs egna kommentarer och slutsatser.

Förnyelsebart och fossilt material i det avfall som förbränns

Den fossila brännbara delen av det samlade inkommande avfallet till förbränning i de 26 anläggningarna uppgår till cirka 14 vikts%. Den förnyelsebara delen av avfallet uppgår till cirka 70 % av det inkommande avfallets vikt. Övrig vikt, drygt 15 % utgörs av inert material till exempel metall och grus. Av den fossila delen i avfallet dominerar mjuk- och hårdplast i hushållsavfall respektive blandplast i industriavfall. Andelen inert material i form av bland annat grus och sten i olika biobränslen varierar beroende på bränslets renhet, eventuell behandling av bränslet etc. Den inerta fraktionen bidrar inte till CO₂ utsläpp.

RVF anser att med ovanstående resultat bör avfall betraktas som ett biobränsle till 85%. Omvänt anser RVF att andelen som utgörs av fossilt brännbart kan sättas till 15%. Andelen 85 % stämmer väl med de tidigare utredningar som gjorts.

CO₂-faktorn för avfallsförbränning

Cirka 30 vikts% av det inkommande avfallets totala CO₂-utsläpp kommer från den fossila delen av avfallet. Omräknat blir CO₂-faktorn 25 g/MJ bränsle. Detta kan jämföras med den av Naturvårdsverkets använda faktorn på 32,7 g/MJ bränsle. Faktorn anges i enheten g/MJ bränsle och gör utsläppen lätt jämförbara mellan olika bränslen.

RVF anser att CO₂-faktorn för förbränning av avfall bör vara 25 g/MJ bränsle.

Prognos för framtiden

Utredningen visar att värdena som presenterats ovan är representativa även på sikt. En alternativ utveckling för avfallshanteringen fram till och med 2008 har studerats och man konstaterar att utsläppsvärdena kommer att vara ungefär desamma som för år 2002. Underlag för bedömningen är främst hämtat från Profus egna kapacitetsutredningar.

Avfallsförbränning i ett vidare perspektiv – en koldioxidsänka

Vid en jämförelse med Sveriges totala växthusgasemissioner år 2001, så motsvarar de totala emissionerna av fossilt CO₂ från förbränning av avfall 1,3 % för år 2002 och 2,6 % för år 2008. Denna jämförelse ger dock inte hela bilden. Avfallsförbränningen innebär också att annan energiproduktion och annan avfallsbehandling ersätts, vilket innebär att emissioner för dessa alternativ undviks. Det är därför felaktigt att säga att den ökade avfallsförbränningen leder till ökade växthusgasemissioner genom att endast titta på utsläppen från förbränning. Man måste analysera frågan i ett bredare perspektiv där alternativ energiproduktion och alternativ avfallsbehandling undersöks i ett systemperspektiv.

Ett sätt att få en mer rättvisande jämförelse mellan avfallsförbränning och annan energiproduktion plus annan avfallshandling är att justera CO₂-faktorn för avfallsbränslet. Beroende av effekten från den alternativa avfallsbehandlingen och energiproduktionen ökas eller minskas faktorn för avfallsbränslet. En ökning eller minskning beror på om alternativen innebär ökade eller minskade emissioner. Denna metodik används i systemanalyser.

I Profus undersökning har man jämfört resultat från studier rörande förbränning och deponering. Vid deponering uppstår en spontan biologisk nedbrytning av det organiska materialet i avfallet. Vid nedbrytningen bildas betydande mängder metan, som är en växthusgas mångfaldigt starkare än koldioxid. Nettoutsläppen av samtliga växthusgaser har därför jämförts när deponering ersätts av förbränning av avfallet med fjärrvärmeproduktion. Nettoutsläppet varierar beroende på antaganden om vilket bränsle som annars skulle ha använts till fjärrvärmeproduktionen och växthusgasutsläppet från den alternativa behandlingsmetoden. Trots att resultaten beror av antaganden, olika ersättningsbränslen etc. är det tydligt att avfallsförbränningen resulterar i att växthusgaserna totalt minskar i samtliga fall. Faktumet att metan, som i hög grad bildas vid deponering och i varierande grad vid kompostering, är en mycket starkare växthusgas än koldioxid har beaktats i beräkningarna.

Med andra ord medför avfallsförbränning en större reduktion av växthusgaseffekten än en övergång till biobränsle, om alternativet är deponering av avfallet. Om energin från avfall under 2001 ersatts med biobränsle skulle utsläppet av växthusgas ha varit 1,7 % högre. Detta beror på att för varje kg fossilt CO₂ från avfallsförbränning elimineras utsläpp motsvarande 3 kg CO₂ genom utebliven deponering.

Det bör också observeras att om andra bränslen än biobränsle hade använts skulle effekten bli betydligt större. Detta är också ett mer relevant scenario, med hänsyn till att den europeiska marknaden, som Sverige är en del av, lider brist på biobränslen.

RVF anser att den minskade växthuseffekten som uppstår då förbränning av avfall ersätter deponering och annan energiproduktion, oavsett bränsle, bör beaktas vid utformning av styrmedlen, skatter och andra regler inom avfalls- och energisystemet.

RVF's slutsatser

Med anledning av de resultat som Profu presenterat i sin undersökning anser RVF att:

- 1. avfall bör betraktas som ett bibränsle till 85 %,**
- 2. CO₂-faktorn för förbränning av avfall bör vara 25 g/MJ bränsle,**
- 3. den minskade växthuseffekten som uppstår då förbränning av avfall ersätter deponering och annan energiproduktion, oavsett bränsle, bör beaktas vid utformning av styrmedel, skatter och andra regler inom avfalls- och energisystemet.**

Profus rapport

”CO₂ utsläpp från svensk avfallsförbränning”



CO₂ utsläpp från svensk avfallsförbränning

2003-11-10



Sammanfattning

I detta projekt görs en objektiv bedömning av hur stor andel av energiproduktionen vid svenska avfallsförbränningsanläggningar som bör räknas som ett fossilt bränsle. Resultaten från utredningen visar att ca 14 vikts-% av inkommande avfall utgörs av oljebaserade material med fossilt ursprung (plast, textilier, etc.) vilket motsvarar 25 g/MJ, bränsle (grundfallet 2002). Rapporten visar också att i ett övergripande perspektiv då alternativ avfallsbehandling, återvinning och energiproduktion tas med så bidrar avfallsförbränning till att minska samhällets totala CO₂-utsläpp.



Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
1. Introduktion	6
2. Beräkningsmetodik, indata och antaganden	7
2.1 Beräkningsmetodik och viktiga indata	7
2.2 Övriga antaganden och indata	11
3. Resultat	12
3.1 År 2002	12
3.2 År 2008	15
3.3 Totala emissioner av fossil CO ₂ från svensk avfallsförbränning	19
4. Avfallsförbränningens bidrag till växthuseffekten i ett övergripande perspektiv	21
4.1 Avfallsförbränning – blandat avfall	21
4.2 Avfallsförbränning – plast	23
Referenser	25

Sammanfattning

Syftet med detta projekt är att göra en objektiv bedömning av hur stor andel av energiproduktionen vid svenska avfallsförbränningsanläggningar som bör räknas som producerat från fossila bränslen. Resultaten från denna utredning kan därmed användas som underlag i flera av de utredningar som pågår inom energi- och avfallssektorn och som påverkar avfallsförbränning, t ex handel med utsläppsrätter för CO₂, eventuell skatt på avfallsförbränning, certifikat för förnybar el och ny energibeskattnings. Beräkningar har gjorts både på nationell nivå och specifikt för Göteborg.

Projektet visar att de fossila CO₂-emissionerna från svensk avfallsförbränning ligger lägre än de värden som Naturvårdsverket använder. Naturvårdsverket kommer att revidera dessa värden nästa år.

De inkommande avfallet till avfallsförbränning utgörs till cirka 50-60 % hushållsavfall och till cirka 30-40 % av övrigt avfall (främst industriavfall). Hushållsavfallet har genomgående en något högre fossil brännbar andel än det övriga avfallet. Utredningen visar att det fossila brännbara avfallet totalt sett uppgår till cirka 14 % av det inkommande avfallets vikt. Energiandelen är större (på grund av att de fossila brännbara fraktionerna har högre värmevärde än de flesta övriga fraktioner) och uppgår till cirka 40 % av det inkommande avfallets bränsleenergi. Vidare pekar resultaten på att cirka 30 % av de totala CO₂-emissionerna är av fossilt ursprung.

Den förnyelsebara delen av avfallet uppgår till cirka 70 % av det inkommande avfallets vikt. Övrig vikt (förutom förnyelsebart och fossilt brännbart avfall) utgörs av fossilt inert material (t ex metall, grus etc.). Utredningen visar också att värdena är representativa även på sikt. Genom att studera olika alternativa utvecklingar för avfallshandlingen fram till och med 2008 har vi kunnat konstatera att utsläppsvärdena kommer att vara ungefär desamma som för år 2002.

Nedan presenteras resultaten mer i detalj.

Resultat år 2002

Tabell 1: Nationellt resultat

Beräknad faktor	Enhet	Grundfall	Variation i känslighetsanalyser		Naturvårdsverkets nuvarande värde
			Min	Max	
Viktsandel fossilt brännbart avfall (A, fossilt br)	vikts-%	14	10	17	32,7
Viktsandel förnyelsebart bränsle (A, biobr) ¹	vikts-%	72	69	75	
Energiandel fossilt brännbart avfall (E, fossilt br)	energi-%	40	32	46	
Fossil CO ₂ -andel i rökgasutsläppet (CO ₂ , fossilt br)	vikts-%	30	22	39	
CO ₂ -emissionsfaktor (CO ₂ -em)	g/MJ br	25	17	33	

Känslighetsanalyserna avser variationer i andelen fossilt brännbart avfall eftersom det finns osäkerheter när det gäller sammansättningen av avfallet som förbränns. Vidare varierar också avfallsförbränningsanläggningarnas verkningsgrad vilket påver-

¹ Förutom fossilt brännbart avfall och förnyelsebart bränsle så finns fossilt inert material (metall, grus etc.) som utgör den resterande delen.

kar CO₂-emissionsfaktorn (CO₂-em). Utredningen visar att man i nästan alla analyserade fall ligger klart under Naturvårdsverket nuvarande värde.

Tabell 2: Resultat för Göteborg

Beräknad faktor	Enhet	Grundfall	Variation i känslighetsanalyser	
			Min	Max
Viktsandel fossilt brännbart avfall (A, fossilt br)	vikts-%	13	9	17
Viktsandel förnyelsebart bränsle (A, biobr)	vikts-%	70	67	73
Energiandel fossilt brännbart avfall (E, fossilt br)	energi-%	42	32	49
Fossil CO ₂ -andel i rökgasutsläppet (CO ₂ , fossilt br)	vikts-%	31	22	40
CO ₂ -emissionsfaktor (CO ₂ -em)	g/MJ br	25	17	35

I Göteborg har samma känslighetsanalyser genomförts som på den nationella nivån. Göteborgsresultaten kan i sig ses som en känslighetsanalys till de nationella resultaten eftersom sammansättningen på avfallet är annorlunda. Bland annat utgörs det fossila brännbara avfallet till större del av plast än på den nationella nivån. Plast har högre specifikt värmevärde och specifika CO₂-emissioner än gummi och textil. Detta förklarar varför energi- och fossil CO₂-andel är större i Göteborg trots att viktsandelen fossilt brännbart avfall är mindre än på den nationella nivån.

