

Miljöfaktaboken 2011

Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter

Jenny Gode, Fredrik Martinsson, Linus Hagberg, Andreas Öman, Jonas Höglund, David Palm

Miljöfaktaboken 2011

**Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el,
värme och transporter**

Miljöfaktaboken 2011

**Estimated emission factors for fuels, electricity,
heat and transport in Sweden**

Huvudförfattare: Jenny Gode, Fredrik Martinsson, Linus Hagberg,
Andreas Öman, Jonas Höglund, David Palm

Medförfattare: Tomas Ekvall, Lisa Hallberg, Jonatan Högberg,
Maria Ljunggren Söderman, Martin Jerksjö, Tomas Rydberg

Kvalitetsgranskning: Lars-Gunnar Lindfors

A08-833

VÄRMEFORSK Service AB
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80
April 2011
ISSN 1653-1248

Abstract

Miljöfaktaboken sammanfattar aktuella och generella emissionsfaktorer för de flesta bränslen och energislag för svensk el- och värmeproduktion samt för fordonsdrift. Emissionsdata sammanställs för trädbränslen, energigrödor, biooljor, avfallsbränslen, fossila bränslen och torv, biodrivmedel, vattenkraft, vindkraft, kärnkraft samt solvärme.

Miljöfaktaboken har finansierats av Värmeforsk, Svensk Fjärrvärme, Svenskt Gastekniskt Center (SGC), Sveriges Ingenjörers Miljöfond och Stiftelsen IVL.

Sammanfattning

Miljöfaktaboken 2011 (nedan kallad Miljöfaktaboken) innehåller aktuella emissionsfaktorer för de flesta bränslen och energislag för svensk el- och värmeproduktion samt för fordonsdrift. Miljöfaktaboken är den mest detaljerade sammanställningen av emissionsfaktorer från olika bränslekedjor för svenska förhållanden och beskriver den totala miljöpåverkan från i Sverige vanligt förekommande energislag från hela livscykeln, det vill säga inkluderande råvaruutvinning, förädling, transport och omvandling.

De bränslen och energislag som ingår i Miljöfaktaboken är trädbänslen, returflis, energigrödor, biooljor, avfallsbränslen, fossila bränslen, biodrivmedel, fossila drivmedel, el samt solvärme. Emissionsfaktorerna presenteras per megajoule (MJ) bränsle eller per kWh el (för vattenkraft, vindkraft och kärnkraft).

Syftet med Miljöfaktaboken är att sammanställa och presentera aktuella och generella emissionsfaktorer för bränslen och energislag som används i Sverige för el- och värmeproduktion samt för transporter. De emissionsdata som presenteras i rapporten är uteslutande baserade på en litteraturgranskning där resultat inhämtats från andra rapporter. Inga nya mätningar har utförts. För de flesta energislag har flera olika livscykelanalyser granskats och utvärderats utifrån ett antal uppställda grundläggande kriterier. De grundläggande kriterierna kräver bland annat att data måste vara tillåten att publicera, vara presenterad per emissionsparameter (till exempel koldioxidutsläpp och inte enbart växthusgasutsläpp) samt vara presenterad per energienhet bränsle¹.

Utifrån denna granskning har de mest relevanta livscykelanalyserna valts ut och legat till grund för datasammanställningarna. Speciell omsorg har lagts på att presentera informationen på ett sätt som möjliggör jämförelser mellan olika energislag. Fullständig jämförbarhet kan dock inte erhållas eftersom det oftast finns vissa skillnader i gjorda antaganden mellan olika studier.

Fokus för sammanställningarna är utsläpp till luft vid produktion och distribution av bränslen samt vid omvandling till nyttig energi. Data i form av miljöeffektkategorier presenteras inte eftersom att underlaget i de granskade studierna varierat så mycket att rättvisa jämförelser inte kunnat göras. Övriga miljöaspekter som exempelvis utsläpp till vatten och påverkan på biodiversitet ingår inte.

Totalt har över 70 individuella studier av bränslekedjor granskats i Miljöfaktaboken. Ett avsnitt med grundläggande information om livscykelanalyser har inkluderats som behandlar exempelvis metodiken kring livscykelanalyser, systemgränser, allokering, primärenergi och värmevärden. Då ett mycket stort urval av studier granskats diskuteras också de osäkerheter som kan vara behäftade med informationen och hur användaren bör förhålla sig till dessa. Datasammanställningarna i Miljöfaktaboken utgörs som tidigare nämnts uteslutande av redan publicerade data vilket också innebär att det tillgängliga dataunderlaget i vissa fall har begränsat urvalet. I förekommande fall har

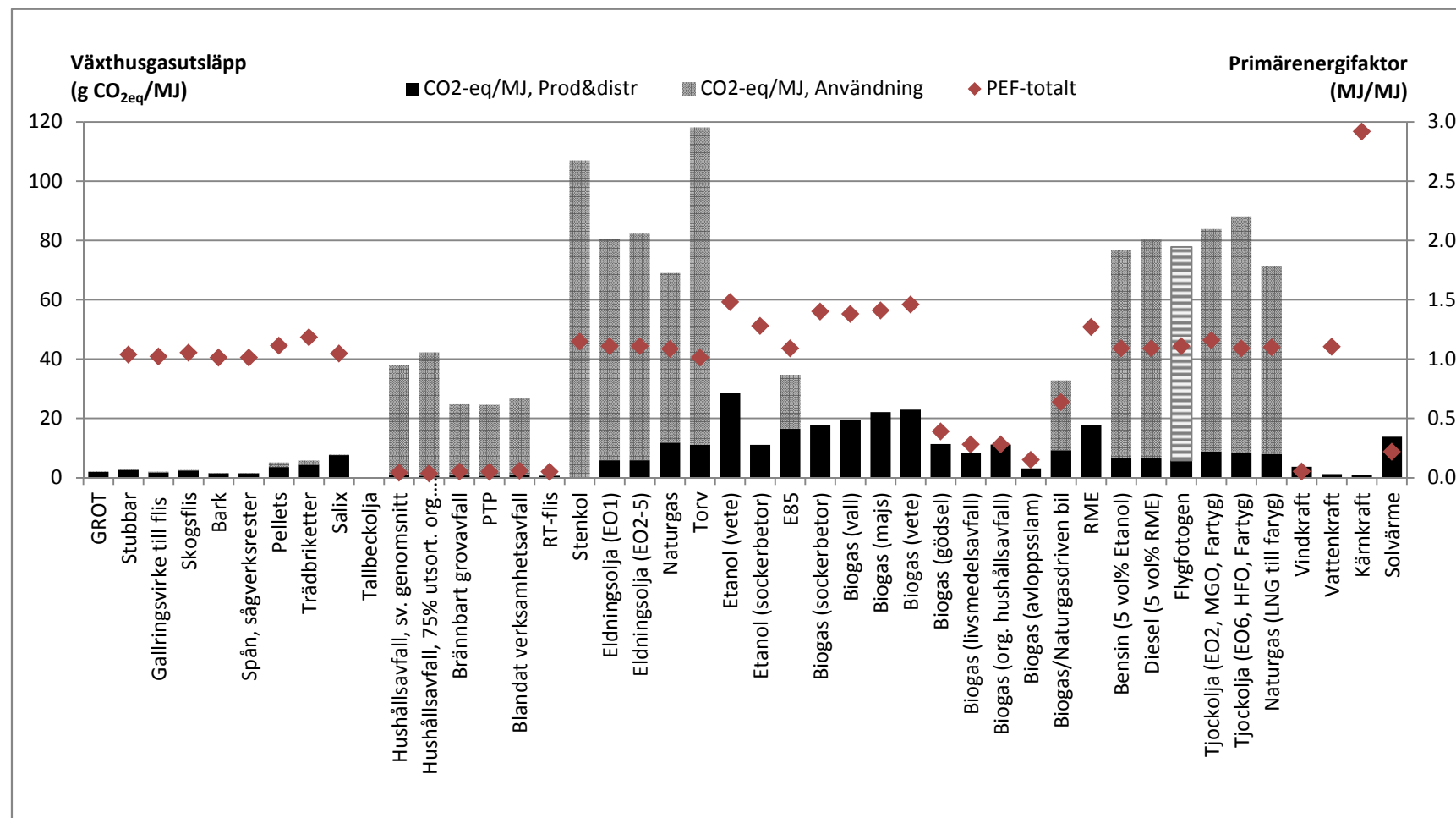
¹ Eller per kWh el för el från vattenkraft, vindkraft och kärnkraft.

därför tidigare publicerad data använts, eller tillgänglig internationell data. Sådana avvikelser informeras läsaren om.

Som stöd till användaren finns ett kapitel som genom exempel och beräkningar beskriver tillämpning och användning av data. Mer specifikt så görs exempelberäkningar för svensk medelel, nordisk medelel och svenskt fjärrvärmemedel utifrån ett antal angivna antaganden. Som anges i avsnittet är dessa just exempelberäkningar utifrån vissa metodval. Val av exempelvis andra allokeringsmetoder kan ge andra resultat.

Miljöfaktaboken omfattar ett stort antal tabeller med emissionsfaktorer för bränslen och energislag. I figuren på nästa sida sammanfattas resultaten för de granskade studierna vad gäller utsläpp av växthusgaser (g CO₂-ekvivalenter per MJ_{bränsle} eller MJ_{el} samt primärenergianvändning (MJ/MJ). Samtliga dataunderlag återfinns i rapporten. El från vindkraft, vattenkraft och kärnkraft anges i rapporten per kWh_{el}, men i figuren nedan anges de i MJ_{el} för att ha samma enhet som övriga energibärare.

Nyckelord: emissionsfaktorer, livscykeldata, bränslen, el, transporter



Figur S1. Sammanfattning av växthusgasemissioner (GHG) och primärenergifaktorer (PEF) som återges i Miljöfaktaboken. Växthusgasemissioner anges i g CO₂-ekvivalenter per MJ_{bränsle} eller MJ_{el} och primärenergifaktorer i MJ/MJ. El från vindkraft, vattenkraft och kärnkraft anges i rapporten per kWh_{el}, men i figuren nedan anges de i MJ_{el} för att ha samma enhet som övriga energibärare. Primärenergifaktor samt emissioner from produktion och distribution av tallbeckolja saknas. Stapeln för emissioner vid användning av flygfotogen är streckad då denna siffra inte finns angiven i någon studie utan har beräknats från bränslets kolinnehåll och värmevärde.

Summary

The Environmental Fact Book (hereinafter referred to as “Miljöfaktaboken”) contains up-to-date emission factors for most fuels and energy sources for Swedish electricity and heat production as well as for transports. The fuels and energy sources included are wood fuels, recycled wood chips, energy crops, bio oils, waste fuels, fossil fuels (solid and liquid), biofuels, electricity as well as solar heating.

Miljöfaktaboken is the most detailed compilation of emission factors from different fuel chains for Swedish conditions and describes the total environmental impact from commonly used fuels in Sweden from a life cycle perspective, i.e. including raw material extraction, processing, transportation and conversion.

Aim of the project

The purpose of Miljöfaktaboken is to summarize and present recent and relevant Swedish life cycle data for fuels and energy sources. The report is addressed to a broad group of stakeholders in the energy sector, authorities, researchers and consultants in need of current emission data and environmental performance of different fuels. Since the last edition, several new fuels have been added and the conditions of production and use have changed which has made earlier data obsolete. The emission data presented in the report is solely based on data in other already published studies. No new calculations have been performed within the project, although support has been given for some specific compilations that were needed (e.g. for waste fuels and transport fuels).

Review of life cycle assessment studies

For most fuels, a number of life cycle assessments have been reviewed and evaluated based on some basic criteria. This means that each reviewed study must meet several basic criteria to be valid as a source and included in Miljöfaktaboken. The basic criteria require, among other aspects, that data must be permitted to publish, be presented by emission parameter (e.g. carbon dioxide emissions and not only greenhouse gas emissions) and presented per unit energy of the fuel (or per unit electricity for hydropower, wind power and nuclear power).

Based on the review, the most relevant life cycle studies have been selected as sources for the data compilations. Special focus has been on presenting the information in a way that enables comparisons between different types of fuels and energy carriers. However, there will often be some differences in methodology choices between lifecycle studies and therefore comparisons should always be made with care.

In total, over 70 separate fuel chain studies have been reviewed in Miljöfaktaboken. A section with basic information about life cycle assessment has been included which discusses system boundaries, environmental impact categories, allocation methodologies, primary energy and energy factors etc. As a large number of studies have been reviewed a section is dedicated to the uncertainties that may be associated with the

information and how users should handle them. The data presented in Miljöfaktaboken is, as previously mentioned, solely based on already published data, which means that the access to available data in some cases has limited the selection. Therefore, where appropriate, previously published or available international data have been used.

Fuels/energy carriers included in Miljöfaktaboken

The fuels included in Miljöfaktaboken are shown in Table S1 below.

Table S1. Fuels and fuel categories included in Miljöfaktaboken

Wood fuels	Transport biofuels
<ul style="list-style-type: none"> • Bark • Sawdust, sawmill residues • Branches and tops (forest residue fuel) • Wood chips from thinnings • Wood chips from forest • Stumps • Pellets • Briquettes 	<ul style="list-style-type: none"> • Ethanol (wheat) • Ethanol (sugar beet) • Biogas (sugar beet) • Biogas (Ley) • Biogas (Corn) • Biogas (wheat) • Biogas (Manure) • Biogas (waste, food industry) • Biogas (organic municipal waste) • Biogas (sewage treatment sludge) • E85 (85% ethanol, 15% gasoline) • Biogas/natural gas fuelled car • RME
Energy crops	
<ul style="list-style-type: none"> • Salix (willow) 	
Bio oils	
<ul style="list-style-type: none"> • Crude tall oil 	
Waste fuels	Fossil transport fuels
<ul style="list-style-type: none"> • Municipal waste (Swedish average) • Municipal waste (75% sorting of organic waste) • Mixed industrial waste • RDF (Refuse Derived Fuels) • Combustible bulky waste • Recycled wood 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasoline (with 5% ethanol) • Diesel (with 5% RME) • Natural gas • Fuel oil 2 (Marine gas oil, ship) • Fuel oil 6 (Heavy fuel oil, ship) • Kerosene
Fossil fuels	Electricity
<ul style="list-style-type: none"> • Hard coal • Natural gas • Fuel oil 1 • Fuel oil 2-5 	<ul style="list-style-type: none"> • Wind power • Hydro power • Nuclear power
Peat	Solar heat
<ul style="list-style-type: none"> • Peat 	<ul style="list-style-type: none"> • Solar heat

Environmental data included in Miljöfaktaboken

The focus of Miljöfaktaboken is air emissions from production and distribution of fuels and during conversion to useful energy. Data in the form of environmental impact categories are not included as the variation in results of the reviewed studies made fair comparisons impossible. Other environmental aspects such as emissions to water and impact on biodiversity are not included. The emission factors are presented per mega joule (MJ) fuel or per kWh for electricity from hydropower, wind power and nuclear power.

Results

Miljöfaktaboken compiles emission factors for fuels and energy sources and thus contains a large number of tables. Figure S1 on next page summarises the results from the reviewed studies regarding emissions of greenhouse gases (g CO₂ equivalents per MJ_{fuel} or MJ_{electricity}) and primary energy use (MJ/MJ). All data can be found in the report. Electricity from wind, hydro and nuclear power is presented per kWh_{electricity} in the report. However, in the figure below the unit per MJ_{electricity} is used in order to use the same unit as the other energy carriers.

As guidance for the user, a chapter with examples and calculations describing how the data Miljöfaktaboken may be used is also included. Calculation examples are presented for Swedish average electricity, Nordic average electricity and Swedish average district heating based on some specific assumptions. As clearly stated in the chapter, using other assumptions may give different results.

Key words: emission factors, lifecycle data, fuels, electricity, transports

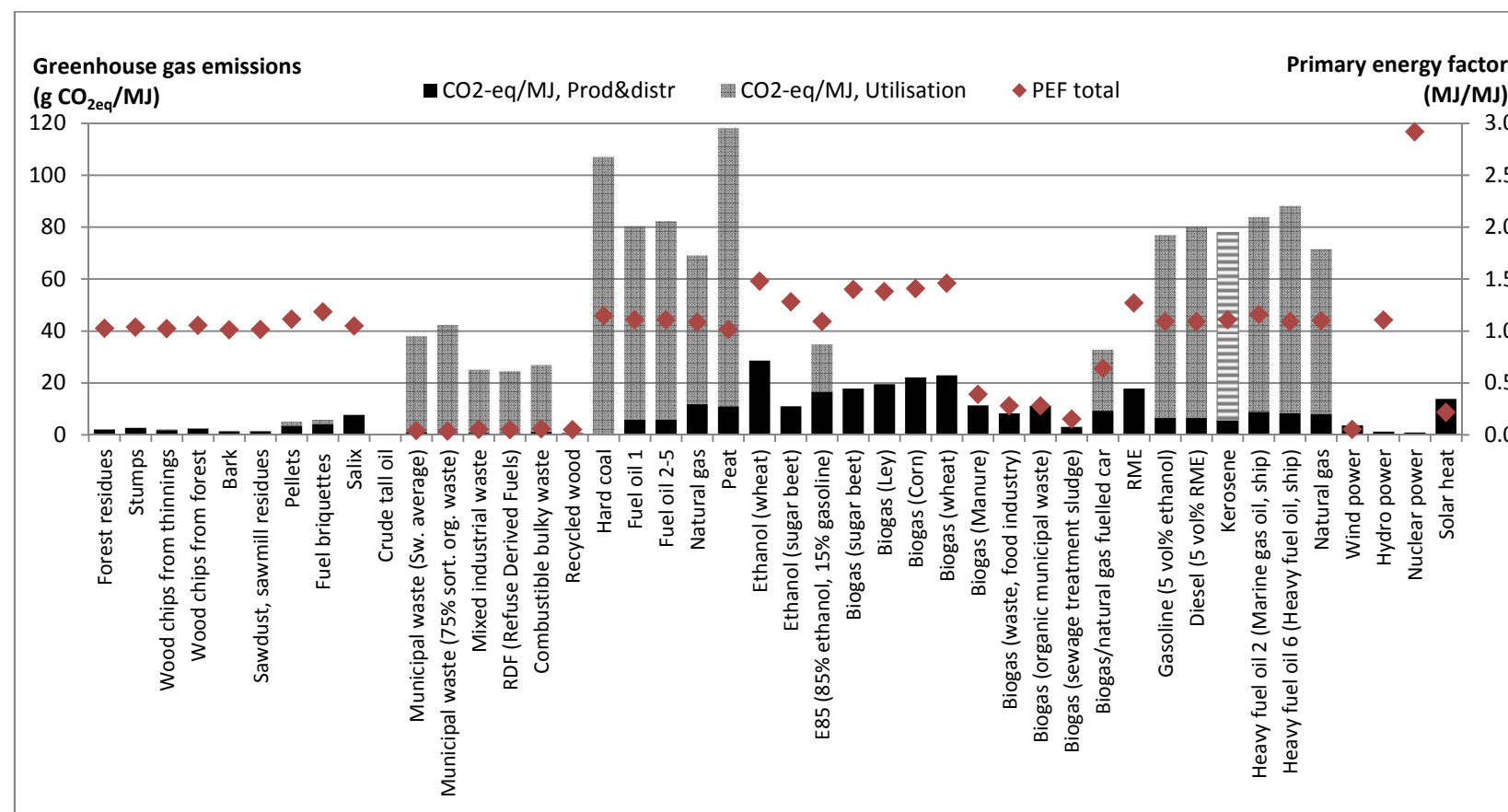


Figure S1. Summary of greenhouse gas emission factors (GHG) and primary energy factors (PEF) in Miljöfaktaboken. Greenhouse gas emission factors are presented in the unit g CO₂-equivalents per MJ_{fuel} or per MJ_{electricity}. Primary energy factors are presented in MJ/MJ. Electricity from wind, hydro and nuclear power is presented per kWh_{electricity} in the report. However, in the figure below the unit per MJ_{electricity} is used in order to have the same unit as the other energy carriers. Primary energy factor and upstream emissions are missing for crude tall oil. The bar for emissions from utilisation of kerosene is dashed indicating that the emissions have not been found in literature, but has been calculated based on the carbon content and calorific value of kerosene.

Innehållsförteckning

LÄSANVISNING	1
DEL 1. BAKGRUND OCH METODIK	2
1 INLEDNING	2
1.1 SYFTE	2
1.2 MÅLGRUPP	2
1.3 OMVÄRLDSANALYS	3
1.3.1 EU:s direktiv om förnybar energi.....	3
1.3.2 Beskrivning av forskningsområdet.....	4
1.3.3 Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet	4
1.4 OMFATTNING OCH AVGRÄNSNINGAR	5
2 GRUNDLÄGGANDE OM LIVSCYKELANALYSER	6
2.1 SYSTEMGRÄNSER.....	7
2.2 MILJÖPÅVERKANSKATEGORIER.....	8
2.2.1 Växthuseffekt.....	8
2.2.2 Övergödningspotential	9
2.2.3 Försurningspotential	9
2.2.4 Bildning av fotokemiska oxidanter	9
2.3 ALLOKERING	9
2.4 PRIMÄRENERGI OCH PRIMÄRENERGIFAKTOR	10
2.5 VÄRMEVÄRDEN OCH DENSITETER	10
3 METOD.....	11
3.1 ARBETSGÅNG.....	11
3.1.1 Litteraturgenomgång.....	11
3.1.2 Granskningsmall med bedömningskriterier	12
3.1.3 Urval av data till granskningsmall	12
3.1.4 Urval av relevanta typstudier	12
3.1.5 Uppföljning av typstudier och sammanställning	12
3.1.6 Urval av emissioner/miljödata	12
3.2 GRANSKNINGSFÖRFARANDE	12
3.2.1 Granskningsmallen.....	12
3.2.2 Urval av relevanta typstudier	14
3.2.3 Antaganden kring LCA/LCI-metodik	15
3.2.4 Antal granskade studier per bränslekategori.....	16
3.3 REFERENSGRUPP	20
4 OSÄKERHETER.....	21
DEL 2. EMISSIONSFAKTORER	22
5 FÖRKLARING AV TABELLER.....	22
5.1 TABELLER ”REFERENSÖVERSIKT”	22
5.2 TABELLER ”RESURSANVÄNDNING OCH EMISSIONER”	22
6 TRÄDBRÄNSLEN.....	26
6.1 OFÖRÄDLADE TRÄDBRÄNSLEN	26
6.1.1 Flis från GROT – referensöversikt	27
6.1.2 Flis från stubbar – referensöversikt.....	28
6.1.3 Flis från gallringsvirke – referensöversikt	29
6.1.4 Skogsflis – referensöversikt.....	30

6.1.5	<i>Oförädlade trädbränslen – resursanvändning och emissioner</i>	32
6.2	BARK, SPÅN, SÅGVERKSRESTER	33
6.2.1	<i>Bark, spån, sågverksrester – referensöversikt</i>	33
6.2.2	<i>Bark, spån, sågverksrester – resursanvändning och emissioner</i>	33
6.3	FÖRÄDLADE TRÄDBRÄNSLEN	34
6.3.1	<i>Pellets och briketter – referensöversikt</i>	34
6.3.2	<i>Pellets och briketter – resursanvändning och emissioner</i>	37
7	ENERGIGRÖDOR	38
7.1	SALIX	38
7.1.1	<i>Salix – referensöversikt</i>	38
7.1.2	<i>Salix – resursanvändning och emissioner</i>	39
8	BIOOLJOR, FASTA ANLÄGGNINGAR	40
8.1	TALLBECKOLJA	40
8.1.1	<i>Tallbeckolja - referensöversikt</i>	40
8.1.2	<i>Tallbeckolja – resursanvändning och emissioner</i>	41
9	AVFALLSBRÄNSLEN	42
9.1	AVFALLSBRÄNSLEN – REFERENSÖVERSIKT	42
9.1.1	<i>Transport och insamling av avfall</i>	43
9.2	HUSHÅLLSAVFALL	43
9.2.1	<i>Hushållsavfall – resursanvändning och emissioner</i>	44
9.3	ÖVRIGA AVFALLSFRAKTIONER	45
9.3.1	<i>Brännbart grovavfall</i>	45
9.3.2	<i>PTP-avfall (Papper-, Trä och Plast)</i>	45
9.3.3	<i>Blandat verksamhetsavfall</i>	45
9.3.4	<i>Blandat grovavfall, PTP, blandat verksamhetsavfall – resursanvändning och emissioner</i>	46
9.4	RT-FLIS	48
9.4.1	<i>RT-flis – referensöversikt</i>	48
9.4.2	<i>RT-flis – resursanvändning och emissioner</i>	49
10	FOSSILA BRÄNSLEN, FASTA ANLÄGGNINGAR	50
10.1	KOL	50
10.1.1	<i>Stenkol – referensöversikt</i>	50
10.1.2	<i>Stenkol – resursanvändning och emissioner</i>	53
10.2	ELDNINGSOLJA	54
10.2.1	<i>Eldningsolja - referensöversikt</i>	54
10.2.2	<i>Eldningsolja – resursanvändning och emissioner</i>	57
10.3	NATURGAS	58
10.3.1	<i>Naturgas – referensöversikt</i>	58
10.3.2	<i>Naturgas – resursanvändning och emissioner</i>	60
11	TORV	61
11.1.1	<i>Torv – referensöversikt</i>	61
11.1.2	<i>Torv – resursanvändning och emissioner</i>	64
12	BIODRIVMEDEL	65
12.1	ETANOL	65
12.1.1	<i>Etanol – referensöversikt</i>	66
12.1.2	<i>Etanol – resursanvändning och emissioner</i>	68
12.1.3	<i>E85 – resursanvändning och emissioner</i>	69
12.2	BIOGAS	70
12.2.1	<i>Biogas – referensöversikt</i>	70
12.2.2	<i>Biogas – resursanvändning och emissioner</i>	73
12.2.3	<i>Biogasdrivna fordon – resursanvändning och emissioner</i>	74

12.3 BIODIESEL	76
12.3.1 Biodiesel (RME) - referensöversikt	76
12.3.2 Biodiesel (RME) – resursanvändning och emissioner	77
13 FOSSILA DRIVMEDEL	78
13.1 BENSIN	78
13.1.1 Bensin – referensöversikt	78
13.1.2 Bensin (0 vol% etanol) – resursanvändning och emissioner	80
13.1.3 Bensin (5 vol% etanol) – resursanvändning och emissioner	81
13.2 DIESEL	82
13.2.1 Diesel – referensöversikt	82
13.2.2 Diesel (0 vol% RME) – resursanvändning och emissioner	84
13.2.3 Diesel (5 vol% RME) – resursanvändning och emissioner	84
13.3 FLYGFOTOGEN (JET A1)	87
13.3.1 Flygfotogen – referensöversikt	87
13.3.2 Flygfotogen – resursanvändning och emissioner	88
13.4 FARTYGSBRÄNSLEN	89
13.4.1 Fartygsbränslen – referensöversikt	89
13.4.2 Fartygsbränslen – resursanvändning och emissioner	91
14 EL	92
14.1 VINDKRAFT	93
14.1.1 Vindkraft – referensöversikt	93
14.1.2 Vindkraft – resursanvändning och emissioner	95
14.2 VATTENKRAFT	96
14.2.1 Vattenkraft - referensöversikt	96
14.2.2 Vattenkraft – resursanvändning och emissioner	98
14.3 KÄRNKRAFT	99
14.3.1 Kärnkraft – referensöversikt	99
14.3.2 Kärnkraft – resursanvändning och emissioner	101
15 SOLVÄRME	102
15.1.1 Solvärme – referensöversikt	102
15.1.2 Solvärme – resursanvändning och emissioner	103
16 RESULTAT PRIMÄRENERGI OCH VÄXTHUSGASUTSLÄPP	104
DEL 3. TILLÄMPNING AV EMISSIONSFAKTORER	108
17 TILLÄMPNING AV RESULTAT FÖR BERÄKNING AV MILJÖPRESTANDA	108
17.1 VIKTIGA METODVAL OCH FAKTORER SOM PÅVERKAR RESULTATEN	108
17.1.1 Allokering	108
17.1.2 Systemgränser, geografiskt perspektiv	108
17.1.3 Säsongsvariationer	109
17.1.4 Fördelning eller förändring	109
17.2 BERÄKNINGAR AV MILJÖPÅVERKANSKATEGORIER	109
18 FJÄRRVÄRME	111
18.1 MILJÖVÄRDERING AV FJÄRRVÄRME	111
18.2 SVENSK FJÄRRVÄRMEMIX – EXEMPELBERÄKNING	111
18.2.1 Antaganden	111
18.2.2 Resultat för svensk fjärrvärmemix	112
18.2.3 Känslighetsanalys för svensk fjärrvärmemix	114
19 EL	115
19.1 MILJÖVÄRDERING AV EL	115
19.2 SVENSK ELMIX – EXEMPELBERÄKNING	115
19.2.1 Antaganden	116

19.2.2 Resultat för svensk elmix	118
19.3 NORDISK ELMIX – EXEMPELBERÄKNING	121
19.4 URSPRUNGSMÄRKNING AV EL	123
19.4.1 Residualmix 2010	123
20 ENSKILD UPPVÄRMNING	126
21 REFERENSER	127
21.1 LITTERATURREFERENSER	127
21.2 REFERENSER FÖR UTVALDA BRÄNSLEKEDJOR	128
21.3 REFERENSER FÖR ÖVRIGA GRANSKADE STUDIER	130

Bilagor

Bilaga A1. Metodval kring LCA

Bilaga A2. Allokering vid kraftvärme

Bilaga A3. Värmevärden och densiteter för bränslen

Bilaga A4. Sammansättning av olika avfallsfraktioner

Bilaga A5. Översättning av energibärare

Tabellförteckning

Tabell 1. Översikt över granskade studier i Miljöfaktaboken	17
Tabell 2 Flis från GROT (produktion och distribution) – referensöversikt	27
Tabell 3 Flis från stubbar (produktion och distribution) – referensöversikt	28
Tabell 4 Flis från gallringsvirke (produktion och distribution) – referensöversikt	29
Tabell 5 Skogsflis (produktion, distribution samt användning) – referensöversikt	30
Tabell 6 GROT, gallringsvirke, stubbar och skogsflis – resursanvändning och emissioner	32
Tabell 7 Bark, spån, sågverksrester – resursanvändning och emissioner	33
Tabell 8 Pellets & briketter från sågverksrester (produktion & distribution) – referensöversikt	34
Tabell 9 Pellets & briketter från sågverksrester (storskalig användning) – referensöversikt	35
Tabell 10. Pellets och briketter från sågverksrester (småskalig användning) – referensöversikt	36
Tabell 11. Pellets & briketter från sågverksrester – resursanvändning och emissioner	37
Tabell 12. Salix – referensöversikt	38
Tabell 13. Salix – resursanvändning och emissioner	39
Tabell 14. Tallbeckolja (storskalig användning) – referensöversikt	40
Tabell 15. Tallbeckolja (produktion, distribution samt slutanvändning) – referensöversikt	41
Tabell 16. Avfallsbränslen – referensöversikt	42

Tabell 17. Hushållsavfall (produktion, distribution samt slutanvändning) – resursanvändning och emissioner	44
Tabell 18 Olika avfallsfraktioner – resursanvändning och emissioner	46
Tabell 19. RT-flis (storskalig användning) – referensöversikt	48
Tabell 20. RT-flis – resursanvändning och emissioner	49
Tabell 21. Stenkol (produktion och distribution) – referensöversikt	50
Tabell 22. Stenkol (produktion, distribution, användning) – referensöversikt	51
Tabell 23. Stenkol – resursanvändning och emissioner	53
Tabell 24. Eldningsolja 1 (produktion och distribution) – referensöversikt	54
Tabell 25. Eldningsolja 5 (storskalig användning) – referensöversikt	55
Tabell 26. Eldningsolja 1 och 5 (storskalig användning) – referensöversikt	56
Tabell 27. Eldningsolja 1-5 – resursanvändning och emissioner	57
Tabell 28. Naturgas (produktion och distribution) – referensöversikt	58
Tabell 29. Naturgas (storskalig användning) – referensöversikt	59
Tabell 30. Naturgas – resursanvändning och emissioner	60
Tabell 31. Torv (produktion och distribution) – referensöversikt	61
Tabell 32. Torv (produktion, distribution och användning) – referensöversikt	62
Tabell 33. Torv (storskalig användning) – referensöversikt	63
Tabell 34. Torv – resursanvändning och emissioner	64
Tabell 35. Etanol (produktion och distribution) – referensöversikt	66
Tabell 36. Etanol (användning i personbil) – referensöversikt	67
Tabell 37. Etanol – resursanvändning och emissioner	68
Tabell 38. E85 – resursanvändning och emissioner	69
Tabell 39. Biogas – referensöversikt 1	70
Tabell 40. Biogas – referensöversikt 2	71
Tabell 41. Biogas – referensöversikt 3	72
Tabell 42. Biogas – resursanvändning och emissioner	73
Tabell 43 Antagen mix för substratet till biogasen i räkneexemplet	75
Tabell 44. Genomsnittsbränsle i biogasdrivna fordon – resursanvändning och emissioner	75
Tabell 45. Biodiesel (RME) – referensöversikt	76
Tabell 46. Biodiesel (RME) – resursanvändning och emissioner	77
Tabell 47. Bensin (produktion och distribution) – referensöversikt	78
Tabell 48. Bensin (användning i personbil) – referensöversikt	79
Tabell 49. Bensin (0 vol% etanol) – resursanvändning och emissioner	80
Tabell 50. Bensin (5 vol% etanol) - resursanvändning & emissioner	81
Tabell 51. Diesel (produktion och distribution) – referensöversikt	82
Tabell 52. Diesel (användning) – referensöversikt	83

Tabell 53. Diesel (0 vol% RME) – resursanvändning och emissioner.....	84
Tabell 54. Diesel (5 vol% RME) – resursanvändning och emissioner.....	85
Tabell 55. Flygfotogen – referensöversikt.....	87
Tabell 56. Flygfotogen – resursanvändning och emissioner.....	88
Tabell 57. Fartygsbränslen – referensöversikt.....	89
Tabell 58. Fartygsbränsle – resursanvändning och emissioner.....	91
Tabell 59. El från vindkraft – referensöversikt	93
Tabell 60. El från vindkraft – resursanvändning och emissioner	95
Tabell 61. El från vattenkraft – referensöversikt	96
Tabell 62. El från vattenkraft – resursanvändning och emissioner	98
Tabell 63. El från kärnkraft – referensöversikt.....	99
Tabell 64. El från kärnkraft – resursanvändning och emissioner	101
Tabell 65. Solvärme – referensöversikt.....	102
Tabell 66. Solvärme – resursanvändning och emissioner.....	103
Tabell 67. Resultat primärenergifaktorer och växthusgasutsläpp.....	104
Tabell 68. Karakteriseringsfaktorer som används vid aggregering av emissionsdata till respektive miljöeffektkategori (Börjesson m.fl. 2010)	110
Tabell 69. Alternativa verkningsgrader för separat el- och värmegenerering.	112
Tabell 70. Utsläpp av växthusgaser (koldioxidekvivalenter) och primärenergianvändning för svensk medelfjärrvärme år 2008 utifrån data i Miljöfaktaboken. Alternativproduktionsmetoden används för allokering mellan el och värme i kraftvärme och el värderas som nordisk elmix.	113
Tabell 71. Antaganden kring bränslemix och verkningsgrader för elproduktion.	116
Tabell 72. Antagen fördelning av användning av bränslen till elproduktion i industriellt mottryck. Källa Energimyndigheten (2009).....	117
Tabell 73. Beräkningen av utsläpp av växthusgaser (koldioxidekvivalenter) och användningen av primärenergi för el som genereras i kraftvärme år 2008. Alternativproduktionsmetoden används för fördelning mellan el och värme i kraftvärme	118
Tabell 74. Utsläpp av växthusgaser (koldioxidekvivalenter) och primärenergianvändning för svensk elmix år 2008 inklusive distributionsförluster. Källor: ENTSO-E (2009) och beräkningar ovan.	119
Tabell 75. Beräkning av utsläpp av växthusgaser och användning av primärenergi till nordisk elmix (inklusive Island) år 2008. Elgenereringsdata från ENTSO-E 2009	121
Tabell 76. Fördelning av använda bränslet mellan olika sätt att generera el inom Norden. Elgenereringsdata från ENTSO-E 2009.....	122
Tabell 77. Beräknade primärenergifaktorer för den producerade elen från respektive termiska kraftslag och bränslen.	122
Tabell 78. Nordisk elproduktions- och residualmix 2005-2009 (Källa: Svensk Energi [15])	124
Tabell 79. Beräkningsexempel på utsläpp av växthusgaser och användning av primärenergi för direktverkande el, värmepump, oljepanna och pelletspanna.	126

Läsanvisning

Miljöfaktaboken 2010 omfattar tre delar:

DEL 1. BAKGRUND OCH METODIK

Läsaren rekommenderas att läsa de inledande avsnitten under Del 1 för att få en inblick i projektets syfte och metod och inte minst till metodiken för livscykelanalyser.

DEL 2. EMISSIONSFAKTORER

Under Del 2 sammanställs emissionsfaktorer för de bränslen och energislag där IVL funnit livscykelstudier med tillräckligt hög kvalitet, dvs. sådana studier som uppfyller de granskningskriterier som beskrivs i Del 1.

DEL 3. TILLÄMPNING AV EMISSIONSFAKTORER

I Del 3 visar vi hur de data som presenteras i Miljöfaktaboken kan användas för att beräkna exempelvis emissionsfaktorer för olika elmixar och hur beräkningar i s.k. miljöeffektkategorier (även kallat miljöpåverkans-kategorier) genomförs.

DEL 1. BAKGRUND OCH METODIK

1 Inledning

Miljöfaktaboken är en unik sammanställning av livscykeldata för bränslen och energislag som används i Sverige för el- och värmeproduktion samt till transporter. Miljöfaktaboken är den mest detaljerade sammanställningen av emissionsfaktorer från olika bränslekedjor för svenska förhållanden och beskriver den totala miljöpåverkan från i Sverige vanligt förekommande energislag från hela livscykeln, det vill säga inkluderande råvaruutvinning, förädling, transport och förbränning. De bränslen och energislag som studeras är trädbränslen, RT-flis, energigrödor, biooljor för fasta anläggningar, avfallsbränslen, fossila bränslen för fasta anläggningar inkl. torv, biodrivmedel, fossila drivmedel inkl. fartygsbränslen, vattenkraft, vindkraft, kärnkraft samt solvärme.

Det finns andra publikationer och databaser som beskriver miljödata för olika bränsleslag, men de baseras vanligen på internationella data eller är specifika för vissa energislag. Miljöfaktabok för bränslen presenterar energislagen och livscykeldata utifrån svenska förhållanden för de i dagsläget vanligast förekommande bränslena i en och samma publikation vilket underlättar för användaren. Rapporten baserar sig på en inventering, granskning och sammanställning av befintliga publika studier. För att säkerställa publikationens kvalitet har en kvalitetsbedömning av ingående livscykeldata genomförts.

1.1 Syfte

Syftet med Miljöfaktabok för bränslen (hädanefter kallad Miljöfaktaboken) är att sammanställa och presentera aktuella och generella livscykeldata för bränslen och energislag som används i Sverige för el- och värmeproduktion samt för transporter. Målet har varit att presentera data för så många bränslen som möjligt och med så tillförlitliga och jämförbara data som möjligt.

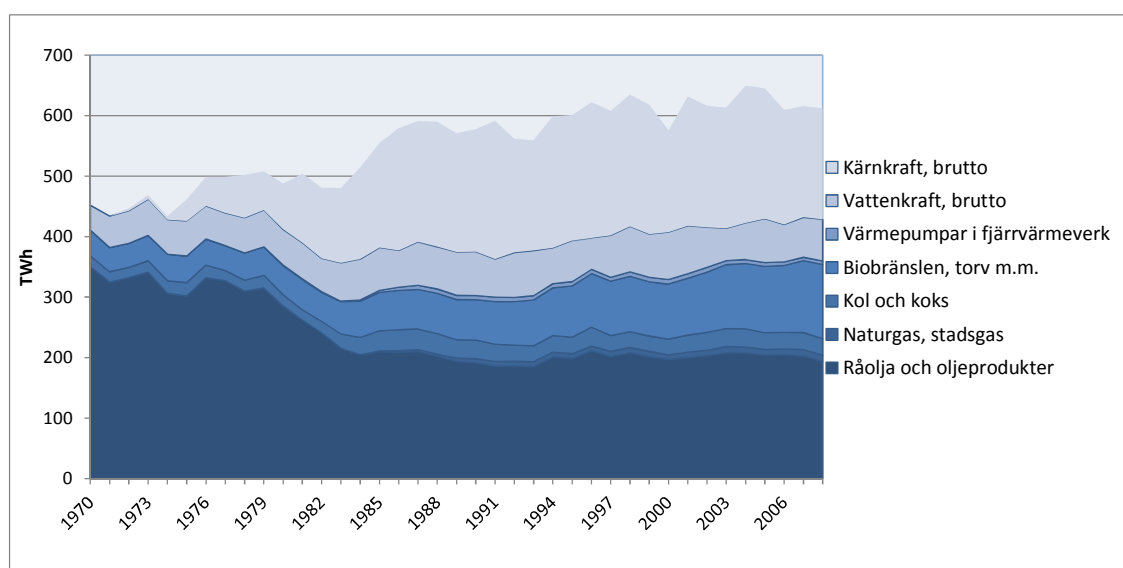
Projektet har inte omfattat att genomföra några nya livscykelanalyser, utan utgår helt och hållet från redan publicerade studier. Dessa har inventerats och granskats enligt ett antal kriterier som satts upp inom projektet. Därefter har de studier som ansetts bäst uppfylla kriterierna sammanställts och dessa presenteras i denna rapport.

1.2 Målgrupp

Rapporten riktar sig till energisektorns olika aktörer, till exempel energiföretag, myndigheter, branschorganisationer, forskarvärld med flera med behov av aktuella emissionsdata och miljöprestanda för olika energislag. Rapporten är skriven på ett sätt som gör att den kan förstås även för dem utan djupare detaljkunskaper på området.

1.3 Omvärldsanalys

Miljöfaktaboken har även utgivits i tidigare upplagor där den senaste är från 2001 [1]. Denna upplaga har varit mycket väl citerad och välanvänd av en bred användargrupp. Sedan den förra upplagan har mycket hänt inom energiområdet; nya bränslen har tillkommit, ny produktions- och förbränningsteknik har tagits i bruk och metodiken kring livscykelstudier har utvecklats. Dagens och framtidens bränslmixar för el- och värmeproduktion och för fordonsdrift har förändrats, framför allt har användningen av biobränslen och biodrivmedel ökat markant liksom användningen av energigrödor och restprodukter. Av Figur 1 framgår hur tillförseln till det svenska energisystemet förändrats [6].



Figur 1. Utveckling av Sveriges energitillförsel. Källa: Energimyndigheten, 2009 [6].

Figure 1. Development of energy supply in Sweden. Source: Swedish Energy Agency [6].

Som framgår av Figur 1 har det skett en kraftig utveckling av energisystemet mot mer förnybart, kärnkraft och mindre fossila bränslen. Denna utveckling är resultat av bland annat kraftfulla styrmedel såsom koldioxidskatt och energiskatt, höga oljepriser och god tillgång till svenska biobränslen.

Sammantaget gör det som beskrivits ovan att även forskningsinsatserna inom förnybar energi har ökat, inte minst inom bioenergiområdet. Det syns också i mängden tillgängliga studier om biobränslen, fasta, flytande och gasformiga, som tillkommit sedan förra upplagan av Miljöfaktaboken. Vår förhoppning är således stor om att denna nya upplaga ska bli ännu mer populär än den tidigare upplagan.

1.3.1 EU:s direktiv om förnybar energi

Förnybarhetsdirektivet (direktiv 2009/28/EG om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor, [7]) innebär bland annat att andelen förnybar energi i EU år 2020 ska utgöra 20 % av den totala energianvändningen. Den bördefördelning som

fastslås av EU innebär att Sverige ska ha 49 % förnybar energi år 2020. Den svenska Regeringen har dock valt att öka ambitionen till 50 %.

Förnybarhetsdirektivet fastställer också så kallade hållbarhetskriterier för flytande biobränslen och biodrivmedel. Hållbarhetskriterierna omfattar ett antal krav som dessa bränslen måste uppfylla för att räknas som förnybara, exempelvis krav på 35-procentig minskning av klimatpåverkan jämfört med fossila bränslen. EU-kommissionen har tidigare meddelat att hållbarhetskriterier också kan komma att fastställas även för fasta biobränslen, men då detta skrivs är det ännu oklart om och i så fall när det kommer att ske. I direktivet presenteras en beräkningsmetodik som skall användas vid beräkningar av livscykelemissioner av växthusgaser för biodrivmedel och flytande biobränslen. Metodiken är inte fullständig och öppnar upp för subjektiva bedömningar och tolkningar av hur den ska tillämpas. Tolkningar av förnybarhetsdirektivet är nödvändiga inom ett antal områden som berör de bränslekedjor som studerats i denna rapport, bland annat kring hur köpt elektricitet till en process ska definieras, allokering mellan olika produkter, bedömning av kolbalanser och tidsaspektens betydelse samt definitionen och hanteringen av biprodukter och avfall. Dessutom anges att utsläpp från användning av biodrivmedel och flytande biobränslen ska räknas som noll.

1.3.2 Beskrivning av forskningsområdet

Det pågår mycket utvecklings- och forskningsarbete kring förnybar energi runt om i världen. Forskningen har på senare år framför allt inriktats på olika bränslens klimatprestanda och ett stort antal livscykelanalyser och energisystemstudier har genomförts på flera olika bränsleslag. I och med de stora satsningarna på biobränslen under 2000-talet har ett flertal nya bränslen kommit ut på marknaden. Utvecklingen har inneburit dels större kunskap om olika bränslens klimatprestanda, dels högre krav på aktuella emissionsdata.

De källor som finns att tillgå idag med sammanställda emissionsdata är framförallt internationella databaser som till exempel GaBi och EcoInvent. Den tidigare upplagan av Miljöfaktabok för bränslen från 2001 [1] har hittills varit den enda källan till motsvarande data för svenska förhållanden.

En publikation som angränsar till Miljöfaktabok för bränslen är Värmeforsks Bränslehandbok [2]. Bränslehandboken presenterar en metod för att ur anläggningsägarens perspektiv bedöma olika bränslen på marknaden med avseende på lagstiftning, standarder, förbränningsegenskaper och så vidare. Den har alltså en mer teknisk inriktning än Miljöfaktaboken och berör miljöpåverkan endast i begränsad omfattning.

1.3.3 Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet

Det finns ett stort och ökande behov av att aktuella och granskade miljödata för bränslen och energislag som används för svensk el- och värmeproduktion samt fordonsdrift. Sådana data är starkt efterfrågade och omedelbart tillämpbara för en vid krets av användare som har användning av tillförlitlig miljödata. Miljöfaktaboken skall kunna användas som ett referensverk för jämförelse av miljöpåverkan från olika bränsleslag

samt vid beräkning av miljöpåverkan och emissioner från svensk energianvändning och fordonsdrift. En styrka med Miljöfaktaboken är att miljödata för de flesta energislag och bränslen finns samlade i en och samma publikation. Projektet bidrar således till att aktuell och tillförlitlig livscykeldata för svenska förhållanden får en stor spridning och att jämförbar data används för bedömning av de olika energikällornas miljöpåverkan i Sverige.

1.4 Omfattning och avgränsningar

Miljöfaktaboken fokuserar på utsläpp till luft vid produktion och distribution av bränslen samt vid omvandling till nyttig energi (kallat användning). Andra miljöaspekter såsom exempelvis utsläpp till vatten eller påverkan på biologisk mångfald ingår inte i Miljöfaktaboken.

Miljöfaktaboken omfattar de flesta av dagens vanligast förekommande energislag i Sverige där dataunderlaget är tillräckligt representativt. Inriktningen är bränslen och energislag som används i dagsläget och tekniknivån är dagens och de närmaste årens. Miljöfaktaboken fokuserar på de för Sverige vanligast förekommande bränslekedjorna och användningarna.