Resultat år 2008

Tabell 3 Nationellt resultat

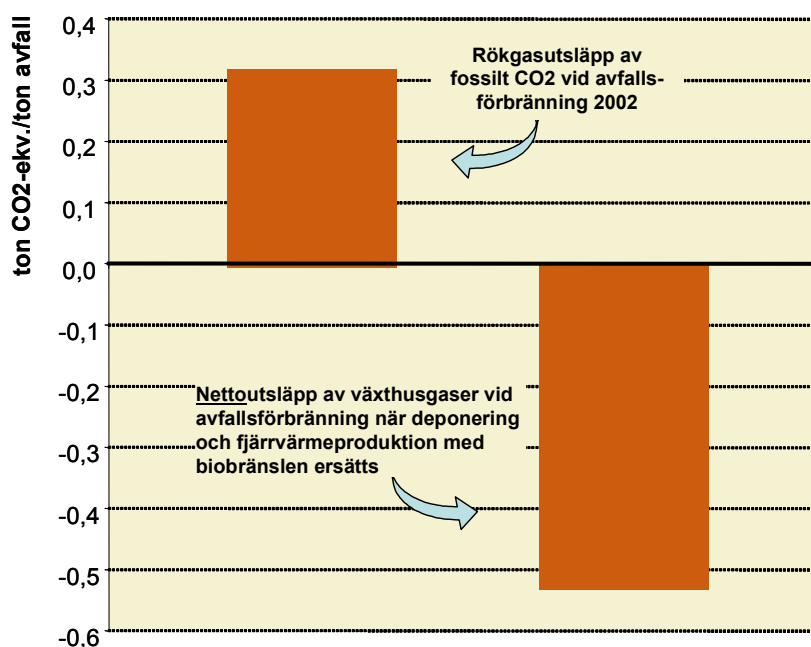
Beräknad faktor	Enhet	Grundscenario	Variation i alternativa utvecklings-scenarier		Naturvårdsverkets nuvarande värde
			Min	Max	
Viktsandel fossilt brännbart avfall (A, fossilt br)	vikts-%	15	14	15	32,7
Viktsandel förnyelsebart bränsle (A, biobr)	vikts-%	71	70	72	
Energiandel fossilt brännbart avfall (E, fossilt br)	energi-%	42	40	43	
Fossil CO ₂ -andel i rökgasutsläppet (CO ₂ , fossilt br)	vikts-%	33	31	33	
CO ₂ -emissionsfaktor (CO ₂ -em)	g/MJ br	26	23	28	

För att få fram resultaten för år 2008 har vi utgått från Grundfallet år 2002. Jämfört med Grundfallet år 2002 så ökar emissionerna av fossilt CO₂ något på grund av en större andel fossilt brännbart avfall. Ökningen är emellertid liten och innebär fortfarande att CO₂-emissionsfaktorn ligger under Naturvårdsverkets nuvarande värde. Vi har i Grundscenariot antagit att vår plastkonsumtion fortsätter att öka i samma takt som tidigare, vilket är en snabbare takt än för övriga avfallsslag. Använder vi dagens sammansättning på avfallet kan vi istället se en marginellt lägre andel plast i det avfall som bränns. Att andelen sjunker är en konsekvens av deponiförbuden som totalt bidrar till att andelen förnyelsebart bränsle ökar i det avfall som bränns. Vi har i alternativa utvecklingsscenarier försökt att ta hänsyn till sådana möjliga förändringar som kan ha betydelse för de fossila CO₂ utsläppen. Detta innebär t ex att vi har studerat konsekvenserna av att målet för plaståtervinning uppfylls enligt producentansvaret och även hur olika utvecklingstakt för biologiska behandlingsmetoder påverkar resultatet. Dessa förändringar påverkar CO₂-utsläppen men förändringarna är, som nämnts ovan, små. Resultatet för år 2008 är därmed både stabila och tydliga.

Avfallsförbränningens bidrag till växthuseffekten i ett övergripande perspektiv

De emissionsfaktorer som är beräknade ovan tar endast hänsyn till avfallsförbränningens emissioner av fossil CO₂ i rökgaserna. Avfallsförbränningen innebär emellertid att annan avfallsbehandling och annan energiproduktion ersätts. För att bedöma avfallsförbränningens bidrag till växthuseffekten bör man därför inkludera undvikna emissioner av ersatt avfallsbehandling och ersatt energiproduktion samt alla olika typer av växthusgaser (metan, lustgas etc.). I detta avseende skiljer sig avfallsförbränning markant gentemot andra bränslen och det blir därför missvisande att enbart jämföra CO₂ utsläppen i rökgaserna. Det har gjorts flera grundliga systemanalyser för att beräkna avfallsförbränningens verkliga bidrag till växthuseffekten, bland annat av olika svenska forskargrupper. Vi har i denna utredning valt att visa just de svenska undersökningarna för att på så sätt tydliggöra effekten av detta.

Figur S1 visar hur viktigt det är att betrakta avfallsförbränningen ur detta helhetsperspektiv. Den vänstra stapeln visar avfallsförbränningens bidrag till växthuseffekten om man endast inkluderar utsläppen av fossil CO₂ i rökgaserna, dvs det värde som vi har beräknat i denna utredning. Den högra stapeln visar det resulterande nettoutsläppet av alla växthusgaser om man inkluderar effekterna av att deponering och bibränslebaserad fjärrvärmeproduktion ersätts. Figuren illustrerar att för varje fossil kg CO₂ som avfallspannan släpper ut har vi samtidigt undvikit växthusgasemissioner motsvarande nästan 3 kg fossil CO₂ som annars skulle släppas ut om vi inte använde avfallspannan. Vi har här valt ett försiktigt scenario, flera andra visar att effekten kan vara ännu större, vilket beskrivs mer utförligt i rapporten.



Figur S1: Den vänstra stapeln illustrerar emissioner av fossil CO₂ i rökgaserna vid avfallsförbränning i Sverige 2002 enligt denna utredning. Den högra stapeln visar avfallsförbränningens nettoutsläpp av växthusgaser enligt Sundqvist et al (2002) när man tar hänsyn till att förbränningen innebär att deponering och fjärrvärmeproduktion med bibränslen ersätts.

Expansionen av svensk avfallsförbränning mellan 2002 och 2008 innebär att främst deponering ersätts och att främst bibränslen men även en del fossila bränslen ersätts i fjärrvärmesystemen.

Utredningen visar också att det är främst plast som bidrar till de fossila emissionerna av CO₂. Ur växthusgassynpunkt visar systemanalyser att det är gynnsamt öka materialåtervinningen och minska förbränningen av plast (under förutsättning att materialåtervinningen fungerar väl och att det finns en efterfrågan för det återvunna materialet). Detta skulle också väsentligt bidra till att minska de fossila CO₂-utsläppen i rökgaserna från svensk avfallsförbränning.

1. Introduktion

Projektbeskrivning

Den brännbara fossila delen av avfallsbränslet utgörs av avfallsfraktioner som har sitt ursprung i fossil olja. Dessa utgörs framförallt av olika typer av plaster men också till en mindre del av syntetiska gummisorter och syntetiska textilier. Totalt sätt är den fossila delen relativt liten och man brukar ofta betrakta avfallsbränsle som ett bio-bränsle och således även ett förnyelsebart bränsle. De uppskattningar som under senare år gjorts för den fossila brännbara delen av avfallsbränslet ligger mellan 10 och 25 vikts% av inkommande bränsle. I framtida diskussioner om hur man bör styra utvecklingen av avfallsförbränning med avseende på växthuseffekten (gröna elcertifikat, förbränningskatt, mm) så är det betydelsefullt att klargöra hur stor del av avfallsbränslet som är att betrakta som ett förnyelsebart bränsle.

Syftet med detta projekt är att göra en objektiv bedömning av hur stor andel av energiproduktionen vid svenska avfallsförbränningsanläggningar som bör räknas som producerat från fossila bränslen. Resultaten från denna utredning kan därmed användas som underlag i flera av de utredningar som pågår inom energi- och avfallssektorn och som påverkar avfallsförbränning, t ex handel med utsläppsrätter för CO₂, eventuell skatt på avfallsförbränning, certifikat för förnybar el och ny energibeskattnings. Beräkningar har gjorts både på nationell nivå och specifikt för Göteborg.

Profu samlar kontinuerligt in information om de faktorer som påverkar den fossila andelen av energiproduktionen. I detta projekt utnyttjas denna information tillsammans med data från Renova (Göteborg) och RVF för förbränt avfall. Informationen från Renova används för en separat studie för avfallsförbränningsanläggningen i Göteborg. RVF's statistik över förbrända avfallslag vid de svenska förbränningsanläggningarna används för att göra en bedömning för landets **nuvarande avfallsförbränning (2002)**.

Vidare görs en bedömning av hur denna andel förändras om landets avfallsförbränningsanläggningar byggs ut till **2008**. Enligt den kapacitetsutredning som Profu genomfört på uppdrag av Naturvårdsverket kommer fullt utbyggd förbränning innebära att en klart större andel av det förbrända avfallet kommer att utgöras av olika industriavfallsströmmar i framtiden. Sammansättningen och mängderna av respektive industriavfallsström bedöms och vi uppskattar därigenom hur stor den fossila andelen är av energiproduktionen även i **framtiden (2008)**.

Rapportens upplägg

I kapitel 2 beskrivs beräkningsmetodik, indata och antaganden som använts. I kapitel 3 ges resultaten av analyserna angående den fossila andelen av avfallet och de fossila emissionerna av CO₂ vid svensk avfallsförbränning. I kapitel 4 jämförs emissionerna av växthusgaser från avfallsförbränning med andra bränslen. Vidare jämförs avfallsförbränning kortfattat med andra avfallsbehandlingsalternativ ur ett övergripande växthusgasperspektiv genom resultat från tidigare genomförda systemanalyser.

2. Beräkningsmetodik, indata och antaganden

2.1 Beräkningsmetodik och viktiga indata

Tar vi bort det brännbara fossila bränslet (plaster, syntetiska gummisorter och syntetiska textilier) från det avfall som bränns i Sverige, återstår både en förnyelsebar del som är att betrakta som ett biobränsle samt en fossil ej brännbar del av inert material (metall, sten, mm). Den senare delen är liten eftersom detta material till stor del sorterats bort innan avfallspannan genom källsortering och central sortering.

Andelen fossilt avfallsbränsle är således:

$$A, \text{ fossilt br} = M, \text{ fossilt br} / (M, \text{ biobr} + M, \text{ fossilt br} + M, \text{ inert mtrl}) \text{ [vikts-\%]} \quad (1)$$

Där $M, \text{ fossilt br}$ = total vikt av fossilt brännbart avfall

$M, \text{ biobr}$ = total vikt förnyelsebart avfall

$M, \text{ inert mtrl}$ = total vikt av fossilt ej brännbart material

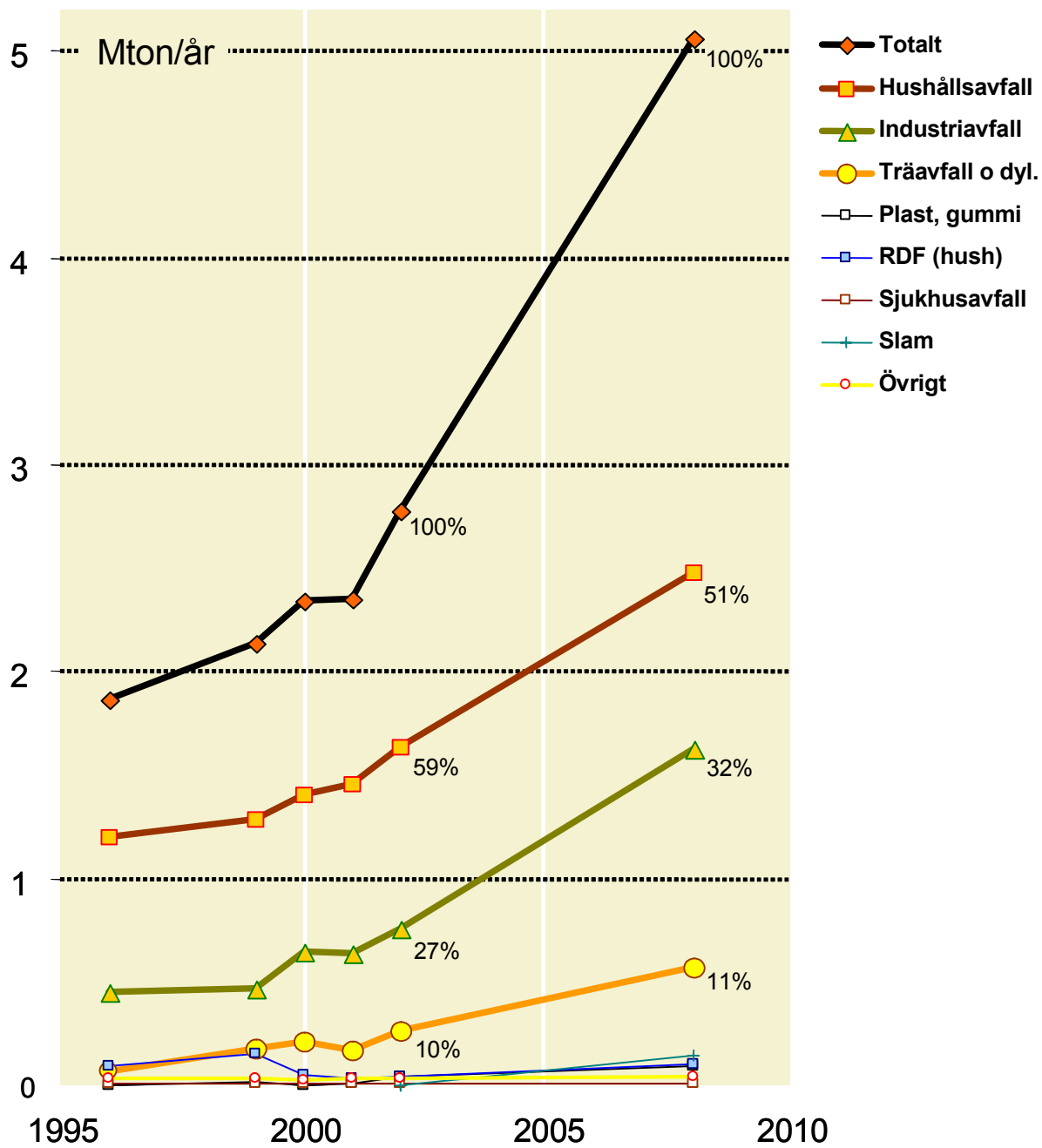
Andelen förnyelsebart bränsle är således:

$$A, \text{ biobr} = M, \text{ biobr} / (M, \text{ biobr} + M, \text{ fossilt br} + M, \text{ inert mtrl}) \text{ [vikts-\%]} \quad (2)$$

För att beräkna dessa andelar måste man dels ha kännedom vilka olika avfallstyper (hushållsavfall, industriavfall etc) som förbränns och dels måste man känna till avfallstypernas sammansättning in till pannan för att bedöma den del som utgörs av fossilt brännbart avfall, förnyelsebart avfall respektive inert material.

När det gäller avfallstyperna illustreras vårt underlag i **figur 1**. Figuren visar den avfallssammansättning som svenska avfallspannor har haft sedan 1996. Värden bygger på de värden och den avfallsindelning som använts i den årliga rapporteringen till RVF. Motsvarande värden har också erhållits för Göteborg. Denna indelning har bedömts som mer tillförlitlig än andra indelningar för denna studie. Indelningen har dock vissa problem. Det är inte entydigt vilka avfallsslag som har rapporteras under respektive rubrik vilket ibland gör det svårt att uppskatta storleken på de fossila bränslefraktionerna. I figuren ges även de avfallsmängder som vi förväntar oss när de nu planerade nya avfallspannorna är utbyggda. Värdena för denna framtidsprognos är hämtade från den nyligen genomförda tredje kapacitetsstudien (Profu 2003). Figuren visar även att den relativa sammansättningen har förändrats genom åren och att man kan se ytterligare förändringar framöver. Andelen industriavfall, träavfall och slam ökar medan andelen hushållsavfall minskar.

När det gäller sammansättning har vi utgått från Profus egna sammanställningar av litteraturodata. Här finns osäkerheter, speciellt rörande plastandelen i avfallet. Vi har därför genomfört ett antal känslighetsanalyser där vi varierat det fossila brännbara avfallets andel i respektive avfallstyp. Vi har också undersökt olika scenarier för hur denna andel kan förändras fram till 2008 (se vidare kapitel 3). I dessa scenarier tar vi även hänsyn till hur de totala genererade mängderna och mängderna till övriga behandlingsmetoder förändras.



Figur 1 Avfallstyper till avfallsförbränning i ton 1996-2002 enligt RVF och 2008 enligt kapacitetsutredning 3 (Profu 2003)

Ekvation 1 ger viktsandelen fossilt brännbart avfall som förbränns. I projektet beräknar vi även följande andelar och värden:

Energiandel (E, fossilt br): Anger hur stor del av bränsleenergin i det inkommande avfallsbränslet som kommer från fossilt brännbart material. Vi tar då hänsyn till de ingående fraktionernas massandel och deras värmevärde. Generellt kan detta skrivas som:

$$E, \text{ fossilt br} = \frac{\sum M, \text{ fossilt br}, i * H_i, \text{ fossilt br}, i}{\sum M, \text{ biobr}, j * H_i, \text{ biobr}, j + \sum M, \text{ fossilt br}, i * H_i, \text{ fossilt br}, i} \quad [\text{energi-\%}] \quad (3)$$

Där $M, \text{ fossilt br}, i$ = Vikt för det fossila brännbara avfallet, fraktion i
 $M, \text{ biobr}, j$ = Vikt för det förnyelsebara avfallet, fraktion j
 $H_i, \text{ fossilt br}, i$ = Värmevärde för det fossila brännbara avfallet, fraktion i
 $H_i, \text{ biobr}, j$ = Värmevärde för det förnyelsebara avfallet, fraktion j

Vikten av de ingående fraktionerna ges av avfallstyperna i figur 1 och sammansättningen av respektive avfallstyp. Värmevärdet för varje fraktion baseras på Profus egna sammanställningar av litteraturdata.

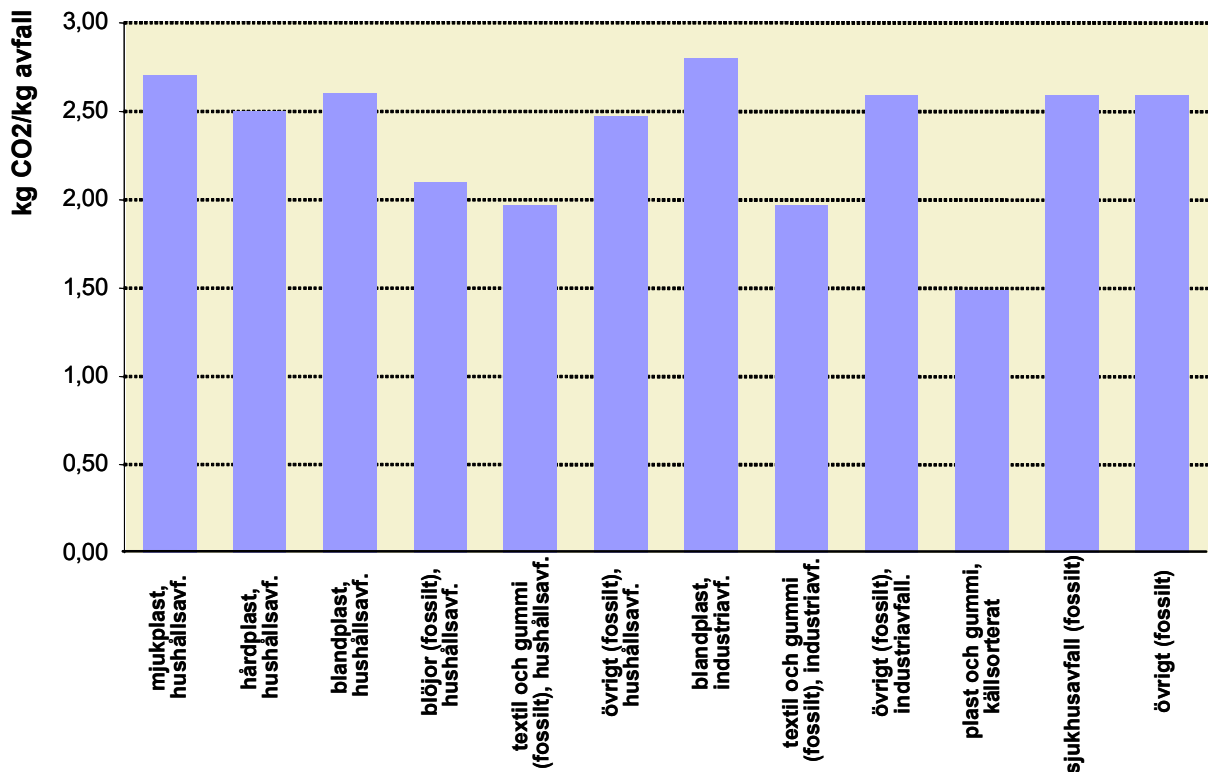
CO₂-andel (CO₂, fossilt br): Anger hur stora de totala CO₂-emissionerna är från det fossila brännbara avfallet. Vi tar då hänsyn till de ingående fraktionernas massandel och deras specifika CO₂-emission. Generellt kan detta skrivas som:

$$CO_2, \text{ fossilt br} = \frac{\sum M, \text{ fossilt br}, i * CO_2, \text{ fossilt br}, i}{\sum M, \text{ fossilt br}, i * CO_2, \text{ fossilt br}, i + (M, \text{ övrigt} * CO_2, \text{ övrigt})} \quad [\text{vikts-\%}] \quad (4)$$

Där $M, \text{ övrigt}$ = $M, \text{ biobr} + M, \text{ inert mtrl}$
 $CO_2, \text{ fossilt br}, i$ = Mängd CO₂ som bildas vid förbränning av fraktion i
 $CO_2, \text{ övrigt}$ = Genomsnittsmängd CO₂ som bildas vid förbränning av det övriga avfallet

I **figur 2** illustreras hur mycket fossilt baserad CO₂ som bildas vid förbränning av ett kilogram av respektive fossil brännbar avfallsfraktion. Dessa specifika värden är beräknade utifrån Profus statistik för ingående avfallsfraktioner och miljöbelastning. De redovisade värdena i figuren är således sammanställningar, beräkningar och uppskattningar från ett stort antal värden.

CO₂-emissionerna från det övriga avfallet, som endast härrör från förnyelsebart brännbart material, uppskattas som ett genomsnitt på basis av Göteborgsdata. Baserat på vad som förbrändes 2002 har vi uppskattat dessa emissioner till 0,86 kg CO₂/kg övrigt avfall. I två känslighetsanalyser som gäller det fossila brännbara avfallets viktsandel (Hög respektive Låg fossil andel, se vidare kapitel 3.1) så uppskattas dessa emissioner till 0,78 och 0,93 kg CO₂/kg övrigt avfall.



Figur 2 Emissioner av CO2 vid förbränning av olika fossila brännbara avfallsfraktioner

CO2-emissionsfaktor (CO2-em): Anger den fossila emissionen av CO2 uttryckt i enheten g/MJ br. Med hjälp av CO2-emissionsfaktorn kan man jämföra de fossila emissionerna från avfallsbränslet med andra bränslen som t ex olja, kol och naturgas. Det är också i denna enhet som CO2-emissionerna anges i Naturvårdsverkets beräkningar för Sveriges totala emissioner av växthusgaser. Sålunda kan man jämföra den beräknade CO2-emissionsfaktorn i detta projekt med Naturvårdsverkets värden för både avfall och andra bränslen. CO2-emissionsfaktorn beräknas på följande sätt:

$$\text{CO2-em} = (\sum M, \text{fossilt br}, i * \text{CO2, fossilt br}, i / (\text{FV, prod} + \text{EI, prod})) * n, \text{tot} \quad [\text{g/MJ br}] \quad (5)$$

Där

FV, prod = totalt producerad mängd fjärrvärme (MJ)

EI, prod = totalt producerad mängd el (MJ)

n, tot = total verkningsgrad för avfallsförbränning

Den totala fjärrvärme- och elproduktionen från avfallsförbränning för år 2002 har erhållits från RVF (motsvarande data för Göteborg har erhållits från Renova):

Total FV-produktion år 2002: 28 870 000 000 MJ

Total elproduktion år 2002: 2 220 000 000 MJ

Den totala verkningsgraden varierar mellan olika pannor. Vi har arbetat med grundantagandet att verkningsgraden är 85 %, men även gjort känslighetsanalyser med 80 och 90 % verkningsgrad. För 2008 uppskattas den totala fjärrvärme- och elproduktionen baserat på ingående avfallstyper till förbränning enligt den tredje kapacitetsut-

redningen. Effekten av olika antaganden kring verkningsgraden undersöks på samma sätt som för år 2002.