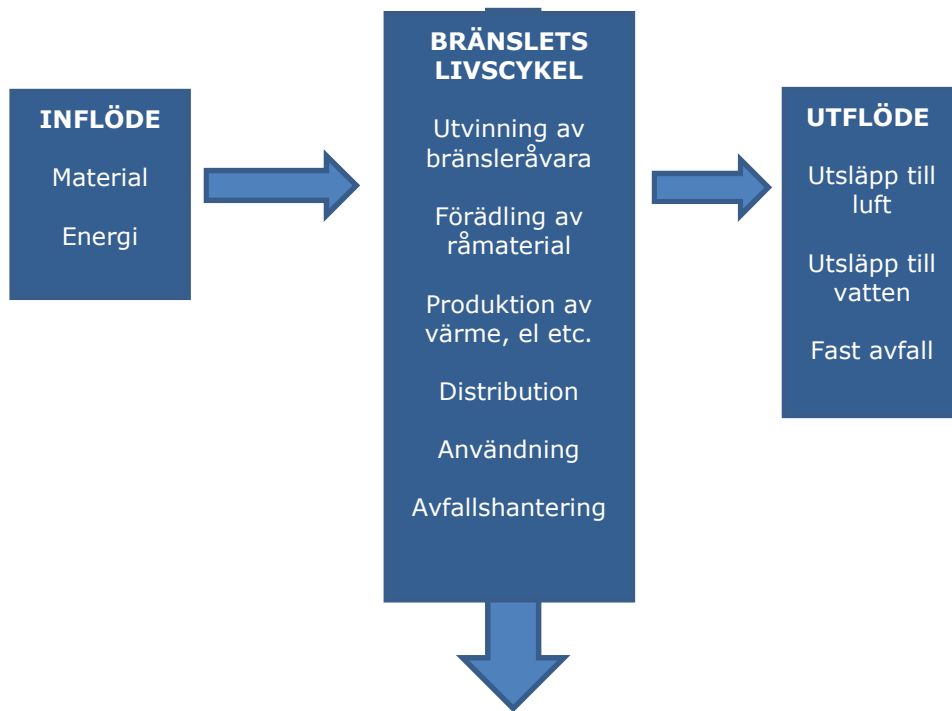
Den sammanställda datan baseras uteslutande på befintliga livscykeldata i litteraturen. Inga egna livscykelanalyser har bekostats av detta projekt, men inom angränsande projekt utförda av IVL Svenska Miljöinstitutet har nya data framtagits för biogas, bensen, diesel samt eldningsolja, vilka presenteras i Miljöfaktaboken. Mycket omsorg har lagts på att hitta de mest aktuella och heltäckande studierna på området, vilka har granskats och legat till grund för sammanställningarna i denna rapport. Viktigt har också varit att presentera data på ett sätt som möjliggör jämförelser mellan olika energislag. För vissa energislag och användningsområden saknas uppdaterade data. I de fall där äldre eller tidigare data använts eller där internationell data använts för uppdateringen anges detta.

Den data som presenteras utgörs så långt det är möjligt av typiska genomsnittsvärden för ett bränsle vid ett antal typiska användningsområden. Presenterade värden är inte relevanta och tillämpbara i varje enskilt fall (exempelvis för en enskild bränsleproducent eller för en enskild panna) utan kommer att skilja sig mot enskilda produktionskedjor och användningar. Mottot under arbetets gång har varit att presentera så kvalitetssäkrad och representativ data som möjligt med undantag för data som inte lever upp till uppställda utvärderingskriterier. Generellt används formen gram per MJ för bränslen samt gram per kWh el från vattenkraft, vindkraft och kärnkraft. Hela livscykeln omfattas uppdelat på produktion och distribution respektive omvandling till nyttig energi (kallat användning).

I Miljöfaktaboken presenteras data på ett sätt som gör jämförelser mellan de olika bränslena möjlig, dock går fullständig jämförbarhet inte att uppnå. I förekommande fall har dataunderlaget begränsat urvalet, ambitionen är dock att presentera livscykeldata för de vanligast förekommande bränslena i Sverige av så god kvalitet som möjligt.

2 Grundläggande om livscykelanalyser

Livscykelanalys, LCA², är en etablerad metod för att ge en helhetsbild över en produkts totala miljöpåverkan från vagga till grav. Livscykelanalysen inkluderar miljöpåverkan från till exempel utvinning av råmaterial, tillverkningsprocess, transporter, användande och slutligen destruktion eller återvinning, se Figur 2.



Figur 2. Schematisk bild över olika aktiviteter som kan ingå i ett bränsles livscykel.

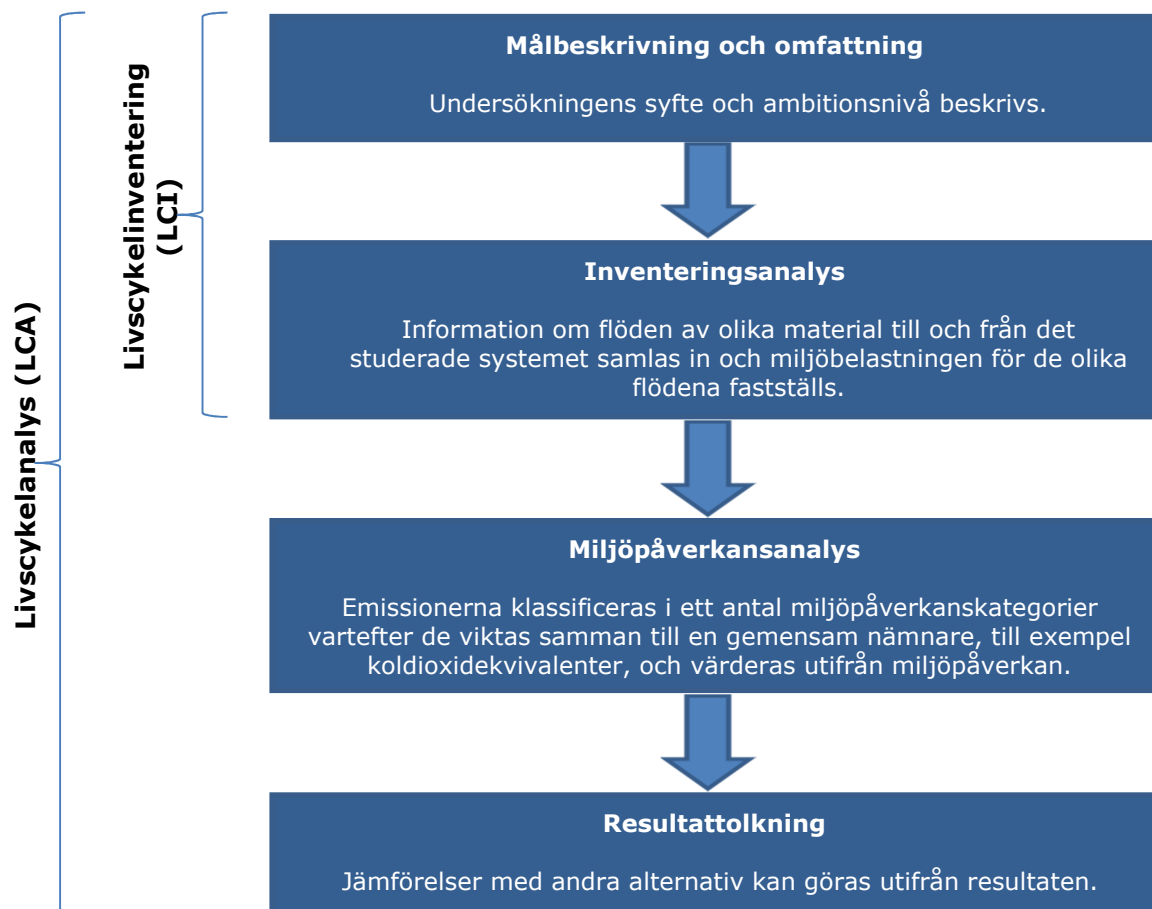
Figure 2. Schematic picture of potential activities involved in the lifecycle of a fuel.

Metodiken för hur en livscykelanalys ska utföras är inte godtycklig utan finns standardiserad i ISO 14040-serien. Kortfattat kan en livscykelanalys enligt standarden indelas i fyra faser, där de två förstnämnda tillsammans benämns livscykelinventering, se Figur 3.

Beroende på hur långt i denna process som en analys görs (fas 1-4) så skiljer man på LCI-data och LCA-data. LCI-data kan kortfattat beskrivas som en sammanställning av in- och utflöden av materia och energi under en produkts hela livscykel, men utan beräkning av miljöpåverkanskategorier. LCA-data omfattar således även beräkning i miljöpåverkanskategorier, se beskrivning i avsnitt 2.2. De data som presenteras i Miljöfaktaboken är uteslutande som LCI-data. I avsnitt 17.2 beskrivs hur dessa data kan användas för att beräkna i miljöpåverkanskategorier.

För mer information om metoden för livscykelanalys hänvisar vi till ISO-standarderna [9].

² På engelska Life Cycle Assessment.



Figur 3. Fyra faser i en livscykelanalys enligt ISO 14040.

Figure 3. Four phases in a life cycle assessment according to ISO 14040.

2.1 Systemgränser

För att en livscykelanalys ska vara genomförbar och omfatta ett väl definierat område måste systemgränserna definieras. Nedan ges några exempel på vilka delar av en livscykel som kan ingå i en livscykelanalys från utvinning/odling av bränslet till energiomvandling. Se även Figur 5 i metodavsnittet.

- Utvinning/odling av bränsle
 - Markemissioner och kolpolsförändringar vid en viss markanvändning
 - Miljöpåverkan från produktion och transport av använda råvaror/produkter
 - Transporter och distribution av råvara till bränslet
 - Avfallshantering, läckage med mera.
- Förädling av bränsle
 - Miljöpåverkan från produktion och transport av använda råvaror/produkter

- Transporter och distribution
 - Avfallshantering, läckage med mera.
- Energiomvandling (användning av bränslet)
 - Miljöpåverkan från produktion och transport av använda råvaror/produkter
 - Förbränningsemissioner
 - Transporter och distribution av den genererade energibäraren
 - Avfallshantering, läckage med mera.

2.2 Miljöpåverkanskategorier

Resultaten av inventeringsanalysen kan ibland vara svår att tolka ur miljösynpunkt varför resultaten också kan presenteras i miljöpåverkanskategorier (kallas även miljöeffektkategorier). Det kan då vara lättare att bedöma hur miljöpåverkan från en viss aktivitet i livscykeln förhåller sig till en annan aktivitet. Exempel på miljöpåverkanskategorier är växthuseffekt, övergödningspotential, försurningspotential, bildning av fotokemiska oxidanter, partiklar samt övergödningspotential, se vidare nedan.

Miljöfaktaboken presenterar inte resultat i miljöeffektkategorier. Detta på grund av att underlaget i de granskade studierna varierar mycket och att rättvisande jämförelser därför inte är möjliga att genomföra. Dessutom är det vanligt att beräkningar i miljöeffektkategorier redan gjorts i de granskade studierna. Finns intresse från läsaren av miljöeffektkategorier hänvisas till avsnitt 17.2. Det bör dock betonas att jämförelser miljöeffektkategorier emellan endast är möjliga då likvärdiga data finns att tillgå. Nedan beskrivs fyra vanliga miljöeffektkategorier översiktligt. Andra utsläppsrelaterade effekter som till exempel hälsopåverkan och luftkvalitet behandlas ej i Miljöfaktaboken.

2.2.1 Växthuseffekt

Det finns flera växthusgaser förutom koldioxid (CO_2) som bidrar till att förstärka växthuseffekten, däribland metan (CH_4) och lustgas (N_2O) samt florerande gaser. Metan och lustgas är starkare växthusgaser än koldioxid. Vid beräkning av växthusgaspåverkan används den så kallade GWP-faktorn ($\text{GWP} = \text{Global Warming Potential}$) som beskriver en växthusgas påverkan i förhållande till koldioxid under en viss tidsperiod, vanligen 100 år (GWP_{100}). Till exempel är metan (CH_4) en 23 gånger starkare växthusgas än CO_2 .³ För bränslen används vanligen formen gram koldioxidekvivalenter per megajoule bränsle ($\text{g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{bränsle}}$). När i tiden emissionerna sker och hur tidsperspektivet mellan utsläpp och upptag av växthusgaser hanteras är också av stor betydelse för resultatet.

Det bör noteras att emissioner av CO_2 kan delas in i biogen respektive fossil CO_2 . Biogen CO_2 är en del av kolets naturliga kretslopp som tas upp och binds in i skogar och annan växtlighet när de växer och som sedan avges vid förmultning eller för-

³ RES-direktivet (2009/28/EC) föreskriver i sin metodik för beräkning av växthusgasutsläpp följande faktorer för beräkning av CO_2 -ekvivalenter: CO_2 1, N_2O 296, CH_4 23, räknat per viktenhet av emissionerna. Se vidare [7]

bränning vilket inte bidrar till en nettoökning av atmosfärens halt av CO₂. Koldioxid av fossilt ursprung däremot bidrar till en nettoökning av växthusgasen i atmosfären i och med att fossilt lagrat kol i till exempel olja och kol tillförs atmosfären. I vissa studier har emissioner av biogen koldioxid angivits. Vi har dock valt att enbart visa utsläppen av fossil koldioxid i tabellerna över emissionsfaktorer för bränslen och energibärare.

2.2.2 Övergödningspotential

Övergödning, även kallat eutrofiering, inträffar när ett område tillförs alltför stora mängder av ett visst ämne som normalt är tillväxtbegränsande i området. I svenska skogar till exempel är det i regel kväve som är tillväxtbegränsande. Kväveoxider (NO_x) och fosfater (PO₄³⁻) är de ämnen som har störst inverkan på övergödningen. Övergödningspotentialen (eng. eutrophication potential, EP) uttrycks som fosfatekvivalenter per megajoule bränsle (PO₄³⁻_{eq}/MJ bränsle).

2.2.3 Försurningspotential

Försurning har negativa effekter på djur och växter, främst i sjöar och vattendrag och orsakas framför allt av svaveldioxid (SO₂) och kväveoxider (NO_x). Utsläppen ger upphov till försurad mark och grundvatten och kan till exempel leda till att fiskbestånd dör ut och att skogsmarken utarmas på näring. När ämnena nått atmosfären oxideras de och omvandlas till syror, främst svavelsyra. De mänskliga aktiviteter som orsakar störst utsläpp av dessa försurande ämnen är i huvudsak energiomvandling (till exempel el- och värmeproduktion), vägtrafik och utsläpp från olika typer av industrier. Försurningspotentialen (eng. acidification potential, AP) uttrycks som svaveldioxidekvivalenter per megajoule bränsle (g SO_{2eq} per megajoule bränsle).

2.2.4 Bildning av fotokemiska oxidanter

Fotokemiska oxidanter är ämnen som bildas under inverkan av solljus mellan främst kvävedioxid (NO_x), kolmonoxid (CO) och flyktiga organiska kolväten (VOC). Ozon är den mest kända av de fotokemiska oxidanterna och kan i höga koncentrationer skada människor, växter och djur. Bildning av fotokemiska oxidanter (eng. photochemical oxidant creation potential, POCP) uttrycks som gram etenekvivalenter per megajoule bränsle (g C₂H₂/MJ bränsle).

2.3 Allokering

För produktionssystem där det genereras produkter utöver huvudprodukten måste miljöbelastningen fördelas, allokeras, mellan huvudprodukt och övriga produkter. Exempel på situationer där allokering behöver tillämpas är etanolanläggningar med samtidig produktion av etanol och drank, likaså behöver allokering göras i ett kraftvärmeverk som producerar både el och värme.

I vissa livscykelanalyser tillämpas så kallad systemutvidgning vilket innebär att systemet utvidgas till att ta hänsyn till de eventuella miljövinster som biprodukterna

genererar, beroende på vad dessa anses ersätta. De utsläpp som undviks genom användning av biprodukterna subtraheras från den totala miljöpåverkan som huvudprodukten bidragit till. Till exempel kan proteinrikt rapsmjöl från rapsoljaproduktion ersätta soja-protein som djurfoder. Genom att använda rapsmjöl minskar behovet av att importera sojaprotein vilket ger en lägre klimatpåverkan. Vid systemutvidgning bör hänsyn tas till hur stora kvantiteter av biprodukten som genereras. Exempelvis finns det bara en viss mängd sojaprotein att ersätta som djurfoder. Överskrider den mängden ersätter bi-produkten någonting annat eller kanske ingenting alls. När förväntade effekter av en förändring studeras är systemutvidgning den vanligaste metoden.

2.4 Primärenergi och primärenergifaktor

Primärenergi ger en bild av hur mycket primära energiresurser som krävts under hela livscykeln från källa till nytta. Kortfattat kan primärenergi sägas beskriva energi som inte genomgått någon omvandling, till exempel biobränsle, kol eller råolja. Vid produktion av till exempel el och fjärrvärme sker förluster på vägen bland annat vid transport av energin i elnätet och vid distributionen av fjärrvärmen. Ju högre dessa förluster är desto högre blir primärenergianvändningen.

Enligt ett synsätt kan nyttogjord energi från spillflöden (det vill säga från processer som inte har någon alternativ användning) inte belastas med någon primärenergianvändning. I sådana fall bär huvudprodukten från processen hela primärenergiutnyttjandet och spillflödet räknas som gratis. Nyttiggjord energi från dessa spillflöden får därmed enligt detta synsätt mycket låg primärenergianvändning (exempelvis fjärrvärme från hushålls-avfall som endast innehåller brännbart material och restvärme från industrier).

Nyttiggjord energi från biprodukter får en låg primärenergianvändning eftersom den insatta energin i olika processer framförallt belastar huvudprodukten. Detta beror naturligtvis på vilken allokeringsprincip som används.

Som mått på primärenergiåtgången används primärenergifaktorer (PEF) vilken definieras som totalt tillförd primärenergi dividerat med nyttogjord energi. Den primärenergi som åtgår för att producera en slutlig nytta kan bestå av flera olika energislag såsom olja, el och biobränsle. Systemgränserna kan skilja mellan olika framtagna primärenergifaktorer. I Miljöfaktaboken är det framförallt systemet från vaggan till grunden vid energianläggningen som är relevant eftersom resultatet framförallt ska redovisas per MJ bränsle. Som exempel kan nämnas att primärenergi från olika energislag går åt för att samla grenar och toppar (GROT) från skogen till dess att biobränslet är flisat och klart att använda i ett kraftvärmeverk.

2.5 Värmevärden och densiteter

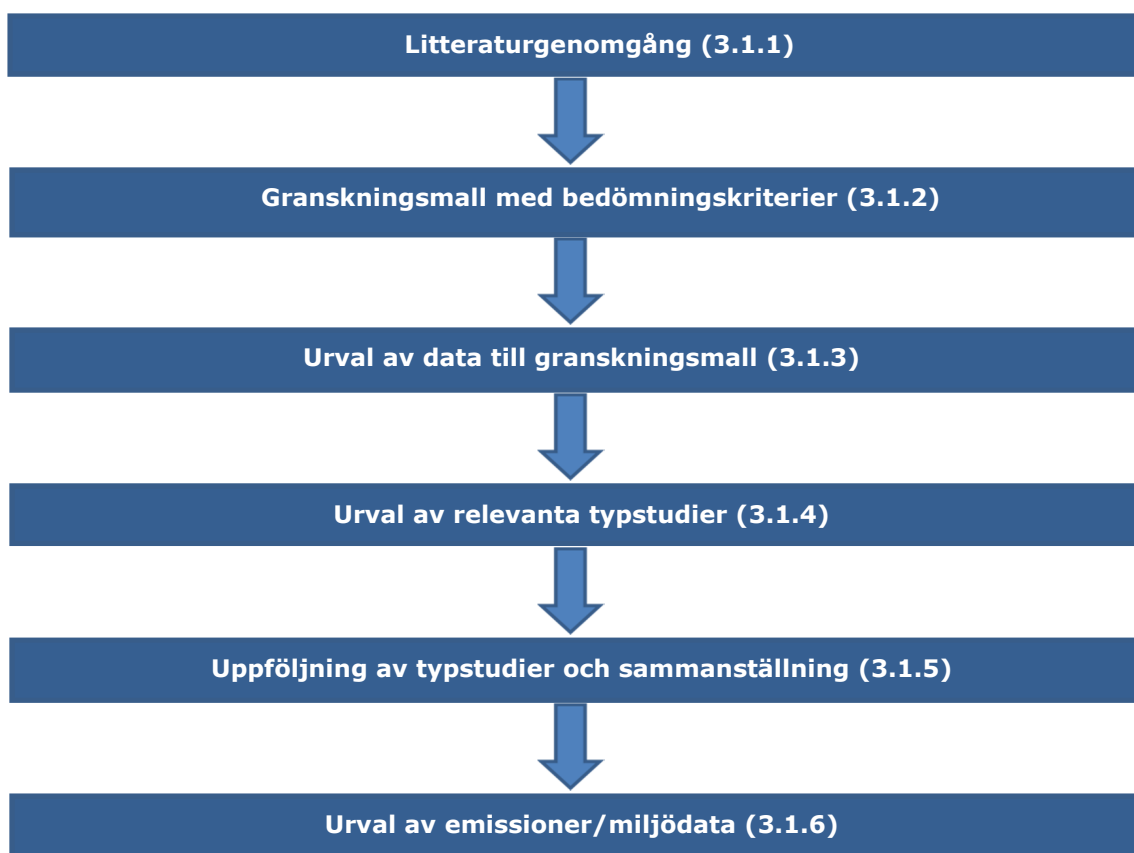
Energiinnehållet i ett bränsle kan variera beroende på råvarukälla och tillverkningsprocesser. I Bilaga A3 redovisas energiinnehåll och densitet för ett antal bränslen som ingår i miljöfaktaboken.

3 Metod

Utgångspunkten för arbetet med denna rapport har varit att utgå från befintliga redan publicerade data, vilka prövats mot ett antal bedömningskriterier. Den tidigare upplagan av Miljöfaktaboken har kompletterats med ett antal nya bränslen och bränslekedjor samt anpassats för att återspegla dagens behov av sådana data.

3.1 Arbetsgång

Den arbetsgång som använts i projektet illustreras i Figur 4 och beskrivs i efterföljande stycken.



Figur 4. Illustration av den arbetsgång som använts i framtagandet av Miljöfaktaboken.

Figure 4. Illustration of the methodology used in this project.

3.1.1 Litteraturgenomgång

De data som presenteras i Miljöfaktabok för bränslen har inhämtats från ett stort antal rapporter och vetenskapliga publikationer på området. Relevanta bränslen och representativa bränslekedjor valdes ut i projektets början. Arbetet hade en bred ingång med syfte att hitta studier som täcker så många bränslen som möjligt.

3.1.2 Granskningsmall med bedömningskriterier

För att säkerställa informationens tillförlitlighet har det varit av största vikt att genom arbetets gång hitta den mest aktuella och rättvisande informationen. Informationen som presenteras har därför genomgått granskning utifrån en granskningsmall med bedömningskriterier.

3.1.3 Urval av data till granskningsmall

Data från litteraturen valdes ut och överfördes till granskningsmallen som tjänat som kvalitetssäkring under datainsamlingen. De studier som inte uppfyllde grundkraven⁴ har inte granskats. I samband med detta arbete upprättades också en databas med länkning till de granskade studierna samt en beskrivning av dess kvalitet. Därigenom kunde täckningen av granskade studier hållas uppdaterad och dataluckor identifieras.

3.1.4 Urval av relevanta typstudier

Utifrån det stora antal studier som överfördes till granskningsmallen valdes ett fåtal ut som typstudier för vidare granskning. Dessa ansågs vara de som bäst uppfyllde den framtagna granskningsmallen. För vissa bränslen har valfriheten inte varit så stor vilket gjort att data bearbetats eller så har studien valts trots vissa brister. Arbetet har följt mottot att det är bättre att presentera data än ingen alls.

3.1.5 Uppföljning av typstudier och sammanställning

De utvalda typstudierna kompletterades med andra studier i de fall det saknades data vartefter en sammanställning av informationen gjordes.

3.1.6 Urval av emissioner/miljödata

Många av de granskade studierna inkluderar ett stort antal emissionsparametrar (emissioner till luft och vatten etc.). För att göra materialet överskådligt och konsekvent presenteras dock endast ett antal emissionsparametrar. I de fall det har ansetts angeläget att informera om specifika avvikelser eller viktiga antaganden i ursprungsstudien har detta noterats i sammanställningen.

3.2 Granskningsförfarande

Att göra en alltigenom objektiv och rättvis bedömning av miljödata är sällan möjligt då studierna som ligger till grund för informationen har olika angreppssätt, metodik, avgränsningar, jämförbarhet etc. Granskningen av data är också beroende av flera olika val och antaganden även om granskningen följer en i förväg specificerad och väl etablerad arbetsgång. I detta kapitel beskrivs vilka kriterier och antaganden som legat till grund för denna rapport och som är viktiga för data som presenteras.

3.2.1 Granskningsmallen

Eftersom det inte ingått i projektet att ta fram nya livscykelanalyser eller att räkna om befintlig data har ambitionen varit att på ett så systematiskt och trovärdigt sätt som

⁴ Grundkraven: Studien ska vara publicerbar, data får inte enbart bestå av viktade värden för varje miljöeffektkategori (LCA-data), data måste vara möjlig att presentera i formen per energienhet bränsle.

möjligt välja ut data från litteraturen och annan publicerad data som vi i dagsläget bedömer vara bäst för syftet med Miljöfaktaboken. Observera att kvaliteten på sammanställd data därmed inte blir bättre än det dataunderlaget den baseras på. Av ovan nämnda skäl har endast ofullständiga data kunnat presenteras för vissa bränslen, och för andra bränslen saknas data helt och hållet, varvid dessa har utgått.

Varje studie har granskats och analyserats utifrån ett antal kriterier som beskriver studiens kvalitet, metodik, beräkningssätt, viktiga antaganden, systemgränser, fullständighet och så vidare. Denna information har sammanställts i en granskningsmall för varje genomgången studie.

De studier som är underlag till Miljöfaktaboken uppfyller följande grundläggande kriterier:

- Data måste vara tillåten att publicera.
- Data måste vara presenterat per emissionsparameter (exempelvis separerat i koldioxidutsläpp, metanutsläpp och lustgasutsläpp) och inte enbart i viktade miljöeffektkategorier (till exempel CO₂-ekvivalenter).
- Data måste kunna presenteras per energienhet bränsle. Om än inte direkt presenterat i studieresultatet så måste det vara möjligt att konvertera till ”per energienhet” (lägre värmevärdet).

Om studien uppfyllde de grundläggande kriterierna fortsatte granskningen med att bedöma följande:

Studiens metodval, indata, antaganden och beräkningar

Olika metodval, antaganden, indata och beräkningar som kan ha stor betydelse för resultatet i studien granskades.

Studiens rimlighet

Genom att jämföra resultatet med andra studier men också genom att göra en uppskattning av hur stora utsläppen blivit i förhållande till de insatta energiresurserna kunde studiens rimlighet kontrolleras. Exempelvis bör koldioxidemissionerna för ett fossilt bränsle per energienhet insatt fossil energi vara i samma storleksordning som förbränningsemissionerna för bränslet.

Studiens trovärdighet

Nedan följer ett antal frågeställningar som tagits i beaktande vid utvärderingen av studiens trovärdighet:

- Studiens grad av oberoende
 - Har studien utförts av en oberoende part?
 - Är finansiären oberoende?
 - Har det funnits en extern granskare?

- Följer studien detaljerade riktlinjer utarbetade av konkurrensneutral grupp (till exempel EPD⁵)?
- Hur mycket resurser har lagts på studien?
- I vilken utsträckning har studien granskats?

3.2.2 Urval av relevanta typstudier

Utifrån resultatet från granskningen värderades och valdes rekommenderade data ut från granskningsmallarna.

Vid urval av relevanta typstudier användes följande riktlinjer:

- Data ska beskriva miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv.
- Emissioner och primärenergianvändning ska presenteras per energienhet bränsle och innehålla emissioner från hela livscykeln från källa till användning.
- Data ska vara giltig för svenska förhållanden, det vill säga representera de bränslen som används i Sverige idag för transport, el och värme. Dock skall modern teknik antas (State of the art).
- Data ska vara så generiska som möjligt, det vill säga de ska vara allmänt tillämpliga för svensk användning. Där det är befogat kan en viss uppdelning ske exempelvis då resultatet skiljer sig mycket geografiskt i Sverige eller mellan olika tekniker.
- Data ska vara så jämförbara som möjligt, det vill säga studierna ska ha jämförbara systemgränser, beräkningsmetodik, antaganden och typ av indata. Exempelvis så ska vald allokeringss metod, antaganden för köpt el, hantering av markanvändningsemissioner etc. anges.
- Systemexpansion/systemutvidgning ska om möjligt undvikas för att minska osäkerheterna och öka jämförbarheten

Då de granskade studiernas fullständighet, representativitet, metod etc. varierat har det i vissa fall inte varit möjligt att jämföra studier sinsemellan. För att ändå kunna välja ut studier användes en prioriteringslista enligt nedan.

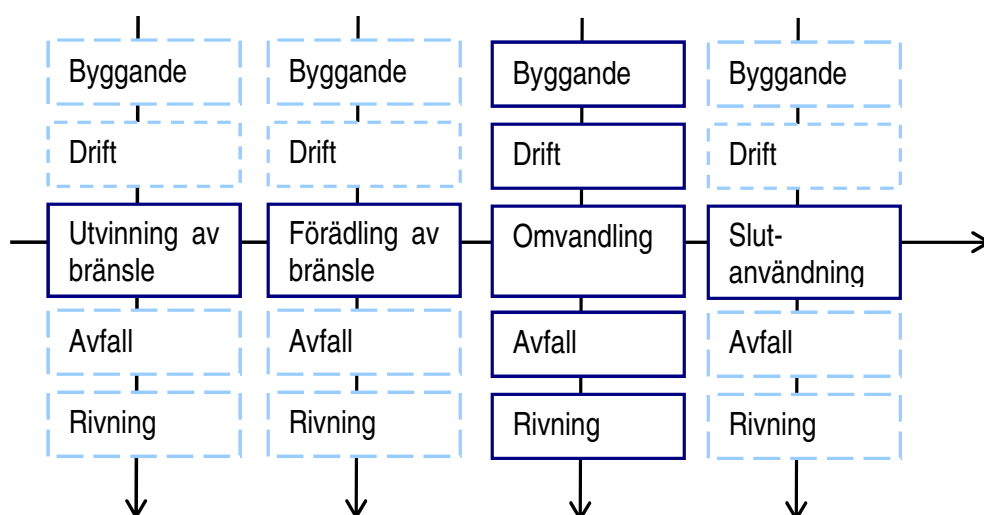
- Valda studier ska innehålla flera bränslekedjor samtidigt (vilket ökar jämförbarheten) och som inkludera så många utsläppsparametrar som möjligt
- Valda studier ska tillämpa fysikalisk allokering mellan biprodukter, i andra hand ekonomisk allokering och i tredje hand använda sig av systemutvidgning.
- Studier där olika typer av kreditering och systemutvidgning har använts ska undvikas. Alternativt har försök gjorts för att om möjligt exkludera krediteringen från resultatet.
- I de fall en fullständig LCA saknas har det undersökts om resultat från produktion & distribution från en studie och användnings-/förbränningsemissioner från en annan kunnat kombineras.

⁵ EPD (Environmental Product Declaration) beskriver miljöegenskaper hos produkter och tjänster utifrån en standardiserad och väl definierad arbetsgång.

- I första hand välja studier som inte inkluderar biprodukter/restprodukter från odlingssteget i livscykeln
- I första hand välja studier som anger biogena koldioxidutsläpp/lustgas/metan separat och i andra hand sådana som inte redovisar dessa alls.
- I första hand välja studier som utförts av en oberoende part och som granskats av en extern part.
- I första hand välja studier som använder nordisk elmix (användning) då det föreligger ett val mellan olika typer av hjälpel.

3.2.3 Antaganden kring LCA/LCI-metodik

Vid genomförandet av en livscykelanalys används en systemgräns för att avgränsa vilka processer som ska ingå i studien. Systemgränsen får stor betydelse för resultatet. Nedan beskrivs det som generellt ansetts vara rimliga avgränsningar för de studier som ingår i Miljöfaktaboken, se också Figur 5.



Figur 5. Illustration av livscykelperspektiv för energiresurs (vågrät pil) respektive för en energiomvandlingsanläggning (lodrät pil, fyllda boxar)⁶.

Figure 5. Illustration of the life cycle perspective of an energy resource (horizontal arrow) as well as for an energy conversion plant (vertical arrow, filled boxes).

I granskningsmallen angavs i stora drag hur systemgränsen såg ut för den aktuella studien. I största möjliga mån har data angivits i två steg; Ett dataset för bränslekedjan fram till energiomvandling och ett annat från och med energiomvandling (användning) och framåt.

Viktigt att tänka på är att data för användning i undantagsfall endast innehåller förbränningsemissioner från själva omvandlingen och alltså inte miljöpåverkan från de

⁶ Från Persson m.fl. (2005). *Allt eller inget – systemgränser för byggnaders uppvärmning*.

vertikala strömmarna. Exempelvis innehåller all data för användning av drivmedel i fordon endast förbränningsemissioner.

Cut-off-regler

Ofta avgränsas system och de processer som ska ingå i systemet genom att en undre gräns sätts för hur mycket information som ska tas med. Ett exempel kan vara att information som sammanlagt påverkar det slutliga resultatet med mindre än 1 % inom en miljöeffektkategori inte behöver tas med i systemet. Det innebär alltså att en största total informationsförlust om 1 % anses vara acceptabel. Detta motsvaras i Figur 5 ovan av de streckade linjerna.

Antaganden gällande avfallsbränslen

Avfallsbränslen är speciellt i det avseendet att olika avfallsmixer används vid förbränningen vilket påverkar både förbränningsemissionerna och emissionerna uppströms. Följande alternativ förekommer vad gäller allokering av avfallsbränslen:

- Allokering till avfallssystemet
Med denna metod räknas värme från avfallsförbränning som miljömässigt gratis. Motivet till att välja den metoden är att avfallsförbränningen främst sker för att bli av med avfallet.
- Systemutvidgning för användning av avfall
Om avfallet inte eldades upp skulle det behöva behandlas på något annat sätt. Eriksson m.fl. (2007) utvidgade systemgränserna för att ta hänsyn till avfallens alternativa slutanvändning som antogs vara antingen deponi eller materialåtervinning. Om alternativet är deponering, blir användning av värme från avfallsförbränning en ren miljövinst. Om alternativet är materialåtervinning, blir miljöpåverkan från avfallsvärme ändå relativt stor.
- Ekonomisk allokering
Med denna metod allokeras avfallsförbränningens miljöpåverkan till dess två funktioner (avfallsbehandling och energiutvinning) i proportion till hur mycket de bidrar till den vinst anläggningen förväntas generera. Den förväntade vinsten kan antas stå i proportion till ett femårigt genomsnitt över anläggningens intäkter, exklusive skatt, från mottagningsavgifter respektive energiförsäljning, om det inte finns anledning att tro annorlunda. Metoden leder sannolikt till att värme från svensk avfallsförbränning får en ganska låg miljöpåverkan, eftersom mottagningsavgifterna är en av de dominerande intäkterna för anläggningen.
- Systemgränser och avgränsningar
Systemgränsen för avfallsförbränningen inkluderar insamling och förbränning av avfall från upphämtning av sopbil fram till och med genererad el, värme, slagg och aska. Det inkluderar även intern energiförbrukning och förbrukning av kemikalier vid förbränningsanläggningen. Hela miljöbelastningen är allokerad till avfallet och ersatt el och värmeproduktion är inte inkluderad.

3.2.4 Antal granskade studier per bränslekategori

Tabell 1 sammanfattar de granskade studier vars data presenteras i Miljöfaktaboken. Tabellen visar även referenser för valda studier samt vilka bränslen som ingår.

Tabell 1. Översikt över granskade studier i Miljöfaktaboken.

Table 1. Overview of reviewed studies in Miljöfaktaboken.

	Antal granskade studier	Referenser för produktion & distribution:	Referenser för användning (energiomvandling):
Trädbränslen			
Bark	1	→ Hagberg m.fl. (2009)	saknas
Sågverksrester	1	→ Hagberg m.fl. (2009)	saknas
GROT/Skogsflis/	3	→ Lindholm m.fl. (2010), Brekke mfl. (2008)	Brekke m.fl. (2008)
Gallringsvirke/ Rundved (flis)	1	→ Berg (2010)	Brekke m.fl. (2008)
Stubbar (flis)	1	→ Lindholm m.fl. (2010), Brekke mfl. (2008)	saknas
Pellets/Briketter	2	→ Hagberg m.fl. (2009)	Johansson mfl (2003)/Naturvårdsverket (2006)
Energigrödor			
Salix	1	→ Börjesson (2006)	saknas
Biooljor			
Tallbeckolja	1	→ saknas	Miljörapport Fortum (2009)
Avfallsbränslen			
Hushållsavfall (lite organiskt avfall)	1	→ Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010)
Hushållsavfall (mer organiskt avfall)	1	→ Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010)
Papper-trä-plast (PTP)	1	→ Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010)
Blandat verksamhetsavfall	1	→ Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010)
Brännbart grovavfall	1	→ Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010)
RT-flis	1	→ Saknas	Miljörapport Vattenfall, 2009

Forts. Tabell 1.

Antal granskade studier		Referenser för produktion & distribution:	Referenser för användning (energiomvandling):
Fossila bränslen			
Kol	2	→ Koskela m.fl. (2005), Vattenfall (2008)	Koskela m.fl. (2005), Vattenfall (2008)
Eldningsolja 1	3	→ Öman m.fl. (2011)	Miljörapport Fortum (2009), Paulrud & Fridell (2008), Swedish NIR (2010)
Eldningolja 2-6	1	→ Öman m.fl. (2011)	
Naturgas	5	→ Bousted (2005)	Miljörapport Göteborg Energi AB (2009)
Torv			
Torv	3	→ Hagberg & Holmgren (2008)	Hagberg & Holmgren (2008), Vattenfall (2006)
Biodrivmedel			
Biogas (sockerbetor)	2	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Biogas (vall)	2	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Biogas (majs)	2	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Biogas (vete)	2	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Biogas (gödsel)	2	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Biogas (livsmedelsavfall)	1	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Biogas (biologiskt hushållsavfall)	1	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Biogas (rötslam)	1	→ Palm & Ek (2010)	Jerksjö (2010)
Etanol (sockerrör)	1	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Etanol (vete, svensk)	1	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Etanol (sockerbetor)	1	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
RME	2	→ Börjesson m.fl. (2010)	saknas
Etanol (sockerrör)	1	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Etanol (vete, svensk)	1	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Etanol (sockerbetor)	1	→ Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
E85 (Personbil)	1	→ Börjesson m.fl. (2010), Öman m.fl. (2011)	Jerksjö (2010)

Forts. Tabell 1.

	Antal granskade studier		Referenser för produktion & distribution:	Referenser för användning (energiomvandling):
Fossila drivmedel				
Bensin 95 oktan (5 % EtOH, Personbil)	1	→	Öman m.fl. (2011), Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Bensin 95 oktan (5 % EtOH, lätt lastbil)	1	→	Öman m.fl. (2011), Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Diesel (5 % RME, Personbil)	1	→	Öman m.fl. (2011), Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Diesel (5 % RME, lätt lastbil, tung lastbil, buss)	1	→	Öman m.fl. (2011), Börjesson m.fl. (2010)	Jerksjö (2010)
Naturgas (buss)	2	→	Bousted (2005)	NTM (2006)
Fartygsbränslen (MGO , EO2)	2	→	Bengtsson (2010)	Bengtsson (2010)
Fartygsbränslen (LNG)	1	→	Bengtsson (2010)	Bengtsson (2010)
Fartygsbränslen (typ EO2-6)	2	→	Bengtsson (2010)	Bengtsson (2010)
A-1 Flygfotogen	1	→	Öman m.fl. (2011)	saknas
El från vindkraft, vattenkraft och kärnkraft				
Vattenkraft	1	→	Vattenfall (2010b)	Ingår i produktion & distribution
Vindkraft	4	→	Vattenfall (2010a)	Ingår i produktion & distribution
Kärnkraft	2	→	Vattenfall (2008)	Vattenfall 2008
Solvärme				
Solvärme	2	→	Ardente m.fl. (2005), Böhme Floren (2008)	Ingår i produktion & distribution

3.3 Referensgrupp

Till projektet har en referensgrupp varit knuten bestående av Charlotta Abrahamsson, Svensk Fjärrvärme, Elisabeth Carlsson, Södra, Lars Holmqvist, Göteborg Energi, Anders Johansson, Energimyndigheten, Inge Johansson, Avfall Sverige, Patrik Klintbom, Volvo, Hanne Lerche Raadal, Østfold Forskning, Norge, Henrik Lindståhl, Tekniska Verken, Hans Nordström, Vattenfall, Caroline Setterwall, Vattenfall samt Nanna Wikholm, Naturvårdsverket. IVL vill tacka referensgruppen för mycket bra diskussioner och stöd under hela projektets gång. Under projektet har totalt fyra referensgruppsmöten genomförts.

4 Osäkerheter

Uppdraget har, som beskrivits ovan, syftat till att sammanställa emissionsfaktorer för bränslen och energislag baserat på befintliga studier. För att få så jämförbara resultat som möjligt har studierna genomgått en noggrann granskningsprocedur. Det har dock inte varit möjligt och inte ingått i projektet att gå in och detaljstudera alla datasätt som ingått i de granskade studierna och inte heller att granska att siffrorna är korrekt framräknade i de olika studierna. Däremot har IVL gjort några enkla kontrollräkningar av alla studier, exempelvis att uträknad emissionsfaktor för fossil koldioxid från vissa uppströmskedjor är rimlig. För att visa på de metodval och antaganden som respektive studie utgått från så har vi under varje studie tydligt redovisat gällande beräkningsförutsättningar.

Data har vanligtvis presenterats i exponentform med två eller tre värdesiffror. Detta ska inte ses som ett mått på noggrannheten. För information om hur osäkerheter har hanterats i respektive studie, hänvisas till dem.

IVL har valt att presentera resultat från den studie per bränsle/kedja som bäst ansetts uppfylla de grundläggande kriterierna. Ett alternativt sätt hade kunnat vara att presentera intervaller för att representera olika datasätt/antaganden/källor och liknande. Exempel på olika antaganden kan vara kring lastgrad för transporter, körcykler samt verkningsgrader. Vad gäller prioriterade metodval så kan konstateras att vi i första hand ansett att exempelvis miljövärdering av el ska utgå från nordisk elmix. Vi kan dock konstatera att många studier har utgått från andra metodval, ofta svensk medel. Där så har varit möjligt har IVL räknat om siffrorna med nordisk elmix, men ofta har det inte varit möjligt. I de flesta fallen så påverkar valet av elmix inte resultaten nämnvärt, men det finns undantag. Ett sådant är biogas där emissioner från använd el utgör en relativt stor del av totala miljöpåverkan. Beräkning med svensk elmix ger då en emissionsfaktor för koldioxid på 0,7 g/MJ medan nordisk elmix ger 2 g/MJ. Motsvarande för växthusgasutsläpp är 3,3 g/MJ respektive 4,5 g/MJ.

Allokeringsprincip kan också påverka resultaten kraftigt i vissa fall. Det är också en anledning till att Börjesson m.fl. (2010) har gjort beräkningar med flera allokeringsmetoder. För resultat hänvisas till denna publikation.

Av just de skäl som nämns ovan har vi varit noggranna med att alltid ange vilka förutsättningar som ligger bakom varje studie.

DEL 2. EMISSIONSFAKTORER

5 Förklaring av tabeller

Granskade studier med tillhörande emissionsfaktorer presenteras i kapitel 6-15. För varje bränsle/energislåg visas två tabeller:

- Referensöversikt
- Resursanvändning och emissioner

Utformning och innehåll i dessa två tabelltyper beskrivs övergripande nedan.

5.1 Tabeller "referensöversikt"

Referenserna som genomgått granskning och som fungerat som underlag till Miljöfaktaboken presenteras i tabellerna "Referensöversikt" med tre kolumner; metod & avgränsningar, representativitet samt kommentarer, se exempel nedan (hämtat från avsnitt 6.3).

Exempel på tabell med referensöversikt (hämtad från avsnitt 6.3).

Tabell 8 Pellets & briketter från sågverksrester (produktion & distribution) – referensöversikt

Table 8 Pellets & briquettes from sawmill residues (production & distribution) – reference overview

PELLETS & BRIKETTER från sågverksrester – produktion & distribution Hagberg m.fl. (2009)

Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
➤ Avgränsningar I systemgränsen ingår skogsbruk, transporter till sågverk och pelletsproduktion inkl. transport till slutkund.	➤ Typ av anläggning Svensk medelanläggning (baserat på 10 anläggningar)	➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI.
➤ Allokeringsmetod Massallokering i skogsbruk- och sågverksprocesser	➤ Indata Produktionsdata för skogsbruk & pellets-anläggningar från 2009	➤ Data har bearbetats av IVL.
➤ Antaganden Markkolsförändringar tas ej hänsyn till, el värderas som nordisk elmix (bearbetning av IVL)	➤ Likhet med andra studier Ej genomförd.	➤ Eventuell dataosäkerhet
		➤ Det finns andra metoder som inte inkluderar belastning från skogsbruk och sågverk

Kolumnen metod & avgränsningar visar vilken avgränsning som gjorts i studien, vilken allokeringsmetod som valts och vilka antaganden om till exempel elmix som gjorts. Kolumnen representativitet beskriver vilken typ av anläggning studien behandlar, vilken indata som använts samt vilka likheter som finns med andra studier för att läsaren ska få en känsla för hur studien förhåller sig till andra studier och om ingående data är representativ för ändamålet.

5.2 Tabeller "resursanvändning och emissioner"

Emissionsfaktorerna presenteras i tabellerna "resursanvändning och emissioner", se exempel nedan. Emissionsdatatabellerna visar i de flesta fall kolumnerna produktion & distribution samt användning med tillhörande emissionsfaktorer. I vissa fall saknas dock data för en eller flera delar av livscykeln.

Exempel på tabell med resursanvändning och emissioner (hämtad från avsnitt 14.1).

Tabell 60. El från vindkraft – resursanvändning och emissioner

Table 60. Wind generated electricity – resource utilisation and emissions

Typ av el	EL FRÅN VINDKRAFT	EL FRÅN VINDKRAFT
Del av livscykel	Produktion* (a)	Produktion & Distribution** (a)
Referens	Vattenfall (2010a)	Vattenfall (2010a)
Primärenergi	kWh/kWh el	kWh/kWh el
TOTALT (c)	6.99E-02 (b)	7.92E-02 (b)
varav icke förnybara resurser		
Olja	1.48E-02 (b)	1.60E-02 (b)
Naturgas	1.02E-02 (b)	1.09E-02 (b)
Stenkol	2.19E-02 (b)	2.72E-02 (b)
Brunkol	1.38E-03 (b)	1.68E-03 (b)
Torv	2.31E-05 (b)	2.31E-05 (b)
Uran	1.89E-02 (b)	2.03E-02 (b)
varav förnybara resurser		
Vattenkraft	2.70E-03	3.10E-03
Biomassa	3.09E-05 (b)	3.25E-05 (b)
Vindkraft	5.20E-06	5.40E-06
Solkraft	6.20E-08	6.50E-08
Utsläpp till luft		
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.30E+01	1.50E+01
Metan (CH ₄)	2.90E-03	3.40E-03
Lustgas (N ₂ O)	4.60E-04	5.00E-04
Kolmonoxid (CO)	1.20E-01	1.40E-01
Kväveoxider (NO _x)	2.70E-02	3.20E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	2.60E-02	3.30E-02
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.80E-03	3.30E-03
Partiklar (PM)	1.20E-02	2.00E-02
Ammoniak (NH ₃)	1.40E-04	2.80E-04
Utsläpp till vatten		
Nitrat (NO ₃)	3.20E-03	3.70E-03
Ammoniak (NH ₃)	6.10E-04	6.50E-04
Ammonium (NH ₄ ⁺)		
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	1.00E-04	5.50E-04
Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.		

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(c) Avser endast hjälpenergi. Vindenergin ingår inte som primärenergi.

* Avser vagga till grav för 1 kWh el, netto exklusive distribution

** Avser vagga till grav för 1 kWh el, netto inklusive distribution med 5 % förluster och livscykeldata för elnätet

Observera att samma tabellmall används genomgående för alla emissionsdatatabeller och att tomma rader innebär att emissionsdata antingen saknas eller inte berör studien ifråga. Rader markerade med ett streck ("–") innebär att det utifrån studien inte går att med säkerhet fastställa om faktorn tagits i beaktande eller ej. "–" innebär alltså INTE att emissionsfaktorn är noll. Om siffran noll anges i någon tabell så beror det på att den granskade studien har uppgivit utsläppet till noll.

I vissa fall anges siffror i tabellen med en asterisk. I dessa fall finns förklaringar efter tabellerna. Exempel på förklaringar kan vara att IVL har bearbetat siffran på något sätt eller att en tabell omfattar siffror från olika studier.

Notera också att data för bränslen som används för produktion av värme eller kraftvärme inte omfattar förluster vid distribution av värmen till kunden, alltså förluster som uppstår i fjärrvärmenätet. För att jämföra nyttig energi hos kunden mellan exempelvis el och fjärrvärme så måste hänsyn tas till verkningsgraden i det aktuella fjärrvärmenätet. I beräkningen av emissionsfaktor för svensk fjärrvärmeproduktion (avsnitt 18) ingår distributionsförluster i fjärrvärmenätet.

Observera att i tabellerna anges insatt primärenergi uppdelat på olika energislag. Dessa anges som MJ/MJ_{bränsle} (eller kWh/kWh_{el} för vattenkraft, vindkraft och kärnkraft). Där det anges "uran" som primärenergi gäller följande definition: "den termiska energi (ånga) som utvinns per kg naturligt uran (alltså U-atomer i malm)". Detta anges som ett medelvärde mellan Forsmark och Ringhals kärnkraftverk och innebär 522 895 MJ termisk energi i reaktor/kg naturligt uran i malm.

Av resultattabellerna (resursanvändning och emissioner) framgår att redovisningen av primärenergi varierar. För alla bränslen/energislag finns en post "TOTALT" och för vissa bränslen/energislag finns också en extra rad "Hjälpenergi". Bakgrunden till detta är att det varierar mellan olika bränslen/energislag om energin i själva bränslet/energibäraren ingår i primärenergifaktorn eller inte. Exempel på bränslen där energin ingår är primära bränslen såsom kol, olja och naturgas medan det för restbränslen som RT-flis och avfallsbränslen inte ingår. Det finns också bränslen/energislag som det kan råda olika åsikt om de bör bära primärenergi eller inte. Miljöfaktaboken ska så långt det är möjligt undvika värderingar och därför har för dessa bränslen angivits både med och utan energin i bränslet/energibäraren. För noggrann beskrivning, se rutorna nedan.

Bränslen/energislag där Miljöfaktaboken har inkluderat energin i bränslet/energibäraren

- Salix
- Stenkol
- Eldningsolja
- Naturgas
- Torv
- Vete för etanolproduktion
- Sockerbetor för etanolproduktion och biogasproduktion
- Majs för biogasproduktion
- RME
- Bensin
- Diesel
- Flygfotogen
- Fartygsbränslen
- Uran för kärnkraft

För dessa ingår således både hjälpenergi och energin i bränslet/energibäraren under "TOTALT" i tabellerna med emissioner och resursanvändning.

Bränslen/energislager där Miljöfaktaboken inte har inkluderat energin i bränslet/energibäraren

- Avloppsslam för biogasproduktion
- Gödsel för biogasproduktion
- Alla avfallsbränslen
- RT-flis
- Vindenergi
- Solenergi

För dessa ingår således bara hjälpenergi och inte energin i bränslet/energibäraren under "TOTALT" i tabellerna med emissioner och resursanvändning.

Bränslen/energislager där olika åsikter kan förekomma om energin i bränslet/energibäraren bör inkluderas eller inte

- Vall för biogasproduktion
- Sågverksrester
- Avverkningsrester
- Vattenkraft (potentiell energi i dammen)

För dessa tillkommer en siffra markerad "Hjälpenergi" förutom siffran under "TOTALT". På så sätt ges användaren möjlighet att själv värdera om energin i bränslet/energibäraren bör medräknas eller inte. "TOTALT" i detta sammanhang inkluderar både använd hjälpenergi och energin i bränslet/energibäraren.

6 Trädbränslen

Trädbränslen omfattar bränslen som härstammar från skogen och som inte har genomgått någon kemisk process. Hit räknas oförädlade trädbränslen såsom avverkningsrester (GROT = grenar och toppar från skogsavverkning), flis, sågspån, bark, stubbar och förädlade bränslen såsom pellets och briketter. I Miljöfaktaboken delas resultaten upp på oförädlade och förädlade trädbränslen. I Sverige har trädbränslen i stort sett ersatt olja och kol för produktion av fjärrvärme och används idag i allt ifrån småskaliga pannor (ved och pellets) till storskaliga kraftvärmeverk (flis, pellets, briketter och GROT).

Viktiga emissionskällor för trädbränslen är fossilbränsleåtgång vid avverkning av skog, insamling av råvara och distribution till värmeverk eller annan slutanvändning. I samband med konventionellt skogsbruk påverkas exempelvis biologisk mångfald och skogens upplevelsevärde. Uttag av trädbränslen kan medföra att mer grov död ved förs ut från skogen vilket kan ha negativ effekt på den biologiska mångfalden i skogen. Då Miljöfaktaboken endast omfattar emissioner och resursanvändning framgår inte sådana miljöeffekter som påverkan på biologisk mångfald.

Hur stora emissionerna blir vid förbränning av trädbränslen är till stor del beroende av typ av panna och hur fullständig förbränningen är. En villapanna kan variera väsentligt i utsläpp av både partiklar och växthusgaser beroende på hur optimalt förbränningen sker. Ur livscykelperspektiv varierar emissionerna också beroende på vilken hänsyn som den aktuella studien tagit till markanvändningsförändringar som sker i samband med uttag av skogsbränsle.

6.1 Oförädlade trädbränslen

De oförädlade trädbränslen som omfattas av Miljöfaktaboken är:

- GROT (grenar och toppar)
- Stubbar
- Gallringsvirke
- Skogsflis

Referensöversikt samt emissioner och resursanvändning presenteras nedan.

6.1.1 Flis från GROT – referensöversikt

Tabell 2 Flis från GROT (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 2 Chips from logging residues (production and distribution) – reference overview

FLIS FRÅN GROT – <i>produktion & distribution</i> Lindholm m.fl. (2010)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Från föryngringsavverkning till grind vid energi-anläggning inkl. produktion av arbetsmaskiner. Vägunderhåll är inte inkluderat. ➤ Allokeringsmetod Ingen allokering vid produktion av flis från GROT ➤ Antaganden El ansätts som svensk elmix PEF 1,79. Diesel PEF = 1.16 Förändring av markkol är inkluderade men siffror presenteras inte i Miljöfaktaboken 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Skogsmark i södra Sverige med moderna skogs-maskiner. Flisning vid vägkant. ➤ Indata 2007-2008 är referens-period för bränsle-användningen vid skörd. ➤ Likhet med andra studier Emissioner ligger i samma intervall som andra studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI. ➤ Regionspecifik data. Högre emissioner i norra Sverige. ➤ Förändring av markkols-förrådet har stor variation beroende på beräknings-metod och tidshorisont och är därför inte inkluderat i resultatet i Miljöfaktaboken. ➤ Miljöpåverkan innan avverkning är inte inkluderat

Livscykelanalysen startar efter slutavverkningen och slutar när skogsbränslet är transporterat, sönderdelat och förbränt vid kraftvärmeverk. Förbränningen (användningen) har dock exkluderats och istället tagits från Brekke 2008. Studien jämför olika hanteringssystem för GROT (grenar och toppar) och stubbar skördade i norra och södra Sverige. Tre hanteringssystem för GROT har behandlats; lösgrot, grotbuntar och flisning vid skogsbilväg varav det sista är det dominerande systemet i södra Sverige idag och kommer därför att vara det som används i miljöfaktaboken. För bränslekedjan i södra Sverige går skogsbränslet direkt till kraftvärmeverk från vägkant. För norra Sverige gäller att skogsbränslet går direkt till terminal där det sönderdelades till flis för att sedan transporteras vidare till kraftvärmeverk. Studien inkluderar inte vägunderhåll.

Transportavståndet i grundsceneriet är 50 km. CO₂-utsläppen ökar med ungefär 1 g/MJ bränsle för varje 100 km ökat transportavstånd. Densiteten för GROT antogs till 708 kg/fastkubikmeter under bark fuktigt bränsle och skörden var 506 GJ GROT per ha. Värmevärdet antas vara 19.2 MJ/kg torrsustans (TS) och fukthalten på flisad GROT är 40 %. Substansförluster vid lagring och tiden efter sönderdelning är inkluderade. Största utsläppen sker vid skörd, skotning och sönderdelning i grundsceneriet. Om förändring av markkol inkluderas ger detta en betydande ökning av klimatpåverkan. Data för

produktion av diesel kommer från Uppenberg m.fl. (2001) medan användningsdata kommer från SPI 2008, NTM 2009, Statoil 2009 och Lindgren 2007.

Metoder och referensscenarier för hur beräkningar av koldioxidutsläpp på grund av markolsförändringar ska genomföras är behäftade med stora osäkerheter och ingår därför inte att ingå i miljöfaktaboken. Endast utsläpp från det tekniska systemet, det vill säga relaterat till material- och energianvändning presenteras.

6.1.2 Flis från stubbar – referensöversikt

Tabell 3 Flis från stubbar (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 3 Chips from stumps (production and distribution) – reference overview

FLIS FRÅN STUBBAR – produktion & distribution Lindholm m.fl. (2010)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Från slutavverkning till grind vid energianläggning. inkl. produktion av arbetsmaskiner. Vägunderhåll är inte inkluderat ➤ Allokeringsmetod Ingen allokering vid produktion av flis från stubbar ➤ Antaganden El ansätts som svensk elmix. PEF 1,79. Diesel PEF = 1.16 Förändring av markkol är inkluderade, men siffror presenteras inte i Miljöfaktaboken 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Skogsmark i södra Sverige med moderna skogsmaskiner. Flisning vid väggkant ➤ Indata 2007-2008 är referensperiod för bränsleanvändningen. Data från litteraturstudier och mätningar ➤ Likhet med andra studier Emissioner ligger i samma intervall som andra studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI. ➤ Regionspecifik data. Högre emissioner i norra Sverige. ➤ Förändring av markkolsförrådet har stor variation beroende på beräkningsmetod och tidshorisont och är därför inte inkluderat i resultatet i Miljöfaktaboken. ➤ Miljöpåverkan innan avverkning är inte inkluderad

Referensen ingår i samma studie som GROT. Systemen startar efter föryngringsavverkning och slutar när skogsbränslet är transporterat, sönderdelat och förbränt vid kraftvärmeverk. Förbränningen (användningen) ingår inte. Stubbarna lagras och transporteras till energiverk där sönderdelning sker på plats. Densiteten för stubbar antogs till 683 kg per fastkubikmeter under bark och skörden var 450 GJ per ha (Karlsson 2007). Värmevärdet antas vara 19,2 MJ/kg torrsbstans och fukthalten på flisad stubbe är 40 %. Substansförluster vid lagring och tiden efter sönderdelning är inkluderade. I systemen i södra Sverige gick skogsbränslet direkt till kraftvärmeverk. Studien inkluderar inte vägunderhåll.

Transportavståndet i grundsceneriet är 50 km. CO₂-utsläppen ökar med ungefär med 1 g/MJ bränsle för varje 100 km ökat transportavstånd. Metoder och referensscenarier för hur beräkningar av koldioxidutsläpp på grund av markolsförändringar ska genomföras

är belagda med stora osäkerheter och ingår därför inte. Endast utsläpp från det tekniska systemet presenteras i resultatdelen. Data för produktion av diesel kommer från Uppenberg m.fl. (2001) medan användningsdata kommer från SPI 2008, NTM 2009, Statoil 2009 och Lindgren 2007. En del uppgifter i rapporten baseras på kvalificerade uppskattningar från erfaren personal på SkogForsk.

6.1.3 Flis från gallringsvirke – referensöversikt

Tabell 4 Flis från gallringsvirke (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 4 Chips from thinnings (production and distribution) – reference overview

FLIS FRÅN GALLRINGSVIRKE – produktion & distribution Berg (2010)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Vagga till grind (energianläggning) ➤ Allokeringsmetod Massallokering (påverkan innan slutavverkning) Antaganden ➤ El ansätts som svensk elmix. PEF 1,79. Diesel PEF = 1.16 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Skogsmark i södra Sverige med moderna skogsmaskiner. Flisning vid väggkant ➤ Indata 2007-2008 är referensperiod för bränsledata. Data baserat på litteraturstudier och kvalificerade uppskattningar ➤ Likhet med andra studier Emissioner ligger i samma intervall som andra studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI. ➤ Regionspecifik data. Högre emissioner för norra Sverige ➤ Miljöpåverkan från skogsbruket innan avverkningen är inkluderad

Funktionell enhet är en MJ (effektiva värmevärdet) flisad stamved från gallring av ungskog vid grinden till värmeverk. Livscykeln omfattar skogskötsel (2,5 % av belastning enligt massallokering), gallring av ungskog, utkörning till väg, transport 40 km till terminal/värmeverk inklusive på- och avlastning, flisning av stamved vid anläggning (extra scenario med användning av el till flisningen). Endast utsläpp av växthusgaser från bränsleförbrukning ingår i studien. Hela livscykeln för bränslet har tagits med. Bränsledata från Frischknecht m.fl. (1996) och Uppenberg m.fl. (2001). Massallokering har använts för att belasta grenar och toppars andel av utsläppen innan avverkning.

Uppgifter om energibalanser anges i rapporten men bearbetning av data har gjorts för att beräkna primäre energi med en faktor 1,16 för tillförd diesel (CONCAWE-studierna) vilken anges i studien. Fukthalten i biomassan i rapporten uppges variera mellan 35-60 % mellan olika steg i bränslecykeln. Förhållanden mellan vikt (torrsubstans) och volym är satt till 0,414 ton torrsubstans per fastkubikmeter under bark. Samma densitet är antagen för alla delar av trädet (grenar och toppar, stamved, stubbar). Utförare är Staffan Berg vid SkogForsk med data från Eva-Lotta Lindholm.

Rapporten har följt riktlinjerna i EU:s förnybarhetsdirektiv⁷ om beräkning av växthusgasutsläpp för flytande biobränslen i syfte att undersöka resultaten för fasta biobränslen. Vissa uppgifter baseras på uppskattningar gjorda av experter på området. En rimlighetskontroll av data visar att CO₂-utsläppen från insatt fossilenergi (diesel) är 78 g/MJ, vilket är rimligt.

6.1.4 Skogsflis – referensöversikt

Tabell 5 Skogsflis (produktion, distribution samt användning) – referensöversikt

Table 5 Wood chips (production, distribution and utilisation) – reference overview

SKOGSFLIS – <i>produktion & distribution, användning i småskaligt kraftvärmeverk</i> Brekke m.fl. (2010)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Avgränsningar</u> Från skogsskötsel till produktion av värme och el inklusive byggande (inkl. produktion av komponenter) och rivande av Kraftvärmeanläggningen. Ask-Hantering ingår endast kvalitativt. ➤ <u>Allokeringsmetod</u> Ingen allokering utförd på slutprodukterna värme och el ➤ <u>Antaganden</u> Hjälpel är nordisk elmix (Nordel 2006). Förändringar av markkolsförråd ingår inte. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Typ av anläggning</u> Mindre kraftvärmeverk 10 MW_{el}. Baserat på ett antal anläggningar i Norden och EU/Norskt skogsbruk med Konventionella skörde-metoder ➤ <u>Indata</u> Generisk anläggningsdata från Ecolnvent 2007 samt Nielsen og Illerup 2003. Eldata 2006 (Nordpool), biomassadata flera källor 2002-2006. ➤ <u>Likhet med andra studier</u> Resultatet är i samma storleksordning som andra studier. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ En del generella data från databas ➤ Norska förhållanden för skogsbruket ➤ Användningsdata inkluderar även drift och underhåll av kraftvärmeverk ➤ Data inkluderar inte distribution av el och värme

Funktionell enhet är en kWh genererad energi (el och värme) från ett mindre kraftvärmeverk. Installerad eleffekt på ångturbinen är 10 MW. Studien inkluderar drift av skogsmaskiner, drift av flisningsanläggning, konstruktion, drift och rivning av kraftvärmeverk. Bränslet utgörs av flis från GROT och ökat uttag av stamved som flisas. Fukthalten på bränslet är antaget till 40 % och det använda effektiva värmevärdet gäller för furu och är 2138 kWh per fastkubimeter. Förändringar av markkol på grund av ökat uttag av biomassa ingår inte i studien.

Anläggningen går ca 4000 timmar per år och har en livslängd på 20 år vilket påverkar de beräknade emissionerna för anläggningskonstruktionen beräknat per MJ bränsle, inklusive rivning av kraftvärmeanläggningen. Årsproduktionen är 40 GWh el och 120 GWh värme exklusive distributionsförluster. Verkningsgraden (producerad el och

⁷ Enligt Annex V stycke C i Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the council of 23 April 2009

värme dividerat med bränsle in) är i studien ansatt till 80 %. Denna verkningsgrad har använts för att presentera data per MJ bränsle som tillförs anläggningen.

Anläggningen är en ”medelanläggning” med data hämtad från databas (EcoInvent). Reningsteknik och annan specifik anläggningsdata finns därför inte angivet i studien. Hantering av askan är endast omnämnt kvalitativt i studien och ingår inte i totalsiffrorna. Anläggningen ligger i Norge och transportavståndet för bränslet är uppdelat på två scenarier, 47 km för 50 % insamlingsgrad och 17 km vid 100 % insamlingsgrad varav första scenariot ingår i data. Studien är utförd av oberoende part (Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE), och följer ISO 14040-48. Data för produktion och distribution samt användning har här delats upp i presentation av resultatet men kommer från samma studie. Observera att drift och underhåll av kraftvärmeverk ingår i data för användning, därav ett visst utsläpp av fossil koldioxid

Data för användning har kompletterats med generella förbränningsemissioner, partiklar (PM) och ammoniak (NH_3) till luft, vid förbränning av biobränslen i småskalig anläggning. Data kommer från Naturvårdsverket 2006. Användningsdata för skogsflis bör vara en god approximation till utsläpp vid förbränning av GROT. Vad gäller förbränningsemissioner från stubbar hänvisas till Strömberg (2008) som beskriver skillnad i utsläpp stubbar jämfört med andra skogsbränslen.

6.1.5 Oförädlade trädbränslen – resursanvändning och emissioner

Tabell 6 GROT, gallringsvirke, stubbar och skogsflis – resursanvändning och emissioner

Table 6 Logging residues, thinnings, stumps, wood chips – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	GROT	GALLRINGS- VIRKE	STUBBAR	SKOGSFLIS*	SKOGSFLIS*
Del av livscykel	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Användning småskaligt kraftvärmeverk (generellt) (a)
Referens	Lindholm m.fl. (2010)	Berg (2010)	Lindholm m.fl. (2010)	Brekke m.fl. (2010)	Brekke m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
TOTALT (c)	1.03E+00	1.02E+00	1.04E+00	1.05E+00	
Endast hjälpenergi (d)	2.7E-02	2.2E-02	3.7E-02	4.5E-02	2.0E-04
varav icke förnybara resurser					
Olja	-	-	-	2.7E-02	1.8E-04
Naturgas	-	-	-	7.3E-03	1.6E-05
Stenkol	-	-	-	7.8E-03	6.1E-06
Brunkol	-	-	-	-	-
Torv	-	-	-	2.7E-07	9.1E-11
Uran	-	-	-	9.6E-03	7.6E-06
varav förnybara resurser					
Vattenkraft	-	-	-	1.7E-03	1.2E-06
Biomassa	-	-	-	1.4E-03	8.7E-07
Vindkraft	-	-	-	2.3E-04	1.9E-07
Solkraft	-	-	-	3.2E-06	2.5E-09
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.9E+00	1.75E+00	2.6E+00	2.3E+00	2.5E-03
Metan (CH ₄)	1.4E-04	2.28E-03	2.9E-04	3.1E-03	1.7E-03
Lustgas (N ₂ O)	6.4E-05	5.94E-05	8.8E-05	6.6E-05	6.4E-04
Kolmonoxid (CO)	-	-	-	4.6E-03	4.6E-02
Kväveoxider (NO _x)	1.2E-02	-	1.6E-02	1.0E-02	5.0E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	4.2E-04	-	6.0E-04	6.0E-03	3.4E-04
Flyktiga kolväten (VOC)	-	-	-	2.4E-03	2.8E-03
Partiklar (PM)	-	-	-	-	1.0E-01**
Ammoniak (NH ₃)	-	-	-	-	2.0E-03**
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	-	-	-	1.9E-07	1.5E-09
Ammoniak (NH ₃)	-	-	-	-	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	-	-	-	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	-	-	-	6.3E-05	5.1E-08

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

(d) Omfattar endast hjälpenergi.

* Avser produktion av el och värme i småskaligt kraftvärmeverk (generiska data från Ecoinvent, 2007). SKOGSFLIS avser en blandning av GROT och Stamvedsflis (Brekke m.fl. 2008). Verkningsgraden är i studien ansatt till 80 %.

** Data kommer från Naturvårdsverket 2006 och gäller för förbränning av biobränslen i småskalig anläggning, (generiska data)

Andra studier för detta bränsle

- Helena Mälkki och Yrjö Virtanen. 2003. Selected emissions and efficiencies of energy systems based on logging and sawmill residues. Biomass and Energy. Vol 24. (321-327). 2003
- Caroline Setterwall, Maria Münter, Petra Sarközi, Birgit Bodlund. 2003. Bio-fuelled Combined Heat and Power Systems. Utförd av Vattenfall AB i Eclipse-programmet. 2003

6.2 Bark, spån, sågverksrester

6.2.1 Bark, spån, sågverksrester – referensöversikt

Data är extraherad ur studien för träpellets (Hagberg m.fl., 2009), se Tabell 8. Som framgår av Tabell 8 innefattar systemgränsen skogsbruk, sågverksprocesser och intern och externa transporter. Approximativa data som endast inkluderar pelletsproduktionen erhålls genom att subtrahera data för sågverksrester från data för pellets.

6.2.2 Bark, spån, sågverksrester – resursanvändning och emissioner

Tabell 7 Bark, spån, sågverksrester – resursanvändning och emissioner

Table 7 Bark, sawdust, sawmill residues – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	VÅTA SÅGVERKSRESTER	TORRA SÅGVERKSRESTER*	BARK
Del av livscykel	Produktion & distribution	Produktion & distribution	Produktion & distribution
Referens	Hagberg m.fl. (2009)	Hagberg m.fl. (2009)	Hagberg m.fl. (2009)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
TOTALT (c)	1.01E+00 (b)	1.04E+00 (b)	1.02E+00 (b)
Endast hjälpenergi (d)	1.36E-02 (b)	1.44E-01 (b)	1.21E-02 (b)
varav icke förnybara resurser			
Olja		-	-
Naturgas		-	-
Stenkol		-	-
Brunkol		-	-
Torv		-	-
Uran		-	-
varav förnybara resurser			
Vattenkraft		-	-
Biomassa		-	-
Vindkraft		-	-
Solkraft		-	-
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.39E+00	2.38E+00	1.39E+00 (b)
Metan (CH ₄)	2.10E-04	1.39E-03	1.80E-04 (b)
Lustgas (N ₂ O)	2.00E-05	5.50E-04	2.00E-05 (b)
Kolmonoxid (CO)		-	-
Kväveoxider (NO _x)		-	-
Svaveldioxid (SO ₂)		-	-
Flyktiga kolväten (VOC)		-	-
Partiklar (PM)		-	-
Ammoniak (NH ₃)		-	-
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)		-	-
Ammoniak (NH ₃)		-	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)		-	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)		-	-

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

(d) Omfattar endast hjälpenergi.

* Torra sågverksrester genereras senare i sågverksprocessen och får därför bära högre emissioner.

6.3 Förädlade trädbränslen

Miljöfaktaboken omfattar data för följande förädlade trädbränslen:

- Pellets från sågverksrester
- Briketter från sågverksrester

Referensöversikt samt emissioner och resursanvändning presenteras nedan.

6.3.1 Pellets och briketter – referensöversikt

Tabell 8 Pellets & briketter från sågverksrester (produktion & distribution) – referensöversikt

Table 8 Pellets & briquettes from sawmill residues (production & distribution) – reference overview

PELLETS & BRIKETTER från sågverksrester – <i>produktion & distribution</i> Hagberg m.fl. (2009)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<p>➤ Avgränsningar I systemgränsen ingår skogsbruk, transporter till sågverk och pelletsproduktion inkl. transport till slutkund.</p> <p>➤ Allokeringsmetod Massallokering i skogsbruk- och sågverksprocesser</p> <p>➤ Antaganden Markkolsförändringar tas ej hänsyn till, el värderas som nordisk elmix (bearbetning av IVL)</p>	<p>➤ Typ av anläggning Svensk medelanläggning (baserat på 10 anläggningar)</p> <p>➤ Indata Produktionsdata för skogsbruk & pellets-anläggningar från 2009</p> <p>➤ Likhet med andra studier Ej genomförd.</p>	<p>➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI.</p> <p>➤ Data har bearbetats av IVL</p> <p>➤ Eventuell dataosäkerhet</p> <p>➤ Det finns andra metoder som inte inkluderar belastning från skogsbruk och sågverk</p>

Metoden utgår ifrån tolkningar av EU:s förnybarhetsdirektiv⁸. Studien inkluderar pelletsproduktion från tre olika råmaterial; våta sågverksrester, torra sågverksrester samt rundved. I emissionstabellen visas data för våta och torra sågverksrester, där produktion av träbriketter kan approximeras med pellets från torra sågverksrester. I grundfallet som presenteras inkluderas skogsbruk och insamling av rundved/timmer och sågverksprocessen.

Massallokering används för att beräkna miljöbelastningen från denna process. Transport till sågverk ingår. I sågverket belastas sågverksprodukterna med dess energiinnehåll (även ett scenario då sågverksrester är "gratis" ingår i studien men tas inte upp här).

⁸ Enligt Annex V stycke C i directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the council of 23 April 2009

Data som endast inkluderar pelletsproduktionen kan erhållas genom att subtrahera data för sågverksrester från de för pellets. Torra sågverksrester genereras senare i sågverksprocessen och får därför bära högre emissioner. Vid produktion av pellets ingår data från en mix av 10 olika fristående pelletsanläggningar i bränslecykeln. Torkenergin består av en mix av fasta biobränslen. Känslighetsanalyser är genomförda för anläggningar med värmeåtervinning, leverans av fjärrvärme, kraftvärmegenerering, olja som torkenergi med mera, men dessa redovisas inte. Transport till slutkund ingår. Även ett scenario med slutanvändning av pellets i storskalig kraftvärmeanläggning (100 MW el) ingår och kommer från Fortum (2009) och Öresundskraft (2008). Data för småskalig förbränning har stora osäkerheter och är därför inte inkluderat utan härrör från andra källor. Studien finansierades av Energimyndigheten. Data kommer till stora delar från olika pelletsproducenter och Berg (2010).

El värderas som svensk elmix i rapporten, men IVL har bearbetat resultaten för att representera nordisk elmix. Vid en jämförelse mellan Magelli m.fl. (2009) och Hagberg m.fl. (2009) har Hagberg m.fl. ca 80 % lägre värde för CO₂ men 160 % högre värde för CH₄ och N₂O. Magelli m.fl. studerar Kanadensisk pellets och inkluderar även båttransport från Kanada till Sverige vilken svarar för ungefär 30 % av totala energiinsatsen vilket förklarar den stora skillnaden i CO₂-utsläpp. Däremot är inte transport ut till slutkund inkluderad. Massallokering används vid sågverk i Magelli m.fl. och energiallokering i Hagberg m.fl., men dessa är i princip likvärdiga. Största förklaringen till att Hagberg m.fl. har högre värden för CH₄ och N₂O härrör från pelletsproduktionen. Magelli m.fl. har endast ca 0,2-0,3 mg CH₄/MJ (förbränning av sågspån vid produktion) medan Hagberg m.fl. har ett värde på 5,7 mg CH₄/MJ pellets från våta sågverksrester då nordisk elmix används (endast 1 mg med svensk elmix).

Tabell 9 Pellets & briketter från sågverksrester (storskalig användning) – referensöversikt

Table 9 Pellets & briquettes from sawmill residues (large scale utilisation) – reference overview

PELLETS & BRIKETTER från sågverksrester – användning i storskaligt kraftvärmeverk Hagberg m.fl. (2009)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Förbränningsemissioner från Fortum och Öresundskraft. ➤ Allokeringsmetod Ingen ➤ Antaganden Specifik anläggningsdata 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Större kraftvärmeanläggning ➤ Indata Fortum 2009, Öresundskraft 2008 ➤ Likhet med andra studier Har ej jämförts med andra studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dataset har ej jämförts med liknande studier ➤ Begränsat urval av utsläppsparametrar i LCI.

För beskrivning av studien, se föregående avsnitt. Data inkluderar endast förbrännings-emissioner och inte processer kopplade till byggande, drift och rivning av anläggningen.

Tabell 10. Pellets och briketter från sågverksrester (småskalig användning) – referensöversikt

Table 10. Pellets & briquettes from sawmill residues (small scale utilisation) – reference overview

PELLETS & BRIKETTER från sågverksrester – användning i villapanna Johansson m.fl. (2003), Naturvårdsverket (2006)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Avgränsningar</u> Endast förbränningsemissioner <u>Allokeringsmetod</u> Ingen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Typ av anläggning</u> Småskalig villapanna ➤ <u>Indata</u> Mätdata 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dataset har ej jämförts med liknande studier ➤ Begränsat urval av utsläppsparametrar.

Referenserna Johansson m.fl. (2003) och Naturvårdsverket (2006) inkluderar endast förbränningsemissioner och inte processer kopplade till byggande, drift och rivning av anläggningen eller askhantering. Johansson m.fl. 2003, inkluderar fältmätningar utsläpp från av pellets pannor utrustade med två olika typer av brännare. Avser en vattenmantlad pellets panna med 3- och 6 kW konstant uteffekt. Den pellets som förbränns har 8 % fukthalt. Naturvårdsverket 2006 är till stora delar baserad på en sammanställning av de studier som utfördes inom Energimyndighetens forskningsprogram "Biobränsle, hälsa och miljö". En av dessa studier var fältmätningen i Johansson m.fl. 2003.

6.3.2 Pellets och briketter – resursanvändning och emissioner

Tabell 11. Pellets & briketter från sågverksrester – resursanvändning och emissioner

Table 11. Pellets & briquettes from sawmill residues – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	PELLETS (våta råvaror)	PELLETS eller BRIKETTER (torra råvaror)*	PELLETS	PELLETS & BRIKETTER
Del av livscykel	Produktion & distribution	Produktion & distribution	Användning i storskaligt kraftvärmeverk (två anläggningar)	Användning i villapanna
Referens	Hagberg m.fl. (2009)	Hagberg m.fl. (2009)	Hagberg m.fl. (2009)	Johansson m.fl. (2003), Naturvårds- verket (2006)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle		
TOTALT (c)	1.11E+00 (b)	1.18E+00 (b)		
Endast hjälpenergi (d)	1.13E-01 (b)	1.84E-01 (b)		
varav icke förnybara resurser	-	-		
Olja	-	-		
Naturgas	-	-		
Stenkol	-	-		
Brunkol	-	-		
Torv	-	-		
Uran	-	-		
varav förnybara resurser		-		
Vattenkraft	-	-		
Biomassa	-	-		
Vindkraft	-	-		
Solkraft	-	-		
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	3.40E+00	3.90E+00	-	-
Metan (CH ₄)	8.00E-03	7.20E-03	3.00E-05	4.00E-03
Lustgas (N ₂ O)	1.20E-03	6.00E-04	6.00E-04	5.00E-03**
Kolmonoxid (CO)	-	-	-	1.20E-01
Kväveoxider (NO _x)	-	-	-	6.50E-02**
Svaveldioxid (SO ₂)	-	-	-	1.00E-02**
Flyktiga kolväten (VOC)	-	-	-	1.00E-02
Partiklar (PM)	-	-	-	9.00E-03
Ammoniak (NH ₃)	-	-	-	2.00E-03**
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	-	-	-	-
Ammoniak (NH ₃)	-	-	-	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	-	-	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	-	-	-	-

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

(d) Omfattar endast hjälpenergi.

* Kan antas ha samma miljöpåverkan som produktion av träbriketter.

** Data från Naturvårdsverk 2006.

Andra studier för detta bränsle

- Francesca Magellia, Karl Boucher, Hsiaotao T. Bi, Staffan Melin, Alessandra Bonoli. 2008. An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe. Published online 29 oktober 2008 på Science Direct.

7 Energigrödor

Energigrödor omfattar bränslen som vanligen odlas på jordbruksmark som energiskog (salix), energihampa, energigräs, halm och spannmål för produktion av biodrivmedel. I Miljöfaktaboken ingår endast salix då dataunderlaget för övrigt är mycket bristfälligt.

7.1 Salix

Salix kan odlas på outnyttjad åkermark. Efter plantering tar det 4-5 år innan den första skörden kan tas. Därefter sker skörd med 3-5 års intervall under 25-30 år. Därefter måste odlingen förnyas. Salix skördas efter lövfällning med direktflis- eller helskotts-metoden. Vid direktflisning sönderdelas det skördade materialet i samband med skörd. Bränslet har då en fukthalt på 50 % och är färdigt att transporteras till förbränningsanläggning och. Vid helskottsskörd läggs buntar av Salix på fältet eller vid fältkanten. Där lagras de ett halvår varmed fukthalten sjunker till 30%. Därefter kan materialet flisas på plats och transporteras till förbränningsanläggning eller transporteras som hela skott till förbränningsanläggning och flisas där. Gödslingen kräver mest hjälpen energi och har tillsammans med markbehandling särskilt stor betydelse för klimatprestandan hos salix. Jämfört med ettåriga grödor har salix lägre livscykelutsläpp per energienhet [3].

7.1.1 Salix – referensöversikt

Tabell 12. Salix – referensöversikt

Table 12. Salix – reference overview

FLIS FRÅN SALIX – <i>produktion & distribution</i> Börjesson (2006)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Odling (inklusive för- och efterarbete), skörd och distribution till anläggning ➤ Allokeringsmetod Ingen allokering används ➤ Antaganden El värderas som naturgas-baserad el. Markkols-förändringar ingår inte 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Åkermark i södra Sverige ➤ Indata Datakällor från litteratur, 1994- 2006 varav de flest från tidigt 2000-tal ➤ Likhet med andra studier Samma storleksordning på emissioner som äldre studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Data har bearbetats för att ge resultatet per MJ bränsle ➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI.

Studien omfattar salixproduktion på åkermark i södra Sverige. Total livslängd för odlingen är 22 år med skörd var tredje år. Första skörden sker efter 4 år och är vanligen 60% lägre än vid nästkommande skördetillfälle. Medelavkastningen är 10 ton torrsu-bstans per hektar och år. Produktion av sticklingar, gödsel och bekämpningsmedel ingår. Gödsling sker med handelsgödsel. Skörd sker med direktflisare varefter transport sker till energianläggning (30 km enkel väg med tom returfrakt). Produktion och underhåll av maskiner och produktion av diesel och smörjolja ingår i studien liksom återställande av marken efter avslutad odling. El som används i studien antas vara naturgasbaserad

(primärenergifaktor 2,2). Livscykelanalysen följer ISO standard 14041-43 [9]. Fossila CO₂-utsläpp per MJ insatt primärenergi är 77 g. 50 % av insatt primärenergi åtgår vid produktion av handelsgödsel där en stor andel kommer från naturgas (90 % kvävegödselproduktion). I studien redovisas livscykelemissioner för ingående naturgas, kol och olja. Data för skogsflis (avsnitt 6.1.4) bör vara rimlig approximation av förbränningsutsläpp.

7.1.2 Salix – resursanvändning och emissioner

Tabell 13. Salix – resursanvändning och emissioner

Table 13. Salix - resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	FLIS FRÅN SALIX	FLIS FRÅN SALIX
Del av livscykel	Produktion & distribution* (a)	Hänvisas till skogsflis (a)
Referens	Börjesson (2006)	Hänvisas till skogsflis
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	
TOTALT (c)	1.05 E+00	
varav icke förnybara resurser		
Olja	-	
Naturgas	-	
Stenkol	-	
Brunkol	-	
Torv	-	
Uran	-	
varav förnybara resurser		
Vattenkraft	-	
Biomassa	-	
Vindkraft	-	
Solkraft	-	
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)**	3.7E+00	
Metan (CH ₄)**	3.3E-03	
Lustgas (N ₂ O)	1.9E-02	
Kolmonoxid (CO)	3.7E-03	
Kväveoxider (NO _x)	2.3E-02	
Svaveldioxid (SO ₂)	6.6E-03	
Flyktiga kolväten (VOC)	1.8E-03	
Partiklar (PM)	1.4E-03	
Ammoniak (NH ₃)	1.7E-02	
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	9.7E-02	
Ammoniak (NH ₃)	-	
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	-	

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

*Avser odling (inklusive för- och efterarbete), skörd och distribution till anläggning

** Ev. Avser förbränningsemissioner och askhantering för GROT i ett mindre kraftvärmeverk (10 MW el)

Andra studier för detta bränsle

- Blinge, M. m.fl., 1997. Livscykelanalys (LCA) av drivmedel. KFB-Meddelande 1997:5, Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm.
- Arnald, M. 1997. Livscykelinventering av elproduktion genom flisförbränning i CFB-panna. Examensarbete TRITA-KET-IM 1997:8, Kungliga Tekniska Högskolan.

8 Biooljor, fasta anläggningar

För biooljor som förbränns i fasta anläggningar omfattar miljöfaktaboken tallbeckolja. Även andra biooljor förekommer, till exempel RME (biodiesel), dessa behandlas dock under avsnittet Biodrivmedel, se avsnitt 12.3. Många av de biooljor som används till fjärrvärmeproduktion är vegetabiliska restprodukter och tallbeckolja är ett sådant exempel [4].

8.1 Tallbeckolja

Tallbeckolja som utvinns ut tallolja (även kallad råttolja). Tallolja består av kådämnen i trä och är en biprodukt från sulfatmassatillverkningen och består huvudsakligen av hartssyror och fria fettsyror. Talloljan kan vidareförädlas genom raffinering till ett antal produkter, däribland tallbeckolja som kan användas som bränsle i värmeverk, kraftvärmeverk och mesaugnar. Rent konsistensmässigt kan tallbeckolja liknas vid eldningsolja. Tallbeckolja har ungefär samma värmevärde som eldningsolja 5.

8.1.1 Tallbeckolja - referensöversikt

Tabell 14. Tallbeckolja (storskalig användning) – referensöversikt

Table 14. Tall oil (large scale utilisation) – reference overview

TALLBECKOLJA – användning i värmeverk Fortum (2009)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Endast förbränningsemissioner ➤ Allokeringsmetod Ingen allokering ➤ Antaganden Beräknade utsläpp för CO₂. Uppmätta för NO_x och SO₂ Kompletterande data från NIR* Och Paulrud och Fridell 2008 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Värmeverk med en bränsleffekt på 75 MW rening med cyklonfilter ➤ Indata Miljörapport för 2009. Kompletterande data från 2004 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Dataset har ej kunnat jämföras med liknande studier ➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI. ➤ Data har bearbetats av IVL ➤ Eventuell dataosäkerhet ➤ Emissioner från byggande, drift och rivning av värmeverket ingår inte

Referensen är en miljörapport för 2009 från Akalla värmeverk som används som spetslast i fjärrvärmenätet. Panna 1 och 2 använder eldningsolja 5, EO5, (20,5 GWh under 2009). Panna 3 använder tallbeckolja. Pannan använde 99,8 GWh tallbeckolja under 2009. Totalt genererades 111,5 GWh fjärrvärme exklusive distributionsförluster. Pannorna är på 75 MW värmeeffekt vardera. Panna 1 och 2 har cyklonfilter och panna 3 elfilter. Beräkningarna av koldioxidutsläpp baseras på uppmätt mängd olje användning medan utsläpp av NO_x, SO₂ och partiklar baseras på mätningar av rökgaser. Data har

kompletterats med generella siffror på nationell nivå för tallolja som används till fjärrvärme enligt uppgifter från (Boström m.fl., 2004) från referens Swedish NIR⁹.

8.1.2 Tallbeckolja – resursanvändning och emissioner

Tabell 15. Tallbeckolja (produktion, distribution samt slutanvändning) – referensöversikt

Table 15. Tall oil (production, utilisation and utilisation) – reference overview

Typ av bränsle	TALLBECKOLJA	TALLBECKOLJA
Del av livscykel	Produktion & distribution	Användning i värmeverk* (en anläggning)
Referens	SAKNAS	Fortum (2009)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	
TOTALT		
varav icke förnybara resurser		
Olja		
Naturgas		
Stenkol		
Brunkol		
Torv		
Uran		
varav förnybara resurser		
Vattenkraft		
Biomassa		
Vindkraft		
Solkraft		
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)		-
Metan (CH ₄)		2.0E-03*
Lustgas (N ₂ O)		6.0E-04**
Kolmonoxid (CO)		-
Kväveoxider (NO _x)		1.6E-02
Svaveldioxid (SO ₂)		1.1E-01
Flyktiga kolväten (VOC)		-
Partiklar (PM)		4.2E-03
Ammoniak (NH ₃)		-
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)		-
Ammoniak (NH ₃)		-
Ammonium (NH ₄ ⁺)		-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)		-

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

* Data för användning i värmeverk har hämtats från Swedish NIR (källa i NIR: SEPA 1995)

**Data från Paulrud och Fridell 2008. Samma värde som för Eldningsolja 5

⁹ National Inventory Report. Medlemsstaterna i UNFCCC måste årligen rapportera utsläpp från källor och upptag från sänkor. Rapporten omfattar utsläpp till luft av de direkta växthusgaserna CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ och de indirekta växthusgaserna NO_x, CO, NMVOC och SO₂

9 Avfallsbränslen

Avfallsbränslen är inte homogena bränslen utan består av många olika material såsom biologiskt avfall, plast, papper, glas, med mera. De avfallsbränslen som omfattas av Miljöfaktaboken är hushållsavfall, brännbart grovavfall, PTP och blandat verksamhetsavfall. För information om sammansättningen för de studerade avfallsbränslena, se Bilaga A4.

Avfall är komplexa bränslen att studera och modeller för avfallsförbränning innehåller osäkerheter i många steg. Det är plockanalyser av avfall som ger grunden till fördelningen av material i de olika avfallsbränslena. Innehållet i framförallt avfall från hushåll kan variera mycket beroende på årstid, geografi och typ av hushåll. Man ska därför inte se de sammansättningar som valts här som sanningar utan som bästa approximationer av den genomsnittliga sammansättningen för de utvalda typerna avfallsbränslen.

Vilken avfallsmix som används vid förbränningen påverkar både förbränningsutsläpp och eventuella emissioner uppströms. Var systemgränserna dras är naturligtvis viktigt även vad gäller avfallsbränslen och huruvida uppströms processer räknas med eller om restprodukterna antas vara gratis ur miljösynpunkt vid insamling. Vidare påverkar förbränningsteknik och reningsutrustning liksom transport och transportavstånd av bränslet resultatet. För avfallsbränslen kan olika antaganden göras för hur stor del av emissionerna som ska belasta den ur avfallet producerade energin (energiåtervinningen).

9.1 Avfallsbränslen – referensöversikt

Tabell 16. Avfallsbränslen – referensöversikt

Table 16. Municipal waste – reference overview

OLIKA AVFALLSFRAKTIONER – produktion & distribution samt användning Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010))		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Från insamling till genererad el och värme ➤ Allockeringsprincip All miljöbelastning på avfallsbränslet. ➤ Antaganden Avfallshantering av slagg och aska från förbränningen ej inkluderad. Lokala transportavstånd antagna 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggningar ➤ En "medel"-kraftvärmeanläggning och en "medel"-hetvattenpanna i Sverige. Verkningsgrader 94 % i kraftvärmeverket och 86 % i hetvattenpannan ➤ Indata ➤ Data från SWEA-modellen Fraktionssammansättning från Hållbar Avfallshantering 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Innehåller utvalda data för Miljöfaktaboken. ➤ Avfallsfraktionernas sammansättning kan i verkligheten variera ➤ Transportavståndet varierar stort i landet ➤ Tillägg för ett regionalt transportavstånd

Miljöprestanda för olika blandningar av avfallsbränslen har tagits fram specifikt för Miljöfaktaboken. Processerna för avfallsförbränning i kraftvärmepanna och hetvattenpanna har tagits från SWEA-modellen (Björklund m.fl., 2009) från forskningsprogrammet Hållbar Avfallshantering (2010). Fraktionssammansättningen är också

framtagen inom Hållbar Avfallshantering men innehåller också antaganden framtagna specifikt för Miljöfaktaboken.

I beräkningarna är kraftvärmepanna och hetvattenpanna likvärdiga. I SWEA-modellen antas verkningsgraden för kraftvärme vara 0,94 (varav 18,4 % el och 81,6 % värme) och för hetvatten 0,86. Då förbränningen i Miljöfaktaboken anges per MJ avfallsbränsle, blir värdena lika för både kraftvärme- och hetvattenproduktion.

Slagg och aska för alla system är inkluderat som ett utflöde och den avfallshantering som därefter följer ingår inte.

9.1.1 Transport och insamling av avfall

Transport och insamling av avfall är baserat på en generell uppskattning för insamling av säck- och kärlavfall i Sverige hämtad från SWEA-modellen. Omfattningen på transporter och insamling varierar beroende på om den sker i tätort eller glesbygd, var i landet den sker, vilka insamlingssystem som används och inte minst vilket avfall som transporteras. Olika avfallsbränslen har olika värmevärde per viktenhet och 1 MJ motsvarar således olika mängder avfall. Uppgifterna är alltså mest representativa för insamling av säck- och kärlavfall, men har använts som uppskattning för samtliga avfall då miljöpåverkan från insamling är relativt liten jämfört med förbränningen. För en detaljerad redovisning av olika avfallsfraktioner, se Bilaga A4.

Avfall transporteras ofta regionalt till förbränningsanläggningar. I de fall en regional transport ingår behöver miljöpåverkan från denna adderas till miljöpåverkan från insamlingstransporter och förbränning. I de fall man har möjlighet bör man räkna ut denna transport separat eftersom avståndet kan skilja ganska kraftigt dels mellan olika regioner men också mellan olika typer av avfall. En transport om 200 km av 1 kg avfall i en Euro 3-klassad, 40-tons lastbil med 85 % lastgrad finns med i Bilaga A4 som en approximation om transporten är okänd. Observera att tillägget kräver att en omräkning sker till MJ bränsle genom att dividera med det aktuella värmevärdet.

9.2 Hushållsavfall

Under detta avsnitt ingår säck- och kärlavfall (hushållsavfall) samt säck- och kärlavfall med mindre organiskt avfall (75 % utsortering av matavfall). Motivet för att redovisa dessa två typer av hushållsavfall är att utsortering av matavfall sker i allt fler kommuner. 75 % utsortering är en grov uppskattning av utsorteringen vid ett väl fungerade separat insamlingssystem för matavfall. För information om de studerade hushållsavfallens sammansättning hänvisas till Bilaga A4.

Säck- och kärlavfall har ett lägre värmevärde på 12,2 MJ/kg (fuktigt bränsle). Säck- och kärlavfall med hög utsortering av matavfall har ett lägre värmevärde på 16,7 MJ/kg (fuktigt bränsle).

9.2.1 Hushållsavfall – resursanvändning och emissioner

Tabell 17. Hushållsavfall (produktion, distribution samt slutanvändning) – resursanvändning och emissioner

Table 17. Household waste (production, distribution and utilisation) – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	SÄCK- & KÄRLAVFALL	SÄCK- & KÄRLAVFALL (lite organiskt)	SÄCK- & KÄRLAVFALL	SÄCK- & KÄRLAVFALL (lite organiskt)
Del av livscykel	Produktion & Distribution	Produktion & Distribution	Användning i kraftvärme och hetvattenpanna*	Användning i kraftvärme och hetvattenpanna*
Referens	Palm m.fl. (2010) (från Björklund ml.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010) (från Björklund ml.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010) (från Björklund ml.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010) (från Björklund ml.fl. (2010))
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
TOTALT (d)	1.45E-02	1.06E-02	2.84E-02	2.66E-02
varav icke förnybara resurser				
Olja	1.34E-02	9.81E-03	9.57E-03	9.07E-03
Naturgas	6.03E-04	4.41E-04	1.28E-02	1.27E-02
Stenkol	1.80E-04	1.31E-04	9.42E-04	8.53E-04
Brunkol	1.14E-04	8.35E-05	3.90E-04	3.66E-04
Torv	-	-	-	-
Uran	1.91E-04	1.40E-04	3.09E-03	2.39E-03
varav förnybara resurser				
Vattenkraft	2.23E-05	1.63E-05	9.52E-04	7.22E-04
Biomassa	7.65E-06	5.59E-06	6.41E-04	4.82E-04
Vindkraft	-	-	-	-
Solkraft	-	-	-	-
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	9.85E-01	7.20E-01	3.68E+01	4.13E+01
Metan (CH ₄)	5.02E-04	3.67E-04	2.34E-03	2.25E-03
Lustgas (N ₂ O)	2.36E-06	1.72E-06	3.64E-04	3.62E-04
Kolmonoxid (CO)	9.16E-04	6.70E-04	1.69E-02	1.63E-02
Kväveoxider (NO _x)	4.37E-03	3.19E-03	3.76E-02	3.75E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	1.20E-03	8.74E-04	3.95E-03	3.43E-03
Flyktiga kolväten (NMVOC)	3.92E-04	2.87E-04	5.01E-04	4.81E-04
Partiklar (PM)	1.35E-04	9.89E-05	6.09E-01	4.53E-01
Ammoniak (NH ₃)	2.36E-06	1.72E-06	1.71E-03	1.71E-03
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	-	-	-	-
Ammoniak (NH ₃)	1.46E-06	1.07E-06	1.97E-06	1.67E-06
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	-	-	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	1.90E-07	1.39E-07	1.76E-06	1.58E-06

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(d) Omfattar endast hjälpenenergi. Energi i avfallsbränslet har inte räknats med då avfallet betraktas som en rest.

* Generella data för genomsnittligt kraftvärmeverk och hetvattenpanna. Per genererad enhetsenergi. Data inkluderar ej distribution av el och värme. Verkningsgraden för kraftvärme är ansatt till 94 % med ett genomsnittligt alfavärde (el/värme) på 0,225. Verkningsgraden är ansatt till 86 % för hetvattenpannor

9.3 Blandat grovavfall, PTP, blandat verksamhetsavfall

9.3.1 Brännbart grovavfall

Brännbart grovavfall är en utsorterad fraktion av hushållens grovavfall. Här har antagits att den består av papper, trä, plast och metall. Lägre värmevärdet på fuktigt bränsle är 15,9 MJ/kg. Avfallets sammansättning ses i Bilaga A4.