2.2 Övriga antaganden och indata

Oförbränt kol i askan

Vid förbränningen återstår en viss mängd oförbränt kol i askan. Vi har antagit att andelen kol med fossilt ursprung motsvarar det fossila brännbara avfallets viktsandel. Vidare har vi antagit att det kol som binds i askan minskar de totala emissionerna av CO₂ då emissionsfaktorerna i figur 2 gäller när avfallsfraktionerna förbränns fullständigt. Vi har gjort denna avgränsning för att kunna jämföra avfallsförbränning mot andra bränslen, där man endast inkluderar de emissioner som återfinns i rökgaserna. I ett större växthusgasperspektiv bör man både för andra bränslen och för avfallsförbränning inkludera vad som händer med det oförbrända kolet efter en tids deponering. Teoretiskt sett skulle detta kunna t ex kunna ge upphov till metan, vilket är en stark växthusgas.

I beräkningarna har vi antagit följande:

Återstående aska: 20 % av inkommande avfallsmängd

Andel oförbränt kol: 1,5 % av återstående aska

För varje kolatom som binds, undviks en molekyl CO₂. Molekylerna för kol är 12 g/mol och för CO₂ 44 g/mol. Detta innebär att totalt undviks:

$$0,2 \cdot 0,015 \cdot M, \text{ fossilt br} \cdot 44/12 = 0,011 \cdot M, \text{ fossilt br} \quad (6)$$

Mängden är liten i förhållande till de totala emissionerna, men inte försumbar.

Plast för balning

Vi har adderat emissionerna för den extra plast som tillkommer vid balning av avfall. Följande har antagits:

Andel av avfallet som balas: 10 %

Balplast: 0,002 kg/kg avfall

CO₂-emission: 2,6 kg CO₂/kg balplast

Detta antagande, att 10% av avfallet balas, är en aning högt för att inte underskatta balningens bidrag till CO₂ utsläppen. Trots detta är emissionerna för denna plastdel mycket liten.

3. Resultat

Resultaten presenteras i tre avsnitt. Först presenteras resultaten för år 2002, dvs dagens avfallsförbränning. Här inkluderas även specifika resultat för Göteborg. Därefter följer ett avsnitt om resultaten för år 2008, dvs då avfallsförbränningen beräknas vara utbyggd enligt den nyligen presenterade kapacitetsutredningen. Här redovisas nationella resultat för ett antal olika utvecklingsscenarier. I det tredje avsnittet jämförs emissionerna mot Sveriges totala emissioner av växthusgaser och mot andra bränslen.

3.1 Resultat för år 2002

I **figur 3** illustreras viktsandelen fossilt avfallsbränsle (A, fossilt br) och viktsandelen förnyelsebart bränsle (A, biobr). Resultaten ges på den nationella nivån och specifikt för Göteborg och avser ett Grundfall och två känslighetsanalyser (Hög fossil andel respektive Låg fossil andel). Totalt utgör dessa fraktioner mellan 82 och 86 % av avfallet som förbränns, medan resterande del utgörs av inert material av fossilt ursprung (metaller, sten, glas etc). A, fossilt, br varierar mellan 9 och 17 %, medan A, biobr varierar mellan 69 och 75 %.

De två känslighetsanalyserna speglar osäkerheten som finns beträffande hur stor del av avfallet som utgörs av fossilt brännbart material. Jämfört med Grundfallet har vi ökat respektive minskat den fossila brännbara viktsandelen i respektive avfallstyp i figur 1 med 30 %, vilket ungefärligen motsvarar de variationer man kan se i plockanalyser på hushållsavfall som återstår efter materialåtervinning. Övriga parametrar har hållits konstanta. Som synes får detta genomslag på andelarna fossilt och förnyelsebart bränsle.

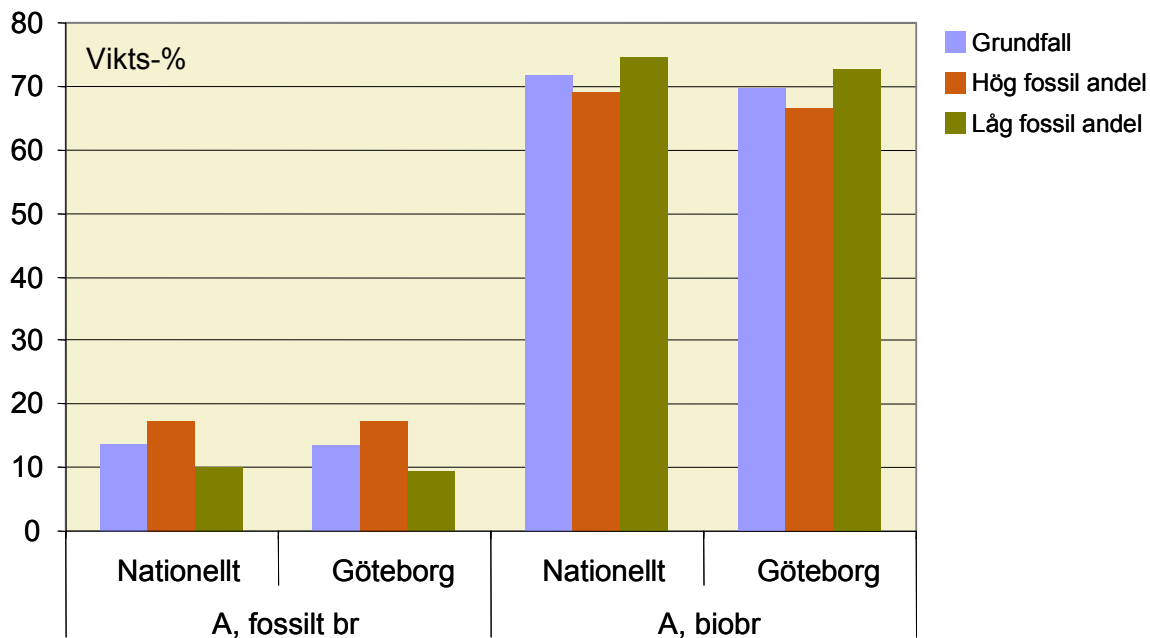
Figur 4 visar den fossila brännbara energiandelen (E, fossilt, br) både nationellt och för Göteborg i Grundfallet och i de två känslighetsanalyserna enligt ovan. Liksom för viktsandelen får osäkerheter i avfallstypernas sammansättning genomslag på den fossila brännbara energiandelen som varierar mellan 32 och 49 %. Den förnyelsebara energiandelen varierar därmed mellan 51 och 68 %. Att energiandelen är betydligt högre än viktsandelen beror på att de fossila brännbara avfallsfraktionerna har betydligt högre värmevärde än de flesta övriga avfallsfraktioner.

I **figur 5** visas den fossila CO₂-andelen (CO₂, fossilt, br) både nationellt och för Göteborg i Grundfallet och i de två känslighetsanalyserna enligt ovan. Liksom för vikts- och energiandelen får osäkerheter i avfallstypernas sammansättning genomslag på den fossila CO₂-andelen, som varierar mellan 22 och 40 %.

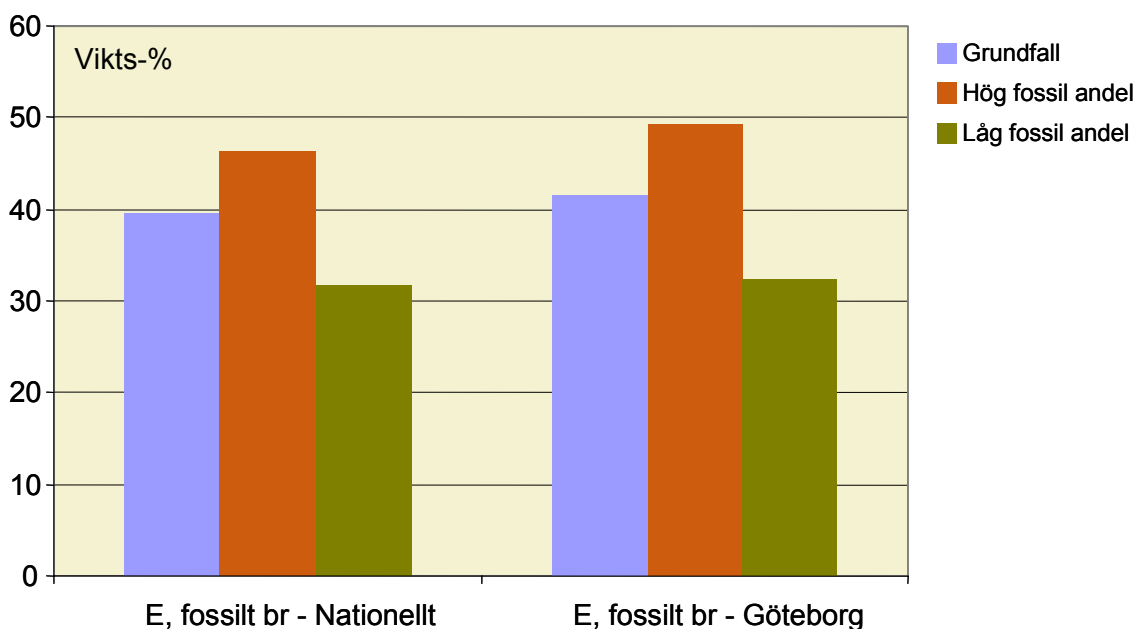
I **figur 6a** jämförs Grundfall för CO₂-emissionsfaktorn (CO₂-em) nationellt med Naturvårdsverkets nuvarande värde för emissioner från avfallsförbränning för fjärrvärme- och elproduktion². Man kan konstatera att denna utrednings värde är betydligt lägre (25 g/MJbr jämfört med 32,7 g/MJbr) än Naturvårdsverkets nuvarande värde. Naturvårdsverkets siffror är "väldigt gamla" och kommer att uppdateras nästa år av konsortiet SMED (IVL, SCB, SMHI) (Pettersson 2003).

² Naturvårdsverket använder en annan CO₂-emissionsfaktor för avfallsförbränning inom industrin: 28,4 g/MJbr (Pettersson 2003)

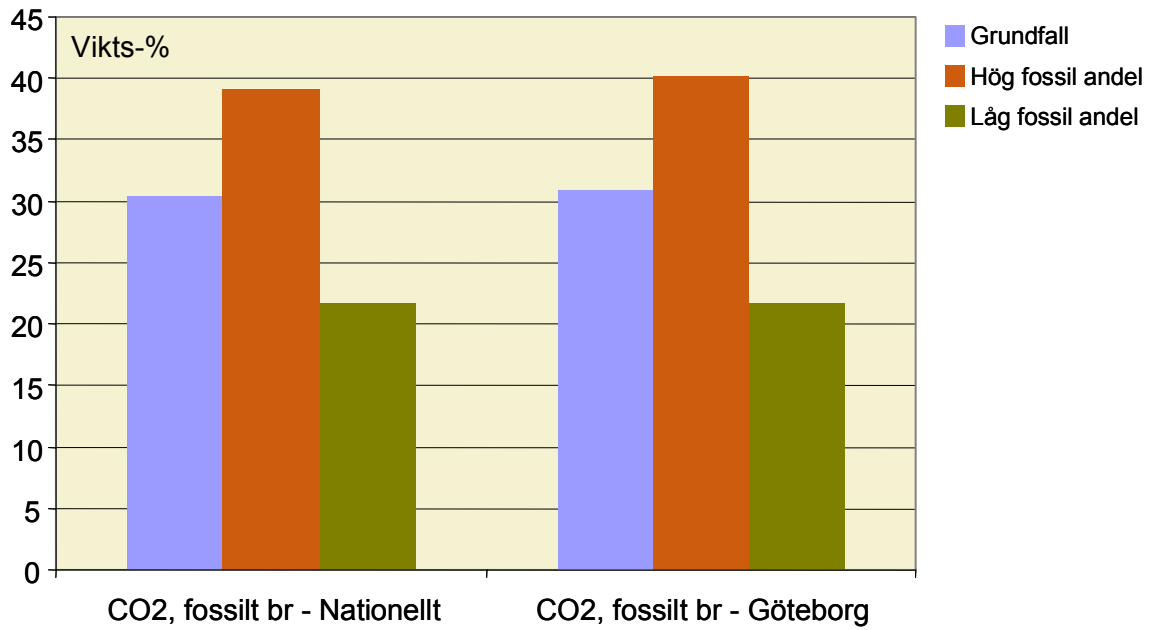
I **figur 6b** illustreras resultaten för CO₂-emissionsfaktorn (CO₂-em) nationellt i de olika känslighetsanalyserna där vi även lagt till effekten av varierande verkningsgrad vid avfallsförbränning. Som synes ligger de flesta värden under Naturvårdsverkets värde. Det är viktigt att notera att verkningsgraden får stort genomslag.