9.3.2 PTP-avfall (Papper-, Trä och Plast)

PTP är en förkortning av papper, trä, plast. Avfallsbränslet kallas ofta för RDF, vilket står för Refuse Derived Fuels. Lägre värmevärdet på fuktigt bränsle är 17,2 MJ/kg. Avfallets sammansättning ses i Bilaga A4.

9.3.3 Blandat verksamhetsavfall

Blandat verksamhetsavfall antas innehålla förutom papper, plast, trä, gips och metall även en del blandade inerta material vilka har approximerats med färgat glas i beräkningarna. Lägre värmevärdet på fuktigt bränsle är 10,6 MJ/kg. Avfallets sammansättning framgår av Bilaga A4.

9.3.4 Blandat grovavfall, PTP, blandat verksamhetsavfall – resursanvändning och emissioner

Tabell 18 Olika avfallsfraktioner – resursanvändning och emissioner

Table 18 Waste – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	BLANDAT VERKSAMHETS-AVFALL	PAPPER-TRÄ-PLAST (PTP)	BLANDAT VERKSAMHETS-AVFALL*	PAPPER-TRÄ-PLAST (PTP)*
Del av livscykel	Produktion & Distribution	Produktion & Distribution	Användning	Användning
Referens	Palm m.fl. (2010) (från Björklund ml.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010) (från Björklund ml.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010) (från Björklund ml.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010) (från Björklund ml.fl. (2010))
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
TOTALT (d)	1.70E-02	1.00E-02	2.80E-02	2.70E-02
varav icke förnybara resurser				
Olja	1.55E-02	9.45E-03	9.57E-03	9.07E-03
Naturgas	6.95E-04	4.25E-04	1.28E-02	1.27E-02
Stenkol	2.07E-04	1.26E-04	9.42E-04	8.53E-04
Brunkol	1.31E-04	8.04E-05	3.90E-04	3.66E-04
Torv	-	-	-	-
Uran (som ren U)	2.20E-04	1.34E-04	3.09E-03	2.39E-03
varav förnybara resurser				
Vattenkraft	2.57E-05	1.57E-05	9.52E-04	7.22E-04
Biomassa	8.81E-06	5.38E-06	6.41E-04	4.82E-04
Vindkraft	-	-	-	-
Solkraft	-	-	-	-
Emissioner till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.13E+00	6.93E-01	3.68E+01	4.13E+01
Metan (CH ₄)	5.79E-04	3.54E-04	2.34E-03	2.25E-03
Lustgas (N ₂ O)	2.71E-06	1.66E-06	3.64E-04	3.62E-04
Kolmonoxd (CO)	1.05E-03	6.45E-04	1.69E-02	1.63E-02
Kväveoxider (NO _x)	5.03E-03	3.07E-03	3.76E-02	3.75E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	1.38E-03	8.41E-04	3.95E-03	3.43E-03
Flyktiga kolväten (NMVOC)	4.65E-04	2.84E-04	7.83E-04	7.28E-04
Partiklar (PM)	1.56E-04	9.52E-05	6.09E-01	4.53E-01
Ammoniak (NH ₃)	2.72E-06	1.66E-06	1.71E-03	1.71E-03
Emissioner till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃ ⁻)	-	-	-	-
Ammoniak (NH ₃)	1.68E-06	1.03E-06	1.97E-06	1.67E-06
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	-	-	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	2.18E-07	1.33E-07	1.76E-06	1.58E-06

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(d) Omfattar endast hjälpenergi. Energi i avfallsbränslet har inte räknats med då avfallet betraktas som en rest.

* Generella data för genomsnittligt kraftvärmeverk och hetvattenpanna.

Forts. Tabell 18 Olika avfallsfraktioner – resursanvändning och emissioner

Typ av bränsle	BRÄNNBART GROVAVFALL	BRÄNNBART GROVAVFALL
Del av livscykel	Produktion & Distribution	Användning
Referens	Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010))	Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010))
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
TOTALT (d)	1.10E-02	4.30E-02
varav icke förnybara resurser		
Olja	1.03E-02	1.95E-02
Naturgas	4.65E-04	1.39E-02
Stenkol	1.38E-04	1.22E-03
Brunkol	8.79E-05	5.39E-04
Torv	-	-
Uran (som ren U)	1.47E-04	4.49E-03
varav förnybara resurser		
Vattenkraft	1.72E-05	1.77E-03
Biomassa	5.89E-06	1.43E-03
Vindkraft	-	-
Solkraft	-	-
Emissioner till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	7.59E-01	2.56E+01
Metan (CH ₄)	3.87E-04	3.75E-03
Lustgas (N ₂ O)	1.81E-06	2.65E-04
Kolmonoxd (CO)	7.05E-04	2.77E-02
Kväveoxider (NO _x)	3.36E-03	3.92E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	9.21E-04	2.94E-02
Flyktiga kolväten (NMVOC)	3.11E-04	1.63E-03
Partiklar (PM)	1.04E-04	3.51E+00
Ammoniak (NH ₃)	1.82E-06	1.73E-03
Emissioner till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃ ⁻)	-	-
Ammoniak (NH ₃)	1.13E-06	4.50E-06
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	1.46E-07	1.87E-06

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(d) Omfattar endast hjälpenergi. Energi i avfallsbränslet har inte räknats med då avfallet betraktas som en rest.

9.4 RT-flis

RT-flis (Returträflis) består av rivnings- och emballagevirke och liknande material. RT-flis kan sägas vara trä som uppfyllt någon funktion inom samhälle eller industri, till exempel som byggnadsmaterial, innan det blivit bränsle. Detta innebär att biprodukter från andra processer såsom spån från trävaruindustrin inte inkluderas i begreppet returträflis. Bränslets kvalitet är avgörande för förbränningen i konventionella anläggningar, och flisen bör då vara fri från målat och impregnerat virke. RT-flis kan på grund av sitt ursprung vara förorenad av olika typer av ytbehandlingar och träskyddsmedel. För RT-flis från rivning kan större delen av föroreningarna avlägsnas genom selektiv rivning och under behandlingen när virket flisas.

9.4.1 RT-flis – referensöversikt

Tabell 19. RT-flis (storskalig användning) – referensöversikt

Table 19. Recycled wood chips (large scale utilisation) – reference overview

RT-FLIS – användning storskaligt kraftvärmeverk Vattenfall (2009)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Endast förbränningsemissioner från en specifik anläggning ➤ Allokeringsmetod Ingen allokering ➤ Antaganden NOx och SOx-emissioner baseras på mätningar i rökgaser 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning BFB-panna¹⁰ på 104 MW bränsleeffekt. SNCR-rening av NOx. Rening med skrubber och elfilter ➤ Indata Miljörapport från 2009 ➤ Likhet med andra studier Har inte jämförts med andra studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Ej generella emissionsdata ➤ Data för byggnad, drift och rivning av anläggning. ➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI. ➤ Data från enskild anläggning under ett år ➤ Förbränningsemissioner varierar mellan olika pannor och renings-tekniker

Anläggningen ligger i Nyköping (Idbäckens kraftvärmeverk) och består av en BFB-ångpanna med en bränsleeffekt på 104 MW (35 MW eleffekt och 60 MW värmeeffekt). 430 GWh returträflis (RT-flis) användes under 2009, motsvarande totalt 80 % av allt bränsle till pannan. Anläggningen har tillstånd att förbränna CCA-impregnerat trä och ytterligare några avfallstyper. I övrigt eldas främst biobränslen. Resterande bränslen som används vid uppstart och extrema situationer är eldningsolja, deponigas och kol vilka också ingår i emissionsdata men som inte påverkar emissionerna nämnvärt. Kraftvärmeverket har en rökgaskondensor på 17 MW som också fungerar som en skrubber och tvättar ur partiklar och vattenlösliga föreningar. Kväveoxider renas med SNCR-teknik med ammoniumföreningar. Rökgaserna passerar även ett el-filter.

Förutom svensk RT-flis förbrändes också Norsk (33 %), Dansk (2 %) och Holländsk (5,5 %) RT-flis.

¹⁰ Bubblande Fluidiserande Bädd. Luft blåses under en bädd av fina heta sandpartiklar som blandas med bränslet.

9.4.2 RT-flis – resursanvändning och emissioner

Tabell 20. RT-flis – resursanvändning och emissioner

Table 20. Recycled wood chips – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	RT-FLIS*	RT-FLIS
Del av livscykel	Produktion & distribution	Användning i kraftvärmeverk (Vattenfall, Idbäcken)
Referens	SAKNAS	Vattenfall (2009)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	
TOTALT (d)	-	
varav icke förnybara resurser	-	
Olja	-	
Naturgas	-	
Stenkol	-	
Brunkol	-	
Torv	-	
Uran	-	
varav förnybara resurser	-	
Vattenkraft	-	
Biomassa	-	
Vindkraft	-	
Solkraft	-	
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)***	-	-
Metan (CH ₄)	-	-
Lustgas (N ₂ O)	-	5.0E-04
Kolmonoxid (CO)	-	2.4E-02
Kväveoxider (NO _x)	-	3.9E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	-	5.7E-03
Flyktiga kolväten (VOC)	-	-
Partiklar (PM)	-	1.0E-03
Ammoniak (NH ₃)	-	1.5E-03
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	-	-
Ammoniak (NH ₃)	-	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	-	-

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(d) Uppgifter om primärenergianvändning saknas. RT-flis bör dock betraktas som en rest och uppgifter om primärenergianvändning kan då baseras på hjälpenenergiebehovet enbart.

* Data för produktion & distribution saknas

** Ungefär 80 % av bränslet är RT-flis och övriga del av resten är biobränsle

*** Per MJ bränsle (genomsnitt under året) avges ca 4,5 g fossil koldioxid men dessa härrör från uppstart av pannan

Andra studier för detta bränsle

- NME, 1999. Miljödeklaration av el och fjärrvärme. Norrköping Miljö och Energi AB

10 Fossila bränslen, fasta anläggningar

10.1 Kol

Kol är ett fossilt bränsle som bildats genom anhopning och inkolning av växtdelar under en lång tidsperiod. När det förmultnande växtlagret täckts av sediment av sand och lera omvandlas det successivt till brunkol och till sist stenkol och antracit. Kolet förekommer ofta i form av band, så kallade flötsar, vars tjocklek kan variera från någon centimeter upp till 30 meter. Cirka två tredjedelar av världens kolproduktion bryts under jord och resten i dagbrott. Efter brytning transporteras kolet via fartyg och landtransport.

Kolets egenskaper och kvalitet varierar och beror bland annat på graden av inkolning och det ursprungliga organiska materialets ålder och ligninhalt. Brunkol har lågt energi-innehåll och används nästan uteslutande direkt i anslutning till gruvfälten. Stenkol är energirik och är det som används mest i Sverige. Genom pyrolys av stenkol erhålls så kallad koks som används vid järn- och ståltilverkning. Kol används i begränsad omfattning även i svenska kraftvärmeanläggningar. Kolet har utmärkta förbränningsegenskaper då det mals till pulver och används i så kallade pulverbrännare.

Livscykelemissionerna domineras av utsläpp till luft vid förbränning. Brytningen av kol och på vilket sätt denna utförs har också stor betydelse för miljöprestandan liksom läckage från reningsdammar och transport av kolet. Förutom emissioner av växthusgaser och partiklar medför kolbrytning med öppna dagbrott stor inverkan på närmiljön. Byggandet av kraftverken står för en mindre del av utsläppen.

10.1.1 Stenkol – referensöversikt

Tabell 21. Stenkol (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 21. Hard coal (production and distribution) – reference overview

STENKOL – <i>produktion & distribution samt användning i kondenskraftverk</i> Sokka m.fl. (2005)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Avgränsningar</u> Från vagga till grav inklusive energiomvandling till el ➤ <u>Allokeringsmetod</u> Systemutvidgning. Kreditering för undvikta utsläpp från återvinning. Undvikta emissioner är exkluderade i resultatet ➤ <u>Antaganden</u> El värderas som polsk och finsk medel 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Typ av anläggning</u> Finskt kraftverk som år 2003 representerade BAT (SCR-rening av NOx) byggd 1993. Kol från Polen ➤ <u>Indata</u> Många datakällor från databaser och medelvärden på EU-nivå. Ålder 1986-2003. ➤ <u>Likhet med andra studier</u> Samma storleksordning på emissioner som andra studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Data har bearbetats för att få uppdelning mellan Produktion, distribution och användning ➤ Data för primärenergi har beräknats av IVL ➤ Eventuell dataosäkerhet

Studien inkluderar brytningsprocess av stenkolk (eng. hard coal) från Polen vilket inkluderar produktion av råmaterial och el och värme till gruvdriften. Transporter inkluderar tåg (eldrift) för transport av kol i polen och båttransport från Gdansk i Polen till Pori i Finland. Även transporter av vissa råmaterial till gruvdriften ingår.

Studien innefattar användning av kol till el i ett finskt kraftverk (endast elproduktion). Förutom emissioner vid förbränningen av kol ingår produktion av råmaterial och el och värme till kraftverksbyggandet. Kraftverket ligger i Posi och är byggt 1993 och använder SCR (Selective catalytic reduction) för att minska NO_x från rökgaserna. Verket har 43,5 % verkningsgrad. Distribution av el sker med 3,5 % förluster. Viss avfallshandling från de olika processerna ingår. Dock har all kreditering av undvikta utsläpp från återvunna material har exkluderats i de beaktade värdena, exempelvis det att 20 % av metanutsläpp från gruvdriften antas kunna ersätta rysk naturgas.

Rapporten är skriven av SYKE, Finska miljöinstitutet, inom OSELCA-projektet vilket är ett projekt som metodutvecklar och implementerar livscykelanalyser med inriktning mot fossilbaserad elproduktion. Studien finansieras av EU-LIFE vilket är ett finansiellt instrument för miljöprojekt. Projektet har följt EN ISO 14040-43 för sin LCA- och LCI-metodik. Den pågick mellan oktober 2003 och slutet av 2005.

Totala utsläppen av koldioxid är 101 g/MJ_{kol}, eller 867 g/kWh_{el}. Mer råolja per energienhet kol används i Vattenfall (2008) eftersom kolet där transporterats med långväga båttransporter. Funktionell enhet för studien är en 1 MWh el med kondensproduktion i Finland. Data har bearbetats för att presenteras per MJ kol och delats upp på produktion & distribution samt användning. Verkningsgraden är 43,5 % och distributionsförlusterna är 3,5 %. För varje kWh levererad el åtgår 2,38 kWh kol vilket är 8,58 MJ kol.

Tabell 22. Stenkolk (produktion, distribution, användning) – referensöversikt

Table 22. Hard coal (production, distribution, utilisation) – reference overview

STENKOL – produktion, distribution och användning i kraftvärmeverk Vattenfall (2008)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Vagga till grav inkl. byggande, drift och rivande av Anläggning ➤ Allokeringsmetod Alternativproduktionsmetoden för el och värme Energiallokering vid distribution av värme och el (andel av nätet som belastar slutprodukten) ➤ Antaganden Driftsel för kraftvärmeverk anläggningen värderas som egenproducerad el 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Storskaliga kraftvärmeverk anläggningar i Danmark ➤ Indata Driftsdata för anläggningarna är från 2003-2007 ➤ Likhet med andra studier God överensstämmelse med andra studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Gäller för danska förhållanden ➤ Data har bearbetats av Vattenfall för att kunna redovisas per MJ bränsle

Funktionell enhet i studien är 1 kWh levererad el och 1 kWh levererad värme från kol som förbränns i danska kraftvärmeverk. Elen distribueras till industrikund med 4,7 % distributionsförlust. Värmen levereras till det lokala fjärrvärmenätet och distributionsförlusterna ut till slutkund är 10 %.

Vaggan för kolet i denna studie utgörs av kolgruvor i tre länder där 37 % härleds till Colombia, 40 % till Ryssland och 23 % till Sydafrika. Små mängder av kol som används kommer från Polen och Australien men är inte inkluderade. Kolet transporteras med järnväg och sedan med fraktfartyg till England. Därifrån omlastas det och går vidare med prām till respektive kraftvärmeverk.

Studien inkluderar användning av kol i fem olika kraftvärmeverk i Danmark som ägs av Vattenfall AB, Generation Nordic. De producerar el och värme. Under vintern går de med full effekt och på sommaren minskas effekten. De genererade i medeltal 6,3 TWh el och 4,3 TWh värme per år under åren 2003 till 2007 och använde då 16,9 TWh kol. Miljöpåverkan från el- och värmegenereringen är fördelad mellan nyttigheterna med alternativproduktionsmetoden. De alternativa verkningsgraderna som använts vid allokeringen är 46 % för el som produceras i kondenskraftverk och 90 % då enbart värme genereras. Andelen av miljöpåverkan från distributionsnätet som ett specifikt kraftverk utgör har beräknats med energiallokering. Avfallshantering är inkluderad i studien och de största avfallsmängderna uppstår vid förbränning av kolet. Avfallet består av flygaska, bottenaska, gips och svavelsyra.

Summan av alla identifierade flöden som inte är medtagna är 5 mg per kWh el vilket är lägre än 1 % som är gränsvärdet då PCR¹¹ följs. Enligt dessa produktspecifika regler ska inte heller mer än 10 % komma från generiska data. Utsläpp av koldioxid är i samma storleksordning som i Sokka m.fl. 2005.

¹¹ PCR (Product category rules) är produktspecifika regler för hur data ska hanteras när en miljövarudeklaration skapas. Internationellt benämns miljövarudeklarationer som EPD (Environmental Product Declaration).

10.1.2 Stenkol – resursanvändning och emissioner

Tabell 23. Stenkol – resursanvändning och emissioner

Table 23. Hard coal – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	STENKOL	STENKOL	STENKOL
Del av livscykel	Produktion & Distribution (a)	Produktion & Distribution + användning i kraftvärme (OBS! exklusive förluster i fjärrvärmenätet) (a)	Omvandling i danskt kondenskraftverk (a)
Referens	Sokka m.fl. (2005)	Vattenfall (2008)	Sokka m.fl. (2005)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	
TOTALT (c)	1.06E+00 (b)	1.15E+00 (b)	
varav icke förnybara resurser			
Olja	8.69E-03 (b)	6.57E-02 (b)	
Naturgas	1.39E-03 (b)	4.54E-02 (b)	
Stenkol	1.03E+00 (b)	1.02E+00 (b)	
Brunkol	1.64E-02 (b)	1.97E-03 (b)	
Torv	-	3.20E-03 (b)	
Uran	-	1.73E-02 (b)	
varav förnybara resurser			
Vattenkraft	-	3.52E-09	
Biomassa	-	1.01E-08 (b)	
Vindkraft	-	2.00E-10	
Solkraft	-	2.80E-12	
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle		g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	4.15E+00 (b)	1.06E+02	9.70E+01 (b)
Metan (CH ₄)	5.62E-01 (b)	1.36E-02	-
Lustgas (N ₂ O)	2.35E-05 (b)	1.27E-03	-
Kolmonoxid (CO)	-	2.03E-02	1.09E-03 (b)
Kväveoxider (NO _x)	2.60E-02 (b)	2.11E-01	7.02E-02 (b)
Svaveldioxid (SO ₂)	3.53E-02 (b)	1.00E-01	9.58E-02 (b)
Flyktiga kolväten (VOC)	2.38E-01 (b)	3.52E-03	6.22E-04
Partiklar (PM)	2.04E-02 (b)	3.11E-02	3.68E-03 (b)
Ammoniak (NH ₃)	6.30E-09 (b)	3.50E-10	-
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	7.01E-06 (b)	1.29E-01	-
Ammoniak (NH ₃)	se NH ₄ ⁺	3.44E-02	se NH ₄ ⁺
Ammonium (NH ₄ ⁺)	2.24E-06*	-	1.54E-04*
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	1.27E-07 (b)	5.35E-04	-

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan. Data kommer från danska kraftverk.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

* Ammoniak och ammonium uttryckt som gram kväveekvivalenter (N-eq)

Andra studier för detta bränsle

- Nilsson M, Gullberg M (1997). ExternE National Implementation - Sweden. Stockholm Environment Institute.
- Boström, C-Å m.fl., 1998. Emissionsfaktorer för energiproduktion, IVL-internt material, Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, Stockholm)

10.2 Eldningsolja

Olja kan utvinnas på flera sätt där olja från havsbotten är den dominerande källan. Efter att oljan pumpats upp transporteras den därefter via pipeline eller fartyg till raffinaderi där den raffinerar, det vill säga förädlas. Raffineringen inleds med en destillation där råoljans lätta och tunga fraktioner skiljs åt. Genom att införa ytterligare ett steg i raffineringen, så kallad krackning, kan andelen lätta fraktioner ökas. Raffinaderiet producerar en mängd olika produkter ur råoljan, däribland bensin, diesel och eldningsoljor. De färdiga produkterna pumpas därefter till fartyg för distribution till oljedepåer där de lagras och sedan transporteras vidare för försäljning.

Eldningsolja förekommer i flera kvaliteter och klassas efter viskositet. Eldningsolja 1 (EO1) har lägst viskositet och kallas tunnolja. EO1 kan erhållas i tre miljöklasser, där den avgörande skillnaden är svavelhalten. De övriga oljekvaliteterna, EO2-EO6 (eldningsoljor) och bunkerolja hör till gruppen tjockoljor, och måste värmas före förbränning i pannor och fartygsmotorer. Oljan som under senare delen av 1900-talet mer eller mindre dominerade uppvärmningen av större och mindre fastigheter har idag nästan helt fasats ut och ersatts av andra energibärare och den olja som förekommer i stationära anläggningar i Sverige idag är främst i form av spetslast i värmeverk. Vid kraftiga effektoppar i elsystemet (ytterst sällan och främst vid riktigt kalla vintrar) händer det också att olja används för elproduktion i kondensanläggningar. Eldningsolja används också som bränsle för fartyg. Emissioner vid produktion och distribution är desamma, medan utsläpp från förbränning varierar.

10.2.1 Eldningsolja - referensöversikt

Tabell 24. Eldningsolja 1 (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 24. Fuel oil 1 (production and distribution) – reference overview

ELDNINGSOLJA 1 – produktion och distribution Öman m.fl. (2011)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Vagga till tank (exkl. mack & distribution privatkund) ➤ Allokeringsprincip Fysikalisk allokering, tilläggsscenario för systemutvidgning. ➤ Antaganden El som används i livscykeln (raffinaderiprocessen, vid depåer, tågtransport) antas vara baserad på svensk elmix (produktionsmix). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Urval av nordiska raffinaderier utifrån 2009 års miljörapporter. ➤ Indata Inhämtad från miljörapporter och personlig kommunikation. ➤ Likhet med andra studier Ej jämförd. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indata saknas för processkemikalier samt olika tillsatser som går in i raffinaderiprocessen eller i den färdiga produkten. ➤ Transportmönster antas vara samma som för bensin.

Studiens systemgränser omfattar utvinning av råolja, distribution från utvinningsplats till raffinaderi, produktion av petroleumprodukt i raffinaderi, distribution från raffinaderi till depå, lagring vid depå samt distribution från depå till kund/mack för 1 MJ eldningsolja.

Indata till raffineringsprocessen (råolje användning, elanvändning och emissioner) har allokerats efter produkternas energiinnehåll och beräknats som ett genomsnitt av två svenska raffinaderier. I studien antas transport av råolja till raffinaderierna följa samma transportmönster som bensin. På liknande sätt antas transporten av produkt från raffinaderi till depå/kund följa densamma som för bensin. Antagandet omges av en viss osäkerhet eftersom den procentuella fördelningen med stor sannolikhet ser olika ut för dessa produkter. Trots skillnader skulle denna parameters inverkan anges den som marginell betydelse för resultatet.

El som används i livscykeln (raffinaderiprocess, depåer, tågtransport) antas vara baserad på svensk elmix i ett försörjningsperspektiv, det vill säga miljöpåverkan har beräknats utifrån el som används, inte den som produceras. På grund av den begränsade användningen av el i raffinaderiprocessen har användningen av svensk elmix en marginell inverkan på resultatet jämfört med om nordisk elmix hade använts.

Samtidigt är det viktigt att poängtera att underlaget underskattar resursanvändning och emissioner något på grund av framförallt dataluckor för processkemikalier samt olika tillsatser av additiv som går in i tillverkningsprocessen eller i den färdiga produkten.

Tabell 25. Eldningsolja 5 (storskalig användning) – referensöversikt

Table 25. Fuel oil 5 (large scale utilisation) – reference overview

ELDNINGSSOLJA 5 – användning storskaligt värmeverk Fortum (2009)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
⁵ ➤ Avgränsningar Endast förbrännings-emissioner ➤ Allokeringsmetod Ingen allokering ➤ Antaganden Beräknade utsläpp för CO ₂ . Uppmätta för NO _x och SO ₂ . Kompletterande data från NIR	➤ Typ av anläggning Värmeverk med en bränsleeffekt på 75 MW. Rening med cyklonfilter ➤ Indata Miljörapport för 2009. Kompletterande data från 2004 ➤ Likhet med andra studier	➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Dataset har ej kunnat jämföras med liknande studier ➤ Begränsat urval av emissions-parametrar i LCI. ➤ Data har bearbetats av IVL ➤ Eventuell dataosäkerhet ➤ Emissioner från byggande, drift och rivning av värmeverket är inte inkluderade

Miljörapport för 2009 från Akalla värmeverk som används som spetslast i fjärrvärmenätet. Panna 1 och 2 använde 20,5 GWh eldningsolja 5 (EO5) under 2009. Pannorna är på 75 MW värmeeffekt vardera och har cyklonfilter. Koldioxidutsläpp baseras på uppmätt mängd olje användning medan NO_x, SO₂ och PM baseras på mätningar av rökgaser.

Tabell 26. Eldningsolja 1 och 5 (storskalig användning) – referensöversikt

Table 26. Fuel oil 1 and 5 (large scale utilisation) – reference overview.

ELDNINGSSOLJA 1 och 5 – användning storskaligt värmeverk Swedish NIR ¹² (2010) (kompletterat med Paulrud m.fl. 2008)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Avgränsningar</u> Endast förbrännings-emissioner ➤ <u>Allokeringsmetod</u> Ingen allokering ➤ <u>Antaganden</u> Beräknade utsläpp för CO₂. Uppmätta för NO_x och SO₂ Kompletterande data från NIR 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Typ av anläggning</u> Värmeverk med en Bränsleeffekt på 75 MW. Cyklonfilter som rening. ➤ <u>Indata</u> Miljörapport för 2009. Kompletterande data från 2004 ➤ <u>Likhet med andra studier</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dataset har ej kunnat jämföras med liknande studier ➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI. ➤ Eventuell dataosäkerhet ➤ Emissioner från byggande, drift och rivning av värmeverket ingår inte

Rapporten omfattar utsläpp till luft av de direkta växthusgaserna CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ och utsläpp av NO_x, CO, NMVOC och SO₂. Rapporten innehåller generella förbränningsvärden på nationell nivå. Data bygger till stora delar på statistiskt underlag för energianvändning inom olika sektorer. I Paulrud & Fridell verifieras data i NIR och där det har ansetts befogat har uppdateringar gjorts. För eldningsolja 1 och 5 kommer data för dikväveoxid från Paulrud & Fridell.

¹² National Inventory Report. Medlemsstaterna i UNFCCC måste årligen rapportera utsläpp från källor och upptag från sänkor. Rapporten omfattar utsläpp till luft av de direkta växthusgaserna CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ och de indirekta växthusgaserna NO_x, CO, NMVOC och SO₂.

10.2.2 Eldningsolja – resursanvändning och emissioner

Tabell 27. Eldningsolja 1-5 – resursanvändning och emissioner

Table 27. Fuel oil 1-5 – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	ELDNINGSOLJA (EO1)	ELDNINGSOLJA (EO2-5)*	ELDNINGSOLJA (EO1)	ELDNINGSOLJA (EO2-5)*
Del av livscykel	Produktion & distribution	Produktion & distribution	Användning i storskaligt värmeverk (generellt)	Användning i ett storskaligt värmeverk
Referens	Öman m.fl. (2011)	Saknas	Swedish NIR (2009)	Fortum (2009)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle		
TOTALT (c)	1.11E+00			
varav icke förnybara resurser				
Olja	1.07E+00			
Naturgas	2.53E-02			
Stenkol	1.00E-03			
Brunkol	2.74E-04			
Torv				
Uran	5.81E-03			
varav förnybara resurser				
Vattenkraft	5.85E-03			
Biomassa	1.14E-07			
Vindkraft	6.09E-05			
Solkraft	3.07E-05			
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	5.31E+00		7.43E+01**	7.62E+01**
Metan (CH ₄)	2.91E-02		1.0E-03**	2.0E-03**
Lustgas (N ₂ O)	5.26E-05		6.0E-04***	5.0E-03***
Kolmonoxid (CO)	4.37E-03		1.5E-02**	1.5E-02**
Kväveoxider (NO _x)	1.90E-02		2.0E-01**	2.82E-01
Svaveldioxid (SO ₂)	1.26E-02		2.5E-02**	1.2E-01
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.66E-02		2.0E-03**	3.0E-03**
Partiklar (PM)	8.13E-04			1.95E-02
Ammoniak (NH ₃)	1.26E-05			
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	2.72E-05			
Ammoniak (NH ₃)	1.42E-08			
Ammonium (NH ₄ ⁺)	1.99E-05			
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	3.21E-07			
Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.				

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

* Data saknas för produktion och distribution av EO2-5. Samma data kan antas som för EO1 eftersom denna inte skiljer nämnvärt vid energiallokering av miljöpåverkan i raffinaderiet.

** Data för användning i värmeverk har hämtats från NIR (Boström m.fl. 2004)

*** Data kommer från Paulrud och Fridell 2008.

10.3 Naturgas

Naturgas består av en blandning av olika brännbara kolväten som vid normalt tryck och temperatur befinner sig i gasfas. 90-99 % av den totala gasblandningen utgörs av metan beroende på naturgasens ursprung. Andra kolväten såsom etan, propan och butan kan också förekomma samt koldioxid, kväve, svavel och syre. Naturgas bildas i stort sett på samma sätt som olja och kol. Transport till konsument sker i de flesta fall genom lastbil eller rörledningar i ett naturgasnät. Slutkonsument kan vara el- och värmeverk, industrier, bostäder eller fordon som drivs av naturgas. I Sverige används mycket lite naturgas i förhållande till många andra länder i Europa där gasnätet är väl utbyggt.

Utsläppen av miljöskadliga ämnen inklusive växthusgaser är för naturgas i jämförelse med övriga fossila bränslen relativt låg. Den dominerande emissionsposten för naturgas är utsläpp av rökgaser vid förbränning och emissioner i form av metanläckage längs distributionskedjan.

10.3.1 Naturgas – referensöversikt

Tabell 28. Naturgas (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 28. Natural gas (production and distribution) – reference overview

NATURGAS – produktion & distribution Bousted (2005)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Från vagga fram till energiomvandlingsanläggning ➤ Allokeringsmetod Okänd allokering vid samtidig produktion av naturgas och olja ➤ Antaganden Mix av naturgas från flera länder med individuella skillnader i hjälpenergi med mera. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Medelvärde för västeuropeisk naturgas 2001. Inkluderar även långväga transporter med LNG ➤ Indata Data från 2001 från IEA ➤ Likhet med andra studier Något högre metanutsläpp än andra studier men lägre utsläpp lustgas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Dataset har ej kunnat jämföras med liknande studier ➤ Data har konverterats från per kg till MJ (lägre värmevärde) ➤ Ingen granskning genomförd av bakgrundsdata för produktionen ➤ Andra ingående energiresurser anges i det högre värmevärdet ➤ Rysk naturgas har stark inverkan på distributionsförlusterna

Funktionell enhet är 1 kg. Data gäller för naturgas som används i Västeuropa. Produktionsdata kommer från IEA 2001. Naturgasen kommer från fem olika källor. Tyvärr saknas specificering av vilka källor som avses vid framtagandet av data. 52 % av naturgasen är västeuropeisk medan 48 % är import, huvudsakligen från Ryssland och Algeriet. Medeltransportavståndet inom Västeuropa anges till 400 km. Transportarbetet från respektive land är specificerat och leder till ett medelavstånd på 690 km med tankar och 1000 km med pipeline. Distributionsförlusterna är 0,9 % och ca 0,15 % facklas bort vid produktionen. 10 % av det som facklas förblir oförbränt. Totala förlusterna av natur-

gas är ca 11 g per kg levererad naturgas. Enligt metoddokumentet i studien är viktade medelvärden baserade på vikten av naturgas från olika länder/ källor (så kallad "vertical averaging"). Studien följer riktlinjerna för Eco-profile¹³ vilka använder sig av ISO 14040-44 som är internationella standarder för livscykelanalyser.

Studien stämmer väl överens med andra studier och databaser dock är utsläpp av lustgas lägre i denna studie jämfört med andra. Detta påverkar dock inte resultatet nämnvärt. Det bör påpekas att det generellt är högre läckage från produktion och distribution av rysk naturgas vilket ger stark inverkan på den totala miljöpåverkan på naturgasmixen.

Funktionell enhet har konverterats från kg till MJ naturgas med det lägre värmevärdet, 44,08 MJ/kg. Dock är ingående energiresurser fortfarande angivna i högre värmevärde.

Tabell 29. Naturgas (storskalig användning) – referensöversikt

Table 29. Natural gas (large scale utilisation) – reference overview

NATURGAS – användning i storskaligt kraftvärmeverk Göteborgs Energi (2009)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Endast förbränningsemissioner för 2009 från enskild anläggning ➤ Allokeringsmetod Ingen allokering använd ➤ Antaganden NO_x, SO₂ baseras till stor del på mätningar i rökgaserna medan CO₂ baseras bränsleförbrukningen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Storskaligt modernt kraftvärmeverk i Sverige ➤ Indata Mätningar under 2009 ➤ Likhet med andra studier Liknande resultat som tidigare studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Dataset har ej kunnat jämföras med liknande studier ➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI. ➤ Data har bearbetats av IVL

Resultaten är baserade på en Miljörapport från Göteborgs Energi för driften av Rya kombikraftverk under år 2009. Verket består av tre gasturbiner med en eleffekt på 43 MW. Rökgaserna som lämnar gasturbinerna går via avgaspannor där ånga produceras som driver en ångturbin på 137 MW el och som slutligen värmer fjärrvärmenätet. Under 2009 användes 2361 GWh naturgas (räknat med ett effektivt värmevärde på 9,457 MWh/Nm³). 1,57 GWh eldningsolja har används som reservbränsle under samma period. Totalt har 980 GWh el och 1158 GWh värme genererats.

Gasturbinerna är så kallade låg-NO_x-brännare. Reningen av rökgaserna sker med katalytisk kväverening (SCR). Beräkningarna av koldioxidutsläppen baseras på uppmätt mängd naturgas som viktats med en emissionsfaktor. Beräkningarna av NO_x (räknat som NO₂) och SO₂ baseras på mätningar av rökgaserna. Utsläpp av SO₂ härrör endast från användningen av reservbränsle eftersom naturgas inte innehåller svavel.

¹³ Eco-profile är ett internationellt system för miljövarudeklaration av produkter och använder sig av livscykelperspektivet.

10.3.2 Naturgas – resursanvändning och emissioner

Tabell 30. Naturgas – resursanvändning och emissioner

Table 30. Natural gas – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	NATURGAS	NATURGAS	NATURGAS
Del av livscykel	Produktion & distribution (a)	Användning i ett specifikt kombikraftverk* (a)	Användning i personbil (a)
Referens	Bousted (2005)	Göteborg Energi (2009)	Jerksjö m.fl.(2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle		
TOTALT (c)	1.09E+00		
varav icke förnybara resurser			
Olja	6.27E-03**		
Naturgas	1.04E+00 (b)		
Stenkol	2.12E-02**		
Brunkol	1.40E-09 (b)		
Torv	2.66E-09**		
Uran	1.50E-02		
varav förnybara resurser			
Vattenkraft	3.88E-04		
Biomassa	5.29E-05		
Vindkraft	7.99E-04		
Solkraft	5.92E-10		
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	5.53E+00	5.68E+01	5.73E+01 (b)
Metan (CH ₄)	2.75E-01	-	5.17E-03 (b)
Lustgas (N ₂ O)	2.59E-12	-	
Kolmonoxid (CO)	1.96E-02	-	1.21E-01 (b)
Kväveoxider (NO _x)	1.26E-02	6.90E-03	2.09E-02 (b)
Svaveldioxid (SO ₂)	2.09E-02		5.06E-04 (b)
Flyktiga kolväten (VOC)	2.58E-03	-	5.61E-03 (b)
Partiklar (PM)	6.43E-03		-
Ammoniak (NH ₃)	4.06E-08	3.60E-04	
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	4.06E-08	-	
Ammoniak (NH ₃)		-	
Ammonium (NH ₄ ⁺)	4.99E-06	-	
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	4.13E-08	-	

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

* Avser Ryaverket, Göteborg. Kombikraftverk består av gasturbin samt ångturbin med värmeåtervinning kopplat till fjärrvärmenätet

** Data är angivet i det högre värmevärdet

Andra studier för detta bränsle

- Roberto Dones, Thomas Heck, Mireille Faist Emmenegger and Niels Jungbluth. 2004. Life Cycle Inventories for the Nuclear and Natural Gas Energy Systems, and Examples of Uncertainty Analysis. The Ecoinvent Database 2004 (<http://dx.doi.org/10.1065/lca2004.12.181.2>)
- Vattenfall A/S Generation Nordic.2008. Hilleröd kraftvärmeverk. Grönt räkenskab 2008. Miljörapport P-nr 1.004.267.632

11 Torv

Med torv avses i denna rapport så kallad energitorv som används som bränsle i bland annat (kraft)värmeverk. Torv kan användas både oförädlad och förädlad (i briketter eller inblandning i pellets). IPCC¹⁴ klassar torv i en egen klass mellan biobränslen och fossila bränslen, men utsläppen från torv räknas som fossila. Genom mänsklig påverkan som till exempel dränering påverkas inte bara koldioxidbalansen utan även emissionerna av lustgas och metan. Torv bildas i mossar och kärr och består av ofullständigt förmultnade växtdelar vars sammansättning och tillväxt varierar med klimatet. Flera nya livscykelstudier har gjorts över torvens klimatpåverkan i samband med brytning och förbränning, bland annat Hagberg & Holmgren 2008 [5]. Merparten av forskningsarbetet på torvområdet är ägnat åt klimatgaser. Förändringen av markemissioner i samband med brytning, typ av efterbehandling liksom på vilken typ av torvmark som dessa aktiviteter sker har stor betydelse för resultatet. Ur livscykelperspektiv dominerar förbrännings-emissionerna, vilka är i samma storleksordning per energienhet som för kol.

Viktiga faktorer för torvens klimatpåverkan utöver emissioner vid förbränning är:

- Typ av torvmark och markanvändning före skörd (referensscenario)
- Metod vid torvbrytningen
- Typ av efterbehandling av torvtäkten efter avslutad skörd
- Tidsperspektiv över vilken klimatpåverkan skall beräknas

11.1.1 Torv – referensöversikt

Tabell 31. Torv (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 31. Peat (production and distribution) – reference overview

TORV – produktion & distribution Hagberg & Holmgren (2008)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<p>➤ Avgränsningar Endast växthusgaser ingår. 100 -årsperiod med 20 års brytning. Återställning av mark och referensscenario redovisas inte i resultatet. Utsläpp från skörde-maskiner och transporter</p> <p>➤ Allokeringsmetod Allokering ej nödvändig</p>	<p>➤ Typ av anläggning Konventionella skördemetoder på olika typer av torvmarker i Sverige</p> <p>➤ Indata Litteraturstudier av LCA:er 2004-2007</p> <p>➤ Likhet med andra studier Samma storleksordning på emissioner som äldre studier</p>	<p>➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI.</p> <p>➤ Data har bearbetats av IVL</p> <p>➤ Återställning av marken och referensscenario är inte inkluderade i resultatet</p>

Torvbrytning från tre olika torvmarker inkluderas i studien; en antas ha blivit dikad och återbeskogad, en dikad och därefter använd som jordbruksmark och en antas vara helt orörd myrmark (25-30 % av energitorven kommer från sådana myrar¹⁵). Det som skiljer miljöpåverkan från dessa tre är efterbehandlingen för att återställa myrmarken samt

¹⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006

¹⁵ Nilsson & Zetterberg 2005

vilket referensscenario som miljöpåverkan jämförs med. Produktionsmetoden för själva torvbrytningen antas i samtliga tre fall vara den så kallade ”milling method”.

Två år innan skörden påbörjas dikning av marken utom för den brukade jordbruksmarken som redan är torrlagd. All vegetation avlägsnas varefter brytning sker genom att ett tunt lager torv tas upp med hjälp av en fräs. Denna lagras först ute på torvmarken i tegar tills dess att fukthalten sjunkit till 45 % varefter den hämtas och lagras i högar utanför brytningsområdet. Emissionerna kommer från oxidation av torv från brytningsområdet, omkringliggande orörd myrmark och från lagringshögar med torv. Metanavgång sker framförallt från diken.

Utsläpp från skördemaskiner och transporter ingår. Torvdjupet antas vara 2,1 m och varje kvadratmeter kommer att ge 150 MJ torvbränsle per år¹⁶. Den totala tidshorisonten i studien är 100 år men skörd av torv sker bara under 20 år. Efter att skörden är avslutad sker en återställning av marken till ursprungsläget. Efterarbetet leder både till utsläpp och upptag av koldioxid och leder i många fall till ett nettoupptag av kol i mark och biomassa under de resterande 78 åren som ingår i studien.

Återställningsarbetet lagrar in ungefär 9 g CO₂ per MJ uttaget torvbränsle då färdigbruten högproduktiv dikad skogsmark återbeskogas¹⁷. Avräkning av detta CO₂-upptag har dock inte gjorts i Miljöfaktaboken eftersom data kan anses gälla för ett specifikt fall och inte generellt. De utsläpp av växthusgaser som normalt uppkommer från en obrukad torvmark kan också sägas undvikas under tidsperioden (100 år) då marken används. En nedbrytning av torven på ca 1 cm per år sker normalt i en högproduktiv dikad skogsmark. Det ger ett bidrag på ungefär minus 20 g CO₂ per MJ torvbränsle under en 100-årsperiod. En orörd myrmark genererar metan. Genom att subtrahera dessa referensscenarier från resultatet räknas dessa med som undvikta emissioner. Detta har inte heller gjorts i de data som presenteras i Miljöfaktaboken.

Tabell 32. Torv (produktion, distribution och användning) – referensöversikt

Table 32. Peat (production, distribution and utilisation) – reference overview

TORV – produktion, distribution samt användning i kraftvärmeverk EPD Uppsalas kraftvärmeverk, Vattenfall (2006)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Distribution produktion av torv, byggande, drift, underhåll samt rivning av kraftvärmeverk. ➤ Allokeringsmetod Energiallokering. ➤ Antaganden Antagen livslängd 40 år (kvv) och 60 år för fjärrvärmnät 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggningar Kraftvärmeverk 120 MW el och 250 MW värme. ➤ Indata Driftsdata från 2005. Bränslen: torvbriketter, träpellets samt olja (spetslast) ➤ Likhet med andra studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Data redovisat per producerad MJ värme

¹⁶ Med antagandet att fukthalten är 45 %, densiteten 330 kg per kubikmeter och lägre värmevärdet på den levererade torven 10.28 MJ/kg

¹⁷ Beräkningar från Hagberg & Zetterberg 2010.

EPD:n baseras på en livscykelanalys av Vattenfalls kraftvärmeverk i Uppsala år 2005. Studien omfattar bränsleproduktion, byggande/drift/underhåll/rivning av kraftvärmeverket samt distribution. Huvuddelen av bränslet är i form av torvbriketter från Härjedalen (62 %) och från Vitryssland (34 %). En mindre del pellets används och olja används vid uppstart och som spetslast. Beräkningarna baseras på en teknisk livslängd på 40 år för kraftvärmeverket, 60 år för fjärrvärmenätet och 40 år för eldistributions-systemet. Allokeringen mellan el och värme görs med alternativproduktionsmetoden. Studien innefattar fjärrvärmesystemet med hänsyn till isolering, längd, dimension och distributionsförluster. Den genomsnittliga värmeförlusten i fjärrvärmenätet är 10 %. Den miljöpåverkan som härrör från distributionen beror på den ytterligare produktion som krävs för att kompensera förlusterna.

Miljöpåverkan av bränsleutvinning och produktion har beräknats för varje leverantör och sammanvägts i förhållande till den bränslemix som användes referensåret 2005. Miljöpåverkan beroende på byggande och rivning av kraftvärmeverket har beräknats. Den totala miljöpåverkan har fördelats mellan genererad el och värme.

Tabell 33. Torv (storskalig användning) – referensöversikt

Table 33- Peat (large scale utilisation) – reference review

TORV – användning i storskalig fluidbäddpanna Hagberg & Holmgren (2008)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Innanför systemgränsen ingår odling (inklusive för- & efterarbete), skörd och distribution till anläggning ➤ Allokeringsmetod Ekonomisk allokering har använts. ➤ Antaganden Nordisk elmix används till hjälpenenergi. Direkta effekter av markanvändning ingår medan Indirekta ej ingår. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggningar Åkermark i södra Sverige/ Konventionella skördemetoder ➤ Indata Datakällor från 1994 till 2006, de flesta från tidigt 2000-tal ➤ Likhet med andra studier Samma storleksordning på emissioner som äldre studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part. ➤ Dataset har ej kunnat jämföras med liknande studier ➤ Begränsat urval av emissionsparametrar i LCI ➤ Data har bearbetats av IVL ➤ Eventuell dataosäkerhet

I förbränningssteget antas en fukthalt på 45 %. Förbränningsemissionerna för lustgas baseras på data för en panna med en fluidiserande bädd (FBC).

11.1.2 Torv – resursanvändning och emissioner

Tabell 34. Torv – resursanvändning och emissioner

Table 34. Peat – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	TORV (från orörd myrmark)	TORV (från dikad och beskogad torvmark)	TORV (från odlad torvmark)	TORV
Del av livscykel	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Användning storskalig anläggning** (a)
Referens	Hagberg & Holmgren (2008)	Hagberg & Holmgren (2008)	Hagberg & Holmgren (2008)	Hagberg & Holmgren (2008), Vattenfall (2006)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	
TOTALT (c)	1.02E+00	1.02E+00	1.02E+00	
<i>varav icke förnybara resurser</i>	-	-	-	
Olja	-	-	-	
Naturgas	-	-	-	
Stenkol	-	-	-	
Brunkol	-	-	-	
Torv	-	-	-	
Uran	-	-	-	
<i>varav förnybara resurser</i>	-	-	-	
Vattenkraft	-	-	-	
Biomassa	-	-	-	
Vindkraft	-	-	-	
Solkraft	-	-	-	
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.33E+01 (b)	9.77E+00 (b)	5.89E+00 (b)	1.05E+02***
Metan (CH ₄)	4.10E-02 (b)	2.76E-02 (b)	1.29E-02 (b)	5.00E-03***
Lustgas (N ₂ O)	2.51E-03 (b)	2.20E-03 (b)	1.02E-03 (b)	6.00E-03***
Kolmonoxid (CO)	-	-	-	
Kväveoxider (NO _x)	-	-	-	7.93E-02*
Svaveldioxid (SO ₂)	-	-	-	1.11E-01*
Flyktiga kolväten (HC)	-	-	-	1.39E-03*
Partiklar (PM)	-	-	-	2.05E-02*
Ammoniak (NH ₃)	-	-	-	7.93E-02*
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	-	-	-	-
Ammoniak (NH ₃)	-	-	-	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	-	-	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	-	-	-	-

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

* Data kommer från Vattenfall 2006

** Avser förbränningsemissioner från en panna med fluidiserande bädd.

*** Vissa emissioner från oxidation av torv ingår (från maken och lagringshögar)

12 Biodrivmedel

Med biodrivmedel avses drivmedel som är baserade på förnybara råvaror. De vanligaste biodrivmedlen idag i Sverige är etanol, biogas och biodiesel.

Större delen av de biodrivmedel som förekommer på den svenska marknaden är baserade på odlade grödor såsom spannmål och raps. Odlingsfasen är för dessa bränslen den ur livscykelhänseende viktigaste källan till utsläpp. Vilken typ av mark odlingen utförs på spelar in och skiljer sig också stort mellan olika grödor och regioner, till exempel ger dränering av våtmarker och odling av oljepalmer upphov till stora utsläpp av CO₂ och N₂O. Gödsling med konstgödsel (från fabriker utan så kallad katalytisk rening) är en stor källa till utsläpp av N₂O.

Ett flertal av de emissionsfaktorer och primärenergifaktorer som presenteras i detta avsnitt är baserade på nyligen gjorda livscykelanalyser av Börjesson m.fl. (2010). Värt att notera är att Börjesson m.fl. (2010) inte har inkluderat förluster av substrat vid biodrivmedelstillverkningen. Därmed kan primärenergifaktorerna inte direkt jämföras med andra studier där detta är inkluderat, exempelvis i de Well-to-wheel-studier som utförs av Eucar, Concawe och Joint Research Centre¹⁸. De primärenergifaktorer som presenteras exempelvis i tabellerna 37, 42 och 46 omfattar således bränslets energi-innehåll samt hjälpenergi, men inte förluster av substrat i processen.

12.1 Etanol

Etanol är en alkohol som framställs genom jäsning av stärkelserika råvaror. I Sverige förekommer etanol i drivmedelssystemet dels som låginblandning i konventionell bensin (ca 5 % år 2010¹⁹) och dels som E85. Vidare sker en viss användning av ED95 i bussar, en variant av etanol främst avsedd för tunga fordon. Den etanol som används för låginblandning är tillverkad i Sverige från vete och huvuddelen av etanolen i E85 importeras från Brasilien och produceras huvudsakligen från sockerrör. Etanol går även att framställa ur cellulosa (såsom sulfitetanol), men då denna teknik ännu inte är kommersiellt utbredd utelämnas biodrivmedel baserade på cellulosa ur Miljöfaktaboken.

¹⁸ Se exempelvis <http://ies.jrc.ec.europa.eu>

¹⁹ Enligt EU:s Bränslekvalitetsdirektiv (2009/30/EC, även kallat FQD = Fuel Quality Directive) tillåts en ökad inblandning av etanol i bensin upp till 10 volymprocent.

12.1.1 Etanol – referensöversikt

Tabell 35. Etanol (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 35. Ethanol (production and distribution) – reference overview

ETANOL – <i>produktion & distribution</i> Börjesson m.fl. (2010)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Avgränsningar</u> Vagga till tank exkl. distribution till kund ➤ <u>Allokeringsprincip</u> Ekonomisk och fysikalisk allokering med tilläggs-scenario för systemutvidgning ➤ <u>Antaganden</u> Energi in till etanol-anläggningen antas vara svensk medel och biogas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Typ av anläggning</u> Platsspecifik Norrköping Undantag: Etanol från Sockerbetor & Etanol från sockerrör. ➤ <u>Indata</u> Inhämtad från litteraturstudier och förstudier. Har på olika sätt bearbetats. Indata bedöms vara aktuella. ➤ <u>Likhet med andra studier</u> Ej jämförd. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Begränsat urval av studiens resultat presenteras i Miljöfaktaboken. ➤ I de fall indata har kompletterats, uppdaterats och/eller omarbetats framgår inte alltid på vilket sätt detta skett

Livscykelns längd utgörs av odling (inklusive för- och efterarbete), skörd, distribution till etanolanläggning, framställning av etanol samt slutanvändning av etanol i såväl lätta som tunga fordon. Distribution av drivmedel till kund inkluderas inte. Inte heller byggnader och övrig infrastruktur inkluderas. I beräkningarna beaktas utsläpp från tekniska system, framför allt från den insatsenergi som krävs, men också biogena utsläpp av lustgas och koldioxid från en direkt förändrad markanvändning.

Den mineralgödsel som används antas dels produceras i västeuropeiska anläggningar (cirka 60 %) med aktuell nivå på reningsutrustningar med mera, dels importeras från länder utanför Europa (cirka 40 %). Detta innebär att cirka 30 % av produktionen av mineralgödselkväve sker i anläggningar med lustgasrening med vilken lustgasutsläppen reducerats med cirka 80 %. För etanolanläggningarna (inhemsk producerad etanol) antas svensk medel användas. Energiinsatser i etanolanläggningarna utgörs av skogsbränslen. De geografiska systemgränserna avser odling av grödor i södra Sverige på bra åkermark (respektive hantering och lagring av avfall och gödsel i södra Sverige).

För odlingssteget har författarna huvudsakligen använt sig av officiell statistik som i någon mån bearbetats för att förbättra jämförbarheten biodrivmedlen emellan. Indata till omvandlingssteget skiljer sig däremot beroende på vilken typ av etanolråvara som avses. För veteetanolen är data platsspecifik och avser AgroEtanols anläggning i Norrköping. Data för etanol tillverkad av sockerbetor har inhämtats från internationella förstudier. Överlag baseras studien på aktuella datakällor. En synpunkt rörande transparensen i indata är att en del av den har kompletterats, uppdaterats, och/eller omarbetats utifrån originalkällan. Det framgår inte alltid på vilket sätt detta har skett vilket försvårar att väga in hur nämnd osäkerhet påverkar resultatet.

För att beräkna miljöpåverkan i etanolens livscykel används både energiallokering och ekonomisk allokering. I ett scenario sker allokering enbart i drivmedelsprocessen och i ett annat tillämpas det i både odlingssteget och drivmedelsprocessen. I föreliggande studie ingår data där energiallokering tillämpats på enbart produktionssteget. För veteetanolen innebär det att miljöpåverkan fördelas mellan etanol och drank och för etanol från sockerbetor fördelas miljöpåverkan mellan etanol och pulpa.

Anledningen till avgränsningen (energiallokering på enbart produktionssteget) är att MFB-studien så långt det är möjligt följer riktlinjerna i EU-direktivet om förnybar energi. I den rekommenderas att energiallokering ska användas för att beräkna biodrivmedels miljöprestanda. Dessutom anges att biprodukter vid odlingssteget inte ska inkluderas när energiallokering tillämpas eftersom detta kan ge ett missvisande resultat när stora kvantiteter lågvärdiga biprodukter genereras i förhållande till det mer högvärdiga. Detta är fallet med spannmålsetanol vars biprodukt (halm) med energiallokering får en oproportionell miljöbelastning jämfört med huvudprodukten.

Tabell 36. Etanol (användning i personbil) – referensöversikt

Table 36. Ethanol (utilisation in passenger car) – reference overview

ETANOL – användning i personbil Jerksjö m.fl. (2010)
Utsläpp till luft vid användande av E85 till personbil är beräknade med vägtrafikemissionsmodellen HBEFA EV3.1A. Emissionsfaktorerna har beräknats genom att dividera de totala utsläppen från E85-drivna personbilar i Sverige med det totala trafikarbetet för E85-drivna personbilar i Sverige.

De totala emissionerna för E85 inkluderar förbränningsemissioner från varma och kalla fordon. Utsläppen från vägtrafikemissionsmodellen ges som gram förorening per kilometer samt gram förbrukat bränsle per kilometer. Emissionsfaktorerna har här räknats om till gram förorening per MJ bränsle genom att anta ett värmevärde på 29,7 MJ per kilo bränsle²⁰. Vägtrafikemissionsmodellen utgår från E85 som ger 2,04 kilo CO₂ per kilo bränsle (fossil och biogen koldioxid). SO₂ utsläpp beräknas inte för E85 i modellen utan har här beräknats från bränsleförbrukningen enligt modellen med ett svavelinnehåll på 5 ppm²¹.

²⁰ http://www.preem.se/templates/page____1416.aspx

²¹ <https://www.okq8.se/data/internal/data/10/69/1167834368846/Etanol%20E85.pdf>

12.1.2 Etanol – resursanvändning och emissioner

I redovisad data har miljöpåverkan fördelats mellan biodrivmedlet och biprodukter i drivmedelsprocessen utifrån deras energiinnehåll (energiallokering). För veteetanolen innebär det att miljöpåverkan fördelas mellan etanol och drank och för etanol från sockerbetor fördelas miljöpåverkan mellan etanol och pulpa.

Tabell 37. Etanol – resursanvändning och emissioner

Table 37. Ethanol – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	ETANOL (VETE)	ETANOL (SOCKEBETOR)	BENSIN 100 %
Del av livscykel	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)
Referens	Börjesson m.fl. (2010)	Börjesson m.fl. (2010)	Öman m.fl. (2011)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
TOTALT (c)	1.48E+00	1.28E+01	1.09E+00
<i>varav icke förnybara resurser</i>	-	-	-
Olja	-	-	1.05E+00
Naturgas	-	-	2.72E-02
Stenkol	-	-	1.18E-03
Brunkol	-	-	3.31E-04
Torv	-	-	-
Uran	-	-	6.65E-03
<i>varav förnybara resurser</i>	-	-	-
Vattenkraft	-	-	5.65E-03
Biomassa	-	-	1.23E-07
Vindkraft	-	-	7.00E-05
Solkraft	-	-	3.22E-05
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.4E+01	8.9E+00	5.79E+00
Metan (CH ₄)	2.3E-02	1.2E-02	3.38E-02
Lustgas (N ₂ O)*	1.7E-02	5.9E-03	5.54E-05
Kolmonoxid (CO)	1.3E-02	9.7E-03	4.62E-03
Kväveoxider (NO _x)	5.8E-02	5.8E-02	1.89E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	2.6E-02	9.6E-03	1.41E-02
Flyktiga kolväten (VOC)	3.4E-03	2.6E-03	2.35E-02
Partiklar (PM)	5.4E-03	2.7E-03	8.49E-04
Ammoniak (NH ₃)	-	-	1.25E-05
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	0	-3.6E-01	2.71E-05
Ammoniak (NH ₃)	0	0	1.66E-08
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0	0	2.54E-05
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	0	0	3.20E-07

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde). Förluster av förnybar energi i etanolanläggningen är inte inkluderade.

* Utsläpp av lustgas sker även vid en förändrad markanvändning, 2.9E-02 g/MJ för vete, 1.4E-02 g/MJ för vete inkl. halm, 6E-03 g/MJ för sockerbetor

12.1.3 E85 – resursanvändning och emissioner

I användarscenariot visas emissioner för en genomsnittlig personbil som drivs med E85. För att kunna beräkna resursanvändning och emissioner i hela bränslets livscykel måste produktionsdata för etanol kombineras med liknande data för bensin. Räkneexemplet i Tabell 38 bygger på att respektive produktionsdata kombineras i de andelar som bränslet består av; 82 vol% etanol och 18 vol% bensin räknat som ett genomsnittsvärde under året (Naturvårdsverket, 2008). Då data för sockrörsetanol saknas antas en svensk mix av etanol med 50 % etanol från vete och 50 % etanol från sockerbetor. Notera att per MJ E85 kommer 75 % av energiinnehållet från etanol och 25 % från bensin. Fördelningen har beräknats genom att använda ett lägre värmevärde på 21,24 MJ per liter etanol och 32,76 MJ per liter ren bensin (SPI, 2009).

Tabell 38. E85 – resursanvändning och emissioner

Table 38. E85 – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	E85*	E85*
Del av livscykel	Produktion & distribution*	Användning i personbil*
Referens	Börjesson m.fl. (2010)/ Öman m.fl. (2011)	Jerksjö m.fl.(2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	
TOTALT (c)	1.31E+00	
varav icke förnybara resurser		
Olja		
Naturgas		
Stenkol		
Brunkol		
Torv		
Uran		
varav förnybara resurser		
Vattenkraft		
Biomassa		
Vindkraft		
Solkraft		
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.02E+01	1.8E+01
Metan (CH ₄)	2.38E-02	-
Lustgas (N ₂ O)	1.95E-02	-
Kolmonoxid (CO)	9.56E-03	8.5E-01
Kväveoxider (NO _x)	4.81E-02	5.4E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	1.68E-02	3.4E-04
Flyktiga kolväten (VOC)	8.19E-03	2.0E-01
Partiklar (PM)	3.24E-03	5.0E-04
Ammoniak (NH ₃)	3.26E-06	-
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	1.33E-01	
Ammoniak (NH ₃)	4.20E-09	
Ammonium (NH ₄ ⁺)	6.42E-06	
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	9.31E-08	

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

*82 vol % etanol och 18 vol% 95 okt bensin på årsbasis (Naturvårdsverket, 2008). Då data för sockrörsetanol saknas antas en svensk mix av etanol med 50 % etanol från vete och 50 % etanol från sockerbetor. 75 % av energin per MJ bränsle kommer från etanol och 25 % från bensin

12.2 Biogas

Biogas är ett gasformigt bränsle som framställs genom anaerob nedbrytning. Biogas kan utvinnas från hushållssopor, i reningsverk och från soptippar (deponigas). Ett flertal städer i Sverige använder biogas som bränsle till den lokala kollektivtrafiken och andra fordonsflottor. Biogas kräver en annan typ av infrastruktur med trycksatta system till skillnad från de flytande biodrivmedlen.

12.2.1 Biogas – referensöversikt

Tabell 39. Biogas – referensöversikt 1

Table 39. Biogas – reference overview 1

BIOGAS – produktion & distribution Börjesson m.fl. (2010)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Vagga till tank (exkl. distribution kund) ➤ Allokeringssprincip Ekonomisk och fysikalisk allokering med tilläggsscenario för systemutvidgning. ➤ Antaganden Energi in till biogas-anläggningar antas vara svensk medel och biogas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggningar Bästa möjliga teknik (BAT) som är kommersiellt tillgänglig idag. ➤ Indata Inhämtad från litteraturstudier och förstudier. Har på olika sätt vara bearbetats. Indata bedöms vara aktuella. ➤ Likhet med andra studier Ej jämförd. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Begränsat urval av studiens resultat presenteras i Miljöfaktaboken. ➤ De fall där indata har kompletterats uppdaterats och/eller omarbetats framgår inte alltid.

I Börjesson m.fl. (2010) presenteras miljöprestanda för bland annat biogas framställd från både grödor (sockerbeter och blast, vallgrödor, majs, vete) och restprodukter (gödsel, livsmedel, organiskt hushållsavfall). Livscykelns längd utgörs av odling (inklusive för- och efterarbete)²², skörd²³ alternativt insamling av råvara²⁴, distribution till drivmedelsanläggning, framställning av drivmedel samt slutanvändning i fordon²⁵. Distribution av drivmedel till kund inkluderas inte.

Indata till studien baseras på aktuella datakällor och studier bearbetade av författarna för att nå bästa möjliga jämförbarhet. En synpunkt rörande transparensen i indata är att en del av den har kompletterats, uppdaterats, och/eller omarbetats utifrån originalkällan. Det framgår inte alltid på vilket sätt detta har skett vilket försvårar möjligheten att ta hänsyn till hur nämnd osäkerhet påverkar resultatet.

Insatser av energi i biogasanläggningarna utgörs av svensk medel och biogas. Utsläpp av metan från biogasanläggningen antas motsvara 0,5 % av biogasproduktionen baserat

²² Avser biogas framställd på sockerbeter/vall/majs/vete

²³ Avser biogas framställd på sockerbeter/vall/majs/vete

²⁴ Avser biogas som framställs på restprodukter

²⁵ Istället inkluderas användningsemissioner framtagna av Jerksjö m.fl. (2010)

på dagens bästa teknik. I studien beaktas också energiinsats och emissioner från infrastrukturuppbyggnad av lokala biogasnät för att till exempel knyta samman produktionsanläggningar till en gemensam uppgraderingsanläggning.

För att beräkna miljöpåverkan i biogasens livscykel presenteras resultat baserade på både energiallokering och ekonomisk allokering i drivmedelsprocessen. Det innebär att biogasens miljöpåverkan fördelas mellan biogas och rötrest. I Miljöfaktaboken ingår endast resultat där energiallokering tillämpats för att så långt det är möjligt följa förnybarhetsdirektivets riktlinjer [7] där energiallokering rekommenderas.

Tabell 40. Biogas – referensöversikt 2

Table 40. Biogas – reference overview 2

BIOGAS från rötning av avloppsslam – <i>produktion & distribution</i> Palm & Ek (2010)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Avgränsningar</u> Rågas till tank (exkl. distribution kund) ➤ <u>Allokeringsprincip</u> Ingen allokering ➤ <u>Antaganden</u> Energi in till biogas- anläggningar antas vara svensk medel och biogas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Typ av anläggningar</u> Käppala reningsverk, State-of-the-art-anläggning ➤ <u>Indata</u> Inhämtad från Käppala reningsverk och litteratur- studier. Har på olika sätt bearbetats. Indata bedöms vara aktuella. ➤ <u>Likhet med andra studier</u> Ej jämförd. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Begränsat urval av studiens resultat presenteras i Miljöfaktaboken. ➤ De fall där indata har kompletterats uppdaterats och/eller omarbetats framgår inte alltid

I studien är den funktionella enheten 1 MJ biogas. Referensobjekt i studien är Käppala reningsverk som kan antas vara en bästa möjliga (BAT) anläggning. I grundsceneriet belastas biogasen endast för processer efter det att avloppsslammet har genomgått rötning, en avgränsning som grundas på antagandet att rötning skulle ha skett oavsett om rötresten tagits tillvara för att producera biogas eller inte. Distribution av biogasen är inte inkluderad men andra studier har visat att detta har en försumbar påverkan på energibalansen. Tillverkning av vissa kemikalier som används vid avvattning av rötresterna inkluderas ej. Ingen allokering av miljöpåverkan mellan olika slutprodukter görs i grundsceneriet. Data har främst hämtats från Käppala reningsverk men har kompletterats med data från litteratur.

I studien inkluderas metanläckage och energiinsats för att upparbeta gasen med vattenskrubberteknik samt trycksättning av gasen. I huvudfallet värderas el som svensk medel. I studien presenteras också en känslighetsanalys där metanläckaget är ansatt till 2 % (0,5 % läcker och 1,5 % facklas av från rågasen, Data från Avfall Sverige 2009). El värderas i känslighetsanalysen som naturgasbaserad el.

Tabell 41. Biogas – referensöversikt 3

Table 41. Biogas – reference overview 3

BIOGAS – användning i personbil och lätt lastbil Jerksjö m.fl. (2010)
Utsläpp till luft vid användande av CNG (Compressed Natural Gas) till personbil är beräknade med vägtrafikemissionsmodellen HBEFA EV3.1A. Emissionsfaktorerna har beräknats genom att dividera de totala utsläppen från CNG-drivna personbilar i Sverige med det totala trafikarbetet för CNG-drivna personbilar i Sverige.

De totala emissionerna inkluderar förbränningsutsläpp från varma fordon. Emissionsfaktorer för partiklar har här antagits vara samma som för bensindrivna personbilar. Utsläppen från HBEFA EV3.1A ges som gram förorening per kilometer samt gram förbrukat bränsle per kilometer. Emissionsfaktorerna har här räknats om till gram per MJ bränsle genom att ansätta ett lägre värmevärde på 39,67 MJ per Nm³ bränsle och en densitet på 0,83 kg Nm⁻³ ²⁶. Vägtrafikemissionsmodellen utgår från CNG som ger 2,74 kilo CO₂ per kilo bränsle. SO₂-utsläpp beräknas inte för CNG i modellen utan har här beräknats från bränsleförbrukningen med ett svavelinnehåll på 10 mg/Nm³ ²⁷.

²⁶ <http://www.swedegas.se> ; Informationsblad naturgas

²⁷ <http://www.swedegas.se> ; Informationsblad naturgas

12.2.2 Biogas – resursanvändning och emissioner

I Tabell 42 presenteras emissionsdata som inhämtats från genomgångna referenser. Notera att användningsdata för 100 % biogas saknas, vilket beror på att det inte förekommer på den svenska marknaden. Användningsdata för biogas i bränslemixar som används i Sverige framgår av Tabell 44.

Tabell 42. Biogas – resursanvändning och emissioner

Table 42. Biogas – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	BIOGAS (Sockerbetor + blast)	BIOGAS (Vall)	BIOGAS (Majs)	BIOGAS (Vete)
Del av livscykel	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)
Referens	Börjesson m.fl. (2010)	Börjesson m.fl. (2010)	Börjesson m.fl. (2010)	Börjesson m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
TOTALT (c)	1.40E+00 (b)	1.38E+00 (b)	1.41E+00 (b)	1.46E+00 (b)
Varav hjälpenergi (d)	4.00E-01 (b)	3.80E-01 (b)		
varav icke förnybara resurser				
Olja				
Naturgas				
Stenkol				
Brunkol				
Torv				
Uran (som ren U)				
varav förnybara resurser				
Vattenkraft				
Biomassa				
Vindkraft				
Solkraft				
Emissioner till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.32E+01	1.39E+01	1.45E+01	1.66E+01
Metan (CH ₄)	1.03E-01	1.06E-01	1.07E-01	3.21E-02
Lustgas (N ₂ O)	7.70E-03	1.09E-02	1.74E-02	1.90E-02
Kolmonoxid (CO)	1.68E-02	1.64E-02	1.63E-02	1.27E-02
Kväveoxider (NO _x)	1.27E-01	1.19E-01	1.17E-01	6.41E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	1.04E-02	2.42E-02	2.65E-02	2.81E-02
Flyktiga kolväten (VOC)	3.40E-06	5.00E-03	4.90E-03	3.70E-03
Partiklar (PM)	3.60E-03	6.50E-03	6.80E-03	6.10E-03
Ammoniak (NH ₃)	-	-	-	-
Emissioner till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃ ⁻)	-4.62E-01	-1.34E+00	-1.94E-01	
Ammoniak (NH ₃)				
Ammonium (NH ₄ ⁺)				
Fosfater (PO ₄ ³⁻)				

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(c) Data inkluderar hjälpenergi och bränslets energiinnehåll. Förluster av förnybar energi i processen är inte inkluderade.

(d) Data inkluderar endast hjälpenergi.

Forts. Tabell 42. Biogas – resursanvändning och emissioner.

Typ av bränsle	BIOGAS (Gödsel)	BIOGAS (Livsmedel)	BIOGAS (Organiskt hushållsavfall)	BIOGAS (avloppsslam)
Del av livscykel	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)	Produktion & distribution (a)
Referens	Börjesson m.fl. (2010)	Börjesson m.fl. (2010)	Börjesson m.fl. (2010)	Börjesson m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
TOTALT (d)	3.90E-01	2.80E-01	2.80E-01	1.51E-01
varav icke förnybara resurser				
Olja				
Naturgas				
Stenkol				
Brunkol				
Torv				
Uran (som ren U)				
varav förnybara resurser				
Vattenkraft				
Biomassa				
Vindkraft				
Solkraft				
Emissioner till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	8.90E+00	5.80E+00	8.70E+00	7.19E-01
Metan (CH ₄)	1.09E-01	1.08E-01	1.08E-01	1.04E-01
Lustgas (N ₂ O)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kolmonoxid (CO)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.44E-03
Kväveoxider (NO _x)	6.54E-02	4.29E-02	7.25E-02	1.44E-03
Svaveldioxid (SO ₂)	3.10E-03	2.10E-03	1.90E-03	7.09E-04
Flyktiga kolväten (VOC)	2.80E-03	1.60E-03	1.70E-03	2.16E-04
Partiklar (PM)	1.50E-03	1.10E-03	1.50E-03	2.16E-04
Ammoniak (NH ₃)	-	-	-	-
Emissioner till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃ ⁻)				
Ammoniak (NH ₃)				
Ammonium (NH ₄ ⁺)				
Fosfater (PO ₄ ³⁻)				

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(d) Endast hjälpenenergi är inräknad i primärenergi i studien. Substratet anses inte bära någon primärenergi eftersom det är genererat av avfall/rest som annars skulle gå förlorat.

12.2.3 Biogasdrivna fordon – resursanvändning och emissioner

Tabell 44 visar emissions- och resursanvändningsdata för genomsnittligt bränsle som används i biogasdriven personbil, dvs. naturgas/biogas i kombination med bensen. För att beräkna resursanvändning och emissioner i hela bränslets livscykel har produktionsdata för gas (biogas + naturgas) och bensen kombinerats. I exemplet används 62 vol% biogas och 38 vol% naturgas²⁸ (59 % biogas resp. 41 % naturgas baserat på lägre värmevärde). I fallen där även bensen används är fördelningen 53 vol% biogas, 32 vol% naturgas och 15 vol% bensen (51 %, 36 %, 13 %, lägre värmevärde). Biogasen är i båda fallen en mix av biogas från substrat enligt fördelning i Tabell 43 (Trafikverket, 2010).

²⁸ Enligt angiven fördelning i källa: Trafikverket (2010)

Tabell 43 Antagen mix för substratet till biogasen i räkneexemplet

Table 43. Raw material mix of the biogas production used in the calculation.

Substrat	Andel	Kommentar
Avloppsslam	57.0%	
Slaktavfall	15.3%	Då data saknas används data för organiskt hushållsavfall istället
Källsorterat matavfall	13.8%	
Gödsel	3.4%	
Övrigt	10.5%	Antas bestå av lika fördelning av biogas från majs, vall och sockerbetor (ej antaget i Trafikverket, 2010)

Tabell 44. Genomsnittsbränsle i biogasdrivna fordon – resursanvändning och emissioner

Table 44. Average fuel for biogas vehicles – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	BIOGAS/CNG (62 %, 42 %)	BIOGAS/CNG/ BENSIN (53%, 32%, 15%)	BIOGAS/CNG (62 %, 42 %)	BIOGAS/CNG/ BENSIN (53%, 32%, 15%)
Del av livscykel	Produktion & distribution	Produktion & distribution	Användning i personbil	Användning i personbil
Referens	Börjesson m.fl. (2010), Boustedt (2005)	Börjesson m.fl. (2010), Boustedt (2005), Öman m.fl. (2011)	Jerksjö m.fl. (2010)	Jerksjö m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle		
TOTALT (d)	6.39E-01	7.09E-01		
varav icke förnybara resurser				
Olja				
Naturgas				
Stenkol				
Brunkol				
Torv				
Uran (som ren U)				
varav förnybara resurser				
Vattenkraft				
Biomassa				
Vindkraft				
Solkraft				
Emissioner till luft			g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	5.04E+00	5.19E+00	2.36E+01	2.97E+01
Metan (CH ₄)	1.75E-01	1.54E-01	5.17E-03	6.62E-03
Lustgas (N ₂ O)	7.42E-04	8.18E-04		
Kolmonoxid (CO)	9.57E-03	8.87E-03	1.21E-01	3.06E-01
Kväveoxider (NO _x)	2.69E-02	2.59E-02	2.09E-02	3.82E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	1.05E-02	1.11E-02	5.06E-04	4.96E-04
Flyktiga kolväten (VOC)	1.69E-03	4.86E-03	5.61E-03	4.37E-02
Partiklar (PM)	3.35E-03	2.99E-03	1.32E-03	1.44E-03
Ammoniak (NH ₃)	1.67E-08	1.84E-06		
Emissioner till vatten			g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃ ⁻)	-4.12E-02	-3.55E-02		
Ammoniak (NH ₃)	-	-		
Ammonium (NH ₄ ⁺)	2.05E-06	5.43E-06		
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	1.70E-08	6.13E-08		

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(d) Endast hjälpenenergi är inräknad i primärenergien för biogas från avfall, gödsel, avloppsreningsslam. Substraten anses inte bära någon primärenergi eftersom de är genererade av avfall/rester som annars skulle gå förlorat.

12.3 Biodiesel

Biodiesel kan tillverkas av olika vegetabiliska oljor som till exempel rapsolja. RME (rapsmetylester) är vanligast som drivmedel och förekommer på den svenska marknaden dels låginblandad i konventionell diesel och dels som ren biodiesel. I jämförelse med etanol och biogas är användningen och produktionen av biodiesel i Sverige liten.

12.3.1 Biodiesel (RME) - referensöversikt

Tabell 45. Biodiesel (RME) – referensöversikt

Table 45. Biodiesel (RME) – reference overview

BIODIESEL (RAPSMETYLESTER, RME) – produktion & distribution Börjesson m.fl. (2010)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Avgränsningar</u> Vagga till tank exkl. distribution till kund ➤ <u>Allokeringsprincip</u> Ekonomisk och fysikalisk allokering med tilläggsscenario för systemutvidgning. ➤ <u>Antaganden</u> Energi in till etanolanläggning antas vara svensk medel och biogas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Typ av anläggningar</u> Platsspecifik: Karlshamn, Stenungssund ➤ <u>Indata</u> Inhämtad från litteraturstudier och förstudier. Har på olika sätt bearbetats. Indata bedöms vara aktuella. <u>Likhet med andra studier</u> Ej jämförd. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Begränsat urval av studiens resultat presenteras i Miljöfaktaboken. ➤ De fall där indata har kompletterats uppdaterats och/eller omarbetats framgår inte alltid

Livscykelns inkluderar odling av raps (inklusive för- och efterarbete), skörd, distribution till drivmedelsanläggning, framställning av RME samt slutanvändning i såväl lätta som tunga fordon. Distribution av drivmedel till kund inkluderas inte. Inte heller insatser i form av byggnader och övrig infrastruktur inkluderas.

I beräkningarna beaktas utsläpp från tekniska system, framför allt från den insatsenergi som krävs, men också biogena utsläpp av lustgas och koldioxid från förändrad markanvändning. Den mineralgödsel som används antas dels produceras i västeuropeiska anläggningar (cirka 60 %) med aktuell nivå på reningsutrustningar mm, dels importeras från länder utanför Europa (cirka 40 %). Detta innebär att cirka 30 % av produktionen av mineralgödselkväve sker i anläggningar med lustgasrening där lustgasutsläppen reducerats med cirka 80 %. För RME-anläggningen antas svensk medel användas. Insatser i form av bränslen i anläggningen utgörs av skogsbränslen. De geografiska systemgränserna avser odling av raps i södra Sverige på bra åkermark (respektive hantering och lagring av avfall och gödsel i södra Sverige).

För odlingssteget har författarna huvudsakligen använt sig av officiell statistik som i viss mån bearbetats för att förbättra jämförbarheten biodrivmedlen emellan. För omvandlingssteget anges data huvudsakligen vara platsspecifik och avser anläggningar i

Karlshamn och Stenungssund. Data baseras på aktuella datakällor. En synpunkt rörande transparensen i indata är att en del av den har kompletterats, uppdaterats, och/eller omarbetats utifrån originalkällan. Det framgår inte alltid på vilket sätt detta har skett vilket försvårar en bedömning av studiens tillförlitlighet.

För att beräkna miljöpåverkan i biodieseln livscykel presenteras i studien resultat baserade på både energiallokering och ekonomisk allokering i drivmedelsprocessen. I allokeringen fördelas miljöpåverkan mellan drivmedlet och de biprodukter (rapsmjöl och glycerol) som uppstår i produktionen av RME. I Miljöfaktaboken presenteras data från energiallokering, med motivet att detta följer Förnybarhetsdirektivets riktlinjer.

12.3.2 Biodiesel (RME) – resursanvändning och emissioner

Tabell 46. Biodiesel (RME) – resursanvändning och emissioner

Table 46. Biodiesel (RME) – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	BIODIESEL (RME = rapsmetylester)
Del av livscykel	Produktion & distribution
Referens	Börjesson m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle
TOTALT (d)	1.27E+00 (b)
varav icke förnybara resurser	-
Olja	-
Naturgas	-
Stenkol	-
Brunkol	-
Torv	-
Uran	-
varav förnybara resurser	-
Vattenkraft	-
Biomassa	-
Vindkraft	-
Solkraft	-
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.72E+01
Metan (CH ₄)	1.21E-02
Lustgas (N ₂ O)*	2.10E-02
Kolmonoxid (CO)	9.70E-03
Kväveoxider (NO _x)	7.16E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	2.74E-02
Flyktiga kolväten (VOC)	3.40E-03
Partiklar (PM)	5.80E-03
Ammoniak (NH ₃)	-
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	5.46E-01
Ammoniak (NH ₃)	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	-

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(d) Endast hjälpenenergi är inräknad i primärenergi i studien. Här har dock 1 MJ substrat per MJ bränsle adderats eftersom studien inkluderar odlingssteget och dess grödor odlas i syfte att framställa drivmedel. Förluster av förnybar energi i processen är inte inkluderade.

* Lustgasemissioner uppstår även vid en förändrad markanvändning och anges i studien vara 3.46E-03 g/MJ

13 Fossila drivmedel

Fossila drivmedel omfattar bränslen med kolväten som huvudsakliga beståndsdelar som till exempel olja, diesel och bensin. Olja är ett fossilt bränsle som, liksom fasta fossila bränslen som kol och naturgas, bildats ur organiskt material som avlagrats på botten av sjöar och hav. Avlagringarna har täckts med lera och under årmiljoner under inverkan av högt tryck och temperatur omvandlats till kolväten. I Miljöfaktaboken finns data för eldningsolja, bensin och diesel.

Viktiga steg i livscykeln för petroleumprodukter är metanläckage och den fackling som sker vid utvinningen. Olja kan utvinnas dels ur havsbotten, men även ur mer resurskrävande råvaror som oljesand och oljeskiffer. Att utvinna olja ur oljesand och oljeskiffer ger upphov till större emissioner än konventionell oljeutvinning i havsbaserade oljekällor. Mängden transporter och transportavståndet påverkar också klimatprestandan. Effektivitet och reningsutrustning vid raffinaderi och förbränningsutrustning och reningsteknik vid förbränning är exempel på andra viktiga faktorer.

13.1 Bensin

Bensin är en blandning av ett stort antal olika kolväten med förhållandevis låga kokpunkter, därav dess flyktighet. Utöver detta består bensin av flera olika komponenter som blandas för att få en slutprodukt med rätt egenskaper. Bensin utvinns vanligen av råolja men går även att framställa ur andra råvaror såsom naturgas eller kol. Den största användningen är som bränsle i mindre motorer. Bensin innehåller 5 % etanol som låginblandning.

13.1.1 Bensin – referensöversikt

Tabell 47. Bensin (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 47. Gasoline (production and distribution) – reference overview

Bensin – produktion och distribution Öman m.fl. (2011)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Vagga till tank (exkl. mack & distribution privatkund) ➤ Allokeringsprincip Fysikalisk allokering, tilläggsscenario för systemutvidgning. ➤ Antaganden El som används i livscykeln ett (raffinaderiprocessen, vid depåer, tågtransport) antas vara baserad på svensk elmix (produktionsmix). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggningar Urval av nordiska raffinaderier utifrån 2009 års miljörapporter. ➤ Indata Inhämtad från miljörapporter och personlig kommunikation. ➤ Likhet med andra studier Något högre värden än studie som rekommenderades i förra MFB (Blinge1996) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indata saknas för de processkemikalier samt olika tillsatser som går in i raffinaderiprocessen eller i den färdiga produkten.

Inom studiens systemgränser ingår utvinning av råolja, distribution från utvinningsplats till raffinaderi, produktion av petroleumprodukt i raffinaderi, distribution från raffinaderi till depå, lagring vid depå samt distribution från depå till kund/mack för 1 MJ bensin.

LCI-profilen för bensin tar i stor utsträckning hänsyn till förutsättningar för den bensin som varit avsedd för den svenska marknaden år 2009. Exempelvis har råolja som används för att tillverka denna bensin identifierats efter ursprung. Indata till raffineringsprocessen (råolje användning, elanvändning och emissioner) har allokerats efter produkternas energiinnehåll och beräknats som ett genomsnitt av tre raffinaderier (av totalt sex) som förser den svenska marknaden med bensinprodukter. Studien innehåller också kartläggningar av hur fördelningen mellan olika transportslag ser ut vid transport av bensin från raffinaderi till depå/kund för alla raffinaderier som förser den svenska marknaden med bensin.

El som används i livscykeln (raffinaderiprocessen, vid depåer, tågtransport) antas vara baserad på svensk elmix i ett försörjningsperspektiv, det vill säga miljöpåverkan har beräknats utifrån el som används, inte den som produceras. Författarna menar att det för raffinaderiprocessen hade varit att föredra Nordisk elmix eftersom det inte bara är svenska raffinaderier som står för tillverkning av den bensin som tillgodoser den svenska marknadens behov. På grund av den begränsade användningen av el i livscykeln har användningen av svensk elmix en marginell inverkan på resultatet trots att Nordisk elmix uppvisar en sämre miljöprestanda.

LCI-profilen underskattar resursanvändning och emissioner något på grund av data-luckor för processkemikalier samt olika tillsatser av additiv som går in i tillverkningsprocessen eller i produkten.

Tabell 48. Bensin (användning i personbil) – referensöversikt

Table 48. Gasoline (utilisation on passenger cars) – reference overview

BENSIN – användning i personbil Jerksjö m.fl. (2010)
Utsläpp till luft vid användande av bensin till personbil är beräknade med vägtrafikemissionsmodellen HBEFA EV3.1A ²⁹ . Emissionsfaktorerna har beräknats genom att dividera de totala utsläppen från bensindrivna personbilar i Sverige med det totala trafikarbetet för bensindrivna personbilar i Sverige. De totala emissionerna inkluderar förbränningsemissioner från varma och kalla fordon samt avdunstnings-emissioner (för kolväten).

Utsläppen från HBEFA EV3.1A ges som gram förorening per kilometer samt gram förbrukat bränsle per kilometer. Emissionsfaktorerna har här räknats om till gram förorening per MJ bränsle genom att ansätta ett värmevärde på 43,5 MJ per kilo bränsle³⁰. HBEFA EV3.1A utgår från bensin med ett svavelinnehåll på 9,3 ppm och som ger 3,15 kilo CO₂ per kilo bränsle.

²⁹ www.hbefa.net

³⁰ <http://ipreem.preem.se/sm/prod3NySite.nsf/vProductsByLinkID/528?OpenDocument>

13.1.2 Bensin (0 vol% etanol) – resursanvändning och emissioner

Tabell 49. Bensin (0 vol% etanol) – resursanvändning och emissioner

Table 49. Gasoline (0 vol% ethanol) – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	BENSIN (0 vol% etanol)	BENSIN (0 vol% etanol)
Del av livscykel	Produktion & distribution (a)	Användning i personbil
Referens	Öman m.fl. (2011)	Jerksjö m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	
TOTALT (c)	1.09E+00	
varav icke förnybara resurser	1.09E+00	
Olja	1.05E+00	
Naturgas	2.72E-02	
Stenkol	1.18E-03	
Brunkol	3.31E-04	
Torv	-	
Uran	6.65E-03	
varav förnybara resurser	5.75E-03	
Vattenkraft	5.65E-03	
Biomassa	1.23E-07	
Vindkraft	7.00E-05	
Solkraft	3.22E-05	
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	5.79E+00	7.2E+01
Metan (CH ₄)	3.38E-02	1.6E-02
Lustgas (N ₂ O)	5.54E-05	1.2E-03
Kolmonoxid (CO)	4.62E-03	1.5E+00
Kväveoxider (NO _x)	1.89E-02	1.5E-01
Svaveldioxid (SO ₂)	1.41E-02	4.3E-04
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.35E-02	2.9E-01
Partiklar (PM)	8.49E-04	1.2E-03
Ammoniak (NH ₃)	1.25E-05	2.9E-02
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃ ⁻)	2.71E-05	
Ammoniak (NH ₃)	1.66E-08	
Ammonium (NH ₄ ⁺)	2.54E-05	
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	3.20E-07	
Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.		

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(c) Omfattar hjälpenenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

13.1.3 Bensin (5 vol% etanol) – resursanvändning och emissioner

2008 var 92 % av såld bensin i Sverige låginblandad med 5 % etanol³¹. Vid användande av låginblandad bensin minskar de fossila CO₂-utsläppen med ca 3 %³². I HBEFA-modellen finns bara emissionsfaktorer för användning av referensbränslen. Därför finns inga uppgifter om hur utsläppen till luft påverkas av låginblandning. Etanolen som används för inblandning i bensin antas komma från vete-etanol (20 %), sockerrörsetanol (55 %) och europeisk vinetanol (25 %). Denna fördelning används i ”Index över nya bilar klimatpåverkan 2008 – I riket länen och kommunerna” (Naturvårdsverket 2008). Då data för de två senare etanolsorterna saknas har de ersatts med vete-etanol respektive etanol från sockerbetor vilket ger etanol till 75 % från vete och 25 % från sockerbetor.

Tabell 50. Bensin (5 vol% etanol) - resursanvändning & emissioner

Table 50. Gasoline (5 vol% ethanol) – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	BENSIN (5 vol% etanol)	BENSIN (5 vol% etanol)	BENSIN (5 vol% etanol)
Del av livscykel	Produktion & distribution (a)	Användning i personbil	Användning i lätt lastbil
Referens	Öman m.fl. (2011)	Jerksjö m.fl.(2010)	Jerksjö m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle		
TOTALT (c)	1.10E+00		
varav icke förnybara resurser			
Olja			
Naturgas			
Stenkol			
Brunkol			
Torv			
Uran			
varav förnybara resurser			
Vattenkraft			
Biomassa			
Vindkraft			
Solkraft			
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	6.04E+00	7.0E+01	7.0E+01
Metan (CH ₄)	3.34E-02	1.6E-02	2.8E-02
Lustgas (N ₂ O)	1.25E-03	1.2E-03	3.1E-03
Kolmonoxid (CO)	4.88E-03	1.5E+00	4.2E+00
Kväveoxider (NO _x)	2.03E-02	1.5E-01	2.9E-01
Svaveldioxid (SO ₂)	1.44E-02	4.3E-04	4.3E-04
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.28E-02	2.9E-01	5.0E-01
Partiklar (PM)	9.80E-04	1.2E-03	2.8E-03
Ammoniak (NH ₃)	1.22E-05	2.9E-02	2.7E-02
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	-2.91E-03		
Ammoniak (NH ₃)	1.61E-08		
Ammonium (NH ₄ ⁺)	2.46E-05		
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	3.12E-07		

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

³¹ Transportsektorns energianvändning 2009, ES2010:04, Statens energimyndighet.

³² 5 vol% etanol med ett lägre värmevärde på 21,4 MJ per liter (SPE 2009) ger en energiandel på 3 %.

13.2 Diesel

Diesellolja är en blandning av olika kolväten såsom paraffiner, nafterer och aromater. Dessutom tillsätts också vissa additiv för att uppnå önskade egenskaper hos bränslet. Diesel finns i dag i ett flertal olika kvaliteter såsom miljöklass 1, 2 och 3, med olika krav på till exempel svavelhalt.

13.2.1 Diesel – referensöversikt

Tabell 51. Diesel (produktion och distribution) – referensöversikt

Table 51. Diesel (production and distribution) – reference overview

DIESEL – produktion och distribution Öman m.fl. (2011)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Avgränsningar</u> Vagga till tank (exkl. mack & distribution privatkund) ➤ <u>Allokeringsprincip</u> Fysikalisk allokering, tilläggsscenario för systemutvidgning. ➤ <u>Antaganden</u> El som används i livscykeln (raffinaderiprocessen, vid depåer, tågtransport) antas vara baserad på svensk elmix (produktionsmixin). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Typ av anläggningar</u> Urval av nordiska raffinaderier utifrån 2009 års miljörapporter. ➤ <u>Indata</u> Inhämtad från miljörapporter och personlig kommunikation. ➤ <u>Likhet med andra studier</u> Ej jämförd. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indata saknas för de processkemikalier samt olika tillsatser som går in i raffinaderiprocessen eller i den färdiga produkten.

Inom studiens systemgränser omfattas utvinning av råolja, distribution från utvinningsplats till raffinaderi, produktion av petroleumprodukt i raffinaderi, distribution från raffinaderi till depå, lagring vid depå samt distribution från depå till kund/mack för 1 MJ diesel³³.

LCI-profilen för diesel tar i stor utsträckning hänsyn till förutsättningar för den diesel som varit avsedd för den svenska marknaden år 2009. Till exempel har råolja som används för att tillverka denna diesel identifierats efter ursprung. Indata till raffineringprocessen (råolje användning, elanvändning och emissioner) har allokerats efter produkternas energiinnehåll och beräknats som ett genomsnitt av tre raffinaderier (av totalt sex) som förser den svenska marknaden med dieselprodukter. Studien innehåller också kartläggning av hur fördelningen mellan olika transportslag ser ut under transporten av diesel från raffinaderi till depå/kund för de sex raffinaderier som förser den svenska marknaden med diesel.

El som används i livscykeln (raffinaderiprocessen, vid depåer, tågtransport) antas vara baserad på svensk elmix i ett försörjningsperspektiv, det vill säga miljöpåverkan har beräknats utifrån el som används, inte den som produceras. Författarna menar att det för raffinaderiprocessen hade varit att föredra Nordisk elmix eftersom det inte bara är

³³ Avser miljöprestanda för en ”medeldiesel” och är ej specifik för en given miljöklass.

svenska raffinaderier som står för tillverkning av den diesel som tillgodoser den svenska marknadens behov. På grund av den begränsade användningen av el i livscykeln har användningen av svensk elmix en marginell inverkan på resultatet trots att Nordisk elmix uppvisar en sämre miljöprestanda.

LCI-profilen underskattar resursanvändning och emissioner något på grund av data-luckor för processkemikalier samt olika tillsatser av additiv som går in i tillverkningsprocessen eller i den färdiga produkten.

Tabell 52. Diesel (användning) – referensöversikt

Table 52. Diesel (utilisation) – reference overview

DIESEL – användning i personbil, lätt lastbil, tung lastbil utan släp, tung lastbil med släp och landsvägsbuss Jerksjö m.fl. (2010)
Utsläpp till luft vid användande av diesel till personbil, lätt lastbil, tung lastbil utan släp, tung lastbil med släp och landsvägsbuss är beräknade med vägtrafikemissionsmodellen HBEFA EV3.1A. Emissionsfaktorererna har beräknats genom att dividera de totala utsläppen från dieseldrivna personbilar i Sverige med det totala trafikarbetet för dieseldrivna personbilar i Sverige. Samma princip har använts för övriga fordon. De totala emissionerna inkluderar förbränningsemissioner från varma och kalla fordon.

Utsläppen från vägtrafikemissionsmodellen ges som gram förorening per kilometer samt gram förbrukat bränsle per kilometer. Emissionsfaktorererna har här räknats om till gram förorening per MJ bränsle genom att anta ett värmevärde på 43,1 MJ per kilo bränsle. Modellen utgår från diesel med ett svavelinnehåll på 2 ppm och som ger upphov till 3,15 kilo CO₂ per kilo bränsle.

13.2.2 Diesel (0 vol% RME) – resursanvändning och emissioner

Tabell 53. Diesel (0 vol% RME) – resursanvändning och emissioner

Table 53. Diesel (0 vol% RME) – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	DIESEL (0 vol% RME)	DIESEL (0 vol% RME)
Del av livscykel	Produktion & distribution (a)	Användning i personbil
Referens	Öman m.fl. (2011)	Jerksjö m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	
TOTALT (c)	1.09E+00	
varav icke förnybara resurser	1.09E+00	
Olja	1.05E+00	
Naturgas	2.72E-02	
Stenkol	1.18E-03	
Brunkol	3.32E-04	
Torv	-	
Uran	6.68E-03	
varav förnybara resurser	5.76E-03	
Vattenkraft	5.66E-03	
Biomassa	1.23E-07	
Vindkraft	7.03E-05	
Solkraft	3.22E-05	
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	5.78E+00	7.30E+01
Metan (CH ₄)	3.38E-02	5.40E-04
Lustgas (N ₂ O)	5.55E-05	2.00E-03
Kolmonoxid (CO)	4.60E-03	1.30E-01
Kväveoxider (NO _x)	1.88E-02	2.20E-01
Svaveldioxid (SO ₂)	1.41E-02	9.30E-05
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.35E-02	2.20E-02
Partiklar (PM)	8.48E-04	1.60E-02
Ammoniak (NH ₃)	1.25E-05	4.50E-04
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃ ⁻)	2.71E-05	
Ammoniak (NH ₃)	1.66E-08	
Ammonium (NH ₄ ⁺)	2.54E-05	
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	3.17E-07	
Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.		

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(c) Omfattar hjälpen energi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

13.2.3 Diesel (5 vol% RME) – resursanvändning och emissioner

2008 var 76 % av såld diesel i Sverige låginblandad med 5 % FAME³⁴. Vid användande av låginblandad diesel (5 vol% FAME) minskar de fossila CO₂ utsläppen med ca 4,7 % och de biogena CO₂ utsläppen ökar med ca 4,7%. I HBEFA finns inga uppgifter om hur utsläpp av övriga föroreningar påverkas när låginblandad diesel används. Exemplet nedan beskriver diesel med låginblandning av 5 vol% RME.

³⁴ Uppgift från rapporten Transportsektorns energianvändning 2009, ES2010:04, Energimyndigheten. FAME är ett samlingsnamn för olika fettsyrametylestrar (biodiesel). RME är ett exempel på FAME.