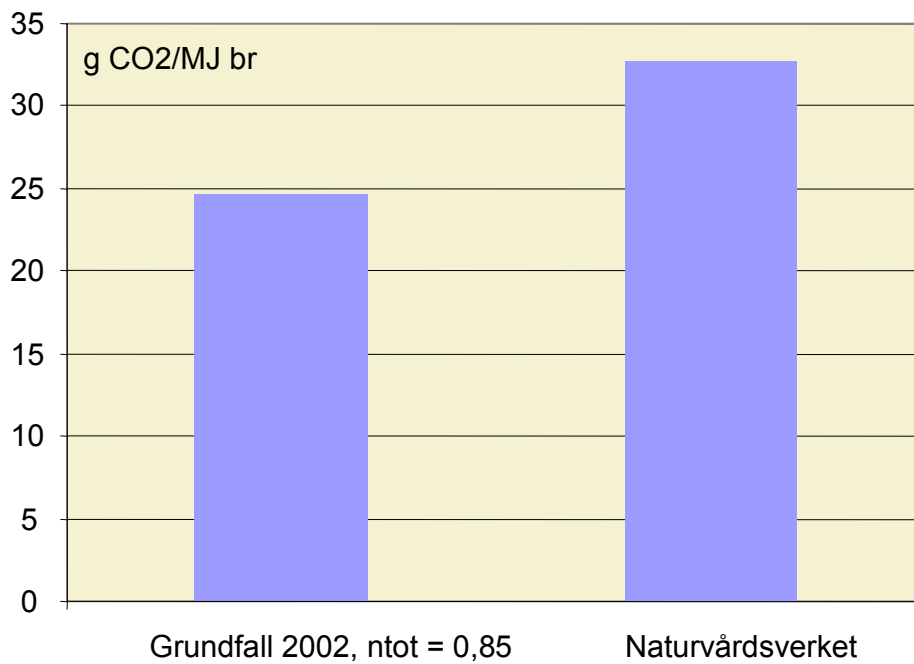
Figur 3 Viktsandelen fossilt avfallsbränsle (A, fossil br) och viktsandelen förnyelsebart bränsle (A, biobr) i Grundfall och två känslighetsanalyser



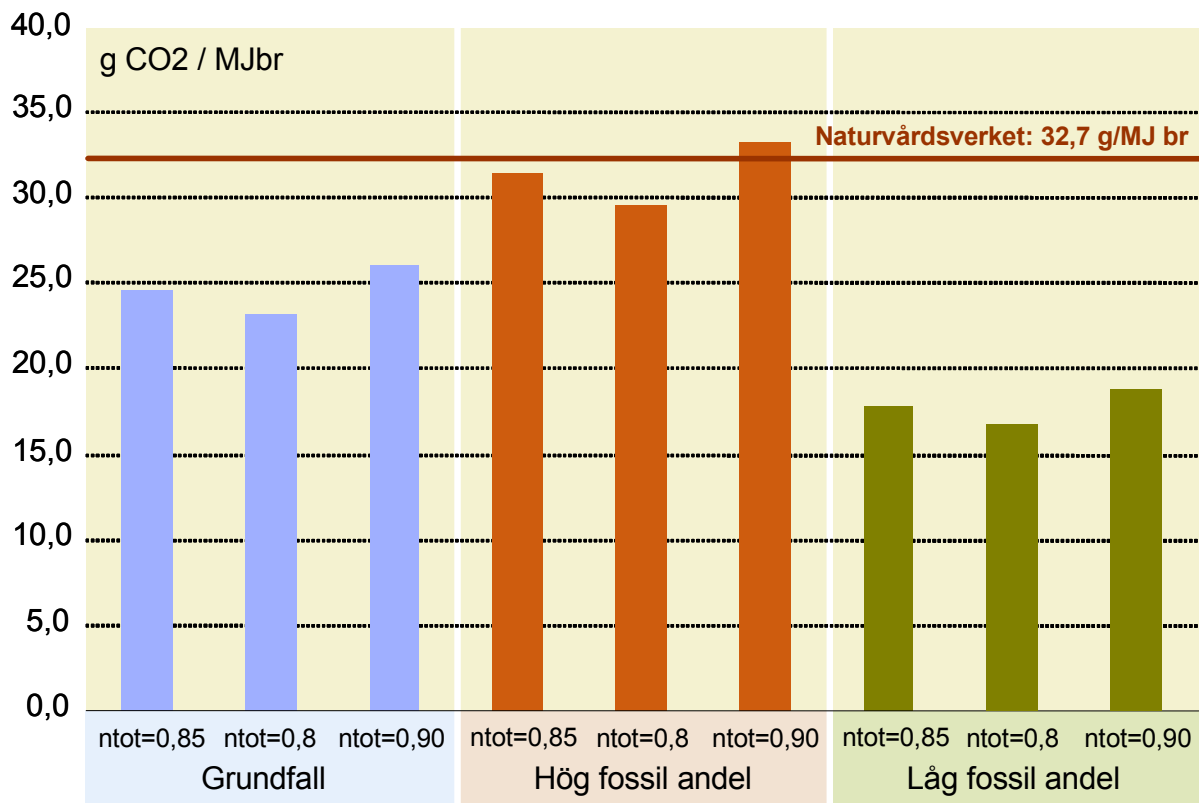
Figur 4 Fossila brännbara energiandelen (E, fossil, br) i Grundfall och två känslighetsanalyser



Figur 5 Fossila CO₂-andelen i rökgasutsläppet (CO₂, fossilt, br) i Grundfall och två känslighetsanalyser



Figur 6a CO₂-emissionsfaktorn (CO₂-em) nationellt, Grundfall enligt denna utredning och Naturvårdsverkets värde



Figur 6b CO₂-emissionsfaktorn (CO₂-em) nationellt i Grundfall och två känslighetsanalyser med varierande antaganden om verkningsgraden vid avfallsförbränning

3.2 Resultat för år 2008

I **figur 7** illustreras viktsandelen fossilt avfallsbränsle (A, fossilt br) och viktsandelen förnyelsebart bränsle (A, biobr) nationellt. Resultaten ges för ett Grundscenariot och ett antal alternativa utvecklingsscenarier som innebär förändringar jämfört med Grundscenariot. Följande gäller för dessa scenarier:

Grundscenariot: Vi utgår från situationen i Grundfallet år 2002. Mängderna till avfallsförbränning expanderar enligt kapacitetsutredningen och uppgår till cirka 5,06 Mton med fördelning enligt figur 1 år 2008. Totalt ökar de genererade avfallsmängderna med 2 % per år från 2002. Det genererade fossila brännbara avfallet bedöms öka snabbare (3,5 % per år) vilket ligger i linje med hur plastanvändningen ökat de senaste 10-15 åren och olika internationella bedömningar över den framtida utvecklingen (Tukker et al 1999, Patel et al 1998, Brown et al 2000, Ellis et al 2002, Andersson 2003 och Miljö- och Energiministeriet 1995). Materialåtervinningen enligt producentansvaret antas öka i takt med det genererade fossila brännbara avfallet (3,5 % per år), vilket innebär att materialåtervinningsgraden för plast är konstant.

Lägre konsumtion fossilt brännbart material: Det genererade fossila brännbara avfallet ökar i samma takt som övriga avfallsslag, dvs 2 % per år. Materialåtervinningen enligt producentansvaret antas öka i takt med det genererade fossila brännbara av-

fallet (2 % per år), vilket innebär att materialåtervinningsgraden för plast är konstant. I övrigt råder samma förutsättningar som i Grundscenariot

Uppfylld materialåtervinning av plast: Jämfört med Grundscenariot så är skillnaden att materialåtervinningen av plast ökar och år 2008 uppnås målet enligt producentansvaret dvs att 30 % av plastförpackningarna går till materialåtervinning. Detta innebär minskade plastmängder till förbränning och att totalmängderna till förbränning går ner till cirka 4,99 Mton.

Ökad biologisk behandling: Jämfört med Grundscenariot så ökar den biologiska behandlingen mer för att redan 2008 nå regeringens mål om att 35 % av matavfallet från hushåll skall behandlas biologiskt. Detta innebär minskade mängder matavfall till förbränning och att totalmängderna till förbränning går ner till cirka 4,97 Mton.

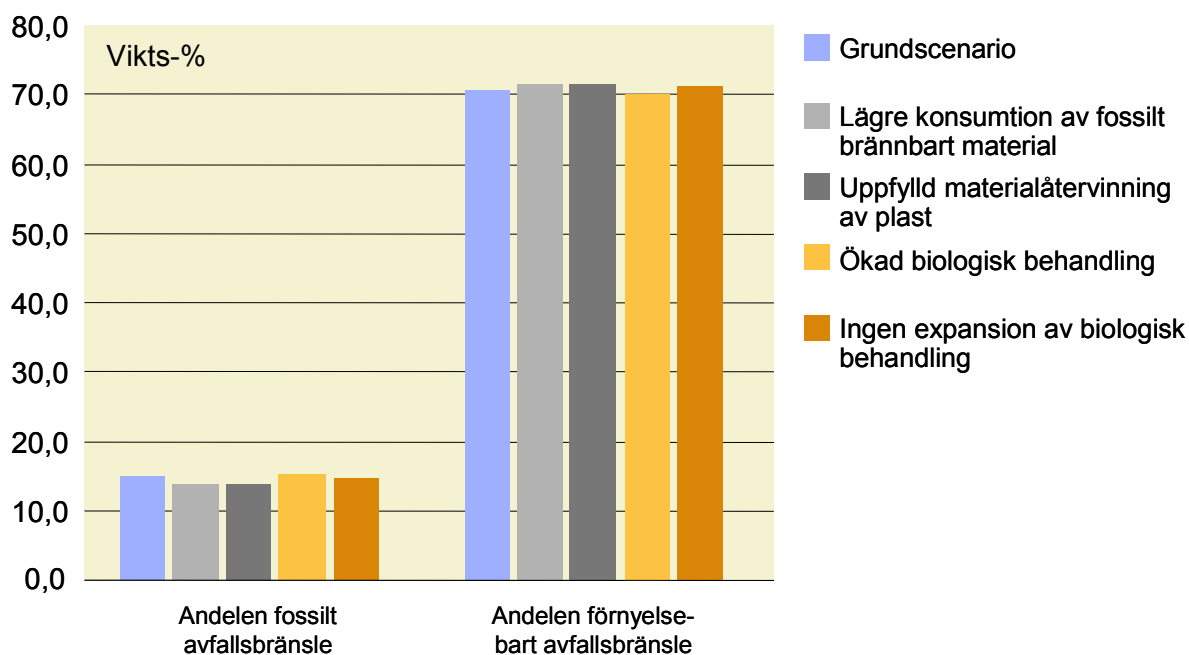
Ingen expansion av biologisk behandling: Jämfört med Grundscenariot så sker ingen expansion av biologisk behandling efter 2002. Detta innebär att större mängder biologiskt avfall måste tas om hand via förbränning. Totalmängderna till förbränning ökar till cirka 5,19 Mton.

Vi kan konstatera att för alla dessa scenarier får vi en relativt liten variation i viktsandelarna fossilt avfallsbränsle och förnyelsebart bränsle. A, fossilt bränsle varierar mellan 14 och 15 % medan B, biobränsle varierar mellan 70 och 72 %.