Tabell 54. Diesel (5 vol% RME) – resursanvändning och emissioner

Table 54. Diesel (5 vol% RME) – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	DIESEL (5 vol% RME)	DIESEL (5 vol% RME)	DIESEL (5 vol% RME)	DIESEL (5 vol% RME)
Del av livscykel	Produktion & distribution	Användning i personbil	Användning i lätt lastbil	Användning i tung lastbil utan släp
Referens	Öman m.fl. (2011), Börjesson m.fl (2010)	Jerksjö m.fl. (2010)	Jerksjö m.fl. (2010)	Jerksjö m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle			
TOTALT (c)	1.10E+00			
varav icke förnybara resurser				
Olja				
Naturgas				
Stenkol				
Brunkol				
Torv				
Uran				
varav förnybara resurser				
Vattenkraft				
Biomassa				
Vindkraft				
Solkraft				
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	6.32E+00	6.96E+01	6.96E+01	6.96E+01
Metan (CH ₄)	3.28E-02	5.40E-04	6.80E-04	8.30E-04
Lustgas (N ₂ O)	1.04E-03	2.00E-03	1.60E-03	1.00E-03
Kolmonoxid (CO)	6.01E-03	1.30E-01	1.70E-01	1.50E-01
Kväveoxider (NO _x)	1.84E-02	2.20E-01	3.50E-01	6.80E-01
Svaveldioxid (SO ₂)	1.68E-02	9.30E-05	9.30E-05	9.30E-05
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.37E-02	2.20E-02	2.80E-02	3.40E-02
Partiklar (PM)	9.68E-04	1.60E-02	3.40E-02	1.50E-02
Ammoniak (NH ₃)	2.84E-04	4.50E-04	3.60E-04	3.80E-04
Utsläpp till vatten		g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	
Nitrat (NO ₃)	2.58E-05			
Ammoniak (NH ₃)	2.56E-02			
Ammonium (NH ₄ ⁺)	2.42E-05			
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	3.04E-07			

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

Forts. Tabell 54. Diesel (5 vol% RME) – resursanvändning och emissioner

Typ av bränsle	DIESEL (5 vol% RME)	DIESEL (5 vol% RME)	DIESEL (5 vol% RME)	DIESEL (5 vol% RME)
Del av livscykel	Produktion & distribution	Användning i tung lastbil med släp	Användning i landsvägsbuss	Användning i stadsbuss
Referens	Öman m.fl. (2011), Börjesson m.fl (2010)	Jerksjö m.fl. (2010)	Jerksjö m.fl. (2010)	Jerksjö m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
TOTALT (c)	1.10E+00			
varav icke förnybara resurser				
Olja				
Naturgas				
Stenkol				
Brunkol				
Torv				
Uran				
varav förnybara resurser				
Vattenkraft				
Biomassa				
Vindkraft				
Solkraft				
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	6.32E+00	6.96E+01	6.96E+01	7.31E+01
Metan (CH ₄)	3.28E-02	5.00E-04	7.10E-04	6.30E-04
Lustgas (N ₂ O)	1.04E-03	1.20E-03	8.70E-04	6.60E-06
Kolmonoxid (CO)	6.01E-03	1.40E-01	1.40E-01	1.80E-01
Kväveoxider (NO _x)	1.84E-02	6.00E-01	6.70E-01	6.70E-01
Svaveldioxid (SO ₂)	1.68E-02	9.30E-05	9.30E-05	9.30E-05
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.37E-02	2.10E-02	3.00E-02	2.60E-02
Partiklar (PM)	9.68E-04	1.20E-02	1.30E-02	1.40E-02
Ammoniak (NH ₃)	2.84E-04	2.10E-04	2.90E-04	2.10E-04
Utsläpp till vatten				
Nitrat (NO ₃)	2.58E-05			
Ammoniak (NH ₃)	2.56E-02			
Ammonium (NH ₄ ⁺)	2.42E-05			
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	3.04E-07			

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(c) Omfattar hjälpenenergi samt bränslets energinnehåll (lägre värmevärde)

13.3 Flygfotogen (Jet A1)

Flygfotogen (även kallat jetbränsle) består av samma kolväten som återfinns i fotogen. Beroende på de förhållanden under vilka flygbränslet måste fungera har flygfotogen goda köldegenskaper, god kemisk stabilitet och bra återtändningsegenskaper vid motorstopp. Framställningen av flygfotogen sker på liknande sätt som för andra fossila drivmedel genom raffinering av råolja.

13.3.1 Flygfotogen – referensöversikt

Tabell 55. Flygfotogen – referensöversikt

Table 55. Jet fuel – reference overview

Flygfotogen – Produktion och distribution Öman m.fl. (2011)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Vagga till tank (exkl. mack & distribution privatkund) ➤ Allokeringsprincip Fysikalisk allokering, tilläggsscenario för systemutvidgning. ➤ Antaganden El som används i livscykeln ett (raffinaderiprocessen, vid depåer, tågtransport) värderas som svensk elmix. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggningar Urval av nordiska raffinaderier utifrån 2009 års miljörapporter. ➤ Indata Inhämtad från miljörapporter och personlig kommunikation. ➤ Likhet med andra studier Ej jämförd. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indata saknas för de processkemikalier samt olika tillsatser som går in i raffinaderiprocessen eller i den färdiga produkten. ➤ Transportmönster antas vara samma som för bensin.

Inom studiens systemgränser omfattas utvinning av råolja, distribution från utvinningsplats till raffinaderi, produktion av petroleumprodukt i raffinaderi, distribution från raffinaderi till depå, lagring vid depå samt distribution från depå till kund/mack för 1 MJ flygfotogen.

Indata till raffineringsprocessen (råolje användning, elanvändning och emissioner) har allokerats efter produkternas energiinnehåll och beräknats som ett genomsnitt av två svenska raffinaderier. I studien antas transport av råolja till raffinaderierna följa samma transportmönster som bensin. På liknande sätt antas transporten av produkt från raffinaderi till depå/kund följa det av bensin. Antagandet omges av en viss osäkerhet eftersom den procentuella fördelningen med stor sannolikhet ser olika ut för dessa produkter. Trots skillnader skulle detta ha marginell inverkan på resultatet då det utgör en så liten del av den totala resursanvändningen och emissionerna i produktens hela livscykel. El som används i livscykeln (raffinaderiprocessen, vid depåer, tågtransport) värderas som svensk elmix i ett försörjningsperspektiv, det vill säga miljöpåverkan har beräknats utifrån el som används, inte den som produceras. Författarna menar att det för raffinaderiprocessen hade varit att föredra nordisk elmix eftersom det inte bara är svenska raffinaderier som står för tillverkning av den diesel som tillgodoser den svenska marknadens behov. På grund av den begränsade användningen av el i raffinaderiprocessen har användningen av svensk elmix en marginell inverkan på resultatet trots att nordisk elmix uppvisar en sämre miljöprestanda.

LCI-profilen underskattar resursanvändning och emissioner något på grund av framförallt dataluckor för processkemikalier samt olika tillsatser av additiv som går in i tillverkningsprocessen eller i den färdiga produkten.

13.3.2 Flygfotogen – resursanvändning och emissioner

Tabell 56. Flygfotogen – resursanvändning och emissioner

Table 56. Jet fuel – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	FLYGFOTOGEN
Del av livscykel	Produktion & distribution
Referens	Öman m.fl. (2011)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle
TOTALT (c)	1.11E+00
varav icke förnybara resurser	
Olja	1.07E+00
Naturgas	2.53E-02
Stenkol	9.98E-04
Brunkol	2.73E-04
Torv	-
Uran	5.80E-03
varav förnybara resurser	
Vattenkraft	5.85E-03
Biomassa	1.14E-07
Vindkraft	6.07E-05
Solkraft	3.05E-05
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	5.18E+00
Metan (CH ₄)	2.90E-02
Lustgas (N ₂ O)	5.07E-05
Kolmonoxid (CO)	4.19E-03
Kväveoxider (NO _x)	1.78E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	1.25E-02
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.66E-02
Partiklar (PM)	7.92E-04
Ammoniak (NH ₃)	1.17E-05
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	2.72E-05
Ammoniak (NH ₃)	1.42E-08
Ammonium (NH ₄ ⁺)	1.98E-05
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	2.94E-07
Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.	

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

13.4 Fartygsbränslen

För marint bruk används få andra fraktioner av olja jämfört med de som används för stationärt bruk. En stor del som används är så kallade residualoljor som blivit över efter det att övriga fraktioner destillerats ur råoljan. I studien nedan finns en sådan fraktion, tjockolja. På senare år har hårdare utsläppskrav tillkommit speciellt inom vissa zoner (Emission Control Areas). Ett fåtal fartyg använder vidare scrubbteknik för rening av svavelutsläpp och partiklar och SCR (selektiv katalytisk reduktion) av kvävedioxider.

För data om produktions- och distributionsstegen för eldningsolja för stationär el- och värmeproduktion, hänvisar vi till avsnitt 10.2.

13.4.1 Fartygsbränslen – referensöversikt

Tabell 57. Fartygsbränslen – referensöversikt

Table 57. Fossil fuel for marine propulsion (heavy fuel oil and marine gas oil) – reference overview

FARTYGSBRÄNSLEN – produktion & distribution Bengtsson m.fl. (2010)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Vagga till slutanvändning ➤ Allokeringssprincip Energiallokering (lägre värmevärdet) vid produktion av bränslen. Viktat medelvärde baserat på vikten av bränslet från olika länder. ➤ Antaganden EU-medel för produktion av bränslen. Hamnens energiförbrukning ej inräknad. Allt svavel bildar SO₂. Partiklar utgörs av PM Flyktiga kolväten vid omlastning utgörs endast av NMVOC. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggningar Två vanligaste fartygsbränslen i Sverige i dag. Användning i Ro-Ro fartyg³⁵. Dieselmotorer av typen "medium speed". Indata ➤ Inhämtad från litteraturstudier NTM 2008 och Cooper & Gustavsson 2004. ELCD-database II (2009), Miljörapport för Göteborgshamn2008 ➤ Likhet med andra studier Ej jämförd med andra studier än de som ingår som indata 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Begränsat urval av studiens resultat presenteras i Miljöfaktaboken ➤ Resultatet kommer från en preliminär version av rapporten ➤ Fartyg med modernare rening ger lägre emissioner ➤ Rapporten innehåller fler fartygsbränslen ➤ Resultat presenteras med en annan funktionell enhet än i rapporten

Livscykeln för de båda fartygsbränslena utgörs av utvinning och transport av råoljan, produktion av tjockolja och marin gasolja, av- och pålastning samt lagring i Göteborgs hamn, transport och bunkring av fartygsbränslet samt användning av bränslet i Ro-Ro fartyg (med Ro-Ro-fartyg menas fartyg som är konstruerade för att dess last lätt ska kunna föras ombord och i land).

³⁵ Från engelskan "roll on roll off". Fartyg utrustade med ramper för att lätt ta emot rullande last på lastbilar och liknande. Vanliga bilfärjor är Ro-Ro-fartyg.

Resultaten bygger på en litteraturstudie som gjorts av befintliga studier. För både Tjockolja och marin gasolja kommer data från ELCD-databasen (version II). Data består av medelvärden från 2003 och representerar ett EU-medel (15 länder) baserat på vikten av bränsle från olika länder. Energiallokering är tillämpat för produktionen i raffinaderierna. Endast energianvändning och emissioner är medräknade. Lägre värmevärdet på tjockolja (1 % svavelhalt) är 40,4 MJ/kg och 43 MJ/kg för marin gasolja med 0,1 % svavelhalt. Livcykelsteget med av- och pålastning samt mellanlagring av bränslen har antagits ske i Göteborgs hamn. Hamnen är utrustad med en gasåtervinningsanläggning under lastning av bränslen.

Alla bränslen antas i studien avge lika mycket flyktiga kolväten. Data är ett medelvärde under år 2008 och kommer från Miljörapport för Göteborgshamn samt en rapport om gasåtervinning. Hamnens energiförbrukning är inte inräknad. Data för transport och bunkring av bränslen kommer från NTM 2008 och Cooper & Gustavsson 2004. Transporten av bränslet från hamnen antas ske med bunkerfartyg med ett medelavstånd på 10 km. Bränsleförbrukning vid transport av bränslet antas vara 0,0452 kWh per ton last och kilometer. Allt svavel i bränslet antas i studien bilda SO₂, emitterade partiklar uttrycks som PM10. Miljöpåverkan vid själva bunkringen är inte medräknad.

Den slutliga användningen av båda bränsletyperna sker i Ro-Ro fartyg. Data kommer även här från NTM 2008 och Cooper & Gustavsson 2004. Från den sistnämnda källan kommer data för utsläpp av lustgas och ammoniak. Ingen specifik reningsutrustning för svavel och kväveoxider används. Den specifika bränsleförbrukningen för fartyget är enligt studien 0,0568 kWh per ton last och kilometer (0,205 MJ/ton*km). Motorerna är dieselmotorer av typen "medium speed". Fartyget är designat för en last på 7500 ton och håller en marschfart på drygt 30 km i timmen. En lastgrad på 88 % antas.

För beskrivning av bränslet flytande naturgas, LNG (liquefied natural gas) hänvisas till Bengtsson m.fl. (2010).

13.4.2 Fartygsbränslen – resursanvändning och emissioner

Tabell 58. Fartygsbränsle – resursanvändning och emissioner

Table 58. Ship fuel (heavy fuel oil) – resource utilisation and emissions

Typ av bränsle	TJOCKOLJA ³⁶	MARIN GASOLJA ³⁷	LNG	TJOCKOLJA	MARIN GASOLJA	LNG
Del av livscykel	Produktion & distribution	Produktion & distribution	Produktion & distribution	Användning i Ro-Ro fartyg	Användning i Ro-Ro fartyg	Användning i Ro-Ro fartyg
Referens	Bengtsson m.fl. (2010)	Bengtsson m.fl. (2010)	Bengtsson m.fl. (2010)	Bengtsson m.fl. (2010)	Bengtsson m.fl. (2010)	Bengtsson m.fl. (2010)
Primärenergi	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle			
TOTALT (c)	1.09E+00	1.16E+00	1.10E+00			
varav icke förnybara resurser						
Olja	1.03E+00	1.10E+00	4.11E-03			
Naturgas	6.0E-02	6.0E-02	1.10E+00			
Stenkol	2.6E-03	3.0E-03				
Brunkol	9.6E-04	9.6E-04				
Torv						
Uran						
varav förnybara resurser						
Vattenkraft						
Biomassa						
Vindkraft						
Solkraft						
Utsläpp till luft	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	6.7E+00	7.0E+00	6.97E+00	7.9E+01	7.4E+01	5.70E+01
Metan (CH ₄)	7.3E-02	7.8E-02	4.61E-02	4.6E-04	5.0E-04	2.80E-01
Lustgas (N ₂ O)	1.5E-04	1.6E-04	3.59E-03	3.6E-03	3.6E-03	
Kolmonoxid (CO)	9.1E-03	9.7E-03	9.14E-03	1.3E-01	1.3E-01	2.80E-01
Kväveoxider (NO _x)	1.9E-02	2.1E-02	1.56E-02	1.6E+00	1.5E+00	1.70E-01
Svaveldioxid (SO ₂)	3.9E-02	4.1E-02	2.26E-02	5.0E-01	4.7E-02	
Flyktiga kolväten (NMVOC)	5.9E-03	6.1E-03	2.09E-02	5.8E-02	5.7E-02	
Partiklar (PM)	4.5E-04	4.6E-04	1.28E-04	9.3E-02	3.4E-02	9.00E-03
Ammoniak (NH ₃)	7.4E-05	7.6E-05		3.5E-04	3.0E-04	
Utsläpp till vatten	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)						
Ammoniak (NH ₃)						
Ammonium (NH ₄ ⁺)						
Fosfater (PO ₄ ³⁻)						

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(c) Omfattar hjälpenergi samt bränslets energiinnehåll (lägre värmevärde)

Andra studier för detta bränsle

- Cooper & Gustavsson 2004 Cooper, D. & Gustavsson, T. 2004. Methodology for calculating emissions from ships: 1 Update of emission factors. Swedish Methodolgy for Environmental data (SMED). Norrköping.
- NTM 2008. Environmental data for international cargo and passenger sea transport. Version 2008-10-18 ed.

³⁶ Heavy fuel oil. 1 wt-% svavel. Tjockolja eller kallas ibland för residual-olja vilket motsvaras ungefär av eldningsolja nr 5-6

³⁷ Marine gas oil. 0,1 wt-% svavel. En renare olja som motsvaras ungefär av eldningsolja nr 2.

14 El

Elmarknaden är nordisk och alla nordiska länder utom Island deltar idag i handeln på den nordiska elbörsen Nord Pool. Det sker ett stort elutbyte mellan de nordiska länderna och elsystemet integreras också alltmer med övriga Europa, dock ännu med begränsad överföringskapacitet. EU:s Elmarknadsdirektiv har mål om en gemensam europeisk elmarknad och åtgärder för att öka överföringskapaciteten och bygga bort flaskhalsar [10]. Det är således inte relevant att prata om den svenska elmarknaden, utan snarare om den nordiska eller europeiska.

Mot bakgrund av ovanstående har de studier vi valt i Miljöfaktaboken i första hand varit de som använt sig av nordisk elmix vid miljövärdering av elanvändningen i studien, se kapitel 3.2.2. I vissa fall har dock andra elmixar använts. Då det varit möjligt att räkna om dessa värden har detta skett, i andra fall kvarstår originalvärdena. Det är dock beskrivet i varje studie vilka antaganden som gjorts.

Det nordiska elsystemet är uppbyggt av baskraft, reglerkraft och intermittent/icke-reglerbar kraft. Baskraften består av kärnkraft, vattenkraft och bränslebaserad elproduktion och utgör kärnan i den nordiska elproduktionen. Vattenkraften utgör huvudsaklig reglerkraft. Den används för reglering vid variationer i tillförsel eller efterfrågan, exempelvis vid bortfall från icke-reglerbara kraftslag såsom vindkraft. Vattenkraften reglerar såväl kortsiktiga effektvariationer som variationer mellan sommar och vinter i det nordiska elsystemet. Elproduktionen i Norden består av ca 60 % förnybar el, 25 % kärnkraft och 15 % fossilbaserad el. Motsvarande för EU27 är 15 % förnybar el, 30 % kärnkraft och 55 % fossilbaserad el.

För mer information om elsystemet, hänvisas till exempelvis Energimyndighetens årligen utgivna "Energiläget" [6]. Mer information om olika sätt att miljövärdera el återfinns exempelvis i referenserna [10], [11], [12].

Som nämnts ovan består elproduktionen i Norden av el från vattenkraft, kärnkraft, vindkraft och bränslebaserad elproduktion. Bränslen för elproduktion behandlas i avsnitt 0, 7 (trädbränslen och energigrödor) och 9.4 (fossila bränslen inkl. torv). I detta avsnitt redovisas emissionsdata för vindkraft, vattenkraft och kärnkraft.

14.1 Vindkraft

Vindkraften har haft en hög utbyggnadstakt de senaste åren och år 2008 stod vindkraften för 1,4 % av elproduktionen i Sverige [6] vilket var en ökning med 6 % jämfört med året innan. De större kommersiella vindkraftverken idag har en installerad effekt på över 2 MW och en tornhöjd på 80-120 meter. Teoretiskt sett kan maximalt 59 % av den flödande rörelseenergin i vinden som passerar vindkraftverket utnyttjas. Eftersom det inte blåser hela tiden och vindkraftverken inte fungerar vid för låga eller för höga vindhastigheter blir den effektiva tiden (översatt till tid på full installerad effekt) som verken går 20-25 % i medeltal för den svenska vindkraftsparken [8].

Miljöprofilen domineras av emissioner och resursförbrukning från markberedning samt konstruktion av själva kraftverket med tillhörande kringutrustning. Viktiga faktorer är markförhållandena på byggplatsen, valda bygg- och konstruktionsmaterial, lokala vindförhållanden, installerad effekt, antal drifttimmar per år och verkets tekniska livslängd. Andra viktiga miljöpåverkansfaktorer, som gjort att vindkraften debatterats livligt under de senaste åren, är den visuella påverkan på landskapsbilden samt ljudstörningar vid drift. Vattenkraft är till skillnad från vindkraft i större mån en irreversibel åtgärd i och med byggande av vattenkraftverk och uppdämning av stora landområden. Å andra sidan omvandlar vattenkraftverk den flödande energin effektivare än vindkraftverk.

14.1.1 Vindkraft – referensöversikt

Tabell 59. El från vindkraft – referensöversikt

Table 59. Wind generated electricity – reference overview

EL FRÅN VINDKRAFT – <i>produktion & distribution</i> Vattenfall (2010a)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Från vagga till grav för de studerade vindkraftsparkerna. Inspektioner och reparationer ingår. 20 års livslängd. Distribution av el inklusive livscykel av elnätet ➤ Allokeringsmetod Inge allokering på slutprodukten. ➤ Antaganden Hjälpel till vindkraftsparkerna kommer från vindkraftsparkerna själva. Emissioner från markförändringar är inte inkluderade. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Vattenfalls befintliga vindkraftsparkar (slutet av 2008) Byggnadsår 1997-2008. ➤ Indata Driftsdata baseras på ett årliga medelvärden från byggnadsåret till slutet av 2008. ➤ Likhet med andra studier Emissioner per kWh el är både högre och lägre än resultat från andra studier. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Data representerar en liten del av den expanderande svenska vindkraftsparken ➤ Annan värdering av hjälpenergi till vindkraftsparkerna kan ändra resultatet ➤ Antagen teknisk livslängden på vindkraftsparken påverkar resultatet. ➤ Rimligheten i Vattenfalls rådata har inte kontrollerats

Hela livscykeln är studerad, från vagga till grav, vilket inkluderar produktion av oljor och material till vindkraftparkerna, konstruktion och nedmontering av vindkraftparker och elnät samt drift av vindkraftparker och elnät. Material och energi till inspektioner och reparationer ingår inklusive avfallshantering. Den tekniska livslängden på vindkraftsparkerna är satt till 20 år. Studien omfattar vindkraftparker som år 2008 genererade 69 % av Vattenfalls vindkraftsel, eller totalt ca 1 TWh per år. Ungefär en tredjedel av Vattenfalls vindkraftsel kom år 2008 från svenska vindkraftparker. Vindkraftsparkerna är uppförda mellan 1997 och 2008 och driftsdata baseras på ett årligt medelvärde från uppförandet till slutet av 2008. Alla data är inkluderad tills dess att utelämnad data understiger 1 % av en miljöpåverkanskategori. 95 % av all data kommer från specifika datakällor.

Resultatet presenteras per kWh nettogenererad elektricitet och per kWh genererad elektricitet inklusive distribution. Hjälpel för drift av vindkraftsparkerna antas komma från parkerna själva. Distributionen av el sker till industrikund med 5 % distributionsförlust. Även livscykeln av transmissions- och regionnätet är inkluderat i detta scenario. Avfallshantering är inkluderad.

Livscykelanalysen har utförts enligt internationella standarder, ISO 14025. Internt oberoende kontrollanter har varit Lasse Kyläkorpi, Vattenfall AB och Caroline Setterwall, Vattenfall AB. PCR-granskning utförd av Sven-Olof Ryding, International EPD-konsortiet (IEC). Göran Brohammar har varit extern granskare.

Rimligheten i resultatet har verifierats genom att kontrollera kvoten mellan koldioxidutsläppen och mängden fossila energiresurser vilken var 77 g CO₂/MJ. De totala koldioxidutsläppen per producerad kWh el är högre än i studier av Vestas A/S (Anon 2006). Det kan orsakas av många faktorer men en särskilt viktig faktor är att den genererade vindkraften är baserad på verkliga uppmätta värden och inte simuleringar. Det kan också vara orsaken till att Vattenfalls studie ger en lägre produktion per installerad effekt vindkraft och därmed högre miljöpåverkan per energienhet. Anon (2006) tillämpar också kreditering för ersatta material vid återvinningen av verken vid avfallshanteringen vilket minskar miljöpåverkan. Även den antagna tekniska livslängden på vindkraftverket påverkar resultatet.

14.1.2 Vindkraft – resursanvändning och emissioner

Tabell 60. El från vindkraft – resursanvändning och emissioner

Table 60. Wind generated electricity – resource utilisation and emissions

Typ av el	EL FRÅN VINDKRAFT	EL FRÅN VINDKRAFT
Del av livscykel	Produktion* (a) Vattenfalls vindkraft (generellt)	Produktion & Distribution** (a) Vattenfalls vindkraft (generellt)
Referens	Vattenfall (2010a)	Vattenfall (2010a)
Primärenergi	kWh/kWh el	kWh/kWh el
TOTALT (c)	6.99E-02 (b)	7.92E-02 (b)
<i>varav icke förnybara resurser</i>		
Olja	1.48E-02 (b)	1.60E-02 (b)
Naturgas	1.02E-02 (b)	1.09E-02 (b)
Stenkol	2.19E-02 (b)	2.72E-02 (b)
Brunkol	1.38E-03 (b)	1.68E-03 (b)
Torv	2.31E-05 (b)	2.31E-05 (b)
Uran	1.89E-02 (b)	2.03E-02 (b)
<i>varav förnybara resurser</i>		
Vattenkraft	2.70E-03	3.10E-03
Biomassa	3.09E-05 (b)	3.25E-05 (b)
Vindkraft	5.20E-06	5.40E-06
Solkraft	6.20E-08	6.50E-08
Utsläpp till luft		
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.30E+01	1.50E+01
Metan (CH ₄)	2.90E-03	3.40E-03
Lustgas (N ₂ O)	4.60E-04	5.00E-04
Kolmonoxid (CO)	1.20E-01	1.40E-01
Kväveoxider (NO _x)	2.70E-02	3.20E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	2.60E-02	3.30E-02
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.80E-03	3.30E-03
Partiklar (PM)	1.20E-02	2.00E-02
Ammoniak (NH ₃)	1.40E-04	2.80E-04
Utsläpp till vatten		
Nitrat (NO ₃)	3.20E-03	3.70E-03
Ammoniak (NH ₃)	6.10E-04	6.50E-04
Ammonium (NH ₄ ⁺)		
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	1.00E-04	5.50E-04

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(c) Avser endast hjälpenenergi. Vindenergin ingår inte som primärenergi.

* Avser vagg till grav för 1 kWh el, netto exklusive distribution

** Avser vagg till grav för 1 kWh el, netto inklusive distribution med 5 % förluster och livscykeldata för elnätet

Andra studier för vindkraft

- Anon 2006. Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90- 3.0 MW. Vestas AS
- Niels Jungbluth m.fl. 2004. Life Cycle Assessment for Emerging Technologies: Case Studies for Photovoltaic and Wind Power. The Ecoinvent database.

14.2 Vattenkraft

Ett vattenkraftverk utnyttjar en förändring av vattnets lägesenergi för elproduktion. Vatten som faller från en hög nivå till en lägre tvingas passera genom en turbin som i sin tur driver en generator som genererar el. Vattenkraftsproduktionen varierar med årsnederbörden. År 2008 stod vattenkraften för 47 % av elproduktionen i Sverige (Energimyndigheten, 2009, [6]). Vattenkraft utgör en stor del av den svenska baskraften.

Vattenkraft kräver en omfattande byggnadsverksamhet för att uppföra kraftverk med dammar, tunnlar och ledningar för vattenföringen samt turbinhallar med turbiner och kringutrustning. Vid en del kraftverk finns också årsmagasin i form av sjöar, reglerade eller helt konstgjorda. Den helt dominerande delen av vattenkraftens miljöpåverkan kommer från överdämning av landområden i samband med anläggning av dammen vilket ger både förändringar i markkolförråd och av stående biomassa för en oöverskådlig framtid. Förutom växthusgasbalanserna har vattenkraftverken också en ekologisk påverkan då de utgör ett vandringshinder för fiskar och förändrar betingelserna för stora vatten- och landområden uppströms och nedströms kraftverket. Dessa miljöaspekter framgår inte av Miljöfaktaboken, som enbart redovisar direkta uppströms och nedströms emissioner till luft.

14.2.1 Vattenkraft - referensöversikt

Tabell 61. El från vattenkraft – referensöversikt

Table 61. Hydropower – reference overview

EL FRÅN VATTENKRAFT – <i>produktion & distribution</i> Vattenfall (2010b)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Vagga till grav; Byggnad av dam, kraftstation och vattenvägar. Teknisk livslängd 60 år. ➤ Allokeringsmetod Ingen allokering ➤ Antaganden Hjälpel för drift av kraftverket kommer från vattenkraft. Utsläpp för översvämmat land är inkluderade 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning Storskalig vattenkraft i Sverige. Medelvärde från 14 vattenkraftverk i 8 älvar ➤ Indata 2007 är referensår för drift av vattenkraftverken ➤ Likhet med andra studier Har inte jämförts med andra studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Dataset har ej kunnat jämföras med liknande studier ➤ Rimligheten i Vattenfalls rådata har inte kontrollerats

Funktionell enhet är 1 kWh netto genererad el från vattenkraft inklusive distribution till industrikund med 3 % förluster. Under referensåret 2007 genererade vattenfall 31,3 TWh el i sina vattenkraftverk. De 14 vattenkraftverk som ingår i studien är utspridda i 8 olika älvar och står för en tredjedel av Vattenfalls vattenkraft. Alla utom ett finns

i Sverige. Ett av dessa kraftverk räknas som ett småskaligt vattenkraftverk med en effekt under 10 MW. Data inkluderar byggnation av vattenkraftverk, dammar och vattenvägar.

Den tekniska livstiden för kraftverken är 60 år och vattenvägar antas ha en livstid på 100 år. Under denna livstid beräknas vattenkraftverk och vattenvägar vara fullständigt utbytta mot nya. Dammarnas byggnation är inkluderad dock inte rivning eftersom det inte anses vara aktuellt under överskådlig tid. Därmed anses även de biogena koldioxidutsläpp som avges från översvämmat land vid dammens skapande vara icke reversibla och behandlas på samma sätt som fossila utsläpp. Ungefär två tredjedelar av koldioxidutsläppen kommer från översvämmat land. Ingen allokering har gjorts på olika nyttigheter eftersom dammarnas extra tjänst att minska översvämningar inte räknats med.

Studien följer PCR³⁸ och har därmed mer än 90 % specifika data. Mindre än 1 % av alla kända flöden från vaggan till grav för varje miljöpåverkanskategori har utelmnats. Generiska data kommer främst från Ecoinvent databasen (2007). Data för stål- och kopparproduktion kommer från World Steel Association respektive Deutsches Kupferinstitut (2005). Studien är externt granskad av Internationella EPD konsortiet och av Bureau Veritas.

³⁸ PCR (Product category rules) är produktspecifika regler för hur data ska hanteras när en miljövarudeklaration skapas. Dessa regler följer i sin tur internationella standarder för livscykelanalyser enligt ISO 14025. Internationellt benämns miljövarudeklarationer som EPD (Environmental Product Declaration). International EPD Consortium (IEC), www.environdec.com

14.2.2 Vattenkraft – resursanvändning och emissioner

Tabell 62. El från vattenkraft – resursanvändning och emissioner

Table 62. Hydropower – resource utilisation and emissions

Typ av el	EL FRÅN VATTENKRAFT	EL FRÅN VATTENKRAFT
Del av livscykel	Produktion* (a) Storskalig vattenkraft (generellt)	Produktion & Distribution** (a) Storskalig vattenkraft (generellt)
Referens	Vattenfall (2010b)	Vattenfall (2010b)
Primärenergi	kWh/kWh el	kWh/kWh el
TOTALT (c)	1.10E+00 (b)	1.21E+00 (b)
Endast hjälpenenergi (d)	1.0E-01	2.1E-01
varav icke förnybara resurser		
Olja	8.78E-04 (b)	1.71E-03 (b)
Naturgas	4.29E-04 (b)	8.08E-04 (b)
Stenkol	1.74E-03 (b)	5.82E-03 (b)
Brunkol	1.51E-04 (b)	3.86E-04 (b)
Torv	2.36E-06 (b)	2.36E-06 (b)
Uran	1.60E-03 (b)	2.03E-03 (b)
varav förnybara resurser		
Vattenkraft (lägesenergi)***	1.10E+00	1.20E+00
Biomassa	1.23E-05 (b)	1.23E-05 (b)
Vindkraft		
Solkraft		
Utsläpp till luft	g/kWh el	g/kWh el
Fossil koldioxid (CO ₂)****	4.50E+00	5.70E+00
Metan (CH ₄)	9.60E-04	4.00E-03
Lustgas (N ₂ O)	7.60E-05	9.20E-05
Kolmonoxid (CO)	8.80E-03	2.70E-02
Kväveoxider (NO _x)	4.40E-03	7.10E-03
Svaveldioxid (SO ₂)	2.70E-03	6.30E-03
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2.40E-04	5.50E-04
Partiklar (PM)	1.00E-03	7.50E-03
Ammoniak (NH ₃)	3.80E-05	1.30E-04
Utsläpp till vatten	g/kWh el	g/kWh el
Nitrat (NO ₃)	-	-
Ammoniak (NH ₃)	-	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	-	-

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(c) Omfattar potentiell energi i vattnet samt hjälpenenergi.

(d) Omfattar endast hjälpenenergi.

* Avser vagg till grav för 1 kWh el exklusive distribution i elnätet.

** Avser vagg till grav för 1 kWh el från vattenkraft som distribueras till industrikund på 70/130 kV nätet med 3 % förluster. Byggnation och underhåll av elnät etc. är även inkluderade.

*** Inkluderar 1.1 kWh potentiell energi i dammen som används för att generera 1 kWh el netto.

**** Notera att siffran inkluderar markkol som avges då land översvämmas vid dammbyggnation. Detta utsläpp svarar för ungefär två tredjedelar av de totala emissionerna. Detta räknas som irreversibelt då dammen inte kommer att försvinna inom överskådlig tid.

Andra studier för vattenkraft

- Miljöpåverkan från Sydkrafts elproduktion 1999 (Sydkraft, 2000)

14.3 Kärnkraft

Ett kärnkraftverk fungerar egentligen ungefär som ett kondenskraftverk som eldas med något bränsle, till exempel olja eller kol. Elen produceras där genom att vattenånga driver en turbin med en generator. Skillnaden är att i ett kärnkraftverk produceras vattenången genom att kärnreaktioner kopplade till uranets sönderfall värmer vattnet. Vattenången kyls sedan ned med till exempel havsvatten. Spillvärmen utnyttjas inte för värmeproduktion i Sverige. År 2008 utgjorde omvandlingsförlusterna i kärnkraftsproduktionen 119 TWh vilket motsvarar ca 19 % av den totala energitillförseln (Energimyndigheten 2009, [6]). Kärnbränslet som används i kärnkraftverk består av en högre halt av isotopen Uran 235 än den som förekommer naturligt i en halt av endast 0,7 % i uranmalm vilket gör att uranet måste anrikas för att kunna användas som kärnbränsle. Anrikning av det svenska kärnbränslet görs med centrifuger. Processen utgör en betydande del av kärnkraftens totala miljöpåverkan

Kärnkraftens resursförbrukning bestäms huvudsakligen av byggandet av kraftverken. Emissioner till luft och vatten domineras av bränslecykeln, det vill säga framställning av uranbränslet (brytning i dagbrott och underjordsgruvor) samt anrikning. Även uranet är en begränsad resurs men eftersom det är kärnenergi som utnyttjas blir energiutbytet per viktenhet betydligt mycket högre än för andra bränslen. Exempelvis åtgår 0,05 mg uranmalm i kärnkraftverket för att generera en kilowattimme el. De vanligast förekommande miljöpåverkansfaktorerna är dock inte de som diskuteras mest i samband med kärnkraft. De viktigaste frågorna är istället säkerhetsaspekter kopplade till risken för reaktorhaveri med utsläpp av radioaktiv strålning som följd, samt problemet med att slutförvara det radioaktiva avfallet på ett långsiktigt säkert sätt.

14.3.1 Kärnkraft – referensöversikt

Tabell 63. El från kärnkraft – referensöversikt

Table 63. Nuclear power – reference overview

EL FRÅN KÄRNKRAFT – <i>produktion & distribution</i> Vattenfall (2007)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avgränsningar Från vaggan till grav. Teknisk livslängd är satt till 50 år ➤ Allokeringsmetod Ingen allokering på slutprodukten ➤ Antaganden Hjälp till kärnkraftverket antas komma från kärnkraftverket 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Typ av anläggning "Boiling water reactor" färdigbyggd 1985. Uranmalm från Namibia och Australien. Anrikning genom centrifugering ➤ Indata Referensperioden för driften är år 2005 och 2006. ➤ Likhet med andra studier Samma storleksordning på emissioner som äldre studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Lägre emissioner än för annan urananrikningsteknik ➤ Primärenergiåtgång är beräknad av IVL

Funktionell enhet för studien är 1 kWh genererad elektrisk energi från Forsmarks kärnkraftverk. Data för 1 kWh elektrisk energi distribuerad med 3 % distributionsförlust

till industrikund. Forsmarks kärnkraftverk är byggt 1980-1985 och är av typen kokvattenreaktor (eng. BWR, Boiling water reactor). Samtliga svenska reaktorer är av denna typ. Reaktorerna i Forsmark har en beräknad teknisk livslängd på 50 år. Tidigare studier har antagit 40 års teknisk livslängd.

Under studiens referensperiod, 2005-2006, var den genomsnittliga nettogenererade elektriska energin 24 TWh. Uranmalmen som ingår i livscykelanalysen kommer från Namibia och Australien och täcker närmare 75 % av behovet i Forsmark. Uranet transporteras från gruvorna i form av U_3O_8 (så kallad "yellow cake"). Denna omvandlas till uranhexafluorid (UF₆) vilken senare anrikas genom centrifugering för att ge högre andel av den användbara isotopen U_{235} . Hela bränsleproduktionen inklusive produktion av hjälpresurser ingår i studien. Uppbyggnad och nedmontering av kärnkraftverk och anläggningar för hantering av kärnavfall är inkluderade. Hantering av kärnavfall och annat avfall ingår. I sceneriet "produktion och distribution" ingår även elnätets livscykel. Den interna användningen av elektricitet vid driften av anläggningen är räknad som egen genererad kärnkraftsel.

Studien är en miljövarudeklaration (EPD) som följer standarder enligt PCR³⁹. Rapporten är extern granskad vid EPD-konsortiet av Sven-Olof Ryding. Kvoten mellan de fossila koldioxidutsläppen och ingående fossil energi är rimlig. Koldioxidutsläppen kommer till stor del från uranbrytning och bränslebearbetning. I Dones 2004 är koldioxidutsläppen från anrikningsprocessen högre för ett medeleuropeiskt kärnkraftverk vilket till stor del beror på att en viss del av uranbränslet anrikas med en annan teknik.

³⁹ PCR (Product category rules) är produktspecifika regler för hur data ska hanteras när en miljövarudeklaration skapas. Reglerna följer i sin tur internationella standarder för livscykelanalyser enligt ISO 14025. Internationellt benämns miljövarudeklarationer som EPD (Environmental Product Declaration).

14.3.2 Kärnkraft – resursanvändning och emissioner

Tabell 64. El från kärnkraft – resursanvändning och emissioner

Table 64. Nuclear power – resource utilisation and emissions

Typ av el	EL FRÅN KÄRNKRAFT*	EL FRÅN KÄRNKRAFT*
Del av livscykel	Produktion (a),(b) Forsmarks kärnkraftverk	Produktion & Distribution** (a) Forsmarks kärnkraftverk
Referens	Vattenfall (2007)	Vattenfall (2007)
Primärenergi	kWh/kWh el	kWh/kWh el
TOTALT (c)	2.92E+00 (b)	3.07E+00 (b)
varav icke förnybara resurser		
Olja	5.13E-03	6.15E-03
Naturgas	2.69E-03	3.18E-03
Stenkol	2.49E-03	6.73E-03
Brunkol	1.01E-03	1.17E-03
Torv	2.70E-07	2.95E-07
Uran	2.90E+00	3.05E+00
varav förnybara resurser		
Vattenkraft	1.40E-03	1.70E-03
Biomassa	2.24E-04	2.72E-04
Vindkraft	3.00E-05	3.40E-05
Solkraft	2.10E-08	4.00E-08
Utsläpp till luft		
Fossil koldioxid (CO ₂)	3.30E+00	4.30E+00
Metan (CH ₄)	3.60E-03	7.10E-03
Lustgas (N ₂ O)	3.90E-04	4.20E-04
Kolmonoxid (CO)	7.00E-03	2.70E-02
Kväveoxider (NO _x)	1.90E-02	2.20E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	2.40E-02	2.80E-02
Flyktiga kolväten (HC)	1.60E-03	2.00E-03
Partiklar (PM)	2.90E-03	9.40E-03
Ammoniak (NH ₃)	3.40E-04	4.20E-04
Utsläpp till vatten		
Nitrat (NO ₃)		
Ammoniak (NH ₃)		
Ammonium (NH ₄ ⁺)		
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	6.30E-05	5.10E-04

Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(b) Datapost har bearbetats av IVL. Se värmevärden i Bilaga A3.

(c) Omfattar bränslets energi (uran) samt hjälpenenergi.

* Avser livscykeln för nettogenerering av 1 kWh el

**Avser livscykeln för 1 kWh el som distribuerats till industrikund med 3 % distributionsförluster

Andra studier för kärnkraft

- Vattenfall AB (2007). Ringhals Vattenfall AB Generation Nordic Certified Environmental Product Declaration EPD of Electricity from Ringhals Nuclear Power Plant www.environdec.com.
- Nordostschweizerische Kraftwerke AG (2007). ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION BEZNAU NPP. EPD (2007). www.environdec.com.
- Dones, R m.fl. 2004. Life Cycle Inventories for the Nuclear and Natural Gas Energy Systems, and Examples of Uncertainty Analysis. International journal of Life Cycle Assessment, 2006.

15 Solvärme

Potentialen för att använda solvärme är stor. Den tekniska utvecklingen på området gör att solvärmen kan omvandlas till el och värme med allt högre verkningsgrad till allt lägre priser. Solfångare används för att omvandla solljus till värmeenergi och solceller för omvandling till elektricitet. [13]

15.1.1 Solvärme – referensöversikt

Tabell 65. Solvärme – referensöversikt

Table 65. Solar heat – reference overview

SOLVÄRME – produktion & distribution Ardente m.fl. (2005)		
Metod & avgränsningar	Representativitet	Kommentarer
<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Avgränsningar</u> Produktion av en solvärmeanläggning ➤ <u>Allokeringsmetod</u> Ingen allokering <u>Antaganden</u> Insatt el är Italiensk medel el. Antagen solinstrålning 1000kWh/m²/år. Verkningsgrad 45 % (antaganden av IVL). I studien anges en livslängd på 15 år 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Typ av anläggning</u> Fristående liten solfångare med inbyggd ackumulator-tank. Producerade i Italien Svenska solförhållanden ➤ <u>Indata</u> Indata från förstudier 2003 produktionsdata från Italien. Tillverkaren. Följer ISO 14040 ➤ <u>Likhet med andra studier</u> Har inte jämförts med liknande studier 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ej utförd av oberoende part ➤ Dataset har ej kunnat jämföras med liknande studier ➤ Liten anläggning ➤ Data har bearbetats av IVL ➤ Längre livslängd förekommer i annan litteratur vilket förändrar miljöpåverkan

Livscykelanalysen omfattar en liten fristående solvärmeanläggning på drygt två kvadratmeter med en inbyggd ackumulatortank på 160 liter. I systemgränsen ingår produktion av råmaterial och energi, produktionen av anläggningen, installation, underhåll samt transporter och hantering av avfall vid varje process. Solvärmeanläggningen produceras i en fabrik i Italien och antas repareras två gånger då bland annat vätskemediet byts ut. Livslängden är satt till 15 år enligt uppgifter i studien. Livslängden hos dagens solfångare kan vara upp till 40 år vilket i så fall mer än halverar miljöpåverkan.

15.1.2 Solvärme – resursanvändning och emissioner

Tabell 66. Solvärme – resursanvändning och emissioner

Table 66. Solar heat – resource utilisation and emissions

Värme från	SOLVÄRME
Del av livscykel	Produktion & Distribution (a) Svenska solförhållanden
Referens	Ardente m.fl. (2005)
Primärenergi	MJ/MJ värme
TOTALT (d)	2.18E-01 (b)
varav icke förnybara resurser	
Olja	7.04E-02 (b)
Naturgas	3.27E-02 (b)
Stenkol	1.03E-01 (b)
Brunkol	1.14E-02 (b)
Torv	0
Uran	1.01E-03 (b)
varav förnybara resurser	
Vattenkraft	-
Biomassa	-
Vindkraft	-
Solkraft	-
Utsläpp till luft	g/MJ värme
Fossil koldioxid (CO ₂)	1.27E+01 (b)
Metan (CH ₄)	4.25E-02 (b)
Lustgas (N ₂ O)	4.69E-04 (b)
Kolmonoxid (CO)	8.69E-02 (b)
Kväveoxider (NO _x)	3.48E-02 (b)
Svaveldioxid (SO ₂)	6.96E-02 (b)
Flyktiga kolväten (NMVOC)	5.80E-03 (b)
Partiklar (PM)	1.16E-02 (b)
Ammoniak (NH ₃)	4.83E-05 (b)
Utsläpp till vatten	g/MJ värme
Nitrat (NO ₃)	-
Ammoniak (NH ₃)	9.27E-05 (b)
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	2.70E-05 (b)
Osäkerheter kan förekomma i ovanstående siffror, se även avsnitt 4. För detaljer hänvisas till respektive studie.	

(a) Studien kan omfatta fler resurser och emissioner än vad som anges i tabellen ovan.

(b) Datapost har bearbetats av IVL.

(d) Omfattar endast hjälpenergi. Solenergin ingår inte som primärenergi.

16 Resultat primärenergi och växthusgasutsläpp

Resultat för primärenergi och växthusgasutsläpp redovisas i Tabell 67 och Figur 6. Primärenergifaktorer markerade med * avser bränslen där olika värderingar kan förekomma huruvida bränslet/energibäraren ses som en rest eller inte, se vidare i avsnitt 5. I tabellen anges primärenergien inklusive energin i bränslet (lägre värmevärde). För att exkludera bränslets energiinnehåll subtraheras primärenergifaktorn med 1,0. Exempelvis har bark primärenergifaktorn 1,01 inklusive bränslets energiinnehåll men 0,01 exklusive bränslets energiinnehåll.

Tabell 67. Resultat primärenergifaktorer och växthusgasutsläpp.

Table 67. Results primary energy factors and greenhouse gas emissions.

BRÄNSLE	PEF totalt ⁴⁰	Produktion & distribution (g/MJ)				Användning (g/MJ)				Totalt (g/MJ)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}
Trädbränslen													
GROT ⁴²	1.03*	1.9E+00	1.4E-04	6.4E-05	1.9	2.5E-03	1.7E-03	6.4E-04	0.2	1.9E+00	1.8E-03	7.0E-04	2.2
Stubbar ⁴¹	1.04*	2.6E+00	2.9E-04	8.8E-05	2.6	2.5E-03	1.7E-03	6.4E-04	0.2	2.6E+00	2.0E-03	7.3E-04	2.9
Gallringsvirke till flis ⁴¹	1.02*	1.8E+00	2.3E-03	5.9E-05	1.8	2.5E-03	1.7E-03	6.4E-04	0.2	1.8E+00	4.0E-03	7.0E-04	2.1
Skogsflis	1.06*	2.3E+00	3.1E-03	6.6E-05	2.4	2.5E-03	1.7E-03	6.4E-04	0.2	2.3E+00	4.8E-03	7.1E-04	2.6
Bark ^{41, 42}	1.01*	1.4E+00	1.8E-04	2.0E-05	1.4	2.5E-03	1.7E-03	6.4E-04	0.2	1.4E+00	1.9E-03	6.6E-04	1.6
Spån, sågverksrester ^{41,42}	1.01*	1.4E+00	2.1E-04	2.0E-05	1.4	2.5E-03	1.7E-03	6.4E-04	0.2	1.4E+00	1.9E-03	6.6E-04	1.6
Pellets	1.11*	3.4E+00	8.0E-03	0.0E+00	3.6	0.0E+00	4.0E-03	5.0E-03	1.6	3.4E+00	1.2E-02	5.0E-03	5.2
Trädbriketter ⁴³	1.18*	3.9E+00	7.2E-03	6.0E-04	4.2	0.0E+00	4.0E-03	5.0E-03	1.6	3.9E+00	1.1E-02	5.6E-03	5.8
Energigrödor													
Salix ⁴¹	1.05	3.7E+00	3.3E-03	1.3E-02	7.6	2.5E-03	1.7E-03	6.4E-04	0.2	3.7E+00	5.0E-03	1.3E-02	7.8

⁴⁰ De primärenergifaktorer som är markerade med * avser bränslen/energislager där olika värderingar kan förekomma huruvida bränslet/energibäraren ses som en rest (= 0 i primärenergi för bränslet/energibäraren) eller inte (= 1 i primärenergi för själva bränslet/energibäraren). I den högre siffran är såväl hjälpenenergi som bränslets energi inkluderad medan den lägre siffran bara inkluderar hjälpenenergi. Vissa bränslen har redan i grundfallet värderats som en rest, se vidare förklaring i kapitel 5.

⁴¹ I brist på data har användningsdata antagits vara samma som för skogsflis.

⁴² Data kommer från underlag till Hagberg m.fl (2009). Separat studie existerar ej. Endast hjälpenenergi är inkluderat.

⁴³ Trädbriketter approximeras som pellets från torra sågverksrester. Den högre energianvändningen kommer av att torkning kommer senare i sågverksprocessen och därmed får torra sågverksrester bära mer från den inkluderade processen.

BRÄNSLE	PEF total ⁴⁰	Produktion & distribution (g/MJ)				Användning (g/MJ)				Totalt (g/MJ)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}
Biooljor													
Tallbeckolja						2.0E-03	6.0E-04	0.2		2.0E-03	6.0E-04	0.2	
Avfallsbränslen													
Hushållsavfall - svenskt genomsnitt	0.04	9.8E-01	5.0E-04	2.4E-06	1.0	3.7E+01	2.3E-03	3.6E-04	37.0	3.8E+01	2.8E-03	3.7E-04	38
Hushållsavfall - 75 % utsortering av org. avfall	0.04	7.2E-01	3.7E-04	2.4E-06	0.7	4.1E+01	2.3E-03	3.6E-04	41.5	4.2E+01	2.6E-03	3.6E-04	42
Brännbart grovavfall	0.05	7.6E-01	3.9E-04	1.8E-06	0.8	2.4E+01	3.6E-03	2.7E-04	24.3	2.5E+01	4.0E-03	2.7E-04	25
PTP	0.05	6.9E-01	3.5E-04	1.7E-06	0.7	2.4E+01	3.6E-03	2.7E-04	23.9	2.4E+01	3.9E-03	2.7E-04	25
Blandat verksamhetsavfall	0.06	1.1E+00	5.8E-04	2.7E-06	1.1	2.6E+01	3.7E-03	2.6E-04	25.7	2.7E+01	4.3E-03	2.7E-04	27
RT-flis ⁴⁴	0.05	6.9E-01	3.5E-04	1.7E-06	0.7	5.00E-04			0.1	6.9E-01	3.5E-04	5.0E-04	0.9
Fossila bränslen													
Stenkol ⁴⁵	1.15									1.1E+02	1.4E-02	1.3E-03	107
Eldningsolja (EO1)	1.11	5.2E+00	2.9E-02	5.1E-05	5.9	7.4E+01	1.0E-03	6.0E-04	74.5	7.9E+01	3.0E-02	6.5E-04	80
Eldningsolja (EO2-5) ⁴⁶	1.11	5.2E+00	2.9E-02	5.1E-05	5.9	7.6E+01	2.0E-03	6.0E-04	76.4	8.1E+01	3.0E-02	6.5E-04	82
Naturgas ⁴⁷	1.09	5.5E+00	2.7E-01	2.6E-12	11.8	5.7E+01	1.0E-03	2.0E-03	57.2	6.2E+01	2.8E-01	2.0E-03	69
Torv													
Torv	1.01	9.8E+00	2.8E-02	2.2E-03	11.1	1.1E+02	5.0E-03	6.0E-03	107	1.2E+02	3.3E-02	8.2E-03	118
Biodrivmedel													
Etanol-vete	1.48	1.4E+01	2.3E-02	4.6E-02	28.6	1.8E+0118.2				1.4E+01	2.3E-02	4.6E-02	29
Etanol-sockerbetor	1.28	8.9E+00	1.8E-02	5.9E-03	11.1					8.9E+00	1.8E-02	5.9E-03	11
E85	1.09	1.0E+01	2.4E-02	1.9E-02	16.5					2.8E+01	2.4E-02	1.9E-02	35
Biogas-sockerbetor	1.40	1.3E+01	1.0E-01	7.7E-03	17.8					1.3E+01	1.0E-01	7.7E-03	18
Biogas-vall	1.38*	1.4E+01	1.1E-01	1.1E-02	19.6					1.4E+01	1.1E-01	1.1E-02	20
Biogas-majs	1.41	1.5E+01	1.1E-01	1.7E-02	22.1					1.5E+01	1.1E-01	1.7E-02	22
Biogas-vete	1.46	1.7E+01	3.2E-02	1.9E-02	23.0					1.7E+01	3.2E-02	1.9E-02	23
Biogas-gödsel	0.39	8.9E+00	1.1E-01	0.0E+00	11.4					8.9E+00	1.1E-01	0.0E+00	11

⁴⁴ I brist på data antas RT-flis ha samma produktions- och distributionsdata som papper-trä-plats (PTP) avfallsfraktionen.

⁴⁵ Endast totalvärden från Vattenfall 2008 inkluderas. Användning i storskaligt kraftvärmeverk

⁴⁶ Produktion och distribution har antagits vara samma som för eldningsolja 1 (EO1).

⁴⁷ Användning i storskaligt kombikraftverk

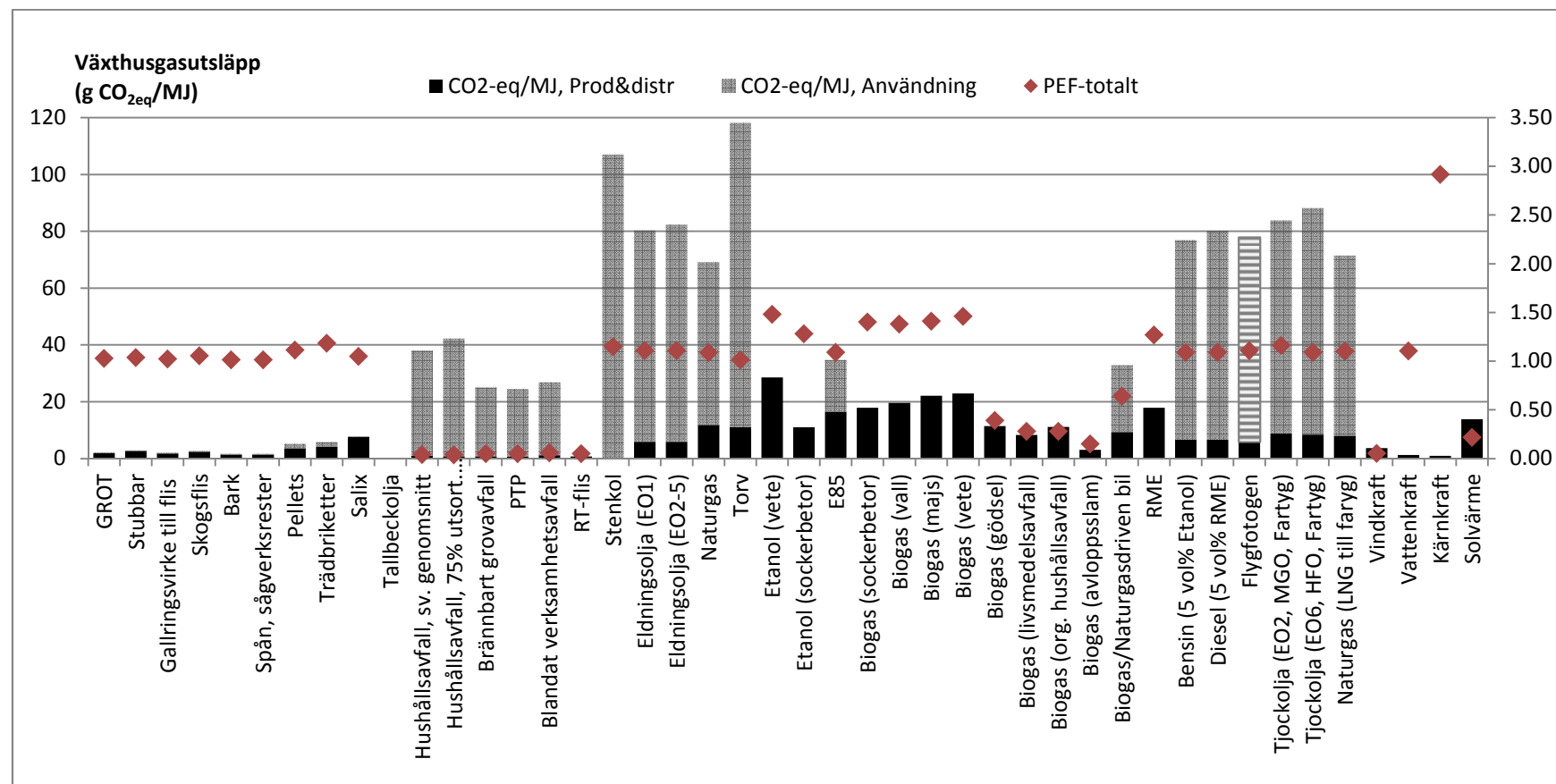
BRÄNSLE	PEF totalt ⁴⁰	Produktion & distribution (g/MJ)				Användning (g/MJ)				Totalt (g/MJ)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}
Biodrivmedel forts.													
Biogas - livsmedelsavfall	0.28	5.8E+00	1.1E-01	0.0E+00	8.3					5.8E+00	1.1E-01	0.0E+00	8.3
Biogas-org. hushållsavfall	0.28	8.7E+00	1.1E-01	0.0E+00	11.2					8.7E+00	1.1E-01	0.0E+00	11
Biogas-ARV-slam	0.15	7.2E-01	1.0E-01	0.0E+00	3.1					7.2E-01	1.0E-01	0.0E+00	3.1
Biogas/Naturgasdriven bil ⁴⁸	0.64	5.0E+00	1.7E-01	7.4E-04	9.3	2.4E+01	5.2E-03	4.5E-04	23.6	2.9E+01	1.8E-01	1.2E-03	33
RME	1.27	1.3E+01	1.0E-01	7.7E-03	17.8					1.3E+01	1.0E-01	7.7E-03	18
Fossila drivmedel													
Bensin (med 5 % Etanol)	1.09	5.8E+00	3.4E-02	5.5E-05	6.6	7.0E+01	1.6E-02	1.2E-03	70.3	7.5E+01	5.0E-02	1.3E-03	77
Diesel (med 5 % RME)	1.09	5.8E+00	3.4E-02	5.6E-05	6.6	7.3E+01	5.4E-04	2.0E-03	73.6	7.9E+01	3.4E-02	2.1E-03	80
Flygfotogen ⁴⁹	1.11	5.2E+00	2.9E-02	5.1E-05	5.9	7.2E+01			72.0				78
Tjockolja (EO2, MGO Fartyg)	1.16	7.0E+00	7.8E-02	1.6E-04	8.9	7.4E+01	5.0E-04	3.6E-03	75.0	8.1E+01	7.8E-02	3.8E-03	84
Tjockolja (EO6, HFO, Fartyg)	1.09	6.7E+00	7.3E-02	1.5E-04	8.4	7.9E+01	4.6E-04	3.6E-03	79.8	8.5E+01	7.3E-02	3.8E-03	88
Naturgas (LNG till fartyg)	1.10	7.0E+00	4.6E-02	0.0E+00	8.0	5.7E+01	2.8E-01	0.0E+00	63.4	6.4E+01	3.3E-01	0.0E+00	71
El ⁵⁰ från vindkraft, vattenkraft och kärnkraft (OBS! Utsläpp i g/kWh _{el})													
Vindkraft ⁵¹	0.05	3.6E+00	8.1E-04	1.3E-04	3.7	0.0				3.6E+00	8.1E-04	1.3E-04	3.7
Vattenkraft	1.10*	1.3E+00	2.7E-04	2.1E-05	1.3	0.0				1.3E+00	2.7E-04	2.1E-05	1.3
Kärnkraft	2.92	9.2E-01	1.0E-03	1.1E-04	1.0	0.0				9.2E-01	1.0E-03	1.1E-04	1.0
Solvärme													
Solvärme	0.22	1.3E+01	4.3E-02	4.7E-04	13.8	0.0				1.3E+01	4.3E-02	4.7E-04	13.8

⁴⁸ Användningsdata baseras på 62 % biogas och 38 % naturgas (Naturvårdverket, 2010)

⁴⁹ Emission av koldioxid vid användning av flygfotogen är ungefärlig och har beräknats utifrån bränslets kolinnehåll och värmevärde. Siffran finns således inte angiven i någon studie.

⁵⁰ Data är inte uppdelad mellan produktion & distribution och användning eftersom dessa termer är tänkta att användas för ett bränsle. Alla emissioner finns under produktion & distribution dvs. hela livscykeln exklusive driftsfasen. OBS! Utsläpp anges i g/kWh_{el}.

⁵¹ Vindenergi ingår inte som en primärenergiresurs. Endast primärenergi från hjälpenergi är inkluderade. Data är inte uppdelad mellan produktion & distribution och användning eftersom dessa termer är tänkta att användas för ett bränsle. Alla emissioner finns under produktion & distribution dvs. hela livscykeln exklusive driftsfasen.



Figur 6. Resultat primärenergifaktorer och växthusgasutsläpp för samtliga bränslen och energibärare i Miljöfaktaboken. PEF = primärenergifaktor i MJ/MJ. Notera: el från vindkraft, vattenkraft och kärnkraft anges per MJ i figuren. Stapeln för emissioner vid användning av flygfotogen är streckad då denna siffra inte finns angiven i någon studie utan har beräknats från bränslets kolinnehåll och värmevärde. Primärenergifaktor samt emissioner från produktion och distribution av tallbeckolja saknas.

Figure 6. Primary energy factors and greenhouse gas emissions for fuels and energy carriers. PEF = primary energy factors in MJ/MJ. Note: electricity from wind power, hydropower and nuclear power is presented per MJ in the figure above. Emissions from utilisation of kerosene have been calculated based on the carbon content and calorific value of kerosene. Primary energy factor as well as upstream emissions for crude tall oil is missing.

DEL 3. TILLÄMPNING AV EMISSIONSFAKTORER

17 Tillämpning av resultat för beräkning av miljöprestanda

I detta avsnitt presenteras några exempel på hur data från Miljöfaktaboken kan användas för att göra emissionsberäkningar för olika typer av elmixar, fjärrvärmemixar samt bränslemixar. Vi redovisar också hur beräkningar i så kallade miljöeffektkategorier kan göras med hjälp av emissionsdata.

Avsnittet inleds med en genomgång av viktiga metodval som påverkar resultaten. Miljöfaktabokens syfte är inte att rekommendera vilka metodval som bör göras i olika sammanhang utan genomgången görs enbart för att visa på olika metoder och att ge exempel på vilken påverkan olika val kan ha på resultatet. De beräkningsexempel som görs ska alltså inte ses som rekommendationer av metodval, utan som just exempel. Vi vill på nytt betona att Miljöfaktaboken innehåller generella emissionsfaktorer, som alltså kan skilja sig från verkligheten då mätningar görs direkt ”i skorstenen”.

17.1 Viktiga metodval och faktorer som påverkar resultaten

Nedan beskrivs några viktiga metodval och faktorer övergripande. För mer information hänvisas till exempelvis [11] eller [12].

17.1.1 Allokering

Allokering innebär fördelning av energiresurser och emissioner mellan olika energibärare då de samproduceras. Exempel på situationer där allokering behövs är vid kraftvärme, energikombinat och vid storskaliga värmepumpar där både värmen och kylan tillvaratas. Det finns olika metoder för allokering, vilka kan ge väsentligt olika resultat⁵². Några allokeringmetoder beskrivs i Bilaga A2. För att kunna allokera miljöpåverkan mellan genererad el och värme i kraftvärmeanläggningar behövs uppgifter om hur mycket bränsle som används i kraftvärmeanläggningen. I statistiska uppgifter om bränsleanvändningen i fjärrvärmesystem är dock oftast allokering redan utförd, vilket innebär att bränsle till värme och bränsle till el redan är fördelat enligt någon metod. Det är då viktigt att det framgår tydligt hur allokeringen är gjord samt att denna stämmer överens med syftet med beräkningen.

17.1.2 Systemgränser, geografiskt perspektiv

Som beskrivits i avsnitt 2.1 så påverkar val av systemgränser resultaten. Även val av geografiska och tidsmässiga perspektiv påverkar. Som exempel kan nämnas huruvida man bör utgå från svensk eller nordisk medelvärd vid miljövärdering av el. Vi har en nordisk elmarknad och i det perspektivet bör Norden vara en mer korrekt systemgräns. Ibland kan dock dessa systemgränser vara otillämpbara. Det gäller exempelvis vid Sveriges klimatrapporering till FN. Då är ju syftet att kartlägga alla emissioner som

⁵² Skillnaderna kan exempelvis variera från att ca 40% till 80% allokeras på värmen. Hur stora skillnaderna blir är dock bland annat beroende på bränsle, verkningsgrader och olika antaganden. I Bilaga A2 redovisas hur allokeringarna görs rent konkret.

sker i Sverige och inte hur stora utsläppen är för att producera energin, varorna och tjänsterna som används i Sverige. På samma sätt kanske man vill undersöka emissionerna i en specifik kommun. Dessa perspektiv (Norden, Sverige, kommunen) skulle kunna sammanfattas som olika typer av geografiska perspektiv.

17.1.3 Säsongsvariationer

Användningen av energi varierar över dygnet och över säsongen. Natttid lagar vi exempelvis mindre mat, duschar mindre, har färre lampor tända, kör mindre bil etc. Det innebär att energianvändningen på natten är lägre än på dagen. Säsongsvariationerna för användningen beror i norra Europa framförallt på att behovet av uppvärmning följer utomhustemperaturen och alltså är mycket högre på vintern än på sommaren. Att en del av industrin har semesteruppehåll påverkar också energianvändningen och kan räknas som en säsongsvariation. I viss utsträckning finns också veckovariation där energianvändningen på veckodagar skiljer sig från energianvändningen på helger.

Om dessa dygns-, vecko- och säsongsvariationer påverkar miljövärderingen av energi beror på hur produktionen av respektive energibärare kan anpassa sig till användningen samt möjligheten till lagring för respektive energibärare. Säsongsvariationer är främst tydliga vid fjärrvärme och en miljöbedömning av fjärrvärme bör egentligen ta hänsyn till om den studerade åtgärden berör sommartid (exempelvis anläggande av fjärrvärme-uppvärmd utomhuspool) eller vintertid (exempelvis höjning av inomhustemperaturen vintertid). För bränslen och el kan dygns- och säsongsvariationerna i stor utsträckning hanteras genom lagring av bränslen respektive genom vattenkraftens förmåga att reglera kort- och långsiktiga variationer.

17.1.4 Fördelning eller förändring

I en miljöbedömning kan lämpliga metodval skilja beroende på om det är ansvar för utsläpp från energianvändning som ska analyseras eller om det är effekterna av en förändrad energianvändning. Ibland kallar man det förstnämnda för bokföring och det sistnämnda för konsekvensanalys. I en **bokföring** kartläggs emissioner för ett system som hör till en aktör eller en funktion. Resultatet blir en miljöprofil för aktören eller funktionen, som anger hur mycket miljöbelastning de ansvarar för. En **konsekvensanalys** ger information om miljöeffekterna av ett specifikt beslut, eller information om hur en beslutsfattare kan påverka miljön. Om beslutsfattaren kan minska användningen av en energibärare i sitt system, inkluderar konsekvensanalysen den ändring i miljöbelastningen som följer av en sådan minskning. I regel antas energianvändningen i andra system vara opåverkad. Då behöver konsekvensanalysen bara inkludera förändringen i miljöbelastning från produktionen av energibäraren.

17.2 Beräkningar av miljöpåverkanskategorier

Kortfattad inledning om miljöpåverkanskategorier finns i avsnitt 2.2. Begreppet benämns ibland även miljöeffektkategorier. Exempel på miljöpåverkanskategorier är växthuseffekt, övergödningspotential, förurningspotential, bildning av fotokemiska oxidanter, partiklar samt övergödningspotential. Beräkningar i miljöpåverkanskategorier görs med hjälp av så kallade karakteriseringsfaktorer som räknar om utsläppen för att beskriva miljöpåverkan. Miljöpåverkan uttrycks då med en gemensam enhet, exempelvis koldioxidekvivalenter för klimatpåverkan (växthuseffekt) eller svaveldioxid-

ekvivalenter för försurning. Tabell 68. beskriver vilka emissioner som förknippas med respektive miljöpåverkanskategori samt exempel på karakteriseringsfaktorer som kan användas.

Tabell 68. Karakteriseringsfaktorer som används vid aggregering av emissionsdata till respektive miljöeffektkategori (Börjesson m.fl. 2010)

Table 68. Characterisation factors for calculations of environmental impact categories (Börjesson m.fl., 2010)

Emissioner	Växthuseffekt (GWP) ¹	Eutrofiering (EP) ²	Försurning (AP) ³	Fotokemiska oxidanter (POCP) ⁴
Koldioxid, CO ₂	1			
Kolmonoxd, CO				0,032
Kväveoxider, NO _x		0,13	0,7	
Svaveldioxid, SO ₂			1	
Kolväten, HC				0,42
Metan, CH ₄	23			0,007
Lustgas, N ₂ O	296			
Ammoniak, NH ₃		0,35	1,88	
Nitrat, NO ₃ ⁻		0,10		
Fosfat, PO ₄ ³⁻		1		

¹ Global Warming Potential, uttryckt som koldioxidekvivalenter.

² Eutrophication Potential, uttryckt som fosfatekvivalenter.

³ Acidification Potential, uttryckt som svaveldioxidekvivalenter.

⁴ Photochemical Oxidant Creation Potential, uttryckt som etenekvivalenter (C₂H₂).

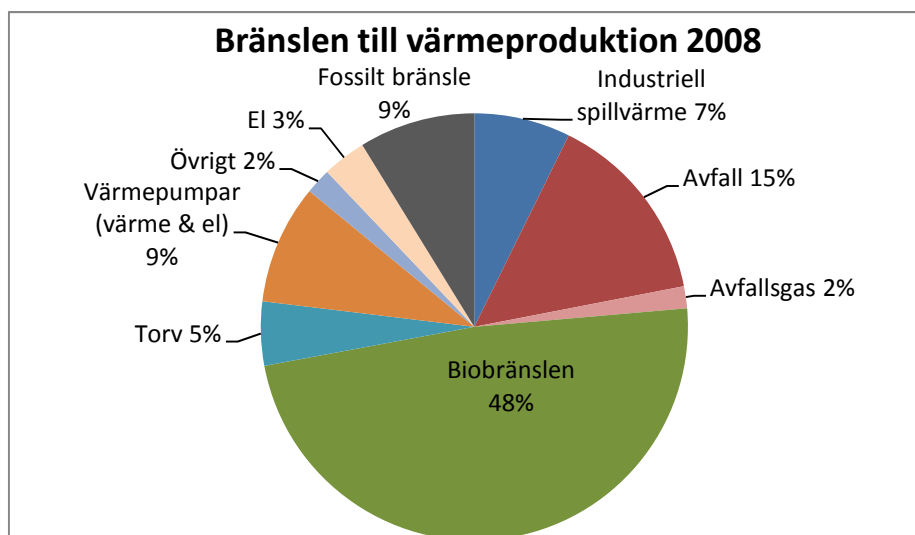
18 Fjärrvärme

18.1 Miljövärdering av fjärrvärme

Miljöpåverkan från svenskt fjärrvärmemedel är relevant vid miljövärdering av fjärrvärmeanvändning generellt utan koppling till något enskilt fjärrvärmenät. En annan aspekt är att kunna jämföra miljöpåverkan från ett specifikt fjärrvärmenät med svenskt medel. Miljöpåverkan från svenskt fjärrvärmemedel är dock inte speciellt relevant som ett mått på miljöpåverkan från ett specifikt fjärrvärmenät eftersom en mix av fjärrvärme från olika nät inte existerar så som det gör för el. Bränslemixen för olika fjärrvärmenät kan skilja sig väsentligt åt och det är därför viktigt att ta reda på bränslemixen för fjärrvärmenätet som försörjer just den bostad, lokal eller liknande som ska analyseras. En annan viktig aspekt är att kalla år kräver mer fossila spetsbränslen. Det är alltså inte relevant att använda ett extremt kallt år som referensår.

18.2 Svensk fjärrvärmemix – exempelberäkning

I exemplet nedan har växthusgasutsläpp och primärenergianvändning beräknats för svensk fjärrvärmemix år 2008 (Figur 7) utifrån data i Miljöfaktaboken.



Figur 7. Bränslemix för fjärrvärmeproduktion år 2008 (Källa: Svensk Fjärrvärme)

Figure 7. District heating fuel mix in 2008. (Source: Swedish District Heating Association)

18.2.1 Antaganden

Detta exempel utgår från alternativproduktionsmetoden för kraftvärmeallokering (se avsnitt 17.1.1). Metoden tillämpas bland annat i PCR⁵³ och i EU:s kraftvärmedirektiv (2004/8/EC). De alternativa verkningsgraderna för separat el- och värmegenerering är harmoniserade och hämtade från ett tilläggsbeslut till Kraftvärmedirektivet, se Tabell 69. Dessa är dock något underskattade för svenska förhållanden eftersom justeringen för ett kallare klimat inte har tillämpats. Beräkning av övriga emissioner följer samma princip och kan genomföras genom att hämta data från de genomgångna studierna. Se slutet av detta avsnitt för en exempelberäkning med alternativproduktionsmetoden.

⁵³ PCR = Produktspecifika regler och finns bland annat för el- och värmeproduktion

Tabell 69. Alternativa verkningsgrader för separat el- och värmegenerering.

Table 69. Alternative efficiency factors for separate electricity and heat generation.

	Alternativa verkningsgrader ¹		Andel av totala bränslemängden som åtgår till el- och värmegenerering enligt alternativproduktionsmetoden ²	
	Värme	El	Värme	El
Stenkol	0.88	0.44	0.61	0.39
Eldningsolja	0.89	0.44	0.61	0.39
Naturgas	0.90	0.53	0.64	0.36
Övrigt fossilt/Gasol	0.89	0.44	0.61	0.39
Avfall	0.8	0.25	0.49	
Avfallsgas /restgas inkl. deponi och rötgas	0.8	0.35	0.58	0.51
Retrurträflis	0.86	0.33	0.54	0.46
Tallbeckolja	0.89	0.44	0.61	0.39
Bioolja	0.89	0.44	0.61	0.39
Bark	0.86	0.33	0.54	0.46
Grot	0.86	0.33	0.54	0.46
Spån	0.86	0.33	0.54	0.46
Stamvedsflis	0.86	0.33	0.54	0.46
Träpulver	0.86	0.33	0.54	0.46
Övriga biobränslen (trädbränslen, salix, avlutar)	0.86	0.33	0.54	0.46
Träbriketter ³	0.86	0.39	0.59	0.41
Pellets ³	0.86	0.39	0.59	0.41
Torv	0.86	0.39	0.59	0.41

¹ Verkningsgraderna är hämtade från fastställande av harmoniserade referensvärden för effektivitet vid separat produktion av el och värme genom tillämpning kraftvärmedirektivet (2004/8/EG)

² Allokering utifrån 2008 års totala el- och värmeproduktion i kraftvärmeanläggningar enligt statistik från Svensk Fjärrvärme. Totalt genererades 7,2 TWh el netto (brutto-el minus hjälpel) och 22,5 TWh värme. Exempelvis för stenkol innebär det att andel bränsle som allokeras till värmeproduktion blir, $(22,5/0,88)/((22,5/0,88) + (7,2/0,44)) = 0,61$. Detta är naturligtvis en förenkling eftersom att stenkol mycket väl kan tillföras anläggningar som i genomsnitt har en högre el-värme kvot än så.

³ Antaget samma verkningsgrad som torv

18.2.2 Resultat för svensk fjärrvärmemix

Resultatet av beräkningarna presenteras i Tabell 70. Utsläpp av växthusgaser har beräknats enligt karakteriseringsfaktorerna i kapitel 17.2 och är således viktade till en total klimatpåverkan. Alla emissionsfaktorer och primärenergifaktorer är hämtade från denna upplaga av Miljöfaktaboken. Dock har några antaganden gjorts då det aktuella bränslet ej överensstämmer exakt med de tillgängliga emissionsfaktorerna, se kommentarer under Tabell 70 för mer information. Som framgår av Tabell 70 uppgår emissionerna av växthusgaser i form av koldioxidekvivalenter (CO₂, CH₄, N₂O) till 88,6 g/kWh levererad fjärrvärme. Beräkningarna är baserade på nordisk medel och på alternativproduktionsmetoden för kraftvärme.

Tabell 70. Utsläpp av växthusgaser (koldioxidekvivalenter) och primärenergianvändning för svensk medelfjärrvärme år 2008 utifrån data i Miljöfaktaboken. Alternativproduktionsmetoden används för allokering mellan el och värme i kraftvärme och el värderas som nordisk elmix.

Table 70. Emissions of greenhouse gases (carbon dioxide equivalents) and primary energy use for average Swedish district heating in 2008. The efficiency method (benefit sharing method) has been used for CHP allocation and electricity use is based on Nordic average electricity.

Tillfört bränsle/energibärare (insatt energi)	Bränsle till värme, GWh ¹	CO ₂ -eq g/MJ insatt energi ²	PEF ³	CO _{2eq} , kton	Primärenergi, GWh
Stenkol	1480	114	1.15	570.2	1700
Eldningsolja (EO1)	573	82	1.11	165.8	635
Eldningsolja (EO2) ⁴	169	84	1.11	50.0	187
Eldningsolja (EO3-5) ⁴	515	84	1.11	152.6	571
Naturgas	1849	69	1.09	459.9	2008
Övrigt fossilt/gasol ⁵	109	84	1.11	32.2	120
Industriell spillvärme ⁶	3842	0	0.00	0.0	0
Avfall ⁷	7277	38	0.04	995.8	312
Avfalls-/restgas inkl. deponi-/rötgas ⁸	999	3	0.15	11.2	151
RT-flis	1644	0.9	0.10	5.0	165
Tallbeckolja ⁹	767	0.2	0.0	0.6	0
Bioolja ¹⁰	1318	18.1	0.27	85.7	356
Bark ¹¹	1534	2	1.01	9.0	1553
Grot	3630	2	1.03	28.2	3729
Spån ¹¹	958	2	1.01	5.6	971
Stamvedsflis ¹¹	4433	2	1.02	32.8	4534
Träpulver ⁹	722	2	1.01	4.2	731
Övriga biobränslen (Blandad skogsflis) ¹¹	6037	3	1.06	57.5	6369
Träbriketter ¹²	1114	6	1.18	23.3	1319
Pellets	3066	6	1.11	56.9	3414
Torv	2701	118	1.01	1149.0	2740
El till värmepumpar ¹³	1565			0.0	0
Levererad värme från värmepumpar	4768	9	0.57	154.1	2723
Hjälpel ¹⁴	1640	27.3	1.74	161.6	2855
El till elpannor	221	27.3	1.74	21.8	385
Totalt, miljoner ton CO₂-eq och TWh primärenergi				4.2	37.5
per kWh levererad fjärrvärme, g CO_{2eq} och kWh primärenergi				88.6	0.79

¹ Summan av bränsle som bara används till värmegenerering samt summan av allokerad andel av bränslet till värme från kraftvärmeanläggningar (enligt alternativproduktionsmetoden med de faktorer som anges i Tabell 69).

² Emissionsfaktorer för CO₂, CH₄, N₂O från denna upplaga av Miljöfaktaboken sammanvägda enligt exempel i 17.2.

³ PEF = total primärenergi tillfört under hela bränslekedjan t.o.m. fjärrvärmeproduktion dividerat med energin i bränslet som levereras till anläggningen. Viss dubbelräkning av hjälpel kan förekomma då vissa studier inkluderar detta samtidigt som hjälpel ingår som separat indata i beräkningen.

⁴ Samma produktion & distribution som för eldningsolja nr. 1 antas

⁵ Samma data som för eldningsolja 3-5 antas

⁶ Antar att det inte åtgår el för att leverera industriell spillvärme till fjärrvärmenätet.

⁷ Emissioner från förbränningen belastar fjärrvärmen. Själva avfallsbränslet har betraktats som en rest.

⁸ Data från biogas från avloppsreningsanläggningar antas. Stor del av bränslet består av masugns- och koksgas från stålindustri, vilka kan betraktas som en rest.

⁹ Inkluderar endast förbränningsemissioner då data för produktion & distribution saknas

¹⁰ Antar samma data som produktion & distribution från RME utan primärenergi från råvaran. Detta eftersom det oftast är restolja som används [4]. Antaget samma användningsemissioner som för tallbeckolja

¹¹ Antar samma användningsdata som för skogsflis

¹² Antar samma användningsdata som Pellets

¹³ Data ingår i levererad värme från värmepumpar annars dubbelräkning. Inga emissioner eller primärenergianvändning från värmen som tillgodogörs med värmepumpen är inkluderade

¹⁴ Emissionsfaktor för el är den beräknade för nordisk elproduktionsmix år 2008, se kapitel 19.

Exempelberäkning kraftvärmeallokering

Exempelvis räknas $\text{CO}_{2\text{eq}}$ för användningen av pelletsbränsle ut enligt följande då alternativproduktionsmetoden tillämpas;

- 1,66 TWh pelletsbränsle används till enbart värmegenerering (Svensk Fjärrvärme 2008)
- 2,40 TWh används i kraftvärmeanläggningar
- 59 % av bränslet till kraftvärme allokeras på fjärrvärme (se Tabell 69)
- Totalt används $1,66 + 0,59 \cdot 2,40 = 3,07$ TWh för att generera fjärrvärme
- Emissionsfaktorn för pellets är $5,5 \text{ g CO}_{2\text{-eq}}/\text{MJ}_{\text{bränsle}}$ enligt Miljöfaktaboken (eller $5,5 \cdot 3,6 = 19,8 \text{ g/kWh}_{\text{bränsle}}$).
- g/kWh är samma enhet som $\text{kton/TWh}_{\text{bränsle}}$.
- Totalt ger det $3,07 \text{ TWh}_{\text{bränsle}} \cdot 19,8 \text{ kton/TWh}_{\text{bränsle}} = 61 \text{ kton CO}_{2\text{-eq}}$

På liknande sätt genomförs beräkningen för primärenergi. Alla emissioner och insatt primärenergi summeras sedan och divideras med den levererade mängden fjärrvärme för att få utsläpp per kWh levererad fjärrvärme ut till kunden.

18.2.3 Känslighetsanalys för svensk fjärrvärmemix

En känslighetsanalys har gjorts för att visa på hur några viktiga metodval/faktorer påverkar resultaten. Känslighetsanalysen är baserad på svensk medelvärdet istället för nordisk elmix samt på att utsläppen från förbränning av avfall istället belastar den som genererat avfallet. Istället för ca 87 g/kWh blir då resultatet 84 g/kWh levererad fjärrvärme. Dessa metodval har alltså viss inverkan på resultaten. Om annan allokeringss metod mellan el och värme valts hade resultaten kunnat skilja sig åt än mer.

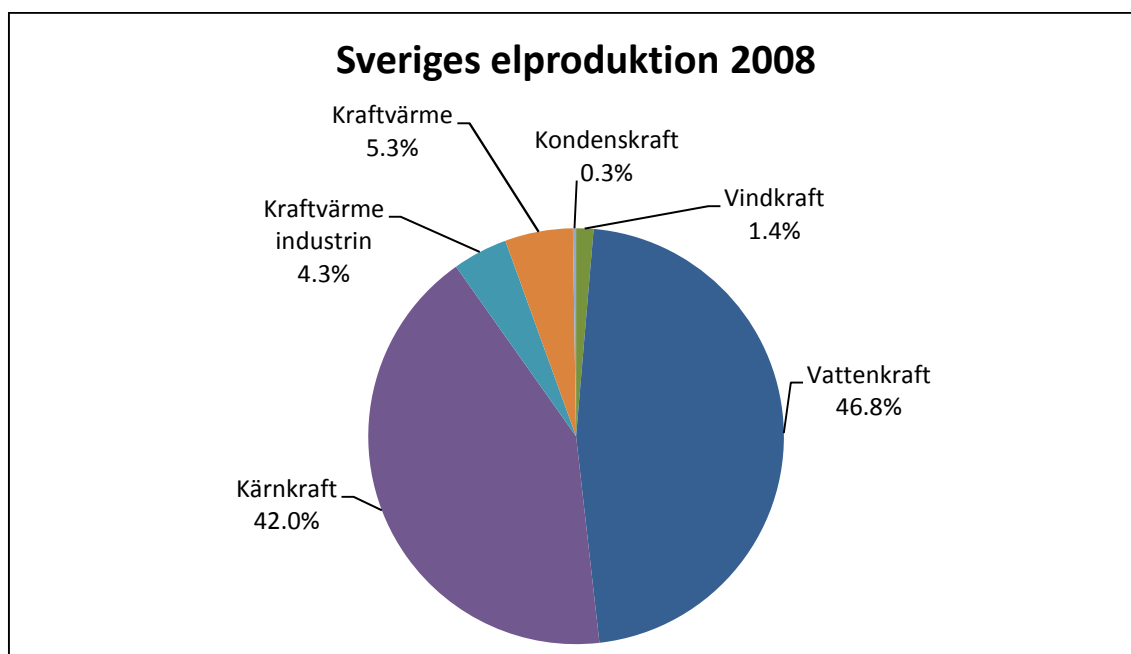
19 EI

19.1 Miljövärdering av el

Hur el ska miljövärderas är ofta föremål för diskussion åtminstone i de nordiska länderna. Det beror på att olika metodval kan ha mycket kraftig påverkan på resultaten. Angreppssätt som ofta nämns är medelel eller marginael. I själva verket behövs båda perspektiven då de är användbara i olika sammanhang. Mer information om olika sätt att miljövärdera el finns exempel i [11] eller [12]. I detta avsnitt presenteras beräkningar av svensk och nordisk medelel utifrån data i Miljöfaktaboken.

19.2 Svensk elmix – exempelberäkning

Observera att exemplet nedan är just ett exempel på hur Miljöfaktaboken kan användas för beräkning av emissionsfaktor för svensk elmix. Detaljerad öppen statistik över verklig bränsleanvändning för olika produktionstekniker saknas. Andra beräkningar kan ge olika resultat, vilket bland annat beror på val av allokeringmetod, antagna verkningssgrader och ingående emissionsfaktorer. De antaganden som beräkningen nedan är baserad på beskrivs nedan. I exemplet nedan har växthusgasutsläpp och primärenergi-användning beräknats för svensk medelel år 2008 utifrån data i Miljöfaktaboken. Den svenska elproduktionsmixen år 2008 presenteras i Figur 8. Beräkningarna avser svensk elproduktion kompenserat för import och export av fysisk el samt distributionsförluster i elnätet. Hänsyn har inte tagits till handel med ursprungsgarantier och liknande. För en beskrivning av systemet för ursprungsmärkning hänvisas till avsnitt 19.4.



Figur 8. Sveriges elproduktion år 2008. (Källa: Energimyndigheten)

Figure 8. Swedish electricity production in 2008. (Source: Swedish Energy Agency)

19.2.1 Antaganden

Karaktiseringsfaktorer för växthusgaser

Beräkningsexemplet gäller för utsläpp av växthusgaser viktade till en total klimatpåverkan enligt karaktiseringsfaktorer som återfinns i kapitel 17.2. Även beräkning av primärenergianvändning har gjorts.

Allokering enligt alternativproduktionsmetoden

Liksom i beräkningarna för fjärrvärme utgår även detta exempel från alternativproduktionsmetoden för kraftvärmeallokering. Se avsnitt 17.1.1 för information om metoden och Tabell 69 för alternativa harmoniserade verkningsgrader för separat el- och värmegenerering.

Bedömning av verkningsgrader för att gå från el till bränsle

Elproduktionsstatistik presenteras årligen av Energimyndigheten samt av European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E). I Energimyndighetens statistik finns information om produktionsteknik (exempelvis kraftvärme och kondenskraft) samt om mängd tillfört bränsle för elproduktion. Det framgår dock inte vilka bränslen som använts till de olika produktionsteknikerna. Inte heller framgår denna information av ENTSO-E:s statistik. Det uppstår svårighet att konvertera till mängden bränslen eftersom olika sätta att generera el har olika verkningsgrader. Tabell 71 sammanfattar de antaganden som gjorts för att översätta producerad el till mängden tillfört bränsle.

Tabell 71. Antaganden kring bränslemix och verkningsgrader för elproduktion.

Table 71. Assumptions for fuel mixes and efficiencies for electricity generation.

Energislag/ Produktionsteknik	Bränslemix	Andel av totalt tillfört bränsle som åtgår till el- generering (enligt AP- metoden)	Producerad el dividerat med bränsle allokerat till el
Kondenskraft	Bedöms vara oljekondens	1	0,44
Kraftvärmeel	Från tidigare beräkning i Tabell 70	0,36-0,51 (se Tabell 69)	0.55 (enligt AP-metoden ⁵⁴), se Tabell 69
Mottryck i industri varav:	Samma fördelning av bränslen som den totala energianvändningen inom industrin (se Tabell 72)	0.18-0.21 (12,4 TWh bränsle)	<ul style="list-style-type: none"> • 90 % totalverkningsgrad, • el/ånga = 0,14 • 12,5 % elverkningsgrad • 53 TWh el och ånga
El från Bio & torv	58 % av genererad el	0.21 (7.28 TWh bränsle)	0.498
El från Olja	18 % av genererad el	0.21 (2.24 TWh bränsle)	0.497
El från Gas	6 % av genererad el	0.18 (0.65 TWh bränsle)	0.586
El från Kol och koks	18 % av genererad el	0.21 (2.27 TWh bränsle)	0.502
Gasturbiner mm.	Naturgas	1	0.525

⁵⁴ Alternativproduktionsmetoden

Fördelning av bränslen till elproduktion i industrin

Utifrån Energimyndighetens energistatistik har antaganden gjorts om fördelningen av bränslen som används för elproduktion i industrin (mottryck), vilka sammanfattas i Tabell 72.

Tabell 72 Antagen fördelning av användning av bränslen till elproduktion i industriellt mottryck. Källa Energimyndigheten (2009)

Table 72. Assumed fuel mix distribution for electricity production in industrial back-pressure. Source: Swedish Energy Agency (2009)

Bränslen/energibärare	TWh bränsle/energi totalt inom industrin år 2008	Bränslen som ingår i bränslemix för elproduktion inom industrin	Antagen fördelning av bränslen till elproduktion i industrin
Oljeprodukter	16.0	16.0	18%
Naturgas och stadsgas	5.4	5.4	6%
El	55.5		
Fjärrvärme	5.6		
Biobränslen, torv m.m.	52.2	52.2	58%
Kol och koks	16.4	16.4	18%
Totalt	151.0	90.0	100 %

Beräkning av medelel från kraftvärme i fjärrvärmenät

Utifrån antagandena i Tabell 71 samt den allokering som gjorts för kraftvärme i beräkningen av svensk fjärrvärmemedel har emissionsfaktorer för växthusgasutsläpp samt primärenergianvändning beräknats för genomsnittlig el som produceras från kraftvärme i de svenska fjärrvärmenäten, se Tabell 73. Siffrorna används i beräkningen av växthusgasutsläpp och primärenergianvändning för svensk medelel.

Tabell 73. Beräkningen av utsläpp av växthusgaser (koldioxidekvivalenter) och användningen av primärenergi för el som genereras i kraftvärme år 2008. Alternativproduktionsmetoden används för fördelning mellan el och värme i kraftvärme

Table 73. Emission calculations of greenhouse gases (carbon dioxide equivalents) and use of primary energy for electricity generated in combined heat and power 2008.

Tillfört bränsle ¹	Andel bränsle för elproduktion	Bränsle till el, GWh	CO ₂ -eq g/MJ _{bränsle}	PEF	CO ₂ eq, kton	Primärenergi, GWh
Stenkol	0.39	946	107.0	1.15	364.7	1087
Eldningsolja (EO1)	0.39	41	80.3	1.11	11.8	45
Eldningsolja (EO2) inkl. WRD	0.39	19	82.3	1.11	5.6	21
Eldningsolja (EO3-5)	0.39	143	82.3	1.11	42.4	159
Naturgas	0.36	901	69.1	1.09	224.0	978
Övrigt fossilt/Gasol	0.39	59	82.3	1.11	17.3	65
Industriell spillvärme					0.0	0
Avfall	0.51	3624	38.0	0.04	495.9	156
Avfallsgas/restgas inkl. deponi- & rötgas	0.42	0	3.1	0.15	0.0	0
RT-flis	0.46	444	0.9	0.10	1.4	44
Tallbeckolja	0.39	58	0.2	0.00	0.0	0
Bioolja	0.39	59	18.1	0.27	3.9	16
Bark	0.46	345	1.6	1.01	2.0	349
Grot	0.46	1070	2.2	1.03	8.3	1099
Spån	0.46	229	1.6	1.01	1.3	232
Stamvedsflis	0.46	862	2.1	1.02	6.4	881
Träpulver	0.46	100	1.6	1.01	0.6	101
Övriga biobränslen (Blandad skogsflis,	0.46	2014	2.6	1.06	19.2	2125
Träbriketter	0.41	16	5.8	1.18	0.3	19
Pellets	0.41	995	5.2	1.11	18.5	1108
Torv	0.41	1236	118.1	1.01	525.8	1254
Totalt [Mton CO₂eq och TWh primärenergi]					1.7	9.7
per kWh levererad el, g CO₂eq och kWh primärenergi/kWh producerad el					242.1	1.35

¹ Samman antaganden för emissionsfaktorerna som vid fjärrvärme.

19.2.2 Resultat för svensk elmix

Resultatet från beräkningarna av växthusgasutsläpp och primärenergianvändning för svensk elmix presenteras i Tabell 74. Beräkningarna avser svensk elproduktion kompenserat för import och export av fysisk el samt distributionsförluster i elnätet. Hänsyn har inte tagits till handel med ursprungsgarantier och liknande. För en beskrivning av systemet för ursprungsmärkning hänvisas till avsnitt 19.4.

Utsläpp av växthusgaser har beräknats med karakteriseringsfaktorer i kapitel 17.2 och är således viktade till en total klimatpåverkan. Alla emissionsfaktorer och primärenergifaktorer är hämtade från denna upplaga av Miljöfaktaboken. Dock har några antaganden gjorts då det aktuella bränslet ej överensstämmer exakt med de tillgängliga emissionsfaktorerna. Dessa antaganden har beskrivits ovan. Som framgår av Tabell 74 uppgår emissionerna av växthusgaser i form av koldioxidekvivalenter (CO₂, CH₄, N₂O) till 36,4 g/kWh el hos konsumenten.

Tabell 74. Utsläpp av växthusgaser (CO₂-ekvivalenter) och primärenergianvändning för svensk elmix år 2008 inklusive distributionsförluster. Källor: ENTSO-E (2009) och beräkningar ovan.

Table 74. Emissions of greenhouse gases and primary energy use for Swedish electricity mix 2008 including distribution losses. Sources: ENTSO-E (2009) and calculations presented above.

Energislag/ Produktionsteknik	Genererad El, TWh	g CO ₂ -eq/ kWh bränsle ⁸	g CO ₂ -eq/ kWh el ⁹	PEF (vagga t. grind)	PEF (vagga t. el)	CO ₂ eq, Mton	Primärenergi, TWh
Vindkraft	2.0	-	13.2		0.05	0.03	0.1
Vattenkraft	68.4	-	4.5		1.10	0.31	75.6
Kärnkraft	61.3	-	3.5		2.92	0.21	178.8
Kondenskraft ¹	0.8	295	654	1.11	2.51	0.55	2.1
Kraftvärme el ²	7.2	-	242		1.35	1.74	9.7
Mottryck i industri ³	6.3						
varav:							
El från bio & torv ⁴	3.6	52	105	1.05	2.12	0.38	7.7
El från olja	1.1	295	582	1.11	2.23	0.65	2.5
El från gas	0.4	249	425	1.09	1.85	0.16	0.7
El från kol och koks	1.1	412	768	1.15	2.29	0.87	2.6
Gasturbiner	0.03	249	474		2.07	0.01	0.054
Totalt genererat⁵	146.0						
Netto	-2.0						
Import(+)/Export(-)⁶							
Nätförluster	-11.0						
Elanvändning i Sverige⁷	-133.0						
Totalt [Mton CO₂eq och TWh primärenergi]						4.9	280
per kWh levererad el inklusive import/export, g CO₂eq /kWh och kWh/kWh						36.4	2.1

¹ Antas genereras från eldningsolja 1 med en genomsnittlig elverkningsgrad på 44 %

² Kraftvärme el utgår från beräkningen av kraftvärme i fjärrvärmenät i Tabell 73

³ Fördelning mellan olika bränslen till elgenerering är gjord enligt industrins totala energianvändning, se Tabell 72.

⁴ Beräknat som 90 % biobränslen och 10 % torv vilket är samma fördelning som mellan biobränslen och torv till kraftvärme i fjärrvärmenät.

⁵ En liten del pumpkraft har exkluderats från total generering av el eftersom det annars blir en dubbelräkning av el.

⁶ Största exporten skedde till Danmark och länder utanför norden. Största importen skedde från Norge

⁷ Elanvändningen inkluderar även tillfällig uppvärmning av vatten i fjärrvärmenät

⁸ Emissionsfaktorerna är hämtade från resultaten i Miljöfaktaboken. Se Tabell 67

⁹ Olika verkningsgrader har använts vid konvertering till emissioner per kWh el för termisk kraft exempelvis 0,44 vid generering av el från eldningsolja, se Tabell 71

Exempelberäkning

- 1,1 TWh el genereras från olja i industriellt mottryck där både el och processånga generas. Emissionsfaktorn per MJ olja är $82 \text{ g CO}_{2\text{eq}} = 295 \text{ g CO}_{2\text{eq}} / \text{kWh}$
- Totalt allokeras 2,2 TWh av den använda eldningsoljan för att generar 1,1 TWh el då alternativproduktionsmetoden tillämpas. Detta baseras på ett antagande om att kvoten mellan producerad el och ånga i genomsnitt är 0,135. 8,15 TWh ånga antas därmed genereras ($1,1/0,135$). Totalverkningsgraden är ansatt till 90 % vilket ger att totalt använd eldningsolja är $(1,1+8,15)/0,9 = 10,3 \text{ TWh}$. Med alternativproduktionsmetoden allokeras drygt 21 % av det totalt tillförda bränslet till elproduktionen. ($10,3*0,214 = 2,2 \text{ TWh bränsleenergi}$)
- För varje kWh el allokeras alltså drygt 2 kWh bränsle till elproduktionen. Det ger en emissionsfaktor per genererade kWh el på $582 \text{ g CO}_{2\text{eq}}$ per kWh genererad el ($\text{kton CO}_{2\text{eq}} / \text{TWh el}$). ($289*2,015 = 582$)
- Totala emissionerna av koldioxidekvivalenter per producerad enhet el blir därmed $1,1 \text{ TWh el} * 582 \text{ kton} / \text{TWh el} = 0,65 \text{ Mton CO}_{2\text{eq}}$

19.3 Nordisk elmix – exempelberäkning

Observera att exemplet nedan är just ett exempel på hur Miljöfaktaboken kan användas för beräkning av emissionsfaktor för nordisk elmix. Detaljerad öppen statistik över verklig bränsleanvändning för olika produktionstekniker saknas. Andra beräkningar kan ge ett annat resultat, vilket bland annat beror på val av allokeringmetod, antagna verkningsgrader och ingående emissionsfaktorer. Nordisk elmix har beräknats med samma princip som för svensk elmix. Resultatet visas i Tabell 75. Beräkningarna avser nordisk elproduktion kompenserat för import och export av fysisk el samt distributionsförluster i elnätet. Hänsyn har inte tagits till handel med ursprungsgarantier och liknande. För en beskrivning av systemet för ursprungsmärkning hänvisas till avsnitt 19.4.