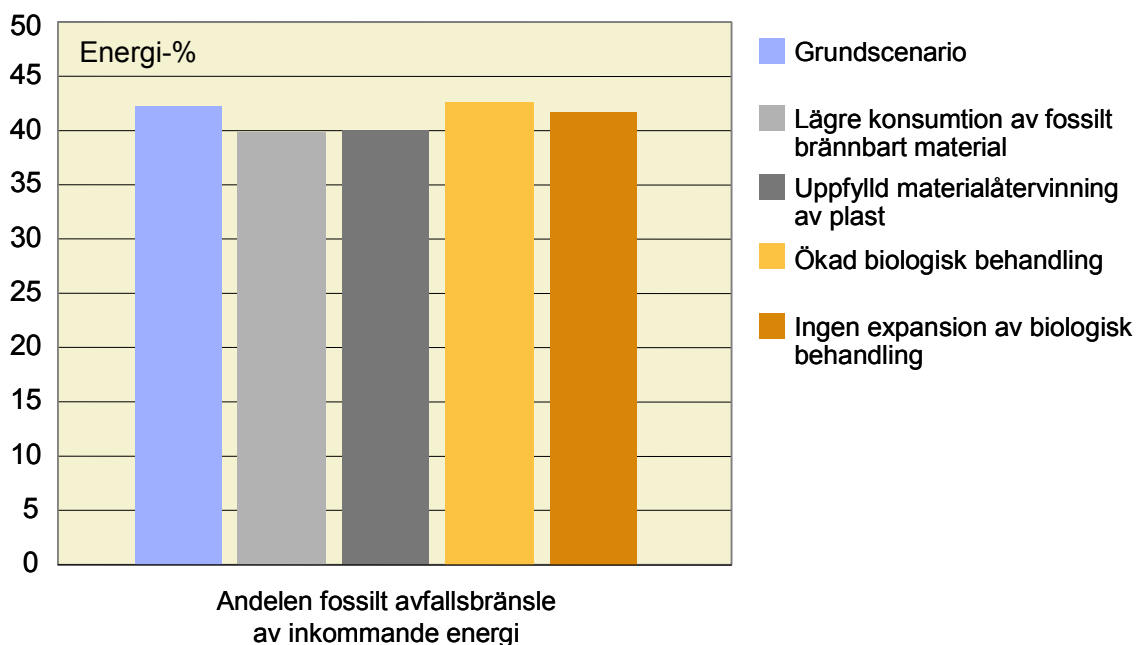
Figur 8 visar den fossila brännbara energiandelen (E, fossilt, br) i samma scenarier som ovan. Även här är variationen mellan de olika scenarierna relativt liten. Energiandelen uppgår som lägst till cirka 40 % och som högst till cirka 43 %.

I figur 9 visas den fossila CO₂-andelen (CO₂, fossilt, br) i samma scenarier som ovan. Den fossila CO₂-andelen uppgår som lägst till drygt 30 % och som högst till cirka 33 %.

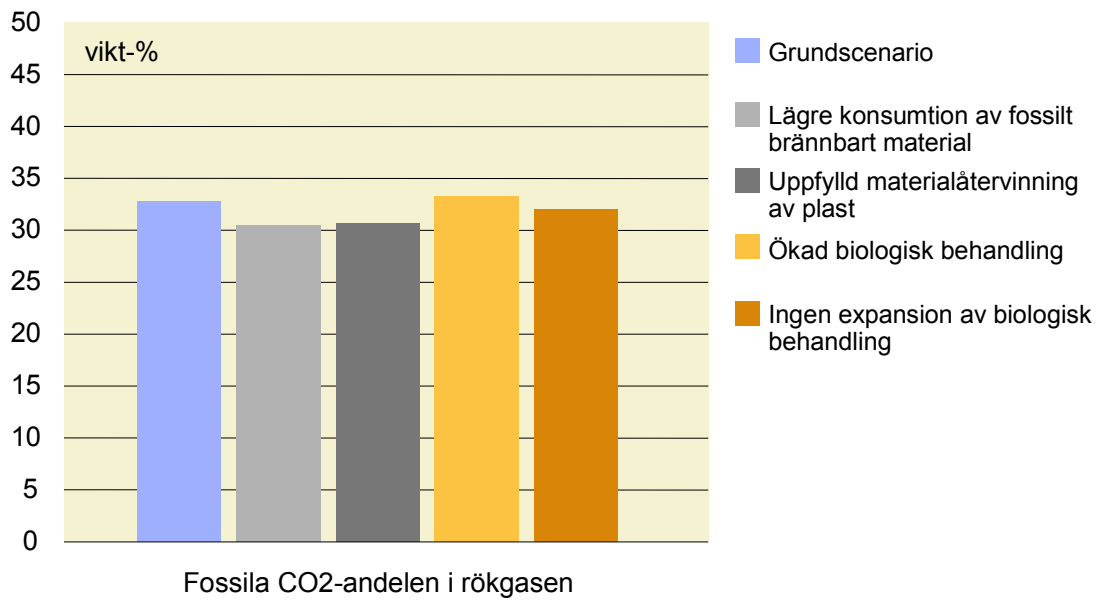
I figur 10 illustreras resultaten för CO₂-emissionsfaktorn (CO₂-em) nationellt. Vi har använt samma scenarier som ovan, men också lagt till effekten av olika verkningsgrader. Linjen illustrerar det värde som Naturvårdsverket för närvarande använder i sina klimatberäkningar för emissioner från avfallsförbränning för fjärrvärme- och elproduktion. Man kan konstatera att resultaten i denna undersökning för år 2008 också ligger klart under Naturvårdsverkets värde. Grundscenariot innebär en dock utveckling där emissionerna ökar något från år 2002 till år 2008. I Grundscenariot för år 2008 är CO₂-emissionsfaktorn drygt 26 g/MJbr medan den i Grundfallet 2002 är knappt 25 g/MJbr.



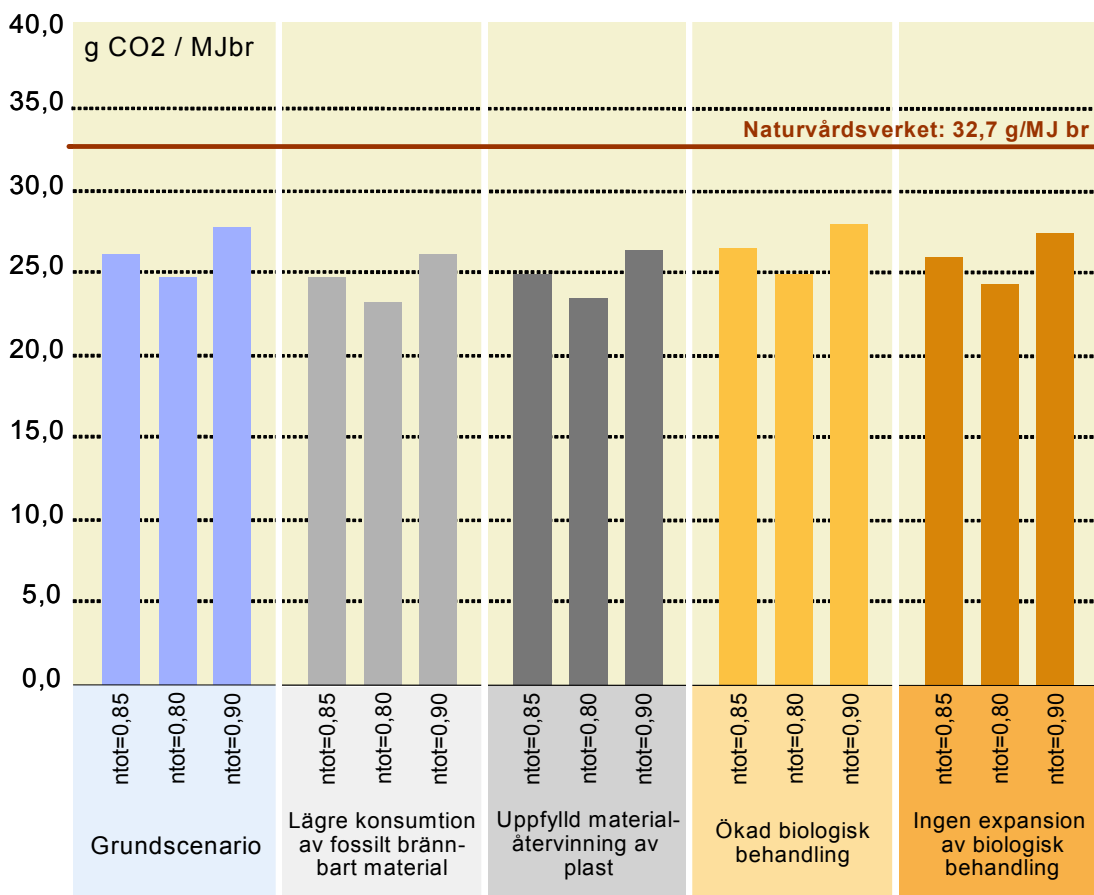
Figur 7 Viktsandelen fossilt avfallsbränsle (A, fossilt br) och viktsandelen förnyelsebart bränsle (A, biobr) nationellt i ett Grundscenario och i ett antal alternativa utvecklingsscenarier



Figur 8 Fossila brännbara energiandelen (E, fossilt, br) i ett Grundscenario och i ett antal alternativa utvecklingsscenarier



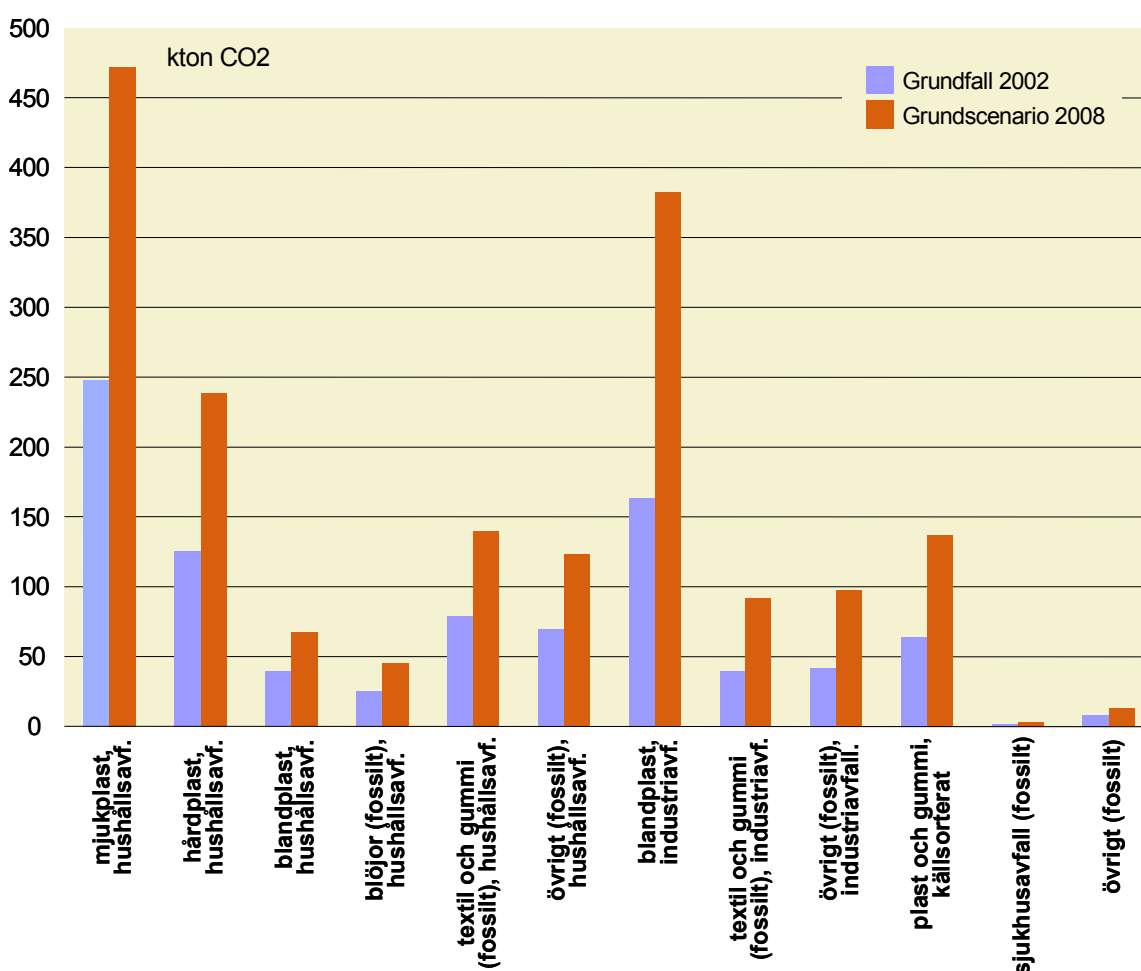
Figur 9 Fossila CO2-andelen i rökgasutsläppet (CO2, fossilt, br) i ett Grundscenariot och i ett antal alternativa utvecklingsscenarier



Figur 10 CO2-emissionsfaktorn (CO2-em) nationellt i ett Grundscenariot och i ett antal alternativa utvecklingsscenarier med varierande antaganden om verkningsgraden vid avfallsförbränning.