Tabell 75 Beräkning av utsläpp av växthusgaser och användning av primärenergi till nordisk elmix (inklusive Island) år 2008. Elgenereringsdata från ENTSO-E 2009

Table 75. Emission calculations for greenhouse gases and use of primary energy for Nordic electricity mix (including Iceland) in 2008.

	TWh	g CO ₂ - eq/kWh bränsle	g CO ₂ - eq/kWh el	PEF (vagga till grind)	PEF (vagga till el)	CO _{2eq} Mton	Primärenergi, TWh
Kärnkraft	83.3		3.5		2.92	0.3	243
Annan termisk kraft¹	53.5						
- Kol	25.2	385	759	1.15	2.26	19.1	57
- Olja	1.8	289	571	1.11	2.19	1	4
- Torv	5.9	425	862	1.01	2.06	5.1	12
- Naturgas	19.5	249	474	1.09	1.97	8.8	38
- Övrigt ²	1.0	249	474	1.09	2.07	0.5	2
Totalt förnybart	277.2						
-Vattenkraft	238.4		4.5		1.10	1.1	263
- Övrigt förnybart	38.8						
- Vindkraft	10.2		13		0.05	0.1	1
- Biobränslen ³	20.2	10.8	23	1.06	2.3	0.5	47
- Avfall ⁴	4.4	113	222	0.05	0.09	1.0	0.4
- Geotermi	4.0	0	0	0	0	0	0
Totalt genererat⁵	412.5						
Import(+)/Export(-)	-1.5						
Nätförluster	-27.8						
Elanvändning i Norden⁶	-383.4						
Totalt [Mton CO_{2eq} och TWh primärenergi]						37.5	668.1
per kWh levererad el inklusive import/export, g CO_{2eq}/kWh och kWh/kWh						97.3	1.74

¹ Bränsle för kondens-, kraftvärme- och industriellt mottryck fördelas enligt Tabell 76. Respektive produktionsslags verkningsgrad viktas till en verkningsgrad varvid PEF(vagga till el) beräknas samt g CO_{2eq} per producerad kWh el. Se resultat i Tabell 77

² Avser avfallsgaser från raffinaderier och stålindustri. Här antas samma emissionsfaktor som naturgas vilket ger en underskattning. Det bör dock poängteras att emissionerna skulle kunna bäras av huvudprodukten (ex stål) och därmed inte bidra till utsläpp för elproduktionen.

³ Antar ett medelvärde på fasta biobränslen som ingår i miljöfaktaboken

⁴ Räknas som 50 % hushållsavfall och 50 % verksamhetsavfall. Genererad el antas produceras i kraftvärmeanläggningar i fjärrvärmenät.

⁵ En liten andel pumpkraft har exkluderats från total generering för att undvika dubbelräkning av el

⁶ Elanvändningen inkluderar även tillfällig uppvärmning av vatten i fjärrvärmenät

Tabell 76 Fördelning av använda bränslet mellan olika sätt att generera el inom norden. Elgenereringsdata från ENTSO-E 2009

Table 76. Distribution of fuel mixes for different electricity generation options.

Termiskt kraftslag	Totalt genererad el GWh	Andel
- Kondenskraft	20 761	26.8 %
- Kraftvärme, i fjärrvärmenät	36 022	46.4 %
- Industriellt mottryck	20 812	26.8 %

På samma sätt som primärenergifaktorer från olika termiska kraftslag och bränslen approximerats i Tabell 77 har även koldioxidekvivalenter från den producerade elen beräknats.

Tabell 77. Beräknade primärenergifaktorer för den producerade elen från respektive termiska kraftslag och bränslen.

Table 77. Calculated primary energy factors for the electricity produced in different thermal power modes and fuels.

	Bränslet	Kondenskraft	Industriellt mottryck	Kraftvärme i fjärrvärmenät	Sammanvägd
Annan termisk kraft¹	PEF (vagga till grind)	PEF (vagga till el) ¹	PEF (vagga till el) ²	PEF (vagga till el) ³	PEF (vagga till el) ⁴
- Kol	1.15	2.61	2.29	2.09	2.29
- Olja	1.11	2.51	2.23	2.02	2.19
- Torv	1.01	2.58	2.03	1.84	2.06
- Naturgas	1.09	2.08	1.86	1.98	1.97

¹ Antar medel-el-verkningsgrader i kolkondensanläggningen enligt samma källa som i Tabell 69, ex. 44.2 % för kolkondens

² Antar här samma antaganden för kvoten mellan genererad el och bränsleenergi allokerat till elproduktion enligt Tabell 69 och Tabell 72

³ Antar samma kvot mellan genererad el och bränsleenergi allokerat till elproduktion som medelvärde för svensk kraftvärme-el utifrån 2008 års statistik. (7,2 TWh el producerades och 13.15 TWh bränsleenergi allokerades till elproduktion vilket ger en kvot på 0.55

⁴ De sammanvägda primärenergifaktorerna för den producerade elen från vaggan är viktade medelvärden utifrån Tabell 76

19.4 Ursprungsmärkning av el

Enligt EU:s Elmarknadsdirektiv⁵⁵ ska elhandelsbolag för sina kunder ange dels från vilka energikällor den levererade elen är producerad och dels information om miljöpåverkan, åtminstone koldioxidutsläpp och mängd bildat kärnbränsleavfall [10]. Informationen ska vara tillförlitlig och baseras på föregående års data. Denna ursprungsmärkning av el syftar till att öka transparensen på elmarknaden, att uppfylla konsumenters rätt till information om köpta produkter, att möjliggöra aktiva val av elleverantör baserat på produktionsegenskaper samt att utbilda konsumenter och stimulera efterfrågan på el som bidrar till ett säkert och hållbart energisystem. Informationen ska ges till alla kunder oavsett om kunden gjort ett aktivt val av produktspecifik el eller inte. Förenklat beskrivet är tanken att de som gjort ett aktivt val ska få information baserat på detta medan de som inte gjort ett aktivt val ska få en så kallad residualmix (se beskrivning nedan).

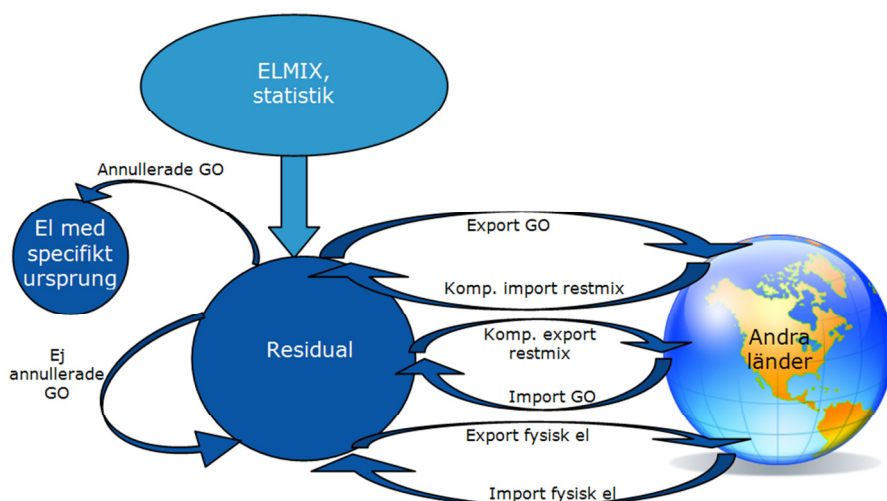
Kravet på ursprungsmärkning är lagstiftat (Ellagen), men ännu (januari 2011) saknas föreskrifter för hur ursprungsmärkningen ska göras⁵⁶. I avvaktan på föreskrifter har Svensk Energi, sedan kravet på ursprungsmärkning trädde ikraft, årligen utgivit en vägledning som beskriver hur elhandelsbolagen kan uppfylla sina plikter. Vägledningen är inte bindande och elleverantörerna kan i praktiken genomföra ursprungsmärkningen som de vill. I vägledningen presenteras en residualmix baserad på nordisk elmix, vilken presenteras nedan. Vägledningen skiljer på el med känt och okänt ursprung. Det är för el med okänt ursprung som residualmixen används.

19.4.1 *Residualmix 2010*

Som nämnts ovan innebär ursprungsmärkning att kunder som köper elprodukter (specificerad el) ska få detta redovisat medan övriga får en så kallad residualmix. Denna residualmix ska kompenseras för bland annat el såld med specifikt ursprung och för import/export, se Figur 9. För mer detaljerad information om ursprungsmärkning av el och beräkning av residualmix hänvisas till exempelvis [11], [14] eller [15].

⁵⁵ Europaparlamentets och Rådets direktiv 2003/54/EG av den 26 juni 2003 om gemensamma regler för den inre marknaden för el och om upphävande av direktiv 96/92/EG, Europeiska Unionens officiella tidning, juni 2003.

⁵⁶ Hösten 2010 fick Energimarknadsinspektionen i uppdrag av Regeringen att föreslå en frivillig branschlösning, men det är vid publiceringen av denna rapport ännu inte klart vilka rekommendationer som detta Regeringsuppdrag resulterat i.



Figur 9. Principen för residualmix vid ursprungsmärkning av el. (Källa: Gode m.fl. 2009 [14])

Figure 9. Principles of residual mix for electricity disclosure (Source: Gode et al 2009 [14])

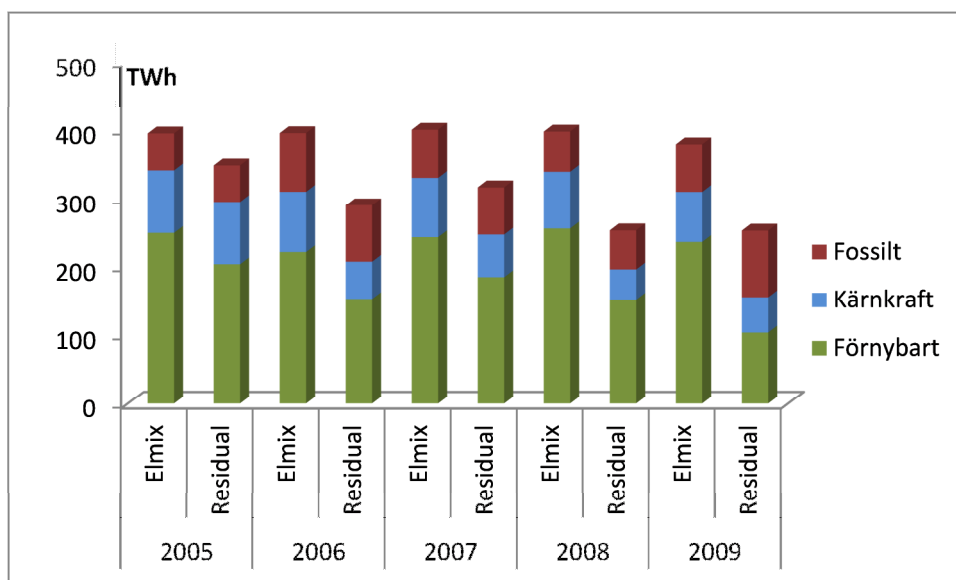
Nedan redovisas den residualmix som Svensk Energi har presenterat i sin vägledning för 2010 [15]. Den baseras på nordisk elproduktionsmix (ej Island) och kompenserar för import/export samt handel med elprodukter (exempelvis Bra Miljöval, handel med ursprungsgarantier och vissa bilaterala avtal). Den resulterande residualmixen framgår av Tabell 78 och Figur 10. Notera att beräkningarna för 2009 baserats på data från den europeiska EPED-modellen⁵⁷ medan övriga år beräknats av Svensk Energi.

Tabell 78. Nordisk elproduktions- och residualmix 2005-2009 (Källa: Svensk Energi [15])

Table 78. Nordic electricity production and residual mix 2005-2009 (Source: Swedenergy [15])

	Elproduktion						Residualmix					
	Förnybart		Kärnkraft		Fossilt		Förnybart		Kärnkraft		Fossilt	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh	%
2005	249,9	63%	91,8	23%	53,2	13%	203,9	58%	91,8	26%	53,2	15%
2006	221,8	56%	88,7	22%	84,8	21%	152,9	53%	54,8	19%	83,0	29%
2007	243,6	61%	87,2	22%	69,5	17%	184,9	58%	62,6	20%	69,5	22%
2008	256,4	64%	83,3	21%	57,9	15%	151,9	60%	44,4	18%	57,3	23%
2009	236,6	62%	73,8	19%	68,6	18%	103,6	41%	51,9	20%	97,7	39%

⁵⁷ www.eped.eu



Figur 10. Nordisk elproduktionsmix och residualmix under perioden 2005-2009 (Källa: baserat på Svensk Energi, 2010 [15])

Figure 10. Nordic electricity production and residual mix during 2005-2009 (Source: based on Swedenergy, 2010 [15])

Som framgår ovan är residualmixen inte mer detaljerad i sin indelning än förnybart, fossilt och kärnkraft. Därför går det inte att utifrån data i Tabell 78 använda Miljöfaktabokens emissionsfaktorer på liknande sätt som gjorts för svensk och nordisk elmix. Exempelvis framgår inte vilken typ av förnybar el som ingår i residualmixen. Emissioner av koldioxid samt genererad mängd kärnkraftsavfall presenteras i Svensk Energis vägledning, men dessa inkluderar inte emissioner under hela livscykeln. För information om dessa emissionsfaktorer hänvisas till vägledningen (se [15]).

20 Enskild uppvärmning

I Tabell 79 visas beräkningsresultat (primärenergi och växthusgasutsläpp) för direktverkande el, värmepump, oljepanna och pelletsanna. Antaganden framgår av tabellen.

Tabell 79. Beräkningsexempel på utsläpp av växthusgaser och användning av primärenergi för direktverkande el, värmepump, oljepanna och pelletsanna.

Table 79. Example of calculation of emissions of greenhouse gases and use of primary energy for direct electric heating, heat pump, oil boiler and pellet boiler.

El			COP = 3	COP = 3
	nordisk elmix ¹	Kolkondens ²	Värmepump ³ [nordisk elmix]	Värmepump ³ [kolkondens]
	g/kWh el	g/kWh el	g/kWh värme	g/kWh värme
CO ₂	93.84	962.4	38.0	385.0
CH ₄	0.11	0.12	0.05	0.05
N ₂ O	0.003	0.012	0.001	0.005
CO _{2eq}	97.3	968.6	39.3	387.5
PEF	1.74	2.9	0.70	1.16
Antaganden:				
¹ Nordisk elmix år 2008 från beräkning i tidigare kapitel, se Tabell 75				
² Verkningsgraden för kolkondens är 44,2 %. 10 % distributionsförluster antaget				
³ Värmepumpens installerade effekt är 60 % av dimensionerande effektbehov, 90 % av det årliga värmebehovet täcks av värmepumpen medan 10 % täcks av elpatron. Årsmedels värmefaktor för värmepumpen (COP) är 3				

		Verkningsgrad		
Oljepanna			0.85	0.7
	g/MJ bränsle	g/kWh bränsle	g/kWh värme	g/kWh värme
CO ₂	79.5	286.1	336.5	408.7
CH ₄	0.03	0.11	0.13	0.15
N ₂ O	0.001	0.002	0.003	0.003
CO _{2eq}	80.3	289.2	340.3	413.2
PEF	1.11	1.11	1.30	1.58

		Verkningsgrad		
Pellets			0.85	0.7
	g/MJ bränsle	g/kWh bränsle	g/kWh värme	g/kWh värme
CO ₂	3.4	12.24	14.4	17.5
CH ₄	0.012	0.043	0.05	0.06
N ₂ O	0.0062	0.022	0.03	0.03
CO _{2eq}	5.5	19.84	23.3	28.3
PEF	1.11	1.11	1.31	1.59

21 Referenser

21.1 Litteraturreferenser

- [1] Uppenberg S. m.fl. (2001), "Miljöfaktabok för bränslen", Rapport nr B1334A-2, IVL Svenska Miljöinstitutet, Stockholm, maj 2001.
- [2] Strömberg B. (2005), "Bränslehandboken", Rapport nr F4-324, Värmeforsk, Stockholm, mars 2005.
- [3] Börjesson P. m.fl. (2006), "Livscykelanalys av Salixproduktion", Rapport nr 60, Lunds Tekniska Högskola, Lund, maj 2006.
- [4] Sandgren A., Ekdahl E., Sernhed K. (2010). "Flytande biobränslen för el- och värmeproduktion", Värmeforsk rapport nr 1132, maj 2010.
- [5] Hagberg L. och Holmgren K. (2008). "The climate impact of future energy peat production", Rapport B1796, IVL Svenska Miljöinstitutet, Stockholm, september 2008.
- [6] Energimyndigheten (2009), "Energiläget 2009", Rapport ET 2009:28, Eskilstuna, november 2009.
- [7] Direktiv 2009/28/EG (2009), "Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor", april 2009
- [8] Carlstedt N-E. (2009). Driftuppföljning av vindkraftverk 2009, Ett Energimyndighetsprojekt. www.vindstat.nu. 2009.
- [9] Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. ISO 14040:2006.
- [10] Europaparlamentets och Rådets direktiv 2003/54/EG av den 26 juni 2003 om gemensamma regler för den inre marknaden för el och om upphävande av direktiv 96/92/EG, Europeiska Unionens officiella tidning, juni 2003.
- [11] Gode J., Byman K., Persson A., Trygg L. (2009). "Miljövärdering av el ur systemperspektiv – en vägledning för hållbar utveckling", IVL Rapport B1882, 2009.
- [12] Engström R., Gode J., Axelsson U. (2009). "Vägledning till metodval vid beräkning av påverkan från förändrad energianvändning på de svenska miljömålen", IVL Rapport B1822, 2009.
- [13] Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademin (2003), "El och värme från solen", Eskilstuna, 2003, Tryck och distribution via Energimyndigheten.
- [14] Gode J., Axelsson U. (2009) "Miljömässiga kundaspekter kring ursprungsmärkning av el." Elforsk rapport 09:42. Mars 2009.
- [15] Svensk Energi (2010). "Vägledning angående ursprungsmärkning av el (2010-07-21)". Juli 2010.

21.2 Referenser för utvalda bränslekedjor

Ardente, Fulvio, Beccali, Giorgio Cellura, Maurizio, Lo Brano, Valerio (2005). Life cycle assessment of a solar thermal collector. Elsevier Ltd. Renewable Energi Vol. 30. 2005.

Bengtsson m.fl. (2010). A comparative life cycle assessment of marine fuels; liquefied natural gas and three other fossil fuels. Artikel accepterad för publicering i Institution of Mechanical Engineers, Part M, Journal of Engineering for the Maritime Environment.

Berg, Staffan (2010a). Calculation of the contribution to GWP from the production of some Swedish forest based fuels chains - according to RES directive. Skogforsk 20 January 2010.

Berg, Staffan (2010b). Separat beräkningsunderlag till Berg (2010a) ovan

Björklund, A., Eriksson O, Ljunggren Söderman M, Stenmarck Å, Sundqvist J-O. (2009). LCA of Policy Instruments for Sustainable Waste Management, Poster presentation, *ISWA and Dakofa Conference Waste and Climate*, Copenhagen, December 2009.

Brekke, Andreas. Lerche Raadal, Hanne och Saur Modahl, Ingunn (2008). Livsløpsanalyse av kraftog varmeproduksjon basert på biomasse. Oppdragsrapport A nr 1-2008. Norges vassdrags- og energidirektorat. 2008. ISSN 1503-0318. Även separat beräkningsunderlag skickat av Hanne Larche Raadal. 2008.

Bousted, Ian (2005). Eco-profiles of the European Plastics Industry – Natural gas, <http://lca.plasticseurope.org/ngas3.htm>

Börjesson, Pål (2006). Livscykelanalys av Salixproduktion. Rapport nr 60. ISSN 1102-3651. Lunds Tekniska Högskola, Lund. 2006.

Fortum AB (2009). Miljörapport 2009 Akallaverket. Miljörapport för Akallaverket 2009 version 1 AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad. 2010-03-31.

Göteborg Energi AB (2009). Miljörapport 2009 Rya Kraftvärmeverk. Diarienummer: 10-2010-0096. 2009.

Hagberg, Linus, Särnholm, Erik, Gode, Jenny, Ekvall, Tomas, Rydberg, Tomas (2009). LCA calculations on Swedish wood pellet production chains - according to the Renewable Energy Directive. IVL Report B1873. Svenska Miljöinstitutet AB. Stockholm 2009.

Hagberg, Linus & Holmgren Kristina (2008). The climate impact of future energy peat production. IVL-rapport B1796. IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Stockholm 2008.

Hållbar Avfallshantering (2010), arbetsmaterial inom forskningsprogrammet Hållbar Avfallshantering, www.hallbaravfallshantering.se

Lerksjö, Martin. Martinsson, Fredrik (2010). Hämtning och bearbetning av data från modellen HBEFA3.1EV – The Handbook of Emission Factors for Road Transport (www.hbefa.net)

Johansson, L. Gustavsson, L. Tullin, C., Cooper, D. (2003). Emissioner från småskalig biobränsleeldning – mätningar och preliminära mängdberäkningar. SP RAPPORT 2003:08. 2003.

Lindholm, Eva-Lotta, Berg, Staffan, Hansson, Per-Anders (2010). Skörd av skogsbränslen i ett livscykelperspektiv. Rapport/ Report 023. Department of Energy and Technology ISSN 1654-9406 Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala 2010.

Naturvårdsverket (2006). Emission factors and emissions from residential biomass combustion in Sweden. Naturvårdsverket. Stockholm. 2006.

Naturvårdsverket (2008). Index över nya bilars klimatpåverkan 2008 – I riket, länen och kommunerna. Rapport 5946, Stockholm, mars 2009.

Palm, David, Ljunggren Söderman, Maria (2010). Bearbetning och beräkning av data från modellen SWEA (Swedish Waste Management Environmental Analysis)

Paulrud S. & Fridell E. (2008). Uppdatering av klimatrelaterade Emissionsfaktorer. För Energimyndigheten av IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Stockholm/Göteborg. 2008

Sokka L., Koskela S. and Seppälä J. (2005). Life cycle inventory analysis of hard coal based electricity generation. ISBN 952-11-2065-. Finnish environment institute. Helsinki 2005.

Strömberg E. (2008). Stubbar som bränsle. Slutrapport inom området Oberoende FoU. TPS-08/06. TPS-termiska processer. Nyköping oktober 2008.

Swedish NIR (2009). Appendix 20. Thermal values and Emission factors energy UNFCC. 2009-12-14. Hämtat från Naturvårdsverkets hemsida 2010-02.

Trafikverket (2010). Uppdaterade reduktionsvärden för etanol- och gasfordon till bilindex. Borlänge 2010.

Vattenfall (2007). Vattenfall AB generation Nordic certified environmental product declaration EPD® of electricity from Forsmark nuclear power plant. International EPD Consortium (IEC. 2007. www.environdec.com).

Vattenfall (2008). Vattenfall AB GENERATION NORDIC Certified Environmental Product Declaration EPD® of electricity and Heat from the Danish Coal-fuelled Combined Heat and Power Plants, 2008.

Vattenfall (2009). Vattenfall AB - Heat Nyköping Miljörapport 2009 Idbäckens Kraftvärmeverk. 2009.

Vattenfall (2010a). EPD Vattenfall wind power Certified Environmental Product Declaration EPD® of electricity from Vattenfall's wind FARM s. International EPD Consortium (IEC. 2010. www.environdec.com)

Vattenfall AB (2010b) version 1.1. Vattenfall AB Generation Nordic Certified Environmental Product Declaration EPD® of electricity from Vattenfall's Nordic Hydropower. International EPD Consortium (IEC. 2010. www.environdec.com)

Öman Andreas, Hallberg Lisa, Rydberg Tomas (2011). LCI för petroleumprodukter som används i Sverige. IVL rapport B1965. 2011.

21.3 Referenser för övriga granskade studier

Arnald M. (1997). Livscykelinventering av elproduktion genom flisförbränning i CFB-panna. Examensarbete TRITA-KET-IM 1997:8, Kungliga Tekniska Högskolan.

Blinge, M. m.fl., (1997). Livscykelanalys (LCA) av drivmedel. KFB-Meddelande

Blinge M., Arnäs P-O., Bäckström S., Furnander Å. och Hovelius K. (1997). Livscykelanalys av drivmedel. KFB Meddelande 1997:5, Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm.

Boström, C-Å m.fl., (1998). Emissionsfaktorer för energiproduktion, IVL-internt material, Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, Stockholm)

Cooper, D. & Gustavsson, T. (2004). Methodology for calculating emissions from ships: 1 Update of emission factors. Swedish Methodolgy for Environmental data (SMED). Norrköping.

Dones R, Thomas Heck, Mireille Faist Emmenegger and Niels Jungbluth (2004). Life Cycle Inventories for the Nuclear and Natural Gas Energy Systems, and Examples of Uncertainty Analysis. The Ecoinvent Database 2004 (<http://dx.doi.org/10.1065/lca2004.12.181.2>)

Nilsson M, Gullberg M (1998). Externalities of Energy, Swedish Implementation of the ExternE Methodology, Stockholm Environment Institute, 1998.

Magellia F, Boucher K, Bi H T, Melin S, Bonoli A (2008). An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe. Published online 29 oktober 2008 på Science Direct. 2008.

Mälkki H och Virtanen Y (2003). Selected emissions and efficiencies of energy systems based on logging and sawmill residues. Biomass and Energy. Vol 24. (321-327). 2003.

NME (1999). Miljödeklaration av el och fjärrvärme. Norrköping Miljö och Energi AB. 1999.

NTM (2008). Environmental data for international cargo and passenger sea transport. Version 2008-10-18 ed. 2008.

Setterwall C, Münter M, Sarközi P, Bodlund B (2003). Bio-fuelled Combined Heat and Power Systems. Utförd av Vattenfall AB i Eclipse-programmet. 2003.

Vattenfall A/S Generation Nordic (2008). Hilleröd kraftvärmeverk. Grönt räkenskab 2008. Miljörapport P-nr 1.004.267.632. 2008.

Bilagor

Bilaga A1. Metodval kring LCA

Metodval, indata, antaganden och beräkningar

Nedan följer en beskrivning av olika val och antaganden i en LCA som kan påverka resultatet. Dessa val har bokförts i granskningsmallen för varje studie som uppnått de grundläggande kriterierna.

Olika antaganden/betraktelsesätt som kan ha betydelse för resultatet är till exempel följande:

- Antagen systemgräns
 - Hur ser systemet ut? Vad ingår?
 - Används någon "cut-off regel"?
- Generiska- eller specifika data
 - Kommer data från en databas med generella data för en region eller är det specifika data för en speciell teknik eller geografiskt område?
- Hur miljöpåverkan från hjälpenergi (processvärme, köpt el med mera.) har beräknats
 - Input i form av elektrisk energi kan beräknas som
 - Årsmedelvärden för elmix från ett definierat elsystem exempelvis nordisk elmix eller svensk elmix. Dessutom kan miljödata för el vara en produktions- eller användningsmix.
 - Marginal-el. Kan ansättas som nuvarande marginal (ofta approximerat som kolkondens) eller framtida marginal-el (ofta naturgasbaserad el)
 - Huruvida antaganden om bränsle för processvärme är genomsnittlig eller specifik. Generella värden bör baseras på någon typ av medelvärde från flera anläggningar.
- Antaganden om emissioner från markanvändning/markanvändningsförändringar.
 - Inkluderas emissioner från markanvändningen?
 - Inkluderas biogena koldioxidutsläpp från markanvändningen?
 - Redovisas emissioner från markanvändningen respektive biogena koldioxidutsläpp separat eller tillsammans med fossila utsläpp?
 - Vilket referensscenario för markanvändningsförändringar används?
- Huruvida livscykelemissioner eller endast förbränningsemissioner redovisas
 - Är material och energi till byggande, drift och nedmontering av energiomvandlingsanläggningen inkluderade i värdet för emissioner från energiomvandlingen?
- Använda värmevärden, omräkningsfaktorer
 - Vilken typ av värmevärden är det som används som indata/utdata?
 - Anges vikt och volym för det fuktiga bränslet eller för torrsubstansen? Är det konsekvent under hela livscykeln?
 - Vilka eventuella primärenergifaktorer används för att beräkna använd primärenergi?

- Allokeringar mellan olika nyttigheter
 - Allokering baserad på energi, vikt, volym eller ekonomi.
- Systemexpansion
 - Genom att utvidga systemgränsen och även inkludera de som biprodukter/restprodukter från olika processer eventuellt ersätter kan undvikta emissioner beräknas.

Bilaga A2. Allokering vid kraftvärme

Vid allokering vid kraftvärme måste hänsyn tas till de båda produkterna värme och el. Nedan beskrivs några allokeringsmetoder för kraftvärme.

Fysikalisk allokering (t.ex. ekonomisk allokering)

Fysikalisk allokering är ett samlingsnamn för allokeringar som görs utifrån fysikaliska egenskaper hos bränslet och omfattar exempelvis massallokering och energiallokering. Massallokering innebär, som begreppet antyder, att allokeringen baseras på vikten hos de olika produkterna. I övrigt på samma sätt som energiallokering. Energiallokering innebär att miljöpåverkan allokeras med avseende energiinnehållet hos de olika produkterna. Vid energiallokering av kraftvärme delas miljöpåverkan upp proportionellt mellan hur många MWh el respektive värme som genererats i kraftvärmeverket. Metoden ger elen fördel av samproduktionen jämfört med separat produktion av el och värme eftersom energiallokeringen inte tar hänsyn till kvaliteten på energin (exergiinnehållet). Om en produkt har hög fukthalt eller lågt energiinnehåll men ändå är värdefull kan energiallokering tyckas slå fel. Det kan exempelvis gälla för vått rötslam som har mycket lågt energiinnehåll, men ändå kan ersätta energikrävande konstgödsel och därför vara värdefullt.

Beräkningsexempel energiallokering

Indata till exempelberäkning för energiallokering

BRÄNSLE IN	GENERERAD EL	GENERERAD VÄRME
100 enheter	23 enheter	72 enheter

Matematisk formel:

$$\alpha_i = \frac{E_{h,tot}}{E_{h,tot} + E_{el,tot}} = \frac{72}{72 + 23} = 0,76$$

där:

α_i = allokeringsfaktor för bränsle i , dvs. den andel av emissionerna eller primärenergien som ska allokeras på värmen. Observera att faktorn blir identisk för alla bränslen och ett det är ett dimensionslöst tal.

$E_{h,tot}$ = är den genererade fjärrvärmen från kraftvärmelanläggningen, dvs brutto - genererad.

$E_{el,tot}$ = är den genererade elen som levereras ut på nätet. Observera att el som används i själva anläggningen i vissa fall levereras direkt från generatoren innan elen levereras ut på nätet.

Exergiallokering

Exergiallokering innebär att miljöpåverkan delas upp med utgångspunkt i exergin för den producerade värmen respektive elen. I den här metoden allokeras större miljöpåverkan till elen än i energimetoden eftersom elen har högre exergi. 100 % av elenergin kan omsättas i mekaniskt arbete. I de flesta fall betyder det att både el och värme gynnas av samproduktionen jämfört med separat el- och värmegenerering.

Beräkningsexempel exergiallokering

Indata till exempelberäkning för exergiallokering

BRÄNSLE IN	GENERERAD EL	GENERERAD VÄRME	TEMPERATURER		
100 enheter	23 enheter	72 enheter	Fjärrvärme temperatur 100°C	Omgivnings- temperatur 20°C	Exergifaktor (se formel) 0,21

Matematisk formel:

$$\alpha_{x, fj} = \frac{T_1 - T_0}{T_1}$$

där:

$\alpha_{x, fj}$ = exergifaktorn för den genererade fjärrvärmen.

T_1 = fjärrvärmens temperatur i relativt absoluta nollpunkten (kelvingrader) och

T_0 = omgivningstemperaturen.

$$\alpha_i = \frac{\alpha_{x, fj} E_{h, tot}}{\alpha_{x, fj} E_{h, tot} + \alpha_{x, el} E_{el, tot}} = \frac{0,21 * 72}{0,21 * 72 + 1 * 23} = 0,4$$

där:

α_i = allokeringsfaktor för bränsle i , dvs. den andel av emissionerna eller primärenergien som ska allokeras på värmen. Observera att faktorn blir identisk för alla bränslen och ett det är ett dimensionslöst tal.

$E_{h, tot}$ = är den genererade fjärrvärmen ut från kraftvärmelanläggningen

$E_{el, tot}$ = är den genererade elen som levereras ut på nätet. Observera att el som används i själva anläggningen i vissa fall levereras direkt från generatoren innan elen levereras ut på nätet.

$\alpha_{x, fj}$ = exergifaktorn för den genererade fjärrvärmen (ungefär 0,21-0,3)

$\alpha_{x, el}$ = exergifaktorn för elektricitet är = 1

Alternativproduktionsmetoden

Alternativproduktionsmetoden allokerar emissionerna och bränsleanvändning utifrån det bränslebehov som hade krävts om elen och värmen hade producerats i separata anläggningar istället för gemensamt. Enligt denna metod gynnas både elen och värmen från samproduktion eftersom den alternativa produktionen (värme och el var för sig) kräver mer bränsle.

Beräkningsexempel alternativproduktionsmetoden

Indata till exempelberäkning för alternativproduktionsmetoden.

BRÄNSLE IN	GENERERAD EL	GENERERAD VÄRME	ALTERNATIVA VERKNINGSGRADER	
100 enheter	23 enheter	72 enheter	El	Värme
			0,25	0,8

Matematisk formel:

$$\alpha_i = \frac{\frac{E_{h,tot}}{\eta_{H,i}}}{\frac{E_{h,tot}}{\eta_{H,i}} + \frac{E_{el,tot}}{\eta_{P,i}}} = \frac{\frac{72}{0,8}}{\frac{72}{0,8} + \frac{23}{0,25}} = 0,49$$

där:

α_i = allokeringsfaktor för bränsle i , dvs. den andel av emissionerna som ska allokeras på värmen

$E_{h,tot}$ = är den genererade fjärrvärmen ut från kraftvärmeanläggningen

$E_{el,tot}$ = är den genererade elen som levereras ut på nätet. Observera att el som används i själva anläggningen i vissa fall levereras direkt från generatoren innan elen levereras ut på nätet.

$\eta_{H,i}$ = alternativ värmeverkningsgrad vid förbränning av bränsle i (verkningsgrad vid värmeproduktion i separat anläggning)

$\eta_{P,i}$ = alternativ elverkningsgrad vid förbränning av bränsle i (verkningsgrad vid elproduktion i separat anläggning)

Ekonomisk allokering

Metoden innebär att miljöpåverkan allokeras med avseende på det ekonomiska värdet hos de olika produkterna i processen. Allokeringen kommer att variera med priset på produkterna över tid och mellan platser. Ekonomisk allokering bör helst göras i proportion till den vinst som de producerade produkterna förväntas ge till anläggningen, för det är den förväntade vinsten som är skälet till att anläggningen drivs och därmed orsaken till anläggningens miljöpåverkan. I de flesta fall är priset på produkterna (medelvärde under en viss tid) som utgör grunden för allokeringen.

Beräkningsexempel ekonomisk allokering

Indata och antaganden till exempelberäkning för ekonomisk allokering.

BRÄNSLE IN (ENDAST AVFALL)	GENERERAD EL	GENERERAD VÄRME	PRIS	
100 enheter	23 enheter	72 enheter	El	Värme
	20,7 enheter sålda då distributionsförlusterna är 10%	64,8 enheter sålda då distributionsförlusterna är 10%	370 kr/enhet	540 kr/enhet

Matematisk formel:

$$\alpha_i = \frac{p_{fj} E_{h,tot}}{p_{fj} E_{h,tot} + p_{el} E_{el,tot}}$$

där:

α_i = allokeringsfaktor för bränsle i , dvs. den andel av emissionerna eller primärenergien som ska allokeras på värmen. Observera att faktorn blir identisk för alla bränslen och ett det är ett dimensionslöst tal. i

$E_{h,tot}$ = är den genererade fjärrvärmen ut från kraftvärmeanläggningen

$E_{el,tot}$ = är den genererade elen som levereras ut på nätet. Observera att el som används i själva anläggningen i vissa fall levereras direkt från generatoren innan elen levereras ut på nätet.

p_{fj} = medelpriset på såld fjärrvärme (exklusive skatter) från det specifika fjärrvärmenätet de senaste fem åren.

p_{el} = medelpriset exklusive skatter de senaste fem åren på såld el

Kraftbonusmetoden (Power Bonus Method)

Detta är en systemutvidgningsmetod. Enligt denna metod anses värme vara huvudprodukten i kraftvärmegenereringen och elen en bonus (biprodukt). Syftet med metoden är att beskriva vad som händer i ett större energisystem vid en förändring av till exempel fjärrvärmeanvändningen. Systemutvidgningen innebär att elenergin som genereras i kraftvärmeanläggningen anses ersätta annan elgenerering i elsystemet. Med metoden fastställs inte hur stor andel av emissioner eller primärenergi som allokeras på värmen, utan istället används metoden för att "ge" värmen en primärenergianvändning eller ett utsläpp.

Beräkningsexempel kraftbonusmetoden

Beräkningsexemplet visar hur en primärenergifaktor för fjärrvärme producerat i kraftvärme beräknas med kraftbonusmetoden. I detta fall har elen värderats som kolkondens med 40% verkningsgrad. Primärenergifaktorn för bränslet kol är enligt data i Miljöfaktaboken (1,06).

Indata och antaganden till exempelberäkning för kraftbonusmetoden

BRÄNSLE IN (ANTAGET GROT)	GENERERAD EL	GENERERAD VÄRME	PRIMÄRENERGIFAKTORER	
100 enheter	23 enheter	72 enheter	El (kolkondens $\eta=40\%$, 10% nätförluster)	GROT
			2,94 ($PEF_{kol} = 1,06$ enligt MFB)	1,03 (enligt MFB)

$$PEF_{fv} = \frac{PEF_{bränsle} * E_{bränsle} - PEF_{el} * E_{el}}{Q_{prod}} = \frac{1,03 * 100 - 2,94 * 23}{72} = 0,49$$

där:

PEF_{fv} = primärenergifaktorn för den producerade fjärrvärmen (OBS! exkl. nätförluster)

$PEF_{bränsle}$ = primärenergifaktorn för bränslet

$E_{bränsle}$ = energiinnehållet i bränslet (lägre värmevärde)

PEF_{el} = primärenergifaktorn för den el som kraftvärmeelen antas ersätta.

E_{el} = är den genererade elen som levereras ut på nätet. Observera att el som används i själva anläggningen i vissa fall levereras direkt från generatoren innan elen levereras ut på nätet.

Q_{prod} = producerad fjärrvärme

Bilaga A3. Värmevärden och densiteter för bränslen

Där flera källor anges avser den förstnämnda referens för värmevärde och den andra avser referens för densiteten. Genomgående anges det lägre värmevärdet. Gråmarkerade värmevärden, överst, används vid de av IVL utförda ändringarna från massa till energi i studiernas angivna primärenergi.

Bränsle	Värmevärde	Densitet (kg/m ³)	Källa
Olja	41,0 (MJ/kg)		Swedish NIR
Stenkol	27,2 (MJ/kg)	800	Bousted (2005)
Brunkol	15,1 (MJ/kg)		Bousted (2005)
Torv	8,85 (MJ/kg)		Bousted (2005)
Naturgas	44,1 (MJ/kg)	0,83	Bousted (2005), Jerksjö m.fl. (2010)
Uran i malm (termisk energi i som kan utvinnas i reaktor)	522 895 (MJ/kg)		Vattenfall (se vidare under kapitel 5)
Diesel Mk1	35,3 (MJ/liter)	815	SPI (2009)
Diesel Mk1 5 vol% RME	35,2 (MJ/liter)	818	SPI (2009)
Eldningsolja (EO1)	35,8 (MJ/liter)	840	SPI (2009)
Eldningsolja (EO5)	40,5 (MJ/liter)	940	SPI (2009)
Motorbensin	32,8 (MJ/liter)	750	SPI (2009)
Rapsolja	42,0 (MJ/liter)	800	Energifakta (1996)
RME	32,9 (MJ/liter)	884	SPI (2009)
Etanol	21,2 (MJ/liter)	790	SPI (2009)
E85 (85 vol% Etanol)	22,7 (MJ/liter)	783	SPI (2009)
Gasol	46,0 (MJ/kg)	2,4	EU direktiv 2006:32
Skogsbränsle torrs substans	19,2 (MJ/kg)	300-625 ⁵⁸	Energifakta (1996)
Skogsbränsle, 50 % fukthalt	8,4 (MJ/kg)		Energifakta (1996)
Skogsbränsle, 30 % fukthalt	12,7 (MJ/kg)		Energifakta (1996)
pelletter/briketter, 11 % fukthalt	16,8 (MJ/kg)		Energifakta (1996)
Energiskog, 50 % fukthalt	7,9 (MJ/kg)		Energifakta (1996)
Energiskog, 30 % fukthalt	12,1 (MJ/kg)		Energifakta (1996)
Torv, 50 % fukthalt	9,3 (MJ/kg)	330	Energifakta (1996)
Torv, 35 % fukthalt	12,8 (MJ/kg)	400	Energifakta (1996)
Hushållsavfall	12,2 (MJ/kg)	200	Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010)), Energifakta (1996)
Hushållsavfall (lite organiskt)	16,2 (MJ/kg)		Palm m.fl. (2010) (från Björklund m.fl. (2010))
Tallbeckolja	37,9 (MJ/kg)	970	talloil.se (1996)
Gummiflis	28,8 (MJ/kg)		

⁵⁸ Kraftig variation exempelvis beroende på vilket träslag och vilken träddel som avses. Som exempel kan nämnas att bok och ek ligger i det övre spannet (550-625) medan barrträd har lägre densitet (300-450). För barrträd har grenar och bark lägre densitet än trädets genomsnitt och stubbar har högre densitet.

Bilaga A4. Sammansättning av olika avfallsfraktioner

Avfall – Sammansättning

Hushållsavfall – Säck och kärlavfall

1 MJ avfallsbränsle motsvarar för säck- och kärlavfall ungefär 82 gram. Avfallets sammansättning ses i tabellen nedan (Hållbar Avfallshantering 2010).

Material	Andel
Matavfall	42 %
Trädgårdsavfall	3 %
Tidningar	10 %
Wellpapp	2 %
Pappersförpackningar	8 %
Polyeten-plast (PE)	9 %
Polystyren-plast (PS)	4 %
Klarglas	1 %
Färgat glas	1 %
Metall	3 %
Deponirest	3 %
Farligt avfall	0,2 %
Utrustning	0,6 %
Trä	0,5 %
Textil	4 %
Övrigt brännbart	8,7 %

Hushållsavfall – Säck- och kärlavfall med i områden med hög utsortering av matavfall

Utsortering av matavfall sker i fler och fler kommuner och därför har kompositionen av säck- och kärlavfall även beräknats med en utsortering av 75 % av matavfallet. Det är en grov uppskattning av utsorteringen vid ett väl fungerade separat insamlingssystem för matavfall. 1 MJ avfallsbränsle motsvarar för säck- och kärlavfall med hög utsortering av matavfall ungefär 60 gram. Avfallets sammansättning ses i tabellen nedan.

Material	Andel
Matavfall	10,5 %
Trädgårdsavfall	4,6 %
Tidningar	15,4 %
Wellpapp	3,1 %
Pappersförpackningar	12,3 %
Polyeten-plast (PE)	13,9 %
Polystyren-plast (PS)	6,2 %
Klarglas	1,5 %
Färgat glas	1,5 %
Metall	4,6 %
Deponirest	4,6 %
Farligt avfall	0,3 %
Utrustning	0,9 %
Trä	0,8 %
Textil	6,2 %
Övrigt brännbart	13,4 %

Hushållsavfall – Brännbart grovavfall

Brännbart grovavfall är en utsorterad fraktion av hushållens grovavfall. Den antas bestå av papper, trä, plast och blandad metall (Hållbar Avfallshantering 2010). 1 MJ avfallsbränsle motsvarar för brännbart grovavfall ungefär 63 gram. Avfallets sammansättning ses i tabellen nedan.

Material	Andel
Blandat papper	18 %
Blandad plast	14 %
Trä	59 %
Metall	10 %

Blandat verksamhetsavfall

Blandat verksamhetsavfall antas innehålla förutom papper, plast, trä, gips och metall även en del blandade inerta material (Hållbar Avfallshantering 2010). De inerta materialen har approximerats med färgat glas. 1 MJ avfallsbränsle motsvarar för blandat verksamhetsavfall ungefär 94 gram. Avfallets sammansättning ses i tabellen nedan.

Material	Andel
Blandat papper	10 %
Blandad plast	10 %
Trä	40 %
Metall	10 %
Gips	10 %
Inertmix	20 %

PTP-avfall (Papper-, Trä och Plast)

1 MJ avfallsbränsle motsvarar för PTP-avfall ungefär 58 gram. Avfallets sammansättning ses i tabellen nedan (Hållbar Avfallshantering 2010).

Material	Andel
Blandat papper	20 %
Blandad plast	15 %
Trä	65 %

Regional transport, 200 km, av ett 1 kg avfall

LCI -data	Regional transport, 200 km av 1 kg avfall
Funktionell enhet = 1 kg bränsle Primärenergi (MJ/MJ bränsle)	Transport
Total	0.196
Icke förnybar	0.195
förnybar	0.0004
Icke förnybara energiresurser (MJ)	
Olja	1.8E-01
Naturgas	8.1E-03
Kol	2.4E-03
Brunkol	1.5E-03
Torv	3.0E+00
Uran (som ren U)	2.5E-03
Förnybara energiresurser (MJ)	
Vattenkraft	3.0E-04
Biomassa	1.0E-04
Vindkraft	
Solkraft	
Emissioner till luft (g/MJ)	
Koldioxid (CO ₂)	1.2E+01
Biogen koldioxid (CO ₂)	5.8E-01
Metan (CH ₄)	6.9E-03
Lustgas (N ₂ O)	1.0E-04
Kolmonoxd (CO)	2.6E-02
Kväveoxider (NO _x)	1.1E-01
Svaveldioxid (SO ₂)	1.6E-02
Flyktiga kolväten (NMVOC)	1.0E-02
Flyktiga kolväten (VOC)	0.0E+00
Partiklar (PM)	3.8E-03
Ammoniak (NH ₃)	7.5E-05
Emissioner till vatten (g/MJ)	
Nitrat (NO ₃ ⁻)	0.0E+00
Ammoniak (NH ₃)	2.0E-05
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0.0E+00
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	2.6E-06

Bilaga A5. Översättning av energibärare

Appendix A5. Translation of energy carriers

Trädbränslen	Wood fuels
GROT	Tree tops and branches (forest residues)
Stubbar	Stumps
Gallringsvirke till flis	Wood chips from thinnings
Skogsflis	Wood chips from forest
Bark	Bark
Spån, sågverksrester	Sawdust, sawmill residues
Pellets	Pellets
Trädbriketter	Fuel briquettes
Energigrödor	Energy crops
Salix	Salix (willow)
Biooljor	Bio oils
Tallbeckolja	Crude tall oil
Avfallsbränslen	Waste fuels
Hushållsavfall - svenskt genomsnitt	Municipal waste (Swedish average)
Hushållsavfall - 75 % utsortering av org. avfall	Municipal waste (75% sorting of organic waste)
Blandat verksamhetsavfall	Mixed industrial waste
PTP	RDF (Refuse Derived Fuels)
Brännbart grovavfall	Combustible bulky waste
RT-flis	Recycled wood
Fossila bränslen	Fossil fuels
Stenkol	Hard coal
Eldningsolja (EO1)	Fuel oil 1
Eldningsolja (EO2-5)	Fuel oil 2-5
Naturgas	Natural gas
Torv	Peat
Torv	Peat
Biodrivmedel	Transport biofuels
Etanol-vete	Ethanol (wheat)
Etanol-sockerbetor	Ethanol (sugar beet)
E85	E85 (85% ethanol, 15% gasoline)
Biogas-sockerbetor	Biogas (sugar beet)
Biogas-vall	Biogas (Ley)
Biogas-majs	Biogas (Corn)
Biogas-vete	Biogas (wheat)
Biogas-gödsel	Biogas (Manure)
Biogas- avfall livsmedelsindustri	Biogas (waste, food industry)
Biogas-organiskt hushållsavfall	Biogas (organic municipal waste)
Biogas-ARV-slam	Biogas (sewage treatment sludge)
Biogas/Naturgasdriven bil	Biogas/natural gas fuelled car
RME	RME

Fossila drivmedel	Fossil transport fuels
Bensin (med 5 % Etanol)	Gasoline (with 5% ethanol)
Diesel (med 5 % RME)	Diesel (with 5% RME)
Flygfotogen	Kerosene
Tjockolja (EO2, MGO, Fartyg)	Heavy fuel oil 2 (Marine gas oil, ship)
Tjockolja (EO6, HFO, Fartyg)	Heavy fuel oil 6 (Heavy fuel oil, ship)
Naturgas	Natural gas
El	Electricity
Vindkraft	Wind power
Vattenkraft	Hydro power
Kärnkraft	Nuclear power
Solvärme	Solar heat
Solvärme	Solar heat

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig Industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35