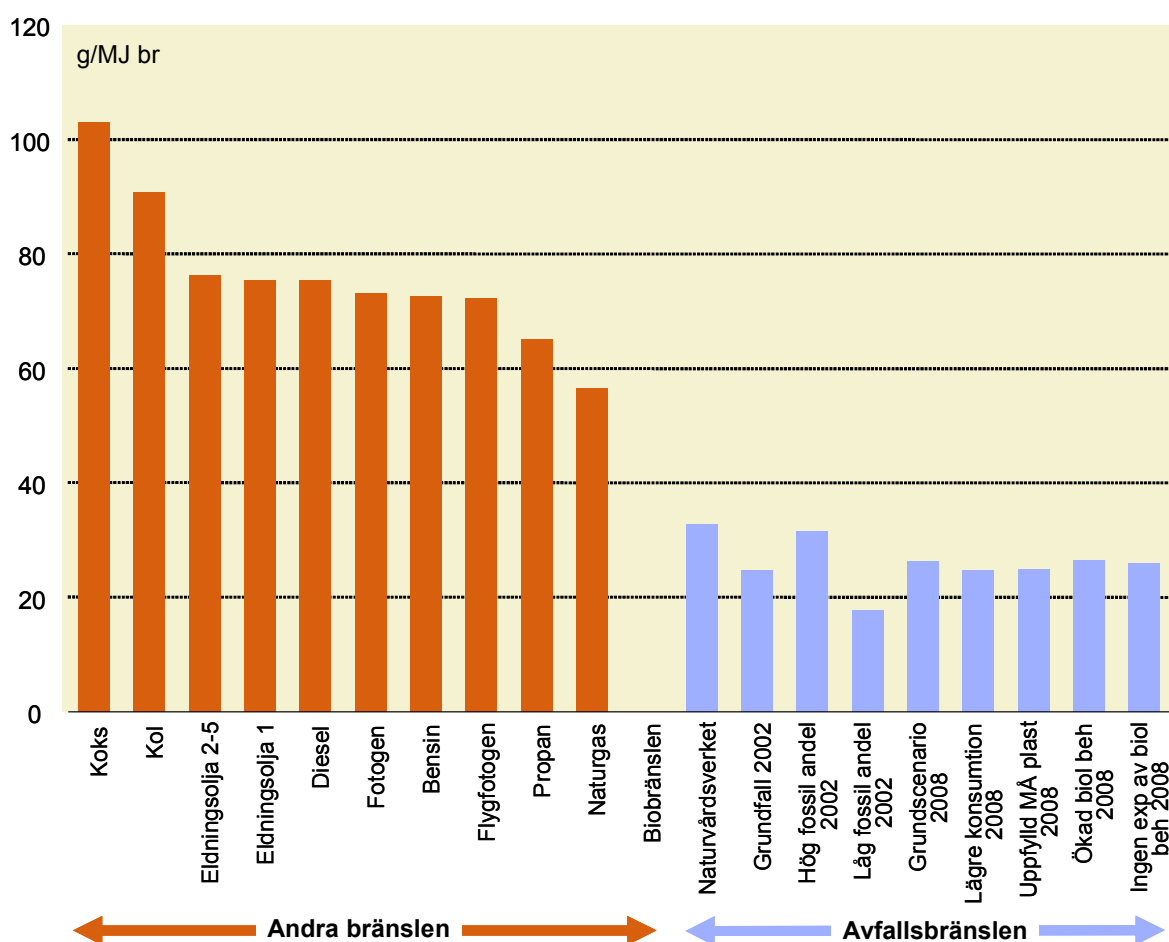
3.3 Totala emissioner av fossil CO2 från svensk avfallsförbränning

I figur 11 illustreras de totala emissionerna av fossil CO2 i Grundfall 2002 och Grundscenariot 2008. Man kan konstatera att det finns tre grupper som dominerar: mjuk- och hårdplast i hushållsavfall och blandplast i industriavfall. Vidare kan man konstatera att emissionerna från avfallsförbränningen totalt fördubblas från 2002 till 2008. Om man jämför med Sveriges totala växthusgasemissioner år 2001, så motsvarar de totala emissionerna av fossilt CO2 1,3 respektive 2,6 % för åren i figur 11. Emellertid innebär avfallsförbränningen också att annan energiproduktion och annan avfallsbehandling ersätts, vilket innebär att emissioner för denna alternativa energiproduktion och avfallsbehandling undviks. Det är därför **felaktigt** att säga att den ökade avfallsförbränningen leder till ökade växthusgasemissioner genom att endast titta på rökgasutsläppen. **Man måste analysera frågan i ett bredare perspektiv där alternativ energiproduktion och alternativ avfallsbehandling undersöks i ett systemperspektiv.** I kapitel 4 sammanfattar vi resultaten av ett antal sådana undersökningar.



Figur 11 Totala emissioner av fossil CO2 från avfallsförbränningsanläggningarna i Grundfall 2002 och Grundscenariot 2008, uppdelat på de fossila brännbara fraktionerna

I **figur 12** jämför vid de beräknade CO₂-emissionsfaktorerna (CO₂-em) mot ett antal andra bränslen. Här är det också viktigt att poängtera att CO₂-emissionsfaktorerna inte ger hela bilden av hur emissionerna av växthusgaser totalt påverkas. Givet verkningsgraden för respektive panna, så ger CO₂-emissionsfaktorerna emissionerna från pannan när en viss mängd nyttig energi (t ex fjärrvärme eller el) skall produceras. Emellertid innebär avfallsförbränningen också att avfall behandlas. Denna funktion uppfyller inte användandet av de andra bränslena, varför man måste lägga till effekten av alternativ avfallsbehandling till övriga bränslen för att se hur de totala emissionerna påverkas. Alternativt kan man dra ifrån effekten för den alternativa avfallsbehandlingen från CO₂-emissionsfaktorerna för avfallsbränslen i figur 12. Hur stor mängd som skall dras ifrån eller läggas till (om den alternativa avfallsbehandlingen innebär minskade emissioner) beror på den alternativa avfallsbehandlingen (se vidare kapitel 4).



Figur 12 CO₂-emissionsfaktorerna för fossil emission av CO₂. För avfallsbränslen kommer värdena från kapitel 3.1 och 3.2 med verkningsgrad 0,85. (Grundfallet 2002: 25 g/MJbr, Grundscenariot 2008: 26 g/MJ br)

4. Avfallsförbränningens bidrag till växthuseffekten i ett övergripande perspektiv

4.1 Avfallsförbränning - blandat avfall

I kapitel 3.3 konstaterade vi att det inte är tillräckligt att endast titta på emissionerna från själva pannan för att bedöma avfallsförbränningens bidrag till växthuseffekten. Man måste också inkludera effekten av att avfallsförbränningen ersätter annan avfallsbehandling och annan energiproduktion.

Vid systemanalyser av avfallsbehandling tar man hänsyn till dessa faktorer. Man jämför vad olika avfallsbehandlingsalternativ ger för emissioner och inkluderar emissioner för alternativ energiproduktion för att ett visst energibehov skall tillfredsställas.

Den expansion som sker från 2002 till 2008 innebär att avfallsförbränning främst ersätter deponering, dvs den alternativa avfallsbehandlingen för de cirka 2,3 miljoner ton "extra" avfall som förbränns skulle generellt ha varit deponering. Förbränningen av dessa 2,3 miljoner ton avfall innebär också att alternativ energiproduktion ersätts. Sahlin (2003) har undersökt vilka bränslen som ersätts i de svenska fjärrvärmesystemen och kommit fram till att det är främst biobränsle som ersätts, men även en viss mängd fossila bränslen. Lokalt kan förbränningen ersätta en större del fossila bränslen.

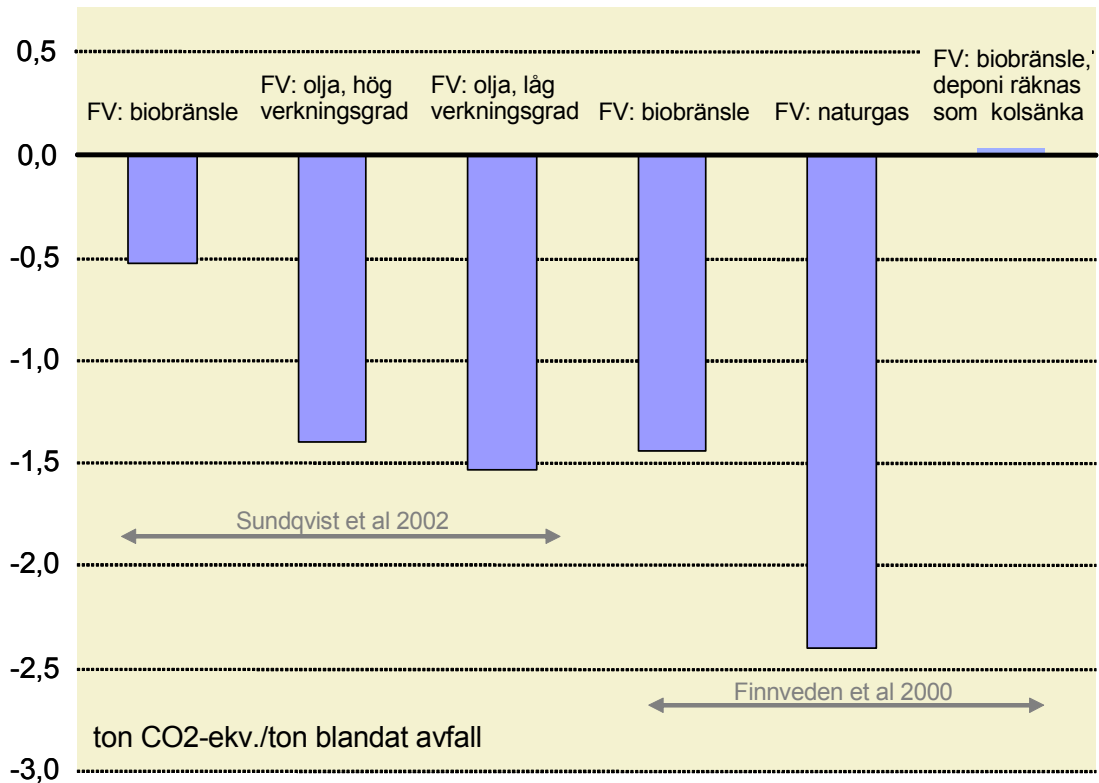
I **figur 13** jämför vi systemresultat från två forskargrupper rörande förbränning och deponering. **Figuren visar de resulterande nettoutsläppen av samtliga växthusgaser när deponering ersätts av förbränning (som endast producerar fjärrvärme).** Nettoutsläppet varierar beroende på antaganden om vilket bränsle som används till den fjärrvärmeproduktion som ersätts genom avfallsförbränningen. I ett specialfall så innebär förbränningen större emissioner (stapeln längst till höger). I detta så tittar man bara på emissionerna från deponin under en kortare tidsperiod, vilket innebär att en stor del av de senare metanemissionerna inte räknas med. Det bör poängteras att Sverige i sina officiella beräkningar av växthusgasemissioner inte utnyttjar kolsänkor, varken i deponier eller i ökad skogstillväxt.

Även om resultaten skiljer sig i åt till viss del (vilket kan bero på olika beräkningsförutsättningar, antaganden, indata etc), är det tydligt att avfallsförbränningen resulterar i att växthusgaserna **totalt** minskar. Med andra ord är avfallsförbränning till och med "mer" förnyelsebart än biobränslen under förutsättning att deponering ersätts.

Som räkneexempel kan vi använda värdet enligt den vänstra stapeln (som sannolikt underskattar effekten då endast biobränsle ersätts vid fjärrvärmeproduktion medan det nationellt även sker en viss ersättning av fossila bränslen) för att uppskatta det resulterande nettoutsläppet av avfallsförbränningsexpansionen:

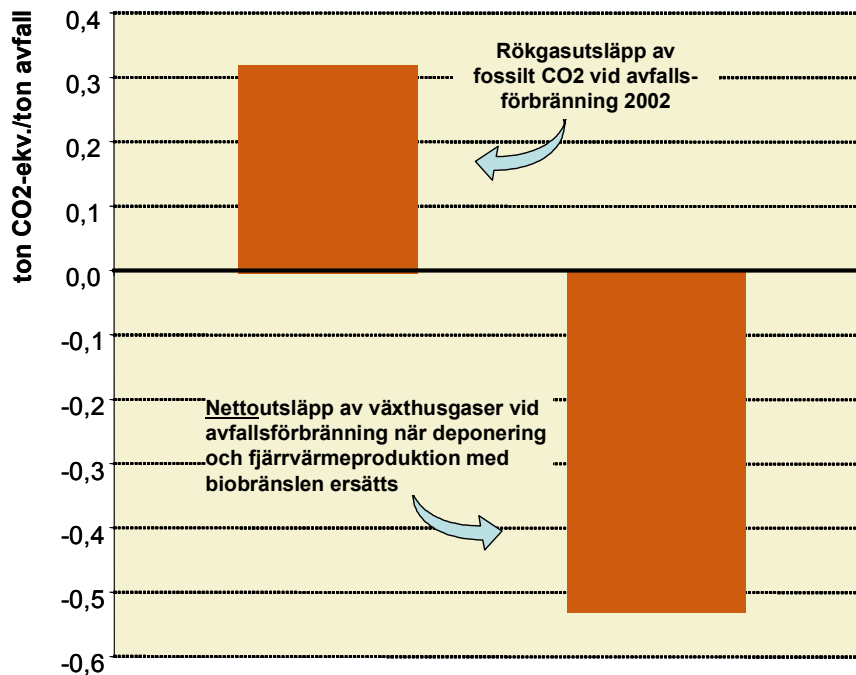
Resulterande nettoutsläpp = - 0,53 ton CO₂-ekv/ton blandat avfall * 2,3 miljoner ton blandat avfall = - 1200 kton CO₂-ekv

vilket motsvarar en reduktion av Sveriges totala växthusgasemissioner år 2001 med 1,7 %.



Figur 13 Resulterande nettoutsläpp av växthusgaser när deponering av blandat avfall ersätts av avfallsförbränning med fjärrvärmeproduktion. Figuren anger de olika bränslen som används för den fjärrvärmeproduktion som därmed ersätts

Vi kan nu jämföra att endast titta på rökgasutsläppen av fossilt CO₂ och att titta på nettoutsläppen av växthusgaser i ett övergripande perspektiv. De två synsätten illustreras i figur 14. Den vänstra stapeln visar avfallsförbränningen bidrag till växthuseffekten om man endast inkluderar utsläppen av fossil CO₂ i rökgaserna, dvs det värde som vi har beräknat i denna utredning. Den högra stapeln visar det resulterande nettoutsläppet av alla växthusgaser om man inkluderar effekterna av att deponering och biobränslebaserad fjärrvärmeproduktion ersätts. Figuren illustrerar att för varje fossilt kg CO₂ som avfallspannan släpper ut har vi samtidigt undvikit växthusgasemissioner motsvarande nästan 3 kg fossilt CO₂ som annars skulle släppas ut om vi inte använde avfallspannan.

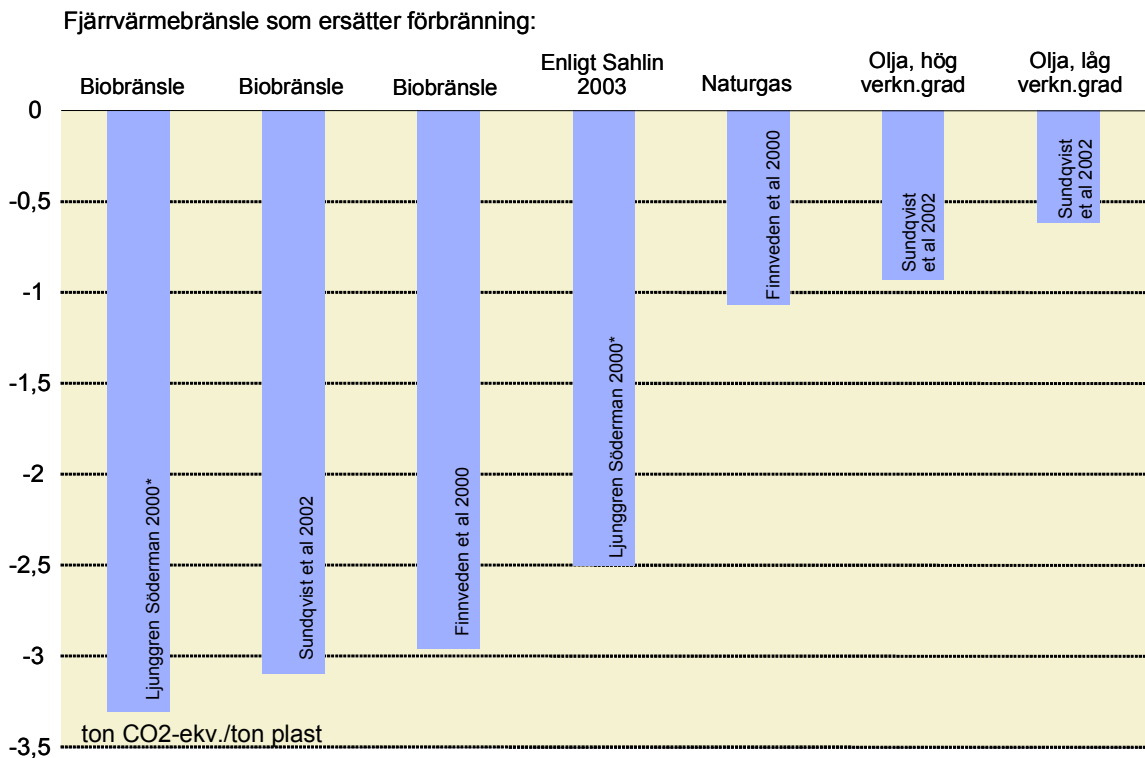


Figur 14 Den vänstra stapeln illustrerar emissioner av fossilt CO₂ i rökgaserna vid avfallsförbränning i Sverige 2002 enligt denna utredning. Den högra stapeln visar nettoeffekten enligt Sundqvist et al (2002) när man tar hänsyn till att förbränningen innebär att deponering och fjärrvärmeproduktion med bibränslen ersätts.

4.2 Avfallsförbränning - plast

I figur 11 (kapitel 3.3) kan man konstatera att det framförallt är avfallets plastinnehåll som bidrar till de fossila emissionerna av CO₂. Om man kan få ner plastinnehållet så minskar de specifika CO₂-emissionerna. Ett alternativ till förbränning är materialåtervinning av plasten. Om materialåtervinning ersätter förbränning av plast så innebär detta att energiproduktionen minskar (mindre avfall förbränns), varför alternativ energiproduktion måste utnyttjas i större grad, vilket kan ge ökade emissioner. Materialåtervinningen innebär också minskad jungfrulig produktion av plast och därmed minskade emissioner från den undvikna jungfruliga produktionen. Materialåtervinning och förbränning har studerats i ett antal systemanalyser där man inkluderar alla dessa effekter. I **figur 15** illustreras det resulterande nettoutsläppet av växthusgaser när materialåtervinning ersätter förbränning av polyetenplast (den vanligaste plastsorten i avfallet) med fjärrvärmeproduktion. Liksom tidigare varierar effekten beroende på antaganden om alternativ fjärrvärmeproduktion.

Resultaten bygger på att materialåtervinningen fungerar väl så att det återvunna materialet kan användas i en likvärdig funktion som jungfruligt material utan att stora mängder material förloras. Det krävs naturligtvis också att det finns en marknad som efterfrågar det återvunna materialet. Även om materialåtervinningen inte fungerar så väl för närvarande, så visar resultaten tydligt att det ur ett övergripande växthusgasperspektiv är eftersträvansvärt att förbättra och utöka materialåtervinningen. Detta skulle även gynna avfallsförbränningens möjligheter att få certifikat för förnybar el, då andelen fossilt brännbart avfall in till pannorna skulle minska.



Figur 15 Resultande nettoutsläpp av växthusgaser när förbränning av polyeten (den vanligaste plasticsorten) ersätts av materialåtervinning. Figuren anger de olika bränslen som används för den fjärrvärme som måste produceras när avfallsförbränningen ersätts.

* Vi har kompletterat Ljunggren Södermans data om materialåtervinning med egna beräkningar för förbränning och alternativ fjärrvärmeproduktion

Referenser

Andersson, S., *Lortig hantering av plastsopor*, Ny Teknik, nr 34, 20 augusti, 2003

Brown, K.A., Holland, M.R., Boyd, R.A., Thresh, S., Jones, H., Ogilvie, S.M., *Economic Evaluation of PVC Waste Management*, a report produced for European Commission Environment Directorate, June, 2000

Ellis, P., Frogg, J., Maack, H., Scheidl, K., *Global PP End-Markets, Application Trends*, www.chemweek.com, September 11, 2002

Finnveden, G., Johansson, J., Lind, P., Moberg, Å, *Life Cycle Assessments of Energy from Solid Waste*, fms report 2000:2, 2000

Ljunggren Söderman, *A Systems Engineering Approach to National Waste Management*, doktorsavhandling, Institutionen för Energiteknik, Chalmers, 2000

Miljö- og Energiministeriet, Environmental project 313, sid 81, Danmark, 1995

Patel, M.K., Jochem, E., Radgen, P. And Worrell, E., *Plastics streams in Germany - an analysis of production, consumption and waste generation*, Resources, Conservation and Recycling, 24, 191-215, 1998

Pettersson, S., Naturvårdsverket, e-post: Sandra.Pettersson@naturvardsverket.se, 2003-09-10

Profu, *Kapacitet för att behandla brännbart och organiskt avfall*, rapport på uppdrag av Naturvårdsverket, 2003

Sahlin, J., licentiatavhandling, Avd för Energisystemteknik, Chalmers, 2003

Sundqvist, J-O, Baky, A., Carlsson Reich, M., Eriksson, O., Granath, J., *Hur skall hushållsavfallet tas om hand? Utvärdering av olika behandlingsmetoder*, IVL-rapport B1462, 2002

Tukker, A., de Groot, H., Simons, L. And Wiegersma, S., *Chemical Recycling of Plastics Waste (PVC and other resins)*, TNO-report STB-99-55 Final, 1999



Profu i Göteborg AB , Götaforsliden 13 nedre, 431 34 Mölndal, profu@profu.se,
www.profus.se, 031-720 83 90. (**Profu** = **Proj**ektinriktad **f**orskning och **ut**veckling)

Rapporter från RVF 2003

- 2003:01 Rening av lakvatten i markbaserade växtsystem. Vägledning vid dimensionering och drift
- 2003:02 Karakterisering av lakvatten med *Nitocra Spinipes*
- 2003:03 Karakterisering av dioxininnehåll i avfall - en litteratursammanställning (RVF-Rapport)
- 2003:04 Insamlingssystem och avgifter. Statistik 2001 (RVF-Rapport)
- 2003:05 Behandling av lakvatten med hjälp av sulfatreducerande bakterier
- 2003:06 Avdrivning av ammoniak vid luftning av lakvatten i luftade dammar
- 2003:07 Studie av fastighetsnära insamlingssystem för hushållens farliga avfall i Sverige
- 2003:08 Avfallsanläggningar med deponering. Statistik 2002 (RVF-Rapport)
- 2003:09 Tips och råd vid utsortering av komposterbart hushållsavfall
- 2003:10 Praktisk kriskommunikation
- 2003:11 Bränder i avfall vid deponier och förbränningsanläggningar (RVF-Rapport)
- 2003:12 Förbränning av avfall. Utsläpp av växthusgaser jämfört med annan avfallsbehandling och annan energiproduktion (RVF-Rapport)